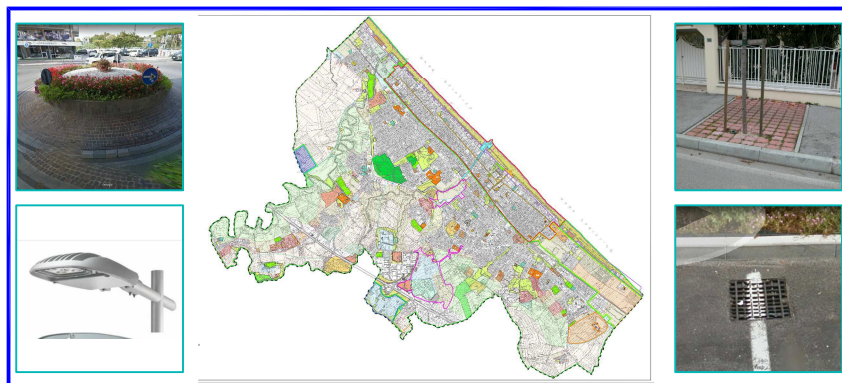




SETTORE 09 : LAVORI PUBBLICI - ESPROPRI - DEMANIO - AMBIENTE - SERVIZI TECNICI

ACCORDO QUADRO



Progetto : **ACCORDO QUADRO TRIENNALE PER LA REALIZZAZIONE DI INTERVENTI MANUTENTIVI, DI RIPRISTINO, RETTIFICA, ESTENSIONE DI INFRASTRUTTURE ESISTENTI, DI RIQUALIFICAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DI STRADE E SPAZI PUBBLICI.**

ANNI 2021 - 2024

Oggetto : **Capitolato Tecnico Prestazionale**

Elab : **2**

Il Tecnico Progettista :

Ing. Paola Acciarri

Arch. Vincenzo Pettazoni

Responsabile del Procedimento :

Geom. Augusto Frisoni

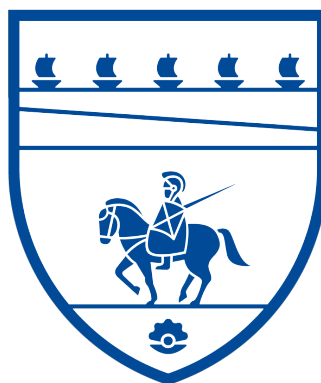
Dirigente del Settore
Lavori Pubblici - Espropri - Demanio - Ambiente - Servizi Tecnici

Ing. Michele Bonito

DATA : **Marzo 2021.**

COMUNE DI RICCIONE

PROVINCIA DI RIMINI



COMUNE DI RICCIONE

ACCORDO QUADRO TRIENNALE PER LA REALIZZAZIONE DI INTERVENTI
MANUTENTIVI, DI RIPRISTINO, RETTIFICA, DI ESTENSIONE DI INFRASTRUTTURE
ESISTENTI, DI RIQUALIFICAZIONE E MESSA IN SICUREZZA DI STRADE E SPAZI
PUBBLICI. ANNO 2021-2024

CAPITOLATO TECNICO PRESTAZIONALE

SOMMARIO

| | |
|---|-----------|
| COMUNE DI RICCIONE..... | 1 |
| PARTE PRIMA - PRESCRIZIONI TECNICHE..... | 20 |
| PRESCRIZIONI GENERALI — PROVE..... | 20 |
| Art. 1. CONDIZIONI DI ACCETTAZIONE | 20 |
| 1.1 GENERALITÀ..... | 20 |
| 1.2 MARCHIO CE | 21 |
| 1.3 CAM | 21 |
| 1.4 MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE..... | 21 |
| 1.5 MATERIALI E PRODOTTI PERICOLOSI..... | 22 |
| 1.6 SCORPORO DALL'APPALTO | 22 |
| Art. 2. MATERIALI NATURALI, DI CAVA E ARTIFICIALI..... | 22 |
| 2.1 ACQUA..... | 22 |
| 2.2 AGGREGATI PER MALTA..... | 22 |
| 2.2.1 Generalità..... | 22 |
| 2.2.2 Termini e definizioni..... | 22 |
| 2.2.3 Granulometria..... | 23 |
| 2.2.4 Requisiti fisici e chimici..... | 23 |
| 2.2.5 Designazione e descrizione..... | 23 |
| 2.2.6 Marcatura ed etichettatura – Marcatura CE..... | 24 |
| 2.2.7 Sistema di attestazione di conformità..... | 24 |
| 2.3 AGGREGATI PER CALCESTRUZZO | 25 |
| 2.3.1 Generalità..... | 25 |
| 2.3.2 Granulometria..... | 25 |
| 2.3.3 Forma dell'aggregato (a.g.) | 25 |
| 2.3.4 Resistenza alla frantumazione (a.g.) | 26 |
| 2.3.5 Resistenza all'usura (a.g.) | 26 |
| 2.3.6 Resistenza alla levigabilità e all'abrasione (a.g.) | 26 |
| 2.3.7 Riferimento a norme UNI..... | 26 |
| 2.3.8 Designazione, marcatura ed etichettatura | 26 |
| 2.3.9 Marcatura ed etichettatura CE..... | 27 |
| 2.3.10 Sistema di attestazione | 27 |
| 2.4 AGGREGATI PER SOVRASTRUTTURE STRADALI – GENERALITÀ | 28 |
| 2.5 AGGREGATI PER SOVRASTRUTTURA STRADALI – AGGREGATI PER MATERIALI NON LEGATI O LEGATI CON LEGANTI IDRAULICI (UNI EN 13042) | 28 |
| 2.5.1 Granulometria..... | 28 |
| 2.5.2 Forma dell'aggregato grosso..... | 29 |
| 2.5.3 Percentuale di particelle rotte o frantumate o totalmente arrotondate negli aggregati grossi | 29 |
| 2.5.4 Contenuto di fini | 29 |
| 2.5.5 Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso | 29 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.5.6 | Resistenza all'usura dell'aggregato grosso | 29 |
| 2.5.7 | Requisiti chimici..... | 29 |
| 2.5.8 | Requisiti di durabilità | 29 |
| 2.5.9 | Designazione, marcatura ed etichettatura. Marcatura CE | 30 |
| 2.5.10 | Sistema di attestazione | 30 |
| 2.6 | AGGREGATI PER FONDI E SOTTOFONDI STRADALI – MISCELE NON LEGATE..... | 30 |
| 2.6.1 | Designazione della miscela | 31 |
| 2.6.2 | Contenuto di fini | 31 |
| 2.6.3 | Curva granulometrica generale | 31 |
| 2.6.4 | Designazione e descrizione..... | 31 |
| 2.7 | AGGREGATI PER SOVRASTRUTTURE STRADALI – AGGREGATI PER MISCELE BITUMINOSE E TRATTAMENTI SUPERFICIALI..... | 32 |
| 2.7.1 | Granulometria..... | 32 |
| 2.7.2 | Forma dell'aggregato grosso | 33 |
| 2.7.3 | Percentuali di superficie frantumata negli aggregati grossi | 33 |
| 2.7.4 | Contenuto di fini | 33 |
| 2.7.5 | Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso | 33 |
| 2.7.6 | Resistenza alla levigazione dell'aggregato grosso per manti superficiali – Abrasione superficiale ... | 33 |
| 2.7.7 | Resistenza all'usura dell'aggregato grosso | 34 |
| 2.7.8 | Durabilità | 34 |
| 2.7.9 | Resistenza al gelo/disgelo..... | 34 |
| 2.7.10 | Sonnenbrand del basalto..... | 34 |
| 2.7.11 | Requisiti per l'aggregato filler | 34 |
| 2.7.12 | Designazione, marcatura ed etichettatura – Marcatura CE | 34 |
| Art. 3. | CALCI – POZZOLANE – LEGANTI IDRAULICI - ADDITIVI..... | 34 |
| 3.1 | CALCI..... | 34 |
| 3.1.1 | Generalità..... | 34 |
| 3.1.2 | Calce viva..... | 35 |
| 3.1.3 | Calce idrata in polvere..... | 35 |
| 3.1.4 | Marcatura ed etichettatura..... | 35 |
| 3.2 | POZZOLANA..... | 35 |
| 3.3 | LEGANTI IDRAULICI | 35 |
| 3.3.1 | Generalità..... | 36 |
| 3.3.2 | Denominazione dei tipi | 36 |
| 3.3.3 | Resistenze meccaniche e tempi di presa | 36 |
| 3.3.4 | Modalità di fornitura | 36 |
| 3.3.5 | Prelievo dei campioni | 37 |
| 3.3.6 | Conservazione | 37 |
| 3.3.7 | Particolari prescrizioni e impieghi | 37 |
| 3.4 | ADDITIVI | 37 |
| 3.4.1 | Additivi per calcestruzzi | 37 |
| 3.4.2 | Additivi per malte..... | 38 |

| | |
|--|-----------|
| Art. 4. MATERIALI FERROSI – PRODOTTI DI ACCIAIO E GHISA | 38 |
| 4.1 GENERALITÀ..... | 38 |
| 4.1.1 Designazione e classificazione – Qualificazione | 38 |
| 4.1.2 Identificazione dei prodotti qualificati | 38 |
| 4.1.3 Prove e certificazioni | 39 |
| 4.1.4 Documentazione di accompagnamento | 39 |
| 4.2 ACCIAI PER CEMENTO ARMATO ORDINARIO..... | 39 |
| 4.2.1 Generalità..... | 39 |
| 4.2.2 Acciaio laminato a caldo..... | 40 |
| 4.2.3 Acciaio laminato a freddo | 40 |
| 4.2.4 Barre e rotoli..... | 40 |
| 4.2.5 Accertamento delle proprietà meccaniche..... | 40 |
| 4.2.6 Reti e tralicci elettrosaldati..... | 40 |
| 4.2.7 Tolleranze dimensionali..... | 41 |
| 4.2.8 Centri di trasformazione | 41 |
| 4.3 LAMIERE DI ACCIAIO | 41 |
| 4.3.1 Lamiera bugnate o striate..... | 41 |
| 4.4 LAMIERE ZINCATE E MANUFATTI RELATIVI..... | 41 |
| 4.4.1 Generalità..... | 41 |
| 4.4.2 Lamiera zincate con procedimento continuo a caldo..... | 42 |
| 4.4.3 Manufatti tubolari per tombini | 42 |
| 4.4.4 Manufatti per graticciate | 43 |
| Art. 5. PRODOTTI DI ACCIAIO ZINCATI IN DISCONTINUO | 43 |
| 5.1 TUBI DI ACCIAIO | 44 |
| 5.1.1 Generalità..... | 44 |
| 5.2 PRODOTTI GRIGLIATI ELETTROSALDATI E/O PRESSATI | 44 |
| 5.3 GHISA E PRODOTTI DI GHISA..... | 44 |
| 5.3.1 Ghisa grigia per getti | 44 |
| 5.3.2 Ghisa malleabile per getti | 44 |
| 5.3.3 Ghisa a grafite sferoidale per getti..... | 44 |
| Art. 6. MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE | 44 |
| 6.1 Generalità..... | 45 |
| 6.2 Calcestruzzo per usi strutturali, armato e non, normale e precompresso..... | 45 |
| 6.2.1 Controllo di Accettazione..... | 45 |
| 6.3 Acciaio..... | 47 |
| 6.3.1 Prescrizioni comuni a tutte le tipologie di acciaio | 47 |
| 6.3.2 Forniture e documentazione di accompagnamento..... | 47 |
| 6.3.3 Le forme di controllo obbligatorie | 47 |
| 6.3.4 La marcatura e la rintracciabilità dei prodotti qualificati | 47 |
| 6.3.5 Unità marcata scorporata: ulteriori indicazioni della Direzione dei Lavori per le prove di laboratorio | 48 |
| 6.3.6 Conservazione della documentazione d'accompagnamento..... | 48 |
| 6.3.7 Forniture e documentazione di accompagnamento..... | 48 |

| | | |
|-----------------|--|-----------|
| 6.3.8 | Centri di trasformazione | 49 |
| 6.3.9 | Rintracciabilità dei prodotti | 49 |
| 6.3.10 | Documentazione di accompagnamento e verifiche della Direzione dei Lavori | 49 |
| 6.4 | Acciaio per usi strutturali | 50 |
| 6.4.1 | Prescrizioni per gli acciai per usi strutturali..... | 50 |
| 6.4.2 | Laminati a caldo con profili a sezione aperta..... | 51 |
| 6.4.3 | Laminati a caldo con profili a sezione cava | 51 |
| Art. 7. | METALLI DIVERSI..... | 52 |
| 7.1 | GENERALITÀ..... | 52 |
| 7.2 | STAGNO E SUE LEGHE | 52 |
| 7.3 | ZINCO E SUE LEGHE | 52 |
| 7.4 | RAME E SUE LEGHE - PRODOTTI | 52 |
| 7.4.1 | Lamiere | 53 |
| Art. 8. | LEGNAMI..... | 53 |
| 8.1 | GENERALITÀ..... | 53 |
| 8.1.1 | Nomenclatura e misurazione..... | 53 |
| 8.1.2 | Requisiti in generale | 53 |
| 8.2 | LEGNAMI DA CARPENTERIA DEFINITIVA | 53 |
| Art. 9. | MATERIALI PER PAVIMENTAZIONI..... | 53 |
| 9.1 | GENERALITÀ..... | 53 |
| 9.2 | MATTONELLE, MARMETTE E PIETRINI DI CEMENTO..... | 54 |
| 9.2.1 | Norme generali..... | 54 |
| 9.2.2 | Mattonelle di cemento | 54 |
| 9.2.3 | Pietrini di cemento..... | 54 |
| Art. 10. | PRODOTTI VERNICIANTI – PITTURE – VERNICI – SMALTI..... | 54 |
| 10.1 | GENERALITÀ..... | 54 |
| 10.2 | PRODOTTI PER TINTEGGIATURA – IDROPITTURE | 55 |
| 10.3 | PITTURE | 55 |
| 10.3.1 | Pitture oleosintetiche | 55 |
| 10.3.2 | Pitture antiruggine e anticorrosive | 55 |
| 10.4 | VERNICI..... | 56 |
| 10.5 | SMALTI | 57 |
| Art. 11. | PRODOTTI DI CEMENTO E AGGREGATI GRANULARI..... | 57 |
| 11.1 | GENERALITÀ..... | 57 |
| 11.2 | MANUFATTI DIVERSI..... | 58 |
| 11.2.1 | Canalette di drenaggio | 58 |
| 11.2.2 | Lastre per mantellate..... | 58 |
| 11.2.3 | Elementi a griglia per mantellate | 58 |
| Art. 12. | LEGANTI IDROCARBURATI E AFFINI – MATERIALI PER IMPERMEABILIZZAZIONI | 58 |
| 12.1 | BITUMI | 58 |
| 12.1.1 | Bitumi per usi stradali | 59 |
| 12.1.2 | Bitumi da spalmatura..... | 59 |

| | | |
|-----------------|--|-----------|
| 12.1.3 | Bitumi liquidi | 60 |
| 12.1.4 | Emulsioni bituminose..... | 60 |
| Art. 13. | GUARNIZIONI – IDROFUGHI – IDROREPELLENTI | 61 |
| 13.1 | GUARNIZIONI..... | 61 |
| 13.1.1 | Generalità..... | 61 |
| 13.1.2 | Guarnizioni elastomeriche | 61 |
| 13.1.3 | Guarnizioni in cloruro di polivinile (PVC) | 61 |
| 13.1.4 | Guarnizioni in poliuretano espanso | 61 |
| 13.2 | IDROFUGHI | 61 |
| 13.3 | IDROREPELLENTI | 62 |
| Art. 14. | PRODOTTI DI MATERIE PLASTICHE | 62 |
| 14.1 | GENERALITÀ..... | 62 |
| 14.2 | TUBI E RACCORDI DI CLORURO DI POLIVINILE (PVC)..... | 62 |
| 14.2.1 | Generalità..... | 62 |
| 14.2.2 | Tubi e raccordi per scarichi | 63 |
| 14.2.3 | Tubi e raccordi per fognature e scarichi interrati | 63 |
| 14.2.4 | Tubi, raccordi e valvole per fognature e scarichi in pressione | 64 |
| 14.2.5 | Tubi e raccordi per adduzione d'acqua..... | 64 |
| Art. 15. | APPARECCHI IDRAULICI | 64 |
| 15.1 | GENERALITÀ..... | 64 |
| 15.2 | VALVOLE PER LA FORNTURA D'ACQUA | 64 |
| 15.2.1 | Generalità e materiali | 65 |
| 15.2.2 | Pressioni..... | 65 |
| 15.2.3 | Temperature..... | 65 |
| 15.2.4 | Tipi di estremità e intercambiabilità | 65 |
| 15.2.5 | Velocità massima dell'acqua | 65 |
| 15.2.6 | Tenuta | 65 |
| 15.2.7 | Prove..... | 66 |
| 15.2.8 | Attestato di conformità..... | 66 |
| 15.3 | VALVOLE PER CONDOTTE GAS | 66 |
| Art. 16. | MATERIALI DIVERSI E SPECIALI | 66 |
| 16.1 | ACCESSORI PER CAMERETTE E POZZETTI STRADALI..... | 66 |
| 16.1.1 | Dispositivi di chiusura per camerette d'ispezione | 66 |
| 16.1.2 | Griglie e chiusini per pozzetti stradali (caditoie) | 67 |
| 16.1.3 | Gradini per pozzetti di ispezione | 68 |
| 16.2 | MATERIALI PER GIUNZIONI..... | 68 |
| 16.2.1 | Elastomeri per anelli di tenuta | 68 |
| 16.2.2 | Corda catramata..... | 69 |
| 16.2.3 | Mastici bituminosi per giunzioni plastiche a caldo | 69 |
| 16.2.4 | Mastici per giunzioni plastiche a freddo..... | 69 |
| 16.3 | MATERIALI PER RIVESTIMENTI PROTETTIVI | 70 |
| 16.3.1 | Bitume e miscela bituminosa..... | 70 |

| | | |
|----------|---------------------------------------|----|
| 16.4 | APPARECCHI DI APPOGGIO | 70 |
| 16.4.1 | Apparecchi metallici..... | 70 |
| 16.4.2 | Apparecchi di gomma e misti | 71 |
| 16.5 | SEGNALI STRADALI | 71 |
| 16.5.1 | Pellicole retroriflettenti | 71 |
| Art. 17. | ARREDO URBANO..... | 73 |
| 17.1.1 | Dissuasori spartitraffico | 73 |
| 17.1.2 | Cestini portarifiuti..... | 73 |
| 17.2 | PALI PER ILLUMINAZIONE STRADALE | 73 |
| Art. 18. | CALCESTRUZZO ARCHITETTONICO | 73 |

**PARTE II^ - MODO DI ESECUZIONE DELLE CATEGORIE DI LAVORO MOVIMENTI DI MATERIE –
OPERE D'ARTE – LAVORI DIVERSI..... 76**

| | | |
|----------|--|----|
| Art. 19. | RILIEVI – CAPISALDI – TRACCIAMENTI | 76 |
| 19.1 | RILIEVI | 76 |
| 19.2 | CAPISALDI..... | 76 |
| 19.3 | TRACCIAMENTI | 76 |
| Art. 20. | DEMOLIZIONI E RIMOZIONI..... | 77 |
| 20.1 | DEMOLIZIONI IN GENERE | 77 |
| 20.1.1 | Disposizioni antinfortunistiche | 78 |
| 20.1.2 | Accorgimenti e protezioni | 78 |
| 20.1.3 | Limiti di demolizione | 78 |
| 20.2 | SCARIFICA PAVIMENTAZIONI ESISTENTI..... | 78 |
| 20.3 | FRESATURA DI STRATI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO | 78 |
| 20.4 | SMALTIMENTO | 79 |
| 20.5 | DIRITTI DELL'AMMINISTRAZIONE..... | 79 |
| Art. 21. | SCAVI IN GENERE – SCAVI IN SOTTERRANEO – LAVORI DI CONTENIMENTO – SCAVI SPECIALI..... | 79 |
| 21.1 | GENERALITÀ..... | 79 |
| 21.1.1 | Allontanamento e deposito delle materie di scavo | 80 |
| 21.1.2 | Determinazione sulle terre..... | 80 |
| 21.2 | SCAVI DI FONDAZIONE..... | 80 |
| 21.2.1 | Generalità..... | 80 |
| 21.2.2 | Modo di esecuzione..... | 80 |
| 21.2.3 | Attraversamenti | 81 |
| 21.2.4 | Scavi in presenza di acqua..... | 81 |
| 21.2.5 | Ture provvisorie..... | 81 |
| 21.2.6 | Divieti e oneri..... | 82 |
| 21.3 | INTERVENTI DI CONTENIMENTO DEGLI SCAVI | 82 |
| 21.3.1 | Bullonatura | 82 |
| Art. 22. | RILEVATI E RINTERRI – PIANI DI POSA | 83 |
| 22.1 | GENERALITÀ..... | 83 |

| | | |
|-----------------|---|-----------|
| 22.2 | RILEVATI COSTIPATI MECCANICAMENTE..... | 84 |
| 22.2.1 | Formazione dei piani di posa..... | 84 |
| 22.2.2 | Formazione dei rilevati | 85 |
| 22.3 | RILEVATI E RINTERRI ADDOSSATI A MURATURE – RINTERRI DI CAVI | 86 |
| 22.4 | PIANI DI POSA IN TRINCEA | 86 |
| Art. 23. | MALTE – QUALITÀ E COMPOSIZIONE | 87 |
| 23.1 | GENERALITÀ..... | 87 |
| 23.2 | COMPOSIZIONE DELLE MALTE | 87 |
| 23.2.1 | Malte comuni, idrauliche, cementizie, pozzolaniche – Malte bastarde | 87 |
| Art. 24. | CALCESTRUZZI E CONGLOMERATI | 88 |
| 24.1 | GENERALITÀ..... | 88 |
| 24.2 | CALCESTRUZZI DI MALTA..... | 88 |
| 24.2.1 | Calcestruzzo ordinario..... | 88 |
| 24.3 | CONGLOMERATI CEMENTIZI (CALCESTRUZZI) NORMALI E PESANTI..... | 88 |
| 24.3.1 | Generalità..... | 88 |
| 24.3.2 | Leganti..... | 89 |
| 24.3.3 | Inerti – Granulometria e miscele..... | 89 |
| 24.3.4 | Acqua | 90 |
| 24.3.5 | Cloruri..... | 90 |
| 24.3.6 | Additivi | 90 |
| 24.3.7 | Aggiunte | 90 |
| 24.3.8 | Composizione del conglomerato | 90 |
| 24.3.9 | Impasto del conglomerato | 91 |
| 24.3.10 | Conglomerati a prestazione garantita..... | 91 |
| 24.3.11 | Conglomerati a composizione | 91 |
| 24.3.12 | Conglomerato a composizione normalizzata..... | 91 |
| 24.3.13 | Requisiti di durabilità | 92 |
| 24.3.14 | Prelievo dei campioni – Controlli di accettazione | 93 |
| 24.3.15 | Preparazione e stagionatura dei provini | 94 |
| 24.3.16 | Prove e controlli vari..... | 94 |
| 24.3.17 | Trasporto del conglomerato..... | 94 |
| 24.4 | CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO | 95 |
| Art. 25. | MURATURA DI GETTO IN CONGLOMERATO – CONGLOMERATO A VISTA | 95 |
| 25.1 | MURATURA DI GETTO | 95 |
| 25.2 | CONGLOMERATO A VISTA..... | 96 |
| 25.2.1 | Generalità..... | 96 |
| 25.2.2 | Contenuto in cemento | 96 |
| 25.2.3 | Rapporto acqua-cemento | 96 |
| 25.2.4 | Cemento e aggregati..... | 96 |
| 25.2.5 | Disarmanti | 97 |
| 25.2.6 | Getto – Maturazione – Disarmo..... | 97 |
| 25.2.7 | Errore di planarità..... | 97 |

| | | |
|-----------------|--|------------|
| 25.2.8 | Giunti | 97 |
| Art. 26. | OPERE IN CEMENTO ARMATO NORMALE | 98 |
| 26.1 | GENERALITÀ | 98 |
| 26.2 | CLASSI DI QUALITÀ DEL CONGLOMERATO | 98 |
| 26.3 | POSA IN OPERA DEL CONGLOMERATO | 98 |
| 26.3.1 | Controllo e pulizia dei casseri | 98 |
| 26.3.2 | Trasporto del conglomerato | 98 |
| 26.3.3 | Getto del conglomerato | 98 |
| 26.3.4 | Ripresa del getto | 99 |
| 26.3.5 | Vibrazione del conglomerato | 99 |
| 26.3.6 | Temperatura del conglomerato | 99 |
| 26.3.7 | Getto nella stagione fredda | 100 |
| 26.3.8 | Getto nella stagione calda | 100 |
| 26.3.9 | Protezione e inumidimento – Stagionatura | 100 |
| 26.3.10 | Protezione dalla fessurazione | 101 |
| 26.3.11 | Maturazione a vapore | 101 |
| 26.4 | DISARMO DEI GETTI DI CONGLOMERATO | 101 |
| 26.4.1 | Generalità | 101 |
| 26.4.2 | Tempi minimi di disarmo | 101 |
| 26.5 | GETTI IN AMBIENTI AGGRESSIVI | 101 |
| 26.6 | ACCIAI PER CONGLOMERATI NORMALI | 102 |
| 26.6.1 | Regole specifiche | 102 |
| 26.6.2 | Ancoraggio delle barre | 102 |
| 26.6.3 | Piegatura delle barre | 102 |
| 26.6.4 | Copriferro e interferro | 102 |
| 26.6.5 | Armature nei pilastri | 103 |
| Art. 27. | CASSEFORME, ARMATURE E CENTINATURE | 103 |
| Art. 28. | OPERE DA CARPENTIERE | 103 |
| Art. 29. | OPERE DA CEMENTISTA | 104 |
| Art. 30. | PROFILI SPECIALI | 104 |
| Art. 31. | FORMAZIONE DI TERRE RINFORZATE CON GEOTESSILI, GEOGRIGLIE, GEOMEMBRANE E/O CON RINFORZI METALLICI IN STRISCE O BARRE (TERRE ARMATE) | 104 |
| Art. 32. | OPERE, STRUTTURE E MANUFATTI IN ACCIAIO O ALTRI METALLI | 105 |
| 32.1 | GENERALITÀ | 105 |
| 32.1.1 | Accettazione dei materiali | 105 |
| 32.1.2 | Modalità di lavorazione | 105 |
| 32.1.3 | Modalità esecutive delle unioni | 105 |
| 32.1.4 | Montaggio di prova | 106 |
| 32.1.5 | Pesatura dei manufatti | 107 |
| 32.1.6 | Controllo del tipo e della quantità delle opere – Verifica delle strutture murarie | 107 |
| 32.1.7 | Collocamento e montaggio in opera – Oneri connessi | 107 |

| | | |
|-----------------|--|------------|
| 32.1.8 | Verniciatura e zincatura..... | 107 |
| Art. 33. | STRUTTURE IN ACCIAIO | 108 |
| 33.1 | Generalità..... | 108 |
| 33.2 | Requisiti per la Progettazione e l'Esecuzione..... | 108 |
| 33.2.1 | Spessori limite | 108 |
| 33.2.2 | Acciaio incrudito | 108 |
| 33.2.3 | Giunti di tipo misto..... | 109 |
| 33.2.4 | Problematiche specifiche..... | 109 |
| 33.2.5 | Apparecchi di appoggio..... | 109 |
| 33.2.6 | Verniciatura e zincatura..... | 109 |
| 33.2.7 | Controlli in Corso di Lavorazione..... | 109 |
| 33.2.8 | Identificazione e Rintracciabilità dei Prodotti Qualificati..... | 110 |
| 33.2.9 | Montaggio..... | 110 |
| 33.2.10 | Prove di Carico e Collaudo Statico | 111 |
| 33.3 | Acciaio per calcestruzzo armato..... | 111 |
| 33.3.1 | Caratteristiche dimensionali e di impiego | 111 |
| 33.3.2 | Reti e tralicci elettrosaldati..... | 111 |
| 33.3.3 | Controlli di accettazione in cantiere..... | 112 |
| 33.4 | Acciaio per cemento armato precompresso | 112 |
| 33.4.1 | Caratteristiche dimensionali e di impiego | 112 |
| 33.4.2 | Controlli di accettazione in cantiere..... | 114 |
| Art. 34. | IMPERMEABILIZZAZIONI IN GENERE | 114 |
| 34.1 | GENERALITÀ..... | 114 |
| 34.2 | IMPERMEABILIZZAZIONI STRATIFICATE MULTIPLE..... | 115 |
| 34.2.1 | Generalità..... | 115 |
| 34.2.2 | Caratteristiche dei materiali | 115 |
| 34.2.3 | Massa base di bitume (M.B.B.) | 115 |
| 34.2.4 | Numero complessivo degli strati..... | 115 |
| 34.2.5 | Modalità esecutive degli strati | 115 |
| 34.3 | IMPERMEABILIZZAZIONI DIVERSE..... | 116 |
| Art. 35. | OPERE IN MARMO, PIETRE NATURALI O ARTIFICIALI | 117 |
| 35.1 | GENERALITÀ..... | 117 |
| 35.1.1 | Forme – Dimensioni e caratteristiche | 118 |
| 35.1.2 | Tolleranze..... | 118 |
| 35.1.3 | Campioni e modelli | 118 |
| 35.1.4 | Controlli e corrispondenze..... | 118 |
| 35.1.5 | Protezione dei manufatti – Obblighi in caso di scorporo..... | 118 |
| 35.1.6 | Posa in opera dei manufatti..... | 119 |
| Art. 36. | CORDOLI PER MARCIAPIEDI – MANUFATTI LAPIDEI STRADALI..... | 119 |
| 36.1.1 | Cordoli in elementi prefabbricati | 119 |
| 36.1.2 | Manufatti lapidei stradali. Tipi diversi..... | 120 |
| Art. 37. | COPERTINE..... | 120 |

| | |
|--|------------|
| Art. 38. DRENAGGI | 120 |
| 38.1 DRENAGGI | 120 |
| 38.1.1 Generalità | 120 |
| 38.1.2 Drenaggi con filtro in geotessile | 120 |
| Art. 39. TUBAZIONI | 121 |
| 39.1 GENERALITÀ | 121 |
| 39.1.1 Progetto esecutivo | 121 |
| 39.1.2 Tubi, raccordi e apparecchi | 121 |
| 39.1.3 Tracciati e scavi delle trincee | 121 |
| 39.1.4 Preparazione del piano di posa – Massetto | 122 |
| 39.1.5 Scarico dai mezzi di trasporto | 122 |
| 39.1.6 Pulizia dei tubi e accessori | 122 |
| 39.1.7 Posa in opera dei tubi | 122 |
| 39.1.8 Posa in opera dei raccordi, apparecchi e accessori | 123 |
| 39.1.9 Giunzioni in genere | 123 |
| 39.1.10 Protezione esterna delle tubazioni | 123 |
| 39.1.11 Murature di contrasto e di ancoraggio | 123 |
| 39.1.12 Attraversamenti | 124 |
| 39.1.13 Lavaggio e disinfezione delle tubazioni | 124 |
| 39.1.14 Prova delle tubazioni | 124 |
| 39.1.15 Pressioni di prova e collaudo | 125 |
| 39.1.16 Rinterro dei cavi | 125 |
| 39.2 TUBAZIONI DI CLORURO DI POLIVINILE (PVC) | 126 |
| 39.2.1 Generalità | 126 |
| 39.2.2 Giunzioni rigide | 127 |
| 39.2.3 Giunzioni elastiche | 127 |
| 39.2.4 Prova idraulica per condotte in pressione | 127 |
| 39.3 TUBAZIONI ED APPARECCHIATURE DI SCARICO | 128 |
| 39.3.1 Tubazioni in calcestruzzo vibrocompresso armato | 128 |
| 39.3.2 Valvola antiriflusso a clapet | 128 |
| 39.3.3 Chiavica prefabbricata | 128 |
| 39.3.4 Pietrame calcareo | 129 |
| Art. 40. OPERE IN VERDE | 129 |
| 40.1 LAVORI DI RIVESTIMENTO VEGETALE | 129 |
| 40.1.1 Lavorazione del terreno e concimazione | 129 |
| 40.1.2 Piantamento | 129 |
| 40.1.3 Semine | 130 |
| 40.1.4 Semine di miscugli preparatori su terreni destinati a talee | 130 |
| 40.1.5 Semine mediante attrezzature a spruzzo | 131 |
| 40.1.6 Rivestimento in zolle erbose | 131 |
| 40.1.7 Cure colturali | 131 |

| | | |
|-----------------|---|------------|
| 40.1.8 | Pulizia del piano viabile | 131 |
| Art. 41. | SEGNALETICA STRADALE | 132 |
| 41.1 | GENERALITÀ..... | 132 |
| 41.2 | SEGNALETICA VERTICALE | 132 |
| 41.3 | SEGNALETICA ORIZZONTALE | 133 |
| 41.3.1 | Controlli standard prestazionali | 133 |
| 41.3.2 | Penali | 134 |
| Art. 42. | LAVORI DI VERNICIATURA | 135 |
| 42.1 | GENERALITÀ..... | 135 |
| 42.1.1 | Materiali – Terminologia – Preparazione delle superfici | 135 |
| 42.1.2 | Colori – Campionatura – Mani di verniciatura..... | 135 |
| 42.1.3 | Preparazione dei prodotti | 135 |
| 42.1.4 | Umidità e alcalinità delle superfici | 136 |
| 42.1.5 | Protezioni e precauzioni | 136 |
| 42.1.6 | Obblighi e responsabilità dell'Appaltatore..... | 136 |
| 42.1.7 | Disposizioni legislative..... | 136 |
| 42.2 | SUPPORTI DI INTONACO E CALCESTRUZZO – TINTEGGIATURE E PITTURAZIONI | 137 |
| 42.2.1 | Preparazione delle superfici | 137 |
| 42.2.2 | Tinteggiatura a base di silicati | 137 |
| 42.2.3 | Tinteggiatura con pittura cementizia..... | 137 |
| 42.2.4 | Tinteggiatura con idropitture..... | 137 |
| 42.2.5 | Verniciatura con pitture a base di elastomeri o di resine plastiche | 137 |
| 42.3 | SUPPORTI IN CALCESTRUZZO – PITTURAZIONE ANTICORROSIVA | 138 |
| 42.3.1 | Generalità – Preparazione delle superfici..... | 138 |
| 42.3.2 | Cicli di verniciatura protettiva..... | 138 |
| 42.4 | SUPPORTI IN ACCIAIO – VERNICIATURE E PROTEZIONI | 138 |
| 42.4.1 | Preparazione del supporto | 138 |
| 42.4.2 | Carpenterie e manufatti diversi – Cicli di verniciatura..... | 139 |
| 42.4.3 | Sistemi eterogenei – Prescrizioni particolari..... | 140 |
| 42.5 | SUPPORTI IN ACCIAIO ZINCATO | 141 |
| 42.5.1 | Condizioni di essenzialità | 141 |
| 42.5.2 | Pretrattamento delle superfici zincate..... | 141 |
| 42.5.3 | Fondi che non richiedono pretrattamento | 142 |
| 42.5.4 | Pigmenti | 142 |
| 42.5.5 | Cicli di verniciatura | 142 |
| Art. 43. | STRATI FILTRO IN TELI GEOTESSILE..... | 143 |
| Art. 44. | SIGILLATURE | 144 |
| 44.1 | MODALITÀ DI ESECUZIONE – GENERALITÀ..... | 144 |
| 44.1.1 | Preparazione delle superfici – Primers..... | 144 |
| 44.1.2 | Materiali di riempimento e di distacco..... | 144 |
| 44.1.3 | Modalità di posa | 145 |
| 44.2 | CAMPI DI IMPIEGO – APPLICAZIONI PARTICOLARI..... | 145 |

| | | |
|--------|--------------------------------|-----|
| 44.2.1 | Sigillanti poliuretanici | 145 |
| 44.2.2 | Sigillanti polisolfurici | 145 |
| 44.2.3 | Sigillanti acrilici | 145 |
| 44.2.4 | Nastri sigillanti | 145 |

PARTE III^ - MODO DI ESECUZIONE DELLE CATEGORIE DI LAVORO OPERE DI SOVRASTRUTTURA STRADALE PAVIMENTAZIONI DIVERSE 147

| | | |
|-----------------|---|------------|
| Art. 45. | CRITERI GENERALI..... | 147 |
| 45.1 | MATERIALI | 147 |
| 45.2 | CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI | 148 |
| 45.3 | CONTROLLO QUALITÀ..... | 148 |
| 45.4 | NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI..... | 148 |
| Art. 46. | STRATI DI FONDAZIONE | 149 |
| 46.1 | FONDAZIONI IN TERRA STABILIZZATA O MISTO GRANULARE..... | 149 |
| 46.1.1 | Costituzione – Caratteristiche dei materiali | 149 |
| 46.1.2 | Modalità di esecuzione | 150 |
| Art. 47. | STRATI DI BASE | 151 |
| 47.1 | MISTO CEMENTATO PRODOTTO IN IMPIANTO | 151 |
| 47.1.1 | Misto cementato prodotto in impianto con aggregati vergini..... | 151 |
| 47.1.2 | Misto cementato prodotto in impianto con aggregati di recupero | 159 |
| 47.2 | MISTO GRANULARE STABILIZZATO..... | 168 |
| 47.2.1 | Misto granulare stabilizzato con aggregati vergini..... | 168 |
| 47.2.2 | Misto granulare stabilizzato con aggregati di recupero..... | 172 |
| Art. 48. | STRATI DI PAVIMENTAZIONE | 178 |
| 48.1 | CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO TIPO BINDER | 178 |
| 48.1.1 | Conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale | 178 |
| 48.1.2 | Conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato..... | 186 |
| 48.1.3 | Conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder | 195 |
| 48.2 | CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO TIPO USURA | 206 |
| 48.2.1 | Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici..... | 206 |
| 48.2.2 | Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei | 216 |
| 48.2.3 | Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato | 226 |
| 48.3 | CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO IN IMPIANTO..... | 237 |
| 48.3.1 | Conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto per viabilità principale..... | 237 |
| 48.3.2 | Conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto per viabilità secondaria..... | 249 |
| 48.4 | GEOSINTETICI | 262 |
| 48.4.1 | Geocomposito con rete in fibra di vetro..... | 262 |
| 48.4.2 | Geotessile non tessuto..... | 263 |
| 48.4.3 | Geogriglia | 264 |
| 48.5 | DEPOLVERIZZAZIONE | 264 |
| 48.5.1 | Depolverizzazione con tre strati | 264 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 48.6 | MICROTAPPETO A FREDDO | 271 |
| 48.6.1 | Microtappeto a freddo..... | 271 |
| 48.7 | IMPREGNAZIONE E MANO D'ATTACCO..... | 279 |
| 48.7.1 | Impregnazione..... | 279 |
| 48.7.2 | Emulsione bituminosa per mano d'attacco..... | 281 |
| Art. 49. | <i>RAPPEZZI LOCALIZZATI</i> | 283 |
| Art. 50. | <i>PAVIMENTAZIONI A ELEMENTI</i> | 283 |
| 50.1 | PAVIMENTAZIONI IN MASSELLI DI CALCESTRUZZO..... | 283 |
| Art. 51. | <i>PAVIMENTAZIONI DI MARCIAPIEDI – CORDOLI</i> | 286 |
| 51.1 | PAVIMENTAZIONI A ELEMENTI..... | 286 |
| 51.1.1 | Pavimentazione in pietrini di cemento | 286 |
| 51.2 | PAVIMENTAZIONI CONTINUE | 286 |
| 51.2.1 | Pavimentazione in asfalto colato | 286 |
| 51.2.2 | Pavimentazione in battuto di cemento..... | 286 |
| 51.3 | CORDOLI..... | 286 |
| Art. 52. | <i>POSA DI ARREDO URBANO</i> | 287 |

APPENDICE A – NORME GENERALI DI ESECUZIONE - IMPIANTI VARI – ELETTRICI E DI PUBBLICA

| | | |
|---------------------------|--|------------|
| ILLUMINAZIONE..... | | 288 |
| Art. 53. | <i>OPERE PROVVISORIALI - MACCHINARI E MEZZI D'OPERA</i> | <i>288</i> |
| Art. 54. | <i>INDAGINI E RILIEVI GEOGNOSTICI</i> | <i>288</i> |
| 54.1 | GENERALITÀ..... | 288 |
| 54.2 | INDAGINI IN SITO | 288 |
| 54.2.1 | Tipo, tecnica e profondità | 288 |
| 54.2.2 | Prelievo dei campioni | 288 |
| 54.3 | INDAGINI E PROVE – RELAZIONE | 289 |
| Art. 55. | <i>AZIONI E CARICHI SULLE OPERE E COSTRUZIONI IN GENERE.....</i> | <i>289</i> |
| 55.1 | GENERALITÀ..... | 289 |
| 55.1.1 | Carichi permanenti | 289 |
| 55.1.2 | Sovraccarichi accidentali | 289 |
| Art. 56. | <i>STRUTTURE, OPERE E IMPIANTI IN GENERALE - MODALITÀ DI STUDIO, PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE</i> | <i>290</i> |
| 56.1 | GENERALITÀ..... | 290 |
| 56.1.1 | Produzione degli elaborati – Direzione tecnica..... | 290 |
| 56.1.2 | Responsabilità dell'Appaltatore | 290 |
| 56.1.3 | Denuncia dei lavori | 291 |
| 56.1.4 | Casi di denuncia non dovuta | 291 |
| 56.1.5 | Documenti in cantiere – Giornale dei lavori | 291 |
| 56.1.6 | Relazione a struttura ultimata..... | 291 |
| 56.1.7 | Collaudo statico..... | 292 |
| 56.2 | STRUTTURE E OPERE IN FONDAZIONE – CONDOTTE..... | 292 |
| 56.2.1 | Studio e progetto delle fondazioni | 292 |

| | | |
|-----------------|--|------------|
| 56.2.2 | Stabilità e cedimenti del terreno di fondazione | 292 |
| 56.2.3 | Stabilità e resistenza delle condotte | 293 |
| 56.3 | STRUTTURE E OPERE IN ELEVAZIONE – IMPIANTI | 293 |
| 56.3.1 | Studio e progetto delle strutture | 293 |
| 56.3.2 | Studio e progetto degli impianti | 293 |
| 56.3.3 | Garanzia degli impianti | 294 |
| Art. 57. | OPERE DI FOGNATURA..... | 294 |
| 57.1 | GENERALITÀ..... | 294 |
| 57.1.1 | Osservanza del Capitolato e delle norme e disposizioni ufficiali | 294 |
| Art. 58. | OPERE STRADALI | 294 |
| 58.1 | GENERALITÀ..... | 294 |
| 58.1.1 | Elementi integrativi | 294 |
| 58.1.2 | Definizioni..... | 295 |
| Art. 59. | OPERE D'ARTE..... | 295 |
| 59.1 | GENERALITÀ..... | 295 |
| 59.2 | OPERE DI RACCOLTA E ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE | 295 |
| 59.2.1 | Cunette di piattaforma | 295 |
| 59.2.2 | Drenaggio del cassonetto..... | 296 |
| 59.2.3 | Scivoli e pozzetti..... | 296 |
| 59.2.4 | Tombini..... | 296 |
| 59.2.5 | Opere minori di attraversamento | 297 |
| 59.2.6 | Opere di difesa dalle acque sotterranee e di percolamento | 297 |
| Art. 60. | SOVRASTRUTTURA STRADALE..... | 297 |
| Art. 61. | IMPIANTI ELETTRICI IN GENERALE..... | 297 |
| 61.1 | GENERALITÀ..... | 297 |
| 61.1.1 | Osservanza delle disposizioni e norme ufficiali – Norme CEI..... | 297 |
| 61.1.2 | Materiali e apparecchi | 298 |
| 61.1.3 | Campionatura..... | 298 |
| 61.1.4 | Verifica provvisoria e consegna degli impianti..... | 298 |
| 61.1.5 | Collaudo definitivo degli impianti | 299 |
| 61.1.6 | Garanzia degli impianti | 299 |
| Art. 62. | IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE – REQUISITI ELETTRICI..... | 300 |
| 62.1 | GENERALITÀ E DEFINIZIONI | 300 |
| 62.1.1 | Generalità..... | 300 |
| 62.1.2 | Definizioni..... | 300 |
| 62.1.3 | Circuito di alimentazione | 300 |
| 62.2 | CARATTERISTICHE ELETTRICHE E MISURE DI SICUREZZA E PROTEZIONE..... | 300 |
| 62.2.1 | Resistenza di isolamento verso terra..... | 300 |
| 62.2.2 | Sezionamento e interruzione..... | 301 |
| 62.2.3 | Protezione dei trasformatori di sicurezza e d'isolamento..... | 301 |
| 62.2.4 | Protezione contro i contatti indiretti | 301 |

| | | |
|---|--|------------|
| 62.2.5 | Protezione contro i contatti diretti | 301 |
| 62.2.6 | Caduta di tensione nel circuito di alimentazione..... | 301 |
| 62.2.7 | Distribuzione dei carichi nei circuiti di alimentazione trifasi | 302 |
| 62.2.8 | Protezione contro le correnti di cortocircuito..... | 302 |
| 62.2.9 | Protezione contro i sovraccarichi..... | 302 |
| 62.2.10 | Protezione contro i contatti indiretti in impianti di Gruppo B | 302 |
| 62.2.11 | Protezione contro i contatti indiretti per gli impianti di Gruppo D | 302 |
| 62.3 | MATERIALI E APPARECCHI | 302 |
| 62.3.1 | Generalità | 302 |
| 62.3.2 | Dispersori di terra | 303 |
| 62.4 | CONDUTTURE | 303 |
| 62.4.1 | Sezione minime dei cavi..... | 303 |
| 62.4.2 | Portata di corrente | 303 |
| 62.4.3 | Sezione minime dei conduttori di terra e di protezione | 303 |
| 62.4.4 | Identificazione delle anime dei cavi | 303 |
| 62.5 | DISTANZIAMENTO E ALTEZZE MINIME | 303 |
| 62.5.1 | Distanziamento dai limiti della carreggiata e della sede stradale | 304 |
| 62.5.2 | Altezze minime sulla carreggiata | 304 |
| 62.5.3 | Distanze dai conduttori di linee elettriche esterne | 304 |
| 62.6 | CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI SOSTEGNI | 305 |
| 62.7 | TIPOLOGIE | 305 |
| 62.8 | MISURE E PROVE | 306 |
| 62.8.1 | Misura della resistenza di isolamento..... | 306 |
| 62.8.2 | Misura della caduta di tensione su linea di alimentazione di impianti in derivazione indipendenti... | 306 |
| 62.8.3 | Misura della resistenza dell'impianto di terra..... | 306 |
| Art. 63. | PROTEZIONE DELLE OPERE - COSTRUZIONI IN ZONE SOGGETTE A TUTELA..... | 306 |
| 63.1 | PROTEZIONE DELLE OPERE | 306 |
| 63.2 | PROTEZIONE DALL'INQUINAMENTO LUMINOSO | 306 |
| ELEMENTI STRUTTURALI | 308 | |
| QUALITA' DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI | 308 | |
| Art. 64. | NORME GENERALI - IMPIEGO ED ACCETTAZIONE DEI MATERIALI..... | 308 |
| Art. 65. | ACQUA, CALCI, CEMENTI ED AGGLOMERATI CEMENTIZI, POZZOLANE, GESSO..... | 308 |
| Art. 66. | MATERIALI INERTI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI E PER MALTE | 309 |
| Art. 67. | ELEMENTI DI LATERIZIO E CALCESTRUZZO..... | 310 |
| Art. 68. | MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO | 311 |
| 68.1 | OCCUPAZIONE, APERTURA E SFRUTTAMENTO DELLE CAVE | 311 |
| Art. 69. | OPERE E STRUTTURE DI CALCESTRUZZO..... | 311 |
| 69.1 | Generalità..... | 311 |
| 69.1.1 | Impasti di Calcestruzzo | 311 |
| 69.1.2 | Controlli sul Calcestruzzo | 312 |
| 69.1.3 | Resistenza al Fuoco..... | 312 |

| | | |
|--|---|------------|
| 69.2 | Norme per il cemento armato normale | 312 |
| 69.2.1 | Armatura delle travi | 312 |
| 69.2.2 | Armatura dei pilastri..... | 313 |
| 69.2.3 | Copriferro e interferro | 313 |
| 69.2.4 | Ancoraggio delle barre e loro giunzioni | 313 |
| 69.3 | Norme ulteriori per il cemento armato precompresso..... | 314 |
| 69.3.1 | Esecuzione delle opere in calcestruzzo armato precompresso | 314 |
| 69.4 | Responsabilità per le opere in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso | 315 |
| 69.5 | Calcestruzzo di aggregati leggeri | 315 |
| Art. 70. | COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P. | 315 |
| 70.1 | Generalità..... | 315 |
| 70.2 | Documenti di accompagnamento | 316 |
| Art. 71. | DEMOLIZIONI E RIMOZIONI | 317 |
| Art. 72. | NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI | 317 |
| 72.1 | NORME GENERALI | 317 |
| 72.1.1 | Generalità..... | 317 |
| 72.1.2 | Contabilizzazione dei lavori a corpo e/o a misura | 318 |
| 72.1.3 | Lavori in economia | 318 |
| 72.1.4 | Contabilizzazione delle varianti | 318 |
| 72.2 | Scavi in Genere..... | 318 |
| 72.3 | Rilevati e Rinterri | 319 |
| 72.4 | Calcestruzzi | 319 |
| 72.5 | Conglomerato Cementizio Armato | 320 |
| 72.6 | Trasporti | 320 |
| Art. 73. | ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI | 321 |
| Art. 74. | CARATTERISTICHE STRUTTURALI | 321 |
| 74.1 | DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE | 321 |
| 74.2 | STRUTTURE IN C.A. | 321 |
| 74.3 | PRESCRIZIONI SUI MATERIALI | 321 |
| IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA..... | | 323 |
| Art. 75. | LEGGI E REGOLAMENTI | 323 |
| 75.1 | NORMATIVE | 323 |
| Art. 76. | OBBLIGHI | 325 |
| 76.1 | CAPACITÀ TECNICO-PROFESSIONALI PER L'INSTALLAZIONE DI SORGENTI E APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE..... | 325 |
| 76.2 | DIRITTI UMANI E CONDIZIONI DI LAVORO | 325 |
| Art. 77. | SPECIFICHE DEI MATERIALI E COMPONENTI | 326 |
| 77.1 | SORGENTI LUMINOSE | 326 |
| 77.2 | APPARECCHI ILLUMINANTI | 328 |
| 77.3 | CONTENITORI PER GRUPPI DI MISURA | 335 |
| 77.3.1 | Riferimenti normativi..... | 335 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 77.3.2 | Generalità | 335 |
| 77.4 | QUADRI ELETTRICI DI PROTEZIONE E COMANDO | 335 |
| 77.4.1 | Riferimenti normativi | 335 |
| 77.4.2 | Generalità | 336 |
| 77.4.3 | Configurazione e dimensioni | 336 |
| 77.4.4 | Dati tecnici | 337 |
| 77.4.5 | Condizione di accessibilità da parte di personale autorizzato | 338 |
| 77.4.6 | Caratteristiche dei circuiti elettrici | 338 |
| 77.5 | INTERRUTTORI MAGNETOTERMICI | 338 |
| 77.5.1 | Riferimenti normativi | 338 |
| 77.5.2 | Generalità | 339 |
| 77.6 | INTERRUTTORI DIFFERENZIALI | 339 |
| 77.6.1 | Riferimenti normativi | 339 |
| 77.6.2 | Generalità | 339 |
| 77.7 | CONTATTORI | 340 |
| 77.7.1 | Riferimenti normativi | 340 |
| 77.7.2 | Generalità | 340 |
| 77.8 | FUSIBILI | 340 |
| 77.8.1 | Riferimenti normativi | 340 |
| 77.8.2 | Generalità | 340 |
| 77.9 | CAVI ELETTRICI | 341 |
| 77.9.1 | Riferimenti normativi | 341 |
| 77.9.2 | Generalità | 341 |
| 77.9.3 | Colori distintivi | 341 |
| 77.9.4 | Sezione dei conduttori di fase e di neutro | 341 |
| 77.9.5 | Cavi in parallelo | 342 |
| 77.10 | COLLEGAMENTI ELETTRICI | 342 |
| 77.10.1 | Riferimenti normativi | 342 |
| 77.10.2 | Generalità | 342 |
| 77.11 | IMPIANTI DI TERRA | 342 |
| 77.11.1 | Riferimenti normativi | 342 |
| 77.11.2 | Generalità | 342 |
| 77.12 | SOSTEGNI | 344 |
| 77.12.1 | Riferimenti normativi | 344 |
| 77.12.2 | Generalità | 344 |
| 77.12.3 | Sbracci ed accessori | 345 |
| 77.12.4 | Sostegni artistici in ghisa | 345 |
| 77.12.5 | Posa dei sostegni | 345 |
| 77.13 | CAVIDOTTI | 346 |
| 77.14 | POZZETTI DI DERIVAZIONE E CHIUSINI | 346 |
| 77.15 | PLINTI DI FONDAZIONE PER PALI | 347 |
| 77.16 | PLINTI DI FONDAZIONE PER ARMADI E COLONNINE STRADALI | 348 |



Settore Lavori Pubblici - Espropri - Demanio - Ambiente - Servizi Tecnici

| | | |
|-------|-----------------------------|-----|
| 77.17 | LINEE DI ALIMENTAZIONE..... | 349 |
|-------|-----------------------------|-----|

PARTE PRIMA - PRESCRIZIONI TECNICHE

PRESCRIZIONI GENERALI — PROVE

Art. 1. CONDIZIONI DI ACCETTAZIONE

1.1 GENERALITÀ

I materiali, i manufatti e le forniture in genere da impiegare nelle opere da eseguire dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio, possedere i requisiti stabiliti dalle leggi e dai regolamenti vigenti in materia ed inoltre corrispondere alle specifiche norme indicate nel presente Capitolato o negli altri atti contrattuali. Essi inoltre, se non diversamente prescritto o consentito, dovranno rispondere alle specificazioni tecniche dei relativi Enti di unificazione e normazione (UNI, EN, ISO, CEI, ecc.) con la notazione che ove il richiamo del presente testo fosse indirizzato a norme ritirate o sostituite, la relativa valenza dovrà ritenersi rispettivamente prorogata (salvo diversa specifica) o riferita alla norma sostitutiva. Si richiamano peraltro, espressamente, le prescrizioni degli artt. 15, 16 e 17 del Capitolato Generale d'Appalto.

Potranno essere impiegati materiali e prodotti conformi ad una norma armonizzata o ad un benessere tecnico europeo come definiti dal Regolamento Europeo 305/2011, ovvero conformi a specifiche nazionali dei Paesi della Comunità Europea, qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente e tale da soddisfare i requisiti essenziali allegati alla citata direttiva. Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture provverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei lavori, ne sia riconosciuta l'idoneità e la corrispondenza ai requisiti prescritti.

L'Appaltatore è obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire od a far eseguire presso il laboratorio di cantiere, presso gli stabilimenti di produzione o presso gli Istituti autorizzati, tutte le prove prescritte dal presente Capitolato o dalla Direzione Lavori sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti, sia prefabbricati che formati in opera, e sulle forniture in genere. Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme UNI, UNI EN, ecc. verrà effettuato in contraddittorio e sarà appositamente verbalizzato.

L'Appaltatore farà sì che tutti i materiali abbiano ad avere, durante il corso dei lavori, le medesime caratteristiche riconosciute ed accettate dalla Direzione. Pertanto, qualora in corso di coltivazione di cave o di esercizio di fabbriche, stabilimenti, ecc. i materiali e le forniture non fossero più rispondenti ai requisiti prescritti, ovvero venissero a mancare e si presentasse quindi la necessità di cambiamenti nell'approvvigionamento, nessuna eccezione potrà accampare l'Appaltatore, né alcuna variazione di prezzi, fermi restando gli obblighi di cui al primo capoverso.

Le provviste non accettate dalla Direzione dei lavori, in quanto ad insindacabile giudizio non riconosciute idonee, dovranno essere immediatamente allontanate dal cantiere, a cura e spese dell'Appaltatore, e sostituite con altre rispondenti ai requisiti richiesti. Lo stesso resta comunque totalmente responsabile in rapporto ai materiali forniti la cui accettazione, in ogni caso, non pregiudica i diritti che l'Amministrazione si riserva in sede di collaudo finale.

1.2 MARCHIO CE

Nel caso in cui i materiali da costruzione debbano garantire il rispetto di uno o più requisiti essenziali di cui all'allegato A del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 (come modificato e integrato da D.P.R. n. 499/1997), gli stessi dovranno essere dotati di marcatura CE. Tale marcatura sarà indice di:

- conformità alle norme nazionali che recepiscono norme armonizzate (i cui estremi sono riportati nella G.U.C.E. e nella G.U.R.I.) ⁽¹⁾;
- conformità, nel caso non esistano norme armonizzate, alle norme nazionali riconosciute dalla Commissione a beneficiare della presunzione di conformità;
- conformità al "*Benestare tecnico europeo*" di cui all'art. 5 del citato D.P.R..

L' "*Attestato di conformità*", presupposto base per l'apposizione della marcatura "CE", potrà assumere la tipologia di "Certificato di conformità" rilasciato da un organismo riconosciuto o di "Dichiarazione di conformità" rilasciata dallo stesso fabbricante. In entrambi i casi comunque l'attestato dovrà contenere gli elementi di cui all'art. 10 dello stesso decreto.

1.3 CAM

Sono integralmente richiamate le disposizioni normative relative ai CAM, rif. art. 71. L'Appaltatore si obbliga al pieno rispetto delle prescrizioni e pattuizioni di cui ai CAM, con particolare riferimento al rispetto delle specifiche tecniche dei materiali e alla documentazione necessaria ai fini dimostrativi.

1.4 MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

I materiali ed i prodotti per uso strutturale dovranno rispondere ai requisiti indicati al Paragrafo II delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" approvate con D.M. 17 gennaio 2018 ⁽²⁾. In particolare dovranno essere:

- identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- qualificati sotto la responsabilità dello stesso, secondo le procedure applicabili;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione. In particolare, per quanto riguarda l'identificazione, potranno configurarsi i seguenti casi:
 - A. Materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma armonizzata il cui riferimento sia pubblicato sulla G.U.U.E. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere sarà possibile soltanto se in possesso della marcatura CE.
 - B. Materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata (ovvero ricada nel periodo di coesistenza), per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure di cui al D.M. 17 gennaio 2018.
 - C. Materiali e prodotti per uso strutturale innovativi e comunque non ricadenti nelle superiori tipologie, per i quali la marcatura CE potrà fare riferimento alla conformità ad un benessere tecnico europeo (ETA) o a certificazione di idoneità tecnica rilasciata dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio superiore dei LL.PP.

Per i materiali e prodotti recanti la marcatura CE sarà onere del Direttore dei lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il certificato ovvero la dichiarazione di conformità alla parte armonizzata dalla specifica norma europea ovvero allo

1

(1) Le norme nazionali che recepiscono norme armonizzate diventano cogenti a seguito di pubblicazione del relativo numero sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana, a norma del comma 4, art. 6, del D.P.R. n. 246/1993, e dalla data stabilita in detta Gazzetta in rapporto al periodo di coesistenza con eventuale analoga normativa nazionale.

² (2) Per il D.M. 14 gennaio 2008 si richiama tutta la normativa correlata quale ad oggi le Leggi 28 febbraio 2008, n. 31, 24 giugno 2009, n. 77 e le Circolari Ministero Infrastrutture e Trasporti 2 febbraio 2009, 5 agosto 2009 e 22 dicembre 2009.

specifico benessere tecnico europeo. Per i prodotti non recanti la marcatura CE, il Direttore dei lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'attestato di qualificazione (caso B) o del certificato di idoneità tecnica all'impiego (caso C) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del C.S.L.L.

1.5 MATERIALI E PRODOTTI PERICOLOSI

Ai sensi del D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i. sulla salute e sicurezza dei lavoratori, i materiali ed i prodotti pericolosi (pitture, vernici, impregnanti, malte particolari, ecc.) dovranno essere corredati, da parte del produttore, di apposita "*Scheda informativa di sicurezza*".

1.6 SCORPORO DALL'APPALTO

L'Amministrazione si riserva la facoltà di scorporare dall'appalto determinati materiali e forniture, senza che per questo l'Appaltatore possa avanzare richieste di speciali compensi, sotto qualunque titolo.

Art. 2. MATERIALI NATURALI, DI CAVA E ARTIFICIALI

2.1 ACQUA

Dovrà essere dolce, limpida, scevra di materie terrose od organiche e non aggressiva. Avrà un pH compreso tra 6 e 8 ed una torbidezza non superiore al 2%. Per gli impasti cementizi non dovrà presentare tracce di sali in percentuali dannose ed in particolare: cloruri (Cl-) in concentrazione superiore a 500 mg/l per cementi armati precompressi e malte di iniezione, a 1000 mg/l per cementi armati ordinari ed a 4500 mg/l per cementi non armati; solfati (SO₄²⁻) in percentuali superiori a 2000 mg/l (prove 6.1.3. UNI EN 1008). Il contenuto di sodio equivalente dovrà essere ≤ 1500 mg/l e la concentrazione di sostanze chimiche (zucchero, fosfati, nitrati, piombo) conforme al Prospetto 3 della norma citata. Infine il tempo di presa dei provini dovrà essere conforme a quanto previsto al punto 4.4 della norma.

È vietato l'impiego di acqua di mare, salvo esplicita autorizzazione (nel caso, con gli opportuni accorgimenti per i calcoli di stabilità). Tale divieto rimane tassativo ed assoluto per i calcestruzzi armati ed in genere per tutte le strutture inglobanti materiali metallici soggetti a corrosione. Di contro l'impiego di acqua potabile non sarà soggetto ad alcuna analisi preventiva.

2.2 AGGREGATI PER MALTA

2.2.1 Generalità

Saranno ritenuti idonei alla produzione di malte gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali o artificiali (con esclusione, se non diversamente consentito, di materiali provenienti da processi di riciclo), conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 13139 (Aggregati per malta).

Gli aggregati dovranno essere assolutamente scevri di materie terrose ed organiche (v. punto 7.4 della norma), essere preferibilmente di qualità silicea (in subordine quarzosa, granitica o calcarea), di grana omogenea, stridenti al tatto e dovranno provenire, se naturali, da rocce aventi alta resistenza alla compressione. Ove necessario saranno lavati con acqua dolce per l'eliminazione delle eventuali materie nocive.

2.2.2 Termini e definizioni

Ai fini della norma superiormente riportata, si applicano i termini e le definizioni seguenti:

- **Dimensione dell'aggregato:** descrizione dell'aggregato come dimensioni dello staccio inferiore (d) e superiore (D);
- **Aggregato grosso:** aggregato la cui dimensione superiore $D \geq 4 \text{ mm}$ e la cui dimensione inferiore $d \geq 2 \text{ mm}$;
- **Aggregato fine:** aggregato la cui dimensione superiore $D \geq 4 \text{ mm}$;
- **Fini:** frazione granulometrica di aggregato passante allo staccio di $0,063 \text{ mm}$;
- **Filler:** aggregato, in maggior parte passante allo staccio di $0,063 \text{ mm}$, aggiungibile ai materiali da costruzione per conferire determinate proprietà.

2.2.3 Granulometria

La granulometria degli aggregati, da determinarsi in conformità della UNI EN 933-1, dovrà soddisfare i requisiti di cui al punto 5 della norma della quale si riportano, nella Tab. 4, i limiti di sopra e sottovaglio. Gli aggregati per malte da muratura (sabbie) saranno in genere costituiti da grani di dimensioni tali da passare attraverso lo staccio 2 UNI EN 933-2; quelli per intonaci, stuccature, murature da paramento ed in pietra da taglio da grani passanti allo staccio $0,5 \text{ UNI EN 933-2}$.

Il contenuto dei fini, da determinarsi in conformità della UNI EN 933-1, non dovrà superare i limiti del Prospetto 4 della norma. La granulometria dei filler, da determinarsi in conformità della UNI-EN 933-10, dovrà soddisfare i limiti specificati nel Prospetto 3 della norma, parzialmente riportato nella Tab. 5.

TAB. 4 - Aggregati per malte. Limiti di sopravaglio e sottovaglio

| DIMENSIONI AGGREGATO | Limiti per la percentuale in massa del passante | | | | |
|-------------------------|---|-------------|------------|-------------|----------|
| | Sopravaglio | | | Sottovaglio | |
| | $2 D$ | $1,4 D$ | D | d | $0,5 d$ |
| 0/1 | 100 | da 95 a 100 | da 85 a 99 | - | - |
| 0/2 | 100 | da 95 a 100 | da 85 a 99 | - | - |
| 0/4 | 100 | da 95 a 100 | da 85 a 99 | - | - |
| 0/8 | 100 | da 98 a 100 | da 90 a 99 | - | - |
| 2/4 | 100 | da 95 a 100 | da 85 a 99 | da 0 a 20 | da 0 a 5 |
| 2/8 | 100 | da 98 a 100 | da 85 a 99 | da 0 a 20 | da 0 a 5 |

TAB. 5 - Filler. Requisiti granulometrici

| DIMENSIONI STACCIO | Percentuale passante in massa |
|-----------------------|-------------------------------|
| | Limiti per risultati singoli |
| 2 | 100 |
| 0,125 | da 85 a 100 |
| 0,063 | da 70 a 100 |

2.2.4 Requisiti fisici e chimici

I requisiti fisici e chimici degli aggregati saranno conformi alle prescrizioni di progetto e verranno stabiliti con le modalità di cui ai punti 6 e 7 della norma. In particolare: il contenuto di ioni cloro idrosolubile non dovrà superare lo $0,15\%$ (v. Appendice D) per la malta non armata e lo $0,06\%$ per le malte contenenti elementi metallici (v. UNI EN 206-1, UNI EN 998-2, UNI EN 1744-1); il contenuto di zolfo totale dell'aggregato e dei filler, determinato in conformità della UNI EN 1744-1, non dovrà superare l' 1% in massa per aggregati naturali ed il 2% in massa per scorie d'alto forno raffreddate in aria. Per quanto riguarda la durabilità e la reattività alcali-silice degli aggregati si rimanda al punto 7.6 ed all'Appendice D della norma.

2.2.5 Designazione e descrizione

Gli aggregati per malta ed i filler devono essere designati come di seguito: a) provenienza (nome della cava e del punto di estrazione); b) tipo di aggregato (indicazione petrografica o nome commerciale); c) numero della norma; d) dimensione nominale.

| Caratteristiche armonizzate (secondo appendice ZA) AGGREGATI | | Dichiarazione |
|--|--|---------------|
| Forma, dimensione e massa volumica dei granuli | Dimensione dell'aggregato | SI |
| | Granulometria | SI |
| | Forma dei granuli | SI/NPD |
| | Massa volumica dei granuli | SI |
| Pulizia | Contenuto in conchiglie | SI/NPD |
| | Fini | SI |
| | Cloruri | SI |
| Composizione/contenuto | Solfato solubile in acido | SI |
| | Zolfo totale | SI |
| | Costituenti che alterano la velocità di presa e di indurimento della malta | SI |
| | Materiale idrosolubile | SI |
| Stabilità di volume (applicabile solo per aggregati industriali) | | |
| Assorbimento di acqua | Assorbimento di acqua | SI |
| Sostanze pericolose: Emissione di radioattività (per aggregati derivanti da fonti radioattive destinati a calcestruzzo per edifici) Rilascio di metalli pesanti Rilascio di carbonio poliaromatico Rilascio di altre sostanze pericolose | Conoscenza delle materie prime Gestione della produzione | (1) |
| Durabilità al gelo/disgelo | Resistenza al gelo/disgelo | SI/NPD |
| Durabilità alla reazione alcali-silice | Reattività alcali-silice | SI |

TAB. 6 a - Aggregati per malta UNI EN 13139. Aggregati. Caratteristiche armonizzate (D.M. 11/04/2007, AII. 3)

TAB. 6 b - Aggregati per malta UNI EN 13139. Filler. Caratteristiche armonizzate (D.M. 11/04/2007, AII. 3)

| Caratteristiche armonizzate (secondo appendice ZA) FILLER | | Dichiarazione |
|--|--|---------------|
| Forma, dimensione e massa volumica dei granuli | Dimensione dell'aggregato | SI |
| | Granulometria | SI |
| | Forma dei granuli | SI/NPD |
| | Massa volumica dei granuli | SI |
| Composizione/contenuto | Cloruri | SI |
| | Solfato solubile in acido | SI |
| | Zolfo totale | SI |
| | Costituenti che alterano la velocità di presa e di indurimento della malta | SI |
| Pulizia | Contenuto in conchiglie | SI/NPD |
| | Fini | SI/NPD |
| Perdita al fuoco (solo per ceneri) (applicabile solo ad aggregati industriali) | Perdita al fuoco | SI |
| Assorbimento di acqua | Assorbimento di acqua | SI |
| Rilascio di altre sostanze pericolose | Conoscenza delle materie prime Gestione della produzione | (68) |
| Durabilità al gelo/disgelo | Resistenza al gelo/disgelo | SI/NPD |


2.2.6 Marcatura ed etichettatura – Marcatura CE

Ogni consegna di aggregati dovrà essere accompagnata da una bolla numerata, emessa da o per conto del produttore, nella quale sia dichiarato: a) provenienza; b) regione/luogo di produzione; c) data di consegna; designazione; e) se richiesto, massa volumica dei granuli e contenuto massimo di cloruro; marcatura CE se necessario.

Il simbolo di marcatura CE, deve figurare sull'etichetta o sulla confezione o sui documenti di accompagnamento (es. bolla di consegna) e deve essere accompagnato dalle seguenti informazioni:

- numero di identificazione dell'ente di certificazione (solo per i prodotti sotto il sistema 2+);
- nome o marchio identificativo e indirizzo registrato del produttore;
- ultime due cifre dell'anno di affissione della marcatura CE; numero del certificato del controllo di produzione di fabbrica (solo per i prodotti sotto sistema 2+); riferimento alla UNI EN 13139;
- descrizione ed impiego previsto del prodotto;
- informazioni sulle caratteristiche essenziali, elencate nel prospetto ZA.1a o nel prospetto ZA.1b.

TAB. 6 c - Marcatura CE per aggregati per malte sotto il sistema 2+. Esempio di informazioni

| | | |
|---|---|---|
|  01234 (1) Any Co Ltd, PO Box 21, B-1050 (2) 02 (3) 0123-CPD-0456 (4) EN 13139 Aggregati per malte | Forma dei granuli Valore dichiarato (F1) Dimensione dei granuli Classificazione (d/D) Massa volumica dei granuli Valore dichiarato (Mg/m³) Pulizia Valore dichiarato (SC) Contenuto in conchiglie Qualità dei fini Limite di soglia (%, MB, SE) passai/non passa e Categoria | Stabilità di volume Limite di soglia (WS) passai/non passa Assorbimento di acqua Valore dichiarato (WA) Emissione di radioattività Valori dichiarati come richiesto Rilascio di metalli pesanti Limiti di soglia validi sul posto d'impiego Rilascio di carbonio poliaromatico per esempio Sostanza X: 0,2 µm³ Rilascio di altre sostanze pericolose Valore dichiarato (Foppure AKS) Durabilità al gelo-disgelo Valore dichiarato come richiesto Durabilità alla reattività alcali-silice |
| | Composizione/contenuto Cloruri Valore dichiarato (% C) Solfati solubili in acido Categoria (per esempio AS ₂₁) Zolfo totale Limite di soglia (% S) passai/non passa Costituenti che alterano la velocità di presa e di indurimento della malta Limite di soglia (tempo di presa in minuti e resistenza a compressione S%) | |
| | | |
| | | |

2.2.7 Sistema di attestazione di conformità

I sistemi di attestazione di conformità per gli aggregati e filler per malte saranno, conformemente ai prospetti ZA 2a e ZA 2b della norma UNI EN 13139, del tipo "2+" per materiali ove siano richiesti alti requisiti di sicurezza e del tipo "4" ove tali requisiti non siano richiesti.

2.3 AGGREGATI PER CALCESTRUZZO

2.3.1 Generalità

Saranno ritenuti idonei alla produzione di conglomerato cementizio gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali o artificiali (con esclusione, ove non diversamente consentito, di materiali provenienti da processi di riciclo) rispondenti alle prescrizioni di cui al paragrafo 11.1.9.2 delle “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” e conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 12620 (Aggregati per calcestruzzo).

I materiali naturali dovranno essere costituiti da elementi omogenei, provenienti da rocce compatte, resistenti, non gessose o marnose, né gelive. Tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, sfaldati o sfaldabili e quelle rivestite da incrostazioni.

I pietrischi e le graniglie dovranno provenire dalla frantumazione di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o di calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto, all'abrasione ed al gelo. Saranno a spigolo vivo, scevri di materie terrose, sabbia e comunque materie eterogenee ed organiche.

La granulometria degli aggregati sarà in genere indicata dal progetto o dalla Direzione dei lavori in base alla resistenza, alla destinazione dei getti ed alle modalità di posa in opera dei calcestruzzi. In ogni caso la dimensione massima degli elementi, per le strutture armate, non dovrà superare il 60% dell'interfero e, per le strutture in generale, il 25% della minima dimensione strutturale. È prescritto inoltre che per getti di fondazione o di forte spessore gli elementi di dimensione massima risultino passanti allo staccio con maglie di 63 mm. Sarà assolutamente vietato l'impiego di sabbia marina.

2.3.2 Granulometria

La granulometria dell'aggregato, determinata in conformità alla UNI EN 933-1, dovrà soddisfare i requisiti di cui al punto 4.3 della UNI EN 12620 della quale si riporta, in parte, il Prospetto 2. Le dimensioni di un aggregato sono specificate da una coppia di stacci di cui al Prospetto 1 della norma scelti tra le tre serie previste (e separate), con la notazione che tali dimensioni devono avere $D/d \geq 1.4$.

2.3.3 Forma dell'aggregato (a.g.)

La forma dell'aggregato grosso sarà determinata in termini di *indice di appiattimento* (come specificato dalla UNI EN 933-3) e di *indice di forma* (come specificato dalla UNI EN 934-4) e riferite alle rispettive categorie “FI” e “SI” di cui ai Prospetti 8 e 9 della UNI EN 12620.

TAB. 7 - Requisiti generali di granulometria secondo UNI EN 12620

| AGGREGATO | DIMENSIONE | Percentuale passante in massa | | | | | Categoria G' |
|--------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|------------------------------|
| | | 2 D | 1,4 D | D | d | d/2 | |
| Grosso | $D/D \leq 2$ o $D \leq 11,2$ mm | 100 100 | da 98 a 100 da 98 a 100 | da 85 a 99 da 80 a 99 | da 0 a 20 da 0 a 20 | da 0 a 5 da 0 a 5 | $G_{C85/20}$ $G_{C80/20}$ |
| | $D/D \geq 2$ o $D \geq 11,2$ mm | 100 | da 98 a 100 | da 90 a 99 | da 0 a 15 | da 0 a 5 | $G_{C90/15}$ |
| Fine | $D \leq 4$ mm e $d=0$ | 100 | da 95 a 100 | da 85 a 99 | | | G_F85 |
| Naturale 0/8 | $D = 8$ mm e $d=0$ | 100 | da 98 a 100 | da 90 a 99 | | | G_{N490} |
| Misto | $D \leq 45$ mm e $d=0$ | 100 100 | da 98 a 100 da 98 a 100 | da 90 a 99 da 85 a 99 | | | G_A90 G_A85 |

2.3.4 Resistenza alla frantumazione (a.g.)

La resistenza alla frantumazione dell'aggregato grosso sarà specificata con riferimento al coefficiente "Los Angeles" (categoria "LA") ed al valore d'urto (categoria "SZ") di cui ai Prospetti 12 e 13 della norma superiormente citata, con metodo di prova secondo UNI EN 1097-2.

2.3.5 Resistenza all'usura (a.g.)

Ove richiesta, la resistenza all'usura dell'aggregato grosso (coefficiente micro-Deval MDE) sarà determinata in conformità alla UNI EN 1097-1 e specificata con riferimento al Prospetto 14 della UNI EN 12620.

2.3.6 Resistenza alla levigabilità e all'abrasione (a.g.)

Ove richiesta (per calcestruzzi destinati a strati di usura nelle pavimentazioni stradali), la resistenza alla levigabilità (valore di levigabilità "VL") ed all'abrasione (valore dell'abrasione "AAV") dell'aggregato grosso sarà determinata secondo UNI EN 1097-8 e riferita ai Prospetti 15 e 16 della UNI EN 12620.

2.3.7 Riferimento a norme UNI

Al fine di individuare i limiti di accettazione delle caratteristiche tecniche degli aggregati, utile riferimento potrà comunque essere fatto anche alle norme sotto riportate delle quali, nella Tab. 8, si riporta una sintesi.

UNI 8520-1 - Aggregati per calcestruzzo. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620 – Parte 1: Designazione e criteri di conformità.

UNI 8520-2 - Idem. – Parte 2: Requisiti.

TAB. 8 - Aggregati per confezione di calcestruzzi. Requisiti e limiti di accettazione secondo UNI 8520-2

| Caratteristica | CATEGORIA | | Metodo di prova |
|--|--|--|---|
| | A | B | |
| | Valori limite | | |
| Esame petrografico | Assenza di gesso, anidride, silice amorfa. Miche e scisti xillini come minerali accessori $\leq 1\%$ | Accettata silice amorfa solo come impurità. Miche e scisti xillini come minerali accessori: $\leq 2\%$ | Parte 4 ^a |
| Contenuto di solfati | | $SO_3 \leq 0,20\%$ | Parte 11 ^a |
| Contenuto di cloruri solubili | $Cl^- \leq 0,05\%$ | $Cl^- \leq 0,10\%$ | Parte 12 ^a |
| Massa volumica e assorbimento superficiale | $MV \geq 2400 \text{ kg/m}^3$ Ass. $\leq 5\%$ per calcestruzzi impermeabili | $MV \geq 2200 \text{ kg/m}^3$ Ass. $\leq 10\%$ | Parte 13 ^a e 16 ^a |
| Equivalente in sabbia e valore di blu | $ES \geq 80$ $VB \leq 0,6 \text{ cm}^3/\text{g}$ di fini | $70 \leq ES \leq 80$ $VB \leq 1,0 \text{ cm}^3/\text{g}$ di fini. | Parte 15 ^a |

| Caratteristica | CATEGORIA | | Metodo di prova |
|--|--|----------------------------|-----------------------|
| | A | B | |
| | Valori limite | | |
| Resistenza a compressione | $R \geq 100 \text{ N/mm}^2$ | $R \geq 80 \text{ N/mm}^2$ | Parte 17 ^a |
| Coefficienti di forma e di appiattimento | $C_f \geq 0,15$ ($D_{max} = 32 \text{ mm}$) $C_f \geq 0,12$ ($D_{max} = 64 \text{ mm}$) | – | Parte 18 ^a |
| Perdita di massa per urto e rotolamento | $LA \leq 30\%$ coefficiente di abrasione “Los Angeles”. | $LA \leq 40\%$ | Parte 19 ^a |
| Resistenza ai cicli di gelo e disgelo | $\Delta LA \leq 4\%$ dopo 20 cicli. | – | Parte 20 ^a |
| Potenziiale reattività in presenza di alcali | Espansione dei prismi di malta $\leq 0,08\%$ a 3 mesi $\leq 0,10\%$ a 6 mesi | | Parte 22 ^a |

2.3.8 Designazione, marcatura ed etichettatura

Per quanto riguarda la designazione, gli aggregati dovranno essere indicati come di seguito:

- Origine, produttore ed eventuale deposito;
- Tipo (v. UNI EN 932-3) e dimensione dell'aggregato.

Per quanto riguarda la marcatura e l'etichettatura, la bolla di consegna dovrà contenere le seguenti informazioni:

- Designazione e data di spedizione;
- Numero di serie della bolla e il riferimento alla norma UNI EN 12620.

| Caratteristiche armonizzate (secondo appendice ZA) AGGREGATI | | Dichiarazione |
|--|--|---------------|
| Forma, dimensione e massa volumica dei granuli | Dimensione dell'aggregato | Si |
| | Granulometria | Si |
| | Forma dell'aggregato grosso | Si/NPD |
| | Massa volumica dei granuli e assorbimento acqua | Si |
| Pulizia | Contenuto in conchiglie nell'aggregato grosso | Si/NPD |
| | Polveri | Si |
| Resistenza alla frammentazione/frantumazione | Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso | Si (75) |
| Resistenza alla levigabilità/abrasione/usura | Resistenza alla usura dell'aggregato grosso | Si (76) |
| | Resistenza alla levigabilità | Si/NPD |
| | Resistenza all'abrasione superficiale | Si (77) |
| | Resistenza all'abrasione da pneumatici chiodati | Si/NPD |
| Composizione/contenuto | Cloruri | Si |
| | Solfato solubile in acido | Si |
| | Zolfo totale | Si |
| | Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento del calcestruzzo | Si |
| | Contenuto di carbonato negli aggregati fini per strati di usura delle pavimentazioni di calcestruzzo | Si |

TAB. 9 a - Aggregati per calcestruzzo. Aggregati UNI EN 12620. Caratteristiche armonizzate (D.M. 11/04/2007, All. 3)

TAB. 9 b - Aggregati per calcestruzzo. Filler UNI EN 12620. Caratteristiche armonizzate (D.M. 11/04/2007, All. 3)

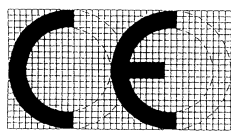
| Caratteristiche armonizzate (secondo appendice ZA) AGGREGATI | | Dichiarazione |
|--|---|---------------|
| Stabilità di volume | Stabilità di volume-ritiro per essiccamento | Si/NPD |
| | Costituenti che influenzano la stabilità di volume della scoria d'altoforno raffreddata in aria | Si/NPD |
| Assorbimento di acqua | Massa volumica dei granuli e assorbimento di acqua | Si |
| Sostanze pericolose: Emissione di radioattività (per aggregati derivanti da fonti radioattive destinati a calcestruzzo per edifici) Rilascio di metalli pesanti Rilascio di carbonio poliaromatico Rilascio di altre sostanze pericolose | Conoscenza delle materie prime Gestione della produzione | (78) |
| Durabilità al gelo/disgelo | Resistenza al gelo/disgelo | Si/ (75) |
| Durabilità alla reazione alcali-silice | Reattività alcali-silice | Si |

| Caratteristiche armonizzate (secondo appendice ZA) FILLER | | Dichiarazione |
|---|---|---------------|
| Finezza/granulometrica e massa volumica dei granuli | Filler | Si |
| | Massa volumica dei granuli e assorbimento di acqua | Si |
| Composizione/contenuto | Cloruri | Si |
| | Solfato solubile in acido | Si |
| | Zolfo totale | Si |
| | Costituenti che alterano la velocità di presa e di indurimento del calcestruzzo | Si |
| | Polveri | Si |
| Stabilità di volume | Stabilità di volume-ritiro per essiccamento | Si/NPD |
| | Costituenti che influenzano la stabilità di volume della scoria d'altoforno raffreddata in aria | Si |
| Rilascio di altre sostanze pericolose | Conoscenza delle materie prime Gestione della produzione | (78) |
| Durabilità al gelo/disgelo | Resistenza al gelo/disgelo dell'aggregato grosso | Si/NPD |

2.3.9 Marcatura ed etichettatura CE

Per la marcatura CE e l'etichettatura v. quanto riportato nell'Appendice ZA.3 della norma UNI EN 12620. Il simbolo di marcatura CE dovrà figurare sull'etichetta o sulla confezione o sui documenti di accompagnamento (es. bolla di consegna) e dovrà essere accompagnato da informazioni del tipo di quelle riportate al precedente punto (v. Tab. 9 c).

TAB. 9 c - Marcatura CE per aggregati per calcestruzzi sotto il sistema 2+. Esempio di informazioni

| | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|
|  01234 Any Co Ltd, PO Box 21, B-1050 02 0123-CPD-0456 EN 12620 Aggregati per calcestruzzo | Forma dei granuli Granulometria Massa volumica dei granuli Pulizia Qualità delle polveri Contenuto di conchiglie Resistenza alla frammentazione/frantumazione Resistenza alla levigabilità Resistenza all'abrasione Resistenza all'usura Composizione/contenuto Cloruri Solfati solubili in acido Zolfo totale Costituenti che alterano la velocità di presa e di indurimento del calcestruzzo | Valore dichiarato Designazione Valore dichiarato Passa/non passa rispetto al valore di soglia Categoria Categoria Categoria Categoria Valore dichiarato Categoria Passa/non passa rispetto al valore di soglia Passa/non passa rispetto al valore di soglia Passa/non passa rispetto al valore di soglia (Tempo di presa in minuti e resistenza a compressione S%) | (7) (d, D) (Mg/m³) (%) (MB, SE) (per esempio SC ₁₀) (LA ₁₀) (PSV ₁₀) (AAV ₁₀ , A ₁₀ 30) (M ₁₀ 20) (%) C (per esempio AS ₁₀ 2) (%) S (Tempo di presa in minuti e resistenza a compressione S%) | Contenuto di carbonato Stabilità di volume Ritiro per essiccamento Assorbimento di acqua Emissione di radioattività Rilascio di metalli pesanti Rilascio di idrocarburi poliaromatici Rilascio di altre sostanze pericolose Durabilità al gelo/disgelo Durabilità alla reazione alcali-silice | Valore dichiarato Passa/non passa rispetto al valore di soglia Valore dichiarato Valori dichiarati come richiesto Valori di soglia validi sul posto di impiego per esempio Sostanza X: 0,2 µm² Valore dichiarato Valore dichiarato come richiesto (%) CO ₂ (%) WS (%) WA (Fo MS) | (1) Numero di identificazione dell'ente di ispezione (2) Nome o marchio identificativo ed indirizzo del produttore (3) Ultime due cifre dell'anno in cui è stata applicata la marcatura (4) Numero del certificato CE |
|--|--|---|--|--|--|--|

2.3.10

Sistema di attestazione

Il sistema di attestazione degli aggregati, ai sensi del D.P.R. n. 246/93, seguirà le indicazioni riportate nella seguente tabella:

TAB. 10 - Aggregati per calcestruzzi. Sistema di attestazione della conformità

| Specifica Tecnica Europea di riferimento | Uso Previsto | Sistema di Attestazione della Conformità (79) |
|---|--------------------------|---|
| Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620-13055 | Calcestruzzo strutturale | 2+ |
| | Uso non strutturale | 4 |

2.4 AGGREGATI PER SOVRASTRUTTURE STRADALI – GENERALITÀ

Quando per gli strati di fondazione o di base della sovrastruttura stradale sia disposto di impiegare detriti di cava o di frantoio o altro materiale, questo dovrà essere in ogni caso non suscettibile all'azione dell'acqua (non solubile, né plasticizzabile), nonché privo di radici e di sostanze organiche.

La granulometria del materiale, qualora diversa dalle prescrizioni del presente Capitolo, sarà indicata dalla Direzione dei lavori o dall'Elenco. Il limite liquido (LL) del materiale (Atterberg), per la frazione con $D_{max} \geq 4$ mm, dovrà essere comunque non maggiore di 25 e l'indice di plasticità (IP) di 6 ($4 \div 9$ per gli strati di base). L'indice C.B.R. dovrà avere un valore non minore di 50. Per l'accettazione del materiale dovrà farsi riferimento ai "Criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali" di cui alle Norme C.N.R. 139/1992 ed in ogni caso, specie per le prescrizioni più restrittive, alle seguenti norme di unificazione:

- UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade;
- UNI EN 13285 - Miscele non legate. Specifiche;
- UNI EN 13043 - Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico.

2.5 AGGREGATI PER SOVRASTRUTTURA STRADALI – AGGREGATI PER MATERIALI NON LEGATI O LEGATI CON LEGANTI IDRAULICI (UNI EN 13042)

2.5.1 Granulometria

Tutti gli aggregati dovranno essere descritti in termini di dimensioni dell'aggregato tramite la designazione d/D e dovranno soddisfare i requisiti granulometrici più avanti specificati. Le dimensioni dell'aggregati dovranno essere specificate utilizzando le dimensioni nominali indicate nel prospetto 1 della norma che comprende un gruppo base comune (stacci: 0, 1, 2, 4, 8, 16, 31, 5 (32), 63 mm) più due gruppi (gruppo 1 e gruppo 2); le dimensioni degli aggregati dovranno essere separate da un rapporto tra la relativa dimensione della staccio superiore " D " e quella dello staccio inferiore " d " non minore di 1,4.

I requisiti generali di granulometria, per gli aggregati *grossi*, *fini* ed in *frazione unica*, dovranno essere conformi ai requisiti riportati al punto 4.3 della norma e del quale, in Tab. 11, si riporta il prospetto 2 (a meno delle annotazioni).

TAB. 11 - Requisiti generali di granulometria secondo UNI EN 13242

| AGGREGATO | DIMENSIONE | Percentuale in massa del passante | | | | | Categoria G |
|-------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------|------------|-----------|----------|------------------|
| | | $2 D$ | $1,4 D$ | D | d | $d/2$ | |
| Grosso | $d \geq 1$ e $D > 2$ | 100 | da 98 a 100 | da 85 a 99 | da 0 a 15 | da 0 a 5 | G_C 85-15 |
| | | 100 | da 98 a 100 | da 80 a 99 | da 0 a 20 | da 0 a 5 | G_C 80-20 |
| Fine | $d = 0$ e $D \leq 6,3$ | 100 | da 98 a 100 | da 85 a 99 | – | – | G_F 85 |
| | | 100 | da 98 a 100 | da 80 a 99 | – | – | G_F 80 |
| In frazione unica | $d = 0$ e $D > 6,3$ | – | 100 | da 85 a 99 | – | – | G_A 85 |
| | | 100 | da 98 a 100 | da 80 a 99 | – | – | G_A 80 |
| | | 100 | – | da 75 a 99 | – | – | G_A 75 |

2.5.2 Forma dell'aggregato grosso

La forma dell'aggregato grosso sarà determinata in termini di *coefficiente di appiattimento* (come specificato nella EN 933-3) e di *coefficiente di forma* (come specificato nella EN 933-4) e riferita alle rispettive categorie "F1" e "S1" di cui ai prospetti 5 e 6 della UNI EN 13242.

2.5.3 Percentuale di particelle rotte o frantumate o totalmente arrotondate negli aggregati grossi

Ove richiesto, tale percentuale, determinata in conformità alla EN 933-5, dovrà essere dichiarata in conformità alla categoria pertinente (C) specificata nel prospetto 7 della norma.

2.5.4 Contenuto di fini

Ove richiesto, il contenuto di fine per aggregato grosso, fine ed in frazione unica dovrà essere dichiarato in conformità alla categoria pertinente (f) della norma.

2.5.5 Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso

La resistenza alla frammentazione dovrà essere determinata in termini di *coefficiente Los Angeles* come specificato nella norma EN 1097-2; detto coefficiente dovrà essere dichiarato in conformità alla categoria pertinente (LA) specificata nel prospetto 9 della UNI EN 13242. Dove richiesto, il valore d'urto, determinato secondo EN 1097-2, punto 6, sarà dichiarato in conformità alla categoria pertinente (SZ) specificata nel prospetto 10 della norma.

2.5.6 Resistenza all'usura dell'aggregato grosso

Se richiesto, la resistenza all'usura dell'aggregato grosso (coefficiente di usura micro-Deval, MDE), determinato secondo EN 1097-1, sarà dichiarata in conformità alla categoria pertinente (MDE) specificata nel prospetto 11 della norma.

2.5.7 Requisiti chimici

Ove richiesti, in base alla particolare applicazione, destinazione d'uso o all'origine dell'aggregato, saranno determinati e specificati in conformità al punto 6 della norma.

2.5.8 Requisiti di durabilità

Per la resistenza al *Sonnenbrand* e al gelo-disgelo sarà fatto riferimento al punto 7 della norma. Se richiesto, il valore di assorbimento di acqua sotto forma di prova di screening dovrà essere determinato secondo EN 1097-6, punto 7, o appendice B; in questo caso se l'assorbimento di acqua non è maggiore al massimo di un valore dello 0,5%, si dovrà presumere che l'aggregato sia resistente al gelo-disgelo (v. prospetto 17 UNI EN 132). Se la resistenza al gelo-disgelo sarà determinata secondo EN 1367-1 o EN 1367-2, essa sarà dichiarata in conformità alla categoria pertinente (F) o (MS – categoria per l'integrità massima del solfato di magnesio) di cui ai prospetti 18 e 19 della norma (v. peraltro l'appendice B).

TAB. 12 a - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e costruzione di strade

| Caratteristiche armonizzate (secondo appendice ZA della UNI EN 13242 | | Dichiarazione |
|---|---|---------------|
| Forma, dimensione e massa volumica delle particelle | Dimensione dell'aggregato | Si |
| | Granulometria | Si |
| | Forma dell'aggregato grosso | Si/NPD |
| | Massa volumica dell particelle | Si/NPD |
| Purezza | Contenuto di fini | Si |
| | Qualità dei fini | Si |
| Percentuale di particelle frantumate | Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi | Si |
| Resistenza alla frammentazione/frantumazione | Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso | Si (3) |
| Stabilità volumetrica | Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati | Si/NPD |
| Assorbimento/suzione di acqua | Assorbimento di acqua | Si/NPD |
| Composizione/contenuto | Solfato solubile in acido | Si |
| | Zolfo totale | Si/NPD |
| | Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici | Si/NPD |
| Resistenza all'attrito | Resistenza all'usura dell'aggregato grosso | Si |
| Sostanze pericolose: Rilascio di metalli pesanti mediante lisciviazione Rilascio di altre sostanze pericolose | Conoscenza delle materie prime Gestione della produzione | (80) |
| Durabilità agli agenti atmosferici | "Sonnendrand" del basalto | Si/NPD |
| Durabilità al gelo/disgelo | Resistenza al gelo o disgelo | Si/NPD |

di controllo della produzione in fabbrica (solo per il sistema "2+"); riferimento alla norma; informazioni sui requisiti essenziali rilevanti elencati nel prospetto ZA.1.

Con riferimento al punto ZA.2 della norma, il sistema di attestazione degli aggregati sarà del tipo “2+” per attestati destinati ad impieghi con alti requisiti di sicurezza (dove sia richiesto l'intervento di terzi); per impieghi senza altri requisiti di sicurezza sarà del tipo “4”.

TAB. 12 b - Esempio di informazioni sulla marcatura CE per aggregati sotto il sistema 2+

| | |
|--|---|
|  | |
| 01234 | |
| Any Co Ltd, PO Box 21, B-1050 | |
| 02 | |
| 0123-CPD-0456 | |
| EN 13242 | |
| Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici da utilizzare per opere di ingegneria civile e costruzione di strade | |
| Forma delle particelle | Valore dichiarato (F) |
| Dimensione delle particelle | Designazione (d/D) e tolleranza categoria (per esempio G ₈₀₋₂₀) |
| Massa volumica delle particelle | Valore dichiarato (Mg/m³) |
| Purezza | |
| Contenuto di fini | Categoria (per esempio f ₁₆) |
| Qualità dei fini | Valore soglia "passa/non passa" (% MB SE) |
| | Valore dichiarato |
| Percentuale di particelle frantumate | Categoria (per esempio C _{90/3}) |
| Resistenza alla frammentazione/frantumazione | Categoria (per esempio LA ₅₀) |
| Stabilità di volume | Categoria (per esempio V ₃) |
| Assorbimento/suzione di acqua | Valore dichiarato (% di frazione di massa) |
| Composizione/contenuto | |
| Solfati solubili in acido | Categoria (per esempio AS _{0,2}) |
| Zolfo totale | Valore soglia "passa/non passa" (% S) |
| Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici | Valore soglia "passa/non passa" (Tempo di indurimento in min e resistenza alla compressione S%) |
| Resistenza all'attrito | Categoria (per esempio M _{0E25}) |
| Rilascio di metalli pesanti mediante lisciviazione | Valori soglia vigenti nel luogo d'impiego |
| Rilascio di altre sostanze pericolose | per esempio Sostanza X: 0,2 µm³ |
| Durabilità al gelo/disgelo | Categoria (per esempio F _x o MS ₂₅) |

Pagina 30 di 350

Ove particolarmente previsto in Elenco od ove prescritto dalla Direzione dei lavori le miscele in argomento dovranno possedere i requisiti di cui al punto 4 della norma UNI EN 13285, e inoltre, quando richiesto, le proprietà conformi alla norma UNI EN 13242 di cui al precedente punto 2.5.

2.6.1 Designazione della miscela

Le miscele definite dalla norma UNI EN 13285 dovranno essere designate e selezionate da uno dei tipi di cui alla Tab. 13 di seguito riportata (d = 0):

TAB. 13 - Miscele non legate per fondi e sottofondi stradali. Designazione normalizzata

| | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|------|------|------|
| 0/8 | 0/10 | 0/11,2 | 0/12,5 | 0/14 | 0/16 | 0/20 |
| 0/22,4 | 0/31,5 | 0/40 | 0/45 | 0/56 | 0/63 | 0/80 |

2.6.2 Contenuto di fini

Il contenuto massimo o minimo di fini (passanti allo staccio di 0,063 mm), in rapporto alla categoria prescelta, dovrà soddisfare i valori riportati nei prospetti 2 e 3 della norma.

2.6.3 Curva granulometrica generale

Con riferimento agli stacci di classificazione di cui alla Tab. 14, la percentuale in massa (determinata secondo UNI EN 933-1) del passante lo staccio A, lo staccio B, lo staccio C, lo staccio E, lo staccio F, e lo staccio G, dovrà rientrare nel campo granulometrico generale corrispondente alla categoria selezionata dalla Tab. 15. Inoltre, per le categorie GA, GB, GC, GO e GP il valore medio calcolato a partire da tutte le granulometrie dovrà rientrare nel campo granulometrico del valore dichiarato dal fornitore corrispondente alla categoria selezionata dalla Tab. 15.

2.6.4 Designazione e descrizione

La designazione delle miscele dovrà includere almeno le seguenti informazioni: riferimento alla norma; provenienza; classe granulometrica – valore della dimensione dello staccio maggiore (D); tipo (i) di aggregato utilizzato (i) nella miscela.

TAB. 14 - Miscele non legate. Stacci per la classificazione granulometrica

| Designazione della miscela | Staccio A | Staccio B | Staccio C | Staccio E | Staccio F | Staggio G |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0/8 | 4 | 2 | – | 1 | 0,5 | – |
| 0/10 | 4 | 2 | – | 1 | 0,5 | – |
| 0/11,2 | 5,6 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | – |
| 0/12,5 | 6,3 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | – |
| 0/14 | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | – |
| 0/16 | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | – |
| 0/20 | 10 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | – |
| 0/22,4 | 11,2 | 5,6 | 2 | 1 | 0,5 | – |
| 0/31,5 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 | 0,5 |
| 0/40 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 | 0,5 |
| 0/45 | 22,4 | 11,2 | 5,6 | 2 | 1 | 0,5 |
| 0/56 | 31,5 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| 0/63 | 31,5 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| 0/80 | 40 | 20 | 10 | 4 | 2 | 1 |

TAB. 15 - Miscele non legate. Classificazione granulometrica generale. Categorie

| Campo granulometrico | Percentuale in massa del passante | | | | | | Categoria G |
|-------------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|---------------------|----------------|
| | Staccio A | Staccio B | Staccio C | Staccio E | Staccio F | Staccio G | |
| Miscele classificate normali | | | | | | | |
| Generale | da 55 a 85 | da 35 a 65 | da 22 a 50 | da 15 a 40 | da 10 a 35 | da 0 a 20 | G _A |
| Valore dichiarato dal fornitore (S) | da 63 a 77 | da 43 a 57 | da 30 a 42 | da 22 a 33 | da 15 a 30 | da 5 a 15 | |
| Generale | da 55 a 85 | da 35 a 68 | da 22 a 60 | da 16 a 47 | da 9 a 40 | da 5 a 35 | G _B |
| Valore dichiarato dal fornitore (S) | da 63 a 77 | da 43 a 60 | da 30 a 52 | da 23 a 40 | da 14 a 35 | da 10 a 30 | |
| Generale | da 50 a 90 | da 30 a 75 | da 20 a 60 | da 13 a 45 | da 8 a 35 | da 5 a 25 | G _C |
| Valore dichiarato dal fornitore (S) | da 61 a 79 | da 41 a 64 | da 31 a 49 | da 22 a 36 | da 13 a 30 | da 10 a 20 | |
| Miscele classificate aperte | | | | | | | |
| Generale | da 50 a 78 | da 31 a 60 | da 18 a 46 | da 10 a 35 | da 6 a 26 | da 0 a 20 | G _O |
| Valore dichiarato dal fornitore (S) | da 58 a 70 | da 39 a 51 | da 26 a 38 | da 17 a 28 | da 11 a 21 | da 5 a 15 | |
| Generale | da 43 a 81 | da 23 a 66 | da 12 a 53 | da 6 a 42 | da 3 a 32 | Nessun requisito | G _P |
| Valore dichiarato dal fornitore (S) | da 54 a 72 | da 33 a 52 | da 21 a 38 | da 14 a 27 | da 9 a 20 | | |

2.7 AGGREGATI PER SOVRASTRUTTURE STRADALI – AGGREGATI PER MISCELE BITUMINOSE E TRATTAMENTI SUPERFICIALI

Dovranno rispondere sia per l'aggregato grosso che per l'aggregato fine (1) ed il filler (1) ai requisiti riportati nella norma UNI EN 13043 richiamata al punto 2.4.

2.7.1 Granulometria

Tutti gli aggregati dovranno essere descritti in termini di dimensioni dell'aggregato tramite la designazione d/D e dovranno soddisfare i requisiti granulometrici più avanti specificati. Le dimensioni dell'aggregato dovranno essere espresse utilizzando le dimensioni nominali indicate nel prospetto 1 della norma che comprende un gruppo base comune (stacci: 0, 1, 2, 4, 8, 16, 31,5, (32), 63 mm) più due gruppi; le dimensioni degli aggregati dovranno essere separate da un rapporto tra la relativa dimensione dello staccio superiore " D " e quella dello staccio inferiore " d " non minore di 1,4.

TAB. 16 - Requisiti generali di granulometria secondo UNI EN 13043

| Aggregato | Dimensione mm | Percentuale passante in massa | | | | | Categoria G |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|------------|-----------|----------|-------------|
| | | 2 D | 1,4 D | D | d | d/2 | |
| Grosso | $D > 2$ | 100 | 100 | da 90 a 99 | da 0 a 10 | da 0 a 2 | $G_C 90/10$ |
| | | 100 | da 89 a 100 | da 90 a 99 | da 0 a 15 | da 0 a 5 | $G_C 90/15$ |
| | | 100 | da 98 a 100 | da 90 a 99 | da 0 a 20 | da 0 a 5 | $G_C 90/20$ |
| | | 100 | da 98 a 100 | da 85 a 99 | da 0 a 15 | da 0 a 2 | $G_C 85/15$ |
| | | 100 | da 98 a 100 | da 85 a 99 | da 0 a 20 | da 0 a 5 | $G_C 85/20$ |
| | | 100 | da 98 a 100 | da 85 a 99 | da 0 a 35 | da 0 a 5 | $G_C 85/35$ |
| Fine | $D \leq 2$ | 100 | — | da 85 a 99 | — | — | $G_F 85$ |
| In frazione unica | $D \leq 45$ e $d = 0$ | 100 | da 98 a 100 | da 90 a 99 | — | — | $G_A 90$ |
| | | 100 | da 98 a 100 | da 85 a 99 | — | — | $G_A 85$ |

I requisiti generali di granulometria, per gli aggregati *grossi*, *fini* ed in *frazione unica* dovranno essere conformi a quelli riportati al punto 4.1.3 della norma e del quale, in Tab. 16, si riporta il prospetto 2 (a meno delle annotazioni).

2.7.2 Forma dell'aggregato grosso

Si richiama sull'argomento quanto specificato al precedente punto 2.5.2 con riferimento, in questo caso, ai prospetti 7 e 8 della norma UNI EN 13043.

2.7.3 Percentuali di superficie frantumata negli aggregati grossi

Si richiama quanto specificato al precedente punto 2.5.3, con riferimento al prospetto 9 della UNI EN 13043.

2.7.4 Contenuto di fini

Ove richiesto, il contenuto di fini, determinato in conformità alla UNI EN 933-1, dovrà essere espresso secondo la relativa categoria (f) specificata nel prospetto 5 della norma.

2.7.5 Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso

Si richiama, per questo punto, quanto specificato al precedente punto 2.5.5, con riferimento al prospetto 11 della UNI EN 13043. Per i valori massimi della resistenza all'urto (categoria SZ) sarà fatto riferimento al prospetto 12.

2.7.6 Resistenza alla levigazione dell'aggregato grosso per manti superficiali – Abrasione superficiale

Ove richiesto, la resistenza alla levigazione dell'aggregato grosso per manti superficiali (valore di levigabilità – PSV) sarà determinata secondo EN 1097-8. Detto resistenza dovrà essere dichiarata in conformità alla

relativa categoria di cui al prospetto 13 della norma. La resistenza all'abrasione superficiale dovrà essere dichiarata in conformità alla relativa categoria (AAV) specificata nel prospetto 14 della norma.

2.7.7 Resistenza all'usura dell'aggregato grosso

Per tale resistenza (coefficiente micro-Deval – MDE), si rinvia a quanto specificato al precedente punto 2.5.6, con riferimento al prospetto 15 della UNI EN 13043.

2.7.8 Durabilità

Per la durabilità, verrà preso in considerazione il valore di assorbimento di acqua come prova di selezione per la resistenza al gelo/disgelo. Tale valore sarà determinato con i procedimenti della EN 1097-2, punto 7, o della EN 1097-6, appendice B.

2.7.9 Resistenza al gelo/disgelo

Ove richiesto, la resistenza al gelo/disgelo, determinata secondo EN 1367-1 o EN 1367-2, dovrà essere dichiarata in conformità alla relativa categoria specificata nel prospetto 19 (F) o del prospetto 20 (MS) della norma.

2.7.10 Sonnenbrand del basalto

Ove siano rilevabili segni di "Sonnenbrand", la perdita di massa e la resistenza alla frammentazione dovranno essere determinate in conformità alla EN 1367-3 ed alla EN 1097-2. Per le categorie dei valori massimi di resistenza al "Sonnenbrand" (SB) si farà riferimento al prospetto 21 della norma.

2.7.11 Requisiti per l'aggregato filler

Per tali requisiti (geometrici, fisici, chimici, di uniformità produttiva) sarà fatto riferimento al punto 5 della norma.

2.7.12 Designazione, marcatura ed etichettatura – Marcatura CE

Per la designazione, la marcatura l'etichettatura sarà fatto riferimento ai punti 7, 8 e all'appendice ZA della norma in analogia alle prescrizioni riportata nel precedente punto 2.5.9. Lo stesso dicasi per i sistemi di attestazione della conformità e di cui al precedente punto 2.5.10.

Art. 3.CALCI – POZZOLANE – LEGANTI IDRAULICI - ADDITIVI

Tutti i leganti dovranno essere conservati in magazzini coperti, ben riparati dall'umidità o in sili. Per la misurazione, sia a peso che a volume, il legante dovrà essere perfettamente asciutto.

3.1 CALCI

3.1.1 Generalità

Le calce aeree ed idrauliche, dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui al R. Decreto 16 novembre 1939, n. 2231; le calce idrauliche dovranno altresì rispondere alle prescrizioni contenute nella legge 26 maggio 1965, n. 595 («Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici») nonché ai requisiti di accettazione contenuti nel D.M. 31 agosto 1972 («Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomeranti cementizi e delle calce idrauliche») e per quanto non incompatibile con la parte armonizzata delle seguenti norme europee recepite dall'UNI:

- UNI EN 459-1 - Calce da costruzione. Definizioni, specifiche e criteri di conformità.
- UNI EN 459-2 - Calce da costruzione. Metodi di prova.

La distinzione sarà fatta in *calce aeree* [vive (Q), idrate (S1), semi-idrate (S2), calciche (CI), dolomitiche (DL) idrate e semi-idrate] e *calce idrauliche* [naturali (NHL), naturali con materiali aggiunti (Z) e miscelate (HL)]. Le calce aeree saranno classificate in base al loro contenuto di (CaO + MgO), mentre quelle idrauliche in base alla loro resistenza a compressione in MPa. Per i requisiti fisici sarà fatto riferimento al prospetto 5 della UNI EN 459-1.

3.1.2 Calce viva

La calce viva in zolle al momento dell'estinzione dovrà essere perfettamente anidra; sarà rifiutata quella ridotta in polvere o sfiorita e perciò si dovrà provvederla in rapporto al bisogno e conservarla in luoghi asciutti e ben riparati dall'umidità.

3.1.3 Calce idrata in polvere

Dovrà essere confezionata in idonei imballaggi e conservata in locali ben asciutti. Gli imballaggi dovranno portare ben visibili: l'indicazione del produttore, il peso del prodotto e la specifica se trattasi di fiore di calce o calce idrata da costruzione.

3.1.4 Marcatura ed etichettatura

Le calce da impiegarsi per la preparazione di malte per murature, intonaci esterni ed interni e per la produzione di altri prodotti dovranno essere marcate CE. Il sistema di attestazione della conformità sarà del tipo "2". Il simbolo di marcatura CE (da figurare sulla confezione o sui documenti di accompagnamento) dovrà essere accompagnato dalle seguenti informazioni: numero di identificazione dell'ente autorizzato; nome o marchio identificativo e indirizzo registrato del produttore; le ultime due cifre dell'anno di marcatura; numero del certificato di conformità CE o certificato di controllo di produzione di fabbrica (se necessario); riferimento alla norma UNI EN 459-1; descrizione del prodotto e dell'impiego previsto; informazioni sulle caratteristiche pertinenti elencate nel prospetto ZA.1 della norma.

3.2 POZZOLANA

Dovrà rispondere alle «Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico», di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2230.

La pozzolana sarà ricavata da strati mondi da cappellaccio ed esenti da sostanze eterogenee o di parti inerti, sarà di grana fina (passante allo staccio 3,15 UNI 2332/1 per malte in generale e 0,5 UNI 2332/1 per malte fini di intonaco e murature di paramento), asciutta ed accuratamente vagliata. Sarà impiegata esclusivamente pozzolana classificata «energica».

3.3 LEGANTI IDRAULICI

3.3.1 Generalità

I materiali in argomento dovranno avere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dalla Legge 26 maggio 1965, n. 595, e dai DD.MM. 3 giugno 1968 e 31 agosto 1972 aventi rispettivamente per oggetto: *“Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici”*, *“Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi”*, *“Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche”*, con le modifiche e gli aggiornamenti di cui ai DD.MM. 20 novembre 1984 e 13 settembre 1993. Per quanto riguarda i cementi, fatto salvo quanto previsto dal D.M. 3 giugno 1968 e dal D.M. 20 novembre 1984 per i cementi alluminosi e per i cementi per sbarramenti di ritenuta, la composizione, le specificazioni ed i criteri di conformità saranno quelli previsti dalle norme UNI EN sotto riportate, alle quali fa peraltro riferimento il D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i. che ha emanato le nuove *“Norme Tecniche per le costruzioni”*:

- UNI EN 197-1 - Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per i cementi comuni.
- UNI EN 197-2 - Cemento. Valutazione della conformità.

3.3.2 Denominazione dei tipi

I 27 prodotti della famiglia dei cementi comuni conformi alla UNI EN 197-1, e la loro denominazione, sono indicati nel prospetto 1 della norma. Essi sono raggruppati in cinque tipi principali di cemento così definiti: CEM I (cemento Portland); CEM II (cemento Portland composito); CEM III (cemento d'alto forno); CEM IV (cemento pozzolanico); CEM V (cemento composito). La denominazione comprenderà: il tipo di cemento, il riferimento alla norma, la sigla del tipo, la classe di resistenza e la resistenza iniziale (N, ordinaria; R, elevata).

TAB. 24 - Cementi. Resistenze meccaniche e tempi di presa

| CLASSE | Resistenza alla compressione N/mm² | | | | Tempo di inizio presa |
|--------|---------------------------------------|----------|-------------------------|--------|--------------------------|
| | Resistenza iniziale | | Resistenza normalizzata | | |
| | 2 giorni | 7 giorni | 28 giorni | | minuti |
| 32,5 N | – | ≥ 16 | ≥ 32,5 | ≤ 52,5 | ≥ 75 |
| 32,5 R | ≥ 10 | – | | | |
| 42,5 N | ≥ 10 | – | ≥ 42,5 | ≤ 62,5 | ≥ 60 |
| 42,5 R | ≥ 20 | – | | | |
| 52,5 N | ≥ 20 | – | ≥ 52,5 | – | ≥ 45 |
| 52,5 R | ≥ 30 | – | | | |

3.3.3 Resistenze meccaniche e tempi di presa

I cementi precedentemente elencati, saggiati su malta normale secondo le prescrizioni e le modalità indicate nella norma UNI EN 196-1, dovranno avere le caratteristiche ed i limiti minimi di resistenza meccanica parzialmente riportati nella Tabella 24.

3.3.4 Modalità di fornitura

La fornitura dei leganti idraulici dovrà avvenire in sacchi sigillati, ovvero in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola o ancora alla rinfusa.

Dovranno comunque essere chiaramente riportate, a mezzo stampa nei primi due casi e con documenti di accompagnamento nell'ultimo, le informazioni previste dall'Appendice ZA.4 della norma UNI EN 197-1 ed in particolare: il marchio CE; il numero di identificazione dell'organismo di certificazione; il nome o marchio identificativo del produttore; la sede legale; il nome o marchio identificativo del produttore; la sede legale; il nome o marchio identificativo della fabbrica; le ultime due cifre dell'anno di marcatura; il numero del certificato di conformità CE; la norma di riferimento e la denominazione normalizzata (esempio: CEM I 42,5 R).

L'introduzione in cantiere di ogni partita di cemento sfuso dovrà risultare dal *Giornale dei lavori* e dal *Registro dei getti*.

3.3.5 Prelievo dei campioni

Per l'accertamento dei requisiti di accettazione dei cementi, degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche in polvere, le prove saranno eseguite su materiale proveniente da un campione originario di almeno 50 kg di legante prelevato da dieci sacchi per ogni partita di mille sacchi o frazione.

Per le forniture di leganti alla rinfusa la campionatura per le prove sarà effettuata all'atto della consegna, in contraddittorio fra le parti, mediante il prelievo di un campione medio in ragione di 10 kg per ogni 50 o frazione.

3.3.6 Conservazione

Dovrà essere effettuata in locali asciutti, approntati a cura dell'Appaltatore, e su tavolati in legname; più idoneamente lo stoccaggio sarà effettuato in adeguati "silos".

3.3.7 Particolari prescrizioni e impieghi

I cementi pozzolanici dovranno prevalentemente essere impiegati per opere destinate a venire in contatto con terreni gessosi, acque di mare o solfatate in genere. I cementi d'alto forno dovranno essere impiegati nelle pavimentazioni stradali, nelle strutture a contatto con terreni gessosi ed in genere nelle opere in cui è richiesto un basso ritiro; non dovranno invece essere impiegati per conglomerati destinati a strutture a vista. Si richiamano le norme UNI 9156 (cemento resistenti ai solfati) ed UNI 9606 (cementi resistenti al dilavamento della calce).

I cementi alluminosi saranno impiegati per getti a bassa temperatura, per getti subacquei, per lavori urgenti ed in genere per opere a contatto con terreni o acque fisicamente o chimicamente aggressivi. Ne è escluso l'impiego per opere strutturali.

3.4 ADDITIVI

3.4.1 Additivi per calcestruzzi

Materiale aggiunto durante il procedimento di miscelazione del calcestruzzo, in quantità non inferiore al 5% in massa del contenuto di cemento del calcestruzzo, dovrà essere conforme alla parte armonizzata della norma UNI EN 934-2.

La designazione degli additivi dovrà riportare: il nome ed il tipo di additivo, il riferimento alla norma, il codice per identificare il tipo di additivo (numero del prospetto della norma che riporta i requisiti prestazionali (es. UNI 934-2:T3.1/3.2).

Sono classificati dalla norma UNI 7101 in fluidificanti, aerati, acceleranti, ritardanti, antigelo ecc...

In relazione al tipo dovranno possedere caratteristiche conformi a quelle prescritte dalle norme UNI 7105-08-19, 7104-07-11-12-13, 7102-06-17 e 7103-06-09-14-20.

L'Impresa Appaltatrice, che dovrà fornirli in contenitori sigillati su cui dovranno essere indicate le quantità, la data di scadenza e le modalità d'uso, avrà l'obbligo di miscelarli alle malte in presenza della Direzione Lavori o di un suo collaboratore.

Gli additivi di riferimento sono:

| SUPERFLUIDIFICANTI: | |
|--------------------------|-----------------------|
| • | RHEOBUILD della MAC |
| • | MAPEFLUID della MAPEI |
| ANTIGELO ed ACCELERANTI: | |

| | |
|---|-----------------------|
| • | POZZOLITH della MAC |
| • | ANTIGELOS della MAPEI |

La marcatura CE dovrà essere accompagnata dalle seguenti informazioni: numero di identificazione dell'ente autorizzato; nome o marchio identificativo e indirizzo registrato del produttore; ultime due cifre dell'anno di marcatura; numero del certificato di controllo di produzione in fabbrica; descrizione del prodotto; informazioni sulle caratteristiche pertinenti essenziali di cui al prospetto ZA.1 della norma.

3.4.2 Additivi per malte

Gli additivi per malte per opere murarie dovranno essere conformi alla parte armonizzata della norma UNI EN 934-3. Per la designazione e la marcatura CE si richiama quanto indicato superiormente per i calcestruzzi.

Art. 4. MATERIALI FERROSI – PRODOTTI DI ACCIAIO E GHISA

4.1 GENERALITÀ

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere assenti da scorie, soffiature, brecciate, paglie o da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili.

I materiali ferrosi dovranno rispettare le vigenti norme emanate dall'UNI o recepite da norme armonizzate sotto le sigle di UNI EN o UNI EN ISO.

Gli acciai in particolare impiegati per impieghi strutturali, dovranno soddisfare i requisiti previsti dal paragrafo 11.2 delle *"Norme tecniche per le costruzioni"* approvate con D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i..

4.1.1 Designazione e classificazione – Qualificazione

Per la designazione e la classificazione si farà riferimento alle seguenti norme di unificazione:

- UNI EN 10020 - Definizione e classificazione dell'acciaio
- UNI EN 10021 - Condizioni tecniche generali di fornitura per l'acciaio ed i prodotti siderurgici.
- UNI EN 10027/1 - Sistemi di designazione degli acciai. Designazione alfanumerica. Simboli principali.
- UNI EN 10027/2 - Idem. Designazione numerica.
- UNI EN 1563 - Fonderia. Getti di ghisa a grafite sferoidale.

I prodotti di acciaio di impiego strutturale dovranno essere coperti da marcatura CE. Anche in questo caso dovranno comunque essere rispettati, laddove applicabili, i punti del paragrafo 11.2 delle *"Norme Tecniche"* non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate.

Quando non sia applicabile tale marcatura, ai sensi del D.P.R. n. 246/93 di recepimento della Direttiva 89/106/CE, i prodotti dovranno essere qualificati con la procedura di cui al paragrafo 11.2.1.1 delle superiori norme e dotati di "Attestato di qualificazione" di validità quinquennale, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.

4.1.2 Identificazione dei prodotti qualificati

Ogni prodotto qualificato dovrà essere dotato di marcatura indelebile, depositata presso il Servizio Tecnico di cui sopra, dalla quale risulti in modo inequivocabile il riferimento al produttore, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla eventuale saldabilità.

4.1.3 Prove e certificazioni

Per le prove dei materiali sarà fatto in genere riferimento alle UNI EN ISO 377 (Prelievo e preparazione dei campioni), alla UNI EN ISO 6892-1 (Prova di trazione), alla UNI 558 (Prova di compressione), alle UNI EN ISO 6506 e 6507 (Prove di durezza) e alla UNI EN ISO 7438 (Prova di piegamento).

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, dovranno riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato dal laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure lo stesso non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il S.T.C., le certificazioni emesse dal laboratorio saranno prive di valenza e il materiale non potrà essere utilizzato.

4.1.4 Documentazione di accompagnamento

Tutte le forniture di acciaio destinato ad impieghi strutturali dovranno essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale con riportato il riferimento al documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copie dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. Il Direttore dei lavori, prima della messa in opera, verificherà quanto sopra rifiutando le eventuali forniture non conformi.

4.2 ACCIAI PER CEMENTO ARMATO ORDINARIO

4.2.1 Generalità

Per il cemento armato in esecuzione ordinaria è esclusivamente ammesso l'impiego di acciai saldabili, del tipo ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure di cui al punto 11.3.1.2 delle "Norme tecniche", e controllati con le modalità di cui al punto 11.3.2.10.1.2 delle stesse norme.

I controlli in cantiere o nei luoghi di lavorazione sono obbligatori, essi saranno riferiti agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove di carattere statistico di cui al punto 11.3.2.10.1.2 delle norme, in ragione di n. 3 spezzoni, marcati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri di ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario, i controlli dovranno essere estesi agli altri diametri della partita. I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto da utilizzare provenga da un centro di trasformazione delle barre nel quale siano stati effettuati tutti i controlli prescritti. In questo caso la spedizione del materiale dovrà essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove secondo norma.

I limiti di accettazione, con riguardo alla resistenza ed all'allungamento, devono rientrare nei valori riportati nella tabella di cui al punto 11.3.2.10.4 delle "Norme tecniche" e qui riprodotta. Ove i risultati non siano conformi, si opererà come particolarmente previsto nello stesso paragrafo.

È ammesso l'uso di acciai inossidabili o zincati, purché le caratteristiche meccaniche (ed anche fisiche e tecnologiche, per gli zincati) siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai normali. Nel caso degli zincati, la marcatura dovrà consentire l'identificazione sia del produttore dell'elemento base che dello stabilimento di zincatura.

TAB. 27 - Barre per c.a. ordinario. Valori limite di accettazione

| Caratteristiche | Valore limite | Note |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| f_y minimo | 425 N/mm ² | (450-25) N/mm ² |
| f_y massimo | 572 N/mm ² | [450x(1,25-0,02) N/mm ² |
| Agt minimo | ≥ 5.0% | per acciai laminati a caldo |
| Agt minimo | ≥ 1.0% | per acciai trafilati a freddo |
| Rottura/snervamento | $1.11 \leq f_t/f_y \leq 1.37$ | per acciai laminati a caldo |
| Rottura/snervamento | $f_t/f_y \geq 1.03$ | per acciai trafilati a freddo |
| Piegamento/raddrizzamento | assenza di cricche | per tutti |

TAB. 28 - Acciaio per c.a. laminato a caldo. Requisiti (parziali)

| Parametri | Caratteristiche |
|---|--|
| Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} | ≥ $f_{y \text{ nom}}$ (N/mm ²) |
| Tensione caratteristica di rottura f_{tk} | ≥ $f_{t \text{ nom}}$ (N/mm ²) |
| $(f_t/f_y)_k$ | ≥ 1,13 ≤ 1,35 |
| $(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$ | ≤ 1,25 |
| Allungamento $(A_{gt})_k$ | ≥ 7% |

TAB. 29 - Acciaio per c.a. trafilato a freddo. Requisiti (parziali)

| Parametri | Caratteristiche |
|---|--|
| Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} | ≥ $f_{y \text{ nom}}$ (N/mm ²) |
| Tensione caratteristica di rottura f_{tk} | ≥ $f_{t \text{ nom}}$ (N/mm ²) |
| $(f_t/f_y)_k$ | ≥ 1,05 |
| $(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$ | ≤ 1,25 |
| Allungamento $(A_{gt})_k$ | ≥ 3% |

4.2.2 Acciaio laminato a caldo

L'acciaio per cemento armato laminato a caldo, denominato B450C e caratterizzato da una tensione caratteristica di snervamento ($f_y \text{ nom}$) di 450 N/mm² e di rottura ($f_t \text{ nom}$) di 540 N/mm², dovrà rispettare i requisiti riportati nella Tab. 11.3.Ib delle "Norme tecniche", parzialmente riprodotta a fianco (Tab. 28).

4.2.3 Acciaio laminato a freddo

L'acciaio per cemento armato trafilato a freddo, denominato B450A e caratterizzato dai medesimi valori nominali dell'acciaio laminato a caldo, dovrà rispettare i requisiti riportati nella corrispondente Tab. 11.3.Ic delle "Norme tecniche", e qui riprodotta parzialmente (Tab. 29).

4.2.4 Barre e rotoli

Tutti gli acciai per cemento armato dovranno essere, come già specificato nelle generalità, del tipo "ad aderenza migliorata". Le barre, caratterizzate dal diametro della barra tonda liscia equivalente, avranno diametro compreso tra 6 e 50 mm. Per gli acciai forniti in rotoli, il diametro massimo ammesso sarà non superiore a 16 mm.

4.2.5 Accertamento delle proprietà meccaniche

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle UNI EN ISO 15630-1 e UNI EN ISO 15630-2.

4.2.6 Reti e tralicci elettrosaldati

Dovranno essere costruiti con barre B450C aventi diametro compreso fra 6 mm e 16 mm, formanti maglia con lato non superiore a 330 mm. I nodi delle reti dovranno resistere ad una forza di distacco, determinata secondo la UNI EN ISO 15630-2, pari al 30% della forza di snervamento della barra, da cui computarsi per quella di diametro maggiore. La marcatura dovrà rientrare nella casistica di cui al punto 11.3.2.3 delle "Norme tecniche".

4.2.7 Tolleranze dimensionali

La deviazione ammissibile per la massa nominale delle barre deve rientrare nei limiti previsti dalla Tab. 11.3.III delle "Norme tecniche".

4.2.8 Centri di trasformazione

I Centri di trasformazione possono ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista al punto 11.3.1.3 delle norme. In ogni caso i documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere devono indicare gli estremi degli attestati di qualificazione del prodotto di origine.

I Centri di trasformazione, identificati agli effetti della normativa cui si fa riferimento quali "luoghi di lavorazione", sono tenuti ad effettuare i controlli obbligatori previsti in cantiere, secondo le indicazioni di cui al punto 11.3.2.10.3 della stessa normativa. L'esecuzione delle prove presso tali centri non esclude comunque che il Direttore dei lavori, nell'ambito della propria discrezionalità, possa effettuare in cantiere eventuali ulteriori controlli, se ritenuti opportuni.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio dovranno essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

4.3 LAMIERE DI ACCIAIO

Saranno conformi, per qualità e caratteristiche, ai requisiti ed alle prescrizioni riportati nelle seguenti norme:

- UNI EN 10025-1 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Condizioni tecniche generali di fornitura.
- UNI EN 10029 - Lamiere di acciaio laminato a caldo, di spessore 3 mm. Tolleranze dimensionali, di forma e sulla massa.
-

4.3.1 Lamiere bugnate o striate

Impiegate per la formazione di piani pedonabili o carrabili, dovranno rispondere, per dimensioni e tolleranze, alle prescrizioni delle norme vigenti. In tutti i casi saranno esenti da difetti visibili (scagliature, bave, crepe, crateri, ecc.) o da difetti di forma (svergolamento, ondulazione, ecc.) o di lavorazione (spigoli a taglio, assenza o difetti di limatura, ecc.) che ne pregiudichino l'impiego e/o la messa in opera e/o la sicurezza e l'estetica. Il rivestimento superficiale sarà conforme alle indicazioni di progetto.

4.4 LAMIERE ZINCATE E MANUFATTI RELATIVI

4.4.1 Generalità

Fornite in fogli, rotoli o in profilati vari per lavorazione dopo zincatura, le lamiere zincate avranno come base acciaio non legato, di norma laminato a freddo. Qualità, requisiti e tolleranze saranno conformi, in rapporto ai tipi, alle seguenti norme di unificazione:

- UNI EN 10326 - Nastri e lamiere di acciaio per impieghi strutturali rivestiti per immersione a caldo in continuo. Condizioni tecniche di fornitura.
- UNI EN 10327 - Nastri e lamiere di acciaio a basso tenore di carbonio rivestiti per immersione a caldo in continuo per formazione a freddo. Condizioni tecniche di fornitura.

La zincatura dovrà essere effettuata per immersione a caldo nello zinco allo stato fuso (450-460 °C); questo sarà di prima fusione, almeno di titolo ZN 99,5 UNI EN 1179. Con riguardo al procedimento di zincatura questo potrà essere di tipo a bagno continuo o discontinuo (più idoneamente indicato quest'ultimo per manufatti lavorati pre-zincatura).

La finitura del rivestimento potrà venire richiesta, in rapporto all'impiego, a stellatura normale (N) o ridotta (M) l'aspetto della superficie potrà essere normale (A), migliorato (B) o di qualità superiore (C), quest'ultimo ottenuto mediante laminazione a freddo (skin-passatura). In ogni caso le lamiere sottili zincate non dovranno presentare zone prive di rivestimento, ossidazione bianca, grossi grumi di zinco, soffiature od altri difetti superficiali. Con riguardo poi al grado di protezione superficiale i prodotti zincati, se non sottoposti a verniciatura industriale, potranno venire richiesti secchi, oliati o trattati all'acido cromatico (passivazione) con esclusione, per tale ultima operazione, dei prodotti a superficie levigata.

In ogni caso le lamiere sottili zincate non dovranno presentare zone prive di rivestimento, ossidazione bianca, grossi grumi di zinco, soffiature o altri difetti superficiali.

4.4.2 Lamiere zincate con procedimento continuo a caldo

Salvo diversa prescrizione, per tutti i manufatti previsti in lamiera zincata, quali coperture, rivestimenti, serrande, serbatoi di acqua, barriere di sicurezza, funi, lamiere ondulate, ecc., dovrà essere impiegata lamiera trattata secondo il procedimento di zincatura in continuo, consentendo lo stesso, che prevede tra l'altro la preventiva normalizzazione dell'acciaio ed un'accurata preparazione delle superfici, di ottenere una perfetta aderenza dello zinco all'acciaio di base e la formazione di uno strato ferro-zinco molto sottile ed uniforme.

La zincatura Z 450 sarà tassativamente prescritta per le lamiere destinate alla costruzione di serbatoi d'acqua o da impiegarsi in ambienti aggressivi. In nessun caso la fornitura potrà prevedere manufatti con grado di zincatura minore a Z 140.

TAB. 31 - Lamiere zincate a caldo. Tipologia degli strati di zincatura

| TIPO DI RIVESTIMENTO | Massa complessiva di zinco sulle due superfici (g/m ²) | |
|----------------------|--|---------------------------------|
| | Media di 3 determinazioni (minimo) | Singole determinazioni (minimo) |
| Z 600 | 600 | 525 |
| Z 450 | 450 | 400 |
| Z 350 | 350 | 300 |
| Z 275 | 275 | 245 |
| Z 200 | 200 | 175 |
| Z 140 | 140 | 135 |
| Z 100 | 100 | 90 |

4.4.3 Manufatti tubolari per tombini

Potranno essere del tipo a piastre multiple o ad elementi incastrati o imbullonati, secondo prescrizioni; in ogni caso saranno costituiti di lamiera zincata ondulata di tipo non inferiore a Fe E 280 GZ 600 UNI EN 10147, con contenuto in rame compreso tra 0,20 ÷ 0,40% e spessore minimo di 1,5 mm.

I manufatti dovranno essere esenti da difetti come: bolle di fusione, parti non zincate, rigature, ecc.; per l'impiego in ambienti chimicamente aggressivi dovranno essere inoltre protetti mediante rivestimento bituminoso o asfaltico, armato con fibre minerali (spessore 1,5 mm) ovvero mediante bitume ossidato applicato con immersione a caldo (1,5 kg/m²).

Per ogni fornitura l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori una valida certificazione rilasciata dal produttore attestante l'esatta qualità del materiale, le relative caratteristiche fisico-meccaniche ed il tipo di

zincatura. I pesi inoltre, in rapporto allo spessore dei vari diametri impiegati, dovranno risultare conformi alle tabelle fornite dallo stesso produttore, con tolleranza del $\pm 5\%$.

Salvo diversa specifica, per i vari tipi di tubolari si prescrive in particolare:

- a) *Manufatti ad elementi incastrati per tombini*: avranno ampiezza d'onda di 67,7 mm, profondità di 12,7 mm e lunghezza dell'intero manufatto, al netto di eventuali testate, multipla di 0,61 m. Il tipo sarà costituito da due mezze sezioni, ondulate, curvate ai raggi prescritti; dei due bordi longitudinali di ogni elemento l'uno sarà a diritto filo e l'altro ad intagli, tali da formare quattro riseghe atte a ricevere, ad incastro, il bordo dell'altro elemento. Le sezioni impiegabili saranno: la circolare, con diametro variabile da 0,30 ad 1,50 m (che potrà essere richiesta con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro) e la policentrica, anche ribassata, con luce minima di 0,40 m e luce massima di 1,75 m.
- b) *Manufatti ad elementi imbullonati per tombini*: avranno ampiezza d'onda di 67,7 mm, profondità di 12,7 mm e lunghezza dell'intero manufatto, al netto di eventuali testate, multipla di 0,61 m. Il tipo sarà costituito da due o più piastre ondulate, curvate ai raggi prescritti ed imbullonate. Le sezioni impiegabili saranno: le circolari, con diametro variabile da 0,60 a 2,00 m, e le policentriche ribassate, con luce minima di 0,70 m e luce massima di 2,20 m.
- c) *Manufatti a piastre multiple per tombini e sottopassi*: avranno ampiezza d'onda di 152,4 mm, profondità di 50,8 mm e raggio della curva interna della gola di almeno 28,6 mm. Gli elementi dovranno essere inoltre in misura tale da fornire, montati in opera, un vano di lunghezza multipla di 0,61 m. I bulloni di giunzione delle piastre dovranno essere di diametro non inferiore a 3/4 di pollice, essere del pari zincati, ed appartenere alla classe 8G (norme UNI 3740).

Le sezioni impiegabili saranno: le circolari, con diametro variabile da 1,50 a 6,40 m (che potranno essere richieste con una preformazione ellittica massima del 5%) le ribassate, con luce variabile da 1,80 a 6,50 m; quelle ad arco, con luce variabile da 1,80 a 9,00 m e le policentriche (per sottopassi), con luce variabile da 2,20 a 7,00 m.

4.4.4 Manufatti per graticciate

Saranno di norma costituiti di elementi prefabbricati in lamiera ondulata, zincata e forata, di dimensioni 2,10 x 0,31 m, spessore 1,25 mm, con ondulazione di 38 mm di ampiezza e 6,3 mm di profondità. La foratura sarà obliqua rispetto alla verticale (con angolo di 25°) e composta di fori di 9 mm di diametro.

I paletti di sostegno saranno altresì in lamiera di acciaio zincata, piegata a freddo, con sezione ad "U" di 40 x 50 mm, spessore 2 mm ed altezza di 1 ÷ 1,30 m.

Art. 5.PRODOTTI DI ACCIAIO ZINCATI IN DISCONTINUO

Per i prodotti di acciaio rivestiti per immersione a caldo in discontinuo dovrà essere osservata la norma:

UNI EN ISO 1461 - Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi ed articoli di acciaio. Specificazioni e metodi di prova.

Lo spessore medio del rivestimento, per campioni non centrifugati dovrà essere non inferiore ai valori riportati nella presente tabella. Per l'accettazione, le superfici degli articoli dovranno risultare esenti da noduli, rugosità, parti taglienti ed aree non rivestite. Inoltre ogni fornitura dovrà essere accompagnata da un certificato di conformità che faccia espresso riferimento alla norma superiormente riportata.

TAB. 33 - Prodotti di acciaio zincati per immersione a caldo.
Spessori minimi del rivestimento medio

| Articolo e suo spessore | Spessore medio del rivestimento (minimo) μm |
|-----------------------------------|--|
| Acciaio ≥ 6 mm | 85 |
| Acciaio ≥ 3 mm fino a 6 mm | 70 |
| Acciaio $\geq 1,5$ mm fino a 3 mm | 55 |

TAB. 34 - Acciaio zincato. Corrispondenza tra spessore e peso del rivestimento

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Spessore (micron) | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 47 | 50 | 60 | 64 | 70 | 76 | 80 | 85 | 90 | 97 | 100 | 139 | 150 | 208 |
| Peso (g/m ²) | 36 | 72 | 144 | 216 | 288 | 335 | 360 | 432 | 458 | 504 | 549 | 596 | 610 | 648 | 702 | 720 | 1000 | 1080 | 1500 |

5.1 TUBI DI ACCIAIO

5.1.1 Generalità

Per le condizioni tecniche generali di fornitura vale la norma UNI EN 1002. I tubi saranno costituiti da acciaio non legato e dovranno corrispondere alle normative generali di unificazione di seguito riportate:

- UNI EN 10216-1 - Tubi senza saldatura di acciaio per impianti a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 1. Tubi di acciaio non legato per impieghi a temperatura ambiente.
- UNI EN 10217-1 - Idem. Tubi saldati.

I tubi dovranno risultare ragionevolmente dritti a vista e presentare sezione circolare entro le tolleranze prescritte; saranno privi di difetti superficiali (interni ed esterni) che possano pregiudicarne l'impiego: è ammessa la loro eliminazione purché lo spessore non scenda sotto il minimo prescritto. Tubi e relativi pezzi speciali dovranno inoltre avere la superficie interna ed esterna protetta con rivestimenti appropriati e specificati in Elenco. In ogni caso, qualunque sia il tipo di rivestimento, questo dovrà risultare omogeneo, continuo, ben aderente ed impermeabile.

5.2 PRODOTTI GRIGLIATI ELETTROSALDATI E/O PRESSATI

Potranno essere costituiti da pannelli per piani di calpestio e carrabili o da gradini per scale e rampe e dovranno rispondere, per requisiti, metodi di prova, campionamento e criteri di accettazione, alla normativa della serie sotto indicata:

UNI 11002 - Pannelli e gradini di grigliato elettrosaldato e/o pressato. Terminologia, tolleranze, requisiti e metodi di prova (1+3).

5.3 GHISA E PRODOTTI DI GHISA

5.3.1 Ghisa grigia per getti

Dovrà rispondere alle prescrizioni di cui alla norma di unificazione UNI EN 1561. La ghisa dovrà essere di seconda fusione, a grana fine, grigia, compatta, esente da bolle, scorie, gocce fredde ed altri difetti. Il materiale dei getti dovrà essere compatto e lavorabile alla lima ed allo scalpello in tutte le parti. I singoli pezzi dovranno uscire perfetti di fusione, a superficie liscia e dovranno essere accuratamente sbavati e liberati dalla sabbia di formazione.

5.3.2 Ghisa malleabile per getti

Dovrà rispondere alle prescrizioni di cui alla norma di unificazione UNI EN 1562. I getti di ghisa malleabile dovranno potersi lavorare a freddo, avere spigoli vivi, essere esenti da soffiature e difetti in genere e presentare superficie liscia e pulita.

5.3.3 Ghisa a grafite sferoidale per getti

Dovrà rispondere alle prescrizioni di cui alla norma EN 1563.

Art. 6. MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

6.1 Generalità

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette al D.M. 17 gennaio 2018 devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- *identificati* univocamente a cura del fabbricante, secondo le procedure applicabili;
- *qualificati* sotto la responsabilità del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- *accettati* dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

Per ogni materiale o prodotto identificato e qualificato mediante Marcatura CE è onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere copia della documentazione di marcatura CE e della Dichiarazione di Prestazione di cui al Capo II del Regolamento UE 305/2011, nonché – qualora ritenuto necessario, ai fini della verifica di quanto sopra - copia del certificato di costanza della prestazione del prodotto o di conformità del controllo della produzione in fabbrica, di cui al Capo IV ed Allegato V del Regolamento UE 305/2011, rilasciato da idoneo organismo notificato ai sensi del Capo VII dello stesso Regolamento (UE) 305/2011.

Per i prodotti non qualificati mediante la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità della documentazione di qualificazione o del Certificato di Valutazione Tecnica. I fabbricanti possono usare come Certificati di Valutazione Tecnica i Certificati di Idoneità tecnica all'impiego, già rilasciati dal Servizio Tecnico Centrale prima dell'entrata in vigore delle presenti norme tecniche, fino al termine della loro validità.

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori, nell'ambito dell'accettazione dei materiali prima della loro installazione, verificare che tali prodotti corrispondano a quanto indicato nella documentazione di identificazione e qualificazione, nonché accertare l'idoneità all'uso specifico del prodotto mediante verifica delle prestazioni dichiarate per il prodotto stesso nel rispetto dei requisiti stabiliti dalla normativa tecnica applicabile per l'uso specifico e dai documenti progettuali.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi del Capo VII del Regolamento UE 305/2011;
- b) laboratori di cui all'art. 59 del d.P.R. n. 380/2001 e s.m.i.;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, previo nulla osta del Servizio Tecnico Centrale.

6.2 Calcestruzzo per usi strutturali, armato e non, normale e precompresso.

6.2.1 Controllo di Accettazione

Il controllo di accettazione è eseguito dal Direttore dei Lavori su ciascuna miscela omogenea e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione come previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza della Direzione dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dalla Direzione dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dalla Direzione dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3 tra il 28° e il 30° giorno di maturazione e comunque entro 45 giorni dalla data di prelievo. In caso di mancato rispetto di tali termini le prove di compressione vanno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;
- i valori delle prestazioni misurate.

Per gli elementi prefabbricati di serie, realizzati con processo industrializzato, sono valide le specifiche indicazioni di cui al punto 11.8.3.1 del D.M. 17 gennaio 2018.

L'opera o la parte di opera realizzata con il calcestruzzo non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente risolta. Il costruttore deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel punto § 11.2.6 del D.M. 17 gennaio 2018. Qualora i suddetti controlli confermino la non conformità del calcestruzzo, si deve procedere, sentito il progettista, ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Qualora non fosse possibile effettuare la suddetta verifica delle caratteristiche del calcestruzzo, oppure i risultati del controllo teorico e/o sperimentale non risultassero soddisfacenti, si può: conservare l'opera o parte di essa per un uso compatibile con le diminuite caratteristiche prestazionali accertate, eseguire lavori di consolidamento oppure demolire l'opera o parte di essa.

I controlli di accettazione sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a verificarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse rispettato, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai controlli di accettazione.

Per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato, la Direzione dei Lavori, è tenuta a verificare quanto prescritto nel punto 11.2.8. del succitato decreto ed a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi; dovrà comunque effettuare le prove di accettazione previste al punto 11.2.5 del D.M. e ricevere, prima dell'inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo.

Per produzioni di calcestruzzo inferiori a 1500 m³ di miscela omogenea, effettuate direttamente in cantiere, mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati, la stessa deve essere confezionata sotto la diretta responsabilità del costruttore. La Direzione dei Lavori deve avere, prima dell'inizio della produzione, documentazione relativa ai criteri ed alle prove che hanno portato alla determinazione delle prestazioni di ciascuna miscela omogenea di conglomerato, così come indicato al punto 11.2.3. del D.M. 17 gennaio 2018.

6.3 Acciaio

6.3.1 Prescrizioni comuni a tutte le tipologie di acciaio

Gli acciai per l'armatura del calcestruzzo normale devono rispondere alle prescrizioni contenute nel vigente D.M. attuativo della legge 1086/71 (D.M. 17 gennaio 2018) e relative circolari esplicative.

E' fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

6.3.2 Forniture e documentazione di accompagnamento

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.

Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

La Direzione dei Lavori prima della messa in opera, è tenuta a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

6.3.3 Le forme di controllo obbligatorie

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni per tutti gli acciai prevedono tre forme di controllo obbligatorie (D.M. 17 gennaio 2018 paragrafo 11.3.1):

- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei centri di trasformazione;
- di accettazione in cantiere.

A tale riguardo *il Lotto di produzione* si riferisce a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.

6.3.4 La marcatura e la rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Per stabilimento si intende una unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso fabbricante, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali, per esempio, l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, l'apposizione di targhe o cartellini, la sigillatura dei fasci e altri. Permane, comunque, l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda le barre e i rotoli.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche ma fabbricati nello stesso stabilimento, e con identificativi differenti da quelli di prodotti con

uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che, prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.), il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio, nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

Tenendo presente che gli elementi determinanti della marcatura sono la sua inalterabilità nel tempo e l'impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al servizio tecnico centrale, e deve comunicare tempestivamente le eventuali modifiche apportate.

Il prodotto di acciaio non può essere impiegato in caso di:

- mancata marcatura;
- non corrispondenza a quanto depositato;
- illeggibilità, anche parziale, della marcatura.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal servizio tecnico centrale.

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il laboratorio incaricato è tenuto ad informare di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

6.3.5 Unità marcata scorporata: ulteriori indicazioni della Direzione dei Lavori per le prove di laboratorio

Può accadere che durante il processo costruttivo, presso gli utilizzatori, presso i commercianti o presso i trasformatori intermedi, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marcatura del prodotto. In questo caso, tanto gli utilizzatori quanto i commercianti e i trasformatori intermedi, oltre a dover predisporre idonee zone di stoccaggio, hanno la responsabilità di documentare la provenienza del prodotto mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il servizio tecnico centrale.

In tal caso, i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dalla Direzione dei Lavori.

6.3.6 Conservazione della documentazione d'accompagnamento

I produttori ed i successivi intermediari devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni. Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, il costruttore deve inoltre assicurare la conservazione della medesima documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico.

6.3.7 Forniture e documentazione di accompagnamento

Le nuove norme tecniche stabiliscono che tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale (D.M. 17 gennaio 2018 paragrafo 11.3.1.5) e dal certificato di controllo interno tipo 3.1, di cui alla norma UNI EN 10204, dello specifico lotto di materiale fornito.

Tutte le forniture di acciaio, per le quali sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla "Dichiarazione di prestazione" di cui al Regolamento UE 305/2011, dalla prevista marcatura CE nonché dal certificato di controllo interno tipo 3.1, di cui alla norma UNI EN 10204, dello specifico lotto di materiale fornito.

Il riferimento agli attestati comprovanti la qualificazione del prodotto deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un distributore devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal fabbricante e completati con il riferimento al documento di trasporto del distributore stesso.

Nel caso di fornitura in cantiere non proveniente da centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del fabbricante.

6.3.8 Centri di trasformazione

Il Centro di trasformazione, impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni, può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista dalle norme vigenti.

La Direzione dei Lavori è tenuta a verificare la conformità a quanto indicato al punto 11.3.1.7 del D.M. 17 gennaio 2018 e a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Gli atti di cui sopra sono consegnati al collaudatore che, tra l'altro, riporta nel Certificato di collaudo gli estremi del Centro di trasformazione che ha fornito il materiale lavorato.

6.3.9 Rintracciabilità dei prodotti

Il centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione vengano utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti.

6.3.10 Documentazione di accompagnamento e verifiche della Direzione dei Lavori

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un centro di trasformazione devono essere accompagnati da idonea documentazione, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso e che consenta la completa tracciabilità del prodotto. In particolare, ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

a) da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'Attestato di "Denuncia dell'attività del centro di trasformazione", rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;

b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno di cui al D.M. 17 gennaio 2018, fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata;

c) da dichiarazione contenente i riferimenti alla documentazione fornita dal fabbricante ai sensi del punto 11.3.1.5 del D.M. 17 gennaio 2018 in relazione ai prodotti utilizzati nell'ambito della specifica fornitura. Copia della documentazione fornita dal fabbricante e citata nella dichiarazione del centro di trasformazione, è consegnata al Direttore dei Lavori se richiesta.

6.4 Acciaio per usi strutturali

6.4.1 Prescrizioni per gli acciai per usi strutturali

L'acciaio, costituito da una lega ferro-carbonio, si distingue in funzione della percentuale di carbonio presente in peso; in particolare si suddividono in: acciai dolci ($C=0,15\%-0,25\%$), acciai semiduri, duri e durissimi ($C>0,75\%$).

Gli acciai per usi strutturali, denominati anche *acciai da costruzione* o *acciai da carpenteria* hanno un tenore di carbonio indicativamente compreso tra 0,1% e 0,3%. Il carbonio infatti, pur elevando la resistenza, riduce sensibilmente la duttilità e la saldabilità del materiale; per tale motivo gli acciai da costruzione devono essere caratterizzati da un basso tenore di carbonio.

I componenti dell'acciaio, comprensivi del ferro e del carbonio, non dovranno comunque superare i valori limite percentuali specificati nella normativa europea UNI EN 10025-5 (per i laminati).

A tal proposito gli acciai vengono suddivisi in "legati" e "non legati", a seconda se l'acciaio considerato contiene tenori della composizione chimica che rientrano o meno nei limiti della UNI EN 10020 per i singoli elementi costituenti.

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno in tutti i casi utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), e già recanti la Marcatura CE secondo norma UNI EN 1090-1.

Solo per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE si rimanda a quanto specificato al punto B del punto 11.1 del D.M. 17 gennaio 2018 e si applica la procedura di cui ai punti 11.3.1.2 e 11.3.4.11.1 del citato decreto.

Per le palancole metalliche e per i nastri zincati di spessore ≤ 4 mm si farà riferimento rispettivamente alle UNI EN 10248-1 ed UNI EN 10346.

Per l'identificazione e qualificazione di elementi strutturali in acciaio realizzati in serie nelle officine di produzione di carpenteria metallica e nelle officine di produzione di elementi strutturali, si applica quanto specificato al punto 11.1, caso A) del decreto, in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 1090-1.

Per la dichiarazione delle prestazioni ed etichettatura si applicano i metodi previsti dalla norme europee armonizzate, ed in particolare:

- Dichiarazione delle caratteristiche geometriche e delle proprietà del materiale.
- Dichiarazione delle prestazioni dei componenti, da valutarsi applicando le vigenti Appendici Nazionali agli Eurocodici;
- Dichiarazione basata su una determinata specifica di progetto, per la quale si applicano le presenti norme tecniche.

In ogni caso ai fini dell'accettazione e dell'impiego, tutti i componenti o sistemi strutturali devono rispondere ai requisiti della norma tecnica del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare i materiali base devono essere qualificati all'origine ai sensi del punto 11.1 di detta norma.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377, UNI EN ISO 6892-1 e UNI EN ISO 148-1.

Per le tipologie dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore dovrà essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834 (parte 2 e 4).

In sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti.

6.4.2 Laminati a caldo con profili a sezione aperta

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale dell'elemento | | | |
|------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| | $t \leq 40 \text{ mm}$ | | $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$ | |
| | $f_{yk} [\text{N/mm}^2]$ | $f_{tk} [\text{N/mm}^2]$ | $f_{yk} [\text{N/mm}^2]$ | $f_{tk} [\text{N/mm}^2]$ |
| UNI EN 10025-2 | | | | |
| S 235 | 235 | 360 | 215 | 360 |
| S 275 | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 | 355 | 510 | 335 | 470 |
| S 450 | 440 | 550 | 420 | 550 |
| UNI EN 10025-3 | | | | |
| S 275 N/NL | 275 | 390 | 255 | 370 |
| S 355 N/NL | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S 420 N/NL | 420 | 520 | 390 | 520 |
| S 460 N/NL | 460 | 540 | 430 | 540 |
| UNI EN 10025-4 | | | | |
| S 275 M/ML | 275 | 370 | 255 | 360 |
| S 355 M/ML | 355 | 470 | 335 | 450 |
| S 420 M/ML | 420 | 520 | 390 | 500 |
| S 460 M/ML | 460 | 540 | 430 | 530 |
| S 460 Q/QL/QL1 | 460 | 570 | 440 | 580 |
| UNI EN 10025-5 | | | | |
| S 235 W | 235 | 360 | 215 | 340 |
| S 355 W | 355 | 510 | 335 | 490 |

6.4.3 Laminati a caldo con profili a sezione cava

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale dell'elemento | | | |
|------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| | $t \leq 40 \text{ mm}$ | | $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$ | |
| | $f_{yk} [\text{N/mm}^2]$ | $f_{tk} [\text{N/mm}^2]$ | $f_{yk} [\text{N/mm}^2]$ | $f_{tk} [\text{N/mm}^2]$ |
| UNI EN 10210-1 | | | | |

| | | | | |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
| S 235 H | 235 | 360 | 215 | 340 |
| S 275 H | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 H | 355 | 510 | 335 | 490 |
| S 275 NH/NLH | 275 | 390 | 255 | 370 |
| S 355 NH/NLH | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S 420 NH/NLH | 420 | 540 | 390 | 520 |
| S 460 NH/NLH | 460 | 560 | 430 | 550 |
| UNI EN 10219-1 | | | | |
| S 235 H | 235 | 360 | | |
| S 275 H | 275 | 430 | | |
| S 355 H | 355 | 510 | | |
| S 275 NH/NLH | 275 | 370 | | |
| S 355 NH/NLH | 355 | 470 | | |
| S 275 MH/MLH | 275 | 360 | | |
| S 355 MH/MLH | 355 | 470 | | |
| S 420 MH/MLH | 420 | 500 | | |
| S 460 MH/MLH | 460 | 530 | | |
| S 460 NH/NHL | 460 | 550 | | |

Art. 7. METALLI DIVERSI

7.1 GENERALITÀ

Tutti i materiali da impiegare nelle costruzioni, e le relative leghe, dovranno essere della migliore qualità, ottimamente lavorati e scevri di ogni impurità o difetto che ne vizino la forma o ne alterino la resistenza e la durata.

7.2 STAGNO E SUE LEGHE

Dovranno essere conformi alla normativa UNI EN 610 (Lingotti) e UNI 10368 (Leghe per saldature e rivestimenti).

7.3 ZINCO E SUE LEGHE

Dovranno essere conformi alla normativa UNI EN 1179. Le lamiere, i nastri, i fili ed i tubi dovranno avere superfici lisce, regolari, privi di scaglie, rigature, vaiolature, corrosioni, striature. Gli elementi per coperture in lamiera di zinco non autoportante dovranno rispondere alla norma UNI EN 501.

7.4 RAME E SUE LEGHE - PRODOTTI

7.4.1 Lamiera

Come per i tubi, saranno di rame Cu-DHP, con caratteristiche meccaniche definite dalla UNI EN 13599. Potranno essere di tipo incrudito o ricotto, secondo prescrizione, ed avranno spessore non inferiore a 6 mm. La superficie sarà di norma lucida da laminazione ed assolutamente priva di difetti constatabili a vista.

Art. 8.LEGNAMI

8.1 GENERALITÀ

8.1.1 Nomenclatura e misurazione

Per la nomenclatura delle specie legnose, sia di produzione nazionale che d'importazione, si farà riferimento alle norme UNI 2853 e 2854; per la nomenclatura dei difetti, la classifica e la misurazione alle UNI ISO 1029, UNI EN 1310, UNI EN 844 (3-9) ed UNI EN 975-1.

8.1.2 Requisiti in generale

I legnami da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno rispondere a tutte le prescrizioni di cui al D.M. 30 ottobre 1912; saranno provvisti fra le più scelte qualità della categoria prescritta e non presenteranno difetti incompatibili con l'uso cui sono destinati.

Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più diritte affinché le fibre non riescano tagliate dalla segatura e non si ritirino nelle connessure. I legnami rotondi dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie recidendone i nodi a seconda di essa; la differenza fra i diametri delle estremità non dovrà oltrepassare i 15/1000 della loro lunghezza, né il quarto del maggiore dei due diametri. Nei legnami grossamente squadrati od a spigolo smussato l'alburno dovrà essere in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega con le diverse facce esattamente spianate e senza rientranze o risalti, e con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno, né smussi di sorta, neppure minimi.

8.2 LEGNAMI DA CARPENTERIA DEFINITIVA

Dovranno presentare carico di rottura a compressione normalmente alle fibre non inferiore a 30 MPa e carico di rottura a trazione parallelamente alle fibre non inferiore a 70 MPa.

Art. 9.MATERIALI PER PAVIMENTAZIONI

9.1 GENERALITÀ

I materiali per pavimentazione ed in particolare piastrelle di argilla, mattonelle e marmette di cemento, mattonelle greificate, lastre e quadrelle di marmo, mattonelle d'asfalto, oltre a possedere le caratteristiche riportate negli articoli relativi alle corrispondenti categorie di materiale, dovranno rispondere anche alle norme di accettazione di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2234.

Le prove da eseguire per accertare la bontà dei materiali da pavimentazione, in lastre o piastrelle, saranno almeno quelle di resistenza alla rottura per urto e per flessione, all'usura per attrito radente o per getto di sabbia, la prova di gelività e, per i materiali cementati a caldo, anche la prova d'impronta.

9.2 MATTONELLE, MARMETTE E PIETRINI DI CEMENTO

9.2.1 Norme generali

Le mattonelle, le marmette ed i pietrini di cemento dovranno essere conformi, per dimensioni e caratteristiche, alle norme UNI vigenti. Dovranno altresì risultare di ottima fabbricazione, di idonea compressione meccanica e di stagionatura non inferiore a tre mesi. Saranno ben calibrati, a bordi sani e piani e non dovranno presentare carie, né peli, né segni di distacco tra sottofondo e strato superiore. La colorazione del cemento dovrà essere fatta con colori adatti, amalgamati ed uniformi.

Le piastre, dovranno essere fornite pre-trattate con un trattamento idro-olio repellente e dovranno garantire una differenza di tono tale da non snaturare la qualità e l'omogeneità. Dovranno essere resistenti al gelo secondo la normativa EN1339 e dovranno essere antiscivolo in base sempre alla medesima normativa. Devono inoltre garantire la carrabilità

9.2.2 Mattonelle di cemento

Di spessore complessivo pari a 37/40 mm avranno uno strato superficiale di assoluto cemento colorato (sabbatura impregnata) di spessore costante non inferiore a 5 mm. Formato 50x50 cm o come da indicazione della Direzione Lavori.

9.2.3 Pietrini di cemento

Potranno avere forma quadrata (25 x 25) e rettangolare (20 x 10 e 30 x 15). Nel formato minore (20 x 10) avranno spessore complessivo non inferiore a 15 mm costituito da due strati dei quali il superiore, di assoluto cemento puro, colorato o meno, di spessore non inferiore a 5 mm; negli altri due formati avranno spessore complessivo non inferiore a 15 mm per usi pedonali ed a 18 mm per impieghi carrabili. La superficie superiore dei pietrini potrà essere richiesta liscia, bocciardata, bugnata (25 o 100 bugne), scanalata o ad impronte varie. Tolleranza sulle dimensioni dei lati: + 0,5÷1 mm.

Art. 10. PRODOTTI VERNICIANTI – PITTURE – VERNICI – SMALTI

10.1 GENERALITÀ

Tutti i prodotti in argomento dovranno essere forniti in cantiere in recipienti originali sigillati, di marca qualificata, recanti il nome della Ditta produttrice, il tipo e la qualità del prodotto, le modalità di conservazione e di uso, e l'eventuale data di scadenza. I recipienti, da aprire solo al momento dell'impiego in presenza di un assistente della Direzione, non dovranno presentare materiali con pigmenti irreversibilmente sedimentati, galleggianti non disperdibili, peli, addensamenti, gelatinizzazioni o degradazioni di qualunque genere.

Salvo diversa prescrizione, tutti i prodotti dovranno risultare pronti all'uso, non essendo consentita alcuna diluizione con solventi o diluenti, tranne che nei casi previsti dalle Ditte produttrici e con i prodotti e nei rapporti dalle stesse indicati. Risulta di conseguenza assolutamente vietato preparare pitture e vernici in cantiere, salvo le deroghe di cui alle norme di esecuzione.

Per quanto riguarda proprietà e metodi di prova dei materiali si farà riferimento alle norme di classifica UNI I.C.S. 87 (pitture, vernici, smalti) ed alle norme UNICHIM. In ogni caso saranno presi in considerazione solo prodotti di ottima qualità, di idonee e costanti caratteristiche per i quali potrà peraltro venire richiesto che siano corredati del "Marchio di Qualità Controllata" rilasciato dall'Istituto Italiano del Colore (I.I.C.).

10.2 PRODOTTI PER TINTEGGIATURA – IDROPITTURE

Caratterizzate dal fatto di avere l'acqua come elemento solvente e/o diluente, le pitture in argomento verranno suddivise, per le norme del presente Capitolato, in due classi, di cui la prima comprenderà le pitture con legante disciolto in acqua (pitture con legante a base di colla, cemento, ecc.) e la seconda le pitture con legante disperso in emulsione (lattice) fra cui, le più comuni, quelle di copolimeri butadiene-stirene, di acetato di polivinile e di resine acriliche.

Per le pitture di che trattasi, o più in particolare per le idropitture, oltre alle prove contemplate nelle UNI potranno venire richieste delle prove aggiuntive di qualificazione, da eseguire con le modalità o nei tipi diversamente prescritti dalla Direzione Lavori.

10.3 PITTURE

Ai fini della presente normativa verranno definiti come tali tutti i prodotti verniciati non classificabili tra le idropitture di cui al precedente punto 8.2 né tra le vernici trasparenti e gli smalti.

Di norma saranno costituite da un legante da un *solvente* (ed eventuale diluente per regolarne la consistenza) e da un *pigmento* (corpo opacizzante e colorante); il complesso legante + solvente, costituente la fase continua liquida della pittura, verrà definito, con termine già in precedenza adoperato, *veicolo*. Con riguardo alla normativa si farà riferimento, oltre che alle UNI, anche alle UNICHIM di argomento 53/57 (Prodotti vernicianti - Metodi generali di prova).

10.3.1 Pitture oleosintetiche

Composte da olio e resine sintetiche (alchidiche, gliceroftaliche), con appropriate proporzioni di pigmenti, veicoli e sostanze coloranti, le pitture in argomento presenteranno massa volumica di $1 \div 1,50 \text{ kg/dm}^3$, adesività 0%, durezza 24 Sward Rocker, essiccazione fuori polvere (f.p.) di $4 \div 6$ ore, residuo secco min. del 55%, brillantezza non inferiore a 80 Gloss.

Le pitture saranno fornite con vasta gamma di colori in confezioni sigillate di marca qualificata.

10.3.2 Pitture antiruggine e anticorrosive

Saranno rapportate al tipo di materiale da proteggere, al grado di protezione, alle modalità d'impiego, al tipo di finitura nonché alle condizioni ambientali nelle quali dovranno esplicare la loro azione protettiva. Si richiamano le norme:

- UNI EN ISO 12944-1 - Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Introduzione generale
- UNI EN ISO 12944-2 - Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura – Classificazione degli ambienti.
- UNI EN ISO 12944-4 - Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura – Tipi di superfici e loro preparazione.
- UNI EN ISO 12944-5 - Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura – Sistemi di verniciatura protettiva.

- UNI EN ISO 12944-6 - Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura – Prove di laboratorio.
- UNI EN ISO 12944-6 - Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura

In ogni caso, e con riguardo alle pitture antiruggine di più comune impiego, si prescrive:

- Antiruggine a olio al minio di piombo*: Dovrà corrispondere alle caratteristiche di cui al punto 4.1. del Manuale UNICHIM 43 e dare, in prova, i seguenti risultati: densità $2,80 \div 3,40$, finezza di macinazione $20 \div 40$ micron, essiccazione f.p. max. 6 ore, essiccazione max. 72 ore.
- Antiruggine oleosintetica al minio di piombo*: Dovrà corrispondere alle caratteristiche di cui al punto 4.2. del Manuale UNICHIM 43 e dare, in prova, i seguenti risultati: densità $2,10 \div 2,40$, finezza di macinazione $30 \div 40$ micron, essiccazione all'aria max. 16 ore.
- Antiruggine al cromato di piombo*: Dovrà corrispondere alle caratteristiche di cui al punto 4.3. del Manuale UNICHIM 43 e dare, in prova, i seguenti risultati: densità $1,50 \div 1,80$, finezza di macinazione $20 \div 40$ micron, essiccazione all'aria max. 16 ore.
- Anticorrosiva al cromato di zinco*: Dovrà corrispondere alle caratteristiche di cui al punto 4.4. del Manuale UNICHIM 43 e dare, in prova i seguenti risultati: densità $1,35 \div 1,48$, finezza di macinazione $30 \div 40$ micron, essiccazione all'aria max. 16 ore.

- Anticorrosive al catrame e speciali*: Dovranno possedere caratteristiche medie di composizione e fisico-meccaniche rientranti nei limiti di cui alla Tabella 41. Dovranno inoltre presentare resistenza alle corrosioni chimiche correlate alle condizioni di impiego e comunque non inferiore alle specifiche particolari richieste.

Le prove termiche, nonché quelle di durezza, di imbutitura e di impermeabilità, verranno eseguite su rivestimento di 100 micron applicato a

lamierini di acciaio dolcissimo conformemente alle norme UNI; quelle di corrosione, su rivestimento di 400 micron; quelle di urto, su rivestimento di 200 micron applicato su provino di calcestruzzo. Al termine delle prove, i rivestimenti non dovranno presentare spaccature, sfogliature, vescicature, distacchi o alterazioni di sorta. L'eventuale alterazione di colore del rivestimento non sarà comunque considerata motivo di inidoneità.

TAB. 41 - Pitture anticorrosive al catrame e speciali. Limiti percentuali di composizione e resistenza alle sollecitazioni fisico-meccaniche

| COMPONENTI — — — Caratteristiche fisico-meccaniche | PITTURE ANTICORROSIVE | | | | | | | | |
|--|-----------------------|--------------------------|-------------|------------------------|-----------|------------|----------------|-----------|-----------------|
| | Catramose | Catramose Epossidiche | Epossidiche | Catramose Fenoliche | Fenoliche | Poliesteri | Poliuretatiche | Viniliche | Epossiviniliche |
| Pece di catrame | 40/60 | 15/30 | -- | 15/20 | -- | -- | -- | -- | -- |
| Resina | -- | 15/30 | 25/40 | 20/30 | 30/40 | 40/50 | 30/45 | 15/30 | 25/30 |
| Solvente (max.) | 40 | 30 | 15 | 15 | 10 | 20 | 30 | 65 | 20 |
| Carica e pigmento (max.) | 30 | 40 | 60 | 50 | 60 | 40 | 40 | 20 | 55 |
| Limiti sulla composizione delle Ceneri: silicati min. 30% carbonati max. 20%, solfati max. 20% | | | | | | | | | |
| Resistenza alla temperatura in immersione (°C) | +45 | +60 | +90 | +60 | +90 | +90 | +100 | +60 | +60 |
| Salto termico a caldo (°C) | 70 | 90 | 120 | 90 | 120 | 120 | 130 | 90 | 90 |
| Durezza min. Sward-Rocher | 4 | 15 | 20 | 15 | 25 | 30 | 20 | 10 | 10 |
| Imbutitura | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |

10.4 VERNICI

Saranno perfettamente trasparenti e derivate da resine o gomme naturali di piante esotiche (flating grasse e fini) o da resine sintetiche, escludendosi in ogni caso l'impiego di gomme prodotte da distillazione. Dovranno formare una pellicola dura ed elastica, di brillantezza cristallina e resistere all'azione degli olii lubrificanti e della benzina. In termini quantitativi presenteranno adesività 0%, durezza 24 Sward Rocker, essiccazione f.p. $4 \div 6$ ore, resistenza all'imbutitura per deformazioni fino ad 8 mm.

Le vernici sintetiche e quelle speciali (acriliche, cloroviniliche, epossidiche, catalizzate poliesteri, poliuretatiche, al clorocaucciù, ecc.) saranno approvvigionate nelle loro confezioni sigillate e corrisponderanno perfettamente alle caratteristiche d'impiego e di qualità richieste. Caratteristiche comuni saranno comunque l'ottima adesività, l'uniforme applicabilità, l'assoluta assenza di grumi, la rapidità

d'essiccazione, la resistenza all'abrasione ed alle macchie nonché l'inalterabilità all'acqua ed agli agenti atmosferici in generale.

Vernici per segnaletica orizzontale: le vernici saranno rifrangenti e del tipo con perline di vetro premiscelate e debbono essere costituite da pigmento di biossido di titanio per la vernice bianca e giallo cromo, per la gialla. Il liquido portante deve essere del tipo olio-resinoso, con parte resinosa sintetica. I solventi e gli essiccanti debbono essere derivati da prodotti rettificati della distillazione del petrolio. Le perline di vetro contenute nella vernice debbono essere incolori ed avere un diametro compreso tra 0,006 mm e 0,20 mm e la loro quantità in peso contenuta nella vernice deve essere circa del 22%; subito dopo la stesa, a vernice ancora fresca, si dovrà precedere ad una post-spruzzatura di perline per un ulteriore 22%. Il potere coprente della vernice deve essere compreso tra 1,5 e 1,7 m²/kg. La vernice deve essere tale da aderire tenacemente a tutti i tipi di pavimentazione, deve avere buona resistenza all'usura, sia del traffico che degli agenti atmosferici, e deve presentare una visibilità ed una rifrangenza costanti fino alla completa consumazione.

10.5 SMALTI

Nel tipo grasso avranno come leganti le resine naturali e come pigmenti diossido di titanio, cariche inerti ed ossido di zinco. Nel tipo sintetico avranno come componenti principali le resine sintetiche (nelle loro svariate formulazioni: alchidiche, maleiche, fenoliche, epossidiche, poliesteri, poliuretaniche, siliconiche, ecc.) ed il bianco titanio rutilo e, come componenti secondari pigmenti aggiuntivi (cariche) ed additivi vari (dilatanti, antipelle, anti-impolmonimento, anticoloranti, ecc.).

Gli smalti sintetici, prodotti di norma nei tipi per interno e per esterno, presentano adesività 0%, durezza 26 Sward Rocker, finezza di macinazione inferiore a 12 micron, massa volumica $1,10 \pm 20\%$ kg/dm³, resistenza all'imbutitura per deformazione fino ad 8 mm. Gli smalti presenteranno altresì ottimo potere coprente, perfetto stendimento, brillantezza adeguata (per i lucidi non inferiore a 90 Gloss, per i satinati non superiore a 50 Gloss), nonché resistenza agli urti, alle macchie, all'azione dell'acqua, della luce, degli agenti atmosferici e decoloranti in genere.

Anche gli smalti, come le vernici, saranno approvvigionati in confezioni sigillate, con colori di vasta campionatura. Per i metodi di prova si rimanda alle precedenti elencazioni.

Art. 11. PRODOTTI DI CEMENTO E AGGREGATI GRANULARI

11.1 GENERALITÀ

I prodotti di cemento dovranno essere confezionati con conglomerato vibrocompresso o centrifugato ad alto dosaggio di cemento (del tipo prescritto), con inerti di granulometria adeguata ai manufatti e di qualità rispondente ai vigenti requisiti generali di accettabilità. Dovranno avere spessore proporzionato alle condizioni di impiego, superfici lisce e regolari, dimensioni ben calibrate, assoluta mancanza di difetti e/o danni.

Per i tubi di cemento armato in pressione la qualità dei materiali dovrà essere particolarmente rapportata alle condizioni di posa: verranno pertanto usati cementi resistenti ai solfati ove il contenuto totale di solfati solubili dovesse superare nel terreno i 3000 mg/kg di terreno o i 600 mg/kg di acqua di sottosuolo e comunque per terreni impregnati di acqua di mare. In ogni caso il contenuto massimo ammissibile di cloruri nel calcestruzzo dovrà essere, in percentuale del peso di cemento: 0,4% per i tubi di calcestruzzo armato e 0,2% per i tubi di calcestruzzo precompresso. La resistenza minima a 28 giorni, in entrambi i casi, dovrà essere di 35 MPa (N/mm²). Vale la norma UNI EN 639 - Prescrizioni comuni per tubi in pressione di calcestruzzo, inclusi giunti e pezzi speciali.

11.2 MANUFATTI DIVERSI

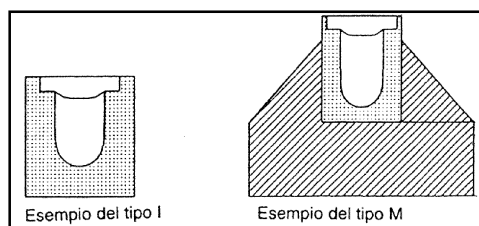
11.2.1 Canalette di drenaggio

Potranno essere di tipo "I" (non richiedenti ulteriore supporto) o di tipo "M" (richiedenti un supporto aggiuntivo di norma un massetto rinfiato). Dovranno comunque essere marcate CE e rispondere alle prescrizioni della seguente normativa:

UNI EN 1433 - Canalette di drenaggio per aree soggette al passaggio di veicoli e pedoni. Classificazione, requisiti di progettazione e di prova. Marcatura e valutazione di conformità. Le canalette di drenaggio saranno classificate, in conformità al loro uso previsto, in: A15, B125, C250, D400, E600 e F900; tale classifica sarà posta in correlazione alla situazione di posa in opera secondo uno dei 6 gruppi di posa previsti al punto 5 della norma.

Il calcestruzzo dovrà essere conforme al punto 6.3.3 della norma e dovrà avere resistenza a compressione non inferiore a 45 N/mm^2 . La marcatura dovrà riportare il riferimento alla norma, il marchio di identificazione, la classe, il tipo di prodotto (I o M), la data di produzione, il grado di resistenza agli agenti atmosferici.

FIG. 11 - Canalette di drenaggio in calcestruzzo. Tipi.



11.2.2 Lastre per mantellate

Salvo diversa prescrizione, avranno dimensioni di $25 \times 50 \times 5 \text{ cm}$ e saranno realizzate con conglomerato cementizio vibro-compresso di resistenza R_{ck} non inferiore a 25 N/mm^2 . Le lastre presenteranno superficie in vista liscia e piana, spigoli vivi, fianchi conformati a giunto aperto e conveniente stagionatura.

11.2.3 Elementi a griglia per mantellate

Salvo diversa prescrizione, avranno dimensioni di circa $0,25 \text{ m}^2$ e saranno realizzate con conglomerato cementizio vibro-compresso, di resistenza non inferiore a 30 N/mm^2 , opportunamente armato con tondini di acciaio del diametro minimo di 3 mm. Ogni elemento avrà uno spessore di $9 \div 10 \text{ cm}$ e massa compresa tra $30 \div 35 \text{ kg}$; presenterà inoltre cavità a tutto spessore, di superficie pari circa il 40% dell'intera superficie, e naselli ad incastro a coda di rondine sporgenti dal perimetro.

Potranno essere richiesti pezzi speciali provvisti di incastro a snodo articolato su pezzi in calcestruzzo armato (da utilizzarsi in quelle particolari posizioni in cui fossero previsti sforzi di trazione, specie in corrispondenze di cambiamenti di pendenza del rivestimento) ed inoltre pezzi speciali per la protezione delle superfici coniche.

Art. 12. LEGANTI IDROCARBURATI E AFFINI – MATERIALI PER IMPERMEABILIZZAZIONI

12.1 BITUMI

12.1.1 Bitumi per usi stradali

I normali bitumi per usi stradali derivati dal petrolio, destinati ad essere impiegati a caldo, rispettare le prescrizioni di cui alla seguente norma:

UNI EN 12591 - Bitumi e leganti bituminosi. Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali.

La designazione dei bitumi sarà effettuata sulla base delle classi di penetrazione a 25 °C riportate nel prospetto 1 della norma delle quali, in

TAB. 44 a - Bitumi per usi stradali. Caratteristiche parziali per i bitumi di maggior uso (da App. NA della norma)

| "Caratteristica" | Unità | Metodo di prova | Designazione delle classi | | | |
|---|----------|-----------------|---------------------------|-------|--------|---------|
| | | | 35/50 | 50/70 | 70/100 | 160/220 |
| Valore della penetrazione | x 0,1 mm | EN 1426 | 35-50 | 50-70 | 70-100 | 160-220 |
| Punto di rammollimento | °C | EN 1427 | 50-58 | 46-54 | 43-51 | 35-43 |
| Punto di rottura Fraass, valore massimo | °C | EN 12593 | -5 | -8 | -10 | -15 |
| Punto di infiammabilità, valore minimo | °C | EN 22592 | 240 | 230 | 230 | 220 |
| Solubilità, valore minimo | % | EN 12592 | 99 | 99 | 99 | 99 |
| Resistenza all'indurimento | | EN 12607-1 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 1 |

Tab. 44 a, si riportano quelle di maggior uso in Italia.

Per gli usi stradali il campo di applicazione sarà definito dal 20/30 per l'asfalto colato, dal 35/50 e dal 50/70, per i conglomerati chiusi, dal 70/100 per i trattamenti a penetrazione ed i pietrischetti bitumati e dal 160/220 per i trattamenti a semipenetrazione.

Potranno venire impiegati anche bitumi modificati o bitumi sfusi rispondenti alle norme UNI EN 14023 e UNI EN 13924.

I leganti bituminosi possono essere di tipo:

- normale (base);
- modificato.

I bitumi modificati possono essere:

- modificati in raffineria;
- in apposito impianto di trattamento del bitume,

mediante idonea aggiunta di polimeri (elastomerici e/o plastomerici) secondo le indicazioni fornite dal progettista per le particolari condizioni di impiego (tipo e frequenza delle sollecitazioni, temperature ambiente ecc.).

Nota Bene: non si dovranno confondere i conglomerati realizzati con bitumi modificati con i conglomerati bituminosi additivati con plastomeri al momento del confezionamento.

In generale, i bitumi di tipo normale per impieghi stradali, dovranno:

- essere praticamente solubili (al 99%) in solfuro di carbonio;
- avere buone proprietà leganti rispetto al materiale litico, aderendo ad esso e presentando una sufficiente consistenza;
- contenere non più del 2,5% di paraffina.

In ogni caso non potranno essere impiegati bitumi prodotti in "impianti di visbreaking" (rottura di viscosità).

Agli effetti della determinazione delle loro caratteristiche, dovranno effettuarsi apposite indagini di controllo; pertanto i campioni devono essere prelevati in modo che individuino, per quanto possibile, le caratteristiche della partita.

Ogni campione di bitume da analizzare deve riferirsi a partite non maggiori di 20 tonn. Ogni campione di emulsione da analizzare deve riferirsi a partite non maggiori di 50 fusti o equivalente. Su tutti i campioni di bitume verranno eseguite le sole prove di penetrazione, punto di rammollimento e FRAASS. Analogamente su tutti i campioni di emulsione verranno eseguite le sole prove relative a contenuto di acqua, viscosità e PH. Le altre prove contemplate nelle relative specifiche saranno effettuate in fase di qualificazione dei prodotti e susseguentemente solo dietro richiesta e a discrezione della Direzione Lavori.

12.1.2 Bitumi da spalmatura

I bitumi saranno forniti in uno dei tipi indicati nella Tabella 44 b. L'indice di penetrazione sarà determinato con il metodo riportato nelle norme UNI.

TAB. 44 b - Bitumi da spalmatura. Tipi e caratteristiche

| CARATTERISTICA | Unità di misura | TIPO | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Punto di rammolimento P.A. | °C | 50 a 60 | 60 a 70 | 80 a 90 | 95 a 105 | 95 a 105 | 105 a 115 | 110 a 120 |
| Penetrazione a 25 °C | 10 ⁻¹ mm | 40 a 50 | 25 a 35 | 20 a 30 | 35 a 45 | 10 a 20 | 25 a 35 | 10 a 20 |
| Indice di penetrazione | | min. -0,5 | min. 0,5 | min. 2,5 | min. 5,5 | min. 3 | min. 5,5 | min. 4,5 |
| Punto di rottura Fraass | °C | max. -6 | max. -12 | max. -10 | max. -18 | max. -18 | max. -13 | max. -5 |
| Solubilità in solventi organici | % | min. 99,5 | min. 99,5 | min. 99,5 | min. 99,5 | min. 99,5 | min. 99,5 | min. 99,5 |

12.1.3 Bitumi liquidi

Bitumi di fluidità nettamente maggiore dei precedenti (per la presenza in essi di olii provenienti dal petrolio o dal catrame di carbon fossile e destinati ad evaporare, almeno in parte, dopo l'applicazione) dovranno soddisfare alle "Norme per l'accettazione dei bitumi liquidi" di cui al Fasc. n. 7 CNR diffuso con circolare ministeriale 30 settembre 1957, n. 2759.

12.1.4 Emulsioni bituminose

Dispersioni di bitumi di petrolio in acqua ottenute con l'impiego di emulsivi (oleato di sodio ed altri saponi di acidi grassi, resinati, colle animali o vegetali) ed eventuali stabilizzanti (idrati di carbonio, colle, sostanze alluminose) per aumentare la stabilità nel tempo e al gelo, dovranno avere capacità di legare il materiale lapideo al contatto del quale si rompono e rispondere alle "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali" di cui al Fasc. n. 3/1958 CNR diffuso con Circolare del Ministero dei LL.PP. 2 aprile 1959, n. 842.

Le norme non si applicano alle emulsioni a reazione acida ed a quelle preparate con bitumi liquidi. La classificazione è fatta con riferimento al contenuto di bitume puro e alla velocità di rottura delle stesse secondo la Tabella 45.

TAB. 45 - Emulsioni bituminose. Classificazione

| COMPOSIZIONE E CARATTERISTICHE | EMULSIONI | | | | | | |
|--|------------------|------------|------------|-----------------------------|------------|-----------------|------------|
| | a rapida rottura | | | a media velocità di rottura | | a lenta rottura | |
| | Tipo ER 50 | Tipo ER 55 | Tipo ER 60 | Tipo EM 55 | Tipo EM 60 | Tipo EL 55 | Tipo EL 60 |
| 1) Composizione: | | | | | | | |
| — contenuto in peso di bitume puro, minimo.....% | 50 | 55 | 60 | 55 | 60 | 55 | 60 |
| — contenuto in peso di emulsivo e di stabilizzante massimo.....% | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2,5 | 2,5 |
| 2) Caratteristiche fisiche | | | | | | | |
| — indice di rottura.....% | maggiore di 0,9 | | | compreso tra 0,9 e 0,5 | | minore di 0,5 | |

In linea generale le emulsioni a rapida rottura dovranno essere impiegate nei trattamenti superficiali a penetrazione, quelle a media velocità di rottura negli impasti con sensibili percentuali di materiale fino, quelle a lenta velocità negli impasti con alta percentuale di materiale fino.

Nel caso di impiego di rocce "acide" idrofile, dovranno usarsi emulsioni acide, adottando nella preparazione dell'emulsione emulsivi "cationici" quali le ammine ad alto peso molecolare, come la oleilammina, la stearylammmina e derivati analoghi. Tali emulsioni dovranno essere adoperate, in sostituzione delle normali basiche, nei trattamenti da eseguire a stagione inoltrata con tempo freddo e umido.

All'atto dell'impiego la Direzione dovrà accertare che nei fusti di emulsione, per cause diverse, non sia avvenuta una separazione dei componenti che non sia riemulsionabile per agitazione; in tal caso e se dopo sbattimento si presentassero ancora dei grumi, l'emulsione dovrà essere scartata.

Art. 13. GUARNIZIONI – IDROFUGHI – IDROREPELLENTI

13.1 GUARNIZIONI

13.1.1 Generalità

Materiali di tenuta al pari dei sigillanti, ma allo stato solido preformato (e anche prevulcanizzato o prepolimerizzato), potranno essere costituiti da prodotti elastomerici o da materie plastiche.

Con riguardo alla struttura fisica e alle caratteristiche meccaniche le guarnizioni si distingueranno poi in *compatte* (normali o strutturali, quest'ultime dotate anche di portanza meccanica) ed *espansive* (a celle aperte o chiuse). Caratteristiche comuni dovranno essere comunque l'ottima elasticità, la morbidezza, la perfetta calibratura, la resistenza agli agenti atmosferici e in generale all'invecchiamento. Resta stabilito comunque che, ove non diversamente prescritto, le guarnizioni saranno fornite nel tipo elastomerico. Vale la norma UNI EN 681-1 - Elementi di tenuta in elastomero. Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua. Gomma vulcanizzata.

13.1.2 Guarnizioni elastomeriche

Avranno le prestazioni prescritte in Elenco o dichiarate dal produttore ed accettate dalla Direzione dei lavori. Per le prove si farà riferimento alle norme UNI, UNI EN o UNI EN ISO o, in subordine, alle norme ASTM o a quelle diverse di cui alla certificazioni di riferimento.

13.1.3 Guarnizioni in cloruro di polivinile (PVC)

Realizzate con cloruro di polivinile ad alto peso molecolare ($K > 70$), avranno resistenza a trazione compresa tra $14 \div 20$ MPa, allungamento a rottura compreso tra $200 \div 350\%$ e durezza Shore A compresa tra $76 \div 80$ punti.

Le guarnizioni presenteranno vasta gamma di colori e inoltre ottima resistenza all'invecchiamento, agli acidi e basi concentrate, alle soluzioni saline e agli agenti ossidanti. Le temperature d'impiego saranno comprese tra $-25/ + 50$ °C; le caratteristiche meccaniche corrisponderanno alle norme stabilite per le guarnizioni (ASTM C-542 od UNI).

13.1.4 Guarnizioni in poliuretano espanso

Saranno di norma costituite da espansi a celle aperte (densità $60 \div 80$ kg/m³) impregnati di una speciale miscela bituminosa (in rapporto di $80 \div 90$ kg/m³). La schiuma sarà autoestinguente e inoltre resistente agli acidi, alle basi, agli agenti atmosferici e alla temperatura (fino a 100 °C).

In applicazione, le proprietà di tenuta saranno determinate dai seguenti gradi di compressione:

- al 50% dello spessore originario, per la tenuta all'aria e alla polvere;
- al 25% dello spessore originario, per la tenuta agli agenti atmosferici;
- al 15% dello spessore originario, per la tenuta al vapore e all'acqua (idrostat.).

13.2 IDROFUGHI

Qualunque sia la composizione chimica (fluati, soluzioni saponose, ecc.) dovranno conferire alle malte o ai calcestruzzi cui verranno addizionati efficace e duratura impermeabilità senza peraltro alterare le qualità

fisico meccaniche delle stesse né aggredire gli eventuali ferri di armatura. Dovranno altresì lasciare inalterati i colori nonché, per intonaci cementizi a contatto con acque potabili, non alterare in alcun modo i requisiti di potabilità.

Gli idrofughi saranno approvvigionati in confezioni sigillate riportanti, oltre al tipo di materiale, il nome della ditta produttrice e le modalità di impiego. Le caratteristiche del prodotto dovranno essere adeguatamente certificate.

13.3 IDROREPELLENTI

Costituiti in linea generale da resine siliconiche in soluzione acquosa o in solvente, dovranno essere compatibili con i materiali sui quali verranno applicati, dei quali non dovranno in alcun modo alterare le proprietà, né l'aspetto o il colore. Tali prodotti saranno perciò perfettamente trasparenti, inalterabili agli agenti meteorologici, alle atmosfere aggressive, agli sbalzi di temperatura e dovranno conservare la porosità e la traspirabilità delle strutture. Prove di idrorepellenza, effettuate su campioni di materiale trattato e sottoposti per non meno di 5 ore a getti di acqua continuati, dovranno dare percentuali di assorbimento assolutamente nulle.

Gli idrorepellenti dovranno essere approvvigionati come al precedente punto 11.2. Le qualità richieste dovranno essere idoneamente certificate e garantite per un periodo di durata non inferiore a 5 anni.

Art. 14. PRODOTTI DI MATERIE PLASTICHE

14.1 GENERALITÀ

Per la definizione, la classificazione e le prescrizioni sulle materie plastiche in generale, si farà riferimento alla normativa UNI (Materie plastiche, Prove sulle materie plastiche, Prodotti semifiniti e finiti di materie plastiche).

14.2 TUBI E RACCORDI DI CLORURO DI POLIVINILE (PVC)

14.2.1 Generalità

Saranno fabbricati con mescolanze a base di policloruro di vinile esenti da plastificanti (PVC-U) e dovranno rispondere alle prescrizioni ed ai requisiti della seguente normativa UNI EN ed UNI:

- UNI EN 1329-1 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa temperatura) all'interno di fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specifiche per tubi, raccordi e per il sistema.
- UNI EN 1401-1 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specificazioni per i tubi, i raccordi ed il sistema.
- UNI EN 1452-1 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione di acqua. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Generalità
- UNI EN 1452-2 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Tubi.
- UNI EN 1453-1 - Sistemi di tubazioni di materie plastiche con tubi a parete strutturata per scarichi (a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specifiche per i tubi ed il sistema.
- UNI EN 1456-1 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi in pressione interrati e fuori terra. Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U). Specifiche per i componenti della tubazione e per il sistema.

- UNI EN 13476-1 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazione a parete strutturata in policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte I. Requisiti generali e caratteristiche prestazionali.
- UNI EN 13476-2 - Idem Parte 2. Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema, tipo A.
- UNI EN 13476-3 - Idem Parte 2. Specifiche e raccordi con superficie interna liscia ed esterna profilata e il sistema, tipo B.

14.2.2 Tubi e raccordi per scarichi

Definiti, secondo UNI EN 1329-1, dai codici "B" (codice per l'area di applicazione per componenti destinati all'uso sopra terra all'interno degli edifici od in esterno, fissati alle pareti.) e "D" (codice riferito ad un'area sotto ed entro 1 m dall'edificio dove i tubi sono interrati e collegati al sistema di scarico interrato delle acque (per componenti destinati ad applicazioni in entrambe le aree B e D il relativo codice è BD)) in rapporto all'area di applicazione, avranno come materiale di base il PVC-U, con tenore di almeno l'80% in massa per i tubi e l'85% per i raccordi stampati per iniezione. Tubi e raccordi dovranno essere colorati a spessore, di regola di colore grigio.

I tubi avranno diametro nominale DN e spessore di parete minimo come da tabella che segue, con tolleranze come da Prospetti 1 e 3 della norma citata. Per le ulteriori dimensioni (bicchieri, raccordi e relative tipologie) si farà riferimento al punto 6 della stessa norma.

Tubi di policloruro di vinile per scarichi all'interno di fabbricati. Diametri esterni nominali e spessori minimi

| Diametro esterno nominale (mm) | 32 | 40 | 50 | 63 | 75 | 80 | 82 | 90 | 100 | 110 | 125 | 140 | 160 | 180 | 200 | 250 | 315 |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Spessori di parete. Area B (mm) | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,6 | 3,9 | 4,9 | 6,2 |
| Spessori di parete. Area BD (mm) | — | — | — | — | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,2 | 3,2 | 3,5 | 4,0 | 4,4 | 4,9 | 6,2 | 7,7 |

I tubi dovranno essere marcati a distanza minima di 1 m e riportare: il riferimento alla norma; il marchio di fabbrica; il diametro nominale; lo spessore di parete minimo; il materiale; il codice di area di applicazione; la rigidità anulare (per area BD); la rintracciabilità e l'eventuale simbolo per impiego a bassa temperatura (Il simbolo per impiego a bassa temperatura è costituito dalla figura di un cristallo di ghiaccio). La marcatura minima per i raccordi sarà conforme al prospetto 25 della UNI EN 1329-1.

14.2.3 Tubi e raccordi per fognature e scarichi interrati

Definiti dai codici "U" ⁽³⁾ ed "UD" ⁽⁴⁾ in rapporto all'area di applicazione, saranno formati con PVC-U come al punto precedente ed avranno colore a spessore di norma marrone-arancio (RAL 8023) o grigio (RAL 7037) ⁽⁵⁾.

I tubi avranno diametro esterno nominale preferenziale e spessore di parete minimo (in funzione della rigidità nominale anulare SN e caratterizzato dal rapporto dimensionale normalizzato SDR) come da tabella che segue. Per le ulteriori dimensioni e tipologie di prodotti (bicchieri, raccordi, ecc.) si farà riferimento al punto 6 della UNI EN 1401-1.

Tubi di policloruro di vinile per scarichi interrati. Diametri esterni nominali e spessori minimi

| Diametro esterno nominale (mm) | 110 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Spessori minimi per tubi SN2/SDR 51 | — | — | 3,2 | 3,9 | 4,9 | 6,2 | 7,9 | 9,8 | 12,3 | 15,7 | 19,6 |
| " " SN4/SDR 41 | 3,2 | 3,2 | 4,0 | 4,9 | 6,2 | 7,7 | 9,8 | 12,3 | 15,4 | 19,6 | 24,5 |
| " " SN8/SDR 34 | 3,2 | 3,7 | 4,7 | 5,9 | 7,3 | 9,2 | 11,7 | 14,6 | 18,4 | — | — |

³ () Codice U: codice per area di applicazione interrata all'esterno della struttura dell'edificio.

⁴ () Codice UD: codice per area di applicazione interrata sia all'interno che all'esterno dell'edificio.

⁵ () Secondo il registro dei colori RAL 840-HR.

14.2.4 *Tubi, raccordi e valvole per fognature e scarichi in pressione*

Potranno essere impiegati interrati, fuori terra, sfocianti in mare, posati in acque interne o canali, sospesi sotto ponte, ecc. ed avranno caratteristiche analoghe ai tubi della UNI EN 1452-2, salvo che i diametri saranno limitati, in basso, a quello di 25 mm e le pressioni nominali saranno comprese tra PN 6 e PN 12,5. Per le valvole, si rimanda alla UNI EN 1456-1.

14.2.5 *Tubi e raccordi per adduzione d'acqua*

Saranno fabbricati con una composizione di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) ed additivi in misura e qualità tali da non costituire pericolo tossico, organolettico o microbiologico (tali caratteristiche estendendosi a tutti i componenti del sistema) e da non influenzare le proprietà fisico-meccaniche dei prodotti e quelle di incollaggio.

I tubi avranno parete opaca e saranno colorati a spessore nei colori grigio, blu o crema. Avranno diametro esterno nominale di 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90, 110, 125, 140, 160, 180, 200... 1000 mm e spessori come da prospetto 2 della UNI EN 1452-2 in rapporto alla serie, alla pressione nominale ed ai coefficienti di impiego ($C = 2,5$ o $C = 2,0$) ⁽⁶⁾: S20 (SDR 41) PN6; S 12,5 (SDR 26) PN8; S 10 (SDR 21) PN10; S 8 (SDR 17) PN12,5; S 6,3 (SDR 13,6) PN16; S 5 (SDR 11) PN20.

La marcatura sarà conforme al prospetto 10 della norma e dovrà contenere, oltre alle informazioni di rito, il diametro esterno nominale, lo spessore di parete e la pressione nominale PN. Per i tubi destinati alla distribuzione di acqua, si dovrà avere una marcatura supplementare con la parola "ACQUA".

Art. 15. APPARECCHI IDRAULICI

15.1 GENERALITÀ

Tutti gli apparecchi ed i pezzi speciali da impiegare nell'esecuzione delle condotte e delle cabine di manovra dovranno uniformarsi ai tipi specificati in progetto e corrispondere esattamente alle prescrizioni delle relative norme di unificazione nonché ai modelli approvati dalla Direzione Lavori e depositati in campionatura.

I pezzi di fusione dovranno presentare superfici esterne perfettamente modellate, se del caso sbavate e ripassate allo scalpello o alla lima. I piani di combaciamento di tutte le flange dovranno essere ricavati mediante lavorazione al tornio e presentare inoltre una o più rigature circolari concentriche per aumentare la tenuta con guarnizione. Del pari dovranno essere ottenute con lavorazione a macchina tutte le superfici soggette a sfregamenti nonché i fori dei coperchi e delle flange di collegamento.

Tutti i pezzi in ghisa dei quali non sarà prescritta la verniciatura, dopo l'eventuale collaudo in officina dovranno essere catramati o bitumati internamente ed esternamente. Le superfici esterne grezze in bronzo, rame, ottone, se non diversamente prescritto, saranno semplicemente ripulite mediante sabbatura. Sulla superficie esterna di ogni apparecchio dovrà inoltre risultare, di fusione o con scritta indelebile, la denominazione della ditta costruttrice, il diametro nominale, la pressione nominale e le frecce indicanti la direzione della corrente.

L'Amministrazione appaltante si riserva la facoltà di sottoporre a prove o verifiche gli apparecchi forniti dall'appaltatore, intendendosi a totale carico dello stesso, come peraltro specificato nelle condizioni generali di fornitura, tutte le spese occorrenti per il prelevamento ed invio, agli Istituti di prova, dei campioni che la Direzione intendesse sottoporre a verifica.

15.2 VALVOLE PER LA FORNTURA D'ACQUA

⁶ () Il coefficiente di impiego è un coefficiente di sicurezza ed ha il valore di 2,5 per diametri esterni fino a 90 mm ed il valore di 2,0 per diametri esterni maggiori.

15.2.1 Generalità e materiali

Le valvole per la fornitura d'acqua dovranno essere realizzate e fornite nel rispetto delle prescrizioni di cui alle seguenti norme di unificazione:

- UNI EN 1074-1 - Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove di verifica. Requisiti generali.

e delle parti specifiche da 2 a 6 che trattano: valvole di intercettazione; valvole di ritegno; sfiati di aria; valvole di regolazione; idranti.

Su una fiancata del corpo delle valvole dovranno essere ricavati di fusione, o impressi in modo leggibile e indelebile, il marchio di fabbrica, il diametro nominale, la pressione nominale e la sigla indicante il materiale del corpo. Sul bordo delle flange dovrà essere indicata la dima di foratura (es. Dima PN10). I DN dovranno essere selezionati tra quelli indicati nella EN 805, con il limite superiore uguale al DN 2000. Per le valvole minori di DN 50 sono obbligatorie solamente le tre seguenti marcature: PN, marchio di fabbrica, riferimento alla norma di prodotto.

La verniciatura dovrà invece essere effettuata su tutte le saracinesche di ghisa che non verranno, per apposita disposizione, bitumate e su quelle di acciaio, nonché sulle scatole dei comandi.

15.2.2 Pressioni

Le valvole destinate a sistemi idrici rientrano nella designazione PN e dovranno essere progettate in modo che le loro pressioni caratteristiche PFA (pressione di esercizio ammissibile), PMA (pressione massima ammissibile) e PEA (pressione di prova ammissibile) siano conformi alla Tab. 54 per la corrispondente PN.

TAB. 54 - Rapporti tra le pressioni caratteristiche e quella nominale

| PN | PFA bar | PMA bar | PEA bar |
|----|------------|------------|------------|
| 6 | 6 | 8 | 12 |
| 10 | 10 | 12 | 17 |
| 16 | 16 | 20 | 25 |
| 25 | 25 | 30 | 35 |

15.2.3 Temperature

Le valvole dovranno sopportare temperature di esercizio da 0 °C (escluso il gelo) a 40 °C e temperature di stoccaggio da -20 °C a 70 °C.

15.2.4 Tipi di estremità e intercambiabilità

Le valvole dovranno rispettare i requisiti normalizzati dei relativi sistemi di tubazioni. Per l'intercambiabilità delle valvole frangiate, il loro scartamento dovrà essere in accordo con la EN 558-1 e le loro flange con le norme EN citate al punto 4.6 della UNI EN 1074-1.

15.2.5 Velocità massima dell'acqua

In condizioni di portata costante, le valvole dovranno poter sopportare una velocità di flusso di 2,5 m/s per PFA di 6 bar, di 3 m/s per PFA di 10 bar, di 4 m/s per PFA di 16 bar e di 5 m/s per PFA di 25 bar.

15.2.6 Tenuta

Le valvole dovranno garantire la tenuta ad una pressione d'acqua interna uguale al maggiore dei due valori: PEA ovvero 1,5 □ PFA. Inoltre una tenuta all'entrata di aria, acqua ed ogni corpo estraneo.

15.2.7 Prove

Tutte le saracinesche dovranno essere sottoposte alle prove di pressione del corpo e di tenuta delle sedi. Le prove saranno effettuate con le modalità riportate nelle rispettive norme ed avranno durata non inferiore a 10 minuti e comunque sufficiente per constatare la perfetta tenuta del corpo e delle sedi.

15.2.8 Attestato di conformità

L'Appaltatore è tenuto a fornire alla Stazione appaltante un attestato di conformità, rilasciato dal fabbricante, con il quale verrà certificato che le saracinesche fornite sono conformi alla norma UNI richiamata ed a quant'altro è stato oggetto di specifica richiesta.

15.3 VALVOLE PER CONDOTTE GAS

Dovranno rispondere, in rapporto ai campi di impiego, alle prescrizioni della seguente norma:

- UNI EN 14141 - Valvole per il trasporto di gas naturale in condotte. Requisiti prestazioni e prove.
- UNI EN ISO 14723 - Industria del petrolio e del gas naturale. Sistemi di condotte di trasporto. Valvole per condotte sottomarine.

Art. 16. MATERIALI DIVERSI E SPECIALI

16.1 ACCESSORI PER CAMERETTE E POZZETTI STRADALI

16.1.1 Dispositivi di chiusura per camerette d'ispezione

Potranno essere del tipo quadrato, rettangolare o circolare, secondo prescrizione, con coperchi chiusini o tamponi di forma rotonda o quadrata in rapporto ai vari tipi di manufatti, ma comunque con fori di accesso (se accessibili) di luce netta mai inferiore a 600 mm del tipo in ghisa sferoidale con controtelaio quadrato delle dimensioni minime di cm 80x80 o circolare \varnothing 85 cm. e coperchio circolare \varnothing 60 cm. Il peso complessivo, per chiusini accessibili, non dovrà essere inferiore a 95 Kg.

Esso sarà saldamente e permanentemente assicurato all'ultimo elemento prefabbricato del pozzetto d'ispezione a mezzo di soletta di collegamento prefabbricata, o di apposito anello sempre di tipo prefabbricato.

Nel caso di appoggio diretto del telaio sull'elemento di testa del pozzetto, si dovrà eseguire un getto di cls cementizio a rigiro, debitamente armato con tondino di ferro, affinché il telaio non abbia a subire spostamenti neanche in conseguenza a sensibili azioni orizzontali sullo stesso, soprattutto di natura dinamica.

In ogni caso dovranno essere rispettate le seguenti norme di unificazione:

- UNI EN 124 - Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura e controllo di qualità.

I coperchi potranno essere dotati di fori di aerazione di sezione totale non inferiore a: 5% della superficie del cerchio (DN quota di passaggio) per i chiusini aventi quota non superiore a 600 mm; 140 cm² chiusini con quota superiore. Sotto tali coperchi, inoltre, potrà essere richiesta l'installazione di opportuni cestelli in lamiera di acciaio zincata, per la raccolta dei corpi solidi.

Le superfici di contatto dei chiusini, dalla Classe A 15 alla classe F 900 dovranno garantire la dovuta stabilità e silenziosità di esercizio, in particolar modo per le classi D 400, E 600 e F 900. Queste condizioni potranno essere ottenute con tutti i mezzi appropriati, quali: lavorazione meccanica, inserimento di guarnizioni elastiche, appoggio su tre punti, ecc. purché approvati dalla Direzione Lavori.

Ogni chiusino dovrà riportare, di fusione, il nome e/o la sigla del fabbricante e la classe, funzione quest'ultima del carico di prova in rapporto alle condizioni di esercizio di cui alla Tabella 55.

TAB. 55 - Chiusini per camerette d'ispezione. Classi (Norma UNI EN 124)

| CLASSE | CONDIZIONI DI INSTALLAZIONE* | CARICHI DI PROVA KN |
|---|---|---------------------|
| A 15 | Zone ad esclusivo uso pedonale - Zone ciclabili e/o verde | 1,5 |
| B 125 | Zone pedonali - Marciapiedi (eccezionalmente soggetti a carichi veicolari)..... | 12,5 |
| C 250 | Zone di banchina - Canalette e cunette | 25,0 |
| D 400 | Vie di circolazione (Autostrade, strade statali e provinciali) | 40,0 |
| * In casi eccezionali (es. aeroporti) i chiusini potranno essere richiesti con portate di 60 t (classe E 600) o 90 t (classe F 900) | | |

16.1.2 Griglie e chiusini per pozzetti stradali (caditoie)

Le caditoie dovranno essere in ghisa sferoidale con feritoie, per la copertura di pozzetti, a norma UNI-ISO 1083 o 185, conforme alla classe di portata C250 o D400 della norma UNI EN124, con marchio abilitante in evidenza e con certificato di qualità ISO 9001/9002, montate con incastro su telaio.

La caditoia articolata dovrà essere in ghisa sferoidale EN GJS 500-7 secondo ISO 1083 / EN1563 per dispositivi di coronamento dei pozzetti di raccolta installati nella zona dei canaletti di scolo lungo il bordo dei marciapiedi che, misurata partendo dal bordo, si estenda per 0,5 m al massimo nella carreggiata e per 0,2 m al massimo sul marciapiede (e gruppi inferiori). La caditoia sarà rivestita con pittura nera idrosolubile e sarà certificata marchio NF-VOIRIE in conformità del dispositivo al regolamento NF-110 e i valori delle caratteristiche dichiarate. La caditoia avrà caratteristiche:

- Autobloccante anti- vandalismo: la o le barre elastiche bloccano la griglia nel proprio telaio per semplice pressione.
- Coperchio con superficie a rilievi antisdrucchiolo, dal lato marciapiede, articolato con blocco anti chiusura accidentale ed estraibile in posizione aperta a 90° e che in posizione chiusa si integri con la superficie del bordo marciapiede formando la "bocca di lupo". Dotato di barre elastiche per il bloccaggio in appositi alloggi sul telaio. Possibile l'apertura selettiva della griglia o del coperchio e bloccaggio per barra elastica.
- Griglia articolata con blocco anti chiusura accidentale ed estraibile in posizione aperta a 90°, inclinata verso il marciapiede e munita di barre periferiche a profilo speciale orientate a 45° per favorire il deflusso delle acque verso "la bocca di lupo", di barre selettive per evitare l'ingresso di corpi solidi nel pozzetto e di barre elastiche per il bloccaggio in appositi alloggi sul telaio. Superficie di scarico minima di 700 cm².
- Telaio monoblocco, a profilo sagomato per seguire il bordo del marciapiede e la adiacente sede stradale, con dimensioni di ingombro 610x620 mm, ed altezza di 205 mm (lato marciapiede) e di 90 mm (lato strada) e luce netta 370x370 mm
- Pressione di appoggio del telaio: p 7.5 N/mm².
- Massa(e): coperchio 12 Kg, griglia 14.5 kg.
- Aspetto superficiale: coperchio a rilievi anti-sdrucchiolo di tipo "4L" omologato. La barre tridirezionali permettono di aumentare la capacità di captazione delle acque di scorrimento mentre il loro profilo è progettato per consentire il transito sicuro dei mezzi a due ruote.
- Tipo griglia: superficie di scarico 30% : 700 cm².
- Tipo telaio: altezza 205 mm, telaio predisposto per accoppiamento
- Tutti i componenti del dispositivo dovranno riportare le seguenti marcature realizzate per fusione, posizionate in modo da rimanere possibilmente visibili dopo l'installazione:
- Norma di riferimento (UNI-EN 124 o EN 124);
- Classe di appartenenza (C 250);
- Nome o logo del produttore;
- Luogo di fabbricazione (può essere un codice registrato presso l'organismo di certificazione qualità prodotto);

- Marchio qualità prodotto rilasciato da organismo di certificazione indipendente.
- Il prodotto dovrà essere corredato delle seguenti documentazioni tecniche:
- Certificato ISO 9001 dello stabilimento di produzione con indicazione univoca del luogo di fabbricazione;
- Certificato ISO 14001 dello stabilimento di produzione (Sistema di gestione ambientale);
- Rapporto delle prove meccaniche (carico di prova e freccia residua) eseguite sul dispositivo conformemente al capitolo 8 della EN 124;
- Analisi chimica e prove meccaniche eseguite sulla ghisa sferoidale conformemente alla ISO 1083 o EN 1563 per la gradazione 500-7/GJS 500-7;
- Certificazione qualità prodotto (Marchio di qualità) di terza parte attestante la completa conformità del prodotto alla norma di riferimento (EN 124:1994) e per tutti i dispositivi appartenenti alle classi D400 - E600 - F900, il superamento di specifiche prove dinamiche (su strada) a garanzia della compatibilità delle sedi di appoggio, della stabilità dei coperchi o delle griglie e della non emissione di rumore quando sottoposti alle sollecitazioni del traffico.
- Tutti i documenti dovranno essere cronologicamente compatibili con la produzione dei materiali oggetto.

16.1.3 Gradini per pozzetti di ispezione

Potranno essere, secondo prescrizione, in ghisa, in acciaio galvanizzato o zincato, o ancora in acciaio inossidabile. Potranno inoltre avere forma di bacchette (tipo DIN 19555) o di staffe (tipo corto: DIN 1211B; medio: DIN 1211A; lungo: DIN 1212).

Nel primo caso il diametro dovrà essere non inferiore a 20 mm; nel secondo caso lo stesso limite sarà rispettato dalla sezione di incastro dei bracci a mensola. In tutti i casi i gradini dovranno essere provati per un carico concentrato di estremità non inferiore a 3240 N.

16.2 MATERIALI PER GIUNZIONI

16.2.1 Elastomeri per anelli di tenuta

Le speciali gomme con cui verranno formati gli anelli di tenuta potranno essere del tipo naturale (mescole di caucciù) o sintetico (neoprene, ecc.); dovranno comunque possedere particolari caratteristiche di elasticità (rapportate alle caratteristiche geometriche e meccaniche dei tubi) per attestare le quali il fabbricante dovrà presentare apposita certificazione da cui si rilevi il rispetto della normativa UNI EN 681-1 e comunque i seguenti dati:

- la classe di durezza (come definita al punto 3 della EN 681-1) espressa in gradi internazionali IRH (International Rubber Hardness) e determinata secondo UNI 7318;
- la resistenza a trazione (che comunque non dovrà risultare inferiore a 9 MPa);
- l'allungamento a rottura, in %, il cui valore minimo, determinato secondo ISO 37, non dovrà risultare inferiore ai valori riportati nel prospetto 2 della UNI EN 681/1;
- la deformazione massima residua a compressione, i cui valori non dovranno superare quelli riportati nello stesso prospetto;
- i risultati della prova di invecchiamento e di rilassamento, con riferimento ai valori e ai metodi di prova riportati in prospetto 2 della UNI EN citata.

La Direzione Lavori potrà richiedere comunque un'ulteriore documentazione dalla quale risulti il comportamento degli anelli nelle prove di resistenza alla corrosione chimica, resistenza all'attacco microbico e resistenza alla penetrazione delle radici.

Le mescolanze di gomma naturale saranno di prima qualità, omogenee ed esenti da rigenerato o polveri di gomma vulcanizzata di recupero. Per l'impiego su tubazioni destinate a convogliare acqua potabile tali

mescolanze non dovranno contenere elementi metallici (antimonio, mercurio, manganese, piombo e rame) od altre sostanze che possano alterare le proprietà organolettiche.

Le guarnizioni con diametro interno fino a 1100 mm dovranno essere ottenute per stampaggio e dovranno presentare omogeneità di materiale, assenza di bolle d'aria, vescichette, forellini e tagli; la loro superficie dovrà essere liscia e perfettamente stampata, esente da difetti, impurità o particelle di natura estranea.

Ogni guarnizione (o unità di imballaggio di elementi di tenuta) dovrà essere marcata in modo chiaro e durevole con le seguenti indicazioni: dimensione nominale, identificazione del fabbricante, tipo di applicazione e classe di durezza, marchio di certificazione dell'organismo di controllo, trimestre ed anno di fabbricazione, eventuali caratteristiche particolari ed infine l'indicazione abbreviata della gomma.

Per le guarnizioni relative alle condotte di gas, si farà riferimento alla seguente norma di unificazione:

- UNI EN 682 - Elementi di tenuta in elastomero. Requisiti dei materiali elastomerici utilizzati in tubi e raccordi per il trasporto di gas e idrocarburi fluidi.

Gli elementi di tenuta in elastomero per tubi e raccordi per il trasporto di gas ed idrocarburi fluidi saranno classificati in base alla loro durezza secondo le categorie riportate in Tab. 56 ed avranno i requisiti riportati al punto 4 della norma, particolarmente compendati nei prospetti 2 e 3 della stessa.

TAB. 56 - Guarnizioni in elastomero per gas e idrocarburi liquidi. Categorie di durezza

| Categoria di durezza | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Campo di durezza, IRHD | 46-55 | 56-65 | 66-75 | 76-85 | 86-95 |

Ogni elemento di tenuta, o unità imballaggio di elementi di tenuta dovrà essere marcato in maniera indelebile con le seguenti indicazioni: dimensione nominale; marchio di fabbrica; riferimento alla norma e tipo e categoria di durezza; tipo di elastomero (in sigla); caratteristiche particolari. Per la marcatura CE e l'etichettatura, sarà fatto riferimento all'Appendice ZA.3.

16.2.2 Corda catramata

Dovrà essere di canapa (commercialmente chiamata "tozzo"), del diametro di 15 ÷ 20 mm, formata da quattro o cinque capi leggermente ritorti; sarà ben ventilata e stagionata nonché fortemente ed uniformemente imbevuta di catrame vegetale. Non dovrà assolutamente presentare inclusione di juta o di altra fibra vegetale meno resistente della canapa né dovrà essere imbevuta con bitume derivato dalla distillazione del gas illuminante.

16.2.3 Mastici bituminosi per giunzioni plastiche a caldo

Ottenuti mescolando ad una base di bitume, pece di catrame di carbon fossile od altre simili sostanze plastiche, dei riempitivi insolubili in acqua e non rigonfiabili, tali prodotti dovranno essere resistenti alle radici, avere un punto di rammollimento di almeno 70 °C, presentarsi tenaci, resistenti e non fragili alla temperatura di 0 °C, avere un punto di fusibilità inferiore a 180 °C (al fine di evitare l'evaporazione degli additivi tossici per le radici) e presentare infine una buona adesività alla temperatura di fusione.

Le sostanze impiegate per la produzione dei mastici bituminosi non dovranno inoltre avere effetti tossici sugli operai o sulle acque freatiche, né dovranno essere additate con fenoli volatili.

16.2.4 Mastici per giunzioni plastiche a freddo

Ottenuti con sostanze a base di bitume o pece di catrame di carbon fossile, i prodotti presenteranno una consistenza plastico-dura, tale però da consentire la lavorazione con i normali mezzi di cantiere ad una

temperatura propria di +10 °C (mastici plastici o mastici spatolabili). Gli eventuali additivi emollienti non dovranno essere volatili, e ciò onde evitare l'eccessivo indurimento della massa sigillante.

16.3 MATERIALI PER RIVESTIMENTI PROTETTIVI

16.3.1 Bitume e miscela bituminosa

Dovranno avere le caratteristiche riportate nella Tabella 58.

TAB. 58 - Materiali per rivestimenti bitumati. Caratteristiche

| CARATTERISTICHE | Unità di misura | MATERIALI | | |
|------------------------------|-----------------|--------------------|--|--------------------|
| | | Vernice bituminosa | Bitume ossidato matrice per miscela | Miscela bituminosa |
| Punto di ramollimento (P.A.) | °C | 100 ÷ 110 | 100 ÷ 110 | 100 ÷ 120 |
| Penetrazione a 25 °C. | dmm | < 25 | < 25 | < 20 |
| Punto di rottura Fraass | °C | < -8 | < -8 | < -6 |

16.4 APPARECCHI DI APPOGGIO

16.4.1 Apparecchi metallici

Tanto gli apparecchi di tipo mobile, quanto quelli di tipo fisso, dovranno essere realizzati nel rispetto delle prescrizioni contenute al punto 11.6 delle "Norme tecniche per le costruzioni" emanate con D.M. 14 gennaio 2008.

Le norme dovranno osservarsi anche nel caso in cui gli elementi metallici fossero costituiti da acciai di tipo speciale (al cromo, al nichel-cromo), ovvero da acciai trattati superficialmente con procedimenti chimici o elettrolitici, oppure da placcature o da combinazioni di acciai di diverse qualità. In ogni caso sarà prescritta la presentazione, da parte dell'Appaltatore, di apposito certificato, rilasciato da un Laboratorio ufficiale, comprovante le caratteristiche di resistenza dei metalli.

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile all'approvazione della Direzione, il progetto esecutivo degli apparecchi di appoggio. Tale progetto, che dovrà corrispondere alle norme ed ai tipi stabiliti dalla Direzione Lavori, o diversamente indicati, e alle disposizioni e norme vigenti in materia, dovrà contenere:

- la capacità portante degli apparecchi, il coefficiente di attrito e la durabilità;
- il calcolo delle escursioni e delle rotazioni previste per gli apparecchi nelle singole fasi di funzionamento (con esposizione separata dei contributi dovuti ai carichi permanenti e accidentali, alle variazioni termiche, alle deformazioni viscosi e al ritiro del calcestruzzo) tenuto conto di un congruo franco di sicurezza;
- l'indicazione della tolleranza ammessa per l'orizzontalità e il parallelismo dei piani di posa degli apparecchi;
- l'indicazione della prerogativa da effettuare sugli apparecchi al momento del montaggio, in funzione della temperatura ambiente e della stagionatura del calcestruzzo (se presente) al momento della posa;
- l'indicazione dei materiali componenti l'apparecchio, con riferimento alle norme UNI;
- l'indicazione delle reazioni che gli apparecchi dovranno sopportare, la verifica statica dei singoli componenti e la determinazione delle pressioni di contatto;
- l'indicazione delle modalità di collegamento degli apparecchi ai pulvini e alle strutture degli impalcati e degli eventuali accorgimenti da adottare per il montaggio provvisorio.

Nel caso in cui fosse previsto l'impiego di lamine di resine fluoro-carboniche (tipo Teflon) aventi potere autolubrificante, esse di regola dovranno coprire almeno il 75% della superficie di appoggio e dovranno essere incollate sull'elemento metallico di supporto a mezzo di adesivi speciali strutturali atti ad assicurare

l'inamovibilità delle lamine nelle condizioni di maggiore sollecitazione. Il materiale potrà essere costituito di resina pura ovvero di resina caricata con vari agenti (fibre di vetro, grafite, ecc.) atti ad aumentarne la resistenza e il potere autolubrificante. Lo spessore delle lamine varierà da 6 mm (se incassate) a 15 mm, salvo diversa prescrizione.

Nel caso di impiego di piastre in ottone, tale materiale dovrà risultare rispondente alle norme UNI in vigore.

16.4.2 *Apparecchi di gomma e misti*

Potranno essere di *tipo semplice*, costituiti da un solo strato di gomma (in generale di tipo policloroprenico, neoprene, ecc.) o di *tipo armato*, costituiti da strati alterni di gomma e di lamiera di acciaio tra di loro efficacemente incollati.

La gomma avrà durezza Shore A di 60 ± 5 punti (valore medio), carico di rottura a trazione non inferiore a 13 N/mm^2 ed allungamento a rottura non inferiore al 50%. L'acciaio di armatura dovrà avere tensione di snervamento minima di 235 N/mm^2 , tensione di rottura tra $412 \div 520 \text{ N/mm}^2$ ed allungamento a rottura minimo del 23%.

Dovrà farsi comunque riferimento alle norme della serie UNI EN 1337 richiamate nelle generalità e, per quanto non in contrasto con le stesse, alla norma CNR UNI 10018 (oggi ritirata) dal titolo "*Istruzioni per il calcolo e l'impiego degli appoggi di gomma nelle costruzioni*".

16.5 **SEGNALI STRADALI**

Tutti i segnali dovranno essere rigorosamente conformi ai tipi, alle dimensioni nonché alle misure prescritte dal Regolamento di Esecuzione del nuovo Codice della Strada (approvato con D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495, e successive modifiche e integrazioni).

I segnali saranno costruiti in ogni loro parte in lamiera di acciaio di spessore non inferiore a 10/10 di mm ovvero in lamiera di alluminio semicrudo puro di spessore non inferiore a 25/10 o 30/10 di mm, secondo prescrizione e saranno rinforzati sul perimetro con una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola; sul retro saranno dotati di attacchi speciali per l'ancoraggio dei sostegni.

I segnali, sia di acciaio che di alluminio, dovranno essere idoneamente trattati contro la corrosione e verniciati; in particolare il retro e la scatolatura dei cartelli saranno rifiniti in colore grigio neutro opaco.

I segnali dovranno riportare, sul retro, il nome del fabbricante, quello dell'Ente proprietario della strada e l'anno di fabbricazione. Il complesso di tali iscrizioni non dovrà occupare una superficie maggiore di 200 cm^2 , secondo quanto disposto dall'art. 77 del Regolamento. Per i segnali di prescrizione, ad accettazione di quelli utilizzati nei cantieri stradali, dovranno inoltre essere riportati gli estremi dell'ordinanza di prescrizione.

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare, per la relativa accettazione preliminare, i campioni rappresentativi della fornitura ed inoltre, a garanzia della conformità dei campioni stessi alle norme prescritte, dichiarazioni impegnative e certificati ufficiali di analisi da cui risultino:

- le caratteristiche tecniche dei prodotti impiegati nella fornitura;
- i tipi e i cicli di lavorazione eseguiti presso il fabbricante con l'indicazione delle attrezzature impiegate;
- le prove tecnologiche e le analisi fotometriche effettuate.

La Direzione Lavori si riserva comunque la facoltà di prelevare in qualsiasi momento, senza preavviso, campioni di tutti i materiali impiegati per sottoporli agli accertamenti che riterrà opportuno eseguire presso riconosciuti Istituti specializzati. Il tutto a carico dell'Appaltatore che sarà pertanto tenuto, ove non fosse il diretto produttore, a comunicare tempestivamente il nome del fabbricante.

16.5.1 *Pellicole retroriflettenti*

Generalità

Le pellicole retroriflettenti, da impiegare nella realizzazione della segnaletica stradale, dovranno essere flessibili, piane e lisce, resistenti alla trazione ed all'abrasione nonché ai solventi, ai carburanti e lubrificanti, agli agenti atmosferici, alle atmosfere aggressive ed ai raggi ultravioletti. Le superfici inoltre dovranno essere stampabili con apposite paste serigrafiche trasparenti (e coprenti) e lavabili con detersivi anche forti senza subire decolorazione alcuna, o fessurazione o corrugamento. Per le proprietà di riflessione dovranno infine essere conformi alle prescrizioni di cui al D.M. 31 marzo 1995 che approva il *"Disciplinare tecnico sulle modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione dei segnali stradali"*.

In termini qualitativi le pellicole retroriflettenti saranno ritenute accettabili se avranno superato positivamente le prove di adesività, di flessibilità, di resistenza all'invecchiamento accelerato, alla nebbia salina, all'impatto, al calore, ecc. di cui al Cap. 4 dell'Allegato al decreto.

Le pellicole retroriflettenti dovranno essere sottili, a superficie perfettamente liscia e dovranno recare sul retro un adesivo protetto da un cartoncino (o da foglio di polietilene) facilmente e completamente asportabile così da non richiedere sforzi di spellamento o impiego di umidificanti o solventi. L'adesivo potrà essere del tipo a caldo (pellicole di tipo A, termoadesive) o del tipo a freddo (pellicole di tipo B, autoadesive); in entrambi i casi, ad applicazione avvenuta, lo stesso adesivo dovrà presentare alta resistenza alla trazione (superiore alla resistenza della pellicola), nonché all'acqua, alle muffe, alle soluzioni saline, a quelle detergenti ed agli agenti atmosferici in generale.

Su richiesta della Direzione Lavori l'Appaltatore, o per esso la Ditta fornitrice, dovrà presentare apposita certificazione, rilasciata da laboratori od istituti riconosciuti, dalla quale risultino superate favorevolmente le prove in precedenza specificate, o altre eventualmente richieste, e risultino altresì comprovati i valori del coefficiente specifico di intensità luminosa di cui ai punti che seguono.

Pellicole a normale risposta luminosa (classe 1)

Dovranno presentare, per l'accettazione, valori minimi del coefficiente di intensità luminosa retroriflessa (espresso in candele per lux di luce bianca incidente – sistema CIE illuminante A, temperatura di colore T_c 2856 K) per ogni metro quadro di pellicola, come alla Tab. 60.

TAB. 60 - Pellicole retroriflettenti di classe 1. Valori minimi del coefficiente specifico di intensità luminosa retroriflessa

| ANGOLI | | Valori minimi del coefficiente areico di intensità luminosa ($\text{cd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^2$) | | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--------|-------|-------|-----|---------|---------|
| Angolo di divergenza α | Angolo di illuminazione β_1 ($\beta_2 = 0$) | Bianco | Giallo | Rosso | Verde | Blu | Marrone | Arancio |
| 12' | 5° | 70,0 | 50,0 | 14,5 | 9,0 | 4,0 | 1,0 | 25,0 |
| | 30° | 30,0 | 22,0 | 6,0 | 3,5 | 1,7 | 0,3 | 10,0 |
| | 40° | 10,0 | 7,0 | 2,0 | 1,5 | 0,5 | 0,1 | 2,2 |
| 20' | 5° | 50,0 | 35,0 | 10,0 | 7,0 | 2,0 | 0,6 | 20,0 |
| | 30° | 24,0 | 16,0 | 4,0 | 3,0 | 1,0 | 0,2 | 8,0 |
| | 40° | 9,0 | 6,0 | 1,8 | 1,2 | 0,1 | 0,1 | 2,2 |
| 2° | 5° | 5,0 | 3,0 | 1,0 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 1,2 |
| | 30° | 2,5 | 1,5 | 0,5 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,5 |
| | 40° | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Pellicole ad alta risposta luminosa (classe 2)

Dovranno presentare, per l'accettazione, valori minimi del coefficiente di intensità luminosa retroriflessa (espresso come al punto precedente) per ogni metro quadro di pellicola riflettente ad elevato coefficiente specifico di intensità luminosa, come alla seguente Tab. 61.

TAB. 61 - Pellicole retroriflettenti di classe 2. Valori minimi del coefficiente specifico di intensità luminosa retroriflessa

| ANGOLI | | Valori minimi del coefficiente areico di intensità luminosa ($\text{cd} \cdot \text{lux}^{-1} \cdot \text{m}^2$) | | | | | | |
|------------------------------|--|--|--------|-------|-------|------|---------|---------|
| Angolo di divergenza alfa | Angolo di illuminazione β_1 ($\beta_2 = 0$) | Bianco | Giallo | Rosso | Verde | Blu | Marrone | Arancio |
| 12' | 5° | 250,0 | 170,0 | 45,0 | 45,0 | 20,0 | 12,0 | 100,0 |
| | 30° | 150,0 | 100,0 | 25,0 | 25,0 | 11,0 | 8,5 | 60,0 |
| | 40° | 110,0 | 70,0 | 15,0 | 12,0 | 8,0 | 5,0 | 29,0 |
| 20' | 5° | 180,0 | 120,0 | 25,0 | 21,0 | 14,0 | 8,0 | 65,0 |
| | 30° | 100,0 | 70,0 | 14,0 | 12,0 | 8,0 | 5,0 | 40,0 |
| | 40° | 95,0 | 60,0 | 13,0 | 11,0 | 7,0 | 3,0 | 20,0 |
| 2° | 5° | 5,0 | 3,0 | 1,0 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 1,5 |
| | 30° | 2,5 | 1,5 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 1,0 |
| | 40° | 1,5 | 1,0 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 1,0 |

Vernici rifrangenti

Le vernici rifrangenti per segnaletica orizzontale dovranno essere del tipo con perline di vetro premiscelate ed avere pigmento costitutivo di biossido di titanio per il colore bianco e giallo cromo per quello giallo. Le perline di vetro contenute nella vernice dovranno essere incolori e dovranno avere un diametro compreso tra $66 \div 200$ micron; la quantità in massa dovrà essere non inferiore al 33%.

Le vernici rifrangenti dovranno possedere le proprietà adesive nei riguardi di tutti i tipi di pavimentazione; dovranno altresì possedere ottima resistenza all'usura del traffico, alle soluzioni saline ed agenti atmosferici in generale. In particolare le proprietà rifrangenti non dovranno subire decadimenti fino al completo consumo.

Le qualità delle vernici dovranno comunque essere comprovate con referenze e certificazioni di laboratorio. Si richiama la norma:

- UNI EN 1436 - Prestazioni della segnaletica orizzontale per gli utenti della strada.

Art. 17. ARREDO URBANO

17.1.1 Dissuasori spartitraffico

Colonnine spartitraffico realizzate in acciaio zincato di dimensioni $108 \times 130,8 \times 1000$ h mm complete di coperchio a rondella, tornitura per alloggio, rifrangente rosso a caldo e verniciatura a polvere poliestere per esterno, del tipo FIMA Art. 112A5, o equivalenti per caratteristiche tecniche e design, rimovibili. Ancorato al suolo con apposita piastra di fissaggio e rimovibili.

17.1.2 Cestini portarifiuti

I cestini porta rifiuti dovranno essere dotati di coperchio protettivo in lamiera zincata. Telaio costruito in lamiera da almeno 3 mm di spessore zincata a caldo, di forma cilindrica. Stelo laterale e coperchio proteggi sacco in lamiera zincata e successiva mano di vernice a base di resina poliuretanica, di colore nero o altro colore aceto della D.L., apribile dall'alto. Anello reggi sacco interno amovibile con coperchio superiore proteggi sacco in lamiera zincata e successiva mano di vernice a base di resina poliuretanica, di colore nero.

17.2 PALI PER ILLUMINAZIONE STRADALE

I pali per l'illuminazione stradale dovranno essere conformi ai disegni allegati al progetto e realizzati con i materiali indicati. I corpi illuminanti dovranno assicurare la conformità alle vigenti norme in materia e garantire una adeguata illuminazione delle aree.

Art. 18. CALCESTRUZZO ARCHITETTONICO

Fornitura e posa in opera di una pavimentazione architettonica eseguita mediante l'impiego di un calcestruzzo ad elevata durabilità.

Al calcestruzzo, con resistenza minima di 30 N/mm², (Classe 25/30 secondo UNI EN 206.1), confezionato con aggregati locali arrotondati o a spacco di cava TIPO GIALLO MORI (o con aggregati di diversa tipologia e provenienza) e cemento Portland Tipo I o composito Tipo II/A-LL 32,5 R o 42,5 R (di colore grigio O bianco), pigmentato o meno con ossidi ferrosi sintetici con colore a scelta della D.L., verranno addizionati sia un premiscelato multifunzionale in polvere, appositamente studiato per la realizzazione di pavimentazioni di questa tipologia composto da una peculiare ed equilibrata miscela di filler reattivi a base di microsilicati, micro-fibre in polipropilene multifilamento, agenti aeranti, fluidificanti e stabilizzanti, che fibre in polipropilene di lunghezza pari a mm18.

Le addizioni di cui sopra sono finalizzate al conseguimento dei necessari incrementi di coesione, del conglomerato fresco, della stabilità agli agenti atmosferici ed aggressivi, della resistenza ai cicli di gelo/disgelo, della resistenza all'abrasione, alla fessurazione ed agli urti, per consentire l'eliminazione della usuale rete elettrosaldata, ove non contemplata progettualmente.

MIX DESIGN INDICATIVO PER IL CONFEZIONAMENTO DI 1 MC DI CALCESTRUZZO SPECIFICO PER L'ESECUZIONE DI PAVIMENTAZIONI ARCHITETTONICHE IN GHIAIETTO LAVATO:

- Cemento Tipo II/A-LL 32,5 R (grigio o bianco): 350 – 450 kg
- Aggregati puliti e selezionati (arrotondati o a spacco di cava) diam. 6-12 mm (circa): circa 1.500 kg
- Sabbia pulita e selezionata diam. 0-3 mm (circa): circa 100 kg
- PRERIT COMPOUND (additivo multifunzionale): 25 kg
- PROTECH OXICROM (ossido di ferro sintetico nel colore prescelto): 15 – 25 kg
- READYMESH PM 180 (fibre in polipropilene multifilamento da 18 mm): 0,5 – 1 kg
- Acqua (quanto basta): Circa 250 lt
- **TOTALE MISCELA: Circa 2.300 kg**

La pavimentazione, dello spessore complessivo di cm 5 cm di pavimentazione in ghiaietto lavato su area pedonale e cm 10 su attraversamento pedonale su viabilità o di spessore diverso indicato dalla D.L. in funzione della destinazione finale dell'opera, dovrà essere messa in opera previa realizzazione di un sottofondo in calcestruzzo o di un terreno perfettamente compattato e, in ogni caso, opportunamente calcolato in funzione della destinazione finale dell'opera (lavorazioni da computarsi a parte), con successivo posizionamento dei giunti di dilatazione e/o di eventuali inserti costituenti il motivo architettonico secondo le prescrizioni della D.L. (da computarsi a parte), e opportuna protezione di cordoli, zoccolature e ogni altro elemento architettonico che potrebbe subire imbrattamenti durante la posa in opera e la lavorazione della pavimentazione, da realizzarsi mediante l'applicazione di idonei rivestimenti o specifiche nastrature.

La posa in opera avverrà nei campi precedentemente predisposti secondo le seguenti fasi:

- Al termine delle operazioni di stesura, staggiatura e lisciatura a mano dell'impasto, evitando ogni tipo di vibrazione o sollecitazione che potrebbe indurre l'affondamento degli aggregati, verrà applicata a spruzzo con adeguata pompa a bassa pressione (manuale o elettrica) uno strato uniforme variabile dai 100 ai 250 gr/m² (in base alla qualità del calcestruzzo impiegato e alle condizioni meteorologiche presenti al momento della stesura), di un ritardante/disattivante di presa superficiale, a base di polisaccaridi chelanti costituiti da molecole di aldeidi e gruppi ossidrilici, certificatamente esente da effetti nocivi per gli utilizzatori e per l'ambiente, con la funzione di ritardare convenientemente l'indurimento della matrice cementizia superficiale del calcestruzzo e di agire, nel contempo, come protettivo antievaporante.
- Entro 24 ore, in funzione delle condizioni di umidità, temperatura, quantità e classe di cemento impiegato (con temperatura esterna compresa tra 18 e 23 gradi il tempo ideale per il lavaggio è di circa

6-8 ore), le superfici di calcestruzzo staggiate e trattate sulla superficie con ritardante di presa dovranno essere lavate con idropulitrice ad acqua fredda a pressione, per porre in vista gli aggregati.

La superficie della pavimentazione, una volta asciutta, verrà trattata mediante irrorazione di circa 100 gr/m² di opportuno consolidante, idrorepellente, antipolvere, a base di silicati di litio, in funzione dell'atmosfera di esposizione e servizio, comunque caratterizzati da un elevato effetto di protezione e curing, in grado di incrementare significativamente la resistenza all'abrasione, ai cicli gelo disgelo ed ai sali disgelanti, ove presenti, nonché la durabilità complessiva delle opere, senza determinare criticità alcuna in termini di possibili delaminazioni.

In base alle dimensioni dell'area pavimentata e alla sua conformazione geometrica dovranno essere realizzati opportuni giunti di dilatazione e frazionamento da sigillare adeguatamente. Il corretto dimensionamento della sezione di sigillatura dovrà prevedere una larghezza pari a 7-12 mm e una profondità pari ad 1/4 – 1/5 dello spessore della pavimentazione. Al fine di impedire lo scivolamento sul fondo del giunto del sigillante e dimensionare correttamente la sua profondità, dovrà essere posato in opera nella sede del giunto un adeguato cordone comprimibile antiaderente in polietilene espanso a cellule chiuse, avente il diametro superiore di almeno il 20% rispetto alla larghezza del giunto. Per delimitare perfettamente la sigillatura, i giunti verranno nastrati parte l'altra con nastro di carta adesiva. La sigillatura dei giunti dovrà essere realizzata mediante estrusione con apposita pistola di opportuno sigillante monocomponente a base di resine poliuretaniche aromatiche igroindurenti resistente nei confronti di acqua, olio e idrocarburi, benzine avio, previo accurata pulizia e asportazione della polvere dalla sede del giunto mediante getto di aria compressa. Lo spianamento per la rimozione delle parti in eccesso e la lisciatura immediata del sigillante nel giunto, verrà effettuata con una spatola metallica leggermente inumidita con acqua e sapone. A completamento delle operazioni verrà rimosso il nastro di carta adesiva.

NOTA BENE:

- Il confezionamento, la posa in opera del calcestruzzo corticale progettato con caratteristiche di mix-design, tipo di cemento e colore, pigmentazione, natura e colorazione degli aggregati, dovranno essere accettati dalla D.L. previa realizzazione di campionature.
- Tutti i componenti del cls (aggregati, cementi, additivi, ecc.) dovranno rispettare le norme vigenti ed essere forniti da azienda certificata ai sensi della ISO 9001:2008, il tutto affinché l'opera finita sia realizzata a perfetta regola d'arte.

PARTE II^ - MODO DI ESECUZIONE DELLE CATEGORIE DI LAVORO MOVIMENTI DI MATERIE – OPERE D'ARTE – LAVORI DIVERSI

Art. 19. RILIEVI – CAPISALDI – TRACCIAMENTI

19.1 RILIEVI

Prima di dare inizio a lavori che interessino in qualunque modo movimenti di materie, l'Appaltatore dovrà verificare la rispondenza dei piani quotati, dei profili e delle sezioni allegati al Contratto o successivamente consegnati, segnalando eventuali discordanze, per iscritto, nel termine di 15 giorni dalla consegna. In difetto, i dati plano-altimetrici riportati in detti allegati si intenderanno definitivamente accettati, a qualunque titolo. Nel caso che gli allegati di cui sopra non risultassero completi di tutti gli elementi necessari, o nel caso che non risultassero inseriti in Contratto o successivamente consegnati, l'Appaltatore sarà tenuto a richiedere, in sede di consegna o al massimo entro 15 giorni dalla stessa, l'esecuzione dei rilievi in contraddittorio e la redazione dei grafici relativi.

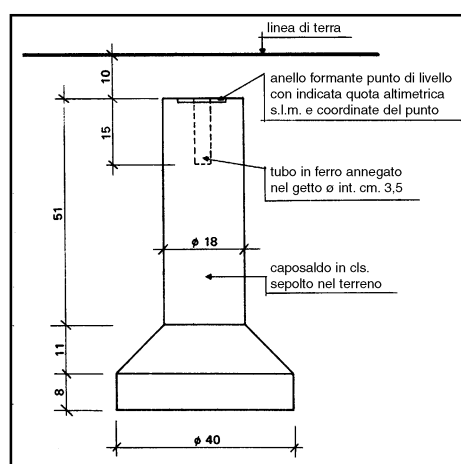
In difetto, nessuna pretesa o giustificazione potrà essere accampata dall'Appaltatore per eventuali ritardi sul programma o sull'ultimazione dei lavori.

19.2 CAPISALDI

Tutte le quote dovranno essere riferite a capisaldi di facile individuazione e di sicura inamovibilità. L'elenco dei capisaldi sarà annotato nel verbale di consegna o in apposito successivo verbale.

Spetterà all'Appaltatore l'onere della conservazione degli stessi fino al collaudo. Qualora i capisaldi non esistessero già in sito, l'Appaltatore dovrà realizzarli secondo lo schema riportato nella figura a fianco e disporli opportunamente. I capisaldi dovranno avere ben visibili e indelebili i dati delle coordinate ortogonali e la quota altimetrica.

FIG. 12 - Tipo di caposaldo



19.3 TRACCIAMENTI

Subito dopo la consegna dei lavori, allo scopo di determinare con la maggiore esattezza possibile il programma delle opere da eseguire, l'Appaltatore dovrà verificare e se del caso integrare, a sua cura e spese, tutti i rilievi effettuati per la predisposizione del progetto esecutivo.

Sarà onere dell'Impresa provvedere alla realizzazione e conservazione di capisaldi di facile individuazione e del tracciamento e picchettazione delle aree interessate dalle opere da eseguire.

Prima di porre mano a lavori di sterro o riporto, l'Appaltatore è obbligato ad eseguire il picchettamento completo del lavoro, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei riporti in base alla larghezza del piano stradale, all'inclinazione delle scarpate e alla formazione delle cunette.

A suo tempo dovrà pure realizzare, nei tratti indicati dalla Direzione Lavori, apposite strutture provvisorie atte a determinare con precisione l'andamento delle scarpate, tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelle manomesse durante l'esecuzione dei lavori.

Qualora ai lavori in terra siano connesse opere murarie, l'Appaltatore dovrà procedere al tracciamento di esse, pure con l'obbligo della conservazione dei picchetti, ed, eventualmente, delle modine, come per i lavori in terra.

E' altresì inteso che l'Appaltatore, prima di procedere con i lavori di scavo in genere o manomissione del corpo stradale, dovrà provvedere ad eseguire l'indispensabile coordinamento con gli enti gestori di servizi ubicati nel sottosuolo, in modo da individuarne esattamente la posizione in relazione ai lavori.

Art. 20. DEMOLIZIONI E RIMOZIONI

20.1 DEMOLIZIONI IN GENERE

Prima dell'inizio di lavori di demolizione è fatto obbligo di procedere alla verifica delle condizioni di conservazione e di stabilità delle varie strutture da demolire.

In relazione al risultato di tale verifica devono essere eseguite le opere di rafforzamento e di puntellamento necessarie ad evitare che, durante la demolizione, si verifichino crolli intempestivi.

I lavori di demolizione devono procedere con cautela e con ordine dall'alto verso il basso e devono essere condotti in maniera da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da non pregiudicare la stabilità delle strutture portanti o di collegamento di quelle eventuali adiacenti, e in modo da non deteriorare i materiali risultanti, i quali tutti devono ancora potersi impiegare utilmente, sotto pena di rivalsa di danni a favore della Stazione Appaltante, ricorrendo, ove occorra, al loro preventivo puntellamento.

La successione dei lavori, quando si tratti di importanti ed estese demolizioni, deve risultare da apposito programma il quale deve essere firmato dall'Imprenditore e dal dipendente Direttore dei lavori, ove esista, e deve essere tenuto a disposizione degli Ispettori di lavoro.

È vietato gettare dall'alto i materiali in genere, che invece devono essere trasportati o guidati in basso convogliandoli in appositi canali o scivoli.

Durante i lavori di demolizione si deve provvedere a ridurre il sollevamento della polvere, irrorando con acqua le murature ed i materiali di risulta.

La demolizione di opere in altezza (non previste nel progetto) deve se necessaria, essere condotta servendosi di ponti di servizio indipendenti dall'opera in demolizione.

Gli obblighi di cui sopra non sussistono quando si tratta di elementi di altezza inferiore ai cinque metri; in tali casi e per altezze da due a cinque metri si deve fare uso di cinture di sicurezza.

Inoltre, salvo l'osservanza delle leggi e dei regolamenti speciali e locali, la demolizione di parti di strutture aventi altezza sul terreno non superiore a 5 metri può essere effettuata mediante rovesciamento per trazione o per spinta.

La trazione o la spinta deve essere esercitata in modo graduale e senza strappi e deve essere eseguita soltanto su elementi di struttura opportunamente isolati.

Devono inoltre essere adottate le precauzioni necessarie per la sicurezza del lavoro quali: trazione da distanza non minore di una volta e mezzo l'altezza del muro o della struttura da abbattere e allontanamento degli operai dalla zona interessata.

Si può procedere allo scalzamento dell'opera da abbattere per facilitarne la caduta soltanto quando essa sia stata adeguatamente puntellata; la successiva rimozione dei puntelli deve essere eseguita a distanza a mezzo di funi.

Il rovesciamento per spinta può essere effettuato con martinetti solo per opere di altezza non superiore a 3 metri, con l'ausilio di puntelli sussidiari contro il ritorno degli elementi smossi.

Deve essere evitato in ogni caso che per lo scuotimento del terreno in seguito alla caduta delle strutture o di grossi blocchi possano derivare danni o lesioni agli edifici vicini o ad opere adiacenti pericolosi ai lavoratori addetti.

Nella zona sottostante la demolizione deve essere vietata la sosta ed il transito, delimitando la zona stessa con appositi sbarramenti.

L'accesso allo sbocco dei canali di scarico per il caricamento ed il trasporto del materiale accumulato deve essere consentito soltanto dopo che sia stato sospeso lo scarico dall'alto.

Nel preventivare l'opera di demolizione e nel descrivere le disposizioni di smontaggio e demolizione delle parti d'opera, l'Appaltatore dovrà sottoscrivere di aver preso visione dello stato di fatto delle opere da eseguire e della natura dei manufatti.

20.1.1 Disposizioni antinfortunistiche

Dovranno essere osservate, in fase esecutiva, le norme riportate nel D.Lgs. n.81/2008 e s.m.i..

20.1.2 Accorgimenti e protezioni

Prima di dare inizio alle demolizioni dovranno essere interrotte tutte le eventuali erogazioni, nonché gli attacchi e gli sbocchi di qualunque genere; dovranno altresì essere vuotati tubi e serbatoi.

La zona dei lavori sarà opportunamente delimitata, i passaggi saranno ben individuati e idoneamente protetti; analoghe protezioni saranno adottate per tutte le zone (interne ed esterne al cantiere) che possano comunque essere interessate da caduta di materiali.

Per l'attacco con taglio ossidrico o elettrico di parti rivestite con pitture al piombo, saranno adottate opportune cautele contro i pericoli di avvelenamento da vapori di piombo a norma dell'art. 8 della Legge 19 luglio 1961, n. 706.

20.1.3 Limiti di demolizione

Le demolizioni, i disfacimenti, le rimozioni dovranno essere limitate alle parti e dimensioni prescritte. Ove per errore o per mancanza di cautele, puntellamenti, ecc., tali interventi venissero estesi a parti non dovute, l'Appaltatore sarà tenuto a proprie spese al ripristino delle stesse, ferma restando ogni responsabilità per eventuali danni.

20.2 SCARIFICA PAVIMENTAZIONI ESISTENTI

Per i tratti di strada già pavimentati sui quali dovrà procedersi a ricarichi o risagomature, l'Appaltatore dovrà dapprima ripulire accuratamente il piano viabile, provvedendo poi alla scarificazione della massicciata esistente adoperando, all'uopo, apposito scarificatore opportunamente trainato e guidato.

La scarificazione sarà spinta fino alla profondità ritenuta necessaria dalla Direzione dei Lavori entro i limiti indicati nel relativo articolo di Elenco, provvedendo poi alla successiva vagliatura e raccolta in cumuli del materiale utilizzabile, su aree di deposito procurate a cura e spese dell'Appaltatore.

20.3 FRESATURA DI STRATI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO

La fresatura della sovrastruttura per la parte legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso dovrà essere effettuato con idonee attrezzature, munite di frese a tamburo, funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Potranno essere eccezionalmente impiegate anche attrezzature tradizionali quali ripper, escavatore, demolitori etc., a discrezione della Direzione Lavori ed a suo insindacabile giudizio.

Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla stessa Direzione.

La superficie del cavo dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza delle nuove stese da porre in opera (questa prescrizione non è valida nel caso di demolizione integrale degli strati bituminosi) .

L'Appaltatore si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione stabiliti dalla Direzione Lavori. Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetti o in eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediatamente comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica. Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio. Lo spessore della fresatura dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parete centrale del cavo. La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali dovrà essere eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti e/o dispositivi aspiranti o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito. Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature. Sia il piano fresato che le pareti dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente puliti, asciutti e uniformemente rivestiti dalla mano di attacco in legante bituminoso.

20.4 SMALTIMENTO

Circa lo smaltimento dei rifiuti si rimanda alle *"Norme in materia ambientale"* definite anche *"Codice dell'Ambiente"* emanate con D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 (modificato ed integrato con D.Lgs. n. 284/2006) ed inoltre, ai sensi dell'art. 264 dello stesso *"Codice"*, fino all'entrata in vigore dei corrispondenti attuativi previsti dalla Parte IV del D.Lgs. n. 152/2006.

20.5 DIRITTI DELL'AMMINISTRAZIONE

Tutti i materiali riutilizzabili, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, devono essere opportunamente scalcinati, puliti, custoditi, trasportati ed ordinati nei luoghi di deposito che verranno indicati dalla Direzione stessa usando cautele per non danneggiarli sia nello scalcinamento, sia nel trasporto, sia nel loro arresto e per evitare la dispersione.

Detti materiali restano tutti di proprietà della stazione appaltante, la quale potrà ordinare all'Impresa di impiegarli in tutto o in parte nei lavori appaltati.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e rimozioni devono sempre essere trasportati dall'Impresa fuori del cantiere nei punti indicati od alle pubbliche discariche.

Art. 21. SCAVI IN GENERE – SCAVI IN SOTTERRANEO – LAVORI DI CONTENIMENTO – SCAVI SPECIALI

21.1 GENERALITÀ

Gli scavi ed i rilevati occorrenti per la configurazione del terreno di impianto, per il raggiungimento del terreno di posa delle fondazioni o delle tubazioni, nonché per la formazione di cunette, passaggi e rampe, cassonetti e simili, opere d'arte in genere, saranno eseguiti secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che potrà dare la Direzione Lavori in sede esecutiva.

Le sezioni degli scavi e dei rilevati dovranno essere rese dall'Appaltatore ai giusti piani prescritti, con scarpate regolari e spianate, cigli ben tracciati e profilati, fossi esattamente sagomati. L'Appaltatore dovrà inoltre procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti (provvedendo, qualora necessario, alle opportune puntellature, sbadacchiature o armature) restando lo stesso, oltre che responsabile di eventuali danni a persone ed opere, anche obbligato alla rimozione delle materie franate.

Per l'effettuazione sia degli scavi che dei rilevati, l'Appaltatore sarà tenuto a curare, a proprie spese, l'estirpamento di piante, cespugli, arbusti e relative radici, e questo tanto sui terreni da scavare, quanto su quelli designati all'impianto dei rilevati; per gli scavi inoltre dovrà immediatamente provvedere ad aprire le cunette ed i fossi occorrenti e comunque evitare che le acque superficiali si riversino nei cavi.

L'Appaltatore dovrà sviluppare i movimenti di materie con mezzi adeguati, meccanici e di mano d'opera, in modo da dare gli stessi possibilmente completi a piena sezione in ciascun tratto iniziato; esso sarà comunque libero di adoperare tutti quei sistemi, materiali, mezzi d'opera ed impianti che riterrà di sua convenienza, purché dalla Direzione riconosciuti rispondenti allo scopo e non pregiudizievoli per il regolare andamento e la buona riuscita dei lavori.

In ogni caso dovrà tener conto delle indicazioni e prescrizioni dello studio geologico e geotecnico di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i. *"Norme Tecniche per le Costruzioni"*, delle prescrizioni di cui alla pianificazione di sicurezza e, per lo smaltimento, delle disposizioni di cui ai decreti precedentemente riportati sull'argomento.

21.1.1 Allontanamento e deposito delle materie di scavo

Le materie provenienti dagli scavi che non fossero utilizzabili, o che a giudizio della Direzione non fossero ritenute idonee per la formazione dei rilevati o per altro impiego nei lavori, dovranno essere portate a rifiuto, alle pubbliche discariche o su aree che l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese, previe le dovute autorizzazioni, evitando in questo caso che le materie depositate possano arrecare danni ai lavori o alle proprietà, provocare frane o ancora ostacolare il libero deflusso delle acque o di mezzi e persone.

Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate in tempo differito per riempimenti o rinterri, esse saranno depositate in aree indicate dalla D.L., ed in ogni caso in luogo tale che non possano riuscire di danno o provocare intralci al traffico.

La Direzione Lavori potrà fare asportare, a spese dell'Appaltatore, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

21.1.2 Determinazione sulle terre

Per le determinazioni relative alla natura delle terre, al loro grado di costipamento ed umidità, l'Appaltatore dovrà provvedere a tutte le prove richieste dalla Direzione Lavori presso i laboratori ufficiali (od altri riconosciuti) ed in sito. Le terre verranno caratterizzate secondo la norma UNI EN ISO 14688-1 (*Indagini e prove geotecniche. Identificazione e classificazione dei terreni. Identificazione e descrizione*) e classificate sulla base della parte 2^a della stessa norma.

21.2 SCAVI DI FONDAZIONE

21.2.1 Generalità

Per scavi di fondazione in generale si intenderanno quelli ricadenti al di sotto del piano orizzontale di cui al precedente punto, chiusi tra pareti verticali o meno, riproducenti il perimetro delle fondazioni; nella pluralità di casi, quindi, si tratterà di scavi incassati ed a sezione ristretta. Saranno comunque considerati come scavi di fondazione quelli eseguiti per dar luogo alle fogne, alle condotte, ai fossi e alle cunette (per la parte ricadente sotto il piano di cassonetto o, più in generale, di splateamento).

21.2.2 Modo di esecuzione

Qualunque fosse la natura e la qualità del terreno interessato, gli scavi di fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che la Direzione Lavori riterrà più opportuna, intendendosi quella di progetto unicamente

indicativa, senza che per questo l'Appaltatore possa muovere eccezioni o far richiesta di particolari compensi.

Gli scavi di fondazione dovranno di norma essere eseguiti a pareti verticali e l'Appaltatore dovrà, occorrendo, sostenerli con convenienti armature e sbadacchiature, restando a suo carico ogni danno a persone e cose provocato da franamenti e simili. Il piano di fondazione sarà reso perfettamente orizzontale, e ove il terreno dovesse risultare in pendenza, sarà sagomato a gradoni con piani in leggera contropendenza.

Gli scavi potranno anche venire eseguiti con pareti a scarpa, o a sezione più larga, ove l'Appaltatore lo ritenesse di sua convenienza. In questo caso però non verrà compensato il maggiore scavo, oltre quello strettamente necessario all'esecuzione dell'opera e l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, al riempimento, con materiale adatto, dei vuoti rimasti intorno alla fondazione dell'opera ed al ripristino, con gli stessi oneri, delle maggiori quantità di pavimentazione divelte, ove lo scavo dovesse interessare strade pavimentate.

Gli scavi delle trincee per dar luogo alle condotte ed ai canali di fogna dovranno, all'occorrenza, garantire sia il traffico tangenziale degli autoveicoli, sia quello di attraversamento, nei punti stabiliti dalla Direzione e per qualsiasi carico viaggiante.

21.2.3 Attraversamenti

Qualora nella esecuzione degli scavi si incontrassero tubazioni o cunicoli di fogna, tubazioni di acqua o di gas, cavi elettrici, telefonici, ecc., o altri ostacoli imprevedibili, per cui si rendesse indispensabile qualche variante al tracciato ed alle livellette di posa, l'Appaltatore ha l'obbligo di darne avviso alla Direzione Lavori che darà le disposizioni del caso.

Particolare cura dovrà comunque porre l'Appaltatore affinché non vengano danneggiate dette opere sottosuolo e di conseguenza egli dovrà, a sua cura e spese, provvedere con sostegni, puntelli e quant'altro necessario, perché le stesse restino nella loro primitiva posizione. Resta comunque stabilito che l'Appaltatore sarà responsabile di ogni e qualsiasi danno che potesse venire dai lavori a dette opere e che sarà di conseguenza obbligato a provvedere alle immediate riparazioni, sollevando l'Amministrazione Appaltante da ogni onere.

21.2.4 Scavi in presenza di acqua

L'Appaltatore dovrà provvedere ad evitare il riversamento nei cavi di acque provenienti dall'esterno, restando a suo carico l'allontanamento o la deviazione delle stesse o, in subordine, la spesa per i necessari aggrottamenti.

Qualora gli scavi venissero eseguiti in terreni permeabili sotto la quota di falda, e quindi in presenza di acqua, ma il livello della stessa naturalmente sorgente nei cavi non dovesse superare i 20 cm, l'Appaltatore sarà tenuto a suo carico a provvedere all'esaurimento di essa, con i mezzi più opportuni e con le dovute cautele per gli eventuali effetti dipendenti e collaterali.

Gli scavi di fondazione che dovessero essere eseguiti oltre la profondità di cm 20 dal livello sopra stabilito, nel caso risultasse impossibile l'apertura di canali fugatori, ma fermo restando l'obbligo dell'Appaltatore per l'esaurimento dell'acqua, saranno considerati come scavi subacquei e, in assenza della voce di Elenco, saranno compensati con apposito sovrapprezzo.

21.2.5 Ture provvisorie

Nella esecuzione degli scavi di fondazione verranno disposte, se ordinato dalla Direzione Lavori, delle ture provvisorie, a contorno e difesa degli scavi stessi ed a completa tenuta d'acqua. Le ture potranno essere

realizzate con pali di abete e doppia parete di tavoloni di abete o di pino riempita di argilla o con palancolate tipo "Larssen" di profilo, peso e lunghezza stabiliti, o con altro idoneo sistema approvato dalla stessa Direzione. Resta inteso comunque che le ture saranno contabilizzate e compensate solo ed in quanto espressamente ordinate.

21.2.6 *Divieti e oneri*

Sarà tassativamente vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire e rimuovere le opere già eseguite, di porre mano alle murature o altro, prima che la Direzione Lavori abbia verificato ed accettato i piani di fondazione. Del pari sarà vietata la posa delle tubazioni prima che la stessa Direzione abbia verificato le caratteristiche del terreno di posa ed abbia dato esplicita autorizzazione.

Il rinterro dei cavi, per il volume non impegnato dalle strutture o dalle canalizzazioni, dovrà sempre intendersi compreso nel prezzo degli stessi scavi, salvo diversa ed esplicita specifica.

21.3 INTERVENTI DI CONTENIMENTO DEGLI SCAVI

Saranno attuati, ove prescritto, allo scopo di consolidare i terreni in corrispondenza di fronti, pareti o superfici di scavo o armare le stesse superfici allo scopo di evitare franamenti prima della posa in opera delle strutture di contenimento definitive.

21.3.1 *Bullonatura*

Struttura idonea a rendere solidali gli strati superficiali a debole stabilità con gli strati più profondi di maggiore resistenza, potrà essere del tipo ad *aderenza continua* o del tipo ad *ancoraggio o puntuale*, realizzandosi la prima con bulloni in acciaio o vetroresina, la seconda con bulloni solo in acciaio.

La bullonatura ad *aderenza continua* sarà realizzata a mezzo di bullone cementato per tutta la sua lunghezza e richiederà le seguenti operazioni:

- esecuzione della perforazione di diametro necessario per la posa dei bulloni, allontanamento del materiale di risulta e lavaggio del foro;
- infilaggio dei bulloni prescritti dal progetto mediante attrezzatura idonea, già predisposti con tubi di iniezione e di sfiato, e messa in opera del tampone di tenuta;
- cementazione di ogni bullone mediante iniezioni di boiacca di cemento opportunamente additivata.

Quando i bulloni fossero posti in opera con inclinazione verso l'alto con angolo maggiore di 30°, saranno muniti di testa di ancoraggio ad espansione sull'estremità a fondo foro.

La bullonatura ad *ancoraggio puntuale* sarà realizzata a mezzo di barra o tirante munita di una fondazione di ancoraggio ad una estremità e di una testa con piastra di contrasto all'altra; richiederà le seguenti operazioni:

- esecuzione della perforazione di diametro necessario per la posa dei bulloni, allontanamento del materiale di risulta e lavaggio del foro;
- infilaggio dei bulloni prescritti mediante attrezzatura idonea (l'ancoraggio potrà essere realizzato con resina in cartucce o con testina ad espansione);
- messa in tensione del bullone mediante dado di bloccaggio, piastra di ripartizione e testa di ancoraggio, con eventuale pressione di pretensione (secondo quanto indicato nel progetto o prescritto dalla Direzione Lavori).

I bulloni in acciaio saranno ad alto limite elastico con le seguenti caratteristiche: carico di snervamento (0,2%) non inferiore a 0,5 kN/mm²; carico di rottura non inferiore a 0,7 kN/mm²; allungamento a rottura

maggiore dell'8%. Di norma avranno diametro di 24 mm e presenteranno risalti in superficie per migliorare l'aderenza.

I bulloni in vetroresina avranno le seguenti caratteristiche minime: contenuto in peso della fibra di vetro 45%; peso specifico $1,7 \text{ g/cm}^3$; resistenza a trazione $0,2 \text{ kN/mm}^2$; modulo di elasticità 15750 N/mm^2 ; resistenza al taglio 80 N/mm^2 .

Art. 22. RILEVATI E RINTERRI – PIANI DI POSA

22.1 GENERALITÀ

Per la formazione dei rilevati e per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti dei cavi e le murature, o da addossare alle murature, e fino alla quota prescritta dalla Direzione Lavori, si impiegheranno in genere e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti sul lavoro, in quanto disponibili e adatti, a giudizio della Direzione.

Quando venissero a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, si provvederanno le materie occorrenti mediante l'apertura di opportune e idonee cave di prestito, nelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza e sempre dietro esplicita autorizzazione della Direzione Lavori. Non saranno autorizzate comunque aperture di cave di prestito fintanto che non siano state esaurite, nei vari tratti di rilevato, tutte le disponibilità di materiali utili provenienti dagli scavi. L'Appaltatore pertanto non potrà pretendere sovrapprezzi (né prezzi diversi da quelli stabiliti in Elenco per la formazione di rilevati con materie provenienti da scavi), qualora, pur nella disponibilità degli stessi, esso ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, o per diverso impiego del materiale di scavo, di ricorrere anche nei suddetti tratti a cave di prestito non previste.

In ogni caso l'apertura di cave è subordinata all'impegno per l'Appaltatore di corrispondere le relative indennità alle ditte proprietarie, di provvedere a proprie spese al deflusso delle eventuali acque di raccolta, di sistemare le relative scarpate, di evitare danni e servitù alle proprietà circostanti (in osservanza anche di quanto è prescritto dall'art. 202 del T.U. delle leggi sanitarie 27 luglio 1934, n. 1265, e dal testo delle norme sulla Bonifica Integrale di cui al R.D. 13 febbraio 1933, n. 215) ed in generale al rispetto delle vigenti disposizioni di legge in materia di polizia mineraria, forestale e stradale. Le cave di prestito scavate lateralmente alla strada, pur con il rispetto delle distanze prescritte, dovranno avere una profondità tale da non pregiudicare la stabilità di alcuna parte dell'opera, o danneggiare opere pubbliche o private.

Il terreno costituente la base sulla quale si dovranno impiantare i rilevati che formeranno il corpo stradale, od opere consimili, indipendentemente da quanto specificato al successivo punto per i rilevati compattati, dovrà essere accuratamente preparato ed espurgato da piante, radici o da qualsiasi altra materia eterogenea e, ove necessario, scoticato per 10 cm. Inoltre la base di detti rilevati, se cadente sulla scarpata di altro rilevato esistente o su terreno a declivio trasversale con pendenza superiore al 15%, dovrà essere preparata a gradoni alti non meno di 30 cm, con il fondo in contropendenza.

La terra da trasportare nei rilevati dovrà essere previamente espurgata e quindi disposta in opera a strati di altezza conveniente e comunque non superiore a 50 cm. Dovrà farsi in modo che durante la costruzione si conservi un tenore d'acqua conveniente, evitando di formare rilevati con terreni la cui densità sia troppo rapidamente variabile col tenore in acqua ed avendo cura di assicurare, durante la costruzione, lo scolo delle acque. Il materiale dei rilevati potrà pertanto essere messo in opera durante i periodi le cui condizioni meteorologiche fossero tali, a giudizio della Direzione, da non pregiudicare la buona riuscita dei lavori.

Negli oneri relativi alla formazione dei rilevati è incluso, oltre quello relativo alla profilatura delle scarpate, delle banchine, dei cigli ed alla costruzione degli arginelli, se previsti, anche quello relativo alla formazione del cassonetto che comunque, nei tratti in rilevato, verrà escluso dalla contabilità degli scavi.

Per il rivestimento delle scarpate si dovranno impiegare terre vegetali ricche di humus, provenienti o dalle operazioni di scoticamento del piano di posa dei rilevati stessi o da cave di prestito, per gli spessori previsti in progetto od ordinati dalla Direzione Lavori, ma mai inferiori al minimo di 20 cm.

Le materie di scavo provenienti da tagli stradali o da qualsiasi altro lavoro, che risultassero esuberanti o non idonee per la formazione dei rilevati o per il riempimento dei cavi, dovranno essere trasportate a rifiuto fuori dalla sede stradale, a debita distanza dai cigli e sistemate convenientemente, restando a carico dell'Appaltatore ogni spesa, ivi compresa ogni indennità per occupazione delle aree di deposito (ove previste e/o autorizzate).

Per tutte le determinazioni, i controlli e le verifiche previste nel presente articolo, all'Appaltatore potrà essere richiesto di approntare un laboratorio di cantiere, con tutte le necessarie attrezzature di prelievo e di prova, le relative spese, sia d'impianto che di gestione, saranno poste a carico dell'Amministrazione. In ogni caso la Direzione dei lavori avrà la facoltà di fare, a cura dell'Appaltatore ed a carico della stessa Amministrazione, presso un Laboratorio autorizzato, tutte le indagini atte a stabilire la caratterizzazione dei terreni ai fini delle loro possibilità e modalità d'impiego. Il controllo dei risultati raggiunti dopo la messa in opera, per le prove in sito, sarà effettuato a cura dell'Appaltatore ed a carico dell'Amministrazione, salvo il caso che tali controlli non siano attinenti ad operazioni di collaudo.

22.2 RILEVATI COSTIPATI MECCANICAMENTE

Ferme restando le prescrizioni di cui al punto precedente, per i rilevati da sottoporre a costipamento meccanico si richiederà una serie di operazioni atte sia ad accertare e migliorare le caratteristiche meccaniche dei terreni di impianto, sia a trattare opportunamente le stesse materie di formazione.

22.2.1 *Formazione dei piani di posa*

I piani di posa di detti rilevati avranno l'estensione dell'intera area di appoggio e potranno essere continui od opportunamente gradonati secondi i profili e le indicazioni che saranno dati dalla Direzione Lavori in relazione alle pendenze dei siti di impianto. I piani saranno di norma stabiliti alla quota di 20 cm al di sotto del piano di campagna, salvo la richiesta di un maggiore approfondimento: raggiunta la quota prescritta, si procederà ai seguenti controlli:

- determinazione del peso specifico apparente del secco (densità del secco) del terreno in sito e di quello massimo determinato in laboratorio con prova di costipamento AASHO modificata;
- determinazione dell'umidità in sito nel caso di presenza di terre tipo ex A₁ - A₂ - A₃ - A₄ - A₅ (terre ghiaiose, sabbiose, limose);
- determinazione dell'altezza massima delle acque sotterranee nel caso di terre limose.

Eseguite le determinazioni sopra specificate si passerà quindi alle seguenti operazioni:

- a) Se il piano di posa del rilevato è costituito da *terre ghiaiose o sabbiose* (ex gruppi A₁ - A₂ - A₃) la relativa preparazione consisterà nella compattazione dello strato sottostante il piano di posa stesso per uno spessore non inferiore a 30 cm, in modo da raggiungere una densità del secco pari almeno al 90% della densità massima AASHO modificata determinata in laboratorio, governando il grado di umidità delle terre fino a raggiungere quello ottimale (prima di eseguire il compattamento).
- b) Se il piano di posa è costituito invece da *terre limose o argillose* (ex gruppi A₄ - A₅ - A₆ - A₇) potrà richiedersi dalla Direzione Lavori la stabilizzazione del terreno in sito, mescolando ad esso altro terreno idoneo, per una altezza che dovrà essere indicata caso per caso e costipando fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco pari al 90% del massimo ottenuto con la prova AASHO modificata, ovvero potrà richiedersi l'approfondimento degli scavi e la sostituzione dei materiali in loco con i materiali per la formazione dei rilevati (ex gruppi A₁ - A₂ - A₃) e per uno spessore tale da garantire una sufficiente ripartizione del carico. Tale ultima determinazione dovrà in ogni caso avvenire in presenza di *terreni torbosi* (gruppo A₈). Per rilevati di altezza inferiore a 50 cm, se il piano di posa è costituito da *terre*

argillose (ex gruppi $A_6 - A_7$) si procederà come in precedenza interponendo però uno strato di sabbia di schermo, di spessore non inferiore a 10 cm, onde evitare rifluimenti.

Nel caso di appoggio di nuovi a vecchi rilevati, per l'ampliamento degli stessi, la preparazione del piano di posa in corrispondenza delle scarpate esistenti sarà fatta procedendo alla formazione di gradoni di altezza non inferiore a 50 cm previa rimozione della cotica erbosa (che potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate in quanto ordinato). Il materiale risultante dallo scavo dei gradoni al di sotto della cotica sarà accantonato, se idoneo, o portato a rifiuto se inutilizzabile.

In ogni caso la Direzione Lavori si riserva di controllare il comportamento globale dei piani di posa dei rilevati mediante la misurazione del modulo di compressione "Me", determinato con piastra da 16 o 30 cm di diametro. Tale valore, misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di scarico e nell'intervallo compreso tra 0,05 e 0,15 N/mm², non dovrà essere inferiore a 15 N/mm².

22.2.2 *Formazione dei rilevati*

I rilevati verranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto e non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale.

Nella formazione dei rilevati saranno innanzi tutto impiegate le materie provenienti dagli scavi ed appartenenti ad uno dei gruppi $A_1 - A_2 - A_3$ della ex classifica CNR-UNI. L'ultimo strato del rilevato, sottostante il piano di cassonetto, dovrà essere costituito, per uno spessore non inferiore a 30 cm costipato (e salvo diversa prescrizione della Direzione Lavori), da terre dei gruppi ex $A_1 - A_{2-4} - A_{2-5} - A_3$ provenienti dagli scavi o da apposite cave di prestito.

Per il materiale proveniente da scavi ed appartenente ai gruppi ex $A_4 - A_5 - A_6 - A_7$ si esaminerà di volta in volta l'opportunità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa idonea correzione e per tratti completi di rilevato.

Il materiale costituente il corpo del rilevato dovrà essere posto in opera a strati successivi, di spessore uniforme (non eccedente i 30 cm), con la pendenza necessaria per lo smaltimento delle acque meteoriche (nel limite del 3% massimo). Ogni strato dovrà essere compattato fino ad ottenere in sito una densità del secco non inferiore al 90% di quella massima determinata in laboratorio con la prova AASHO modificata. Negli ultimi due strati verso la superficie, e comunque per uno spessore complessivo non inferiore a 50 cm, con la compattazione si dovrà raggiungere una densità del secco non inferiore al 95% della densità massima determinata come sopra; inoltre per l'ultimo strato, che costituirà il piano di posa della fondazione stradale, dovrà ottenersi un *modulo di compressione Me*, misurato in condizioni di umidità prossimi a quella di costipamento, al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso fra 0,15 e 0,25 N/mm², non inferiore a 40 N/mm².

Ogni strato sarà compattato alla densità sopra specificata, procedendo alla preventiva essiccazione del materiale se troppo umido oppure al suo inaffiamento se troppo secco, in modo da conseguire una umidità non diversa da quella ottima predeterminata in laboratorio, ma sempre inferiore al limite di ritiro diminuito del 5%. L'Appaltatore dovrà curare la scelta dei mezzi di costipamento nella forma più idonea per il raggiungimento delle densità prescritte, servendosi di norma:

- per i terreni di rilevati riportabili ai gruppi ex $A_1 - A_2 - A_3$ (terre ghiaio-sabbiose) mezzi a carico dinamico-sinusoidale o a carico abbinato statico-dinamico-sinusoidale;
- per i terreni di rilevati riportabili ai gruppi ex $A_4 - A_5 - A_6 - A_7$ (terre limo-argillose): mezzi a rulli e punte e carrelli pigiatori gommati, eccezionalmente vibratorii.

Qualora nel materiale di formazione del rilevato fossero incluse pietre, queste dovranno risultare ben distribuite nell'insieme di ciascuno strato e avere dimensioni non superiori a 10 cm se incluse in quello superficiale (per uno spessore di 2,00 m sotto il piano di posa della fondazione stradale). Resta dunque inteso che la percentuale di pezzatura grossolana compresa tra 7,1 e 30 cm non dovrà superare il 30% del

materiale costituente il rilevato e che tale pezzatura dovrà essere assortita; non sarà assolutamente ammesso materiale con pezzatura superiore a 30 cm.

Il materiale non dovrà essere posto in opera in periodo di gelo o su terreno gelato. Non si potrà comunque sospendere la costruzione di un rilevato, qualunque fosse la causa, senza che lo stesso abbia ricevuto una configurazione tale da assicurare lo scolo delle acque pluviali e senza che nell'ultimo strato sia stata raggiunta la densità prescritta.

Ove ritenuto necessario od opportuno, al fine di incrementare la stabilità del corpo stradale, la Direzione Lavori potrà ordinare la fornitura e posa in opera di teli "geotessili", da stendersi in strisce contigue sovrapposte nei bordi per almeno 40 cm; in tali casi la resistenza a trazione dei teli non dovrà essere inferiore a 15 kN/m.

22.3 RILEVATI E RINTERRI ADDOSSATI A MURATURE – RINTERRI DI CAVI

Per i rilevati ed i rinterri da addossare alle murature, per il riempimento dei cavi per le condotte in genere e per le fognature, si impiegheranno di norma le materie provenienti dagli scavi purché di natura ghiaiosa, sabbiosa o sabbioso-limosa. Resta assolutamente vietato l'impiego di materie argillose ed in genere di tutte quelle che, con assorbimento di acqua, rammolliscono e gonfiano generando spinte e deformazioni.

I riempimenti dovranno essere eseguiti a strati orizzontali di limitato spessore, umidificati ove necessario, e ben costipati onde evitare eventuali cedimenti o sfiancamenti nelle murature. In ogni caso sarà vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

Sarà obbligo dell'Appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati ed ai rinterri, durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento delle terre e questo affinché, all'epoca del collaudo, gli stessi abbiano esattamente le dimensioni di progetto. Tutte le riparazioni e ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata o imperfetta osservanza del presente punto, ed anche dei punti che precedono, saranno a completo carico dell'Appaltatore.

Le tubazioni dovranno essere alloggiate su un letto di sabbia di spessore minimo 20 cm con rinfilo in calcestruzzo per l'immorsamento della tubazione. Nei tratti con transito di mezzi pesanti si dovrà prevedere bauletto protettivo contro lo schiacciamento della tubazione qualora questa presenti un ricoprimento inferiore a 70 cm.

Le dorsali idriche, qualora fossero attraversate da dorsali fognarie, dovranno essere dotate di controtubo; il piano di posa delle tubazioni idriche dovrà essere generalmente più elevato delle reti di scarico.

Nel rinterro di linee elettriche, condutture del gas, telefoniche, ecc, dovrà essere posto a 50 cm dalla tubazione idonea fettuccia di segnalazione.

22.4 PIANI DI POSA IN TRINCEA

Anche nei tratti in trincea, dopo effettuato lo scavo del cassonetto, si dovrà provvedere alla preparazione del piano di posa della sovrastruttura stradale; tale preparazione verrà eseguita, a seconda della natura del terreno, in base alle seguenti lavorazioni:

- Se il piano di posa è costituito da *terre ghiaiose e sabbiose* (ex gruppi A₁ - A₂ - A₃) la relativa preparazione consisterà nella compattazione dello strato sottostante il piano di posa stesso, per uno spessore di 30 cm al di sotto del piano di cassonetto, in modo da raggiungere una densità del secco pari almeno al 95% della densità massima AASHO modificata determinata in laboratorio, governando il grado di umidità della terra fino a raggiungere quello ottimale (prima di eseguire il compattamento).
- Se il piano di posa è costituito invece da *terre limose o argillose* (ex gruppi A₄ - A₅ - A₆ - A₇) potrà richiedersi dalla Direzione Lavori la stabilizzazione del terreno in sito, mescolando ad esso altro terreno idoneo, per una altezza che dovrà essere indicata caso per caso, e costipando fino ad ottenere una densità del secco non inferiore al 95% del massimo ottenuto con la prova AASHO modificata, ovvero

potrà richiedersi l'approfondimento degli scavi e la sostituzione dei materiali in loco con i materiali per la formazione dei rilevati (ex gruppi $A_1 - A_2 - A_3$) e per uno spessore tale da garantire una sufficiente ripartizione del carico. Tale ultima determinazione dovrà in ogni caso avvenire in presenza di *terreni torbosi* (ex gruppo A_8).

Il comportamento globale dei cassonetti in trincea sarà comunque controllato dalla Direzione Lavori mediante la misurazione del *modulo di compressione* Me il cui valore, misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 0,15 e 0,25 N/mm², non dovrà essere inferiore a 40 N/mm².

Art. 23. MALTE – QUALITÀ E COMPOSIZIONE

23.1 GENERALITÀ

La manipolazione delle malte dovrà essere eseguita, se possibile, con macchine impastatrici oppure sopra un'area pavimentata; le malte dovranno risultare come una pasta omogenea, di tinta uniforme. I vari componenti, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati a peso o a volume. La calce spenta in pasta dovrà essere accuratamente rimescolata in modo che la sua misurazione, a mezzo di cassa parallelepipedica, riesca semplice e di sicura esattezza.

Gli impasti dovranno essere preparati solamente nella quantità necessaria per l'impiego immediato e, per quanto possibile, in prossimità del lavoro. I residui di impasto che non avessero per qualsiasi ragione immediato impiego, dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli formati con calce comune che dovranno essere utilizzati il giorno stesso della loro manipolazione. I componenti delle malte cementizie e idrauliche saranno mescolati a secco.

La Direzione si riserva la facoltà di poter variare le proporzioni dei vari componenti delle malte, in rapporto ai quantitativi stabiliti alla tabella che segue; in questo caso saranno addebitate o accreditate all'Appaltatore unicamente le differenze di peso o di volume dei materiali per i quali sarà stato variato il dosaggio, con i relativi prezzi di Elenco.

La Direzione Lavori potrà altresì ordinare, se necessario, che le malte siano passate allo staccio; tale operazione sarà comunque effettuata per le malte da impiegare nelle murature in mattoni o in pietra da taglio, per lo strato di finitura degli intonaci e per le malte fini e le colle.

UNI EN 998-1 - Specifica per malte per opere murarie. Malte per intonaci interni ed esterni.

UNI EN 998-2 - Idem. Malte per murature.

UNI EN 1015 - Metodi di prova per malte per opere murarie (2-7-9-10-11-12-18-19-21).

UNI EN 943-3 - Additivi per calcestruzzi, malte e malte per iniezione. Additivi per malte per opere murarie.

P.3 – Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura.

23.2 COMPOSIZIONE DELLE MALTE

23.2.1 Malte comuni, idrauliche, cementizie, pozzolaniche – Malte bastarde

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione delle malte in argomento dovranno corrispondere, salvo diversa specifica, alle proporzioni riportate in Tab. 63.

Le malte da muratura dovranno garantire prestazioni adeguate al loro impiego, in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche, e dovranno essere

TAB. 62 - Classe di malte (d = dichiarata dal produttore e > 20 N/mm²)

| Classe | M 2,5 | M 5 | M 10 | M 15 | M 20 | Md |
|---|-------|-----|------|------|------|-----|
| Resistenza a compressione N/mm ² | 2,5 | 5 | 10 | 15 | 20 | d |

dotate di attestato di conformità all'annesso ZA della norma europea UNI EN 998-2 (Marcatura CE). Dette

prestazioni meccaniche sono definite mediante la resistenza media a compressione delle malte, secondo la Tab. 62 superiormente riportata. Non è ammesso l'impiego di malte con resistenza media inferiore a 1 N/mm^2 .

TAB. 63 - Composizione delle malte comuni, pozzolaniche e bastarde (riferite a 1 m^3 di inerte)

| Tipo di MALTA | QUALITÀ E IMPIEGHI (*materiali vagliati) | Riferimento | Calce spenta in pasta | Calce idraulica in polvere | Pozzolana | Cemento 325 | Polvere di marmo | Sabbia |
|---------------------------|---|-------------|-----------------------|----------------------------|------------------|--|------------------|------------------|
| | | N. | (m^3) | (kg) | (m^3) | (kg) | (m^3) | (m^3) |
| Malta comune | Magra per murature | 1 | 0,33 | | | | | 1,00 |
| | Grassa per murature | 2 | 0,40 | | | | | 1,00 |
| | Per opere di rifinitura | 3 | 0,50 | | | | | 1,00* |
| | Per intonaci | 4 | 0,66 | | | | | 1,00* |
| Malta idraulica | Magra per murature | 5 | | 300 | | | | 1,00 |
| | Grassa per murature | 6 | | 400 | | | | 1,00 |
| | Per opere di rifinitura | 7 | | 450 | | | | 1,00* |
| | Per intonaci | 8 | | 550 | | | | 1,00* |
| Malta cementizia | Magra per murature | 9 | | | | 300 | | 1,00 |
| | Grassa per murature | 10 | | | | 400 | | 1,00 |
| | Per opere di rifinitura | 11 | | | | 500 | | 1,00* |
| | Per intonaci | 12 | | | | 600 | | 1,00* |
| Malta pozzolanica | Grossa | 13 | 0,20 | | 1,00 | Per murature a sacco Per murature ordinarie Per murature in laterizi Per intonaci | | |
| | Mezzana | 14 | 0,24 | | 1,00 | | | |
| | Fina | 15 | 0,33 | | 1,00 | | | |
| | Colla di malta fina | 16 | 0,48 | | 1,00 | | | |
| Malta bastarda cementizia | Media comune | 17 | 0,30 | | | 100 | | 1,00 |
| | Energica comune | 18 | 0,30 | | | 150 | | 1,00 |
| | Media idraulica | 19 | | 300 | | 100 | | 1,00 |
| | Energica idraulica | 20 | | 200 | | 200 | | 1,00 |
| Malta per stucchi | Normale | 21 | 0,50 | | | | 1,00 | |
| | Colla di stucco | 22 | 1,00 | | | | 1,00 | |

Art. 24. CALCESTRUZZI E CONGLOMERATI

24.1 GENERALITÀ

Le caratteristiche dei materiali da impiegare per la confezione dei calcestruzzi e dei conglomerati (cementizi o speciali) ed i rapporti di miscela dovranno corrispondere alle prescrizioni del presente Capitolato, alle voci dell'Elenco Prezzi per i vari tipi di impasto ed a quanto verrà, di volta in volta, ordinato dalla Direzione Lavori.

24.2 CALCESTRUZZI DI MALTA

24.2.1 Calcestruzzo ordinario

Sarà composto da $0,45 \text{ m}^3$ di malta idraulica o bastarda e da $0,90 \text{ m}^3$ di ghiaia o pietrisco. Il calcestruzzo sarà confezionato preparando separatamente i due componenti e procedendo successivamente al mescolamento previo lavaggio o bagnatura degli inerti.

24.3 CONGLOMERATI CEMENTIZI (CALCESTRUZZI) NORMALI E PESANTI

24.3.1 Generalità

I conglomerati da adoperarsi per opere di qualsiasi genere, sia in fondazione che in elevazione, dovranno essere confezionati secondo le prescrizioni di progetto e le disposizioni impartite dal Direttore dei Lavori. In

particolare i conglomerati destinati a opere strutturali dovranno essere confezionati secondo le norme tecniche emanate con D.M. 17 gennaio 2018 e s.m.i. che richiama anche la norma UNI EN 13670-1. In linea generale comunque, per i conglomerati cementizi, dovrà essere rispettata la seguente normativa di base:

- UNI EN 206-1 - Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- UNI 11104 - Idem. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.

L'impiego dei conglomerati, a norma delle citate norme tecniche, sarà in ogni caso preceduto da uno studio preliminare, con relative prove di qualificazione, sia sui materiali da impiegare che sulla composizione degli impasti, e ciò allo scopo di determinare, con sufficiente anticipo e mediante certificazione di laboratorio, la migliore formulazione atta a garantire i requisiti richiesti dal contratto. Questo anche con riferimento alla durabilità per la quale si richiamano le norme UNI 11417 - Durabilità delle opere di calcestruzzo e degli elementi prefabbricati in calcestruzzo.

24.3.2 Leganti

Per i conglomerati oggetto delle presenti norme dovranno impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni vigenti in materia. Si richiamano peraltro, specificatamente, le disposizioni di cui alle "Norme Tecniche" nonché quelle riportate al punto 3.3. del presente Capitolato.

FIG. 15 - Fuso granulometrico per dimensione massima degli inerti di 15 mm (D 15)

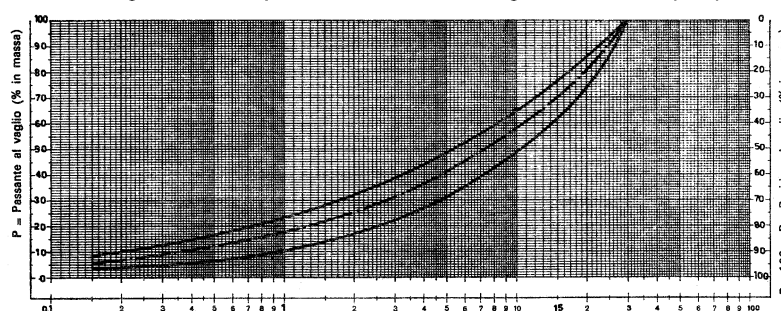
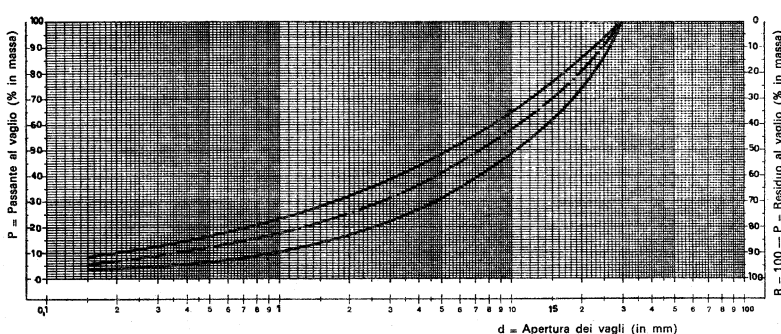


FIG. 16 - Fuso granulometrico per dimensione massima degli inerti di 30 mm (D 30)



24.3.3 Inerti – Granulometria e miscele

Oltre a quanto stabilito al punto 11.1.9.2 delle superiori norme tecniche, gli inerti dovranno corrispondere ai requisiti riportati al punto 2.3. del presente Capitolato. Le caratteristiche e la granulometria dovranno essere preventivamente studiate, in rapporto alla dimensione massima prescritta per gli inerti, e sottoposte all'approvazione della Direzione dei lavori.

Le miscele degli inerti, fini e grossi, in percentuale adeguata, dovranno dar luogo ad una composizione granulometrica costante, che permetta di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, pompabilità) che in quello indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, fluage, ecc.). La curva granulometrica dovrà essere tale da ottenere la massima compattezza del calcestruzzo compatibilmente con gli altri requisiti richiesti (Fuller, Bolomey, ecc.).

La dimensione massima dei grani dell'inerte dovrà essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto tenendo conto della lavorabilità, dell'armatura metallica e relativo copriferro, della carpenteria, delle modalità di getto e dei mezzi d'opera. In particolare:

- non dovrà superare 1/4 della dimensione minima delle strutture;
- nei conglomerati armati dovrà essere minore della distanza tra le barre d'armatura meno 5 mm (a meno che non si adotti il raggruppamento delle armature);
- non dovrà superare 1,3 volte lo spessore del copri ferro.

L'idoneità dell'inerte sarà verificata su prelievi rappresentativi della fornitura. Con riferimento alla normativa UNI 8520, saranno accertati: il tenore di impurità organiche (UNI EN 1744-1); il materiale passante allo

staccio 0,075, che dovrà essere non superiore allo 0,3% in massa per l'aggregato fine (5% per materiale di frantoio) e allo 0,5% per l'aggregato grosso (1% per materiale di frantoio); il coefficiente di forma, che non dovrà essere inferiore a 0,15.

Con lo stesso riferimento normativo, gli inerti dovranno essere di categoria A UNI 8520-2 per conglomerati con resistenza caratteristica non inferiore a 30 MPa (30 N/mm²); potranno essere di categoria B UNI 8520-2 per conglomerati con resistenza fino a 30 MPa e di categoria C UNI 8520-2 per conglomerati con resistenza non superiore a 15 MPa. L'aggregato in frazione unica potrà essere utilizzato solo nel calcestruzzo di classe di resistenza \leq C 12/15.

Qualora gli inerti fossero suscettibili di attacco da parte degli alcali (Na₂O e K₂O), essi verranno sostituiti. In alternativa saranno seguite le prescrizioni di cui alla UNI 8520/22.

24.3.4 *Acqua*

L'acqua da adoperarsi per gli impasti dovrà avere le caratteristiche riportate al punto 2.1. del presente Capitolato.

24.3.5 *Cloruri*

Il contenuto di ioni cloro (Cl) nel calcestruzzo non dovrà superare il valore dell'1% in massa del cemento per calcestruzzo normale, dello 0,4% per calcestruzzo armato e dello 0,2% per calcestruzzo armato precompresso (classi rispettive: Cl 1,0; Cl 0,4; Cl 0,2)

24.3.6 *Additivi*

Gli additivi eventualmente impiegati devono essere conformi alle norme e prescrizioni riportate al punto 3.4 del presente Capitolato. La quantità degli stessi non dovrà superare la misura di 50 g/kg di cemento né dovrà essere minore di 2 g/kg di cemento nella miscela (salvo preventiva dispersione nell'acqua di impasto). La quantità di additivo liquido che superi la misura di 3 l/m³ di calcestruzzo dovrà essere considerata nel calcolo del rapporto acqua/cemento (a/c). Dovranno in ogni caso tenersi in considerazione le istruzioni di impiego fornite dal produttore.

Nel cemento armato normale o precompresso, e comunque nei conglomerati inglobanti inserti metallici, è fatto divieto di impiegare cloruro di calcio o additivi a base di cloruri.

24.3.7 *Aggiunte*

Allo scopo di ottenere particolari proprietà del calcestruzzo, potranno venir prese in considerazione od ordinate aggiunte di materiale inorganico che potrà essere di tipo inerte (tipo I) o di tipo pozzolanico o ad attività idraulica latente (tipo II). Tra le aggiunte di tipo I saranno considerati idonei i filler conformi alla UNI EN 12620 ed i pigmenti conformi alla UNI EN 12878; tra quelle di tipo II, le ceneri volanti conformi alla UNI EN 450 ed i fumi di silice conformi alla UNI EN 13263. Per l'utilizzo delle aggiunte si richiamano comunque i punti 5.2.5 della UNI EN 206-1 e 4.2 della UNI 11104.

24.3.8 *Composizione del conglomerato*

La composizione del conglomerato cementizio, in funzione delle proprietà richieste al prodotto sia in fase di getto che a indurimento avvenuto, sarà determinata attraverso opportuno "mix-design" che potrà essere di tipo semplice o complesso a seconda della quantità dei requisiti da conferire alla miscela.

24.3.9 Impasto del conglomerato

L'impasto del conglomerato dovrà essere effettuato con impianti di betonaggio forniti di dispositivi di dosaggio e contatori tali da garantire un accurato controllo della quantità dei componenti. Questi (cemento, inerti, acqua, additivi ed eventuali aggiunte) dovranno essere misurati a peso; per l'acqua, gli additivi e le aggiunte sarà ammessa anche la misurazione a volume. I dispositivi di misura dovranno essere collaudati periodicamente, secondo le richieste della Direzione Lavori che, se necessario, potrà servirsi dell'Ufficio abilitato alla relativa certificazione.

Il quantitativo di acqua di impasto dovrà essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti. Tale quantitativo determinerà la consistenza del conglomerato (v. Tab. 80) che al momento del getto dovrà essere di norma di classe S3 o F3 (classe di spandimento). In ogni caso il rapporto acqua-cemento (a/c) non dovrà superare il valore di 0,75 per i conglomerati di classe di resistenza più bassa (C 8/10) ed il valore di $0,35 \div 0,40$ per quelli di classe più alta (da oltre C 50/60), fermo restando che in questi ultimi casi dovrà comunque essere garantita la lavorabilità anche con l'impiego di opportuni additivi.

24.3.10 Conglomerati a prestazione garantita

Saranno caratterizzati da *requisiti di base* e da eventuali *requisiti aggiuntivi*, con notazioni di cui al punto 6.2.3 della UNI EN 206-1. Per i requisiti di base l'Appaltatore dovrà garantire: la conformità alla norma citata; la classe di resistenza a compressione, la classe di esposizione; la dimensione massima nominale dell'aggregato; la classe di contenuto in cloruri. Inoltre per il calcestruzzo leggero e per quello pesante, rispettivamente: la classe di massima volumica ed il valore di riferimento.

TAB. 65 - Classi di resistenza a compressione per calcestruzzo normale e pesante (UNI EN 206-1 – UNI 11104) (238)

| CLASSE DI RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|---------|
| molto bassa | | bassa | | | media | | | | | molto alta | | | |
| C 8/10 | C 12/15 | C 16/20 | C 20/25 | C 25/30 | C 28/35 | C 32/40 | C 35/45 | C 40/50 | C 45/55 | C 50/60 | C 55/67 | C 60/75 | C 70/85 |
| NOTA: Nella superiore classificazione il primo numero indica la resistenza caratteristica cilindrica minima f_{ck} , cyl (MPa) e il secondo la resistenza caratteristica cubica minima f_{ck} , cube (MPa) | | | | | | | | | | | | | |

Per i requisiti aggiuntivi potranno essere richiesti (e l'Appaltatore dovrà garantirli): tipi o classi speciali di cemento; tipi o classi speciali di aggregato; caratteristiche di resistenza al gelo-disgelo (es. il contenuto d'aria); temperatura dell'impasto fresco alla consegna; modo di sviluppo della consistenza (v. prosp. 12 della UNI EN 206-1); sviluppo del calore in idratazione; presa ritardata; resistenza alla penetrazione dell'acqua, all'abrasione e alla trazione indiretta ed altri requisiti.

24.3.11 Conglomerati a composizione

Anche tali conglomerati saranno caratterizzati da *requisiti di base* e da eventuali *requisiti aggiuntivi*. Per i requisiti di base l'Appaltatore dovrà garantire: la conformità alla UNI EN 206-1; il dosaggio di cemento; il tipo e la classe di resistenza del cemento; il rapporto acqua/cemento o la consistenza espressa come classe; il tipo, le categorie ed il contenuto massimo di cloruri nell'aggregato (nel caso del calcestruzzo leggero oppure pesante, anche la massa volumica massima o rispettivamente minima dell'aggregato); la dimensione massima nominale dell'aggregato; il tipo e la quantità di additivo o di aggiunte, se impiegati, e la relativa provenienza. Per i requisiti aggiuntivi si rimanda al punto precedente.

24.3.12 Conglomerato a composizione normalizzata

Da utilizzarsi unicamente per conglomerati con classi di resistenza a compressione di progetto $\leq C 16/20$, dovrà rispondere alla specifica di cui al punto 6.4 della UNI EN 206-1.

24.3.13 Requisiti di durabilità

Qualora per particolari condizioni climatiche ed ambientali o per condizioni di esercizio particolarmente gravose in rapporto ai tipi di esposizione classificati in Tab. 66 si rendesse necessario garantire anche la durabilità del conglomerato, questo dovrà soddisfare, oltre ai requisiti riportati in Tab. 69, anche i seguenti⁽²⁴⁰⁾:

- La resistenza ai cicli di gelo/disgelo, determinata secondo UNI 7087, dovrà essere tale che dopo 300 cicli le caratteristiche del conglomerato soddisfino i seguenti requisiti: variazione del modulo di elasticità dinamico, in riduzione, minore del 20%; espansione lineare minore dello 0,2%; perdita di massa minore del 2%.
- Il coefficiente di permeabilità "k" non dovrà essere superiore a 10–9 cm/s prima delle prove di gelività ed a 10–8 cm/s dopo dette prove.
- Il fattore di durabilità, come definito dalla UNI 7087, dovrà essere elevato.

TAB. 66 - Classi di esposizione riferite alle condizioni dell'ambiente. Esempi informativi

| CLASSE | AMBIENTE | ESEMPI INFORMATIVI |
|---|---------------------------------|--|
| Assenza di rischio di corrosione o attacco | | |
| X0 | Ambiente molto asciutto | Calcestruz. non armato: tutte le esposizioni tranne gelo o attacco chimico. Interno di edifici asciutti |
| Corrosione indotta da carbonatazione | | |
| XC1 | Asciutto o sempre bagnato | Interno di edifici con umidità molto bassa. Calcestruzzo armato con superfici all'interno o immerse. Strutture di contenim. liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato immerso in acqua o terreno normale. Calcestruzzo armato in esterni, con superfici esterne riparate da pioggia o in interni. Calcestruzzo armato in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto e umido. Calc. a vista. |
| XC2 | Bagnato. Di rado asciutto | |
| XC3 | Umidità moderata | |
| XC4 | Ciclicam. asciutto o bagnato. | |
| Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare | | |
| XD1 | Umidità moderata | Calcestruzzo armato in ponti e viadotti esposti a spruzzi di acqua contenenti cloruri. Calcestruzzo armato per strutture immerse in acqua contenente cloruri (piscine). Elementi strutturali soggetti ad agenti disgelanti anche da spruzzi. Parti di ponti. Parcheggi auto. |
| XD2 | Bagnato, di rado asciutto | |
| XD3 | Ciclicamente asciutto o bagnato | |
| Corrosione indotta da acqua di mare | | |
| XS1 | Esposto a salsedine di mare | Calcestruzzo armato in strutture sulle coste o in prossimità. Strutture marine completamente immerse in acqua. Elementi strutturali esposti alla battigia, agli spruzzi di acqua marina ed alle onde. |
| XS2 | Permanentemente sommerso | |
| XS3 | Esposto a spruzzi o a marea | |
| Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza disgelanti | | |
| XF1 | Moderata saturazione d'acqua | In assenza di agente disgelante: superfici di calc., verticali e non, esposte a pioggia, acqua e gelo. Elementi come parti di ponte esposti agli agenti disgelanti. In assenza di agente disgelante: superfici orizzontali di edifici bagnabili e soggette a gelo. Pavimentazioni di strade esposte a bagnato, al gelo e all'azione degli agenti disgelanti. |
| XF2 | Idem con agente disgelante | |
| XF3 | Elevata saturaz. d'acqua | |
| XF4 | Idem con agente disgelante | |
| Attacco chimico | | |
| XA1, XA2, XA3 | Industriale | Strutture in posti debolmente, moderatamente o fortemente aggressivi: acque reflue, terreni, fumi, ecc. |

In ambienti particolarmente aggressivi, in presenza di salsedine marina, atmosfere industriali, ecc. sarà altresì posta particolare cura perché oltre alle indicazioni espresse nella Tab. 69 vengano osservate anche le seguenti prescrizioni:

² ⁽²⁴⁰⁾ Attesa l'onerosità di determinati controlli, anche in termini di tempo, nella pratica ordinaria e salvo opere di particolare importanza, il controllo della durabilità potrà essere più semplicemente basato sulla misura della resistenza a compressione. Il criterio trae la sua *ratio* dalla correlazione tra impermeabilità – rapporto a/c – e resistenza meccanica (v. in particolare la Tab.

| Controllo di tipo A | Controllo di tipo B |
|-------------------------|---------------------------|
| $R_1 \geq R_{ck} - 3,5$ | |
| $R_m \geq R_{ck} + 3,5$ | $R_m \geq R_{ck} + 1,48s$ |
| (N° prelievi 3) | (N° prelievi ≥ 5) |

- L'acqua degli impasti dovrà essere assolutamente limpida, dolce ed esente da solfati e cloruri anche in piccola percentuale.
- Gli inerti dovranno essere opportunamente lavati con acqua dolce ed avere granulometria continua.
- In ambiente umido o marino soggetto a gelo il volume minimo di aria inglobata sarà del 3÷4% per aggregati con diametro massimo di 32 mm, del 4÷5% per aggregati con Dmax di 16 mm e del 5÷6% per aggregati con Dmax di 8 mm.
- In ambiente marino o chimicamente aggressivo, soggetto a gelo, dovrà impiegarsi cemento resistente ai solfati (riferimenti e prove UNI 9156 e 10595) qualora il contenuto degli ioni solfato sia maggiore di 500 mg/l (per impiego con acqua nel terreno) e di 3000 mg/kg (per impiego nel terreno secco). Per i metodi di prova si farà riferimento alla ISO 4316 per il pH, alla ISO 7150-1 per gli ioni ammonio, alla ISO 7980 per gli ioni magnesio e alla EN 196-2 per gli ioni solfato.

TAB. 67 - Agenti aggressivi. Gradi di attacco (v. Prosp. 2 UNI EN 206-1)

| AGENTE | GRADI DI ATTACCO | | |
|---|------------------|------------|------------|
| | debole | moderato | forte |
| Acqua nel terreno | | | |
| pH | 6,5 - 5,5 | 5,5 - 4,5 | 4,5 - 4,0 |
| CO ₂ aggressiva (mg CO ₂ /l) | 15-40 | 40-100 | > 100 |
| ioni ammonio (mg NH ₄ /l) | 15-30 | 30-60 | 60-100 |
| ioni magnesio (mg MG ²⁺ /l) | 300-1000 | 1000-3000 | > 3000 |
| ioni solfato (mg SO ₄ ²⁻ /l) | 200-600 | 600-3000 | 3000-6000 |
| Terreno secco | XA1 | XA2 | XA3 |
| ioni solfato (mg SO ₄ ²⁻ /kg di terreno seccato all'aria) | 2000-3000 | 3000-12000 | > 12000 |

TAB. 68 - Tipi di attacco e gradi di rischio

| Umidità relativa U _R del calcestruzzo | Reazione di carbonatazione | Corrosione dell'acciaio nel calcestruzzo | | Cicli di gelo e disgelo | Attacco chimico |
|---|----------------------------|--|---|-------------------------|-----------------|
| | | ● | ■ | | |
| molto bassa < 45% | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| bassa 45%-65% | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| media 65%-85% | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 |
| alta 85%-98% | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| satura | 0 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 0 = rischio trascurabile 1 = rischio modesto; 2 = rischio medio 3 = rischio alto ● = calcestruzzo carbonatato ■ = calcestruzzo con cloruri | | | | | |

TAB. 69 - Durabilità. Valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo in rapporto alle classi di esposizione

| REQUISITI | ATTACCHI | Classi di esposizione | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|--|--|--------|--------|--------|--|--------|--------|------------------------------------|-------|---|----------------------------------|-------|-------|--|---|-----|-----|
| | | Nessun rischio di corrosione dell'armatura | Corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione | | | | Corrosione delle armature indotta da cloruri | | | | | | Attacco da cicli di gelo/disgelo | | | | Ambiente aggressivo per attacco chimico | | |
| | | | | | | | Acqua di mare | | | Cloruri provenienti da altre fonti | | | | | | | | | |
| | | | X0 | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XS1 | XS2 | XS3 | XD1 | XD2 | XD3 | XF1 | XF2 | XF3 | XF4 | XA1 | XA2 |
| Massimo rapporto <i>a/c</i> | | 0,60 | | 0,55 | 0,50 | 0,50 | 0,45 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,50 | 0,50 | | 0,45 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | | |
| Minima classe di resistenza | C12/15 | C25/30 | | C28/35 | C35/40 | C35/40 | C35/45 | C28/35 | C32/40 | C35/45 | 32/40 | 25/30 | | 28/35 | 28/35 | 32/40 | 35/45 | | |
| Minimo contenuto in cemento (kg/m³) | | 300 | | 320 | 340 | 340 | 360 | 320 | 340 | 360 | 320 | 340 | | 360 | 320 | 340 | 360 | | |
| Contenuto minimo in aria (%) | | | | | | | | | | | | 3,0 | | | | | | | |
| Altri requisiti | | | | | | | | | | | | Aggregati conformi alla UNI EN 12620 di adeguata resistenza al gelo/disgelo | | | | È richiesto l'impiego di cementi resistenti ai solfati | | | |

24.3.14 Prelievo dei campioni – Controlli di accettazione

Per le opere soggette alla disciplina del D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i., il Direttore dei Lavori farà prelevare nel luogo di impiego, dagli impasti destinati alla esecuzione delle varie strutture, la quantità di conglomerato necessario per la confezione di n. 2 provini (prelievo) conformemente alla prescrizione riportata nello stesso

decreto e con le modalità indicate dalla UNI EN 12390-1. Le domande di prova, da indirizzarsi ad un laboratorio ufficiale ex art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, saranno sottoscritte dallo stesso Direttore Lavori.

Per costruzioni ed opere con getti non superiori a 1500 m³, ogni controllo di accettazione (tipo A) sarà rappresentato da n. 3 prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di miscela omogenea. Per ogni giorno di getto sarà effettuato almeno un prelievo (con deroga per le costruzioni con meno di 100 m³, fermo restando l'obbligo di almeno tre prelievi).

Per costruzioni ed opere con getti superiori a 1500 m³ di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B), eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m³ di conglomerato. Per ogni giorno di getto di miscela omogenea sarà effettuato almeno un prelievo e complessivamente almeno n. 15 prelievi sui 1500 m³.

L'ordine dei prelievi sarà quello risultante dalla data di confezione dei provini, corrispondenti alla rigorosa successione dei relativi getti. Per ogni prelievo sarà redatto apposito verbale, riportante le seguenti indicazioni: località e denominazione del cantiere, numero e sigla del prelievo, composizione del calcestruzzo; data e ora del prelevamento, provenienza del prelevamento, posizione in opera del calcestruzzo.

24.3.15 Preparazione e stagionatura dei provini

Per la preparazione e stagionatura dei provini, per le prove di resistenza, vale quanto indicato dalla norma UNI EN 12390-2.

24.3.16 Prove e controlli vari

Il conglomerato fresco sarà frequentemente controllato come consistenza, resa volumetrica, contenuto d'aria e, se richiesto, come composizione e rapporto acqua/cemento.

La *prova di consistenza* si identificherà normalmente nella misura dell'abbassamento al cono di Abrams. Tale prova, da eseguirsi su conglomerati con inerti di categoria D 32,5 secondo UNI EN 12350-2, sarà considerata significativa per abbassamenti compresi tra 2 e 20 cm; per conglomerati ad elevata lavorabilità (es. con additivi superfluidificanti) sarà preferibile la determinazione mediante la misura dello spandimento alla tavola a scosse, secondo UNI EN 12350-5. È ammesso anche l'impiego dell'apparecchio Vébé secondo UNI EN 12350-3.

La *prova di omogeneità* sarà prescritta in modo particolare quando il trasporto del conglomerato venga effettuato tramite autobetoniera. Le prove del dosaggio del cemento e dell'acqua e di resa volumetrica dell'impasto verranno eseguite con le modalità di cui alla UNI EN 12350-6. La *prova del contenuto d'aria* sarà richiesta ove venga impiegato un additivo aerante; nel caso sarà eseguita con le modalità di cui alla UNI EN 12350-7. La *prova di resistenza a compressione*, infine, sarà effettuata con le modalità di cui alla UNI EN 12390-3.

24.3.17 Trasporto del conglomerato

Se confezionato fuori opera il trasporto del conglomerato a piè d'opera dovrà essere effettuato con mezzi idonei atti ad evitare la separazione dei singoli elementi costituenti l'impasto. Il tempo intercorso tra l'inizio delle operazioni d'impasto ed il termine dello scarico in opera non dovrà comunque causare un aumento di consistenza superiore di 5 cm alla prova del cono.

TAB. 70 - Consistenza del conglomerato rapportata agli abbassamenti del cono di Abrams

| Classe di consistenza del conglomerato | Abbassamento del cono (SLUMP) | Denominazione corrente |
|--|-------------------------------|------------------------|
| S 1 | 10 ÷ 40 mm | Umida |
| S 2 | 50 ÷ 90 " | Plastica |
| S 3 | 100 ÷ 150 " | Semifluida |
| S 4 | 160 ÷ 200 " | Fluida |
| S 5 | ≥ 210 " | Superfluida |

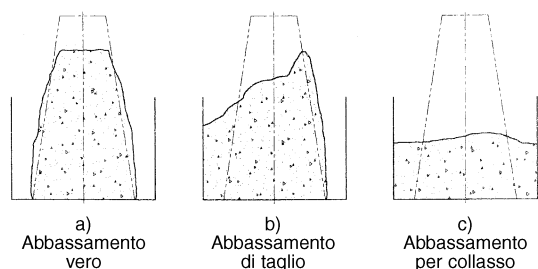
Sarà assolutamente vietato aggiungere acqua agli impasti dopo lo scarico della betoniera; eventuali correzioni, se ammesse, della lavorabilità dovranno quindi essere effettuate prima dello scarico e con l'ulteriore mescolamento in betoniera non inferiore a 30 giri.

TABB. 71 e 72 - Classi di consistenza: Indici di compattabilità e spandimento (UNI EN 12350-4-5)

| Classe | Indice di compattabilità |
|--------|--------------------------|
| C0 | $\geq 1,46$ |
| C1 | da 1,45 a 1,26 |
| C2 | da 1,25 a 1,11 |
| C3 | da 1,10 a 1,04 |

| Classe | Indice di compattabilità |
|--------|--------------------------|
| F1 | ≤ 340 (mm) |
| F2 | da 350 a 410 " |
| F3 | da 420 a 480 " |
| F4 | da 490 a 550 " |
| F5 | da 560 a 620 " |
| F6 | ≥ 630 " |

FIG. 17 - Forme di abbassamento del cono (UNI EN 12350-2)



24.4 CALCESTRUZZO PRECONFEZIONATO

Dovrà corrispondere alle prescrizioni di Elenco ed in ogni caso ai requisiti, prescrizioni e notazioni di cui alle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104 precedentemente riportate per alcuni contenuti caratterizzanti. Il sistema di gestione della qualità del prodotto dovrà essere certificato da un organismo terzo.

L'Appaltatore resta l'unico responsabile nei confronti della Stazione Appaltante per l'impiego del conglomerato cementizio preconfezionato nelle opere oggetto dell'appalto e si obbliga a rispettare ed a far rispettare scrupolosamente tutte le norme regolamentari e di legge stabilite sia per i materiali (inerti, leganti, ecc.) sia per il confezionamento e trasporto in opera dal luogo di produzione.

Resta comunque stabilito che i prelievi per le prove di accettazione dovranno essere eseguiti nei cantieri di utilizzazione, all'atto del getto.

Art. 25. MURATURA DI GETTO IN CONGLOMERATO – CONGLOMERATO A VISTA

25.1 MURATURA DI GETTO

Il conglomerato da impiegarsi per qualsiasi lavoro di fondazione o di elevazione sarà messo in opera appena confezionato e disposto a strati orizzontali, dell'altezza di $20 \div 30$ cm su tutta l'estensione della parte di opera che si esegue ad un tempo, ben battuto e costipato e, se prescritto, anche vibrato, per modo che non restino vuoti tanto nella massa, quanto nello spazio di contenimento.

Quando il conglomerato dovesse essere collocato in opera entro cavi molto incassati o a pozzo, dovrà venire versato nello scavo mediante secchi a ribaltamento o altra idonea attrezzatura. Per impieghi sott'acqua, si dovranno usare tramogge, casse apribili o altri mezzi, accettati dalla Direzione Lavori, onde evitare il dilavamento del conglomerato nel passaggio attraverso l'acqua.

Il calcestruzzo sarà posto in opera ed assestato con ogni cura in modo che le superfici dei getti, dopo la sformatura, risultino perfettamente piane, senza gibbosità, incavi, sbavature o irregolarità di sorta, tali comunque da non richiedere intonaci, spianamenti, abbozzi o rinzaffi. Le casseforme saranno pertanto preferibilmente metalliche o, se di legno, di ottima fattura.

Le riprese del getto saranno effettuate previo lavaggio della superficie del getto precedente con impiego di malta liquida dosata a 600 kg di cemento. Durante la stagionatura si avrà cura di evitare rapidi prosciugamenti nonché di proteggere i getti da sollecitazioni e sbalzi di temperatura.

L'Appaltatore avrà l'obbligo e l'onere di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto in tempo utile dalla Direzione Lavori circa fori, tracce, cavità, incassature, ecc. nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc. per sedi di tubazioni, cavi, per attacchi di parapetti, mensole, segnalazioni, barriere, nonché per fornelli da mina, ancoraggi diversi, impianti e quant'altro necessario. In difetto, lo stesso dovrà affrontare a proprie spese tutti i tagli, le demolizioni, ecc. ordinati, ed i relativi ripristini, restando in ogni caso responsabile degli eventuali danni che da tale negligenza potessero derivare.

25.2 CONGLOMERATO A VISTA

25.2.1 Generalità

Le finiture in conglomerato a vista possono essere raggruppate in due grandi categorie:

- a) *Dirette*, ottenute togliendo semplicemente la cassaforma dalla superficie del calcestruzzo.
- b) *Indirette*, ottenute come prima, ma con successive ulteriori lavorazioni.

In entrambi i casi le finiture potranno essere piane, profilate o a rilievo. Con riguardo al grado di qualità, le finiture di calcestruzzo saranno poi suddivise nelle seguenti classi:

- A. *Alta qualità*, ove le superfici presenteranno assoluta uniformità di colore e di grana, senza ulteriore necessità di rappezzi ed aggiustamenti.
- B. *Media qualità*, ove le superfici richiederanno la stessa uniformità di aspetto, ma permetteranno aggiustamenti successivi.
- C. *Bassa qualità*, ove non sarà richiesta uniformità di aspetto e saranno possibili aggiustamenti successivi.

Salvo diversa disposizione, le superfici a vista dovranno essere almeno di "media qualità" e presentarsi compatte, prive di nidi di ghiaia o di sabbia, pori, fessure, screpolature, irruvidimenti, stacchi di pellicola cementizia nonché esenti da danni dovuti a gelo, surriscaldamento, perdite di acqua, alghe, funghi, macchie da olio o da ruggine e corrosioni.

25.2.2 Contenuto in cemento

I contenuti massimi e minimi in cemento, per impasti che diano luogo a conglomerato di ottimo aspetto, dovranno essere compresi nei limiti stabiliti dalla seguente tabella:

25.2.3 Rapporto acqua-cemento

Dovrà essere non superiore a 0,55 per normali condizioni ambientali e dovrà scendere fino a 0,45 per ambienti particolarmente esposti ad atmosfere marine, industriali o corrosive in genere nonché a gelo.

TAB. 78 - Conglomerati cementizi a faccia vista. Contenuti ottimali in cemento (Blake)

| Categoria di inerti (mm) | Contenuto in cemento kg/m³ | Rapporto approssimato inerti / cemento | Consistenza |
|--------------------------|----------------------------|--|-------------|
| D 40 | 420 ÷ 330 | 4/1 ÷ 6/1 | S2 ÷ S3 |
| D 20 | 480 ÷ 370 | 3,5/1 ÷ 5/1 | S2 |
| D 10 | 540 ÷ 420 | 3/1 ÷ 4/1 | S1 |

25.2.4 Cemento e aggregati

Il cemento adoperato per gli impasti dovrà essere ottenuto, per assicurare uniformità di colore da un'unica lavorazione o meglio, se possibile dalla produzione di un unico giorno. Per finiture colorate dovranno essere usati cementi colorati, essendo vietato aggiungere pigmenti nell'impasto.

Gli aggregati dovranno essere privi di qualsiasi impurità, specie di pirite e, se prescritto, lavati; dovranno avere inoltre colore uniforme per tutta la durata del getto e pertanto dovranno essere approvvigionati sempre alla stessa fonte.

La granulometria potrà essere continua o discontinua in rapporto agli effetti da ottenere. Sarà indicata pertanto dalla Direzione Lavori e sarà sperimentata su pannelli preliminari di prova eseguiti a cura e spese dell'Appaltatore nel numero e nelle dimensioni prescritte.

25.2.5 *Disarmanti*

Saranno costituiti da oli puri con aggiunta di attivanti superficiali (surfactant) per ridurre la tensione superficiale o da emulsioni cremose di acqua in olio con aggiunta di attivanti. Il disarmante dovrà essere steso con uniformità a mezzo di rulli, spazzole o preferibilmente a spruzzo mediante idonea pistola.

Ad applicazione avvenuta la superficie della casseforma dovrà essere protetta dagli agenti atmosferici, dalla polvere e da qualsiasi altra forma di inquinamento.

25.2.6 *Getto – Maturazione – Disarmo*

Il criterio della massima uniformità dovrà sempre essere posto a costante riferimento per tutte le operazioni in argomento. Il getto dovrà essere effettuato a ritmo costante superiore a 2,00 m in verticale, all'ora. Le riprese saranno effettuate previa spazzolatura o sabbiatura del getto precedente, evitando le malte e le boiacche di saldatura.

Gli accorgimenti per favorire una giusta maturazione dovranno essere gli stessi per ogni giorno di lavoro e per ogni elemento della struttura. Particolare cura sarà rivolta agli accorgimenti di protezione e ciò sia con riguardo alle azioni meccaniche, sia con riguardo alle variazioni delle condizioni ambientali termometriche e di ventilazione.

Il disarmo dovrà avvenire con le massime cautele e, se ordinato, anche in due tempi (stacco e rimozione delle casseforme).

25.2.7 *Errore di planarità*

Per le superfici a finitura piana, l'errore di planarità, misurato con regolo di 2,00 metri, comunque posto sulla superficie da controllare, dovrà essere non superiore a 8 mm per la qualità "A", a 12 mm per la "B" ed a 16 mm per la "C".

25.2.8 *Giunti*

Dovranno essere eseguiti con la massima cura onde evitare mancanze di allineamento, tolleranze eccessive, sbrodolamenti con conseguenti impoverimenti di malta e scolorimenti, scarso costipamento in corrispondenza degli spigoli. Ove possibile i giunti saranno evidenziati con apposite scanalature ricavate inserendo nella cassaforma delle strisce di sigillatura in poliuretano o altro idoneo materiale, opportunamente sagomate.

Quando fosse necessario un giunto di testa piano si dovranno impiegare degli angolari di acciaio intorno al perimetro del pannello il che, oltre a fornire uno spigolo vivo, irrigidirà anche il pannello e migliorerà l'allineamento. Provvedimenti analoghi saranno adottati anche nella esecuzione dei giunti terminali.

Tra due getti successivi, e per superfici piane, la differenza di altezza tra i due piani di superficie non dovrà essere superiore a 2 mm per la qualità "A", a 4 mm per la "B" ed a 6 mm per la "C". Specifiche particolari saranno comunque fissate in progetto o prescritte dalla Direzione Lavori.

Art. 26. OPERE IN CEMENTO ARMATO NORMALE

26.1 GENERALITÀ

Nella esecuzione delle opere in cemento armato normale l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente a quanto stabilito dal D.M. 17 gennaio 20108 e s.m.i., decreto con il quale sono state emanate le nuove "*Norme Tecniche per le Costruzioni*", già più semplicemente citate come "*Norme Tecniche*", e ad altre norme che potranno essere emanate successivamente in virtù del disposto dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086.

L'Appaltatore dovrà scrupolosamente attenersi alle "Regole per l'esecuzione" di cui è dotato il documento progettuale secondo quanto indicato nelle citate "*Norme Tecniche*". In ogni caso potrà fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670-1

26.2 CLASSI DI QUALITÀ DEL CONGLOMERATO

La classe del conglomerato sarà individuata dalla sua resistenza caratteristica a compressione R_{ck} determinata a 28 giorni di stagionatura; sarà siglata con la lettera "C" seguita da due numeri separati da barratura dei quali il primo rappresenta la resistenza cilindrica ed il secondo quella cubica (v. Tab. 65).

Per le strutture in cemento armato non sarà ammesso l'impiego di conglomerato con resistenza caratteristica $R_{ck} < 15 \text{ N/mm}^2$. Per le classi di resistenza bassa ($15 < R_{ck} \leq 30$) e media ($30 < R_{ck} \leq 55$) la resistenza caratteristica R_{ck} sarà controllata durante la costruzione con le modalità riportate al punto 20.3.16. del presente Capitolato.

26.3 POSA IN OPERA DEL CONGLOMERATO

26.3.1 Controllo e pulizia dei casseri

Prima che venga effettuato il getto di conglomerato, dovranno controllarsi il perfetto posizionamento dei casseri, le condizioni di stabilità, nonché la pulizia delle pareti interne; per i pilastri, in particolar modo, dovrà curarsi l'assoluta pulizia del fondo.

26.3.2 Trasporto del conglomerato

Per il trasporto del conglomerato si richiama quanto in precedenza prescritto al punto 20.2.17. Qualora il trasporto avvenga con betoniere sarà opportuno, all'atto dello scarico, controllare l'omogeneità dell'impasto; ove dovesse constatarsi una consistenza sensibilmente superiore a quella richiesta, la stessa potrà essere portata al valore prescritto mediante l'aggiunta di acqua e/o di additivi super fluidificanti, con ulteriore mescolamento in betoniera, purché il valore massimo del rapporto acqua/cemento non venga in questo modo superato.

Tale aggiunta non potrà comunque essere fatta se la perdita di lavorabilità, dall'impianto al luogo dello scarico, dovesse superare i 5 cm alla prova del cono. In questo caso il conglomerato sarà respinto.

26.3.3 Getto del conglomerato

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. Il conglomerato sarà posto in opera per strati, disposti normalmente agli sforzi dai quali la struttura in esecuzione verrà sollecitata; tali strati saranno di limitato spessore.

Il getto sarà convenientemente pigiato o, se prescritto, vibrato; la pigiatura dovrà essere effettuata con la massima cura, normalmente agli stessi strati, e sarà proseguita fino alla eliminazione di ogni zona di vuoto e fino alla comparsa, in superficie del getto, di un velo di acqua.

26.3.4 *Ripresa del getto*

Affinché il getto sia considerato monolitico, il tempo intercorso tra la posa in opera di uno strato orizzontale ed il ricoprimento con lo strato successivo non dovrà superare il numero di ore che la tabella riportata a fianco indica in funzione della temperatura ambiente.

Nel caso che l'interruzione superi il tempo suddetto e non sia stato impiegato un additivo ritardante, si dovrà stendere sulla superficie di ripresa uno strato di malta cementizia dosato a 600 kg di cemento, dello spessore di 1÷2 cm.

TAB. 79 - Conglomerato cementizio armato. Tempo massimo per interruzione del getto in rapporto alla temperatura ambiente

| Temperatura (°C) | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tempo (h) | 6,00 | 4,30 | 3,75 | 3,00 | 2,30 | 2,15 | 2,00 |

Per riprese eccedenti il doppio dei tempi segnati nella precedente tabella si dovrà lavare la superficie di ripresa con acqua e sabbia in pressione ovvero, ove si richiedano anche caratteristiche di impermeabilità, si dovrà ricorrere all'impiego di malte speciali brevettate.

26.3.5 *Vibrazione del conglomerato*

La vibrazione del conglomerato entro le casseforme sarà eseguita se o quando prescritta e comunque quando debbano impiegarsi impasti con basso rapporto acqua-cemento o con elevata resistenza caratteristica. La vibrazione dovrà essere eseguita secondo le prescrizioni e con le modalità concordate con la Direzione.

I vibratorii potranno essere interni (per vibratorii a lamina o ad ago), ovvero esterni, da applicarsi alla superficie libera del getto o alle casseforme. Di norma comunque la vibrazione di quest'ultima sarà vietata; ove però fosse necessaria, le stesse dovranno convenientemente rinforzarsi curando altresì che il vibratore sia rigidamente fissato.

La vibrazione superficiale verrà di regola applicata alle solette di piccolo e medio spessore (max. 20 cm). La vibrazione interna verrà eseguita immergendo verticalmente il vibratore in punti distanti tra loro 40 ÷ 80 cm (in rapporto al raggio di azione del vibratore), ad una profondità non superiore a 40 cm (interessando comunque la parte superficiale del getto precedente per circa 10 cm) e ritirando lo stesso lentamente a vibrazione ultimata in modo da non lasciare fori o impronte nel conglomerato.

La vibrazione dovrà essere proseguita con uniformità fino ad interessare tutta la massa del getto; sarà sospesa all'apparizione, in superficie, di un lieve strato di malta liquida. Qualora la vibrazione producesse nel conglomerato la separazione dei componenti, lo "slump" dello stesso dovrà essere convenientemente ridotto.

26.3.6 *Temperatura del conglomerato*

La temperatura del conglomerato, in fase di confezione e di getto, dovrà il più possibile avvicinarsi al valore ottimale di 15,5 °C. Ove pertanto la temperatura ambiente o degli aggregati risultasse diversa da tale valore, verranno prese le precauzioni di cui ai punti che seguono.

26.3.7 Getto nella stagione fredda

Nei periodi invernali si dovrà particolarmente curare che non si formino blocchi di inerti agglomerati con ghiaccio, né che avvengano formazioni di ghiaccio sulle superfici interessate dal getto né sulle armature o nelle casseforme. A tale scopo si dovranno predisporre opportune protezioni che potranno comprendere anche il riscaldamento degli inerti e l'impiego di riscaldatori a vapore prima dell'inizio del getto.

La temperatura dell'impasto, all'atto della posa in opera, non dovrà in nessun caso essere inferiore a 13 °C per getti di spessore minore di 20 cm e di 10 °C negli altri casi. Nel caso si ricorra al riscaldamento dell'acqua d'impasto, dovrà evitarsi che la stessa venga a contatto diretto con il cemento qualora la sua temperatura fosse superiore a 40 °C; per temperature superiori si adotterà la precauzione di immettere nella betoniera dapprima la sola acqua con gli inerti e di aggiungere poi il cemento quando la temperatura della miscela sarà scesa sotto i 40 °C.

Nei periodi freddi, e comunque su prescrizione della Direzione Lavori, sarà consigliabile l'uso di acceleranti invernali (antigelo) ed eventualmente di additivi aeranti in modo da ottenere un inglobamento di aria del 3 ÷ 5%. Dovrà curarsi in ogni caso che la temperatura del getto non scenda al disotto di 5 °C per non meno di giorni 4 nelle strutture sottili e per non meno di 3 giorni nelle strutture di medio e grosso spessore.

Nessuna ulteriore protezione sarà necessaria quando la resistenza a compressione del conglomerato abbia raggiunto il valore di 5 N/mm².

26.3.8 Getto nella stagione calda

Durante la stagione calda dovrà curarsi che la temperatura dell'impasto non superi i 30 °C. Bisognerà a questo scopo impedire l'eccessivo riscaldamento degli aggregati, sia proteggendo opportunamente i depositi, sia mantenendo continuamente umidi gli inerti. Qualora la temperatura dell'impasto non potesse venire mantenuta sotto i 30 °C, i getti dovranno essere sospesi a meno che non venga aggiunto agli impasti un efficace additivo plastificante-ritardante.

Durante la stagione calda verrà eseguito un controllo più frequente della consistenza; la stagionatura inoltre dovrà essere effettuata in ambiente tenuto continuamente umido e protetto dal soprariscaldamento.

26.3.9 Protezione e inumidimento – Stagionatura

Il conglomerato appena gettato dovrà essere sufficientemente protetto dalla pioggia, dal sole, dalla neve e da qualsiasi azione meccanica, per non meno di una settimana. Per lo stesso periodo dovrà essere mantenuto umido a meno che non si impedisca all'acqua di impasto di evaporare proteggendo le superfici mediante fogli di plastica o con speciali pellicole antievaporanti (prodotti di curing, v. UNI 8656) date a spruzzo.

In ogni caso la stagionatura non dovrà avere durata, in giorni, inferiore ai valori riportati nella Tab. 80.

TAB. 80 - Tempo di stagionatura. Durata minima in giorni per diversi tipi di esposizione

| | RAPIDO | | | MEDIO | | | LENTO | | |
|--|---------------------|----|----|--|----|----|------------|----|----|
| SVILUPPO RESISTENZA CALCESTRUZZO | a/c<0,5 Cem. 42,5 R | | | a/c 0,5÷0,6 Cem. 42,5 R a/c<0,5 Cem. 32,5 R | | | altri casi | | |
| Temperatura calcestruzzo > °C | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 |
| Condizioni ambientali durante stagionatura | | | | | | | | | |
| Ombra, umidità ≥ 80% | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| Insolazione o vento medi, umidità ≥ 50% | 4 | 3 | 2 | 6 | 4 | 3 | 8 | 5 | 4 |
| Insolazione o vento forti, umidità < 50% | 4 | 3 | 2 | 8 | 6 | 5 | 10 | 8 | 5 |

26.3.10 Protezione dalla fessurazione

In fase di indurimento, il conglomerato dovrà essere protetto dai danneggiamenti causati dalle tensioni interne ed esterne causate dal calore endogeno. Pertanto, onde evitarsi fessurazioni superficiali, la differenza di temperatura tra il centro e la superficie del getto non dovrà superare, in condizioni normali, il valore di 20 °C.

26.3.11 Maturazione a vapore

Nel caso venisse autorizzata o prescritta la maturazione a vapore del conglomerato, dovranno essere rispettate le seguenti modalità:

- la temperatura del calcestruzzo durante le prime 3 h dall'impasto non dovrà superare 30 °C, né 40 °C dopo le prime 4 h;
- il gradiente di temperatura non dovrà superare 20 °C/h;
- la temperatura massima del calcestruzzo non dovrà, in media superare 60 °C;
- il calcestruzzo dovrà essere lasciato raffreddare con un gradiente di temperatura non maggiore di 10 °C/h;
- durante il raffreddamento e la stagionatura occorrerà ridurre al minimo la perdita di umidità per evaporazione.

26.4 DISARMO DEI GETTI DI CONGLOMERATO

26.4.1 Generalità

Il disarmo dovrà avvenire per gradi, in modo da evitare azioni dinamiche e non prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo; l'autorizzazione verrà data in ogni caso dalla Direzione Lavori. Il disarmo delle superfici laterali dei getti dovrà avvenire quando il conglomerato avrà raggiunto una resistenza non inferiore a 0,20 Rck e comunque superiore a 5 N/mm².

Subito dopo il disarmo si dovrà provvedere all'occlusione di eventuali fori con malta antiritiro nonché alla regolarizzazione delle superfici con malta cementizia dosata a 600 kg di cemento. Si dovrà provvedere quindi alle operazioni di bagnatura delle superfici, così come prescritto al precedente punto 22.3.9.; ove tale operazione desse luogo ad efflorescenze superficiali, la bagnatura sarà sostituita con l'impiego di pellicole protettive antievaporanti.

26.4.2 Tempi minimi di disarmo

In assenza di specifici accertamenti della resistenza del conglomerato ed in normali condizioni esecutive ed ambientali di getto e di maturazione, dovranno essere osservati i tempi minimi di disarmo di cui alla seguente tabella.

Durante la stagione fredda il tempo per lo scassamento delle strutture dovrà essere convenientemente protratto onde tener conto del maggior periodo occorrente al raggiungimento delle resistenze necessarie.

TAB. 81 - Getti di conglomerato cementizio armato. Tempi minimi di disarmo

| TIPI DI ARMATURA | Cemento normale | Cemento ad alta resistenza |
|---|-----------------|----------------------------|
| Sponde dei casseri di travi e pilastri | 3 gg | 2gg |
| Armature di solette di luce modesta | 10 gg | 4 gg |
| Puntelli e centine di travi, archie volte, ecc. | 24 gg | 12 gg |
| Strutture a sbalzo | 28 gg | 14 gg |

26.5 GETTI IN AMBIENTI AGGRESSIVI

Per le opere in cemento armato da realizzare in prossimità dei litorali marini o in ambienti particolarmente aggressivi, si osserveranno le ulteriori seguenti prescrizioni:

La distanza minima dell'armatura dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 2 cm per le solette e di 4 cm per le travi ed i pilastri; ove venissero prescritti copriferri maggiori, saranno presi idonei provvedimenti atti ad evitare il distacco (reti, ecc.).

Il conglomerato dovrà avere classe non inferiore a C25/30, sarà confezionato con cemento pozzolanico, verrà gettato in casseforme metalliche e sarà vibrato.

26.6 ACCIAI PER CONGLOMERATI NORMALI

Gli acciai per conglomerati armati normali dovranno rispondere, con riguardo alle sezioni di calcolo, alle resistenze ed alle modalità di fornitura, di lavorazione e di posa in opera, alle "Norme Tecniche" richiamate nelle "Generalità" nonché, per le specifiche caratteristiche di accettazione e le modalità di prova, alle prescrizioni riportate al punto 4.2 del presente Capitolato.

26.6.1 Regole specifiche

Per quanto riguarda la calibratura dell'armatura longitudinale e delle staffe, i limiti di dimensionamento specifico, la disposizione e diffusione delle staffe, l'armatura a taglio e torsione, i particolari per zona sismica, le strutture bidimensionali, ecc., si fa rinvio a quanto al riguardo prescritto al punto 5.1.6. delle superiori norme.

26.6.2 Ancoraggio delle barre

Le armature longitudinali non possono essere interrotte ovvero sovrapposte all'interno di un nodo strutturale (incrocio travi-pilastri). Tali operazioni potranno invece essere effettuate nelle zone di minore sollecitazione, lungo l'asse della trave.

Le giunzioni delle barre in zona tesa, quando non fossero evitabili, si dovranno realizzare nelle zone di minore sollecitazione; in ogni caso dovranno essere opportunamente sfalsate. Il progetto o il Direttore dei lavori prescriverà il tipo di giunzione più adatto che potrà effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra;
- saldatura, da eseguirsi in conformità alle relative norme in vigore;
- manicotto filettato o presso-estruso, da validarsi preventivamente mediante prove sperimentali.

26.6.3 Piegatura delle barre

Le barre dovranno essere piegate con un raccordo circolare di raggio non inferiore a sei volte il diametro. Per le barre di acciaio inossidabile sono vietate le piegature a caldo.

26.6.4 Copriferro e interferro

La superficie dell'armatura resistente dovrà distare dalle facce esterne del conglomerato di almeno 3 cm nel caso di solette, setti e pareti, e di almeno 3 cm nel caso di travi e pilastri. Tali misure dovranno essere aumentate, nel caso di ambienti aggressivi, così come disposto al punto 22.5. del presente Capitolato.

Le superfici delle barre dovranno essere mutualmente distanti in ogni direzione di almeno un diametro e, in ogni caso, di non meno 2 cm. Per le barre di sezione non circolare si dovrà considerare il diametro del cerchio circoscritto.

26.6.5 *Armature nei pilastri*

Le barre di armatura parallele all'asse dei pilastri dovranno avere diametro non inferiore a 12 mm. Nelle sezioni a spigolo vivo vi sarà la presenza di una barra per ogni spigolo; in quelle ad andamento continuo, tale presenza sarà ad interdistanze non superiori a 300 mm. Le armature trasversali (staffe) dovranno essere poste ad interasse non maggiore di 10 volte il diametro minimo delle barre longitudinali, con un massimo di 250 mm. Il diametro minimo delle staffe sarà di 6 mm e comunque non inferiore ad 1/3 del diametro massimo delle barre longitudinali.

Art. 27. CASSEFORME, ARMATURE E CENTINATURE

Per l'esecuzione di tali opere provvisoriale, sia del tipo fisso che scorrevole, l'Appaltatore potrà adottare tutti i sistemi che ritiene più idonei o di propria convenienza (salvo diversa prescrizione), purché soddisfino alle migliori condizioni di stabilità e di sicurezza, anche nei riguardi del disarmo.

Nella progettazione ed esecuzione di armature e centinature l'Appaltatore è tenuto ad osservare le norme ed i vincoli che fossero imposti da Organi competenti, con particolare riguardo agli ingombri negli alvei ed alle sagome libere nei sovra e sottopassaggi.

Le casseforme e le relative armature di sostegno dovranno essere sufficientemente rigide per resistere, senza apprezzabili deformazioni, al peso della costruzione, ai carichi accidentali di lavoro ed alla vibrazione o battitura del conglomerato; si richiama peraltro quanto già prescritto nel presente Capitolato.

Le superfici interne delle casseforme dovranno presentarsi lisce, pulite e senza incrostazioni di sorta; il potere assorbente delle stesse dovrà essere uniforme e non superiore a 1 g/m²h (misurato sotto battente d'acqua di 12 mm), salvo diversa prescrizione. Sarà ammesso l'uso di disarmanti; questi però non dovranno macchiare o danneggiare le superfici del conglomerato. La relativa applicazione sarà effettuata così come specificato nel presente capitolato.

I giunti nelle casseforme saranno eseguiti in modo da evitare sbrodolamenti, non soltanto tra i singoli elementi che costituiscono i pannelli, ma anche attraverso le giunzioni verticali ed orizzontali dei pannelli stessi. Nei casseri dei pilastri si lascerà uno sportello al piede per consentire la pulizia alla base che assicuri un'efficace ripresa e continuità del getto.

Quando la portata delle membrature principali oltrepassasse i 6 m verranno disposti opportuni apparecchi di disarmo. Dovrà curarsi, in ogni caso, che i cedimenti elastici, in ogni punto della struttura, avvengano con simultaneità.

Casseforme speciali, lisce internamente (per finitura liscia) e calandrate dovranno essere utilizzate per il getto di elementi speciali previsti in progetto, secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

Art. 28. OPERE DA CARPENTIERE

Tutti i legnami da impiegarsi in opere permanenti da carpentiere (grosse armature, impalcati, ecc.) dovranno essere lavorati con la massima cura e precisione ed in conformità alle prescrizioni date dalla Direzione Lavori.

Le giunzioni dei legnami dovranno avere la forma e le dimensioni indicate ed essere nette e precise in modo da ottenere un perfetto combaciamento dei pezzi che dovranno essere uniti. Non sarà tollerato alcun taglio in falso, né zeppe o cunei, né alcun altro mezzo di guarnitura o ripieno.

Le diverse parti componenti un'opera in legname dovranno essere fra loro collegate solidamente mediante caviglie, chiodi, squadre, staffe, fasciature o altro, in conformità alle prescrizioni che saranno date; nelle facce di giunzione, qualora non diversamente disposto, verranno interposte delle lamine di piombo dello

spessore di 1 mm. Dovendosi impiegare chiodi per il collegamento dei legnami, sarà vietato farne l'applicazione senza averne apparecchiato prima il conveniente foro.

I legnami prima della loro posa in opera e prima della spalmatura di catrame o di carboliteo, secondo quanto verrà disposto, e prima della coloritura, dovranno essere congiunti in prova nei cantieri, per essere esaminati ed accettati provvisoriamente.

Tutte le parti dei legnami destinate ad essere incassate nelle murature dovranno, prima della posa in opera, essere convenientemente sottoposte a trattamenti di protezione; in opera saranno tenute, almeno lateralmente e posteriormente, isolate dalle murature in modo da permetterne l'aerazione.

Art. 29. OPERE DA CEMENTISTA

In corrispondenza dell'area "belvedere" (area pattinaggio) è previsto una pedana rialzata a geometria curvilinea, costituita da tre 3 gradini di 15 cm ciascuno realizzata in opera con calcestruzzo armato come da elaborati esecutivi (spigoli addolciti con opportuni profili cassero) e rifinita SIA sulle superfici verticali che orizzontali, con un rivestimento continuo e omogeneo composto da una miscela bilanciata di resine acriliche in dispersione acquosa e cariche selezionate di colore bianco e comunque a scelta della Direzione Lavori. Tale rivestimento riveste le superfici proteggendole dal deterioramento e rendendole antiscivolo e resistenti all'eventuale contatto con olii o carburanti. Il rivestimento dovrà avere un'ottima resistenza alla abrasione garantendo lunga durabilità alle superfici anche se soggette ad uso frequente.

Il rivestimento dovrà resistere a tutte le condizioni climatiche, all'aggressione dello smog e dei raggi solari, conferendo al supporto una protezione durevole nel tempo.

Le casseforme verticali dovranno essere calandrate e del tipo faccia vista.

Art. 30. PROFILI SPECIALI

Elementi speciali per la realizzazione degli smussi in corrispondenza degli angoli dei getti in calcestruzzo, realizzati con idonei profili in PVC rigido grigio in larghezze diverse 10-15-20-30 mm in lunghezza standard 2 ml. Elementi resistenti e facile da posare.

Art. 31. FORMAZIONE DI TERRE RINFORZATE CON GEOTESSILI, GEOGRIGLIE, GEOMEMBRANE E/O CON RINFORZI METALLICI IN STRISCE O BARRE (TERRE ARMATE)

L'esecuzione di terre rinforzate dovrà effettuarsi con materiale proveniente da cave di prestito o con materiale di risulta degli scavi identificabile nella classificazione CNR-UNI 10006 come materiale di gruppo A3, A2-4, A2-5. In alternativa ai materiali naturali sopra citati, potrà essere previsto l'impiego di materiali riciclati purché, ove non espressamente previsto in progetto, l'impiego sia autorizzato dalla Direzione Lavori e dalla Stazione Appaltante. L'uso di tali materiali è consentito previo trattamento in appositi impianti di riciclaggio autorizzati secondo la normativa. Il compattamento dei rilevati in terra armata dovrà avvenire per strati non superiori a 25-30 cm fino a raggiungere la densità non minore del 95% di quella massima ottenuta dalla prova PROCTOR AASHO modificata. I pannelli di rete elettrosaldata con funzione di cassero per la sagomatura dei paramenti inclinati del tomo e della relativa chiusura con geogriglia, dovranno avere diametro 8 mm e maglia 15 x 15 cm zincata a caldo con una quantità minima di zinco non inferiore a 300g/mq. La geogriglia dovrà avere le seguenti caratteristiche: - Geogriglie monorientate in HDPE di resistenza non inferiore a 45 KN/m e la sovrapposizione dei teli non dovrà mai essere inferiore a 20 cm. Per ogni fornitura fino a 5000 mq (e comunque almeno 1 volta per forniture inferiori a 5000 mq) dovranno eseguirsi le seguenti prove: - Prova di resistenza a trazione longitudinale e trasversale (KN/m) - Prova di

resistenza a trazione longitudinale e trasversale (KN/m) al 2% di allungamento - Prova di resistenza a trazione longitudinale e trasversale (KN/m) al 5% di allungamento. La DL controllerà la provenienza dei materiali impiegati che dovranno essere forniti da ditte operanti con sistema di qualità certificato e durante la stesura del rilevato in terra rinforzata la DL provvederà anche a controllare che le caratteristiche dei materiali utilizzati rispettino i parametri imposti dal progettista dell'opera. I materiali dovranno essere forniti corredati di etichette riportanti una dettagliata descrizione del prodotto in modo da permettere un controllo sulla qualità e sulla provenienza degli stessi oltre alla marcatura CE ed all'essere certificate da istituto accreditato.

Art. 32. OPERE, STRUTTURE E MANUFATTI IN ACCIAIO O ALTRI METALLI

32.1 GENERALITÀ

32.1.1 Accettazione dei materiali

Tutti i materiali in acciaio o in metallo in genere, destinati all'esecuzione di opere e manufatti, dovranno rispondere alle norme del presente Capitolato, alle prescrizioni di Elenco od alle disposizioni che più in particolare potrà impartire la Direzione Lavori.

L'Appaltatore sarà tenuto a dare tempestivo avviso dell'arrivo in officina dei materiali approvvigionati di modo che, prima che ne venga iniziata la lavorazione, la stessa Direzione possa disporre il prelievo dei campioni da sottoporre alle prescritte prove di qualità ed a "test" di resistenza

32.1.2 Modalità di lavorazione

Avvenuta la provvisoria accettazione dei materiali, potrà venirne iniziata la lavorazione; dovrà comunque esserne comunicata la data di inizio affinché la Direzione possa disporre i controlli che riterrà necessari od opportuni.

Tutti i metalli dovranno essere lavorati con regolarità di forme e di dimensioni e nei limiti delle tolleranze consentite. Il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, dovranno essere fatti possibilmente con dispositivi agenti per pressione; riscaldamenti locali, se ammessi, non dovranno creare eccessivi concentrazioni di tensioni residue. I tagli potranno essere eseguiti con la cesoia o anche ad ossigeno o a laser purché regolari; i tagli irregolari, in special modo quelli in vista, dovranno essere rifiniti con la smerigliatrice. Le superfici di laminati diversi, di taglio o naturali, destinate a trasmettere per mutuo contrasto forze di compressione, dovranno essere piallate, fresate, molate o limate per renderle perfettamente combacianti.

I fori per chiodi e bulloni dovranno sempre essere eseguiti con trapano, tollerandosi l'impiego del punzone per fori di preparazione, in diametro minore di quello definitivo (per non meno di 3 mm), da allargare poi e rifinire mediante il trapano e l'alesatore. Per tali operazioni sarà vietato comunque l'uso della fiamma.

I pezzi destinati ad essere chiodati o bullonati in opera dovranno essere marcati in modo da poter riprodurre, nel montaggio definitivo, le posizioni d'officina all'atto dell'alesatura dei fori.

32.1.3 Modalità esecutive delle unioni

Le unioni dei vari elementi componenti le strutture o i manufatti dovranno essere realizzate conformemente alle prescrizioni di progetto, richiamandosi, per bulloni e chiodi, le disposizioni di cui al punto 11.3.4.6 delle norme tecniche e, per le saldature, il punto 11.3.4.5 delle stesse norme. In particolare:

- a) *Unioni chiodate.* Saranno eseguite fissando nella giusta posizione relativa, mediante bulloni di montaggio ed eventuale ausilio di morse, gli elementi da chiodare, previamente ripuliti. I chiodi dovranno

essere riscaldati con fiamma riduttrice o elettricamente e liberati da ogni impurità (come scorie, tracce di carbone) prima di essere introdotti nei fori; a fine ribaditura dovranno ancora essere di color rosso scuro.

- b) *Unione con bulloni normali e ad attrito.* Saranno eseguite mediante bullonatura, previa perfetta pulizia delle superfici di combaciamento mediante sgrassaggio, fiammatura o sabbiatura a metallo bianco, secondo i casi. Nelle unioni si dovrà sempre far uso di rosette. Nelle unioni con bulloni normali, in presenza di vibrazioni o di inversioni di sforzo, si dovranno impiegare controdadi oppure rosette elastiche. Per il serraggio dei bulloni si dovranno usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata; tutte comunque dovranno essere tali da garantire una precisione non minore del 5%.
- c) *Unioni saldate.* Potranno essere eseguite mediante procedimenti di saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti o con procedimenti automatici ad arco sommerso o sotto gas protettivo o con altri procedimenti previamente approvati dalla Direzione Lavori. In ogni caso i procedimenti dovranno essere tali da permettere di ottenere dei giunti di buon aspetto esteriore, praticamente esenti da difetti fisici nella zona fusa ed aventi almeno resistenza a trazione, su provette ricavate trasversalmente al giunto, non minore di quella del metallo base. La preparazione dei lembi da saldare sarà effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia; i lembi, al momento della saldatura, dovranno essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità. Per le saldature degli elementi strutturali in acciaio dovranno altresì essere rispettate le prescrizioni di cui al punto 11.3.4.5 delle "Norme Tecniche". Per l'entità ed il tipo dei controlli si farà riferimento al Cap. 11 delle stesse. Sia in officina, che in cantiere, la saldatura dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo ISO 4063; potrà essere ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale. I saldatori nei procedimenti semiautomatici dovranno essere qualificati secondo EN 287-1 da parte di un Ente terzo. Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo EN 1418. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo EN 2883. Nella esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere eseguite le prescrizioni della UNI EN 1011, punti 1 e 2, per gli acciai ferritici e della parte 3 per quelli inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà di norma la EN 29692. Qualunque sia il sistema di saldatura impiegato, a lavorazione ultimata la superficie delle saldature dovrà risultare sufficientemente liscia e regolare e ben raccordata con materiale di base. Tutti i lavori di saldatura dovranno essere eseguiti al riparo da pioggia, neve o vento, salvo l'uso di speciali precauzioni; saranno inoltre sospesi qualora la temperatura ambiente dovesse scendere sotto -5°C . Per le modalità di esecuzione dei controlli (distruttivi o non distruttivi) ed i livelli di accettabilità si potrà fare riferimento alla EN 12062. Gli operatori che seguiranno i controlli dovranno essere qualificati, secondo EN 473, almeno di secondo livello.

32.1.4 Montaggio di prova

Per strutture o manufatti particolarmente complessi ed in ogni caso se disposto dalla Direzione Lavori, dovrà essere eseguito il montaggio provvisorio in officina; tale montaggio potrà anche essere eseguito in più riprese, purché in tali montaggi siano controllati tutti i collegamenti. Del montaggio stesso si dovrà approfittare per eseguire le necessarie operazioni di marcatura.

Nel caso di strutture complesse costruite in serie sarà sufficiente il montaggio di prova del solo campione, purché la foratura venga eseguita con maschere o con procedimenti equivalenti.

L'Appaltatore sarà tenuto a notificare, a tempo debito, l'inizio del montaggio provvisorio in officina di manufatti e strutture, o relative parti, affinché la Direzione possa farvi presenziare, se lo ritiene opportuno, i propri incaricati. I pezzi presentati all'accettazione provvisoria dovranno essere esenti da verniciatura, fatta

eccezione per le superfici di contatto dei pezzi uniti definitivamente tra di loro. Quelli rifiutati saranno marcati con un segno apposito, chiaramente riconoscibile, dopo di che saranno subito allontanati.

32.1.5 Pesatura dei manufatti

Sarà eseguita in officina od in cantiere, secondo i casi e prima del collocamento in opera, verbalizzando i risultati in contraddittorio, fra Direzione Lavori ed Appaltatore.

32.1.6 Controllo del tipo e della quantità delle opere – Verifica delle strutture murarie

L'Appaltatore è obbligato a controllare il fabbisogno dei vari manufatti, rilevando in posto il tipo, la quantità e le misure degli stessi. Dovrà altresì verificare l'esatta corrispondenza plano-altimetrica e dimensionale tra strutture metalliche e strutture murarie, ciò in special modo quando i lavori in metallo fossero stati appaltati in forma scorporata.

Delle discordanze riscontrate in sede di controllo dovrà esserne dato tempestivo avviso alla Direzione Lavori per i necessari provvedimenti di competenza; in difetto, o qualora anche dall'insufficienza o dall'omissione di tali controlli dovessero nascere inconvenienti di qualunque genere, l'Appaltatore sarà tenuto ad eliminarli a propria cura e spese, restando peraltro obbligato al risarcimento di eventuali danni.

32.1.7 Collocamento e montaggio in opera – Oneri connessi

L'Appaltatore dovrà far tracciare o eseguire direttamente, sotto la propria responsabilità, tutti gli incassi, i tagli, le incamerazioni, ecc. occorrenti per il collocamento in opera dei manufatti metallici; le incamerazioni e i fori dovranno essere svasati in profondità e, prima che venga eseguita la sigillatura, dovranno essere accuratamente ripuliti.

Nel collocamento in opera dei manufatti le zanche, staffe e qualunque altra parte destinata ad essere incamerata nelle strutture murarie, dovranno essere murate a cemento se cadenti entro murature o simili; mentre saranno fissate con piombo fuso o con malte epossidiche se cadenti entro pietre, marmi o simili. I manufatti per i quali siano previsti movimenti di scorrimento o di rotazione dovranno poter compiere tali movimenti, a collocazione avvenuta, senza impedimenti o imperfezioni di sorta.

Per le strutture metalliche, qualora in sede di progetto non fossero prescritti particolari procedimenti di montaggio, l'Appaltatore sarà libero di scegliere quello più opportuno, previo benestare della Direzione Lavori. Dovrà porre però la massima cura affinché le operazioni di trasporto, sollevamento e pre-montaggio non impongano alle strutture condizioni di lavoro più onerose di quelle risultanti a montaggio ultimato e tali perciò da poter determinare deformazioni permanenti, demarcature, autotensioni, ecc. Occorrendo, pertanto, le strutture dovranno essere opportunamente e provvisoriamente irrigidite.

Nel collocamento in opera dei manufatti e nel montaggio delle strutture sono compresi tutti gli oneri connessi a tali operazioni, quali ad esempio ogni operazione di movimento e stoccaggio (carichi, trasporti, scarichi, ricarichi, sollevamenti, ecc.), ogni opera provvisoria, di protezione e mezzo d'opera occorrente, l'impiego di ogni tipo di mano d'opera (anche specializzata), ogni lavorazione di preparazione e di ripristino sulle opere e strutture murarie, le ferramenta accessorie e quant'altro possa occorrere per dare le opere perfettamente finite e rifinite.

32.1.8 Verniciatura e zincatura

Prima dell'inoltro in cantiere tutti i manufatti metallici, le strutture o parti di esse, se non diversamente disposto, dovranno ricevere una mano di vernice di fondo. L'operazione dovrà essere preceduta da una accurata preparazione delle superfici.

Di norma, nelle strutture chiodate o bullonate, dovranno essere verniciate con una ripresa di pittura di fondo non soltanto le superfici esterne, ma anche tutte le superfici a contatto (ivi comprese le facce dei giunti da effettuare in opera) e le superfici interne dei cassoni; saranno esclusi solo i giunti ad attrito, che dovranno essere accuratamente protetti non appena completato il serraggio definitivo, verniciando a saturazione i bordi dei pezzi a contatto, le rosette, le teste ed i dati dei bulloni, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del giunto.

A piè d'opera, e prima ancora di iniziare il montaggio, si dovranno ripristinare tutte le verniciature eventualmente danneggiate dalle operazioni di trasporto; infine, qualora la posizione di alcuni pezzi desse luogo, a montaggio ultimato, al determinarsi di fessure o spazi di difficile accesso per le operazioni di verniciatura e manutenzione, tali fessure o spazi dovranno essere, prima dell'applicazione delle mani di finitura, accuratamente chiusi con materiali sigillanti.

La zincatura, se prescritta, verrà effettuata sui materiali già lavorati, mediante immersione in zinco fuso conformemente alle prescrizioni della UNI EN ISO 1461; altro tipo di zincatura potrà essere ammesso solo in casi particolari e solo su precisa autorizzazione della Direzione dei lavori.

Art. 33. STRUTTURE IN ACCIAIO

33.1 Generalità

Le strutture di acciaio dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto dal d.P.R. 380/2001 e s.m.i., dal D.M. 17 gennaio 2018, dalle circolari e relative norme vigenti.

I materiali e i prodotti devono rispondere ai requisiti indicati nel punto 11.3. del D.M. 17 gennaio 2018.

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della Direzione dei Lavori:

- a) gli elaborati progettuali esecutivi di cantiere, comprensivi dei disegni esecutivi di officina, sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e peso teorici di ciascun elemento costituente la struttura, nonché la qualità degli acciai da impiegare;
- b) tutte le indicazioni necessarie alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle opere di fondazione.

I suddetti elaborati dovranno essere redatti a cura e spese dell'Appaltatore.

33.2 Requisiti per la Progettazione e l'Esecuzione

33.2.1 Spessori limite

È vietato l'uso di profilati con spessore $t < 4$ mm.

Una deroga a tale norma, fino ad uno spessore $t = 3$ mm, è consentita per opere sicuramente protette contro la corrosione, quali per esempio tubi chiusi alle estremità e profili zincati, od opere non esposte agli agenti atmosferici.

Le limitazioni di cui sopra non riguardano elementi e profili sagomati a freddo.

33.2.2 Acciaio incrudito

Deve essere giustificato mediante specifica valutazione l'impiego di acciaio inossidato in ogni caso in cui si preveda la plasticizzazione del materiale (analisi plastica, azioni sismiche o eccezionali, ecc.) o prevalgano i fenomeni di fatica.

33.2.3 Giunti di tipo misto

In uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento di forza (ad esempio saldatura e bullonatura), a meno che uno solo di essi sia in grado di sopportare l'intero sforzo, ovvero sia dimostrato, per via sperimentale o teorica, che la disposizione costruttiva è esente dal pericolo di collasso prematuro a catena.

33.2.4 Problematiche specifiche

Oltre alle norme del D.M. 17 gennaio 2018, in relazione a:

- Preparazione del materiale,
 - Tolleranze degli elementi strutturali di fabbricazione e di montaggio,
 - Impiego dei ferri piatti,
 - Variazioni di sezione,
 - Intersezioni,
 - Collegamenti a taglio con bulloni normali e chiodi,
 - Tolleranze foro – bullone. Interassi dei bulloni e dei chiodi. Distanze dai margini,
 - Collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza,
 - Collegamenti saldati,
 - Collegamenti per contatto,
- si può far riferimento a normative di comprovata validità.

33.2.5 Apparecchi di appoggio

La concezione strutturale deve prevedere facilità di sostituzione degli apparecchi di appoggio, nel caso in cui questi abbiano vita nominale più breve di quella della costruzione alla quale sono connessi.

33.2.6 Verniciatura e zincatura

Gli elementi delle strutture in acciaio, a meno che siano di comprovata resistenza alla corrosione, devono essere adeguatamente protetti mediante verniciatura o zincatura, tenendo conto del tipo di acciaio, della sua posizione nella struttura e dell'ambiente nel quale è collocato. Devono essere particolarmente protetti i collegamenti bullonati (precaricati e non precaricati), in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del collegamento.

Anche per gli acciai con resistenza alla corrosione migliorata (per i quali può farsi utile riferimento alla norma UNI EN 10025-5) devono prevedersi, ove necessario, protezioni mediante verniciatura.

Nel caso di parti inaccessibili, o profili a sezione chiusa non ermeticamente chiusi alle estremità, dovranno prevedersi adeguati sovrassessori.

Gli elementi destinati ad essere incorporati in getti di calcestruzzo non devono essere verniciati: possono essere invece zincati a caldo.

33.2.7 Controlli in Corso di Lavorazione

L'Appaltatore dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti certificati di qualificazione, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione dei Lavori.

Alla Direzione dei Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli certificati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

Ogni volta che le strutture metalliche lavorate si rendono pronte per il collaudo l'Appaltatore informerà la Direzione dei Lavori, la quale darà risposta entro 8 giorni fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione delle strutture stesse in cantiere.

33.2.8 Identificazione e Rintracciabilità dei Prodotti Qualificati

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

Nel primo caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dalla Direzione dei Lavori, quale risulta dai documenti di accompagnamento del materiale.

L'Appaltatore dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti certificati di qualificazione, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione dei Lavori.

Alla Direzione dei Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli certificati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

Ogni volta che le strutture metalliche lavorate si rendono pronte per il collaudo l'Appaltatore informerà la Direzione dei Lavori, la quale darà risposta entro 8 giorni fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione delle strutture stesse in cantiere.

33.2.9 Montaggio

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano sovrassollecitate o deformate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto, nel rispetto dello stato di sollecitazione previsto nel progetto medesimo.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla eventuale sottostante sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione dei Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata, ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

33.2.10 Prove di Carico e Collaudo Statico

Prima di sottoporre le strutture di acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, quando prevista, verrà eseguita da parte della Direzione dei Lavori una accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture; operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'Appaltatore, secondo le prescrizioni contenute nei decreti ministeriali vigenti e nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i.

33.3 Acciaio per calcestruzzo armato

33.3.1 Caratteristiche dimensionali e di impiego

L'acciaio per cemento armato è esclusivamente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni.

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.

La sagomatura e/o l'assemblaggio possono avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione dei Lavori;
- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti di cui al punto 11.3.1.7. del D.M. 17 gennaio 2018.

Tutti gli acciai per calcestruzzo armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o dentellature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte a garantire adeguata aderenza tra armature e conglomerato cementizio.

Per quanto riguarda la marchiatura dei prodotti e la documentazione di accompagnamento vale quanto indicato nel D.M. 17 gennaio 2018.

33.3.2 Reti e tralicci elettrosalati

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare, nelle due direzioni, 330 mm.

I tralicci e le reti sono prodotti reticolari assemblati in stabilimento mediante elettrosaldature, eseguite da macchine automatiche in tutti i punti di intersezione.

Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio B450C, gli elementi base devono avere diametro (d) che rispetta la limitazione: $6 \text{ mm} \leq d \leq 16 \text{ mm}$.

Per le reti ed i tralicci costituiti con acciaio B450A, gli elementi base devono avere diametro (d) che rispetta la limitazione: $5 \text{ mm} \leq d \leq 10 \text{ mm}$.

La produzione di reti e tralicci elettrosaldati deve essere effettuata a partire da materiale di base qualificato. Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con quella dell'elemento base.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, deve essere apposta su ogni confezione di reti o tralicci un'apposita etichettatura con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del fabbricante delle reti e dei tralicci stessi.

Il Direttore dei Lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere, verificherà la presenza della predetta etichettatura.

33.3.3 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e secondo quanto disposto al punto 11.3.2.12 del D.M. 17 gennaio 2018 devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale a cura di un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Essi devono essere eseguiti in ragione di 3 campioni ogni 30 t di acciaio impiegato della stessa classe proveniente dallo stesso stabilimento o Centro di trasformazione, anche se con forniture successive.

I campioni devono essere ricavati da barre di uno stesso diametro o della stessa tipologia (in termini di diametro e dimensioni) per reti e tralicci, e recare il marchio di provenienza.

Il prelievo dei campioni va effettuato alla presenza del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al punto 11.3.1.7 del D.M. 17 gennaio 2018, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

33.4 Acciaio per cemento armato precompresso

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati e controllati secondo le procedure prescritte nel D.M. 17 gennaio 2018.

33.4.1 Caratteristiche dimensionali e di impiego

L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito sotto forma di:

- Filo: prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli o in fasci;
- Barra: prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei, le caratteristiche finali del prodotto possono essere conferite con trattamento termico o meccanico successivo alla laminazione;
- Treccia: prodotto formato da 2 o 3 fili trafilati dello stesso diametro nominale avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale fornito in rotolo o bobine; passo e senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili della treccia;
- Trefolo: prodotto formato da 6 fili trafilati avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali, fornito in bobine. Il passo ed il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato esterno.

Per quanto non specificato nel presente paragrafo riguardo fili, trecce e trefoli si deve fare riferimento alle norme UNI 7675 ed UNI 7676.

I fili possono essere a sezione trasversale circolare o di altre forme e devono essere prodotti da vergella avente composizione chimica conforme a una delle seguenti norme: UNI EN ISO 16120-2 e UNI EN ISO 16120-4.

I fili sono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante. La superficie dei fili può essere liscia o improntata.

Non è consentito l'impiego di fili lisci nelle strutture precomprese ad armature pre-tese.

I fili delle trecce possono essere lisci o improntati. I fili dello strato esterno dei trefoli possono essere lisci od improntati. I fili dei trefoli e delle trecce devono essere prodotti da vergella avente caratteristiche meccaniche e composizione chimica omogenee e conformi ad una delle seguenti norme: UNI EN ISO 16120-2 e UNI EN ISO 16120-4.

Il processo di improntatura deve essere completato prima della trecciatura o della trefolatura, rispettivamente per le trecce e per i trefoli.

I trefoli compattati possono essere prodotti per trafilatura o laminazione dopo la trefolatura e prima del trattamento termico. Quando la trefolatura e la compattazione sono eseguite contemporaneamente, il filo centrale rettilineo deve avere diametro almeno uguale a quello dei fili esterni.

Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti o nervature; vengono individuate mediante il diametro nominale nel caso di barre lisce o mediante il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante nel caso di barre non lisce. Le barre filettate devono avere filetto con passo uniforme e non superiore a 0,8 volte il diametro nominale. Le barre a filettatura continua o parziale, con risalti o nervature, devono avere geometria superficiale conforme a quanto specificato nel D.M. 17 gennaio 2018.

Le barre con risalti o nervature dovranno essere fornite con marchio apposto sulle singole barre.

Per quanto riguarda la marchiatura dei prodotti, generalmente costituita da sigillo o etichettatura sulle legature e per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato nel D.M. 17 gennaio 2018.

I fili devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il fabbricante deve indicare il diametro minimo di avvolgimento.

I fili devono essere esenti da saldature.

Sono ammesse le saldature di fili destinati alla produzione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura; non sono ammesse saldature durante l'operazione di cordatura.

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.

È tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

33.4.2 *Controlli di accettazione in cantiere*

I controlli di accettazione in cantiere devono essere eseguiti secondo le indicazioni di cui al punto 11.3.3.5.3 del D.M. 17 gennaio 2018, ogni 30 t della stessa categoria di acciaio proveniente dallo stesso stabilimento, anche se con forniture successive.

Il prelievo dei campioni va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale. La richiesta di prove al laboratorio incaricato deve essere sempre firmata dal Direttore dei Lavori, che rimane anche responsabile della trasmissione dei campioni.

Il laboratorio incaricato di effettuare le prove provvede all'accettazione dei campioni accompagnati dalla lettera di richiesta sottoscritta dal direttore dei lavori.

Il prelievo potrà anche essere eseguito dallo stesso laboratorio incaricato della esecuzione delle prove. I laboratori devono conservare i campioni sottoposti a prova per almeno trenta giorni dopo l'emissione dei certificati di prova, in modo da consentirne l'identificabilità e la rintracciabilità.

Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove, di compilazione dei certificati, di accettazione delle forniture e per le procedure derivanti da risultati non conformi, valgono le disposizioni di cui al punto 11.3.3.5.3 del D.M. 17 gennaio 2018.

Art. 34. IMPERMEABILIZZAZIONI IN GENERE

34.1 GENERALITÀ

Le impermeabilizzazioni di qualsiasi genere dovranno essere eseguite con la maggiore accuratezza possibile, specie in vicinanza di fori, passaggi, scarichi, ecc., in modo da garantire, in ogni caso, l'assenza di qualunque infiltrazione d'acqua. Il piano di posa delle opere murarie dovrà essere ben livellato ed avere una superficie priva di asperità, possibilmente lisciata, perfettamente asciutta e livellata. In ogni caso la stagionatura non dovrà risultare inferiore a 20 giorni.

I materiali da impiegare nelle opere di impermeabilizzazione dovranno presentare i requisiti e le caratteristiche di cui all'art. 10 del presente Capitolato. All'atto del collaudo o verifica i manti impermeabili ed i relativi raccordi dovranno risultare perfettamente integri, senza borse, fessurazioni, ecc. salvo danni causati da forza maggiore (escludendosi, tra questi, quelli eventuali provocati da azioni metereologiche, anche se di entità eccezionale).

Tutte le superfici di estradosso dei volti e degli impalcati stradali in generale, specie se in conglomerato cementizio armato, dovranno venire opportunamente protette contro l'azione delle acque meteoriche e delle soluzioni saline acide in particolare. Tale protezione dovrà possedere tra l'altro i seguenti requisiti:

- essere inattaccabile dalle soluzioni saline normalmente impiegate;
- possedere una aderenza al manufatto (se impiegata direttamente sotto pavimentazione) non inferiore a quella dei conglomerati bituminosi;
- offrire ai superiori strati di pavimentazione un'aderenza non inferiore a quella che gli stessi avrebbero in assenza di protezione;
- avere caratteristiche di plasticità e/o di elasticità tali da assorbire senza danni (fino a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) le compressioni e le vibrazioni indotte dal traffico;
- avere sufficiente consistenza da sopportare, senza danni, le successive operazioni di cantiere ed in particolare la stesa ed il successivo rullaggio del conglomerato bituminoso a caldo (circa $140\text{ }^{\circ}\text{C}$).

34.2 IMPERMEABILIZZAZIONI STRATIFICATE MULTIPLE

34.2.1 Generalità

Le impermeabilizzazioni in argomento saranno costituite da stratificazioni alternate di spalmature bituminose e strati di supporto bitumati per le quali, risultando la casistica tecnologica alquanto vasta in rapporto sia alla varietà dei materiali, sia alle diverse condizioni di applicazione, verranno date di seguito delle prescrizioni di carattere generale, con riferimento a minimi, rimandando per i particolari agli esecutivi di progetto ed alle disposizioni della Direzione Lavori.

34.2.2 Caratteristiche dei materiali

I materiali da impiegare nella esecuzione delle impermeabilizzazioni saranno in linea generale costituiti da bitumi puri da spalmatura (o preferibilmente da mastici bituminosi) e da cartonfeltri (cilindrati o ricoperti) o meglio da supporti in fibre di vetro (o di poliestere o combinati) impregnati di bitume o impregnati e ricoperti da miscele bituminose.

Per le caratteristiche si rimanda all'art 10 del presente Capitolato con l'avvertenza che il bitume tipo 0 potrà essere impiegato su superfici con pendenza non superiore al 3% ed il tipo 15 su superfici con pendenza fino all'8%.

34.2.3 Massa base di bitume (M.B.B.)

Nella esecuzione dei manti stratificati per impermeabilizzazione è prescritta una massa base di bitume (M.B.B.) minima di $3,5 \text{ kg/m}^2$ intendendo per M.B.B. la massa complessiva di bitume solubile in tetracloruro di carbonio contenuta nell'unità di superficie del manto impermeabile completo; dal computo verranno esclusi:

- l'eventuale applicazione di impregnazione del piano di posa a mezzo di soluzione bituminosa;
- la prima spalmatura di materiale bituminoso effettuata direttamente sul piano di posa, nel limite del 50% in massa.

34.2.4 Numero complessivo degli strati

Nell'impermeabilizzazione è prescritto un numero complessivo tra strati di supporto e spalmature bituminose complete, eseguite alternativamente, non inferiori a 5.

34.2.5 Modalità esecutive degli strati

Nella forma più generale di esecuzione la realizzazione di un manto bituminoso stratificato sarà effettuata con le modalità di seguito descritte:

- a) Spalmatura a freddo di una soluzione di bitumi ossidati in solventi a rapida essiccazione. L'impregnazione sarà effettuata su superfici perfettamente asciutte o depolverate, con l'impiego di soluzione in quantità non inferiore a $0,4 \text{ kg/m}^2$.
- b) Prima spalmatura bituminosa a caldo ($180 \div 200 \text{ }^\circ\text{C}$) di bitume ossidato o di mastice bituminoso. La quantità da impiegare sarà compresa tra $1,5 \div 2 \text{ kg/m}^2$ in rapporto alle caratteristiche della superficie di base.

- c) Prima applicazione di supporto bitumato (cartonfeltro, fibre di vetro, ecc., di massa areica prescritta) sulla spalmatura di bitume, con sovrapposizione dei lembi non inferiore a 8 cm ed incollaggio degli stessi con bitume a caldo o con fiamma secondo i tipi.
- d) Seconda spalmatura bituminosa a caldo di massa non inferiore a $1,0 \text{ kg/m}^2$ (spalmatura intermedia tipo).
- e) Ripetizione delle operazioni di cui alle lettere c) e d) per le volte necessarie a realizzare il numero di strati prescritti, sfalsando o incrociando gli strati di supporto.
- f) Spalmatura terminale bituminosa in quantità non inferiore a $1,5 \text{ kg/m}^2$.

34.3 IMPERMEABILIZZAZIONI DIVERSE

L'interno della vasca della fontana sarà impermeabilizzato con un rivestimento impermeabile e decorativo, previa fase di preparazione della vasca con opportuno lavaggio, sigillatura dei giunti, accessori e passanti. La vasca sarà rivestita dapprima con sistema impermeabilizzante e traspirante, di seguito sarà eseguito il rivestimento decorativo in microcemento.

Il sistema di rivestimento impermeabile e traspirante, dovrà essere applicato in basso spessore in strati successivi con interposizione di rete in fibra di vetro su tutte le parti da trattare e secondo idonee pendenze per il raccordo ai bocchettoni di scarico sulla platea.

Esso consiste nell'applicazione di malte cementizie premiscelate applicate in basso spessore in due strati successivi.

Il risultato sarà un rivestimento impermeabile armato, traspirante, con elevate resistenze meccaniche, a base di cemento ed inerti speciali e presenterà le seguenti caratteristiche:

- idoneità al contatto con acqua potabile;
- resistenza minima sotto pressione idrostatica positiva fino a 9 bar;
- resistenza minima sotto pressione idrostatica negativa oltre 4 bar;
- adesione minima su supporto in calcestruzzo $2,00 \text{ N/mm}^2$;
- allungamento a rottura 60%.

Il rivestimento impermeabile e traspirante grazie alle sue proprietà si solidarizza e costituisce un corpo unico con le superfici su cui è applicato e lascia traspirare i supporti.

Sarà necessario sigillature di giunti, raccordi perimetrali, riprese di getto e passanti saranno trattati con malte flessibili o espansive ed antiritiro.

Dovrà essere impermeabilizzata tutta la vasca ed il relativo risvolto sotto la copertina in cemento bianco, compreso il rimbocco con lo scarico realizzato con apposito elemento "messicano", come da dettagli di cui agli elaborati del Progetto Esecutivo.

Il ciclo di impermeabilizzazione si concluderà con un rivestimento multistrato in micro-cemento modificato con additivo polimerico, applicato in basso spessore in strati successivi con interposizione di rete in fibra di vetro su tutte le parti da trattare, ottenendo così un rivestimento ad effetto naturale, irregolare e con lievi variazioni di tonalità, tipico dei rivestimenti cementizi applicati a spatola liscia.

Il colore sarà nelle tonalità del chiaro come da indispensabile campionatura che dovrà essere prodotta in fase di autorizzazione dei materiali in Direzione Lavori.

A protezione della pedana rialzata a geometria curvilinea (area Belvedere), costituita da tre 3 gradini di 15 cm ciascuno realizzata in calcestruzzo armato come da elaborati esecutivi (spigoli addolciti con opportuni profili cassero) è prevista la rifinitura SIA sulle superfici verticali che orizzontali, con un rivestimento continuo e omogeneo composto da una miscela bilanciata di resine acriliche in dispersione acquosa e cariche selezionate di colore bianco e comunque a scelta della Direzione Lavori. Tale rivestimento riveste le superfici proteggendole dal deterioramento e rendendole antiscivolo e resistenti all'eventuale contatto con olii o carburanti. Il rivestimento dovrà avere un'ottima resistenza alla abrasione garantendo lunga durabilità alle superfici anche se soggette ad uso frequente.

Il rivestimento dovrà resistere a tutte le condizioni climatiche, all'aggressione dello smog e dei raggi solari, conferendo al supporto una protezione durevole nel tempo.

Le superfici in calcestruzzo da trattare devono essere pulite, prive di materiali incoerenti, il più possibile planari e comunque con pendenze non superiori all' 1,5%. Il sottofondo deve avere una resistenza meccanica adeguata ai carichi a cui sarà sottoposta la pavimentazione durante l' esercizio delle attività. Eventuali fessure dovranno essere riparate mediante colatura di apposito materiale sigillante, mentre, se necessario, la riparazione di porzioni di calcestruzzo degradato dovrà essere eseguita con malte cementizie combinate con il ciclo di finitura.

Prima di eseguire l' applicazione della resina, la polvere presente sul supporto dovrà essere stata perfettamente aspirata.

Caratteristiche tecniche:

- Aspetto: liquido pastoso
- Residuo secco (%): 70
- Massa volumica (g/cm³): ca. 1,40
- Viscosità di fornitura (mPa · s): 70.000 } 5.000
- Abrasione a umido DIN 53778 (cicli): > 15.000
- Abrasione Taber test dopo 7 gg a 23°C - 50% U.R.
- mole CS17; peso 1000 g, perdita peso a 1000 giri (g): < 0,1 g (< 1%)
- Durezza Shore A: 60
- Carico a rottura DIN 53504 dopo 7 giorni a 23°C (N/mm²): 0,7
- Allungamento a rottura DIN 53504 dopo 7 giorni a 23°C (%): 110
- Variazione colore dopo 1000 ore di esposizione al Weather-Ometer (secondo normativa ASTM G 155 ciclo 1):
 - colore blu: $\Delta E < 0,8$
 - colore verde: $\Delta E < 0,5$
 - colore azzurro: $\Delta E < 0,5$
 - colore rosso: $\Delta E < 0,5$
 - colore bianco: $\Delta E < 0,5$
- Fattore resistenza alla diffusione del vapore (UNI EN ISO 7783/2) (μ): 250
- Resistenza al passaggio del vapore relativo a 0,5 mm di spessore secco SD (m) (UNI EN ISO 7783/2): 0,12
- Fattore di assorbimento d' acqua per capillarità W24 [(kg/(m² · h_{0,5}))] (UNI EN 1062/3): 0,09
- Adesione su calcestruzzo (N/mm²): 2,40
- Resistenza ai carburanti (UNICHIM N.394 par. 6.4), rapporto di prova ANAS 2133/0359/11: nessun difetto
- Resistenza ai lubrificanti (UNICHIM N.394 par. 6.3), olio per motori, rapporto di prova ANAS 2133/0359/11: nessun difetto
- Resistenza alle soluzioni saline (UNICHIM N.394 par. 6.2), soluzioni di NaCl e CaCl₂ sature, rapporto di prova ANAS 2133/0359/11: nessun difetto
- Resistenza al derapaggio (attrito radente) (UNI EN 1436), rapporto di prova ANAS 2133/0359/11, BPN: 62
- Classe di resistenza al derapaggio (UNI EN 1436): S4 (SRT ≥ 60)
- Resistenza al gelo e disgelo, 10 cicli (UNI EN 1367-1): nessun difetto

Art. 35. OPERE IN MARMO, PIETRE NATURALI O ARTIFICIALI

35.1 GENERALITÀ

35.1.1 Forme – Dimensioni e caratteristiche

Le opere in marmo, pietre naturali o artificiali dovranno corrispondere, nei limiti delle tolleranze indicate, alle forme e dimensioni prescritte ed essere lavorate secondo le indicazioni del presente Capitolato e di quelle che fornirà la Direzione Lavori all'atto esecutivo. Tutti i materiali dovranno avere le caratteristiche esteriori (grana, coloritura e venatura) e quelle essenziali della specie prescelta e rispondere ai requisiti indicati agli articoli del presente Capitolato.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, qualora non disposto e nei limiti del presente articolo, le misure dei vari elementi di ogni opera, la formazione e disposizione dei vari conci e lo spessore delle lastre, come pure di precisare gli spartiti, la posizione dei giunti, la suddivisione dei pezzi, l'andamento della venatura, ecc., secondo i particolari disegni costruttivi che la stessa Direzione potrà fornire all'Appaltatore all'atto dell'esecuzione ed ai quali lo stesso sarà tenuto ad uniformarsi.

Le lastre di rivestimento o di pavimentazione dovranno essere accostate in maniera da evitare contrasti di colore o di venatura, tenendo conto delle caratteristiche del materiale impiegato e delle particolari disposizioni della Direzione.

35.1.2 Tolleranze

Sulla larghezza e lunghezza degli elementi, conci o manufatti in genere, sarà ammessa una tolleranza non superiore al $\pm 0,5\%$; per le lastre, gli scarti nelle misure non dovranno superare il valore di $+ 0,5/-1$ mm per le dimensioni lineari e del $\pm 5\%$ per lo spessore. Tolleranze più ristrette potranno comunque essere disposte in progetto o prescritte dalla Direzione.

35.1.3 Campioni e modelli

Prima di iniziare i lavori in argomento l'Appaltatore dovrà predisporre, a propria cura e spese, i campioni dei vari marmi e pietre, lavorati secondo prescrizione, sottoponendoli all'esame della Direzione Lavori; tali campioni, se accettati, verranno debitamente contrassegnati e conservati, come termini di riferimento e confronto, negli uffici della Direzione o in locali appositamente assegnati.

35.1.4 Controlli e corrispondenze

L'Appaltatore è tenuto a rilevare e controllare che ogni elemento o manufatto ordinato e da collocare corrisponda alle strutture rustiche di destinazione, segnalando tempestivamente alla Direzione Lavori eventuali divergenze od ostacoli. In difetto, resteranno a carico dello stesso ogni spesa ed intervento derivanti da non esatte rispondenze o da collocazioni non perfettamente calibrate.

35.1.5 Protezione dei manufatti – Obblighi in caso di scorporo

Tanto nel caso in cui la fornitura dei manufatti debba essere effettuata direttamente dall'Appaltatore, quanto nel caso in cui la fornitura sia parzialmente o totalmente scorporata e lo stesso sia unicamente tenuto alla posa in opera, tenuti presenti gli obblighi e le prescrizioni del presente Capitolato, l'Appaltatore dovrà avere la massima cura onde evitare, durante le varie operazioni di carico, trasporto, eventuale magazzinaggio e quindi collocamento in sito e fino al collaudo, rotture, scheggiature, rigature, abrasioni, macchie e danni di ogni genere ai marmi ed alle pietre. Egli pertanto dovrà provvedere a sue spese alle opportune protezioni,

con materiale idoneo, di spigoli, cornici, scalini, zoccoletti, pavimenti ed in genere di tutte quelle parti che, avendo già ricevuto la lavorazione di finitura, potrebbero restare comunque danneggiate dai successivi lavori di cantiere.

L'Appaltatore resterà di conseguenza obbligato a riparare a sue spese ogni danno riscontrato ricorrendo se necessario, ed a giudizio insindacabile della Direzione, anche alla sostituzione dei pezzi danneggiati ed a tutti i conseguenti ripristini. Resta peraltro precisato che qualora la fornitura dovesse avvenire in forma scorporata, all'atto del ricevimento in cantiere dei materiali l'Appaltatore dovrà segnalare alla Direzione eventuali difetti o difformità, restando egli stesso responsabile, in caso di omissione, della completa rispondenza della fornitura.

35.1.6 Posa in opera dei manufatti

Per ancorare i diversi pezzi di marmo o pietra alle strutture di supporto si adopereranno grappe, perni, staffe, sbarre, ecc. in ottone ricotto, rame, bronzo, acciaio inossidabile, di tipo e dimensioni adatti allo scopo ed agli sforzi cui saranno assoggettati, previo benestare della Direzione Lavori. Tali ancoraggi saranno fissati saldamente ai marmi o pietre entro apposite incassature, di forma adatta, a mezzo di piombo fuso battuto a mazzuolo o di malte epossidiche e saranno murati sui supporti con malta cementizia.

I vuoti che risulteranno tra i rivestimenti in pietra o marmo ed i relativi supporti dovranno essere accuratamente riempiti con malta idraulica sufficientemente fluida e debitamente scagliata, in modo che non rimangano vuoti di alcuna entità. Sarà assolutamente vietato l'impiego di agglomerante cementizio a rapida presa o di gesso, tanto per la posa quanto per il fissaggio provvisorio dei pezzi.

L'Appaltatore dovrà usare speciali cure ed opportuni accorgimenti per il fissaggio ed il sostegno di stipiti, architravi, rivestimenti, ecc., dove i pezzi risultino sospesi alle strutture in genere ed a quelle in cemento armato in particolare; in tal caso si potrà richiedere che le pietre o marmi siano collocati in opera prima del getto ed incorporati con opportuni mezzi alla massa delle murature o del conglomerato, il tutto seguendo le speciali norme che saranno impartite dalla Direzione e senza che l'Appaltatore abbia a pretendere speciali compensi.

Tutti i manufatti, di qualsiasi genere, dovranno risultare collocati in sito nell'esatta posizione stabilita dai disegni o indicata dalla Direzione Lavori; le connessioni ed i collegamenti, eseguiti a perfetto combaciamento, dovranno essere stuccati con cemento bianco o colorato, secondo disposizione. Potrà essere richiesto che la posa in opera delle pietre o marmi segua immediatamente il progredire delle murature, ovvero che venga eseguita in tempi successivi, senza che l'Appaltatore possa richiedere extra compensi.

Nei rivestimenti delle zone di spigolo, le lastre incontrantesi ad angolo dovranno essere rese solidali tra loro mediante idonee piastre o squadrette in metallo inossidabile, fissate a scomparsa con adeguati adesivi; negli spigoli sarà comunque vietato il taglio a 45° dei bordi delle lastre.

Art. 36. CORDOLI PER MARCIAPIEDI – MANUFATTI LAPIDEI STRADALI

36.1.1 Cordoli in elementi prefabbricati

Saranno del tipo prescritto in progetto ed avranno di norma lunghezza non inferiore a 100 cm, salvo che nei tratti in curva o in casi particolari.

Lo strato superficiale dei cordoli prefabbricati sarà realizzato con impasto di graniglia bianca e polvere bianca mescolata con cemento bianco ad alto dosaggio. La messa in opera avverrà come indicato nei paragrafi specifici; la stilatura dei giunti sarà effettuata con sola malta di cemento bianco.

36.1.2 Manufatti lapidei stradali. Tipi diversi

Saranno conformi, se non diversamente disposto, alle prescrizioni delle norme di unificazione riportate all'art. 7 del presente Capitolato.

Art. 37. COPERLINE

Saranno del tipo prescritto in progetto del tipo prefabbricati sarà realizzato con impasto di graniglia bianca e polvere bianca mescolata con cemento bianco ad alto dosaggio, trattata con idoneo idrorepellente.

La stilatura dei giunti sarà effettuata con sola malta di cemento bianco.

Le copertine del muro lato spiaggia e quelle della vasca della fontana saranno realizzate in calcestruzzo bianco con idoneo impasto, armatura in acciaio ad aderenza migliorata con copri ferro minimo mm 20, finitura liscia e superfici trattate con vernici trasparenti anti-degrado (idrorepellenti) e anti-scritta. Tutte le copertine saranno dotate di gocciolatoio. Sul muretto lato spiaggia le copertine saranno di geometria regolare e rettilinea, mentre per la vasca della fontana avranno geometria ad L, come meglio rappresentato sugli elaborati di dettaglio del Progetto Esecutivo. Tutte le fughe, in corrispondenza dei giunti saranno trattate con silicone acrilico di colore bianco come le copertine.

Le copertine saranno posate su idoneo letto di malta collante cementizia ad alta resistenza.

Art. 38. DRENAGGI

38.1 DRENAGGI

38.1.1 Generalità

I drenaggi di risanamento del corpo stradale e zone latitanti, che si rendessero necessari, saranno sempre eseguiti dallo sbocco a valle del cunicolo di scolo, procedendo da valle verso monte così da assicurare il regolare deflusso delle acque.

Prima di stabilire definitivamente il piano del fondo del drenaggio, onde assicurarsi di raggiungere in ogni punto lo strato impermeabile, la Direzione Lavori disporrà all'atto esecutivo quanti pozzi stimerà necessario praticare; la profondità del drenaggio e la pendenza del cunicolo saranno stabilite in relazione ai saggi, ove si riscontri il punto più depresso dello strato impermeabile. Il fondo dei drenaggi dovrà essere di norma rivestito in calcestruzzo che nella parte centrale sarà sagomato a cunetta.

Per quanto riguarda il riempimento in pietrame si rimanda alle norme di cui al punto specifico.

38.1.2 Drenaggi con filtro in geotessile

In terreni particolarmente ricchi di materiale fino o sui drenaggi laterali delle pavimentazioni, i drenaggi potranno essere realizzati con filtro laterale in telo geotessile di poliestere o polipropilene, secondo prescrizione. I vari elementi di geotessile dovranno essere cuciti tra loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione degli elementi dovrà essere di almeno 50 cm.

La parte inferiore dei geotessili, a contatto con il fondo del cavo di drenaggio e per un'altezza di almeno cm 20 sui fianchi, dovrà essere impregnata con bitume a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul poliestere) in ragione di almeno 2 kg/m². Tale impregnazione potrà essere fatta prima

della messa in opera nel cavo del “geotessile” stesso o anche dopo la sua sistemazione in opera. Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di geotessile necessaria ad una doppia sovrapposizione dello stesso sulla sommità del drenaggio (2 volte la larghezza del cavo).

Il cavo rivestito sarà successivamente riempito di materiale lapideo pulito e vagliato trattenuto al crivello 10 mm UNI, tondo o di frantumazione con pezzatura massima non eccedente i 70 mm. Il materiale dovrà ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il geotessile alle pareti dello scavo. Terminato il riempimento si sovrapporrà il geotessile fuoriuscente in sommità e su di esso verrà eseguita una copertura in terra pressata.

Art. 39. TUBAZIONI

39.1 GENERALITÀ

39.1.1 *Progetto esecutivo*

La posa in opera di qualunque tipo di tubazione, dovrà essere preceduta, qualora dal progetto non emergano specifiche indicazioni, dallo studio esecutivo particolareggiato delle opere da eseguire, di modo che possano individuarsi con esattezza i diametri ottimali delle varie tubazioni ed i relativi spessori. Lo studio sarà completo di relazioni, calcoli, grafici e quant'altro necessario per individuare le opere sotto ogni aspetto, sia analitico che esecutivo.

Dovranno comunque essere rispettate le “*Norme tecniche relative alle tubazioni*” emanate con D.M. 12 dicembre 1985 nonché le relative “*Istruzioni*” diffuse con Circolare Min. LL.PP. n. 27291 del 20 marzo 1986. Dovrà infine essere rispettato il “*Regolamento concernente i materiali che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano*” adottato con D. Min. Salute 6 aprile 2004, n. 174.

39.1.2 *Tubi, raccordi e apparecchi*

I tubi, i raccordi e gli apparecchi da impiegare, del tipo e dimensioni prescritte, dovranno avere le caratteristiche indicate nel presente Capitolato o quelle più particolari o diverse eventualmente specificate in Elenco.

La posizione esatta cui dovranno essere posti i raccordi o gli apparecchi dovrà essere riconosciuta o approvata dalla Direzione Lavori; di conseguenza resterà determinata la lunghezza dei diversi tratti di tubazione continua. Questa dovrà essere formata con il massimo numero possibile di tubi interi, così da ridurre al minimo il numero delle giunture; resterà quindi vietato l'impiego di spezzoni, ove non riconosciuto strettamente necessario per le esigenze d'impianto.

39.1.3 *Tracciati e scavi delle trincee*

Gli scavi per la posa in opera delle tubazioni dovranno essere costituiti da tratte rettilinee (livellette) raccordate da curve. Dove le deviazioni fossero previste con impiego di pezzi speciali, il tracciato dovrà essere predisposto con angolazioni corrispondenti alle curve di corrente produzione o alle loro combinazioni (curve abbinate).

La larghezza degli scavi, al netto delle eventuali armature, dovrà essere tale da garantire la migliore esecuzione delle operazioni di posa in rapporto alla profondità, alla natura dei terreni, ai diametri delle tubazioni ed ai tipi di giunti da eseguire; peraltro, in corrispondenza delle giunzioni dei tubi e dei pezzi speciali, da effettuarsi entro lo scavo, dovranno praticarsi nello stesso delle bocchette o nicchie allo scopo di facilitare l'operazione di montaggio. Questo senza costituire per l'Appaltatore diritto a maggiori compensi.

La trincea finita non dovrà presentare sulle pareti sporgenze o radici di piante ed il fondo dovrà avere andamento uniforme, con variazioni di pendenza ben raccordate, senza punti di flesso, rilievi o infossature (maggiori di 3 cm), in modo da garantire una superficie di appoggio continua e regolare.

Con opportune arginature e deviazioni si impedirà che le trincee siano invase dalle acque pluviali o che siano interessate da cadute di pietre, massi, ecc. che possano danneggiare le tubazioni e gli apparecchi. Del pari si eviterà, con rinterri parziali eseguiti a tempo debito (con esclusione dei giunti), che verificandosi nonostante le precauzioni l'inondazione dei cavi, le condotte possano riempirsi o, se chiuse agli estremi, possano essere sollevate. Di conseguenza ogni danno, di qualsiasi entità, che si verificasse in tali casi per la mancanza delle necessarie cautele, sarà a tutto carico dell'Appaltatore.

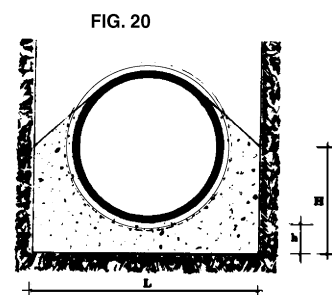
39.1.4 Preparazione del piano di posa – Massetto

Nelle zone rocciose, quando non fosse possibile rendere liscio il fondo dello scavo o laddove la natura dei terreni lo rendesse opportuno, ed in ogni caso su disposizione della Direzione Lavori, le tubazioni saranno poste in opera con l'interposizione di apposito letto di sabbia (o di materiale arido a granulometria minuta) dell'altezza minima di $D/10 + 10$ cm (essendo "D" il diametro esterno del tubo espresso in cm) esteso a tutta la larghezza e lunghezza del cavo.

Qualora fosse prescritta la posa su massetto delle tubazioni, lo stesso sarà realizzato con conglomerato cementizio magro, conformato come alla Fig. 21, con misure (in sezione) non inferiori a quelle riportate nella seguente tabella.

TAB. 84 - Tubazioni interrate. Dimensionamento minimo del massetto di posa

| PARAMETRI | | Diametro esterno del tubo (cm) | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----|--------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | |
| Altezza platea | (h) | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 12 | 12 | 12 | 14 | 14 | 14 | 16 | |
| Altezza rinfiango | (H) | 10 | 14 | 18 | 25 | 27 | 30 | 36 | 40 | 46 | 55 | 63 | 68 | 78 | |
| Larghezza massetto | (L) | 40 | 45 | 50 | 55 | 65 | 70 | 75 | 80 | 95 | 105 | 115 | 130 | 140 | |



39.1.5 Scarico dai mezzi di trasporto

Lo scarico dei tubi dai mezzi di trasporto dovrà essere effettuato con tutte le precauzioni atte ad evitare danni di qualsiasi genere, sia alla struttura stessa dei tubi che ai rivestimenti. Sarà vietato l'aggancio a mezzo di cappio di funi metalliche.

39.1.6 Pulizia dei tubi e accessori

Prima di essere posto in opera ciascun tubo, raccordo o apparecchio dovrà essere accuratamente pulito dalle tracce di ruggine o di qualunque altro materiale estraneo; dovrà evitarsi inoltre che nell'operazione di posa detriti o altro si depositino entro la tubazione provvedendo peraltro, durante le interruzioni del lavoro, a chiuderne accuratamente le estremità con appositi tappi.

39.1.7 Posa in opera dei tubi

I tubi verranno calati nelle trincee con mezzi adeguati a preservarne l'integrità e verranno disposti nella giusta posizione per l'esecuzione delle giunzioni. I singoli elementi saranno calati il più possibile vicino al posto di montaggio, così da evitare spostamenti notevoli lungo i cavi.

Salvo quanto riguarda in particolare la formazione delle giunzioni, ogni tratto di condotta dovrà essere disposto e rettificato in modo che l'asse della tubazione unisca con uniforme pendenza diversi punti fissati con appositi picchetti, così da corrispondere esattamente all'andamento planimetrico ed altimetrico stabilito nelle planimetrie e nei profili di progetto o comunque disposti dalla Direzione Lavori. In particolare non saranno tollerate contropendenze in corrispondenza di punti in cui non fossero previsti sfiati o scarichi; ove così si verificasse, l'Appaltatore dovrà a proprie spese rimuovere le tubazioni e ricollocarle in modo regolare come da prescrizione.

Nessun tratto di tubazione dovrà essere posato in orizzontale. I bicchieri dovranno essere possibilmente rivolti verso la direzione in cui procede il montaggio, salvo prescrizioni diverse da parte della Direzione Lavori.

Gli assi dei tubi consecutivi appartenenti a tratte di condotta rettilinea dovranno essere rigorosamente disposti su una retta. Saranno comunque ammesse deviazioni fino ad un massimo di 5° (per i giunti che lo consentono) allo scopo di permettere la formazione delle curve a largo raggio. I tubi dovranno essere disposti in modo da poggiare per tutta la loro lunghezza.

39.1.8 Posa in opera dei raccordi, apparecchi e accessori

L'impiego dei raccordi e degli apparecchi dovrà corrispondere alle indicazioni di progetto o a quelle più particolari che potrà fornire la Direzione Lavori. La messa in opera dovrà avvenire in perfetta coassialità con l'asse della condotta, operando con la massima cautela per le parti meccanicamente delicate.

39.1.9 Giunzioni in genere

Le giunzioni dovranno essere eseguite secondo la migliore tecnica relativa a ciascun tipo di materiale, con le prescrizioni più avanti riportate e le specifiche di dettaglio indicate dal fornitore.

Le giunzioni non dovranno dar luogo a perdite di alcun genere, qualunque possa essere la causa determinante (uso, variazioni termiche, assestamenti, ecc.) e questo sia in prova che in anticipato esercizio e fino a collaudo.

39.1.10 Protezione esterna delle tubazioni

Le tubazioni interrate, se in acciaio, saranno protette con protezione catodica; se in ghisa, mediante catramatura o bitumatura a caldo.

La protezione esterna dovrà essere continua ed estesa anche ai raccordi ed agli elementi metallici di fissaggio; qualora perciò nelle operazioni di montaggio la stessa dovesse essere danneggiata, si dovrà provvederle al perfetto reintegro o all'adozione di sistemi integrativi di efficacia non inferiore.

39.1.11 Murature di contrasto e di ancoraggio

Tutti i pezzi speciali come curve planimetriche ed altimetriche, derivazioni, estremità cieche di tubazioni, saracinesche di arresto, ecc., se inseriti in tubazioni soggette a pressione (anche occasionalmente), dovranno essere opportunamente contrastati o ancorati. Parimenti murature di ancoraggio dovranno costruirsi per le tubazioni da posare in terreno a forte pendenza, a distanza inversamente proporzionale alla pendenza stessa e differente a seconda del tipo di giunzione. I blocchi di contrasto saranno generalmente di calcestruzzo e verranno proporzionati alla spinta da sostenere, spinta che sarà funzione della pressione di

prova e del diametro della tubazione. Nel caso di curve verticali convesse, l'ancoraggio verrà assicurato da cravatte di acciaio fissate al blocco e protette contro la corrosione.

In tutti i casi i giunti della tubazione dovranno risultare accessibili.

39.1.12 Attraversamenti

In tutti gli attraversamenti stradali, ove non fossero presenti cunicoli o controtubi di protezione, dovrà provvedersi all'annegamento dei tubi in sabbia, curando che il rinterro sulla generatrice superiore non sia inferiore ad 1 m. Ove si dovessero attraversare dei manufatti, dovrà evitarsi di murare le tubazioni negli stessi, curando al tempo la formazione di idonei cuscinetti fra tubo e muratura a protezione anche dei rivestimenti.

39.1.13 Lavaggio e disinfezione delle tubazioni

Le tubazioni da adibire a condotte di acqua potabile dovranno essere scrupolosamente sottoposte a pulizia e lavaggio, prima e dopo le operazioni di posa, ed inoltre ad energica disinfezione da effettuare con le modalità prescritte dalla competente Autorità comunale o dalla Direzione Lavori.

L'immissione di grassello o l'adozione di altri sistemi di disinfezione dovrà essere ripetuta tutte le volte che dovessero rinnovarsi le prove delle tubazioni, e questo senza alcun particolare compenso per l'Appaltatore.

39.1.14 Prova delle tubazioni

L'Appaltatore sarà strettamente obbligato ad eseguire le prove dei tronchi di tubazione posati al più presto possibile e pertanto dovrà far seguire immediatamente, alla esecuzione delle giunzioni, la costruzione delle murature di contrasto e di ancoraggio (se necessarie). Contemporaneamente dovrà disporre il rinterro parziale dei tubi nei tratti di mezzeria, curando che i giunti rimangano scoperti. Successivamente, non appena scaduti i termini di stagionatura delle murature anzi dette, dovrà attuare tutte le operazioni per l'esecuzione delle prove. Di conseguenza tutti i danni, per quanto gravi ed onerosi, che possano derivare alle tubazioni, alle trincee, ai lavori in genere ed alla proprietà dei terreni, a causa di eventuali ritardi nelle operazioni suddette, saranno a totale carico dell'Appaltatore.

Le prove saranno effettuate per tronchi di lunghezza media di 500 m, restando però in facoltà della Direzione Lavori aumentare o diminuire tali lunghezze. L'Appaltatore dovrà provvedere a sue cure e spese a tutto quanto sarà necessario per la perfetta esecuzione delle prove e per il loro controllo. Dovrà approvvigionare quindi l'acqua per il riempimento delle tubazioni (pure nel caso che mancassero gli allacciamenti alla rete o a qualunque altra fonte di approvvigionamento diretto), i piatti di chiusura, le pompe, i rubinetti, i raccordi, le guarnizioni, i manometri registratori e le opere provvisorie di ogni genere.

La prova verrà effettuata riempiendo d'acqua il tronco interessato e raggiungendo la pressione prescritta mediante pompa applicata all'estremo più depresso del tronco stesso; anche le letture al manometro dovranno effettuarsi in tale punto. Dovrà però tenersi presente che la pressione idraulica nel punto più alto del tronco non dovrà risultare minore della pressione idraulica nel punto più basso di oltre il 20%.

Riempito il tronco da provare, questo dovrà restare in carico per circa 24 h ad una pressione idrostatica il cui valore dovrà essere non maggiore della pressione di progetto del tronco stesso. Al termine delle 24 h, contate a partire dal momento in cui il tratto in prova comincerà a mantenersi alla pressione applicata, si procederà ad una accurata ispezione delle parti visibili della tubazione, con particolare attenzione per i giunti ed i raccordi.

Superata positivamente tale prova preliminare, la tubazione verrà gradualmente sottoposta alla pressione di prova vera e propria, che dovrà essere mantenuta per un periodo da 2 h a 8 h secondo prescrizione. Al termine, posto l'esito favorevole della prova, si procederà nel più breve tempo al rinterro totale dello scavo, lasciando scoperti unicamente i punti che collegheranno tra loro i vari tronchi di prova. Di seguito, quando tutte le prove parziali fossero state ultimate, i vari tratti provati verranno tra loro collegati in via definitiva e l'intera condotta verrà allora messa in carico immettendovi la pressione di esercizio prevista in progetto. Quindi si procederà al rinterro completo dello scavo nei punti ancora scoperti.

Le prove saranno eseguite in contraddittorio tra la Direzione Lavori e l'Appaltatore e, per ogni prova dal risultato positivo, verrà redatto apposito verbale sottoscritto dalle parti.

39.1.15 Pressioni di prova e collaudo

Le pressioni di prova saranno stabilite in funzione del tipo di tubazioni impiegate e delle condizioni di esercizio delle condotte e delle canalizzazioni.

Quando le tubazioni dovessero o potessero venire soggette a pressione, anche per breve tempo, la pressione di prova cui dovranno essere sottoposte sarà almeno $1,5 \div 2$ volte quella statica massima prevista per il tratto cui appartiene il tronco da provare; questo sempreché detto valore risulti superiore alla pressione di esercizio $P_e + 2$ (bar), valore limite inferiore per le pressioni di collaudo P_c .

Nel caso di canalizzazioni di scarico con funzionamento non a pressione (fognature, ecc.) le pressioni di collaudo in campo saranno riferite alle pressioni realizzabili tra l'asse della condotta ed il piano stradale o di campagna, per tratte caratterizzate da dislivello non superiore a 0,50 m circa. In ogni caso la pressione di prova sarà non inferiore a 0,5 bar, dovrà essere mantenuta per non meno di 15 minuti (previo riempimento preliminare della canalizzazione della durata di 24 h) e sarà misurata esclusivamente con un piezometro, in modo da poter verificare la quantità di acqua eventualmente aggiunta.

Disposizioni diverse potranno comunque venire impartite dalla Direzione Lavori, in accordo anche a particolari specifiche di normazione.

39.1.16 Rinterro dei cavi

Per il rinterro dei cavi si riutilizzeranno, salvo diversa disposizione, i materiali provenienti dagli scavi, in precedenza depositati lungo uno o entrambi i lati degli stessi, o a deposito provvisorio, qualunque sia la consistenza ed il grado di costipamento delle materie stesse. Il rinterro sarà effettuato rincalzando i tubi lateralmente con materiale a granulometria fine e minuta ed avendo cura che non vengano a contatto degli eventuali rivestimenti pietre o quant'altro possa costituire fonte di danneggiamento, restando l'Appaltatore unico responsabile dei danni e delle avarie comunque prodotti alle condotte in dipendenza dei modi di esecuzione del rinterro.

Oltre l'altezza di 30 cm sulla generatrice superiore delle tubazioni, il rinterro sarà eseguito per strati successivi di altezza non maggiore di 30 cm, regolarmente spianati e bagnati ed accuratamente pistonati con mazzaranghe, e questo fino a superare il piano di campagna con un colmo di altezza sufficiente a compensare i futuri assestamenti.

L'altezza dei rinterri sulla generatrice superiore delle tubazioni potrà variare in rapporto alle condizioni del tracciato (morfologia e natura dei terreni e tipologia dei carichi). In ogni caso tale altezza non potrà essere inferiore a: 0,60 m ove il tracciato interessi terreni incolti, boschi, strade pedonali; 1,00 m nel caso di terreni coltivati e strade soggette a traffico leggero; 1,50 m nel caso di strade soggette a traffico pesante.

Resta comunque stabilito che l'Appaltatore dovrà verificare le condizioni statiche delle tubazioni in rapporto anche ai carichi ovalizzanti e pertanto lo stesso sarà unico responsabile degli eventuali danni che dovessero verificarsi, per insufficiente ricoprimento o per mancanza o inidoneità delle protezioni.

39.2 TUBAZIONI DI CLORURO DI POLIVINILE (PVC)

39.2.1 Generalità

Le tubazioni di cloruro di polivinile dovranno essere realizzate, in quanto ai materiali, con tubi di PVC non plastificato rispondenti ai requisiti di accettazione di cui al punto 12.2. del presente Capitolato. La posa in opera avverrà nel rispetto delle prescrizioni di progetto, con tutte le attenzioni che l'uso di detto materiale comporta.

Nel caso di tubazioni interrato, la posa e la prima parte del rinterro dovranno eseguirsi con l'impiego di materiale arido a granulometria minutissima (possibilmente sabbia, per uno spessore di copertura non inferiore a 20 cm), curando opportunamente la protezione nei riguardi dei carichi di superficie e di eventuali danneggiamenti accidentali. Nel caso di tubazioni esterne la posa avverrà a mezzo di opportuni ancoraggi e/o sostegni.

Nella posa in opera, saranno vietate la formazione in cantiere dei bicchieri di innesto (dovendosi nel caso approvvigionare tubi preformati in stabilimento), la curvatura a caldo (dovendosi nel caso impiegare i relativi pezzi speciali) e la cartellatura.

Le giunzioni potranno essere, in rapporto alle prescrizioni, sia di tipo rigido, effettuate a mezzo di incollaggi e/o saldature, sia di tipo elastico, effettuate a mezzo di idonei anelli elastomerici di tenuta. Nelle giunzioni esterne del primo tipo dovrà essere tenuto conto dell'elevato coefficiente di dilatazione termica lineare del PVC (pari a circa 0,08 mm/m °C) inserendo, a monte dei punti fissi (nodi) appositi giunti di dilatazione; ciò in particolare nel caso si tratti di una certa lunghezza e di andamento rettilineo.

Le prescrizioni per l'accettazione delle tubazioni in PVC rigido (non plastificato) sono contenute nelle seguenti norme UNI:

- UNI EN 1401: Tubi di PVC rigido (non plastificato) per condotte di scarico interrato. Tipi, dimensioni e caratteristiche.
- UNI 7448-75: Tubi di PVC rigido (non plastificato). Metodi di prova generali.
- UNI 7444-75: Raccordi di PVC rigido (non plastificato) per condotte di scarico dei fluidi. Tipi, dimensioni e caratteristiche (limitata al D 200).
- UNI 7449-75: Raccordi di PVC rigido (non plastificato).

I tubi, i raccordi e gli accessori di PVC dovranno essere contrassegnati con il marchio di conformità IIP di proprietà dell'Ente Nazionale Italiano di Unificazione UNI e gestito dall'Istituto Italiano dei Plastici, giuridicamente riconosciuto con DPR n. 120 dell'1.2.1975.

Per quanto riguarda:

- il trasporto e l'accatastamento;
- le condizioni di impiego;
- i sistemi di giunzione e le loro modalità di esecuzione;
- le condizioni di impiego;
- i sistemi di giunzione e le loro modalità di esecuzione;
- i collegamenti;
- il collaudo,

si dovrà tenere conto di quanto indicato nelle Pubblicazioni n. 3 (luglio 1976) e n. 11 (ottobre 1978) dell'Istituto Italiano dei Plastici.

I giunti saranno realizzati mediante l'utilizzo di guarnizioni elastomeriche, secondo le seguenti fasi:

- a) le estremità dei tubi da accoppiare dovranno essere smussate correttamente;
- b) le superfici di accoppiamento saranno accuratamente pulite;
- c) introdurre in modo corretto la guarnizione elastomerica nella sede del bicchiere;
- d) lubrificare la superficie interna della guarnizione
- e) unire i due tubi facendo attenzione che la guarnizione non esca dalla sua sede.

Dopo questa operazione occorrerà attenersi alle istruzioni del fabbricante del collante, prima di procedere nelle altre giunzioni e di mettere in esercizio l'impianto.

La posa in opera delle condotte in PVC della serie SN4 (4 KN/mq) verrà eseguita su sottofondo, rinfilanco e copertura in calcestruzzo C16/20 dello spessore di 15 cm.

Tutti i tratti di fognatura dovranno infatti assicurare la perfetta tenuta idraulica a norma della vigente legislazione in materia di inquinamento.

39.2.2 Giunzioni rigide

Potranno essere del tipo a *bicchiere incollato*, del tipo a *bicchiere incollato e saldato*, del tipo a *manicotto incollato (e saldato)*, del tipo a *vite e manicotto* ed infine del tipo a *flangia mobile*.

Il giunto a bicchiere incollato sarà effettuato, previa pulizia delle pareti con idoneo solvente, spalmando l'estremità liscia del tubo e l'interno del bicchiere con opportuno collante vinilico (fornito dalla stessa ditta dei tubi) e realizzando l'accoppiamento con leggero movimento rotatorio onde favorire la distribuzione del collante stesso. Il tubo sarà spinto quindi fino in fondo al bicchiere ed il giunto così ottenuto dovrà essere lasciato indisturbato per non meno di 48 ore.

Il giunto a bicchiere incollato e saldato sarà effettuato come in precedenza con l'aggiunta di una saldatura in testa al bicchiere eseguita con adatto materiale di apporto in PVC. Tale sistema di giunzione comunque, al fine di non diminuire le caratteristiche di resistenza dei tubi, non verrà impiegato nel caso di spessori non sufficienti.

Il giunto a manicotto sarà effettuato su tubi con estremità lisce, per introduzione ed incollaggio delle stesse in un manicotto sagomato, espressamente costruito per lo scopo. Anche questo tipo di giunto potrà essere se del caso rinforzato, con la saldatura dei bordi del manicotto eseguita come in precedenza.

Il giunto a flangia mobile verrà impiegato quando fosse richiesta la possibilità di montaggio e smontaggio della tubazione con una certa frequenza o per l'inserimento di apparecchiature e verrà effettuato incollando sull'estremità liscia del tubo un collare di appoggio contro il quale si porterà a contrastare una flangia di PVC. La tenuta sarà realizzata interponendo tra le flange un'opportuna guarnizione in gomma.

39.2.3 Giunzioni elastiche

Saranno effettuate su tubi e pezzi speciali, un'estremità dei quali sarà idoneamente foggata a bicchiere e sede di apposita guarnizione elastica, o su tubi lisci a mezzo apposito manicotto a doppia guarnizione.

Per l'esecuzione del giunto, pulite accuratamente le parti da congiungere, si inserirà l'anello nella sede predisposta, quindi si lubrificerà la superficie interna dello stesso e quella esterna del codolo con apposito lubrificante (acqua saponosa o lubrificanti a base di siliconi, ecc.) e si infilerà la punta nel bicchiere fino all'apposito segno di riferimento, curando che l'anello o gli anelli (nel caso del manicotto) non escano dalla sede.

39.2.4 Prova idraulica per condotte in pressione

Per l'esecuzione della prova idraulica valgono le norme generali di cui al precedente punto 29.1.15. La prova sarà riferita alla condotta con relativi giunti, curve, derivazioni e riduzioni, escluso quindi qualsiasi altro accessorio idraulico quali: saracinesche, sfiati, scarichi di fondo, idranti, ecc.

Riempita la tratta dal punto più depresso, previa completa fuoriuscita dell'aria, si procederà a sottoporla a pressione a mezzo di una pompa a mano, salendo gradualmente di un'atmosfera al minuto primo fino a raggiungere la pressione di esercizio. Questa verrà mantenuta da 2 a 24 h, secondo prescrizione, per consentire l'assestamento dei giunti e la eliminazione di eventuali perdite che non richiedano lo svuotamento della condotta.

Ad esito positivo di tale prova, si procederà a portare la tratta interessata alla pressione di prova. Quest'ultima sarà di 1,5 volte la pressione di esercizio, dovrà essere raggiunta con la gradualità sopra specificata e verrà mantenuta costante per una durata minima di 2 ore.

39.3 TUBAZIONI ED APPARECCHIATURE DI SCARICO

39.3.1 *Tubazioni in calcestruzzo vibrocompresso armato*

Tubazioni in calcestruzzo vibrocompresso della lunghezza utile di 200 cm, di sezione circolare e base d'appoggio, con incastro del tipo a bicchiere. I tubi, che dovranno essere marcati con il nome del produttore e garantire la rintracciabilità del lotto di produzione, dovranno essere prodotti con cemento del tipo 42,5R ad alta resistenza ai solfati e con dosaggio di cemento e rapporto acqua/cemento idoneo all'ambiente d'esposizione secondo UNI EN 206/1, con caratteristica a compressione del calcestruzzo maturo non inferiore a 45 N/mm² ed assorbimento massimo minore del 6%. Tra i singoli elementi verrà interposto un giunto in gomma sintetica a rotolamento (oppure a cuneo, oppure lamellare) conforme alla norma UNI EN 681.1, atto a garantire la tenuta idraulica della condotta ad una pressione d'esercizio massima interna di 0,5 bar. Le pareti interne saranno trattate a spruzzo con resina epossidica bicomponente. La condotta è destinata a raccogliere e convogliare acque nere, acque piovane e acque superficiali per gravità. Le tubazioni, prive di fori passanti, andranno poste in opera su platea in calcestruzzo (classe 25 N) armata con rete elettrosaldata (su sottofondo in toutvenant ben compattato) delle dimensioni come da progetto, ed eventuale rinfiando con materiale e condizioni contenute nel calcolo statico. La giunzione tra i vari elementi dovrà essere realizzata solamente mediante apparecchiature idrauliche o manuali (del tipo TIR-FOR) e comunque sotto il controllo e l'approvazione della direzione lavori. La posa dovrà essere preceduta dall'applicazione sulla estremità opposta a quella dove risiede il giunto di apposito lubrificante sintetico per favorire l'innesto dei tubi. La condotta dovrà sopportare il riempimento di prima fase ed i carichi propri secondo quanto indicato in progetto ed in sede di verifica statica, da parte del produttore dei tubi, con Ingegnere iscritto all'albo. Le tubazioni dovranno essere prodotte e controllate nelle varie fasi del processo produttivo da azienda operante in conformità alla norma UNI EN 1916:2004 con Sistema di attestazione della conformità di tipo 4 e munite di Dichiarazione di conformità che autorizza il fabbricante ad apporre la marcatura CE. La stessa dovrà figurare sui documenti commerciali di accompagnamento (bolla di consegna) della merce.

39.3.2 *Valvola antiriflusso a clapet*

Valvola antiriflusso di fine linea costruita in poliestere rinforzato e gel-cot isoftalico, metallerie in acciaio inox AISI 316, per accoppiamento su tubi di qualsiasi materiale (PVC, PEAD, PRFV, gres, ghisa, fibrocemento, etc) per mezzo di giunti multidiametrali MSC, battente inclinato, tenuta idraulica 1 bar, guarnizione di tenuta in EPDM.

39.3.3 *Chiavica prefabbricata*

Chiavica portaventola prefabbricata in c.a. idonea all'installazione di ventole, fornita e posta in opera comprese le operazioni di scavo a sezione obbligata, anche in presenza di acqua ed in terreni di qualunque natura e consistenza, eseguite a macchina e regolarizzate a mano se necessario, compresi gli aggettamenti, l'asportazione di eventuali massi trovanti o eventuali manufatti precedentemente realizzati e da demolire, la formazione di idoneo piano di appoggio e la sistemazione del materiale eccedente in zona adiacente al cantiere o in discarica.

39.3.4 *Pietrame calcareo*

Pietrame calcareo di cava, con tolleranza di elementi di peso inferiore fino al 15% del volume, fornito e posto in opera per formazione di difese radenti, costruzione di pennelli, briglie, soglie, rampe.

Elementi di peso da 51 a 1000 kg.

Art. 40. OPERE IN VERDE

40.1 LAVORI DI RIVESTIMENTO VEGETALE

La delimitazione delle aree da rivestire con manto vegetale sarà stabilita di volta in volta che le relative superfici saranno pronte per la sistemazione a verde. L'Appaltatore dovrà provvedere innanzi tutto a riprendere con terreno agrario le eventuali erosioni determinatesi, curando che non vengano modificati i piani inclinati degli scavi e dei rilevati, piani che, anche dopo il rivestimento del manto vegetale, dovranno risultare perfettamente regolari e con cigli ben profilati.

40.1.1 *Lavorazione del terreno e concimazione*

Prima di effettuare qualsiasi impianto o semina, l'Appaltatore dovrà eseguire un'accurata preparazione e lavorazione del terreno. Sulle scarpate di rilevato, questa avrà il carattere di vera e propria erpicatura, eseguita però superficialmente. Per le scarpate in scavo la lavorazione del terreno, a seconda della consistenza dei suoli, potrà limitarsi alla creazione di buchette per la messa a dimora di piantine o talee oppure alla creazione di piccoli solchetti e gradoncini, che consentano la messa a dimora di piante o la semina di miscugli.

In occasione del lavoro di erpicatura e prima dell'impianto delle talee, o delle piantine, o dell'impioamento, l'Appaltatore effettuerà la concimazione di fondo, che sarà realizzata con la somministrazione di concimi minerali nei quantitativi di cui alla tabella accanto.

| Controllo di tipo A | Controllo di tipo B |
|-------------------------|---------------------------|
| $R_1 \geq R_{ck} - 3,5$ | |
| $R_m \geq R_{ck} + 3,5$ | $R_m \geq R_{ck} + 1,48s$ |
| (N° prelievi 3) | (N° prelievi ≥ 5) |

Oltre alla concimazione di fondo, l'Appaltatore dovrà effettuare le opportune concimazioni in copertura, impiegando concimi complessi, in modo che lo sviluppo della vegetazione e del manto di copertura risulti, ad ultimazione dei lavori ed alla data del collaudo, a densità uniforme e senza spazi vuoti o radure. La composizione delle concimazioni di fondo, in rapporto al pH dei terreni da trattare, sarà specificata dalla Direzione Lavori con ordine di servizio.

40.1.2 *Piantamento*

Per la piantagione delle talee o delle piantine l'Appaltatore sarà libero di effettuare l'operazione in qualsiasi periodo, entro il tempo previsto per l'ultimazione, che ritenga più opportuno per l'attecchimento, restando comunque a suo carico la sostituzione delle piantine che per qualsiasi ragione non avessero attecchito. La piantagione verrà effettuata a quinconce, a file parallele al ciglio della strada.

Le distanze per la messa a dimora, a seconda della specie delle piante, saranno le seguenti:

- *Piante a portamento erbaceo o strisciante*: 25 cm (Festuca glauca, Gazania splendens, Hedera helix, Hypericum calycimum, Lonicera semper virens, Stachys lanata);
- *Piante a portamento arbustivo*: 50 cm (Crataegus pyracantha, Cytisus scoparius, Eucaliptus sp. pl., Mahonia aquifolium, Nerium oleander, Opuntia ficus indica, Pitosporum tobira, Rosmarinus officinalis, Spartium junceum).

Prima dell'inizio dei lavori d'impianto l'Appaltatore riceverà un ordine di servizio nel quale saranno indicate le varie specie da impiegare nelle singole zone. L'impianto delle piante erbacee potrà essere fatto

con l'impiego di qualsiasi macchina o attrezzo. Per l'impianto delle specie a portamento arbustivo l'Appaltatore avrà invece cura di operare in ampie buche preventivamente preparate e concimate.

L'Appaltatore dovrà approntare a piè d'opera il materiale vivaistico perfettamente imballato, in modo da evitare fermentazioni o essiccamenti durante il trasporto. In ogni caso le piantine dovranno presentarsi, al momento dell'impianto, in stato di completa freschezza e vitalità.

40.1.3 Semine

Per particolari settori di scarpate stradali, determinati dalla Direzione Lavori a suo insindacabile giudizio, il rivestimento con manto vegetale potrà essere formato mediante semine di specie foraggere, in modo da costituire una copertura con le caratteristiche del prato polifita stabile.

Il quantitativo di seme da impiegarsi per ogni ettaro di superficie di scarpata sarà 120 kg; all'atto della semina l'Appaltatore dovrà effettuare la somministrazione dei concimi potassici o fosfatici nei quantitativi previsti; i concimi azotati dovranno invece venire somministrati a germinazione avvenuta.

I miscugli di sementi da impiegarsi nei vari tratti da inerbire risultano dalla Tab. 86. Il tipo di miscuglio da impiegare sarà stabilito dalla Direzione Lavori con ordine di servizio. L'Appaltatore sarà libero di effettuare le operazioni di semina in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina in caso di non perfetta germinazione.

TAB. 86 - Seminagioni di scarpate. Tipi di miscuglio

| | Terreni calcarei sciolti | Terreni, di medio impasto fertili | Terreni di medio impasto argillo-silicei-fertili | Terreni pesanti argillosi freschi | Terreni di medio impasto clima caldo-secco |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|
| S P E C I E | TIPO DI MISCUGLIO | | | | |
| | 1° | 2° | 3° | 4° | 5° |
| | chilogrammi/ettaro | | | | |
| Lolium italicum | — | 23 | 14 | 30 | — |
| Lolium perenne | 30 | — | — | — | 20 |
| Arrhenatherum elatius | 3 | 25 | 14 | 12 | — |
| Dactylis glomerata | 7 | 5 | 3 | — | — |
| Trisetum flavescens | — | — | 28 | 20 | — |
| Festuca pratensis | 10 | 7 | 9 | 6 | — |
| Festuca rubra | — | — | — | — | 6 |
| Festuca ovina | — | — | — | — | 9 |
| Festuca heterophylla | — | 7 | 7 | 12 | — |
| Phleum pratense | — | 12 | 11 | 16 | — |
| Alopecurus pratensis | — | — | — | — | 3 |
| Cynosurus cristatus | 3 | 23 | 18 | 4 | 2 |
| Poa pratensis | — | 6 | 4 | 4 | — |
| Agrostis alba | — | — | — | — | 1 |
| Anthoxanthum odoratum | — | — | — | — | 15 |
| Bromus erectus | 40 | — | — | — | 12 |
| Bromus inermis | 8 | 5 | 6 | 4 | — |
| Trifolium pratense | — | 7 | 4 | — | — |
| Trifolium repens | — | — | — | 6 | — |
| Trifolium hybridum | 3 | — | — | — | 6 |
| Medicago lupulina | — | — | — | — | 40 |
| Onobrychis sativa | 10 | — | 2 | 6 | 3 |
| Anthyllis vulneraria | 6 | — | 2 | 6 | 3 |
| Lotus corniculatus | — | — | — | — | — |
| Totale kg. | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |

La ricopertura del seme dovrà essere fatta mediante rastrelli a mano e con erpice a sacco. Dopo la semina, così come a germinazione avvenuta, il terreno dovrà essere battuto con il rovescio della pala.

40.1.4 Semine di miscugli preparatori su terreni destinati a talee

Nei tratti di scarpata con terreni di facile erodibilità la Direzione Lavori potrà ordinare, anche se fossero già stati effettuati o previsti impianti di talee e piantine, la seminagione di un particolare miscuglio da prato, con funzione preparatoria e miglioratrice del terreno e ad un tempo di rinsaldamento contro l'erosione delle

acque. In questo caso le specie componenti il miscuglio e le rispettive quantità saranno le seguenti: Trifolium pratense 25 kg/ha; Trifolium hybridum 12 kg/ha; Trifolium repens 25 kg/ha; Medicago lupulina 12 kg/ha; Lotus corniculatus 26 kg/ha.

40.1.5 Semine mediante attrezzature a spruzzo

Le scarpate in rilevato o in scavo potranno venire sistemate mediante semine eseguite con particolari attrezzature a spruzzo e protezione con paglia, secondo le prescrizioni della Direzione. Il sistema potrà essere impiegato in tre modi differenti e precisamente:

- a) impiego di miscuglio come da prescrizione, concime granulare ed acqua;
- b) impiego di miscuglio come in a) ma con l'aggiunta di collanti come cellulosa, bentonite, torba, ecc.;
- c) impiego di miscuglio come in a) e successivo spandimento di paglia.

I quantitativi di concimi e di sementi saranno gli stessi previsti ai precedenti punti con l'aggiunta per il caso b), di scarto di cellulosa e bentonite sufficiente per ottenere l'aderenza dei semi e del concime alle pendici delle scarpate. In particolari settori, se ordinato dalla Direzione, alla semina effettuata come in a) seguirà uno spandimento di paglia da effettuarsi con macchine che consentano anche la spruzzatura di emulsione bituminosa. La paglia sarà impiegata nel quantitativo di 5 t/ha mentre l'emulsione, con funzione di collante, sarà nel quantitativo di 1,2 t/ha.

40.1.6 Rivestimento in zolle erbose

Nel caso di rivestimento con zolle erbose di vecchio prato polifita stabile, le zolle saranno ritagliate in formelle di forma quadrata, di dimensioni medie di 25 x 25 cm, saranno disposti a file con giunti sfalsati tra file contigue, e dovranno risultare assestate perfettamente senza alcuna soluzione di continuità. Il piano di impostazione dovrà essere preventivamente e debitamente costipato e spianato secondo l'inclinazione delle scarpate.

Per scarpate di sviluppo superiore a 2,50 m, l'Appaltatore dovrà realizzare, ogni 2,00 m di sviluppo, delle strutture di ancoraggio a prevenzione di eventuali scivolamenti in fase di radicamento. Tali strutture avranno la forma di graticciate e saranno costruite con paletti di castagno, del diametro minimo di 4 cm, infissi saldamente nel terreno per una profondità di 40 cm e sporgenti dallo stesso per 10 cm, posti alla distanza di 25 cm ed intrecciati per la parte sporgente fuori terra con verghe di castagno, nocciolo, carpino, gelso, ecc., con esclusione del salice e del pioppo.

40.1.7 Cure colturali

Dal momento della consegna l'Appaltatore dovrà effettuare gli sfalci periodici dell'erba sulle aree da impiantare e sulle aree rivestite con zolle da prato. L'operazione dovrà essere ripetuta ogni qualvolta l'erba stessa dovesse raggiungere un'altezza di 35 cm.

Dopo eseguito l'impianto, e fino al collaudo definitivo delle opere, l'Appaltatore sarà tenuto ad effettuare tutte le cure colturali che di volta in volta si renderanno necessarie, come innaffiamenti (anche con trasporto di acqua), sostituzione di fallanze, potature, diserbi, sarchiature, concimazioni in copertura, sfalci, trattamenti antiparassitari, ecc., nel numero e con le modalità richiesti per ottenere le scarpate completamente rivestite dal manto vegetale.

40.1.8 Pulizia del piano viabile

Al termine di ogni operazione di impianto o di manutenzione, il piano viabile dovrà risultare assolutamente sgombro da rifiuti, erbe, terra, ecc. Occorrendo si darà luogo pertanto a scopature, spazzolature e lavaggi, specie con particolare riguardo per la segnaletica orizzontale.

Art. 41. SEGNALETICA STRADALE

41.1 GENERALITÀ

Tutta la segnaletica stradale dovrà essere realizzata nel pieno rispetto del Regolamento di esecuzione del "Codice della Strada". La Direzione Lavori potrà peraltro richiedere all'Appaltatore la redazione di un preventivo progetto grafico il quale, nei casi specificatamente previsti dalle norme (autostrade, strade di grande traffico), dovrà essere sottoposto all'esame ed all'approvazione del Ministero Infrastrutture e Trasporti.

I simboli dovranno essere sempre rigorosamente identici a quelli previsti dalle norme, salvo la diversità delle dimensioni a seconda del formato del segnale. Anche il proporzionamento tra simboli e zone di colore, tra iscrizioni e fondo circostante dovrà essere rigorosamente costante per tutti i segnali dello stesso tipo, per qualunque dimensione. Il progetto dei vari segnali dovrà pertanto essere condotto sul piano della perfetta similitudine ovvero, praticamente, per ingrandimento o trasporto fotografico dei disegni ufficiali.

L'Appaltatore dovrà garantire per la durata di almeno 6 mesi dalla data del collaudo la buona conservazione della segnaletica verticale, tanto contro i difetti di costruzione quanto contro quelli di ogni singolo materiale costituente il segnale. Pertanto resteranno a suo carico la sostituzione ed il ripristino di tutti quei cartelli che abbiano ad alterarsi o deformarsi per cause naturali (temperatura, vento, acqua, ecc.), senza onere alcuno da parte dell'Amministrazione e dietro semplice richiesta scritta.

41.2 SEGNALETICA VERTICALE

Sarà costituita da cartelli triangolari di pericolo (lato 90 o 120 cm), da cartelli circolari di prescrizione (divieto ed obbligo, lato 60 o 90 cm) e da cartelli rettangolari o quadrati di indicazione. I cartelli saranno realizzati in lamiera di acciaio o in lamiera di alluminio (semicrudo, puro al 99 %) secondo prescrizione; nel primo caso avranno spessore non inferiore a 10/10 di mm (12/10 nel caso di dimensione minima libera superiore a 1,20 m), nel secondo caso avranno spessore non inferiore a 25/10 di mm (30/10 nel caso corrispondente).

Ogni segnale dovrà essere rinforzato lungo il suo perimetro con una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola oppure, secondo le dimensioni del cartello, mediante opportuni profilati saldati posteriormente. Qualora le dimensioni dei segnali dovessero superare la superficie di 1,25 m², i cartelli dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento saldate secondo le mediane o le diagonali. Qualora poi i segnali fossero costituiti da due o più pannelli contigui, questi dovranno essere perfettamente accostati mediante angolari, in metallo resistente alla corrosione, opportunamente forati e muniti di un sufficiente numero di bulloni zincati.

La lamiera di ferro dovrà essere prima decappata, quindi fosfatizzata mediante procedimento di bonderizzazione; la lamiera di alluminio dovrà essere resa scabra mediante carteggiatura, sgrassata a fondo, quindi sottoposta a procedimento di fosfocromatazione su tutte le superfici. Il materiale grezzo dopo aver subito detti processi di preparazione dovrà essere verniciato a fuoco con opportuni prodotti. Il retro e la scatolatura dei cartelli verrà finito in colore grigio neutro.

La pellicola retroriflettente, avente le caratteristiche di cui al punto 14.5.1 del presente Capitolato dovrà costituire, nel caso della segnaletica di pericolo e di prescrizione, un rivestimento senza soluzione di continuità di tutta la faccia utile del cartello, nome convenzionale "a pezzo unico"; nel caso invece della segnaletica di indicazione, la pellicola potrà venire applicata a più strati in sovrapposizione, ma comunque

tutta la superficie dovrà essere riflettorizzata (sia per ciò che concerne il fondo del cartello che i bordi, i simboli e le iscrizioni). In ogni caso quando i segnali di indicazione, e in particolare le frecce di direzione, fossero di tipo perfettamente identico ed in numero tale da giustificare in senso economico l'attrezzatura per la stampa, essi potranno venire richiesti nel tipo "a pezzo unico".

Le pellicole retroriflettenti termoadesive dovranno essere applicate sui supporti metallici mediante apposita apparecchiatura che sfrutti l'azione combinata della depressione e del calore e comunque l'applicazione dovrà essere eseguita a perfetta regola d'arte secondo le prescrizioni della Ditta produttrice delle pellicole. Queste ultime potranno essere richieste anche nel tipo "ad alta risposta luminosa".

Ad evitare forature, tutti i segnali dovranno essere forniti di attacco standard (adatto a sostegni in ferro tubolari Ø 48 o Ø 60 o Ø 90) composto da staffe a corsoio della lunghezza utile di 12 cm saldate al segnale, da controstaffe in acciaio zincato di spessore non inferiore a 3 mm nonché da bulloni zincati e relativi dadi. I sostegni saranno trattati previa fosfatizzazione del grezzo, con vernici di fondo antiruggine e strato di finitura termoisolante di colore grigio neutro.

La posa dei sostegni sulle banchine dovrà essere effettuata annegando il piede degli stessi in blocchi di calcestruzzo a 300 kg/m³ di cemento, blocchi le cui dimensioni dovranno essere proporzionate agli sforzi da sopportare in rapporto alle dimensioni dei pannelli segnaletici e che comunque non dovranno essere mai inferiori a 30 x 30 x 60 cm. L'altezza di posa dei segnali dovrà essere compresa tra 1,60 ÷ 2,00 m, misurati tra il bordo inferiore dei cartelli ed il piano stradale; ove comunque speciali motivi di visibilità non dovessero consigliare altrimenti, tale altezza dovrà essere di 1,80 m.

41.3 SEGNALETICA ORIZZONTALE

La segnaletica orizzontale, nei colori bianco e giallo secondo quanto dettagliato nei disegni esecutivi, verrà eseguita con vernici della migliore qualità esistenti in commercio.

Le vernici dovranno aderire tenacemente a tutti i tipi di pavimentazione con buona resistenza all'usura e dovranno conservare alta visibilità fino alla loro completa consumazione e saranno poste in opera mediante spruzzatura eseguita con idonei macchinari e da personale qualificato.

Dovrà essere eseguita preferibilmente con compressori a spruzzo, nella misura di 1,00 kg di vernice per ogni 1,20 m² di superficie. La segnaletica dovrà presentare densità superficiale uniforme, sagome a bordi netti e senza sbavature, andamento geometrico perfettamente regolare.

Il prezzo della posa comprenderà, oltre al tracciamento, le vernici e la mano d'opera, anche il materiale, il personale ed i dispositivi di protezione e di segnalazione necessari per l'esecuzione dei lavori, anche in presenza di traffico, ed ogni onere relativo alla eventuale deviazione o regolazione dello stesso.

41.3.1 *Controlli standard prestazionali*

I controlli previsti degli standard prestazionali dei materiali, devono essere effettuati al fine di verificare il mantenimento dei valori richiesti per tutta la vita funzionale. Tali verifiche saranno effettuate tutte le volte che la Stazione Appaltante lo riterrà opportuno.

Queste devono avvenire in contraddittorio con l'Appaltatore, qualora questo non si presenti, l'avvenuto prelievo o verifica sarà comunicata dal Direttore dei Lavori all'Appaltatore stesso successivamente con espressa scrittura che indichi i termini di riferimento del luogo in cui è stata effettuata la prova.

Le prove a cui saranno sottoposti i prodotti saranno eseguite in cantiere con strumentazioni portatili in sito ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori e riguarderanno:

- Colore
- Retroriflessione
- Resistenza al derapaggio

I controlli delle coordinate cromatiche verranno eseguiti, come previsto dall'allegato C della UNI EN1436, con uno strumento dotato di una sorgente luminosa avente una distribuzione spettrale del tipo D65, come definito dalla norma ISO/CIE 10526.

La configurazione geometrica di misura da impiegare deve essere la 45/0, con un angolo di illuminazione di $45^\circ \pm 5^\circ$ e un angolo di osservazione di $0^\circ \pm 10^\circ$.

Gli angoli si intendono misurati rispetto alla normale alla superficie della segnaletica.

La superficie minima misurata deve essere di 5 cm².

Per delle superfici molto rugose, la superficie di misurazione deve essere superiore a 5 cm², ad esempio 25 cm².

Il valore delle coordinate tricromatiche deve essere determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e più precisamente:

- a) **linee longitudinali**: deve risultare dalla media di tre sondaggi eseguiti nel tratto scelto per il controllo; in ogni sondaggio devono essere effettuate minimo tre letture dei valori delle coordinate cromatiche;
- b) **simboli**: per ogni simbolo, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media di cinque letture;
- c) **lettere**: per ogni lettera, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media di tre letture.
- d) **linee trasversali**: per ogni striscia trasversale, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media di cinque letture.

I controlli dei valori di retroriflessione verranno eseguiti con apparecchi che utilizzino la geometria stabilita dalla UNI EN1436 allegato B, con le seguenti principali caratteristiche:

- angolo di osservazione $\alpha = 2,29^\circ$;
- altezza osservatore rispetto al piano stradale 1,2 m
- altezza proiettori rispetto dal piano stradale 0,65 m
- superficie minima di misurazione 50 cm²;
- angolo di illuminazione $\epsilon = 1,24^\circ$;
- distanza visiva simulata 30 m;
- illuminante A analoga a quella definita dalla ISO/CIE 10526;

Il valore di retroriflessione deve essere determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e delle condizioni della superficie stradale come previsto nella UNI EN 1436 allegato B e più precisamente:

- a) **linee longitudinali**: deve risultare dalla media di tre sondaggi eseguiti nel tratto scelto per il controllo (tratto riferito ai rapportini giornalieri e/o ordinativi di lavoro). In ogni sondaggio devono essere effettuate minimo dieci letture dei valori di retroriflessione.
- b) **simboli**: per ogni simbolo, il valore di retroriflessione, sarà dato dalla media di dieci letture.
- c) **lettere**: per ogni lettera, il valore di retroriflessione, sarà dato dalla media di tre letture.
- d) **strisce trasversali**: per ogni striscia trasversale, il valore di retroriflessione, sarà dato dalla media di dieci letture.

I controlli dei valori di resistenza al derapaggio verranno eseguiti con l'apparecchio "Skid Resistance Tester", come previsto nella UNI EN 1436 allegato D, consistente in un pendolo oscillante accoppiato ad un cursore di gomma nella sua estremità libera.

Lo strumento in oggetto rileva la perdita di energia del pendolo, causata dalla frizione del cursore in gomma su una data area del segnale orizzontale, con risultato espresso in unità SRT.

Il valore di resistenza al derapaggio sarà dato dalla media di cinque letture eseguite in ogni singolo punto scelto, nel tratto riferito ai rapportini giornalieri, se i valori rilevati non differiscono di più di tre unità; altrimenti devono essere effettuate misure successive finché si otterranno cinque valori che non differiscono di più di tre unità.

Qualora i risultati delle certificazioni relativi sia alla qualità che alla posa in opera dei materiali, ottenuti dalle prove predisposte, non fossero rispondenti a quanto prescritto dal presente Capitolato Speciale dovranno essere applicati i seguenti provvedimenti:

- a) *certificazione di qualità*: i materiali non conformi a quanto richiesto nelle presenti Norme, non saranno accettati.
- b) *prodotti non approvati*: l'uso di prodotti non approvati dalla Stazione Appaltante e/o dal Direttore Lavori comporterà il non pagamento dei lavori eseguiti.
- c) *vita utile della segnaletica orizzontale*: durante il periodo della vita utile della segnaletica orizzontale, l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, a tutti i ripristini e rifacimenti che si dovessero rendere necessari a causa della carenza, anche di una sola, delle caratteristiche prestazionali richieste, come indicato nelle presenti Norme.

Art. 42. LAVORI DI VERNICIATURA

42.1 GENERALITÀ

42.1.1 *Materiali – Terminologia – Preparazione delle superfici*

I materiali da impiegare per l'esecuzione dei lavori in argomento dovranno corrispondere alle caratteristiche riportate nel presente Capitolato ed a quanto più in particolare potrà specificare l'Elenco Prezzi o prescrivere la Direzione Lavori. Per la terminologia si farà riferimento al "Glossario delle Vernici" di cui al Manuale Unichim 26. Resta comunque inteso che con il termine di "verniciatura" si dovrà intendere il trattamento sia con vernici vere e proprie che con pitture e smalti.

Qualunque operazione di tinteggiatura o verniciatura dovrà essere preceduta da una conveniente ed accurata preparazione delle superfici e precisamente da raschiature, scrostature, stuccature, levigature e lisciature con le modalità ed i sistemi più atti ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro. In particolare dovrà curarsi che le superfici si presentino perfettamente pulite e pertanto esenti da macchie di sostanze grasse ed untuose, da ossidazione, ruggine, scorie, calamina, ecc.; speciale riguardo dovrà aversi per le superfici da rivestire con vernici trasparenti.

42.1.2 *Colori – Campionatura – Mani di verniciatura*

La scelta dei colori è demandata al criterio insindacabile della Direzione Lavori. L'Appaltatore avrà l'obbligo di eseguire, nei luoghi e con le modalità che gli saranno prescritte, ed ancor prima di iniziare i lavori, i campioni delle varie finiture, sia per la scelta delle tinte che per il genere di esecuzione, e ripeterli eventualmente con le varianti richieste sino ad ottenere l'approvazione della stessa Direzione.

Le successive passate (mani) di pitture, vernici e smalti dovranno essere di tonalità diverse in modo che sia possibile, in qualunque momento, controllarne il numero. Lo spessore delle varie mani dovrà risultare conforme a quanto particolarmente prescritto; tale spessore verrà attentamente controllato dalla Direzione Lavori con idonei strumenti e ciò sia nello strato umido che in quello secco. I controlli, ed i relativi risultati, verranno verbalizzati in contraddittorio.

Le successive mani di pitture, vernici e smalti dovranno essere applicate, ove non sia prescritto un maggiore intervallo, a distanza non inferiore a 24 ore e sempreché la mano precedente risulti perfettamente essiccata. Qualora per motivi di ordine diverso e comunque in linea eccezionale l'intervallo dovesse prolungarsi oltre i tempi previsti, si dovrà procedere, prima di riprendere il trattamento di verniciatura, ad una accurata pulizia delle superfici interessate.

42.1.3 *Preparazione dei prodotti*

La miscelazione dei prodotti monocomponenti con i diluenti e dei bicomponenti con l'indurente ed il relativo diluente dovrà avvenire nei rapporti indicati dalla scheda tecnica del fornitore della pittura. Per i prodotti a due componenti sarà necessario controllare che l'impiego della miscela avvenga nei limiti di tempo previsti alla voce "pot-life".

42.1.4 Umidità e alcalinità delle superfici

Le opere ed i manufatti da sottoporre a trattamento di verniciatura dovranno essere asciutti sia in superficie che in profondità; il tenore di umidità, in ambiente al 65% di U.R., non dovrà superare il 3% o il 2%, rispettivamente per l'intonaco di calce o di cemento (o calcestruzzo); per il legno il 15% (riferito a legno secco).

Dovrà accertarsi ancora che il grado di alcalinità residua dei supporti sia a bassissima percentuale), viceversa si dovrà ricorrere all'uso di idonei prodotti onde rendere neutri i supporti stessi o a prodotti vernicianti particolarmente resistenti agli alcali.

42.1.5 Protezioni e precauzioni

Le operazioni di verniciatura non dovranno venire eseguite, di norma, con temperature inferiori a 5 °C o con U.R. superiore all'85% (per pitture monocomponenti, a filmazione fisica) e con temperature inferiori a 10 °C ed U.R. superiore all'80% (per pitture bicomponenti, a filmazione chimica). La temperatura ambiente non dovrà in ogni caso superare i 40 °C, mentre la temperatura delle superfici dovrà sempre essere compresa fra 5 e 50 °C. L'applicazione dei prodotti vernicianti non dovrà venire effettuata su superfici umide; in esterno pertanto, salvo l'adozione di particolari ripari, le stesse operazioni saranno sospese con tempo piovoso, nebbioso o in presenza di vento. In ogni caso le opere eseguite dovranno essere protette, fino a completo essiccamento in profondità, dalle correnti d'aria, dalla polvere, dall'acqua, dal sole e da ogni altra causa che possa costituire origine di danni o di degradazioni in genere.

L'Appaltatore dovrà adottare inoltre ogni precauzione e mezzo atti ad evitare spruzzi, sbavature e macchie di pitture, vernici, ecc. sulle opere già eseguite, restando a carico dello stesso ogni lavoro e provvedimento necessario per l'eliminazione degli imbrattamenti, dei degradamenti, nonché degli eventuali danni apportati.

42.1.6 Obblighi e responsabilità dell'Appaltatore

La Direzione Lavori avrà la facoltà di modificare, in qualsiasi momento, le modalità esecutive delle varie lavorazioni; in questo caso il prezzo del lavoro subirà unicamente le variazioni corrispondenti alle modifiche introdotte, con esclusione di qualsiasi extracompenso.

La stessa Direzione Lavori avrà altresì la facoltà di ordinare, a cura e spese dell'Appaltatore, il rifacimento delle lavorazioni risultanti da esecuzione non soddisfacente e questo sia per difetto dei materiali impiegati, sia per non idonea preparazione delle superfici, per non corretta applicazione degli stessi, per mancanza di cautele o protezioni o per qualunque altra causa ascrivibile all'Appaltatore. Questo dovrà provvedere con immediatezza a tali rifacimenti, eliminando nel contempo eventuali danni conseguenti dei quali rimane, in ogni caso ed a tutti gli effetti, unico responsabile.

42.1.7 Disposizioni legislative

Nei lavori di verniciatura dovranno essere osservate le disposizioni antinfortunistiche di cui al D. Lgs 81/08 e s.m.i..

42.2 SUPPORTI DI INTONACO E CALCESTRUZZO – TINTEGGIATURE E PITTURAZIONI

42.2.1 *Preparazione delle superfici*

Le superfici da sottoporre a trattamenti di tinteggiatura e pitturazione dovranno essere ultimate da non meno di 2 mesi; eventuali alcalinità residue potranno essere trattate con opportune soluzioni acide neutralizzanti date a pennello e successive spazzolature a distanza non inferiore a 24 ore. Le superfici dovranno essere portate a perfetto grado di uniformità e regolarità.

42.2.2 *Tinteggiatura a base di silicati*

La pittura a base di silicati sarà composta da silicati di potassio o di sodio liquidi, diluiti con acqua nel rapporto di 1:2 e da colori minerali in polvere ed ossido di zinco, premiscelati ed impastati con acqua nelle tonalità di tinta richieste.

Le pareti da tinteggiare dovranno presentare umidità non superiore al 14%. Le pareti intonacate con malta di calce saranno preventivamente trattate con una soluzione di acqua, latte (non acido) e grassello di calce nel rapporto, in peso, di 2:7:1. Le superfici cementizie saranno lavate con una soluzione al 5% di acido cloridrico in acqua, quelle in muratura con pari soluzione di acido solforico.

Le mani di tinta dovranno essere applicate con pennelli frequentemente lavati, non prima di 24 ore dai trattamenti preliminari; le mani saranno due o anche più, secondo quanto necessario in rapporto all'assorbimento dell'intonaco.

42.2.3 *Tinteggiatura con pittura cementizia*

Sarà applicata di norma almeno a tre mani, date sempre a pennello, delle quali la prima, molto diluita, anche di solo cemento bianco. Durante l'applicazione, e successivamente in fase di asciugamento, dovrà curarsi che le superfici siano protette dal sole nonché da una eccessiva ventilazione.

42.2.4 *Tinteggiatura con idropitture*

Sia su intonaco nuovo che su vecchio la tinteggiatura sarà di norma preceduta, se non diversamente prescritto, da una mano di imprimitura data a pennello e costituita, in genere, dalla stessa resina legante in emulsione con la quale è formulata l'idropittura. Il prodotto dovrà ben penetrare nella superficie di applicazione allo scopo di uniformare gli assorbimenti e fornire inoltre un valido ancoraggio alle mani successive.

L'idropittura, nei colori prescelti dalla Direzione, verrà data in almeno due mani; lo spessore dello strato secco, per ogni mano, dovrà risultare non inferiore a 40 micron. Su superfici estremamente porose, ed in generale per le superfici più esposte al sole, saranno date non meno di tre mani.

Sarà vietato adoperare per applicazioni esterne idropitture formulate per usi interni. Per tinteggiature di calcestruzzi a vista (se ammesse), manufatti di cemento ed intonaci cementizi dovranno sempre adoperarsi idropitture per esterni.

42.2.5 *Verniciatura con pitture a base di elastomeri o di resine plastiche*

Sarà di norma effettuata con non meno di tre mani delle quali la prima, di imprimitura, con trasparenti resino-compatibili o a corrispondente base elastomerica o di resina plastica dati a pennello e le altre due con

le pitture prescritte e nei colori richiesti, date a pennello o a rullo, secondo disposizione e con spessori di strato mai inferiori a 40 micron.

La verniciatura sarà effettuata su superfici adeguatamente preparate, rispettando i cicli di applicazione e le particolari prescrizioni delle Ditte produttrici nonché le disposizioni che nel merito anche in variante potrà impartire la Direzione Lavori.

42.3 SUPPORTI IN CALCESTRUZZO – PITTURAZIONE ANTICORROSIVA

42.3.1 Generalità – Preparazione delle superfici

Tutte le superfici in calcestruzzo o cementizie in genere, particolarmente esposte ad atmosfere aggressive (industriali o marine), o direttamente a contatto con liquidi e sostanze chimicamente attive, o esposte ad attacco di microrganismi, dovranno essere protette con rivestimenti adeguati.

L'applicazione sarà fatta a non meno di 60 giorni dall'ultimazione dei getti; le superfici dovranno essere pulite, asciutte e libere da rivestimenti precedentemente applicati, incrostazioni di sali e materiale incoerente. Ove fossero stati impiegati agenti disarmanti, indurenti o altri additivi del cemento, si dovranno stabilire di volta in volta le operazioni necessarie, atte a neutralizzare gli effetti superficiali.

Tutte le imperfezioni del calcestruzzo, protuberanze e vuoti in particolare dovranno essere eliminate al fine di ottenere una superficie priva di porosità; i punti in rilievo saranno eliminati mediante discatura mentre, i vuoti, con malte e boiacche cementizie applicate subito dopo il disarmo. L'applicazione dei rivestimenti protettivi sarà comunque preceduta da una accurata pulizia ed irruvidimento delle superfici, operazioni che potranno essere effettuate con attrezzi manuali (spazzole metalliche e successivo sgrassaggio con solventi) o con sabbiatura meccanica.

42.3.2 Cicli di verniciatura protettiva

Qualora non espressamente previsti saranno effettuati, in rapporto ai vari tipi di opere e manufatti e secondo prescrizione, sulla base delle indicazioni e degli spessori sinteticamente riportati nella seguente tabella:

TAB. 87 - Protezione di opere e manufatti in conglomerato cementizio. Cicli indicativi di verniciature

| TIPO DI OPERE | Ciclo o Sistema | Primer o fondo | | Finitura | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|-----|
| | | | | 1ª mano | | 2ª mano | |
| | N. | Tipo | µm | Tipo | µm | Tipo | µm |
| Opere in ambiente marino Ponti e viadotti - Capannoni Serbatoi d'acqua (superfici esterne) | 1 | Epossidico A.S. | 5 | Epossidica A.S. | 180 | Epossidica A.S. | 180 |
| | 2 | Vinilico A.S. | 5 | Vinilica A.S. | 100 | Vinilica A.S. | 100 |
| Opere e condotti fognanti Superfici interne - Opere marittime (superfici in bagnasciuga) | 3 | Epossicatrame A.S. | 150 | Epossicatrame A.S. | 150 | Epossicatrame A.S. | 150 |

42.4 SUPPORTI IN ACCIAIO – VERNICIATURE E PROTEZIONI

42.4.1 Preparazione del supporto

Prima di ogni trattamento di verniciatura o di protezione in genere, l'acciaio dovrà essere sempre adeguatamente preparato; dovranno essere eliminate cioè tutte le tracce di grasso o di unto dalle superfici, gli ossidi di laminazione ("calamina" o "scaglie di laminazione") e le scaglie o macchie di ruggine.

La preparazione delle superfici potrà venire ordinata in una delle modalità previste dalle norme SSPC (Steel Structures Painting Council), con riferimento agli standard fotografici dello stato iniziale e finale

elaborati dal Comitato Svedese della Corrosione e noti come "Svensk~ Standard SIS". Le corrispondenze tra le specifiche SSPC e gli standard fotografici svedesi saranno stabilite sulla base della seguente tabella:

TAB. 88 - Preparazione superficiale dell'acciaio per trattamenti di Verniciatura. Corrispondenza tra specifiche SSPC e Svensk Standard SIS

| SPECIFICA SSPC | DESCRIZIONE | STANDARD FOTOG. SVEDESI |
|----------------|--------------------------------|--------------------------|
| SP 1 | Sgrassaggio | nessuna corrispondenza |
| SP 2 | Pulizia con attrezzi manuali | B St 2, C St 2, D St 2 |
| SP 3 | Pulizia con attrezzi meccanici | B St 3, C St 3, D St 3 |
| SP 8 | Decappaggio | nessuna corrispondenza |
| SP 7 | Sabbatura di spazzolatura | B Sa 1, C Sa 1, D Sa 1 |
| SP 6 | Sabbatura commerciale | B Sa 2, C Sa 2, D Sa 2 |
| SP 10 | Sabbatura quasi bianco | A - B - C - D Sa 2 - 1/2 |
| SP 5 | Sabbatura a bianco | A - B - C - D Sa 3 |

42.4.2 Carpenterie e manufatti diversi – Cicli di verniciatura

In mancanza di specifica previsione, la scelta dei rivestimenti di verniciatura e protettivi dovrà essere effettuata in base alle caratteristiche meccaniche, estetiche e di resistenza degli stessi, in relazione alle condizioni ambientali e di uso dei manufatti da trattare. La Tab. 41 riportata al punto 8.3.2 del presente Capitolato e la seguente Tab. 89 stabiliscono a tale scopo orientativamente le caratteristiche dei principali rivestimenti decorativi e protettivi, gli spessori di applicazione e le modalità di preparazione del supporto.

TAB. 89 - Comparazione indicativa dei rivestimenti protettivi. Spessori e preparazione delle superfici

| RIVESTIMENTO PROTETTIVO (ciclo omogeneo) | Al clorocaucciù | Vinilico | All'olio | Alchidico | Epossidico bicomponente a solvente | Poliuretano bicomponente | Epoissictrame | Epossidico senza solventi | Al catrame | Al bitume |
|--|--------------------|----------|----------|-----------|--|-----------------------------|---------------|---------------------------------|------------|-----------|
| Spessore minimo in micron | 100 | 100 | 120 | 120 | 120 | 120 | 300 | 300 | 400 | 400 |
| Preparazione della superficie | SP 6 | SP 10 | SP 3 | SP 6 | | SP 10 | SP 6 | SP 10 | SP3 | |
| Agenti aggressivi | | | | | | | | | | |
| Agenti atmosferici | O | O | O | O | O | O | O | O | O(°) | O(°) |
| Industriale normale | O | O | B | O | O | O | O | O | B(°) | B |
| Industriale pesante | B | O | S | M | O | O | B | O | M(°) | M |
| Marina | O | O | B | O | O | O | O | O | B(°) | B(°) |
| Ad elevata umidità (°°) | O | O | S | M | O | B | O | O | B | B |
| Acqua dolce | O | O | NR | NR | B | B | O | O | B | B |
| Acqua di mare | O | O | NR | NR | B | B | O | O | B | B |
| Soluzioni acide | B | B | NR | NR | B | B | B | B | S | S |
| Soluzioni alcaline | B | B | NR | NR | B | M | B | O | B | B |
| Soluzioni saline | B | O | NR | NR | O | O | O | O | S | M |
| Terreno | NR | NR | NR | NR | NR | NR | B | B | M | S |

O = ottimo; B = buono; M = medio; S = scarso; NR = non raccomandato

(°) Richiede uno strato finale di emulsione al catrame o al bitume (°°) Umidità relativa oltre l'85%.

Con riguardo al ciclo di verniciatura protettiva, questo, nella forma più generale e ferma restando la facoltà della Direzione Lavori di variane le modalità esecutive o i componenti, sarà effettuato come di seguito:

A. Prima dell'inoltro dei manufatti in cantiere:

- preparazione delle superfici mediante sabbatura di grado non inferiore a SP 6 (sabbatura commerciale). Solo in casi particolari e previa autorizzazione della Direzione Lavori, la sabbatura potrà essere sostituita dalla pulizia meccanica (brossatura) SP 3 o da quella manuale SP 2 (per limitate superfici);
- eventuale sgrassatura e lavaggio, se necessari;
- prima mano di antiruggine ad olio (o oleosintetica) al minio di piombo o al cromato di piombo o di zinco, nei tipi di cui al punto 8.3.2 del presente Capitolato e di pittura anticorrosiva. La scelta del veicolo più idoneo dovrà tenere conto delle condizioni ambientali e d'uso dei manufatti da proteggere; in particolare si prescriverà l'impiego di "primer" in veicoli epossidici, al clorocaucciù o vinilici in presenza di aggressivi chimici, atmosfere industriali o in ambienti marini.

B. Dopo il montaggio in opera:

- pulizia totale di tutte le superfici con asportazione completa delle impurità e delle pitturazioni eventualmente degradate;
- ritocco delle zone eventualmente scoperte dalle operazioni di pulizia o di trasporto;
- seconda mano di antiruggine o di pittura anticorrosiva dello stesso tipo della precedente, ma di diversa tonalità di colore, data non prima di 24 ore dai ritocchi effettuati;
- due mani almeno di pittura (oleosintetica, sintetica, speciale) o di smalto sintetico, nei tipi, negli spessori e nei colori prescritti, date, con intervalli di tempo mai inferiori a 24 ore e con sfumature di tono leggermente diverse (ma sempre nella stessa tinta), sì che possa distinguersi una mano dall'altra.

In presenza di condizioni ambientali o d'uso particolarmente sfavorevoli, o per particolari manufatti o semplicemente in linea alternativa, potranno venire richiesti cicli speciali o diversi di verniciatura, come indicativamente riportati nella Tabella 93.

42.4.3 Sistemi eterogenei – Prescrizioni particolari

- Fondi antiruggine* (a base di olio, clorocaucciù, alchidica, fenolica, epossidica, vinilica): saranno applicati su superfici preparate come alla Tab. 91 con le indicazioni selettive di cui alla Tab. 92.
- Zincanti a freddo*: potranno essere impiegati come “primer” per cicli eterogenei o come rivestimenti a se stanti. Lo spessore degli strati varierà da 35 a 60 micron nel caso di zincanti organici, da 70 a 90 micron nel caso di zincanti inorganici e da 100 a 130 micron ove non fossero previsti strati di finitura.
- Pitture intermedie e di finitura*: saranno impiegate secondo le particolari prescrizioni della Direzione Lavori tenendo conto delle istruzioni di uso e delle compatibilità indicate dal fabbricante. Per i vari cicli la preparazione delle superfici e gli spessori degli strati, in rapporto alla composizione, saranno conformi alle prescrizioni delle Tabb. 90 e 91.

TAB. 92 - Manufatti in acciaio. Pitture di fondo in rapporto ai tipi di esposizione - Tipi indicati

| CONDIZIONI DI ESPOSIZIONE | | Codice dei tipi (v. Tab. 94) |
|---------------------------|--|--|
| A | Atmosfera rurale (solo agenti atmosferici) | F1 - F2 - F4 - F5 - F6 - F9 - F10 - F11 - F12 F20 - F21 - F23 |
| B | Atmosfera marina | |
| C | Atmosfera marina (sovrastrutture impianti flottanti) | F4 - F5 - F9 - F10 - F11 - F12 - F20 - F21 - F23 |
| D | Atmosfera industriale normale | Come in A-B escluso F1 |
| E | Atmosfera industriale molto aggressiva | F10 - F11 - F12 - F21 - F23 |
| F | Ambienti a permanente elevata umidità | F5 - F10 - F11 - F12 - F20 - F21 - F23 |
| G | Immersione in acqua dolce (continua o meno) | F11 - F21 - F23 |
| H | Immersione continua in acqua di mare | F5 - F10 - F11 - F12 - F21 - F23 |

TAB. 93 - Superfici esposte all'atmosfera rurale (A) e marina (B-C). Cicli di pitturazione indicativi e spessori minimi

| Preparazione della superficie | | TIPO DI PITTURA | | | Spessore totale minimo (micron) |
|-------------------------------|----------------------------------|--|--|--|---------------------------------|
| | | Fondo | Copertura | Finitura | |
| A | SP3 SP3/SP6 (calamina) | olio di lino oleofenolico | oleoalchidica alch./clorocaucciù | oleoalchidica alch./clorocaucciù | 120 |
| B | SP6 SP3/SP6 (calamina) SP6 | zincante organico fenolico epossipoliamidico | clorocaucciù oleofenolica epossivinilica | clorocaucciù oleofenolica vinilica | 120 |
| C | SP6 | zincante organico | clorocaucciù | clorocaucciù | 120 |
| | SP3/SP6 (calamina) | fenolico | oleofenolica | oleofenolica | 130 |
| | SP6 | epossipoliamidico | epossivinilica | vinilica | 120 |
| | SP6 | epossipoliamidico | poliuretanica bicomponente | poliuretanica b. | 120 |
| | SP10 | zincante inorganico | epossidica | poliuretanica b. | 150 |

TAB. 94 - Superfici esposte all'immersione saltuaria o continua in acqua dolce (G), in acqua di mare (H) o destinate all'interramento (I)

| Preparazione della superficie | | TIPO DI PITTURA | | | Spessore totale minimo (micron) |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|---------------|----------------|---------------------------------|
| | | Fondo | Copertura | Finitura | |
| G | SP6 | zincante organico | catramosa | catramosa | 600 |
| | SP10 | zincante organico | epossicatrame | epossicatrame | 350 |
| H | SP6 | zincante organico | catramosa | — | 600 |
| | SP10 | zincante org. bicompon. | epossicatrame | epossivinilica | 300 |
| | SP5 | epossicatrame | epossicatrame | epossivinilica | 350 |
| I | SP3/SP6 (calamina) | fenolico | bituminosa | bituminosa | 600 |
| | SP10 | zincante organico | epossicatrame | epossicatrame | 280 |

42.5 SUPPORTI IN ACCIAIO ZINCATO

42.5.1 Condizioni di essenzialità

Qualunque manufatto in acciaio zincato, con grado di zincatura non superiore a "Z 275", dovrà essere sottoposto a trattamento di protezione anticorrosiva mediante idonea verniciatura.

42.5.2 Pretrattamento delle superfici zincate

Le superfici di acciaio zincato, da sottoporre a cicli di verniciatura, dovranno essere innanzitutto sgrassate (se nuove) mediante idonei solventi o anche spazzolate e carteggiate (se esposte da lungo tempo); quindi lavate energicamente e sottoposte a particolari pretrattamenti oppure all'applicazione di pitture non reattive nei riguardi dello zinco.

I sistemi di pretrattamento più idonei per ottenere una adeguata preparazione delle superfici zincate saranno realizzate in uno dei modi seguenti:

- Fosfatazione a caldo:** sarà eseguita in stabilimento e consisterà nella deposizione di uno strato di fosfato di zinco seguita da un trattamento passivante con acido cromico e successivo lavaggio neutralizzante a freddo.
- Applicazione di "wash primer":** si effettuerà trattando la superficie zincata con prodotti formulati a base di resine polivinilbutirraliche, resine fenoliche, e tetraossicromato di zinco ed acido fosforico quale catalizzatore. Lo spessore del wash primer, a pellicola asciutta, dovrà risultare non inferiore a 5 micron.

c)

42.5.3 Fondi che non richiedono pretrattamento

Saranno costituiti di norma da antiruggini epossidiche ad alto spessore (A.S.) bicomponenti (con indurente poliammidico) o da fondi poliuretanici bicomponenti (o monocomponenti) a base di dispersioni fenoliche. Tali strati saranno dati, se non diversamente prescritto, in una sola mano, a spruzzo o a pennello, con spessore reso non inferiore ad 80 micron.

42.5.4 Pigmenti

Risulta tassativamente vietato impiegare pitture con pigmenti catodici rispetto allo zinco (ad esempio minio e cromato di piombo).

TAB. 95 - Verniciatura dell'acciaio zincato. Ricopribilità degli strati di fondo (o delle superfici pretrattate) con finiture di natura diversa

| TIPO DI FONDO O DI PRETRATTAMENTO | FINITURE | | | | | | | |
|---|------------|--------------------|-----------------|-----------|---------------------|----------------|--------------|---------------|
| | Alchidiche | Alchidicoviniliche | Epossiviniliche | Viniliche | Epossiamminamidiche | Poliuretaniche | Clorocaucciù | Oleofenoliche |
| <i>Fondi che non richiedono il pretrattamento</i> - Dispersione fenolica - Epossipoliammidico - Poliuretanico bicomponente | • | • | • | • | • | • | • | • |
| <i>Pretrattamenti della superficie:</i> - Fosfatizzazione a caldo - Wash primer | • | • | • | • | • | • | • | • |

42.5.5 Cicli di verniciatura

Con riferimento a quanto in precedenza espresso ai punti 32.4.1. e 32.4.2. i manufatti in acciaio zincato dovranno essere sottoposti, se non diversamente disposto, a cicli di verniciatura protettiva effettuati come di seguito:

- sgrassaggio, spazzolatura e successivo lavaggio a caldo delle superfici;
- fosfatizzazione a caldo o applicazione di "wash primer" o ancora applicazione di pitture di fondo che non richiedano pretrattamento;
- doppia mano di antiruggine al cromato di zinco (80 micron in totale) o unica mano di antiruggine vinilica A.S. (70 micron) nel caso di pretrattamenti a "wash primer";
- doppia mano di pittura oleosintetica o di smalto sintetico nei tipi e colori prescritti ed in rapporto al tipo dei fondi.

Nella tabella che segue sono riportati anche dei cicli indicativi che per particolari manufatti o in particolari condizioni o semplicemente in linea alternativa, potranno venire eventualmente richiesti:

TAB. 96 - Protezione di opere e manufatti di acciaio zincato. Cicli indicativi di verniciatura

| TIPO DI OPERE | Ciclo | Pretrattamento | | Primer o fondo | | Finitura | | | |
|--|-------|----------------|----|-----------------------|-----|-----------------------|-----|-----------------------|-----|
| | | | | | | 1 ^a mano | | 2 ^a mano | |
| | | Tipo | µm | Tipo | µm | Tipo | µm | Tipo | µm |
| Carpenterie varie Ringhiere - Tralicci e pali | 1 | – | – | Epossidico A.S. | 80 | Epossidica A.S. | 170 | Epossidica B.S. | 30 |
| Tralicci e pali - Guardarail Pluviali | 2 | – | – | Epossidico B.S. | 30 | Poliuretanica | 30 | Poliuretanica | 30 |
| Carpenterie varie Tralicci e pali | 3 | wash primer | 5 | Vinilico A.S. | 70 | Vinilicaica A.S. | 100 | Vinilica A.S. | 100 |
| Carpenterie varie, pluviali (superfici interne) Grigliati | 4 | – | – | Epossicatrame A.S. | 100 | Epossicatrame A.S. | 100 | Epossicatrame A.S. | 150 |

Art. 43. STRATI FILTRO IN TELI GEOTESSILE

Potranno essere costituiti con teli “ tessuti non tessuti” in polipropilene con fibre a filo continuo coesionate meccanicamente per agugliatura o intrecciate con sistema di tessitura industriale “a trama ed ordito”, secondo prescrizione, in ogni caso con fibre aventi elevatissime caratteristiche di resistenza alle sollecitazioni meccaniche e chimiche e devono essere stabilizzati ai raggi UV. **E' VIETATO L'IMPIEGO DI TESSUTI A FIOCCO.**

I teli dovranno risultare imputrescibili e stabili nel tempo, non degradabili sotto l'azione dei liquidi organici, dei sali, degli acidi e degli alcali, insolubili in acqua, dotati di idrofilia e lipofilia, resistenti alla perforazione, alla punzonatura ed alla lacerazione; ancora, dotati di elevatissimo potere filtrante. Devono inoltre essere stabili ai solventi e alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, stabile alla luce e all'azione dei microrganismi, inattaccabile dai roditori. Più in particolare dovranno soddisfare alle seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

I teli dovranno essere forniti in rotoli aventi altezza non inferiore a 4,00 m e lunghezza non inferiore a 100,00 m; eventuali deroghe dovranno essere autorizzate dalla Direzione Lavori.

I tessuti geotessili in materiali naturali o artificiali devono avere caratteristiche di permeabilità idraulica, filtrazione, resistenza alle sollecitazioni meccaniche e all'invecchiamento corrispondenti al previsto scopo di utilizzazione.

I geotessili del tipo tessuto non tessuto per l'applicazione in costruzioni stradali dovranno essere conformi alla normativa EN 13249.

Il non tessuto geotessile deve presentare le seguenti caratteristiche:

- del tipo a filo continuo;
- realizzato al 100% in poliestere, od in alternativa, in polipropilene stabilizzato contro i raggi UV;
- agugliato meccanicamente.

La denominazione del tipo e il numero di lotto devono essere stampati su ogni rotolo ripetendosi in maniera equidistanziata in conformità alla EN ISO 10320.

Requisiti meccanici ed idraulici

- | | |
|--|-----------------------|
| • resistenza a trazione longitudinale, EN ISO 10319 (kN/m) | 20,0 kN/m |
| • resistenza a trazione trasversale, EN ISO 10319 (kN/m) | 20,0 kN/m |
| • allungamento a rottura (longitudinale), EN ISO 10319 (%) | 100 % |
| • allungamento a rottura (trasversale), EN ISO 10319 (%) | >40 % |
| • resistenza al punzonamento, (test CBR) EN ISO 12236 (N) | 2900 N |
| • test a caduta (diametro massimo foro), EN ISO 13433 (mm) | 19 mm |
| • apertura efficace dei pori O_{90} , EN 12956 (µm) | 95 µm |
| • permeabilità verticale rispetto al piano senza carico, EN ISO 11058 (l/m ² s) | 80 l/m ² s |
| • permeabilità all'acqua nel piano con 20 kPa, EN 12958 (l/m h) | 12,6 l/mh |
| • resistenza all'invecchiamento (diminuzione carico rottura), ENV 12224 (%) | < 50 % |

- resistenza chimica (diminuzione carico di rottura) ENV 13438 (%) < 20 %
I valori riportati si intendono quali valori medi. Sono ammissibili variazioni fino al 10% dei parametri meccanici e fino al 20% dei parametri idraulici.

Il fornitore deve provare che da parte del produttore viene applicato un sistema di garanzia della qualità conforme all'ISO 9001. L'Impresa è tenuta inoltre a presentare alla D.L., ai fini dell'accettazione, le schede tecniche e le certificazioni del produttore recanti le caratteristiche del prodotto che intenderà impiegare.

Le geostuoie antierosione saranno formate da monofilamenti di polipropilene termosaldati tra loro nei punti di contatto, stabilizzati ai raggi UV. La struttura superiore della geostuoia avrà una struttura superiore con indice alveolare superiore al 90% e una maglia piatta alla base per offrire una buona separazione dalla superficie d'appoggio. Avranno le seguenti caratteristiche tecniche: spessore minimo 15 mm; resistenza a trazione longitudinale >1,4 kN/m.

Le membrane drenanti dovranno essere realizzate in polietilene estruso ed alta densità, a doppi canali incrociati di almeno 8 mm di spessore, con resistenza alla compressione di almeno 90 kN/mq e allungamento a rottura di almeno il 60% accoppiato ad un geotessile con capacità filtrante non inferiore a 1,2 l/sec*m.

Art. 44. SIGILLATURE

Dovranno essere effettuate, salvo diversa prescrizione, con materiali aventi i requisiti prescritti nel presente Capitolato, nelle più adatte formulazioni relative ai diversi campi di impiego (autolivellanti, pastosi a media o alta consistenza, tixotropici, solidi, preformati).

44.1 MODALITÀ DI ESECUZIONE – GENERALITÀ

44.1.1 Preparazione delle superfici – Primers

Le superfici da sigillare dovranno essere assolutamente sane, asciutte e pulite, nonché esenti da polvere, grassi, oli, tracce di ruggine, vernici, ecc. Le malte, i conglomerati e gli intonaci in genere dovranno essere pervenuti a perfetta maturazione, senza conservare quindi alcuna traccia di umidità.

La pulizia delle superfici dovrà essere effettuata con idonei prodotti, solventi e/o se necessario con mezzi meccanici (spazzolature, sabbiature), dovendosi evitare in ogni caso l'uso di prodotti chimici oleosi. I sali alcalini potranno essere eliminati con ripetuti lavaggi mentre le superfici di alluminio dovranno essere sgrassate con alcol metilico; per i metalli in genere potranno venire impiegati solventi organici, come il clorotene o la trielina.

Prima dell'applicazione dei materiali sigillanti, sulle superfici dovranno essere dati a pennello degli idonei prodotti impregnanti (primers), nei tipi prescritti dalle Ditte produttrici. I pannelli in legno e le superfici in calcestruzzo o pietra ed in generale i materiali assorbenti, dovranno essere trattati con un doppio strato di "primers".

Gli spigoli o margini dei giunti dovranno comunque essere protetti, prima dell'applicazione del sigillante, con strisce di nastro adesivo, da asportare poi ad avvenuta lisciatura del mastice applicato ed in ogni caso prima dell'indurimento.

44.1.2 Materiali di riempimento e di distacco

Al fine di applicare gli spessori prestabiliti di sigillante, per giunti di notevole profondità sarà necessario inserire negli stessi un materiale di riempimento comprimibile, di regola a sezione circolare superiore del 25% a quella del giunto, in modo da creare una base sulla quale il sigillante possa essere estruso.

Il materiale elastico di riempimento (poliuretano, polietilene, polistirolo flessibile, ecc.) dovrà essere compatibile con il sigillante impiegato, impermeabile all'acqua ed all'aria ed inoltre essere dotato di proprietà antiadesive in modo da non alterare la deformazione elastica del sigillante; qualora questa ultima proprietà non fosse propria del materiale di riempimento o di supporto, verranno impiegati appositi materiali di distacco, come film di polietilene o altri nastri di pari funzione, in modo da impedire l'aderenza del sigillante al fondo del giunto.

I materiali oleosi e quelli impregnati con prodotti asfaltici, bituminosi o plastificanti in genere non dovranno mai essere utilizzati come riempitivi.

44.1.3 Modalità di posa

La posa in opera dei sigillanti dovrà essere effettuata solo dopo perfetto essiccamento dei rispettivi "primers" con le esatte modalità e nei tempi previsti dal produttore.

I sigillanti in pasta a media consistenza verranno di norma estrusi con idonee apparecchiature (pistole a cremagliera, ad aria compressa, ecc.) evitando in modo assoluto, nell'operazione, la formazione di bolle d'aria. Nei giunti verticali, il mastice verrà immesso nella sede del giunto con movimento dall'alto verso il basso.

A posa avvenuta i materiali sigillanti dovranno essere convenientemente lisciati e quindi idoneamente protetti, specie nelle prime 12 ore, onde evitare che materiali di qualsiasi genere o acqua vengano a contatto con gli stessi.

44.2 CAMPI DI IMPIEGO – APPLICAZIONI PARTICOLARI

44.2.1 Sigillanti poliuretanici

Caratterizzati da ottima resistenza all'abrasione, verranno di norma impiegati nella sigillatura di giunti di dilatazione per pavimentazioni stradali e strutture in genere (in calcestruzzo o in acciaio), previa scrupolosa preparazione delle superfici ed applicazione di appropriati "primers" (silani o siliconi o anche vernici a base di gomma butadiene, acrilonitrile, neoprene, gomma clorurata).

44.2.2 Sigillanti polisolfurici

Avranno campi e modalità di applicazione diversi in rapporto alle diverse formulazioni. Saranno caratterizzati comunque da ottima resistenza ai carburanti e pertanto avranno, tra l'altro, efficace impiego nei giunti di pavimentazioni e rampe e nelle aree di parcheggio aeroportuali.

44.2.3 Sigillanti acrilici

Saranno applicati di norma mediante estrusione, previo riscaldamento della massa a 50 °C. I sigillanti acrilici non dovranno venire impiegati nei giunti continuamente immersi in acqua e, ad applicazione avvenuta, dovranno essere perfettamente lisciati.

44.2.4 Nastri sigillanti

Costituiti fondamentalmente da polibuteni, poliisobutileni e gomma butilica presenteranno, in rapporto agli impieghi, le migliori caratteristiche di comprimibilità, adesione e resistenza all'esposizione ed all'invecchiamento. La posa in opera verrà effettuata dopo perfetta pulizia e sgrassaggio (con solventi) delle superfici di applicazione.



Settore Lavori Pubblici - Espropri - Demanio - Ambiente - Servizi Tecnici

PARTE III^ - MODO DI ESECUZIONE DELLE CATEGORIE DI LAVORO OPERE DI SOVRASTRUTTURA STRADALE PAVIMENTAZIONI DIVERSE

Art. 45. CRITERI GENERALI

Il Capitolato Speciale d'Appalto per le Pavimentazioni Stradali riporta i riferimenti operativi e prestazionali dei materiali da costruzione per le pavimentazioni stradali della rete viaria del Comune di Riccione. Il Capitolato Speciale d'Appalto disciplina inoltre la presentazione e l'approvazione dei documenti di qualifica e il controllo qualità delle opere.

Ogni articolo descrive il prodotto a partire dai materiali costituenti (natura e prestazioni) e dalla miscela di progetto (composizione e prestazioni), per poi passare alle fasi operative di produzione, preparazione della superficie di stesa, posa in opera ed infine concludere con i controlli di qualità e le penali in caso di non conformità.

45.1 MATERIALI

Parallelamente ai materiali tradizionali, sono trattati:

- materiali ad alte prestazioni come i conglomerati bituminosi per strato di usura e binder con bitume modificato con elastomeri Stirene-Butadiene-Stirene (SBS) particolarmente indicati su strade ad alto volume di traffico e soggette a forti variazioni termiche e i geocompositi da impiegare in specifiche situazioni localizzate;
- materiali alternativi come il conglomerato bituminoso tipo binder con riciclaggio a caldo che non prescrive un quantitativo massimo di conglomerato bituminoso di recupero ma ne disciplina la gestione e il controllo delle prestazioni;
- materiali ecosostenibili come il conglomerato bituminoso riciclato a freddo e i trattamenti superficiali a freddo. In particolare, il conglomerato bituminoso riciclato a freddo è prodotto e steso a temperatura ambiente, abbattendo drasticamente i consumi energetici e le emissioni, nonché composto da conglomerato bituminoso di recupero in sostituzione, fino al 100%, degli aggregati vergini di cava, con notevoli vantaggi sia per la tutela delle risorse naturali che della gestione degli stoccaggi in discarica. Mentre, i trattamenti superficiali a freddo risultano spesso una valida alternativa al conglomerato bituminoso tradizionale a caldo per strato di usura in quando permettono di operare in maniera speditiva e a temperatura con notevoli vantaggi sia della gestione del cantiere e che dell'impatto ambientale.

Nel caso in cui non sia comprovata l'esperienza del produttore per i materiali definiti come alternativi ed ecosostenibili, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di richiedere e coordinare una verifica in campo prova esterno al cantiere di progetto a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. Il campo prova deve avere una dimensione minima di 350 m² (100 m × 3,50 m) per permettere la simulazione del cantiere in avanzamento e la stabilità di produzione dell'impianto. Per lo spessore dello strato si fa riferimento al progetto specifico e comunque la produzione del materiale da validare non deve essere inferiore a 90 t.

Ogni materiale (materiale costituente o prodotto) deve essere qualificato in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione e accompagnato da Dichiarazione di Prestazione (DoP o marcatura CE) nel rispetto della relativa norma europea armonizzata.

Una volta accettati i materiali da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al loro rigoroso utilizzo nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo "penali".

45.2 CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI

I certificati di qualifica dei materiali devono essere consegnati alla Direzione Lavori entro e non oltre 5 giorni naturali consecutivi dalla firma del contratto e comunque almeno 15 giorni prima della consegna dei lavori in caso di consegna dei lavori nelle more del contratto. Nel caso in cui le rispettive Dichiarazioni di Prestazione (DoP o marcature CE) non riportino tutti i parametri richiesti dal Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali, la Direzione Lavori si riserva di richiedere, ove reputa necessario, una integrazione della documentazione con certificati di prova attestanti i requisiti previsti. Tale documentazione è valutata dalla Direzione Lavori che si riserva, entro 5 giorni lavorativi, di accettare i materiali o, nel caso di non conformità ai requisiti del Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali, di richiedere eventuali modifiche.

Non sono autorizzate lavorazioni che implicano l'utilizzo di prodotti non provvisti di documenti di qualifica accettati formalmente dalla Direzione Lavori pena la loro rimozione a cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

L'inadempimento o inadeguatezza nella fase di consegna dei certificati di qualifica da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto, porta all'applicazione di una penale del 5% sulla valutazione economica della lavorazione o prodotto a base di gara applicando il prezzo di aggiudicazione gara.

Eventuali lievi non conformità dei materiali costituenti o dei processi produttivi possono essere comunque accettati, a discrezione della Direzione Lavori, a patto che sia sempre e inequivocabilmente garantita la prestazione del prodotto e della pavimentazione.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Una volta accettati i prodotti da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al loro rigoroso utilizzo nel rispetto delle tolleranze previste nel Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali.

45.3 CONTROLLO QUALITÀ

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a sostenere le spese di controllo qualità per una somma quantificata nel 1,5% dell'importo dell'appalto al netto degli oneri per la sicurezza. Le spese di controllo qualità comprendono tutte le verifiche di qualifica e in corso d'opera relative a prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulle miscele, sui prelievi o sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato finito, noleggi a caldo o a freddo, trasferte e ogni qualsiasi altro onere al fine del completo adempimento del processo di controllo qualità. La stazione appaltante seleziona autonomamente il laboratorio a servizio dell'appalto e gestisce in maniera sistematica la fase di controllo qualità secondo quanto stabilito dal Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali nel rispetto dell'importo massimo di spesa a carico dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto stabilito a base di gara.

45.4 NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI

Eventuali non conformità evidenziate dalla fase di controllo qualità comportano l'applicazione di penali fino alla rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto così come disciplinato negli specifici paragrafi del Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali.

A discrezione della Direzione Lavori, le penali per non conformità possono essere applicate come detrazione percentuale sul prezzo di aggiudicazione di gara (decurtazione diretta dai SAL emessi dalla Direzione Lavori) della relativa lavorazione come calcolato negli specifici paragrafi del Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali oppure come estensione di una qualsiasi lavorazione, prevista a base di gara e con prezzo di aggiudicazione di gara, da applicare all'interno del cantiere o altro luogo all'interno del territorio comunale su indicazione della Direzione Lavori per un importo pari alla detrazione calcolata.

Art. 46. STRATI DI FONDAZIONE

46.1 FONDAZIONI IN TERRA STABILIZZATA O MISTO GRANULARE

46.1.1 Costituzione – Caratteristiche dei materiali

Le fondazioni in terra stabilizzata o misto granulare saranno di norma costituite da una miscela di materiali granulari, stabilizzata meccanicamente.

L'aggregato potrà essere sostituito da ghiaie, detriti di cava o di frantoio, scorie, materiale reperito in sito (*stabilizzazione non corretta*) oppure da miscela di materiali di diversa provenienza, in proporzioni stabilite con indagini preliminari di laboratorio e di cantiere (*stabilizzazione corretta granulometricamente*), e tali comunque da rientrare nella curva granulometrica di cui alla Tab. 98. L'aggregato inoltre dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche:

- Essere privo di elementi di forma appiattita, allungata o lenticolare.
- Essere costituito, per almeno il 20% in massa, di frantumato a spigoli vivi.
- Avere un rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore o uguale a 2/3.
- Avere una resistenza alla frammentazione, determinata con la prova "Los Angeles" (norma UNI EN 1097-2) sulla frazione di granulometria $10 \div 14$ mm, non superiore al 30% per traffico pesante (categoria LA 30 UNI EN 13242) ed al 40% (categoria LA 40) per traffico medio-leggero.
- Avere un coefficiente di frantumazione sull'aggregato passante al crivello 3/8" e trattamento dallo staccio n. 4 della serie Tyler da 4,7 mm (norme CNR, fasc. 4/1953) non superiore a 200.
- Avere un indice di plasticità (IP) non superiore a 6, un limite liquido (LL) non superiore a 25 (per traffico pesante) ed a 35 (per traffico medio-leggero, un limite di plasticità (LP) rispettivamente non inferiore a 19 e 29 ed un limite di ritiro (LR) superiore all'umidità ottima di costipamento (indice e limiti determinati sulla frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332).
- Avere un indice di portanza C.B.R. (norma ASTM D 1883-61 T o CNR-UNI 10009) dopo 4 giorni di imbibizione in acqua, non minore di 50. (La prova dovrà essere eseguita sulla frazione passante al crivello 25 UNI 2334. È peraltro prescritto che tale condizione dovrà essere verificata per un intervallo di umidità di costipamento non inferiore al 4%).

Ove le miscele contengano oltre il 60% in massa di elementi frantumato a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate in a), b), d), e).

L'Appaltatore indicherà pertanto alla Direzione Lavori i materiali che ritiene più idonei al previsto impiego sia per i componenti che per la granulometria, e li sottoporrà a tutte le prove di laboratorio richieste, a propria cura e spese. Avuto l'esito delle prove, la Direzione Lavori autorizzerà o meno l'impiego di tali materiali o ne disporrà le opportune correzioni.

TAB. 98 - Terra stabilizzata per strati di fondazione.
Requisiti granulometrici (329)

| CRIVELLI E SETACCI | | | MISCELA |
|--------------------|------|-------|---------------------------|
| UNI | mm | | Passante totale in peso % |
| Crivello | 2334 | 71 | 100 |
| " | " | 30 | 70 ÷ 100 |
| " | " | 10 | 30 ÷ 70 |
| " | " | 5 | 25 ÷ 55 |
| Setaccio | 2332 | 2 | 15 ÷ 40 |
| " | " | 0,4 | 8 ÷ 25 |
| " | " | 0,075 | 2 ÷ 15 |

TAB. 99 - Strati di fondazione. Requisiti di accettazione degli aggregati - Specifiche particolari in rapporto al tipo di misto e di traffico (da B.U. CNR n. 139/92)

| DETERMINAZIONE | | | SIMBOLO | NORMA DI RIFERIMENTO | | | TRAFFICO (330) | | | |
|--------------------|------------------|---|------------------|-------------------------------------|--------------|-------------|--------------------|--------------------|----------------|----------------|
| | | | | | | | PP | P | M | L |
| FRAZIONE > 4 mm | TIPO 1 (***) | Coeff. Los Angeles Dimens. max. Sens. al gelo (*) | LA Dmax. G | CNR 34/73 CNR 23/71 CNR 80/80 | % mm % | ≤ ≤ ≤ | 30 63 30 | 30 63 30 | 40 63 30 | 40 63 30 |
| | TIPO 2 (****) | Coeff. Los Angeles Dimens. max. Sens. al gelo (*) | LA Dmax. G | CNR 34/73 CNR 23/71 CNR 80/80 | % mm % | ≤ ≤ ≤ | (**) 63 (**) | (**) 63 (**) | 50 63 30 | 50 63 30 |
| FRAZIONE ≤ 4 mm | | Ind. Plasticità | IP | CNR-UNI 10014 | % | ≤ | NP | NP | NP | 6 |
| | | Limite Liquido | WL o LL | CNR-UNI 10014 | % | ≤ | 25 | 25 | 35 | 35 |
| | | Equiv. in Sabbia | ES | CNR 27/72 | % | ≥ | 40 | 40 | 40 | 40 |
| | | Passante al setaccio 0,075 mm | — | CNR 75/80 | % | ≤ | 6 | 6 | 6 | 6 |

* In zone considerate soggette a gelo ** Di norma non idoneo, salvo studio particolare *** Misti in cui l'aggregato grosso e medio è costituito da elementi duri e tenaci **** Misti costituiti da elementi teneri e frantumabili per costipamento

46.1.2 Modalità di esecuzione

Preventivamente alla stesa dei materiali il piano di posa delle fondazioni (sottofondo) dovrà essere opportunamente preparato, e questo sia in rapporto alle quote ed alle sagome prescritte, sia in rapporto ai requisiti di portanza (che saranno assicurati con le modalità prescritte all'art. 18). Si richiama la norma, comunque, che la densità dello strato di sottofondo preparato, di spessore non inferiore a 30 cm, dovrà essere spinta fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco di non meno del 95% del massimo ottenuto in laboratorio con la prova AASHO modificata. Sulla superficie così preparata verrà steso il materiale, in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm, uniformemente miscelato con idonee attrezzature. Ove necessitasse l'aggiunta di acqua, per il raggiungimento dell'umidità prescritta o per compensare la naturale evaporizzazione, l'operazione sarà effettuata mediante appositi dispositivi spruzzatori.

Si darà inizio ai lavori soltanto quando le condizioni ambientali (umidità, pioggia, neve, gelo) non fossero tali da produrre danni o detrimenti alla qualità dello strato stabilizzato. Per temperature inferiori a 3 °C la costruzione verrà sospesa.

Il costipamento sarà effettuato con l'attrezzatura più idonea al tipo di materiale impiegato (rulli a piede di montone, carrelli pigiatori gommati, rulli vibratorii, rulli compressori) e comunque approvata dalla Direzione Lavori. Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito fino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95 ÷ 100% della densità massima ottenuta con la prova AASHO modificata. Inoltre dovrà ottenersi che il valore del modulo di compressione "Me" misurato su piastra di 30 cm con il metodo di cui al punto 18.2.1. (nell'intervallo compreso fra 0,25 e 0,35 N/mm²), non risulti inferiore a 80 N/mm².

La superficie di ciascuno strato dovrà essere rifinita secondo le inclinazioni, le livellette e le curvature previste dal progetto; dovrà risultare liscia, regolare, esente da buche ed al controllo con regolo da m 4,50, in due direzioni ortogonali, non dovrà presentare spostamenti dalla sagoma eccedenti la misura di 1 cm.

Sullo strato di fondazione, a compattazione effettuata, sarà buona norma procedere con immediatezza all'esecuzione della pavimentazione. Se ciò non sarà possibile, si dovrà provvedere alla protezione della superficie con una mano di emulsione bituminosa saturata con graniglia.

Resta in ogni caso stabilito che l'accettazione da parte della Direzione Lavori dei materiali, delle miscele e delle modalità di impiego non solleva l'Appaltatore dalla responsabilità della perfetta riuscita della pavimentazione, restando eventualmente a suo esclusivo carico ogni intervento necessario per modifiche e correzioni e, dovesse occorrere, per il completo rifacimento della fondazione.

Art. 47. STRATI DI BASE

47.1 MISTO CEMENTATO PRODOTTO IN IMPIANTO

47.1.1 *Misto cementato prodotto in impianto con aggregati vergini*

Il misto cementato prodotto in impianto con aggregati vergini è costituito da aggregati vergini impastati con cemento e acqua in impianti centralizzati dotati di opportuni dosatori. Misto cementato prodotto in impianto con aggregati vergini è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. Esso può essere impiegato per strati di fondazione, base o binder in funzione delle disposizioni di progetto secondo le norme UNI EN 14227-1. A protezione dello strato deve essere sempre prevista una mano di impregnazione. È raccomandato uno spessore dello strato superiore a 10 cm e, quando superiore a 20 cm, è consigliata la realizzazione in due strati. Quando utilizzato per strato di fondazione in scavi a sezione ristretta deve essere compattato con idonee attrezzature (compattatore verticale, piastra vibrante o specifici equipaggiamenti) per strati di spessore mai superiore a 25 cm.

Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del misto cementato e sono composti da aggregati grossi, aggregati in frazione unica e aggregati fini.

Gli aggregati grossi, aggregati in frazione unica e aggregati fini possono provenire dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi) o da depositi alluvionali. L'aggregato grosso ($D > 2 \text{ mm}$; $d \geq 1 \text{ mm}$) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 1. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13242.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 30 | LA ₃₀ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 30 | FI ₃₀ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 30 | SI ₃₀ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |

Tabella 1. Caratteristiche dell'aggregato grosso per il misto cementato prodotto in impianto

L'aggregato fine ($D \leq 6,3 \text{ mm}$; $d = 0 \text{ mm}$) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 2. La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13242.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 30 | SE ₃₀ |
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |

Tabella 2. Caratteristiche dell'aggregato fine per isto cementato prodotto in impianto

L'aggregato in frazione unica ($D > 6,3$ mm; $d = 0$) deve possedere requisiti conformi alle Tabella 1 e Tabella 2.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Cemento

Il cemento impiegato deve far parte delle seguenti tipologie:

- CEM I cemento Portland
- CEM II cemento Portland composito
- CEM III cemento d'altoforno;
- CEM IV cemento pozzolanico.

È raccomandato l'uso di cemento a presa rapida 32,5 R o 42,5 R. Le caratteristiche del cemento devono includere la granulometria.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Acqua

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

Miscela di progetto

Per la miscela granulare si raccomanda una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in

Tabella 3 o di seguire la distribuzione di Fuller $P_i = 100 \cdot \left(\frac{d_i}{D} \right)^{0,45}$ dove P_i è il passante al setaccio i -esimo, d_i è il setaccio i -esimo e D è la dimensione massima.

| Fuso granulometrico | | |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Dimensione massima [mm] | Passante totale in peso [%] | |
| Apertura setacci UNI [mm] | D _{max} = 20 mm | D _{max} = 30 mm |
| 40 | - | 100 |
| 31,5 | 100 | 85 ÷ 100 |
| 20 | 95 ÷ 100 | 65 ÷ 94 |
| 16 | - | - |
| 10 | 55 ÷ 87 | 44 ÷ 78 |
| 4 | 32 ÷ 66 | - |
| 2 | 23 ÷ 54 | 18 ÷ 50 |
| 0,5 | 11 ÷ 31 | 8 ÷ 30 |
| 0,25 | 8 ÷ 23 | 6 ÷ 22 |
| 0,063 | 3,5 ÷ 11,0 | 3,0 ÷ 11,0 |

Tabella 3. Fuso granulometrico in funzione della dimensione massima per il misto cementato prodotto in impianto

La miscela granulare, escluso il cemento, deve avere indice CBR in condizione satura superiore a 50 (UNI EN 13286-47) e un rigonfiamento nullo. Tali valori devono essere dichiarati tra le caratteristiche della miscela.

La granulometria di progetto incluso il cemento deve essere dichiarata tra le caratteristiche della miscela.

Le percentuali ottimali di acqua e cemento sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio o dovranno comunque verificare i requisiti richiesti in Tabella 4.

Le caratteristiche del misto cementato prodotto in impianto devono essere determinate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 4% in peso di cemento, secondo le indicazioni della Tabella 4. La miscela granulare (escluso il cemento) deve essere inumidita con un contenuto di acqua pari all'assorbimento degli stessi aggregati e sigillata per circa 12 ore. I provini con diverso contenuto di acqua e il 4% di cemento devono essere compattati con compattatore Proctor modificato (UNI EN 13286-2, UNI EN 13286-50) secondo i parametri di Tabella 4.

Il contenuto ottimo di acqua è quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela (massa volumica secca $\rho_d = \frac{\rho_w}{1 - w}$).

Con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento, come indicato nella Tabella 4.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 25 °C per 7 giorni e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (R_{it}, UNI EN 13286-42, gradiente di carico: 0.05 N/mm²/s) e a compressione (R_c, UNI EN 13286-41, gradiente di carico: 1 N/mm²/s). Tali provini devono fornire:

- resistenza a trazione indiretta R_{it} $\geq 0,25$ N/mm² (provini su fustella Proctor)
- resistenza a compressione R_c = 2,5 - 5,0 N/mm² (provini su fustella CBR senza disco spaziatore).

Sulla miscela ottima si deve determinare la massa volumica secca che costituirà il riferimento per il controllo della densità in sito.

| Condizioni di compattazione | | | |
|-----------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Energia Proctor | [MJ/m ³] | UNI EN 13286-2 | 2,7 (modificata) |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 13286-2 | 150 (ben lubrificata) |

| | | | |
|---|--------------------|----------------|---|
| Strati | [n] | UNI EN 13286-2 | 5 |
| Altezza | [mm] | UNI EN 13286-2 | 120 (ottimo di acqua e R_{it}) 180 fustella CBR (R_c) |
| Colpi per strato | [n] | UNI EN 13286-2 | 56 (ottimo di acqua e R_{it}) 85 (R_c) |
| Studio del contenuto ottimo di acqua | | | |
| Contenuto di cemento | [% su peso inerti] | 4 | Densità secca massima ρ_{dmax} |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | 4, 5, 6 e 7* | |
| Studio del contenuto ottimo di cemento | | | |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | ottimo | $R_{it} \geq 0,25 \text{ N/mm}^2$; $R_c = 2,5 - 5,0 \text{ N/mm}^2$ |
| Contenuto di cemento | [% su peso inerti] | 3, 4, 5 | |
| *se necessario l'intervallo può essere variato al fine di determinare il contenuto ottimo di acqua in corrispondenza del valore massimo di densità secca dal grafico ρ_{r-w} a "campana" | | | |

Tabella 4. Caratteristiche della miscela di progetto per il misto cementato prodotto in impianto

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta, la granulometria della miscela ottima (incluso ed escludendo il cemento) e il contenuto di acqua ottimo.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova, riferiti al prodotto finale, di granulometria e contenuto di acqua eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

Produzione della miscela

Il misto cementato è confezionato mediante impianti fissi o mobili (installabili anche in cantiere) automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione dell'impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire l'omogeneità della miscela.

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del misto cementato avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Ogni depressione o avvallamento presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. Prima della stesa è inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla umidificazione della superficie.

Prima della realizzazione dello strato è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362) per impregnazione così come dettagliato nel paragrafo specifico.

Posa in opera della miscela

La posa in opera del misto cementato è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale deve essere preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del misto cementato dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare una eccessiva essiccazione del prodotto.

La stesa del misto cementato deve avvenire entro un'ora dalla produzione, o in funzione della presa dello specifico cemento usato, in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dalla possibile essiccazione del materiale o presa del cemento. La stesa del misto cementato deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

La compattazione del misto cementato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante di almeno 8 tonnellate seguito da un rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 20 tonnellate. Il rullo gommato deve operare in continuità.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non dovranno mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Nel caso di doppi strati, la sovrapposizione deve avvenire nel minor tempo possibile.

Ultimato il costipamento, lo strato deve essere immediatamente protetto con impregnazione di emulsione bituminosa rapida in ragione di 1,0 kg/m² di bitume residuo e successivo spargimento di sabbia o filler o graniglia (come previsto nei rispettivi articoli di capitolato riferiti ad usura o binder).

Le operazioni devono essere sospese con temperatura dell'aria inferiore ai 15°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, devono essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo CONTROLLO QUALITÀ, il controllo della qualità del misto cementato è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 5 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|--|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregato grosso | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 1 |
| Aggregato fine | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 2 |
| Misto cementato sfuso | Vibrofinitrice | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Contenuto di acqua, granulometria, densità secca e proprietà meccaniche (paragrafo 0) |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Densità secca, spessore |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | $M_d \geq 120 \text{ N/mm}^2$ a 18±6 ore $E_{vd} \geq 80 \text{ MPa}$ dopo compattazione $E_{vd} \geq 180 \text{ MPa}$ a 18±6 ore Scostamento $\leq 5 \text{ mm}$ |

Tabella 5. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di misto cementato sfuso sono determinate: il contenuto di acqua, la granulometria della miscela (compreso il cemento).

Con lo stesso materiale devono essere compattati tre provini (entro due ore dalla produzione o in funzione della presa dello specifico cemento usato) con compattatore Proctor modificato per la verifica dei valori di densità secca, Rit e Rc (Tabella 4).

Lo spessore dello strato viene determinato per differenza tra quota di posa e di superficie.

A discrezione della Direzione Lavori, in alternativa, per la verifica della densità secca, possono essere eseguite verifiche di densità con il metodo del volumometro a sabbia (CNR 22: 1992) subito dopo la stesa.

La portanza dello strato può essere verificata a discrezione della Direzione Lavori con prove di piastra statica (CNR 146/1992) o piastra dinamica (ASTM E2583 – 07).

Le eventuali irregolarità superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova, riferiti al prodotto finale, di granulometria, contenuto di acqua e granulometria della miscela (incluso il cemento) eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, densità e regolarità) non sono effettuati nel caso in cui il misto cementato sia steso su una superficie non regolarizzata con fresa o motorgrader.

I controlli saranno effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

Penali

Come introdotto nel paragrafo NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI, le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del misto cementato (preparazione, materiale e stesa).

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del misto cementato e le eventuali penali da applicare fino alla rimozione e ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

La curva granulometrica e il contenuto di cemento, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;
- contenuto di cemento: si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A discrezione della Direzione Lavori, il non rispetto delle caratteristiche meccaniche di laboratorio comporta la rimozione dello strato o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova settimanali, riferiti al prodotto finito, di granulometria della miscela e del contenuto di acqua, eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore comporta il rifiuto del materiale.

Per lo spessore dello strato, determinato da differenza di quota o carotaggio, è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

Detrazione percentuale per carenza di spessore = $3 \times (c - 10)$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale è del $(13 - 10) \cdot 3 = 9 \%$. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a

completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 10 cm, al di sotto 7,5 cm è richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa fresatura di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Nel rispetto delle quote finali di progetto, è valutata dalla Direzione Lavori la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante strato di binder o usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore rispettivamente a 12 o 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A compattazione ultimata la densità secca in sito (con volumometro o prelievo di carote), non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento misurato in laboratorio $\rho_{d,max}$ misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con compattatore Proctor modificato e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Il modulo dinamico E_{vd} e il modulo di deformazione M_d non devono essere inferiore a quanto richiesto nel 90% dei punti analizzati all'interno del tronco omogeneo. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

47.1.2 Misto cementato prodotto in impianto con aggregati di recupero

Il misto cementato prodotto in impianto con aggregati di recupero è costituito da aggregati vergini e di recupero impastati con cemento e acqua in impianti centralizzati dotati di opportuni dosatori. Può essere previsto anche l'impiego di conglomerato bituminoso di recupero. Il misto cementato prodotto in impianto con aggregati vergini e di recupero è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. Esso può essere impiegato per strati di fondazione, base o binder in funzione delle disposizioni di progetto secondo le norme UNI EN 14227-1. A protezione dello strato deve essere sempre prevista una mano di impregnazione o di attacco con emulsione bituminosa in funzione delle prescrizioni indicate per lo strato superiore. È raccomandato uno spessore dello strato superiore a 10 cm e, quando superiore a 20 cm, è consigliata la stesa in due strati. Quando utilizzato per strato di fondazione in scavi a sezione ristretta deve essere compattato con idonee attrezzature (compattatore verticale o specifici equipaggiamenti) per strati di spessore mai superiore a 25 cm.

Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati vergini

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del misto cementato e sono composti da aggregati grossi, aggregati in frazione unica e aggregati fini.

Gli aggregati grossi, aggregati in frazione unica e aggregati fini possono provenire dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi) o da depositi alluvionali. L'aggregato grosso ($D > 2 \text{ mm}$; $d \geq 1 \text{ mm}$) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 6. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13242.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 30 | LA ₃₀ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 30 | FI ₃₀ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 30 | SI ₃₀ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |

Tabella 6. Caratteristiche dell'aggregato grosso per il misto cementato prodotto in impianto

L'aggregato fine ($D \leq 6,3 \text{ mm}$; $d = 0 \text{ mm}$) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 7. La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13242.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 30 | SE ₃₀ |
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |

Tabella 7. Caratteristiche dell'aggregato fine per misto cementato prodotto in impianto

L'aggregato in frazione unica ($D > 6,3$ mm; $d = 0$) deve rispettare in requisiti di Tabella 6 e Tabella 7.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Aggregati di recupero

Gli aggregati di recupero devono provenire dalla frantumazione di materiale inorganico precedentemente usato nelle costruzioni (UNI EN 13242).

Al fine di omogeneizzare le caratteristiche degli aggregati di recupero, è raccomandato seguire un processo di frantumazione, vagliatura e divisione dello stesso in almeno due frazioni.

Ogni frazione degli aggregati di recupero deve essere qualificata in termini di granulometria e indice di plasticità.

In particolare, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori un apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, nel quale riportare il valore medio e la deviazione standard (come parametro di omogeneità) della dimensione massima, coefficiente di forma e appiattimento e della granulometria eseguita per via umida. Per la deviazione standard della granulometria si considererà il passante riferito ad ogni singolo setaccio.

Se il quantitativo di aggregati di recupero da utilizzare nell'intero progetto è inferiore a 2.500 t, i valori medi e le rispettive deviazioni standard dovranno essere calcolati sulla base di 5 campioni prelevati nel mucchio di origine degli aggregati di recupero (ogni singola frazione) che si intende usare. Se invece il quantitativo di aggregati di recupero da utilizzare nell'intero progetto è superiore a 2.500 t, il numero dei campioni da analizzare sarà pari al quantitativo totale degli aggregati di recupero da impiegare nel progetto, espresso in tonnellate, diviso 500.

Per lo strato di misto cementato con aggregati di recupero prodotto in impianto è possibile impiegare come materiale costituente gli aggregati di recupero, a patto che la dimensione massima del materiale tal quale non sia superiore alla dimensione massima di riferimento per la miscela di misto cementato da produrre. È raccomandabile vagliare il materiale per eliminare eventuali elementi di dimensioni superiori alla dimensione massima prevista per la miscela (setaccio più piccolo tra quelli che permettono il 100% di materiale passante).

Il coefficiente di forma e appiattimento dovranno essere entrambe $< 30\%$ e il materiale dovrà avere indice di plasticità pari a 0 (per valori superiori a 0 e inferiori a 6 è possibile prevedere una miscela binaria).

In combinazione con gli aggregati di recupero può essere impiegato anche il conglomerato bituminoso di recupero nel rispetto delle prescrizioni precedentemente definite.

La percentuale di aggregati di recupero va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela di progetto che l'impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Cemento

Il cemento impiegato dovrà far parte delle seguenti tipologie:

- CEM I cemento Portland

- CEM II cemento Portland composito
- CEM III cemento d'altoforno;
- CEM IV cemento pozzolanico.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare la documentazione attestante la conformità del cemento che intende impiegare secondo la UNI EN 197-1.

È raccomandato l'uso di cemento a presa rapida 32,5 R o 42,5 R. Le caratteristiche del cemento dovranno includere la granulometria.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Acqua

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

Miscela di progetto

Per la miscela granulare si raccomanda una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in

Tabella 3 o di seguire la distribuzione di Fuller $P_i = 100 \cdot \left(\frac{d_i}{D}\right)^{0,45}$ dove P_i è il passante al setaccio i-esimo, d_i è il setaccio i-esimo e D è la dimensione massima.

| Fuso granulometrico | | |
|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Dimensione massima [mm] | Passante totale in peso [%] | |
| Apertura setacci UNI [mm] | $D_{\max} = 20 \text{ mm}$ | $D_{\max} = 30 \text{ mm}$ |
| 40 | - | 100 |
| 31,5 | 100 | 85 ÷ 100 |
| 20 | 95 ÷ 100 | 65 ÷ 94 |
| 16 | - | - |
| 10 | 55 ÷ 87 | 44 ÷ 78 |
| 4 | 32 ÷ 66 | - |
| 2 | 23 ÷ 54 | 18 ÷ 50 |
| 0,5 | 11 ÷ 31 | 8 ÷ 30 |
| 0,25 | 8 ÷ 23 | 6 ÷ 22 |
| 0,063 | 3,5 ÷ 11,0 | 3,0 ÷ 11,0 |

Tabella 8. Fuso granulometrico in funzione della dimensione massima per il misto cementato prodotto in impianto

La miscela granulare, escluso il cemento, deve avere indice CBR in condizione satura superiore a 50 (UNI EN 13286-47) e un rigonfiamento nullo. Tali valori devono essere dichiarati tra le caratteristiche della miscela.

La granulometria di progetto incluso il cemento deve essere dichiarata tra le caratteristiche della miscela.

Le percentuali ottimali di acqua e cemento sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio o devono comunque verificare i requisiti richiesti in Tabella 9.

Le caratteristiche del misto cementato prodotto in impianto devono essere determinate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua (wopt) sulla miscela granulare con il 4% in peso di cemento, secondo le indicazioni della Tabella 9. La miscela granulare (escluso il cemento) dovrà essere inumidita con un contenuto di acqua pari all'assorbimento degli stessi aggregati e sigillata per circa 12 ore. I provini con diverso contenuto di acqua e

il 4% di cemento devono essere compattati con compattatore Proctor modificato (UNI EN 13286-2, UNI EN 13286-50) secondo i parametri di Tabella 9.

Il contenuto ottimo di acqua è quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa

volumica della miscela (massa volumica secca $\rho_d = \frac{\rho_w}{1-w}$).

Con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento, come indicato nella Tabella 9.

I provini così confezionati devono subire una maturazione in ambiente saturo a 25 °C per 7 giorni e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (R_{it} , UNI EN 13286-42, gradiente di carico: 0.05 N/mm²/s) e a compressione (R_c , UNI EN 13286-41, gradiente di carico: 1 N/mm²/s). Tali provini devono fornire:

- resistenza a trazione indiretta $R_{it} \geq 0,25$ N/mm² (provini su fustella Proctor)
- coefficiente di trazione indiretta $R_c = 2,5 \div 5,0$ N/mm² (provini su fustella CBR senza disco spaziatore).

Sulla miscela ottima si deve determinare la massa volumica secca ρ_d che costituirà il riferimento per il controllo della densità in sito.

| Condizioni di compattazione | | | |
|---|----------------------|--------------------------|--|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Energia Proctor | [MJ/m ³] | UNI EN 13286-2 | 2,7 (modificata) |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 13286-2 | 150 (ben lubrificata) |
| Strati | [n] | UNI EN 13286-2 | 5 |
| Altezza | [mm] | UNI EN 13286-2 | 120 (ottimo di acqua e R _{it}) 180 fustella CBR (R _c) |
| Colpi per strato | [n] | UNI EN 13286-2 | 56 (ottimo di acqua e R _{it}) 85 (R _c) |
| Studio del contenuto ottimo di acqua | | | |
| Contenuto di cemento | [% su peso inerti] | 4 | Densità secca massima $\rho_{d,max}$ |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | 4, 5, 6 e 7* | |
| Studio del contenuto ottimo di cemento | | | |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | ottimo | R _{it} ≥ 0,25 N/mm ² ; R _c = 2,5 ÷ 5,0 N/mm ² |
| Contenuto di cemento | [% su peso inerti] | 3, 4, 5 | |
| *se necessario l'intervallo può essere variato al fine di determinare il contenuto ottimo di acqua in corrispondenza del valore massimo di densità secca dal grafico $\rho_{d-r}-w$ a "campana" | | | |

Tabella 9. Caratteristiche della miscela di progetto per il misto cementato prodotto in impianto

Il possesso dei requisiti elencati in Tabella 9 è verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati su certificati di prova attestanti i requisiti stabiliti rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

Il produttore deve inoltre dichiarare in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore la ricetta, la granulometria della miscela ottima (sia includendo che escludendo il cemento), il contenuto di cemento e il contenuto di acqua ottimo.

Una volta accettato il prodotto da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è vincolata al monitoraggio della granulometria tale quale (prelievo su nastro pre-impasto) e del contenuto d'acqua naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005) durante la produzione secondo le frequenze riportate nel paragrafo Controlli e ad aggiustare opportunamente la produzione in caso di variazioni significative.

Nel caso in cui non sia possibile effettuare un prelievo della miscela granulare pre-impasto, deve essere dichiarata, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, la granulometria del prodotto (inclusi i leganti idraulici). In questo caso l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è vincolata al monitoraggio della granulometria del prodotto e del contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005) durante la produzione secondo le frequenze riportate nel paragrafo Controlli e ad aggiustare opportunamente la produzione in caso di variazioni significative.

I rapporti di prova della granulometria della miscela granulare o del prodotto e del contenuto d'acqua, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore, devono essere consegnati settimanalmente alla Direzione Lavori.

Nel caso in cui non sia comprovata l'esperienza del produttore per tale miscela, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di richiedere una verifica in campo prova esterno al cantiere di progetto.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova, riferiti al prodotto finale, di granulometria e contenuto di acqua eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

Produzione della miscela

Il misto cementato è confezionato mediante impianti fissi o mobili (installabili anche in cantiere) automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione dell'impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire l'omogeneità della miscela.

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del misto cementato avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Ogni depressione o avvallamento presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. Prima della stesa è inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla umidificazione della superficie.

Prima della realizzazione dello strato è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362) per impregnazione così come dettagliato nel paragrafo 48.7.1.

Posa in opera della miscela

La posa in opera del misto cementato è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale è preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti è programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalla traccia dai veicoli.

Il trasporto del misto cementato dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare una eccessiva essiccazione del prodotto.

La stesa del misto cementato deve avvenire entro un'ora dalla produzione, o in funzione della presa dello specifico cemento usato, in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dalla possibile essiccazione del materiale o presa del cemento. La stesa del misto cementato deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa.

La compattazione del misto cementato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante di almeno 8 tonnellate seguito da un rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 20 tonnellate. Il rullo gommato deve operare in continuità.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non dovranno mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Nel caso di doppi strati, la sovrapposizione deve avvenire nel minor tempo possibile.

Ultimato il costipamento, lo strato deve essere immediatamente protetto con una impregnazione di emulsione bituminosa in ragione di 1,00 kg/m² di bitume residuo e successivo spargimento di sabbia o filler o graniglia (come previsto nei rispettivi articoli di capitolato riferiti ad usura o binder).

Le operazioni devono essere sospese con temperatura dell'aria inferiore ai 15°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, dovranno essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo CONTROLLO QUALITÀ, il controllo della qualità del misto cementato è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 10 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|--|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregato grosso | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 6 |
| Aggregato fine | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 7 |
| Miscela granulare | Impianto | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Granulometria e contenuto di acqua naturale (paragrafo 0) |
| Misto cementato sfuso | Vibrofinitrice | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Contenuto di acqua, granulometria, densità secca e proprietà meccaniche (paragrafo 0) |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Densità secca, spessore |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | $M_d \geq 120 \text{ N/mm}^2$ a 18±6 ore $E_{vd} \geq 80 \text{ MPa}$ dopo compattazione $E_{vd} \geq 180 \text{ MPa}$ a 18±6 ore Scostamento $\leq 5 \text{ mm}$ |

Tabella 10. Controlli da eseguire per il misto cementato in impianto

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di misto cementato sfuso vengono determinate: il contenuto di acqua, la granulometria della miscela (compreso il cemento).

Con lo stesso materiale devono essere compattati tre provini (entro due ore dalla produzione o in funzione della presa dello specifico cemento usato) con compattatore Proctor modificato per la verifica dei valori di densità secca, Rit e Rc (Tabella 9).

Lo spessore dello strato viene determinato per differenza tra quota di posa e di superficie.

A discrezione della Direzione Lavori, in alternativa, per la verifica della densità secca, possono essere eseguite verifiche di densità con il metodo del volumetro a sabbia (CNR 22: 1992) subito dopo la stesa.

La portanza dello strato potrà essere verificata a discrezione della Direzione Lavori con prove di piastra statica (CNR 146/1992) o piastra dinamica (ASTM E2583 – 07).

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova della granulometria della miscela granulare (o del prodotto) e del contenuto d'acqua naturale che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

Le eventuali irregolarità superficiali devono essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova, riferiti al prodotto finale, di granulometria, contenuto di acqua e granulometria della miscela (incluso il cemento) eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, densità e regolarità) non saranno effettuati nel caso in cui il misto cementato sia steso su una superficie non regolarizzata con fresa o motorgrader.

I controlli saranno effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

Penali

Come introdotto nel paragrafo NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI, le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del misto cementato (preparazione, materiale e stesa).

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del misto cementato e le eventuali penali da applicare fino alla rimozione e ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

La curva granulometrica e il contenuto di cemento, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;
- contenuto di cemento: si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A discrezione della Direzione Lavori, il non rispetto delle caratteristiche meccaniche di laboratorio comporta la rimozione dello strato o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova settimanali, riferiti al prodotto finito, di granulometria della miscela e del contenuto di acqua, eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore comporta il rifiuto del materiale.

Per lo spessore dello strato, determinato da differenza di quota o carotaggio, è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale è del $(13 - 10) \cdot 3 = 9$ %. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 10 cm, al di sotto 7,5 cm è richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa fresatura di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Nel rispetto delle quote finali di progetto, è valutata dalla Direzione Lavori la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante strato di binder o usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore rispettivamente a 12 o 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A compattazione ultimata la densità secca in sito (con volumetro o prelievo di carote), non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento misurato in laboratorio $\rho_{d,max}$ misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con compattatore Proctor modificato e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Il modulo dinamico E_{vd} e il modulo di deformazione M_d non devono essere inferiore a quanto richiesto nel 90% dei punti analizzati all'interno del tronco omogeneo. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

47.2 MISTO GRANULARE STABILIZZATO

47.2.1 Misto granulare stabilizzato con aggregati vergini

Il misto granulare stabilizzato con aggregati vergini è costituito da ghiaie o aggregati vergini di frantumazione in frazione unica. Il misto granulare stabilizzato con aggregati vergini deve essere livellato tramite motorgrader e subito costipato tramite rulli. Esso può essere impiegato per lo strato portante o per regolarizzare il piano di posa di un successivo strato in funzione delle disposizioni di progetto. A protezione dello strato deve essere sempre prevista una mano di impregnazione con emulsione bituminosa a lenta rottura.

La miscela impiegata dovrà essere qualificata in conformità al regolamento Ue 305/2011 sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla etichetta CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il misto granulare stabilizzato da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del misto granulare stabilizzato e sono composti da aggregati in frazione unica. La designazione dell'aggregato in frazione unica dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13242.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 30 | LA ₃₀ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 30 | FI ₃₀ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 30 | SI ₃₀ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 30 | SE ₃₀ |
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |

Tabella 11. Caratteristiche dell'aggregato in frazione unica per il misto granulare stabilizzato

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Miscela di progetto

Per la miscela granulare si raccomanda una distribuzione granulometrica ben gradata tale da seguire la

distribuzione di Fuller
$$P_i = 100 \cdot \left(\frac{d_i}{D} \right)^0,45$$
 dove P_i è il passante al setaccio i -esimo, d_i è il setaccio i -esimo e D è la dimensione massima.

La dimensione massima potrà essere pari a 40, 30, 25 o 20 mm a discrezione della Direzione Lavori.

Il misto granulare stabilizzato dovrà avere indice CBR in condizione satura superiore a 50 (UNI EN 13286-47) e un rigonfiamento nullo. Tali valori dovranno essere dichiarati tra le caratteristiche della miscela.

La granulometria di progetto deve essere dichiarata tra le caratteristiche della miscela.

La percentuale ottimale di acqua per l'ottenimento del massimo addensamento deve essere stabilito mediante uno specifico studio in laboratorio o dovrà comunque verificare i requisiti richiesti in Tabella 12.

Le caratteristiche del misto granulare stabilizzato dovranno essere determinate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Sulla miscela ottima si deve determinare la massa volumica secca che costituirà il riferimento per il controllo della densità in sito.

| Condizioni di compattazione | | | |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Energia Proctor | [MJ/m ³] | UNI EN 13286-2 | 2,7 (modificata) |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 13286-2 | 150 (ben lubrificata) |
| Strati | [n] | UNI EN 13286-2 | 5 |
| Altezza | [mm] | UNI EN 13286-2 | 120 |
| Colpi per strato | [n] | UNI EN 13286-2 | 56 |
| Studio del contenuto ottimo di acqua | | | |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | 4, 5, 6 e 7 | Densità secca massima |
| Valutazione della portanza | | | |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | ottimo | CBR ≥ 50 Rigonfiamento = 0 |
| Condizione | [giorni di immersione] | 4 | |

Tabella 12. Caratteristiche della miscela di progetto per il misto cementato prodotto in impianto

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Il produttore deve inoltre dichiarare la granulometria della miscela ottima e il contenuto di acqua ottimo.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del misto granulare avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Ogni depressione o avvallamento presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa.

Posa in opera della miscela

La livellazione del misto granulare stabilizzato è effettuata a mezzo di motorgrader o idonea attrezzatura tale da ottenere un piano finito regolare.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Il misto granulare deve essere compattato a contenuto ottimo di acqua $\pm 2\%$. Nel caso di materiale troppo asciutto, l'impresa aggiudicatrice dell'appalto dovrà provvedere alla opportuna umidificazione del materiale almeno 8 ore della fase di compattazione. Nel caso di materiale troppo bagnato, l'impresa aggiudicatrice dell'appalto dovrà provvedere alla opportuna aerazione del materiale o alla sua pre-miscelazione con calce.

L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante ferro-gomma di almeno 14 tonnellate per spessori inferiori a 30 cm.

Ultimato il costipamento, lo strato deve essere livellato con motorgrader per il rispetto della quota e pendenze di progetto e immediatamente protetto con una mano di impregnazione in ragione di 1,0 kg/m² di bitume residuo e successiva sgranigliatura.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo CONTROLLO QUALITÀ, il controllo della qualità del misto granulare stabilizzato è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 13 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|---|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregato in frazione unica | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Paragrafo 0 |
| Misto granulare stabilizzato | Cantiere | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Contenuto di acqua, granulometria, CBR, rigonfiamento |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Densità secca |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | $M_d \geq 80 \text{ N/mm}^2$ $E_{vd} \geq 120 \text{ MPa}$ Scostamento $\leq 10 \text{ mm}$ |

Tabella 13. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di misto granulare stabilizzato sfuso vengono determinate: il contenuto di acqua, CBR, rigonfiamento e la granulometria della miscela.

A discrezione della Direzione Lavori, per la verifica della densità secca, possono essere eseguite verifiche di densità con il metodo del volumometro a sabbia (CNR 22: 1992) subito dopo la stesa.

La portanza dello strato può essere verificata a discrezione della Direzione Lavori con prove di piastra statica (CNR 146/1992) o piastra dinamica (ASTM E2583 – 07).

Le eventuali irregolarità superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

Penali

Come introdotto nel paragrafo NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI, le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale (preparazione, materiale e stesa).

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del misto granulare e le eventuali penali da applicare fino alla rimozione e ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

La curva granulometrica, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A discrezione della Direzione Lavori, il non rispetto delle caratteristiche meccaniche di laboratorio comporta la rimozione dello strato o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da differenza di quota o sondaggio, è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale è del $(13 - 10) \cdot 3 = 9 \%$. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 10 cm, al di sotto 7,5 cm è richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa fresatura di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Nel rispetto delle quote finali di progetto, è valutata dalla Direzione Lavori la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante strato di binder o usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore rispettivamente a 12 o 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A compattazione ultimata la densità secca in sito (con volumetro o prelievo di carote), non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento misurato in laboratorio $\square d_{\text{max}}$ misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con compattatore Proctor modificato e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Il modulo dinamico E_{vd} e il modulo di deformazione M_d non devono essere inferiore a quanto richiesto nel 90% dei punti analizzati all'interno del tronco omogeneo. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 10 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

47.2.2 *Misto granulare stabilizzato con aggregati di recupero*

Il misto granulare stabilizzato con aggregati di recupero è costituito da ghiaie o aggregati vergini di frantumazione in frazione unica e di recupero. È ammesso l'uso di conglomerato bituminoso di recupero fino al 20% in peso sulla miscela totale nel rispetto della norma UNI EN 13242. Il misto granulare stabilizzato con aggregati di recupero deve essere livellato tramite motorgrader e subito costipato tramite rulli. Esso può essere impiegato per lo strato portante o per regolarizzare il piano di posa di un successivo strato in funzione delle disposizioni di progetto. A protezione dello strato deve essere sempre prevista una mano di impregnazione con emulsione bituminosa a lenta rottura.

La miscela impiegata dovrà essere qualificata in conformità al regolamento Ue 305/2011 sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla etichetta CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il misto granulare stabilizzato da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati vergini

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del misto granulare stabilizzato e sono composti da aggregati in frazione unica. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13242.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 30 | LA ₃₀ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 30 | FI ₃₀ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 30 | SI ₃₀ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |

| | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|-----|-----------------|------------------|
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 30 | SE ₃₀ |
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |

Tabella 14. Caratteristiche dell'aggregato in frazione unica per il misto granulare stabilizzato

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Aggregati di recupero

Gli aggregati di recupero possono provenire dalla frantumazione di materiale inorganico precedentemente usato nelle costruzioni (UNI EN 13242).

Al fine di omogeneizzare le caratteristiche degli aggregati di recupero, è raccomandato seguire un processo di frantumazione, vagliatura e divisione dello stesso in almeno due frazioni.

Ogni frazione degli aggregati di recupero devono essere qualificate in termini di granulometria tal quale e indice di plasticità.

In particolare, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori un apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, nel quale riportare il valore medio e la deviazione standard (come parametro di omogeneità) della dimensione massima, coefficiente di forma e appiattimento e della granulometria tal quale eseguita per via umida. Per la deviazione standard della granulometria si considererà il passante riferito ad ogni singolo setaccio.

Se il quantitativo di aggregati di recupero da utilizzare nell'intero progetto è inferiore a 2.500 t, i valori medi e le rispettive deviazioni standard dovranno essere calcolati sulla base di 5 campioni prelevati nel mucchio di origine degli aggregati di recupero (ogni singola frazione) che si intende usare. Se invece il quantitativo di aggregati di recupero da utilizzare nell'intero progetto è superiore a 2.500 t, il numero dei campioni da analizzare sarà pari al quantitativo totale degli aggregati di recupero da impiegare nel progetto, espresso in tonnellate, diviso 500.

Per lo strato di misto cementato con aggregati di recupero prodotto in impianto è possibile impiegare come materiale costituente gli aggregati di recupero, a patto che la dimensione massima del materiale tal quale non sia superiore alla dimensione massima di riferimento per la miscela di misto cementato da produrre. È raccomandabile vagliare il materiale per eliminare eventuali elementi di dimensioni superiori alla dimensione massima prevista per la miscela (setaccio più piccolo tra quelli che permettono il 100% di materiale passante).

Il coefficiente di forma e appiattimento dovranno essere entrambe < 30% e il materiale dovrà avere indice di plasticità pari a 0 (per valori superiori a 0 e inferiori a 6 è possibile prevedere una miscela binaria).

La percentuale di aggregati di recupero va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela di progetto che l'impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Miscela di progetto

Per la miscela granulare si raccomanda una distribuzione granulometrica ben gradata tale da seguire la

distribuzione di Fuller
$$P_i = 100 \cdot \left(\frac{d_i}{D} \right)^0,45$$
 dove P_i è il passante al setaccio i -esimo, d_i è il setaccio i -esimo e D è la dimensione massima.

La dimensiona massima può essere pari a 40, 30, 25 o 20 mm a discrezione della Direzione Lavori.

Il misto granulare stabilizzato con aggregati di recupero deve avere indice CBR in condizione satura superiore a 50 (UNI EN 13286-47) e un rigonfiamento nullo. Tali valori devono essere dichiarati tra le caratteristiche della miscela.

La granulometria di progetto deve essere dichiarata tra le caratteristiche della miscela.

La percentuale ottimale di acqua per l'ottenimento del massimo addensamento dovrà essere stabilito mediante uno specifico studio in laboratorio o dovrà comunque verificare i requisiti richiesti in Tabella 15.

Le caratteristiche del misto granulare stabilizzato dovranno essere determinate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Sulla miscela ottima si deve determinare la massa volumica secca che costituirà il riferimento per il controllo della densità in sito.

| Condizioni di compattazione | | | |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Energia Proctor | [MJ/m ³] | UNI EN 13286-2 | 2,7 (modificata) |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 13286-2 | 150 (ben lubrificata) |
| Strati | [n] | UNI EN 13286-2 | 5 |
| Altezza | [mm] | UNI EN 13286-2 | 120 |
| Colpi per strato | [n] | UNI EN 13286-2 | 56 |
| Studio del contenuto ottimo di acqua | | | |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | 4, 5, 6 e 7 | Densità secca massima |
| Valutazione della portanza | | | |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | ottimo | CBR ≥ 50 Rigonfiamento = 0 |
| Condizione | [giorni di immersione] | 4 | |

Tabella 15. Caratteristiche della miscela di progetto per il misto cementato prodotto in impianto

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Il produttore deve inoltre dichiarare la granulometria della miscela ottima e il contenuto di acqua ottimo.

La granulometria della miscela granulare deve essere dichiarata in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore. Una volta accettato il prodotto da parte della Direzione Lavori, l'Impresa è vincolata al monitoraggio della granulometria tale quale e del contenuto d'acqua naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005) secondo le frequenze riportate nel paragrafo 0 (Controlli) e ad aggiustare opportunamente la produzione in caso di variazioni significative.

Nel caso in cui non sia comprovata l'esperienza del produttore per tale miscela, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di richiedere una verifica in campo prova esterno al cantiere di progetto.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del misto granulare avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Ogni depressione o avvallamento presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa.

Posa in opera della miscela

La livellazione del misto granulare stabilizzato verrà effettuata a mezzo di motorgrader o idonea attrezzatura tale da ottenere un piano finito regolare.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Il misto granulare dovrà essere compattato a contenuto ottimo di acqua $\pm 2\%$. Nel caso di materiale troppo asciutto, l'Impresa aggiudicatrice dell'appalto dovrà provvedere alla opportuna umidificazione del materiale almeno 8 ore della fase di compattazione. Nel caso di materiale troppo bagnato, l'impresa aggiudicatrice dell'appalto dovrà provvedere alla opportuna aerazione del materiale o alla sua premiscelazione con calce.

L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante ferro-gomma di almeno 14 tonnellate per spessori inferiori a 30 cm.

Ultimato il costipamento, lo strato deve essere livellato con motorgrader per il rispetto della quota e pendenze di progetto e immediatamente protetto con una mano di impregnazione in ragione di 1,0 kg/m² di bitume residuo e successiva sgranigliatura.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo CONTROLLO QUALITÀ, il controllo della qualità del misto granulare stabilizzato con aggregati di recupero deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 16 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|---|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregati in frazione unica | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Paragrafo 0 |
| Misto granulare stabilizzato | Cantiere | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Contenuto di acqua, granulometria, CBR, rigonfiamento |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Densità secca |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | $M_d > 80 \text{ N/mm}^2$ $E_{vd} > 120 \text{ MPa}$ Scostamento $\leq 10 \text{ mm}$ |

Tabella 16. Controlli da eseguire per il misto granulare stabilizzato con aggregati di recupero

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di misto granulare stabilizzato sfuso vengono determinate: il contenuto di acqua, CBR, rigonfiamento e la granulometria della miscela.

I rapporti di prova della granulometria della miscela granulare e del contenuto d'acqua, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore, dovranno essere consegnati settimanalmente alla Direzione Lavori.

A discrezione della Direzione Lavori, per la verifica della densità secca, potranno essere eseguite verifiche di densità con il metodo del volumometro a sabbia (CNR 22: 1992) subito dopo la stesa.

La portanza dello strato potrà essere verificata a discrezione della Direzione Lavori con prove di piastra statica (CNR 146/1992) o piastra dinamica (ASTM E2583 – 07).

Le eventuali irregolarità superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

Penali

Come introdotto nel paragrafo 45.4 (NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI), le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale (preparazione, materiale e stesa).

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del misto granulare e le eventuali penali da applicare fino alla rimozione e ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

La curva granulometrica, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A discrezione della Direzione Lavori, il non rispetto delle caratteristiche meccaniche di laboratorio comporta la rimozione dello strato o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da differenza di quota o sondaggio, è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale è del $(13 - 10) \cdot 3 = 9 \%$. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 10 cm, al di sotto 7,5 cm è richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa fresatura di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Nel rispetto delle quote finali di progetto, è valutata dalla Direzione Lavori la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante strato di binder o usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore rispettivamente a 12 o 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A compattazione ultimata la densità secca in sito (con volumometro o prelievo di carote), non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento misurato in laboratorio $\square d_{max}$ misurato in laboratorio sulla

miscela di progetto costipata con compattatore Proctor modificato e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Il modulo dinamico E_{vd} e il modulo di deformazione M_d non devono essere inferiore a quanto richiesto nel 90% dei punti analizzati all'interno del tronco omogeneo. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 10 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

Art. 48. STRATI DI PAVIMENTAZIONE

48.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO TIPO BINDER

48.1.1 Conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi, impastata con bitume a caldo in impianti di tipo fisso automatizzati. È ammesso l'uso di conglomerato bituminoso di recupero fino al 20% in peso sulla miscela totale nel rispetto della norma UNI EN 13108-8 e UNI/TS 11688. Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. La miscela impiegata deve essere qualificata in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del conglomerato bituminoso a caldo di tipo binder tradizionale e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45$ mm; $d \geq 2$ mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 17. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 25 | LA ₂₅ |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | C _{100/0} |
| Percentuale di particelle frantumate* | UNI EN 933-5 | [%] | - | C _{90/3} |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 2 | f ₂ |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F ₁ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 25 | FI ₂₅ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 25 | SI ₂₅ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄₂ |

*in misura inferiore al 20% in volume sul materiale granulare

Tabella 17. Caratteristiche dell'aggregato grosso

L'aggregato fine ($D \leq 2 \text{ mm}$; $d = 0 \text{ mm}$) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 18. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4 \text{ mm}$. La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 70 | SE ₇₀ |
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 5 | f ₅ |

Tabella 18. Caratteristiche dell'aggregato fine

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, e ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 19. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|---|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Porosità del filler secco compattato (Rigden) | UNI EN 1097-4 | [%] | ≥ 38 | V _{38/45} |
| Passante al setaccio 0,063 mm | - | [%] | ≥ 70 | - |
| Stiffening Power | UNI EN 13179-1 | [°C] | 8 ÷ 25 | $\Delta_{R\&B} 8/25$ |

Tabella 19. Caratteristiche del filler

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Additivi

Gli additivi come attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive o calce che favoriscono l'adesione bitume-aggregato possono essere impiegati nel conglomerato bituminoso per migliorare la durabilità all'acqua.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo deve essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo, acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm⁻¹, indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Nel caso dell'utilizzo di calce, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la marcatura CE della calce secondo la UNI EN 459-1.

Il dosaggio dell'additivo deve essere specificato obbligatoriamente tra le caratteristiche del conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale.

Bitume

Il bitume deve appartenere alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego, specificata dalla Direzione Lavori in fase di progetto, è per la classe 50/70 per le stagioni più calde, mentre la classe 70/100 è raccomandata nelle stagioni più fredde. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 20.

| Classe del bitume UNI EN 12591 | | | 50/70 | 70/100 |
|---|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Valori richiesti |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN 1426 | [× 0.1 mm] | 50 - 70 | 70 - 100 |
| Punto di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | 46 - 54 | 43 - 51 |
| Punto di rottura (Fraass) | UNI EN 12593 | [°C] | ≤ - 8 | ≤ - 10 |
| Viscosità dinamica 160°C | UNI EN 13302 | [mPa · s] | 50 - 200 | 50 - 200 |
| Solubilità | UNI EN 12592 | [%] | ≥ 99 | ≥ 99 |
| Resistenza all'invecchiamento RTFOT | UNI EN 12607-1 | | | |
| Variazione di massa | UNI EN 12607-1 | [%] | ≤ 0,5 | ≤ 0,8 |
| Penetrazione residua a 25°C | UNI EN 1426 | [%] | ≥ 50 | ≥ 46 |
| Variazione della temperatura di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | ≤ 11 | ≤ 11 |

Tabella 20. Caratteristiche del bitume tradizionale

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottare per la produzione del conglomerato bituminoso a caldo di tipo binder tradizionale deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 21. La percentuale di bitume deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Il fuso AC20 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 7 e 12 cm, mentre il fuso AC16 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 5 e 7 cm.

| Fuso granulometrico | | |
|---|-----------------------------|-----------|
| Classe di conglomerato bituminoso | AC20 | AC16 |
| Apertura setacci UNI [mm] | Passante totale in peso [%] | |
| 31,5 | 100 | - |
| 20 | 90 - 100 | 100 |
| 16 | - | 90 - 100 |
| 10 | 56 - 68 | 73 - 85 |
| 4 | 37 - 48 | 45 - 56 |
| 2 | 23 - 33 | 28 - 38 |
| 0,5 | 11 - 17 | 16 - 24 |
| 0,25 | 6 - 12 | 11 - 18 |
| 0,063 | 4,0 - 7,0 | 4,0 - 8,0 |
| Contenuto di bitume | | |
| Contenuto di bitume riferito alla miscela [%] | 4,0 - 5,5 | 4,0 - 5,5 |
| Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%] | 4,2 - 5,8 | 4,2 - 5,8 |
| I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2,650/\rho_a$, dove ρ_a è la massa volumica apparente degli aggregati, in Mg/m^3 determinata secondo la UNI | | |

EN 1097-6.

Tabella 21. Fusso di progetto e intervallo del contenuto di bitume

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale devono essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Secondo il metodo volumetrico (Tabella 22), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N3. La densità di ogni provino compattato a N3 giri deve essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato \square_{bseal}) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico \square_{bdim}). Il rapporto tra densità del provino sigillato \square_{bseal} a N3 giri e densità geometrica del provino \square_{bdim} a N3 giri deve essere usato come fattore correttivo ($f = \square_{bseal} / \square_{bdim}$) di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (densità corretta = densità geometrica $\times f$). La densità corretta e la densità massima teorica \square_{m} (UNI EN 12697-5) devono essere usate per il calcolo dei vuoti V_m del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti V_m calcolati secondo la UNI EN 12697-8 deve essere eseguita a tre livelli di compattazione: N1 (iniziale, post-stesa), N2 (intermedio, post-rullatura), N3 (finale, previsionale post-traffico).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB devono essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N2.

La miscela di progetto deve verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella 22.

Quando prodotto in laboratorio, il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale deve essere confezionato in accordo alla UNI EN 12697-35.

| Condizioni di compattazione | | | |
|---|----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Angolo di rotazione esterno | [°] | SHRP Designation M-002 | 1,25 \pm 0,02 |
| Velocità di rotazione | [rotazioni/min] | UNI EN 12697-31 | 30 |
| Pressione verticale | [kPa] | UNI EN 12697-31 | 600 |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 100 (per AC16) |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 150 (per AC20) |
| Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70 o 70/100) | [°C] | UNI EN 12697-35 | temperatura operativa \pm 10 |
| Proprietà volumetriche e meccaniche | | | |
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| V_m a 10 rotazioni (N_1) | [%] | UNI EN 12697-8 | 11 - 15 |
| V_m a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 3 - 6 |
| VMA a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | > 12 |
| VFB a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 65 - 80 |
| V_m a 180 rotazioni (N_3) | [%] | UNI EN 12697-8 | \geq 2 |
| Resistenza a trazione indiretta a 25°C a N_2 (ITS) | [N/mm ²] | UNI EN 12697-23 | 0,75 - 1,50 |
| Coef. di trazione indiretta ¹ a 25°C a N_2 (CTI) | - | - | \geq 70 |
| Sensibilità all'acqua (ITSR) | [%] | UNI EN 12697-12 | \geq 80 |
| ¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo | | | |

Tabella 22. Caratteristiche della miscela di progetto

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve dichiarare con opportuna documentazione l'intervallo di temperatura di stesa del prodotto affinché siano garantite le prestazioni richieste. Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta del conglomerato bituminoso, il dosaggio e il tipo di additivo eventualmente impiegato come stabilito nel paragrafo 0.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che possono essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

Produzione della miscela

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale è confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura opportuna a mantenere una viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si deve far uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione è stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati e del bitume all'atto della miscelazione deve garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste della miscela a seguito della stesa. Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,5% in peso.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale sarà preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante tandem di almeno 8 tonnellate seguito da un rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 12 tonnellate. Il rullo gommato deve operare in un intervallo di temperatura tale da non ormaiare lo strato e, allo stesso tempo, evitare che il conglomerato si attacchi allo pneumatico.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non devono mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Nel caso di doppi strati, se la sovrapposizione non avviene nell'arco delle 24 ore, è necessario applicare una mano di attacco di emulsione bituminosa rapida in ragione di 0,30 kg/m² di bitume residuo.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o

attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, devono essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo CONTROLLO QUALITÀ, il controllo della qualità del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità.

La Tabella 23 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|---|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregato grosso | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 17 |
| Aggregato fine | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 18 |
| Filler | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 19 |
| Bitume | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 20 |
| Conglomerato bituminoso sfuso | Vibrofinitrice | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Temperatura di stesa, contenuto di bitume, granulometria, caratteristiche volumetriche e meccaniche (paragrafo 0), additivi |
| Carote | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Spessore, contenuto di vuoti V _m |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Scostamento ≤ 5 mm |

Tabella 23. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso di tipo binder tradizionale

La temperatura di stesa del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder deve essere controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale devono essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N3 giri per le verifiche volumetriche (Tabella 22) e tre provini a N2 giri per la verifica dei valori ITS e CTI (Tabella 22).

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche in riferimento alla Tabella 23 (spessore e contenuto di vuoti). La percentuale di vuoti è determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso. In mancanza di valori misurati o calcolati può essere usata la densità massima teorica dichiarata. Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori.

Carote aggiuntive possono essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (ITS e CTI).

Le eventuali irregolarità superficiali devono essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, contenuto di vuoti e regolarità) non sono effettuati nel caso in cui il conglomerato bituminoso sia impiegato per la risagomatura della pavimentazione stradale esistente.

I controlli sono effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

Penali

Come introdotto nel paragrafo NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI, le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore, comporta il rifiuto del materiale.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla

misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se lo strato è spesso 6,10 cm anziché 7,00 cm e quindi la carenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale in percentuale è del $(13 - 10) \times 3 = 9$ %. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. Per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 7,00 cm, al di sotto di 5,25 cm può essere richiesto il rifacimento. In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento dello spessore totale atteso. Per la ricarica può essere impiegato conglomerato bituminoso di tipo binder o tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore a 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per vuoti eccessivi} = 2 \cdot s + s^2$$

dove s è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio, se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare è pari a $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$ ossia del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori al 8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

48.1.2 *Conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato*

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi, impastata a caldo con bitume modificato

in impianti di tipo fisso automatizzati. È ammesso l'uso di conglomerato bituminoso di recupero solo se proveniente dalla demolizione di strati in conglomerato bituminoso con bitume modificato SBS e fino al 20% in peso sulla miscela totale nel rispetto della norma UNI EN 13108-8 e UNI/TS 11688. Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. La miscela impiegata dovrà essere qualificata in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del conglomerato bituminoso a caldo di tipo binder con bitume modificato e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45$ mm; $d \geq 2$ mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 24. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 25 | LA ₂₅ |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | C _{100/0} |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 2 | f ₂ |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F ₁ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 25 | FI ₂₅ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 25 | SI ₂₅ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |

Tabella 24. Caratteristiche dell'aggregato grosso per bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato

L'aggregato fine ($D \leq 2$ mm; $d = 0$ mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 25. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4$ mm. La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|-----------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 70 | SE ₇₀ |

| | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|-----|--------------|----------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 5 | f ₅ |

Tabella 25. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 26. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|---|-------------------------|-----------------|------------------|---------------------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Porosità del filler secco compattato (Rigden) | UNI EN 1097-4 | [%] | ≥ 38 | V _{38/45} |
| Passante al setaccio 0,063 mm | - | [%] | ≥ 70 | - |
| Stiffening Power | UNI EN 13179-1 | [°C] | 8 ÷ 25 | Δ _{R&B} 8/25 |

Tabella 26. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato

Il paragrafo Certificati di qualifica e relative penali specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Additivi

Gli additivi come attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive o calce che favoriscono l'adesione bitume-aggregato possono essere impiegati nel conglomerato bituminoso per migliorare la durabilità all'acqua.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo, acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm⁻¹, indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Nel caso dell'utilizzo di calce, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la marcatura CE della calce secondo la UNI EN 459-1.

Il dosaggio dell'additivo deve essere specificato obbligatoriamente tra le caratteristiche del conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale.

Bitume modificato

Il legante deve essere costituito da bitume modificato con polimeri elastomerici SBS che ne modificano la struttura fisica e le caratteristiche chimiche e meccaniche. Le proprietà del bitume modificato ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 27.

| Classe del bitume modificato UNI EN 14023 | | | PmB 45/80-70 | |
|---|-----------------|-----------------|------------------|--------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Classe |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN 1426 | [× 0.1 mm] | 45 ÷ 80 | 4 |
| Punto di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | ≥ 70 | 4 |
| Punto di rottura (Fraass) | UNI EN 12593 | [°C] | ≤ - 12 | 6 |
| Viscosità dinamica 180°C | UNI EN 13302 | [mPa · s] | 50 ÷ 200 | - |
| Ritorno elastico a 25° C | UNI EN 13398 | [%] | ≥ 80 | 2 |
| Stabilità allo stoccaggio (Δ pen) | UNI EN 13399 | [× 0.1 mm] | 9 | 2 |
| Stabilità allo stoccaggio (Δ R&B) | UNI EN 13399 | [°C] | 5 | 2 |
| Resistenza all'invecchiamento RTFOT | UNI EN 12607-1 | | | |
| Variazione di massa | UNI EN 12607-1 | [%] | ≤ 0,5 | 3 |
| Penetrazione residua a 25°C | UNI EN 1426 | [%] | ≥ 60 | 7 |
| Variazione della temperatura di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | ≤ 8 | 2 |

Tabella 27. Caratteristiche del bitume modificato

Il paragrafo Certificati di qualifica e relative penali specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottare per la produzione del conglomerato bituminoso a caldo di tipo binder tradizionale deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 28. La percentuale di bitume deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Il fuso AC20 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 7 e 12 cm, mentre il fuso AC16 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 5 e 7 cm.

| Fuso granulometrico | | |
|--|-----------------------------|-----------|
| Classe di conglomerato bituminoso riciclato a caldo | AC20 | AC16 |
| Apertura setacci UNI [mm] | Passante totale in peso [%] | |
| 31,5 | 100 | - |
| 20 | 90 - 100 | 100 |
| 16 | - | 90 - 100 |
| 10 | 56 - 68 | 73 - 85 |
| 4 | 37 - 48 | 45 - 56 |
| 2 | 23 - 33 | 28 - 38 |
| 0,5 | 11 - 17 | 16 - 24 |
| 0,25 | 6 - 12 | 11 - 18 |
| 0,063 | 4,0 - 7,0 | 4,0 - 8,0 |
| Contenuto di bitume | | |
| Contenuto di bitume riferito alla miscela [%] | 4,0 - 5,5 | 4,0 - 5,5 |
| Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%] | 4,2 - 5,8 | 4,2 - 5,8 |
| I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2,650/\rho_a$, dove ρ_a è la massa volumica apparente degli aggregati, in Mg/m ³ determinata secondo la UNI EN 1097-6. | | |

Tabella 28. Fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume modificato

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato devono essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Secondo il metodo volumetrico (Tabella 29), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N3. La densità di ogni provino compattato a N3 giri deve essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato \square_{bseal}) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico \square_{bdim}). Il rapporto tra densità del provino sigillato \square_{bseal} a N3 giri e densità geometrica del provino \square_{bdim} a N3 giri deve essere usato come fattore correttivo ($f = \square_{bseal} / \square_{bdim}$) di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (densità corretta = densità geometrica $\times f$). La densità corretta e la densità massima teorica $\square_{\square m}$ (UNI EN 12697-5) devono essere usate per il calcolo dei vuoti V_m del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti V_m calcolati secondo la UNI EN 12697-8 deve essere eseguita a tre livelli di compattazione: N1 (iniziale, post-stesa), N2 (intermedio, post-rullatura), N3 (finale, previsionale post-traffico).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB devono essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N2.

La miscela di progetto dovrà verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella 29.

Quando prodotto in laboratorio, il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato dovrà essere confezionato e compattato nel rispetto delle reali temperature operative e in accordo alla UNI EN 12697-35.

| Condizioni di compattazione | | | |
|---|----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Angolo di rotazione esterno | [°] | SHRP Designation M-002 | 1,25 \pm 0,02 |
| Velocità di rotazione | [rotazioni/min] | UNI EN 12697-31 | 30 |
| Pressione verticale | [kPa] | UNI EN 12697-31 | 600 |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 100 (per AC16) |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 150 (per AC20) |
| Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume modificato) | [°C] | - | temperatura operativa \pm 10 |
| Proprietà volumetriche e meccaniche | | | |
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| V_m a 10 rotazioni (N_1) | [%] | UNI EN 12697-8 | 11 - 15 |
| V_m a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 3 - 6 |
| VMA a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | > 12 |
| VFB a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 65 - 80 |
| V_m a 180 rotazioni (N_3) | [%] | UNI EN 12697-8 | \geq 2 |
| Resistenza a trazione indiretta a 25°C a N_2 (ITS) | [N/mm ²] | UNI EN 12697-23 | 0,95 - 1,80 |
| Coef. di trazione indiretta ¹ a 25°C a N_2 (CTI) | - | - | \geq 100 |
| Sensibilità all'acqua (ITSR) | [%] | UNI EN 12697-12 | \geq 90 |
| ¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo | | | |

Tabella 29. Caratteristiche della miscela di progetto

Il paragrafo Certificati di qualifica e relative penali specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve dichiarare con opportuna documentazione l'intervallo di temperatura di stesa del prodotto affinché siano garantite le prestazioni richieste. Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta del conglomerato bituminoso, il dosaggio e il tipo di additivo eventualmente impiegato come stabilito nel paragrafo specifico.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che possono essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

Produzione della miscela

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato è confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura opportuna a mantenere una viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si deve far uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione è stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati e del bitume all'atto della miscelazione deve garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste della miscela a seguito della stesa. Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,5% in peso.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale sarà preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante tandem di almeno 8 tonnellate seguito da un rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 12 tonnellate. Il rullo gommato deve operare in un intervallo di temperatura tale da non ormaiare lo strato e, allo stesso tempo, evitare che il conglomerato si attacchi allo pneumatico.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non devono mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Nel caso di doppi strati, se la sovrapposizione non avviene nell'arco delle 24 ore, è necessario applicare una mano di attacco di emulsione bituminosa rapida in ragione di 0,30 kg/m² di bitume residuo.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o

attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, devono essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo Controllo qualità, il controllo della qualità del conglomerato bituminoso è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 30 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|---|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregato grosso | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 24 |
| Aggregato fine | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 25 |
| Filler | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 26 |
| Bitume | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 27 |
| Conglomerato bituminoso sfuso | Vibrofinitrice | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Temperatura di stesa, contenuto di bitume, granulometria, caratteristiche volumetriche e meccaniche (paragrafo 0), additivi |
| Carote | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Spessore, contenuto di vuoti V _m |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Scostamento ≤ 5 mm |

Tabella 30. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso di tipo binder con bitume modificato

La temperatura di stesa del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato deve essere controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N3 giri per le verifiche volumetriche (Tabella 29) e tre provini a N2 giri per la verifica dei valori ITS e CTI (Tabella 29).

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche in riferimento alla Tabella 30 (spessore e contenuto di vuoti). La percentuale di vuoti è determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso. In mancanza di valori misurati o calcolati può essere usata la densità massima teorica dichiarata. Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori.

Carote aggiuntive potranno essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (ITS e CTI).

Le eventuali irregolarità superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che possono essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, contenuto di vuoti e regolarità) non saranno effettuati nel caso in cui il conglomerato bituminoso sia impiegato per la risagomatura della pavimentazione stradale esistente.

I controlli saranno effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

Penali

Come introdotto nel paragrafo 45.4 (Non conformità e relative penali), le detrazioni di seguito descritte saranno applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore, comporta il rifiuto del materiale.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;

contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla

misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se lo strato è spesso 6,10 cm anziché 7,00 cm e quindi la carenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale in percentuale è del $(13 - 10) \times 3 = 9$ %. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. Per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 7,00 cm, al di sotto di 5,25 cm può essere richiesto il rifacimento. In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento dello spessore totale atteso. Per la ricarica può essere impiegato conglomerato bituminoso di tipo binder o tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore a 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per vuoti eccessivi} = 2 \cdot s + s^2$$

dove s è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio, se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare è pari a $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$ ossia del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori al 8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

48.1.3 *Conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder*

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con riciclaggio a caldo è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi, impastata con bitume a caldo in impianti

di tipo fisso automatizzati. È ammesso l'uso di conglomerato bituminoso di recupero senza limiti quantitativi nel rispetto della norma UNI EN 13108-8 e UNI/TS 11688. Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con riciclaggio a caldo è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. La miscela impiegata dovrà essere qualificata in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder con riciclaggio a caldo da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo di tipo binder e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45$ mm; $d \geq 2$ mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 31. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 25 | LA ₂₅ |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | C _{100/0} |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 2 | f ₂ |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F ₁ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 25 | FI ₂₅ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 25 | SI ₂₅ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |

Tabella 31. Caratteristiche dell'aggregato grosso per conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder

L'aggregato fine ($D \leq 2$ mm; $d = 0$ mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 32. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4$ mm. La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 70 | SE ₇₀ |
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |

| | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----|-----|----------------|
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 5 | f ₅ |
|--------------------------------|--------------|-----|-----|----------------|

Tabella 32. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 33. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|---|-------------------------|-----------------|------------------|---------------------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Porosità del filler secco compattato (Rigden) | UNI EN 1097-4 | [%] | ≥ 38 | V _{38/45} |
| Passante al setaccio 0,063 mm | - | [%] | ≥ 70 | - |
| Stiffening Power | UNI EN 13179-1 | [°C] | 8 ÷ 25 | Δ _{R&B} 8/25 |

Tabella 33. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Conglomerato bituminoso di recupero

Il conglomerato bituminoso di recupero (comunemente detto fresato) proviene dalla fresatura degli strati di rivestimento stradale in conglomerato bituminoso, dalla frantumazione di lastre in conglomerato bituminoso e da scarti di produzione e/o sovrapproduzione di conglomerato bituminoso (UNI EN 13108-8, UNI/TS 11688).

Al fine di omogeneizzare le caratteristiche del fresato, è raccomandato seguire un processo di frantumazione, vagliatura e divisione dello stesso in almeno due frazioni. Preferibilmente tali frazioni dovranno essere stoccate sotto coperture areate a protezione delle piogge e tali da favorire l'evaporazione dell'umidità. È consigliato produrre le frazioni a seconda delle esigenze di utilizzo in impianto per evitare che, a seguito del lungo stoccaggio, si generino placche.

Ogni frazione del conglomerato bituminoso di recupero deve essere qualificata in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

In particolare, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori un apposito certificato, rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, nel quale riportare il valore medio e la deviazione standard (come parametro di omogeneità) della dimensione massima, della granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e del contenuto di bitume (UNI EN 12697-1). Per la deviazione standard della granulometria si considererà il passante riferito ad ogni singolo setaccio.

Se il quantitativo di fresato da utilizzare nell'intero progetto è inferiore a 2.500 t, i valori medi e le rispettive deviazioni standard dovranno essere calcolati sulla base di 5 campioni prelevati nel mucchio di origine del fresato (ogni singola frazione) che si intende usare. Se invece il quantitativo di fresato da utilizzare nell'intero progetto è superiore a 2.500 t, il numero dei campioni da analizzare sarà pari al quantitativo totale di fresato da impiegare nel progetto, espresso in tonnellate, diviso 500.

Per lo strato di conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder è possibile impiegare come materiale costituente il fresato proveniente da qualunque strato della sovrastruttura stradale, a patto che la dimensione massima degli aggregati nel fresato non sia superiore alla dimensione massima di riferimento

per la miscela di conglomerato bituminoso da produrre. Per restare a favore di sicurezza, è raccomandabile vagliare il fresato per eliminare eventuali elementi di dimensioni superiori alla dimensione massima prevista per la miscela (setaccio più piccolo tra quelli che permettono il 100% di materiale passante).

La percentuale di fresato deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela di progetto che l'impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Una volta accettato il materiale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è vincolata al monitoraggio dello stesso durante la produzione secondo le frequenze riportate nel paragrafo 0 (Controlli) e ad aggiustare opportunamente la produzione in caso di variazioni significative. I rapporti di prova, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore, dovranno essere consegnati settimanalmente alla Direzione Lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Additivi per riciclaggio a caldo

Gli additivi per riciclaggio a caldo sono prodotti che consentono di correggere le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel fresato in termini di proprietà di adesione, consistenza e viscosità, migliorando perciò le prestazioni del conglomerato bituminoso finale.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, in funzione del contenuto, tipo e caratteristiche di bitume presente nel fresato e dalle prestazioni del conglomerato bituminoso di progetto. In maniera indicativa il dosaggio dovrà essere compreso tra il 2% e il 7% in peso rispetto al bitume invecchiato presente nel fresato.

L'impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm⁻¹, indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. In funzione dell'impiego, l'additivo per riciclaggio a caldo può essere disperso nel legante o spruzzato direttamente sul fresato, mediante attrezzature idonee a garantire l'esatto dosaggio e omogenea dispersione all'interno del conglomerato bituminoso. L'additivo per riciclaggio a caldo impiegato deve presentare caratteristiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Additivi

Gli additivi come attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive o calce che favoriscono l'adesione bitume-aggregato possono essere impiegati nel conglomerato bituminoso per migliorare la durabilità all'acqua.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo deve essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo, acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm⁻¹, indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Nel caso dell'utilizzo di calce, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la marcatura CE della calce secondo la UNI EN 459-1.

Il dosaggio dell'additivo deve essere specificato obbligatoriamente tra le caratteristiche del conglomerato bituminoso.

Bitume

Il bitume deve appartenere alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego, specificata dalla Direzione Lavori in fase di progetto, è per la classe 50/70 per le stagioni più calde, mentre la classe 70/100 è raccomandata nelle stagioni più fredde. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 34.

| Classe del bitume | | | 50/70 | 70/100 |
|---|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Valori richiesti |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN 1426 | [× 0.1 mm] | 50 - 70 | 70 - 100 |
| Punto di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | 46 - 54 | 43 - 51 |
| Punto di rottura (Fraass) | UNI EN 12593 | [°C] | ≤ - 8 | ≤ -10 |
| Viscosità dinamica 160°C | UNI EN 13302 | [mPa · s] | 50 - 200 | 50 - 200 |
| Solubilità | UNI EN 12592 | [%] | ≥ 99 | ≥ 99 |
| Resistenza all'invecchiamento RTFOT | UNI EN 12607-1 | | | |
| Variazione di massa | UNI EN 12607-1 | [%] | ≤ 0,5 | ≤ 0,8 |
| Penetrazione residua a 25°C | UNI EN 1426 | [%] | ≥ 50 | ≥ 46 |
| Variazione della temperatura di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | ≤ 11 | ≤ 11 |

Tabella 34. Caratteristiche del bitume tradizionale

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottare per la produzione del conglomerato bituminoso a caldo di tipo binder con riciclaggio a caldo deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 35. La percentuale di bitume deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Il fuso AC20 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 7 e 12 cm, mentre il fuso AC16 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 5 e 7 cm.

| Fuso granulometrico | | |
|---|-----------------------------|------------|
| Classe di conglomerato bituminoso | AC20 | AC16 |
| Apertura setacci UNI [mm] | Passante totale in peso [%] | |
| 31,5 | 100 | - |
| 20 | 90 ÷ 100 | 100 |
| 16 | - | 90 ÷ 100 |
| 10 | 56 ÷ 68 | 73 ÷ 85 |
| 4 | 37 ÷ 48 | 45 ÷ 56 |
| 2 | 23 ÷ 33 | 28 ÷ 38 |
| 0,5 | 11 ÷ 17 | 16 ÷ 24 |
| 0,25 | 6 ÷ 12 | 11 ÷ 18 |
| 0,063 | 4,0 ÷ 9,0 | 4,0 ÷ 10,0 |
| Contenuto di bitume | | |
| Contenuto di bitume riferito alla miscela [%] | 4,2 ÷ 5,7 | 4,2 ÷ 5,7 |
| Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%] | 4,4 ÷ 6,0 | 4,4 ÷ 6,0 |
| I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: | | |

$a = 2,650/\rho_a$, dove ρ_a è la massa volumica apparente degli aggregati, in Mg/m^3 determinata secondo la UNI EN 1097-6.

Tabella 35. Fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder dovranno essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Secondo il metodo volumetrico (Tabella 36), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N3. La densità di ogni provino compattato a N3 giri deve essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato \square_{bseal}) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico \square_{bdim}). Il rapporto tra densità del provino sigillato \square_{bseal} a N3 giri e densità geometrica del provino \square_{bdim} a N3 giri è usato come fattore correttivo ($f = \square_{\text{bseal}} / \square_{\text{bdim}}$) di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (densità corretta = densità geometrica $\times f$). La densità corretta e la densità massima teorica \square_{m} (UNI EN 12697-5) sono usate per il calcolo dei vuoti V_m del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti V_m calcolati secondo la UNI EN 12697-8 deve essere eseguita a tre livelli di compattazione: N1 (iniziale, post-stesa), N2 (intermedio, post-rullatura), N3 (finale, previsionale post-traffico).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB devono essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N2. La miscela di progetto deve verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella 36. Quando prodotto in laboratorio, il conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder dovrà essere confezionato in accordo alla UNI EN 12697-35.

| Condizioni di compattazione | | | |
|---|----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Angolo di rotazione esterno | [°] | SHRP Designation M-002 | 1,25 \pm 0,02 |
| Velocità di rotazione | [rotazioni/min] | UNI EN 12697-31 | 30 |
| Pressione verticale | [kPa] | UNI EN 12697-31 | 600 |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 100 (per AC16) |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 150 (per AC20) |
| Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70 o 70/100) | [°C] | UNI EN 12697-35 | temperatura operativa \pm 10 |
| Proprietà volumetriche e meccaniche | | | |
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| V_m a 10 rotazioni (N_1) | [%] | UNI EN 12697-8 | 11 - 15 |
| V_m a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 3 - 6 |
| VMA a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | > 12 |
| VFB a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 65 - 80 |
| V_m a 180 rotazioni (N_3) | [%] | UNI EN 12697-8 | > 2 |
| Resistenza a trazione indiretta a 25°C a N_2 (ITS) | [N/mm ²] | UNI EN 12697-23 | 0,75 - 1,50 |
| Coef. di trazione indiretta ¹ a 25°C a N_2 (CTI) | - | - | ≥ 70 |
| Sensibilità all'acqua (ITSR) | [%] | UNI EN 12697-12 | ≥ 80 |
| ¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in | | | |

| |
|-----------------------------------|
| corrispondenza del carico massimo |
|-----------------------------------|

Tabella 36. Caratteristiche della miscela di progetto per conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve dichiarare con opportuna documentazione l'intervallo di temperatura di stesa del prodotto affinché siano garantite le prestazioni richieste. Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta del conglomerato bituminoso, il contenuto di fresato e le sue caratteristiche e il dosaggio e il tipo di additivi impiegati.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

Nel caso in cui non sia comprovata l'esperienza del produttore per tale miscela, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di richiedere una verifica in campo prova esterno al cantiere di progetto.

Produzione della miscela

Il conglomerato bituminoso con riciclato a caldo tipo binder deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura opportuna a mantenere una viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Al fine di omogeneizzare le caratteristiche del fresato, è raccomandato seguire un processo di frantumazione, vagliatura e divisione dello stesso in almeno due frazioni. Preferibilmente tali frazioni dovranno essere stoccate sotto coperture areate a protezione delle piogge e tali da favorire l'evaporazione dell'umidità. Inoltre è consigliato produrre le frazioni a seconda delle esigenze di utilizzo in impianto per evitare che, a eseguito del lungo stoccaggio, si generino placche.

Il tempo di miscelazione è stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati, del fresato e del bitume all'atto della miscelazione deve garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste della miscela a seguito della stesa. Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non dovranno mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale sarà preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato vada in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dai veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante tandem di almeno 8 tonnellate seguito da un rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 12 tonnellate. Il rullo gommato deve operare in un intervallo di temperatura tale da non ormaiare lo strato e, allo stesso tempo, evitare che il conglomerato si attacchi allo pneumatico.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non dovranno mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

Si avrà inoltre cura che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Nel caso di doppi strati, la sovrapposizione deve avvenire nel minor tempo possibile, comunque nell'arco delle 24 ore successive, altrimenti sarà necessario applicare una mano di attacco di emulsione bituminosa rapida in ragione di 0,30 kg/m² di bitume residuo.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, dovranno essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo Controllo qualità, il controllo della qualità del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 37 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|---|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregato grosso | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 17 |
| Aggregato fine | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 18 |
| Filler | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 19 |
| Conglomerato bituminoso di recupero (fresato) | Impianto | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Dimensione massima, granulometria degli aggregati, contenuto di bitume (paragrafo 0) |
| Bitume | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 20 |
| Conglomerato bituminoso sfuso | Vibrofinitrice | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Temperatura di stesa, contenuto di bitume, granulometria, caratteristiche volumetriche e meccaniche (paragrafo 0), additivi (paragrafo 0 e 0) |
| Carote | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Spessore, contenuto di vuoti V _m |

| | | | |
|---------------------------------|----------------|---|-------------------------|
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Scostamento ≤ 5 mm |
|---------------------------------|----------------|---|-------------------------|

Tabella 37. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder

La temperatura di stesa del conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder dovrà essere controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N3 giri per le verifiche volumetriche (Tabella 36) e tre provini a N2 giri per la verifica dei valori ITS e CTI (Tabella 36).

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche in riferimento alla Tabella 37 (spessore e contenuto di vuoti). La percentuale di vuoti è determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso. In mancanza di valori misurati o calcolati può essere usata la densità massima teorica dichiarata. Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori.

Carote aggiuntive potranno essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (ITS e CTI).

Le eventuali irregolarità superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UNI EN 13036-7).

Nel caso in cui non sia comprovata l'esperienza del produttore per tale miscela, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di richiedere una verifica in campo prova esterno al cantiere di progetto.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che possono essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, contenuto di vuoti e regolarità) non saranno effettuati nel caso in cui il conglomerato bituminoso sia impiegato per la risagomatura della pavimentazione stradale esistente.

I controlli saranno effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

Penali

Come introdotto nel paragrafo NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI, le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con riciclaggio a caldo (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore, comporta il rifiuto del materiale.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se lo strato è spesso 6,10 cm anziché 7,00 cm e quindi la carenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale in percentuale è del $(13 - 10) \times 3 = 9 \%$. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. Per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 7,00 cm, al di sotto di 5,25 cm può essere richiesto il rifacimento. In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento dello spessore totale atteso. Per la ricarica può essere impiegato conglomerato bituminoso di tipo binder o tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore a 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per vuoti eccessivi} = 2 \cdot s + s^2$$

dove s è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio, se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare è pari a $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$ ossia del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla

carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori al 8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

48.2 CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO TIPO USURA

48.2.1 *Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici*

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici (percentuale espressa in volume sulla miscela di inerti) è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi, impastata con bitume a caldo in impianti di tipo fisso automatizzati. È ammesso l'uso di conglomerato bituminoso di recupero fino al 10% in peso sulla miscela totale nel rispetto della norma UNI EN 13108-8 e UNI/TS 11688. Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. La miscela impiegata dovrà essere qualificata in conformità al regolamento Ue 305/2011 sui prodotti da costruzione. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1, da consegnare al momento della consegna in cantiere. Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del conglomerato bituminoso a caldo di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici (percentuale espressa in volume sulla miscela di inerti) e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45$ mm; $d \geq 2$ mm) potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per almeno il 40% in volume sulla miscela totale degli aggregati, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 38. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 20 | LA ₂₀ |

| | | | | |
|--------------------------------------|---------------|-----|-----------|-------------|
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | $C_{100/0}$ |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 2 | f_2 |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F_1 |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 15 | FI_{15} |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 15 | SI_{15} |
| Resistenza alla levigabilità | UNI EN 1097-8 | [-] | ≥ 50 | PSV_{50} |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA_{242} |

Tabella 38. Caratteristiche dell'aggregato grosso non carbonatica per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Nel caso in cui, per la produzione del conglomerato sia necessario un ulteriore apporto di aggregato grosso, esso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 39. La designazione dell'aggregato grosso addizionale dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 25 | LA_{25} |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | $C_{100/0}$ |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 2 | f_2 |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F_1 |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 25 | FI_{25} |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 25 | SI_{25} |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA_{242} |

Tabella 39. Caratteristiche dell'aggregato grosso addizionale (calcareo) per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

L'aggregato fine ($D \leq 2$ mm; $d = 0$ mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 40. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4$ mm. La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 70 | SE_{70} |
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 5 | f_5 |

Tabella 40. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, ceneri volanti. Il filler deve inoltre

soddisfare i requisiti indicati in Tabella 41. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|---|-------------------------|-----------------|------------------|---------------------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Porosità del filler secco compattato (Rigden) | UNI EN 1097-4 | [%] | ≥ 38 | V _{38/45} |
| Passante al setaccio 0,063 mm | - | [%] | ≥ 70 | - |
| Stiffening Power | UNI EN 13179-1 | [°C] | 8 ÷ 25 | Δ _{R&B} 8/25 |

Tabella 41. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Additivi

Gli additivi come attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive o calce che favoriscono l'adesione bitume-aggregato possono essere impiegati nel conglomerato bituminoso, per migliorare la durabilità all'acqua.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo deve essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo, acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm⁻¹, indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Nel caso dell'utilizzo di calce, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la marcatura CE della calce secondo la UNI EN 459-1.

Il dosaggio dell'additivo deve essere specificato obbligatoriamente tra le caratteristiche del conglomerato bituminoso tipo usura.

Bitume

Il bitume deve appartenere alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego, specificata dalla Direzione Lavori in fase di progetto, è per la classe 50/70 per le stagioni più calde, mentre la classe 70/100 è raccomandata nelle stagioni più fredde. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 42.

| Classe del bitume UNI EN 12591 | | | 50/70 | 70/100 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Valori richiesti |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN 1426 | [× 0.1 mm] | 50 - 70 | 70 - 100 |
| Punto di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | 46 - 54 | 43 - 51 |
| Punto di rottura (Fraass) | UNI EN 12593 | [°C] | ≤ - 8 | ≤ -10 |
| Viscosità dinamica 160°C | UNI EN 13302 | [mPa · s] | 50 - 200 | 50 - 200 |

| | | | | |
|---|----------------|------|-------|-------|
| Solubilità | UNI EN 12592 | [%] | ≥ 99 | ≥ 99 |
| Resistenza all'invecchiamento RTFOT | UNI EN 12607-1 | | | |
| Variazione di massa | UNI EN 12607-1 | [%] | ≤ 0,5 | ≤ 0,8 |
| Penetrazione residua a 25°C | UNI EN 1426 | [%] | ≥ 50 | ≥ 46 |
| Variazione della temperatura di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | ≤ 11 | ≤ 11 |

Tabella 42. Caratteristiche del bitume tradizionale

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottare per la produzione del conglomerato bituminoso a caldo di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 43. La percentuale di bitume deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

Il fuso AC12 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 4 e 5 cm, mentre il fuso AC8 si riferisce a uno spessore dello strato di 3 cm.

| Fuso granulometrico | | |
|--|-----------------------------|-----------|
| Classe di conglomerato bituminoso | AC12 | AC8 |
| Apertura setacci UNI [mm] | Passante totale in peso [%] | |
| 20 | 100 | - |
| 12,5 | 90 - 100 | 100 |
| 8 | 72 - 84 | 90 - 100 |
| 6,3 | - | 75 - 88 |
| 4 | 44 - 55 | 53 - 66 |
| 2 | 26 - 36 | 30 - 43 |
| 0,5 | 14 - 20 | 17 - 25 |
| 0,25 | 10 - 15 | 11 - 17 |
| 0,063 | 6,0 - 10 | 6,0 - 10 |
| Contenuto di bitume | | |
| Contenuto di bitume riferito alla miscela [%] | 4,7 - 5,8 | 4,9 - 6,0 |
| Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%] | 4,9 - 6,2 | 5,2 - 6,4 |
| I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2,650/\rho_a$, dove ρ_a è la massa volumica apparente degli aggregati, in Mg/m^3 determinata secondo la UNI EN 1097-6. | | |

Tabella 43. Fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso a caldo di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici dovranno essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Secondo il metodo volumetrico (Tabella 44), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N3. La densità di ogni provino compattato a N3 giri deve essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato \square_{bseal}) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico \square_{bdim}). Il rapporto tra densità del provino sigillato \square_{bseal} a N3 giri e densità geometrica del provino \square_{bdim} a N3 giri è usato come fattore correttivo ($f = \square_{bseal} / \square_{bdim}$) di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (densità corretta = densità geometrica $\times f$). La densità corretta e la densità

massima teorica $\square\square$ m (UNI EN 12697-5) sono usate per il calcolo dei vuoti V_m del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti V_m calcolati secondo la UNI EN 12697-8 deve essere eseguita a tre livelli di compattazione: N1 (iniziale, post-stesa), N2 (intermedio, post-rullatura), N3 (finale, previsionale post-traffico).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB dovranno essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N2. La miscela di progetto deve verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella 44. Quando prodotto in laboratorio, il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura tradizionale con basalto dovrà essere confezionato in accordo alla UNI EN 12697-35.

| Condizioni di compattazione | | | |
|---|----------------------|--------------------------|----------------------------|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Angolo di rotazione esterno | [°] | SHRP Designation M-002 | 1,25 ± 0,02 |
| Velocità di rotazione | [rotazioni/min] | UNI EN 12697-31 | 30 |
| Pressione verticale | [kPa] | UNI EN 12697-31 | 600 |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 100 |
| Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70 o 70/100) | [°C] | UNI EN 12697-35 | temperatura operativa ± 10 |
| Proprietà volumetriche e meccaniche | | | |
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| V_m a 10 rotazioni (N_1) | [%] | UNI EN 12697-8 | 11 - 15 |
| V_m a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 3 - 6 |
| VMA a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | > 12 |
| VFB a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 65 - 80 |
| V_m a 180 rotazioni (N_3) | [%] | UNI EN 12697-8 | > 2 |
| Resistenza a trazione indiretta a 25°C a N_2 (ITS) | [N/mm ²] | UNI EN 12697-23 | 0,75 - 1,50 |
| Coef. di trazione indiretta ¹ a 25°C a N_2 (CTI) | - | - | ≥ 70 |
| Sensibilità all'acqua (ITSR) | [%] | UNI EN 12697-12 | ≥ 80 |
| ¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo | | | |

Tabella 44. Caratteristiche della miscela di progetto per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve dichiarare con opportuna documentazione l'intervallo di temperatura di stesa del prodotto affinché siano garantite le prestazioni richieste. Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta del conglomerato bituminoso, il dosaggio e il tipo di additivo eventualmente impiegato come stabilito nel paragrafo specifico.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

Produzione della miscela

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici è confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura opportuna a mantenere una viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si deve far uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione è stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati e del bitume all'atto della miscelazione deve garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste della miscela a seguito della stesa. Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,5% in peso.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale sarà preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa.

cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

Tutti i giunti dovranno essere sigillati dopo la compattazione tramite percolazione di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura ed eventuale saturazione superficiale con sabbia o filler. La sigillatura con emulsione bituminosa dovrà essere eseguita anche sulle sponde della striscia di margine laterale.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dai veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante tandem di massimo 10 tonnellate, seguito da un eventuale rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 12 tonnellate a discrezione della direzione lavori. Il rullo gommato deve operare in un intervallo di temperatura tale da non ormaiare lo strato e, allo stesso tempo, evitare che il conglomerato si attacchi allo pneumatico.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non devono mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, devono essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo **CONTROLLO QUALITÀ**, il controllo della qualità del conglomerato bituminoso è effettuato mediante prove di laboratorio su materiali costituenti, miscela, carote e superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 45 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare tutto il processo di costruzione.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|----------------|---------------|-----------|
| Tipo di campione | Ubicazione del | Frequenza del | Requisiti |

| | controllo | controllo | |
|---------------------------------|----------------|---|---|
| Aggregato grosso | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 38 e Tabella 39 |
| Aggregato fine | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 40 |
| Filler | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 41 |
| Bitume | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 42 |
| Conglomerato bituminoso sfuso | Vibrofinitrice | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Temperatura di stesa, contenuto di bitume, granulometria, caratteristiche volumetriche e meccaniche (paragrafo 0), additivi |
| Carote | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Spessore, contenuto di vuoti V _m |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | ≥ 55 Pendulum Test Value (PTV) |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | 0,4 - 1,0 Macrottexture depth (MTD) |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Scostamento ≤ 5 mm |

Tabella 45. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici

La temperatura di stesa del conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici deve essere controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N3 giri per le verifiche volumetriche (Tabella 44) e tre provini a N2 giri per la verifica dei valori ITS e CTI (Tabella 44).

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche in riferimento alla Tabella 45 (spessore e contenuto di vuoti). La percentuale di vuoti è determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso. In mancanza di valori misurati o calcolati può essere usata della densità massima teorica dichiarata. Lo spessore dello strato viene

determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori.

Carote aggiuntive possono essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (ITS e CTI).

La macrotessitura e la resistenza allo slittamento/derapaggio sulla superficie stradale devono essere verificate rispettivamente con la tecnica volumetrica ad impronta (UNI EN 13036-1) e il metodo del pendolo (UNI EN 13036-4) tra il trentesimo e il sessantesimo giorno dall'apertura al traffico.

Le eventuali irregolarità superficiali devono essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UNI EN 13036-7).

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, contenuto di vuoti e regolarità) non sono effettuati nel caso in cui il conglomerato bituminoso sia impiegato per la risagomatura della pavimentazione stradale esistente.

I controlli sono effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

Penali

Come introdotto nel paragrafo 45.4 (NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI), le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore, comporta il rifiuto del materiale.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se lo strato è spesso la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale percentuale sarà del $(13 - 10) \cdot 3 = 9$ %. Se la differenza supererà il 25 % (in diminuzione), la direzione lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 4 cm, al di sotto 3 cm sarà richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica potrà essere impiegato lo stesso conglomerato bituminoso che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3 (spessore minimo in funzione della dimensione massima come indicato in Tabella 43). Nel rispetto delle quote finali di progetto, sarà valutata dalla Direzione Lavori la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per vuoti eccessivi} = 2 \cdot s + s^2$$

dove s è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio, se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare è pari a $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$ ossia del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori al 8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori PTV inferiori a 55 verrà applicata una detrazione dell'1% per ogni unità in meno. Valori PTV inferiori a 50 comportano in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori MTD inferiori a 0,40 o superiori a 1,00 è applicata una detrazione dell'1% per ogni decimo in meno. Valori MTD inferiori a 0,25 o superiori a 1,15 comportano, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La

superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

48.2.2 Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi, impastata con bitume a caldo in impianti di tipo fisso automatizzati. È ammesso l'uso di conglomerato bituminoso di recupero fino al 10% in peso sulla miscela totale nel rispetto della norma UNI EN 13108-8 e UNI/TS 11688. Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. La miscela impiegata dovrà essere qualificata in conformità al regolamento Ue 305/2011 sui prodotti da costruzione. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso.

Tale materiale può essere previsto per interventi provvisori o in strade a basso volume di traffico.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1, da consegnare al momento della consegna in cantiere. Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del conglomerato bituminoso a caldo di tipo usura con aggregati calcarei e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D > 4 \text{ mm}$; $d \geq 1 \text{ mm}$) potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 46. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 25 | LA ₂₅ |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | C _{100/0} |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 2 | f ₂ |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F ₁ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 25 | FI ₂₅ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 25 | SI ₂₅ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |

Tabella 46. Caratteristiche dell'aggregato grosso di origine calcarea per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

L'aggregato fine ($D \leq 4$ mm; $d = 0$ mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 47. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4$ mm. La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 70 | SE ₇₀ |
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 5 | f ₅ |

Tabella 47. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 48. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|---|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Porosità del filler secco compattato (Rigden) | UNI EN 1097-4 | [%] | $38 \div 45$ | V _{38/45} |
| Passante al setaccio 0,063 | - | [%] | ≥ 70 | - |
| Stiffening Power | UNI EN 13179-1 | [°C] | $8 \div 25$ | $\Delta_{R\&B} 8/25$ |

Tabella 48. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Additivi

Gli additivi come attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive o calce che favoriscono l'adesione bitume-aggregato possono essere impiegati nel conglomerato bituminoso per migliorare la durabilità all'acqua.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo, acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm⁻¹, indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Nel caso dell'utilizzo di calce, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la marcatura CE della calce secondo la UNI EN 459-1.

Il dosaggio dell'additivo deve essere specificato obbligatoriamente tra le caratteristiche del conglomerato bituminoso.

Bitume

Il bitume deve appartenere alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego, specificata dalla Direzione Lavori in fase di progetto, è per la classe 50/70 per le stagioni più calde, mentre la classe 70/100 è raccomandata nelle stagioni più fredde. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 49.

| Classe del bitume UNI EN 12591 | | | 50/70 | 70/100 |
|---|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Valori richiesti |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN 1426 | [× 0.1 mm] | 50 - 70 | 70 - 100 |
| Punto di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | 46 - 54 | 43 - 51 |
| Punto di rottura (Fraass) | UNI EN 12593 | [°C] | ≤ - 8 | ≤ -10 |
| Viscosità dinamica 160°C | UNI EN 13302 | [mPa · s] | 50 - 200 | 50 - 200 |
| Solubilità | UNI EN 12592 | [%] | ≥ 99 | ≥ 99 |
| Resistenza all'invecchiamento RTFOT | UNI EN 12607-1 | | | |
| Variazione di massa | UNI EN 12607-1 | [%] | ≤ 0,5 | ≤ 0,8 |
| Penetrazione residua a 25°C | UNI EN 1426 | [%] | ≥ 50 | ≥ 46 |
| Variazione della temperatura di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | ≤ 11 | ≤ 11 |

Tabella 49. Caratteristiche del bitume tradizionale

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottarsi per la produzione del conglomerato bituminoso a caldo di tipo usura con aggregati calcarei, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 50. La percentuale di bitume deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Il fuso AC12 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 4 e 5 cm, il fuso AC8 si riferisce a uno spessore dello strato di 3 cm, infine per spessore dello strato compreso tra 5 e 8 cm si fa riferimento al fuso AC16.

| Fuso granulometrico | | | |
|--|-----------------------------|-----------|-----------|
| Classe di conglomerato bituminoso | AC16 | AC12 | AC8 |
| Apertura setacci UNI [mm] | Passante totale in peso [%] | | |
| 20 | 100 | 100 | - |
| 16 | 90 ÷ 100 | | |
| 12,5 | - | 90 ÷ 100 | 100 |
| 10 | 73 ÷ 85 | - | - |
| 8 | - | 72 ÷ 84 | 90 ÷ 100 |
| 6,3 | - | - | 75 ÷ 88 |
| 4 | 45 ÷ 56 | 44 ÷ 55 | 53 ÷ 66 |
| 2 | 28 ÷ 38 | 26 ÷ 36 | 30 ÷ 43 |
| 0,5 | 16 ÷ 24 | 14 ÷ 20 | 17 ÷ 25 |
| 0,25 | 11 ÷ 18 | 10 ÷ 15 | 11 ÷ 17 |
| 0,063 | 4,0 ÷ 8,0 | 6,0 ÷ 10 | 6,0 ÷ 10 |
| Contenuto di bitume | | | |
| Contenuto di bitume riferito alla miscela [%] | 4,0 ÷ 5,5 | 4,7 ÷ 5,8 | 4,9 ÷ 6,0 |
| Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%] | 4,2 ÷ 5,8 | 4,9 ÷ 6,2 | 5,2 ÷ 6,4 |
| I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2,650/\rho_a$, dove ρ_a è la massa volumica media degli aggregati, in Mg/m ³ determinata secondo la UNI EN 1097-6. | | | |

Tabella 50. Fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei devono essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione ≤ 0.15 (deviazione standard/media).

Secondo il metodo volumetrico (Tabella 51), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N3. La densità di ogni provino compattato a N3 giri deve essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato \square_{bseal}) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico \square_{bdim}). Il rapporto tra densità del provino sigillato \square_{bseal} a N3 giri e densità geometrica del provino \square_{bdim} a N3 giri è usato come fattore correttivo ($f = \square_{bseal} / \square_{bdim}$) di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (densità corretta = densità geometrica $\times f$). La densità corretta e la densità massima teorica \square_{m} (UNI EN 12697-5) sono usate per il calcolo dei vuoti V_m del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti V_m calcolati secondo la UNI EN 12697-8 deve essere eseguita a tre livelli di compattazione: N1 (iniziale, post-stesa), N2 (intermedio, post-rullatura), N3 (finale, previsionale post-traffico).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB devono essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N2.

La miscela di progetto deve verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella 51.

Quando prodotto in laboratorio, il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei dovrà essere confezionato in accordo alla UNI EN 12697-35.

| Condizioni di compattazione | | | |
|---|----------------------|--------------------------|----------------------------|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Angolo di rotazione esterno | [°] | SHRP Designation M-002 | 1,25 ± 0,02 |
| Velocità di rotazione | [rotazioni/min] | UNI EN 12697-31 | 30 |
| Pressione verticale | [kPa] | UNI EN 12697-31 | 600 |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 100 (per AC16) |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 150 (per AC20) |
| Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70 o 70/100) | [°C] | UNI EN 12697-35 | temperatura operativa ± 10 |
| Proprietà volumetriche e meccaniche | | | |
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| V_m a 10 rotazioni (N_1) | [%] | UNI EN 12697-8 | 11 ÷ 15 |
| V_m a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 3 ÷ 6 |
| VMA a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | > 12 |
| VFB a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 65 ÷ 80 |
| V_m a 180 rotazioni (N_3) | [%] | UNI EN 12697-8 | > 2 |
| Resistenza a trazione indiretta a 25°C a N_2 (ITS) | [N/mm ²] | UNI EN 12697-23 | 0,75 ÷ 1,50 |
| Coef. di trazione indiretta ¹ a 25°C a N_2 (CTI) | - | - | ≥ 70 |
| Sensibilità all'acqua ($ITSR$) | [%] | UNI EN 12697-12 | ≥ 80 |
| ¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo | | | |

Tabella 51. Caratteristiche della miscela di progetto per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve dichiarare con opportuna documentazione l'intervallo di temperatura di stesa del prodotto affinché siano garantite le prestazioni richieste. Il produttore dovrà inoltre dichiarare il dosaggio e il tipo di additivo eventualmente impiegato come stabilito nel paragrafo 0.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che possono essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

Produzione della miscela

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei è confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del

bitume alla temperatura opportuna a mantenere una viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si deve far uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione è stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati e del bitume all'atto della miscelazione deve garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste della miscela a seguito della stesa. Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,5% in peso.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di

Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale sarà preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

Tutti i giunti devono essere sigillati dopo la compattazione tramite percolazione di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura ed eventuale saturazione superficiale con sabbia o filler. La sigillatura con emulsione bituminosa deve essere eseguita anche sulle sponde della strisciata di margine laterale.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante tandem di massimo 10 tonnellate, seguito da un eventuale rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 12 tonnellate a discrezione della direzione lavori. Il rullo gommato dovrà operare in un intervallo di temperatura tale da non ormaiare lo strato e, allo stesso tempo, evitare che il conglomerato si attacchi allo pneumatico.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvederà all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non dovranno mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, dovranno essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo CONTROLLO QUALITÀ, il controllo della qualità del conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 52 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare tutto il processo di costruzione.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|-------------------------|--|------------|
| Tipo di campione | Ubicazione del prelievo | Frequenza di prove | Requisiti |
| Aggregato grosso | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 46 |
| Aggregato fine | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 47 |
| Filler | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 48 |
| Bitume | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della | Tabella 49 |

| | | | |
|---------------------------------|----------------|---|---|
| | | Direzione Lavori | |
| Conglomerato bituminoso sfuso | Vibrofinitrice | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Temperatura di stesa, contenuto di bitume, granulometria, caratteristiche volumetriche e meccaniche (paragrafo 0), additivi (paragrafo 0) |
| Carote | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Spessore, contenuto di vuoti V _m |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Scostamento ≤ 5mm |

Tabella 52: Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso tipo usura con aggregati calcarei

La temperatura di stesa del conglomerato bituminoso a caldo deve essere controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N3 giri per le verifiche volumetriche (Tabella 51) e tre provini a N2 giri per la verifica dei valori ITS e CTI (Tabella 51).

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche in riferimento alla Tabella 52 (spessore e contenuto di vuoti). La percentuale di vuoti è determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso. In mancanza di valori misurati o calcolati può essere usata della densità massima teorica dichiarata. Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori.

Carote aggiuntive potranno essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (ITS e CTI).

Le eventuali irregolarità superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UNI EN 13036-7).

I controlli saranno effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

Penali

Come introdotto nel paragrafo **NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI**, le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale sarà del $(13 - 10) \cdot 3 = 9 \%$. Se la differenza supererà il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 4 cm, al di sotto 3 cm sarà richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica potrà essere impiegato conglomerato bituminoso di tipo binder o tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3 (spessore minimo in funzione della dimensione massima come indicato in Tabella 50). Nel rispetto delle quote finali di progetto, sarà valutata dalla Direzione Lavori la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale pari a: Detrazione percentuale per vuoti eccessivi = $2 \cdot s + s^2$

dove s è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio, se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare è pari a $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$ ossia del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori al 8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Sarà tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori potrà richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'impresa aggiudicataria dell'appalto o



Settore Lavori Pubblici - Espropri - Demanio - Ambiente - Servizi Tecnici

l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

48.2.3 *Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato*

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici (percentuale espressa in volume sulla miscela di inerti) e bitume modificato è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi, impastata a caldo con bitume modificato in impianti di tipo fisso automatizzati. La modifica del bitume mediante l'introduzione di polimeri permette vantaggi significativi sia dal punto di vista della resistenza meccanica che delle caratteristiche funzionali. In generale, i miglioramenti ottenuti tramite la modifica del bitume con polimeri riguardano la resistenza alle deformazioni permanenti, resistenza a rottura, proprietà elastiche, suscettibilità termica, flessibilità alle basse temperature, coesione alle alte temperature e resistenza all'acqua e allo spogliamento. Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. La miscela impiegata dovrà essere qualificata in conformità al regolamento Ue 305/2011 sui prodotti da costruzione. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla etichetta CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del conglomerato bituminoso a caldo di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici (percentuale espressa in volume sulla miscela di inerti) e bitume modificato e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45 \text{ mm}$; $d \geq 2 \text{ mm}$) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per almeno il 40% in volume sulla miscela totale degli aggregati, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 53. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 20 | LA ₂₀ |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | C _{100/0} |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 2 | f ₂ |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F ₁ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 15 | FI ₁₅ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 15 | SI ₁₅ |
| Resistenza alla levigabilità | UNI EN 1097-8 | [-] | ≥ 50 | PSV ₅₀ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |

Tabella 53. Caratteristiche dell'aggregato grosso non carbonatica per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Nel caso in cui, per la produzione del conglomerato sia necessario un ulteriore apporto di aggregato grosso, esso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 54. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 25 | LA ₂₅ |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | C _{100/0} |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 2 | f ₂ |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F ₁ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 25 | FI ₂₅ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 25 | SI ₂₅ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |

Tabella 54. Caratteristiche dell'aggregato grosso addizionale (origine calcarea) per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

L'aggregato fine ($D \leq 2$ mm; $d = 0$ mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 55. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4$ mm. La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 70 | SE ₇₀ |
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 5 | f ₅ |

Tabella 55. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 56. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|---|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Porosità del filler secco compattato (Rigden) | UNI EN 1097-4 | [%] | ≥ 38 | V _{38/45} |
| Passante al setaccio 0,063 | - | [%] | ≥ 70 | - |
| Stiffening Power | UNI EN 13179-1 | [°C] | 8 ÷ 25 | $\Delta_{R\&B} 8/25$ |

Tabella 56. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Additivi

Gli additivi come attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive o calce che favoriscono l'adesione bitume-aggregato possono essere impiegati nel conglomerato bituminoso per migliorare la durabilità all'acqua.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo deve essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo, acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm⁻¹, indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Nel caso dell'utilizzo di calce, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la marcatura CE della calce secondo la UNI EN 459-1.

Il dosaggio dell'additivo deve essere specificato obbligatoriamente tra le caratteristiche del conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale.

Bitume modificato

Il legante deve essere costituito da bitume modificato con polimeri elastomerici SBS che ne modificano la struttura fisica e le caratteristiche chimiche e meccaniche. Le proprietà del bitume modificato ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 57.

| Classe del bitume modificato UNI EN 14023 | | | PmB 45/80-70 | |
|---|-----------------|-----------------|------------------|--------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Classe |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN 1426 | [× 0.1 mm] | 45 ÷ 80 | 4 |
| Punto di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | ≥ 70 | 4 |
| Punto di rottura (Fraass) | UNI EN 12593 | [°C] | ≤ - 12 | 6 |
| Viscosità dinamica 180°C | UNI EN 13302 | [mPa · s] | 50 ÷ 200 | - |
| Ritorno elastico a 25° C | UNI EN 13398 | [%] | ≥ 80 | 2 |
| Stabilità allo stoccaggio (Δ pen) | UNI EN 133399 | [× 0.1 mm] | 9 | 2 |
| Stabilità allo stoccaggio (Δ R&B) | UNI EN 133399 | [°C] | 5 | 2 |
| Resistenza all'invecchiamento RTFOT | UNI EN 12607-1 | | | |
| Variazione di massa | UNI EN 12607-1 | [%] | ≤ 0,5 | 3 |
| Penetrazione residua a 25°C | UNI EN 1426 | [%] | ≥ 60 | 7 |
| Variazione della temperatura di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | ≤ 8 | 2 |

Tabella 57. Caratteristiche del bitume modificato per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottare per la produzione del conglomerato bituminoso a caldo di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 58. La percentuale di bitume deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Il fuso AC12 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 4 e 5 cm mentre il fuso AC8 si riferisce a uno spessore dello strato di 3 cm.

| Fuso granulometrico | | |
|--|-----------------------------|-----------|
| Classe di conglomerato bituminoso | AC12 | AC8 |
| Apertura setacci UNI [mm] | Passante totale in peso [%] | |
| 20 | 100 | - |
| 12,5 | 90 ÷ 100 | 100 |
| 8 | 72 ÷ 84 | 90 ÷ 100 |
| 6,3 | - | 75 ÷ 88 |
| 4 | 44 ÷ 55 | 53 ÷ 66 |
| 2 | 26 ÷ 36 | 30 ÷ 43 |
| 0,5 | 14 ÷ 20 | 17 ÷ 25 |
| 0,25 | 10 ÷ 15 | 11 ÷ 17 |
| 0,063 | 6,0 ÷ 10 | 6,0 ÷ 10 |
| Contenuto di bitume | | |
| Contenuto di bitume riferito alla miscela [%] | 4,7 ÷ 5,8 | 4,9 ÷ 6,0 |
| Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%] | 4,9 ÷ 6,2 | 5,2 ÷ 6,4 |
| I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2,650/\rho_a$, dove ρ_a è la massa volumica media degli aggregati, in Mg/m^3 determinata secondo la UNI EN 1097-6. | | |

Tabella 58. Fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso a caldo di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato dovranno essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Secondo il metodo volumetrico (Tabella 59), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N3. La densità di ogni provino compattato a N3 giri deve essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato \square_{bseal}) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico \square_{bdim}). Il rapporto tra densità del provino sigillato \square_{bseal} a N3 giri e densità geometrica del provino \square_{bdim} a N3 giri è usato come fattore correttivo ($f = \square_{bseal} / \square_{bdim}$) di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (densità corretta = densità geometrica $\times f$). La densità corretta e la densità massima teorica $\square_{\square m}$ (UNI EN 12697-5) sono usate per il calcolo dei vuoti V_m del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti V_m calcolati secondo la UNI EN 12697-8 deve essere eseguita a tre livelli di compattazione: N1 (iniziale, post-stesa), N2 (intermedio, post-rullatura), N3 (finale, previsionale post-traffico).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB devono essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N2.

La miscela di progetto deve verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella 59.

Quando prodotto in laboratorio, il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura tradizionale con basalto dovrà essere confezionato in accordo alla UNI EN 12697-35.

| Condizioni di compattazione | | | |
|---|----------------------|--------------------------|----------------------------|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Angolo di rotazione esterno | [°] | SHRP Designation M-002 | 1,25 ± 0,02 |
| Velocità di rotazione | [rotazioni/min] | UNI EN 12697-31 | 30 |
| Pressione verticale | [kPa] | UNI EN 12697-31 | 600 |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 100 |
| Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume modificato) | [°C] | UNI EN 12697-35 | temperatura operativa ± 10 |
| Proprietà volumetriche e meccaniche | | | |
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| V_m a 10 rotazioni (N_1) | [%] | UNI EN 12697-8 | 11 ÷ 15 |
| V_m a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 3 ÷ 6 |
| VMA a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | > 12 |
| VFB a 100 rotazioni (N_2) | [%] | UNI EN 12697-8 | 65 ÷ 80 |
| V_m a 180 rotazioni (N_3) | [%] | UNI EN 12697-8 | > 2 |
| Resistenza a trazione indiretta a 25°C a N_2 (ITS) | [N/mm ²] | UNI EN 12697-23 | 0,95 ÷ 1,80 |
| Coef. di trazione indiretta ¹ a 25°C a N_2 (CTI) | - | - | ≥ 100 |
| Sensibilità all'acqua ($ITSR$) | [%] | UNI EN 12697-12 | ≥ 90 |
| ¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo | | | |

Tabella 59. Caratteristiche della miscela di progetto per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve dichiarare con opportuna documentazione l'intervallo di temperatura di stesa del prodotto affinché siano garantite le prestazioni richieste. Il produttore dovrà inoltre dichiarare la ricetta del conglomerato bituminoso, il dosaggio e il tipo di additivo eventualmente impiegato.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

Produzione della miscela

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato è confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura opportuna a mantenere una viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si deve far uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione è stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

La temperatura degli aggregati e del bitume all'atto della miscelazione deve garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste della miscela a seguito della stesa. Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,5% in peso.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale sarà preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

Tutti i giunti devono essere sigillati dopo la compattazione tramite percolazione di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura ed eventuale saturazione superficiale con sabbia o filler. La sigillatura con emulsione bituminosa deve essere eseguita anche sulle sponde della strisciata di margine laterale.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficialmente del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante tandem di massimo 10 tonnellate, seguito da un eventuale rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 12 tonnellate a discrezione della Direzione Lavori. Il rullo gommato deve operare in un intervallo di temperatura tale da non ormaiare lo strato e, allo stesso tempo, evitare che il conglomerato si attacchi allo pneumatico.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non devono mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, devono essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo CONTROLLO QUALITÀ, il controllo della qualità del conglomerato bituminoso è effettuato mediante prove di laboratorio su materiali costituenti, miscela, carote e superficie dello strato per verificare le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 60 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare tutto il processo di costruzione.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|---|---|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregato grosso | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 53 e Tabella 54 |
| Aggregato fine | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 55 |
| Filler | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 56 |
| Bitume | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 57 |
| Conglomerato bituminoso sfuso | Vibrofinitrice | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Temperatura di stesa, contenuto di bitume, granulometria, caratteristiche volumetriche e meccaniche (paragrafo 0), additivi |
| Carote | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Spessore, contenuto di vuoti V _m |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | ≥ 55 Pendulum Test Value (PTV) |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | 0,4 – 1,0 Macrotexture depth (MTD) |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Scostamento ≤ 5 mm |

Tabella 60. Controlli per il conglomerato bituminoso di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato

La temperatura di stesa del conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato deve essere controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N3 giri per le verifiche volumetriche (Tabella 59) e tre provini a N2 giri per la verifica dei valori ITS e CTI (Tabella 59).

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche in riferimento alla Tabella 60 (spessore e contenuto di vuoti). La percentuale di vuoti è determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso. In mancanza di valori misurati o calcolati può essere usata della densità massima teorica dichiarata. Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori.

Carote aggiuntive possono essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (ITS e CTI).

La macrotessitura e la resistenza allo slittamento/derapaggio sulla superficie stradale devono essere verificate rispettivamente con la tecnica volumetrica ad impronta (UNI EN 13036-1) e il metodo del pendolo (UNI EN 13036-4) tra il trentesimo e il sessantesimo giorno dall'apertura al traffico.

Le eventuali irregolarità superficiali devono essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UNI EN 13036-7).

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

I controlli saranno effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

Penali

Come introdotto nel paragrafo **NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI**, le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici (preparazione, materiale e stesa) e bitume modificato.

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore, comporta il rifiuto del materiale.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale sarà del $(13 - 10) \cdot 3 = 9$ %. Se la differenza supererà il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 4 cm, al di sotto 3 cm sarà richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica potrà essere impiegato lo stesso conglomerato bituminoso che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3 (spessore minimo in funzione della dimensione massima come indicato in Tabella 43). Nel rispetto delle quote finali di progetto, sarà valutata dalla Direzione Lavori la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per vuoti eccessivi} = 2 \cdot s + s^2$$

dove s è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio, se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare è pari a $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$ ossia del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori al 8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori PTV inferiori a 55 verrà applicata una detrazione dell'1% per ogni unità in meno. Valori PTV inferiori a 50 comportano in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione

precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori MTD inferiori a 0,40 o superiori a 1,00 è applicata una detrazione dell'1% per ogni decimo in meno. Valori MTD inferiori a 0,25 o superiori a 1,15 comportano, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

48.3 CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO IN IMPIANTO

48.3.1 Conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto per viabilità principale

Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto è costituito da conglomerato bituminoso di recupero (comunemente chiamato fresato) ed eventuali inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), il tutto impastato a freddo in impianti di tipo fisso o mobile con emulsione di bitume modificato e cemento.

Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli (rullo tandem vibrante e rullo gommato). Esso può essere impiegato sia per strati di base che di binder in funzione delle disposizioni di progetto. È raccomandato uno spessore dello strato superiore a 10 cm e, quando superiore a 20 cm, è consigliata la realizzazione in due strati. Il piano di posa deve avere una portanza di almeno $M_d = 100 \text{ N/mm}^2$ al primo ciclo misurata con piastra statica tra 0,15 e 0,25 N/mm^2 .

Una volta accettato il conglomerato bituminoso da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Gli aggregati lapidei possono essere impiegati ad integrazione del fresato per l'ottenimento di prestazioni della miscela adeguate. Essi comprendono aggregati grossi, fini (o in frazione unica) e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45 \text{ mm}$; $d \geq 2 \text{ mm}$) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella (Tabella 61). La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 30 | LA ₃₀ |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | C _{100/0} |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F ₁ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 25 | FI ₂₅ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 25 | SI ₂₅ |

| | | | | |
|----------------------|---------------|-----|----------|--------------------|
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |
|----------------------|---------------|-----|----------|--------------------|

Tabella 61. Caratteristiche dell'aggregato grosso per conglomerato bituminoso riciclato a freddo

L'aggregato fine ($D \leq 2$ mm; $d = 0$ mm) è costituito da sabbia di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risulti con indice di plasticità pari a 0 (UNI CEN ISO/TS 17892-12). Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4$ mm (Tabella 62). La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|----------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |

Tabella 62. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso riciclato a freddo

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 63. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|---|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Porosità del filler secco compattato (Rigden) | UNI EN 1097-4 | [%] | ≥ 38 | V _{38/45} |
| Passante al setaccio 0,063 mm | - | [%] | ≥ 70 | - |
| Stiffening Power | UNI EN 13179-1 | [°C] | $8 \div 25$ | $\Delta_{R\&B} 8/25$ |

Tabella 63. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso riciclato a freddo

Possono essere impiegati anche aggregati in frazione unica purché nel rispetto delle caratteristiche sopra elencate per le varie pezzature.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Tale documentazione deve essere inoltre integrata dalla granulometria degli aggregati impiegati come integrazione.

Conglomerato bituminoso di recupero

Il conglomerato bituminoso di recupero (comunemente chiamato fresato) proviene dalla fresatura degli strati di rivestimento stradale in conglomerato bituminoso, dalla frantumazione di lastre in conglomerato bituminoso e da scarti di produzione e/o sovrapproduzione di conglomerato bituminoso (UNI EN 13108-8, UNI/TS 11688).

Al fine di omogeneizzare le caratteristiche del fresato, è raccomandato seguire un processo di frantumazione, vagliatura e divisione dello stesso in almeno due frazioni. Preferibilmente tali frazioni devono essere stoccate sotto coperture areate a protezione delle piogge e tali da favorire l'evaporazione dell'umidità. È consigliato produrre le frazioni a seconda delle esigenze di utilizzo in impianto per evitare che, a esiguito del lungo stoccaggio, si generino placche.

Ogni frazione del conglomerato bituminoso di recupero deve essere qualificata in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

In particolare, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori un apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, nel quale riportare il valore medio e la deviazione standard (come parametro di omogeneità) della dimensione massima, coefficiente di forma e appiattimento, della granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2), del contenuto di bitume (UNI EN 12697-1) e della granulometria tal quale eseguita per via umida. Per la deviazione standard della granulometria si considererà il passante riferito ad ogni singolo setaccio.

Se il quantitativo di fresato da utilizzare nell'intero progetto è inferiore a 2.500 t, i valori medi e le rispettive deviazioni standard dovranno essere calcolati sulla base di 5 campioni prelevati nel mucchio di origine del fresato (ogni singola frazione) che si intende usare. Se invece il quantitativo di fresato da utilizzare nell'intero progetto è superiore a 2.500 t, il numero dei campioni da analizzare sarà pari al quantitativo totale di fresato da impiegare nel progetto, espresso in tonnellate, diviso 500.

Per lo strato di conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto è possibile impiegare come materiale costituente il fresato proveniente da qualunque strato della sovrastruttura stradale, a patto che la dimensione massima del fresato tal quale non sia superiore alla dimensione massima di riferimento per la miscela di conglomerato bituminoso da produrre. È raccomandabile vagliare il fresato per eliminare eventuali elementi di dimensioni superiori alla dimensione massima prevista per la miscela (setaccio più piccolo tra quelli che permettono il 100% di materiale passante).

Il coefficiente di forma e appiattimento devono essere entrambe < 30%.

La percentuale di fresato deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela di progetto che l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Emulsione di bitume modificato per riciclaggio a freddo in impianto

L'emulsione bituminosa impiegata per il riciclaggio a freddo in impianto deve avere caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

Il materiale da impiegare per il riciclaggio a freddo in impianto è una emulsione bituminosa cationica sovrastabilizzata rispondente alle specifiche indicate nella Tabella 64. È ammesso anche l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che non varino gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio del bitume residuo prescritto.

| Emulsione di bitume modificato per riciclaggio a freddo in impianto | | | | |
|---|-----------------|-----------------|------------------|---------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Classe UNI EN 13808 |
| Polarità | UNI EN 1430 | - | positiva | 2 |
| Contenuto di bitume | UNI EN 1428 | [%] | 60 ± 2 | |
| Sedimentazione a 7 giorni | UNI EN 12847 | [%] | ≤ 10 | 3 |
| Adesività | UNI EN 13614 | [%] | ≥ 90 | 3 |
| Viscosità a 40°C | UNI EN 12846 | [s] | 15-70 | 3 |
| Indice di rottura | UNI EN 13075-1 | - | > 150 | 5 o superiore |
| Stabilità alla miscelazione con cemento | UNI EN 12848 | [g] | < 2 | 10 |
| Bitume residuo | | | | |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN1426 | [0,1 × mm] | < 100 | 3 |
| Punto di rammollimento | UNI EN1427 | [°C] | > 55 | 2 |

| | | | | |
|------------------|------------------------------|-------------------|------|---|
| Coesione a 10°C | UNI EN 13589 UNI EN 13703 | J/cm ² | ≥ 2 | 6 |
| Ritorno elastico | UNI EN 13398 | [%] | > 50 | 3 |

Tabella 64. Caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato per riciclaggio a freddo in impianto

L'Impresa appaltatrice deve dichiarare la temperatura di impiego dell'emulsione bituminosa.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Cemento

Il cemento impiegato deve far parte delle seguenti tipologie:

- CEM I cemento Portland
- CEM II cemento Portland composito
- CEM III cemento d'altoforno;
- CEM IV cemento pozzolanico.

Nel caso in cui il fresato tal quale risulti particolarmente carente di filler è raccomandato l'uso di cemento CEM II o integrazione con filler ad attività pozzolanica.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare la documentazione attestante la conformità del cemento che intende impiegare secondo la UNI EN 197-1.

Le caratteristiche del cemento dovranno includere la granulometria.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Calce

Per il miglioramento delle prestazioni meccaniche del conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto e per facilitare l'asciugatura del fresato è possibile prevedere l'impiego di calce.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare la documentazione attestante la conformità della calce che intende impiegare secondo la UNI EN 459-1.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Le caratteristiche della calce devono includere la granulometria.

Acqua

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

Miscela di progetto

Per la miscela di fresato (tal quale), aggregati vergini, filler minerale e attivo di integrazione si raccomanda una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 65 o di seguire la

distribuzione di Fuller $P_i = 100 \cdot \left(\frac{d_i}{D} \right)^{0,45}$ dove P_i è il passante al setaccio i-esimo, d_i è il setaccio i-esimo e D è la dimensione massima.

| Fuso granulometrico | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|------|
| Classe di conglomerato bituminoso | AC20 | AC30 |
| Apertura setacci UNI [mm] | Passante totale in peso [%] | |

| | | |
|-------|-----------|-----------|
| 40 | - | 100 |
| 31,5 | 100 | 90 ÷ 100 |
| 20 | 90 ÷ 100 | - |
| 16 | - | 60 ÷ 90 |
| 10 | 50 ÷ 80 | 40 ÷ 80 |
| 4 | 30 ÷ 55 | - |
| 2 | 20 ÷ 40 | 20 ÷ 40 |
| 0,5 | 10 ÷ 25 | 10 ÷ 25 |
| 0,25 | - | - |
| 0,063 | 3,0 ÷ 8,0 | 3,0 ÷ 8,0 |

Tabella 65. Fuso granulometrico in funzione della dimensione massima per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

La granulometria della miscela granulare (esclusi i leganti idraulici) pre e post-estrazione deve essere dichiarata in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore. Una volta accettato il prodotto da parte della Direzione Lavori, l'Impresa è vincolata al monitoraggio della granulometria tale quale (prelievo su nastro pre-impasto) e del contenuto d'acqua naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005) durante la produzione secondo le frequenze riportate nel paragrafo Controlli e ad aggiustare opportunamente la produzione in caso di variazioni significative (esterne alle tolleranze definite nel paragrafo specifico).

Nel caso in cui non sia possibile effettuare un prelievo della miscela granulare pre-impasto, deve essere dichiarata, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, la granulometria del prodotto (inclusi i leganti idraulici) post-estrazione. In questo caso l'Impresa è vincolata al monitoraggio della granulometria del prodotto post-estrazione e del contenuto d'acqua durante la produzione secondo le frequenze riportate nel paragrafo Controlli e ad aggiustare opportunamente la produzione in caso di variazioni significative (esterne alle tolleranze definite nel paragrafo specifico).

I rapporti di prova della granulometria della miscela granulare o del prodotto e del contenuto d'acqua, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore, devono essere consegnati settimanalmente alla Direzione Lavori.

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto devono essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) con energia di compattazione di 100 giri e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Le percentuali ottimali di acqua, emulsione di bitume modificato, cemento e dell'eventuale integrazione di inerti sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio o devono comunque verificare i requisiti richiesti in Tabella 66. Nel caso in cui gli elementi più grossolani impediscano la produzione di provini geometricamente regolari deve essere eliminato il trattenuto al setaccio da 20 mm.

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 2% in peso di cemento, secondo le indicazioni della Tabella 66. I provini con diverso contenuto di acqua devono essere compattati con compattatore giratorio (UNI EN 12697-31) secondo i parametri di Tabella 66. Ogni provino deve essere pesato prima e dopo la compattazione al fine di determinare la percentuale di (eventuale) acqua espulsa.

I provini così ottenuti devono essere essiccati fino a massa costante (pesate intervallate di almeno un'ora differiscono tra loro di meno dello 0,1%) in stufa a 40°C e sottoposti a prova per la valutazione della massa volumica (UNI EN 12697-6/procedura D). Il contenuto ottimo di acqua è quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela (secca) e un quantitativo di acqua espulsa durante la compattazione minore dello 0,5%.

Secondo la stessa procedura di compattazione e con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di emulsione bituminosa e cemento, come indicato nella Tabella 66. Tra le combinazioni possibili si dovrà tenere in considerazione solo quelle che permettono un rapporto bitume/cemento > 1 .

Nel contenuto ottimo di acqua della miscela occorre considerare anche l'acqua apportata dall'emulsione.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40 °C per 72 ore e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697/23), dopo un condizionamento per 4 ore in camera climatica a 25 °C. Tali provini devono fornire:

- resistenza a trazione indiretta ITS $\geq 0,40 \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di trazione indiretta CTI $\geq 50 \text{ N/mm}^2$

Sui provini confezionati con le miscele che soddisfano i requisiti di ITS e CTI, maturati per 72 ore a 40 °C, si devono determinare:

- modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta ITSM (spostamento orizzontale imposto $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$) secondo la Norma UNI EN 12697-26;
- perdita di resistenza dopo immersione in acqua a 40°C per 72 ore (ITSR).

La miscela ottima di progetto sarà quella che fornisce il modulo di rigidezza a 20 °C più piccolo tra quelli che risultano maggiori di 3000 MPa e resistenza a trazione indiretta dopo imbibizione maggiore del 80% di quella ottenuta su provini non immersi in acqua.

Sulla miscela ottima si deve determinare la densità geometrica secca misurata con compattatore giratorio ad una energia di compattazione pari a 100 giri che costituirà il riferimento per il controllo della densità in sito.

| Condizioni di compattazione | | | |
|---|--------------------|--------------------------|--|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Angolo di rotazione esterno | [°] | SHRP Designation M-002 | 1,25 ± 0,02 |
| Velocità di rotazione | [rotazioni/min] | UNI EN 12697-31 | 30 |
| Pressione verticale | [kPa] | UNI EN 12697-31 | 600 |
| Energia | [num. rotazioni] | UNI EN 12697-31 | 100 |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 150 |
| Tipo di fustella | - | - | non drenata |
| Campione umido | [g] | - | 2800 |
| Dimensione massima | [mm] | - | 20 |
| Studio del contenuto ottimo di acqua | | | |
| Contenuto di cemento | [% su peso inerti] | 2 | Densità secca massima e acqua espulsa < 0.5% |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | 3, 4, 5, 6 | |
| Studio del contenuto ottimo di leganti | | | |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | ottimo | ITS ≥ 0,40 MPa; CTI ≥ 50 MPa; ITSR ≥ 80 % ITSM ≥ 3000 MPa |
| Contenuto di cemento ² | [% su peso inerti] | 1,5; 2,0 e 2,5 | |
| Contenuto di emulsione ² | [% su peso inerti] | 4,0; 4,5 e 5,0 | |
| <div>$CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$<p>¹ dove <i>D</i> è il diametro del provino e <i>d_v</i> è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo</p><p>² Tra le combinazioni possibili si dovrà tenere in considerazione solo quelle che permettono un rapporto bitume/cemento > 1</p></div> | | | |

Tabella 66. Caratteristiche della miscela di progetto per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

Il possesso dei requisiti elencati in Tabella 66 è verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati su certificati di prova attestanti i requisiti stabiliti rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

Il produttore deve dichiarare la ricetta del conglomerato bituminoso, il contenuto di fresato e le sue caratteristiche come indicato in paragrafo specifico e il dosaggio e il tipo di aggregati o filler (minerale o attivo) di integrazione.

Nel caso in cui non sia comprovata l'esperienza del produttore per tale miscela, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di richiedere una verifica in campo prova esterno al cantiere di progetto.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova, riferiti al prodotto finale, di granulometria, contenuto di acqua e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

Produzione della miscela

Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo è confezionato mediante impianti fissi o mobili (installabili anche in cantiere) automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. Gli impianti non richiedono gli apparati per il riscaldamento, la rielezione degli inerti e di aspirazione e filtraggio dei fumi. A tale fine possono essere impiegati anche impianti per i misti cementati adattati per il riciclaggio a freddo con emulsione bituminosa.

La produzione dell'impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire l'omogeneità della miscela e il corretto ricoprimento degli inerti.

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il mantenimento dell'emulsione bituminosa alla temperatura dichiarata ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia dell'emulsione che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Al fine di omogeneizzare le caratteristiche del fresato, è raccomandato seguire un processo di frantumazione, vagliatura e divisione dello stesso in almeno due frazioni. Preferibilmente tali frazioni devono essere stoccate sotto coperture areate a protezione delle piogge e tali da favorire l'evaporazione dell'umidità. Inoltre, è consigliato produrre le frazioni a seconda delle esigenze di utilizzo in impianto per evitare che, a eseguito del lungo stoccaggio, si generino placche.

Il tempo di miscelazione è stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso riciclato a freddo è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la realizzazione si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale deve essere preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante tandem di almeno 8 tonnellate seguito da un rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 20 tonnellate. Il rullo gommato deve operare in continuità.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non dovranno mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Nel caso di doppi strati, se la sovrapposizione non avviene nell'arco delle 24 ore, è necessario applicare una mano di attacco di emulsione bituminosa rapida in ragione di 0,30 kg/m² di bitume residuo e successivo spargimento di graniglia o sabbia o filler.

Ultimato il costipamento, compatibilmente con le attività di cantiere, lo strato deve essere fatto maturare almeno un giorno, favorendo l'evaporazione dell'acqua, prima di essere sigillato.

Se lo strato deve essere transitato da mezzi d'opera o è prevista pioggia, il conglomerato bituminoso riciclato a freddo deve essere immediatamente protetto con una mano di attacco di emulsione bituminosa rapida in ragione di 0,45 kg/m² di bitume residuo se ricoperto da strato di usura o 1,0 kg/m² se ricoperto da strato di binder e successivo spargimento di graniglia o sabbia o filler.

Le operazioni devono essere sospese con temperatura dell'aria inferiore ai 15°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, dovranno essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo CONTROLLO QUALITÀ, il controllo della qualità del conglomerato bituminoso è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 67 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|--|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregato grosso | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 61 |
| Aggregato fine | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 62 |
| Filler | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 63 |
| Miscela granulare | Impianto | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Granulometria pre e post estrazione, contenuto di acqua (paragrafo 0) |
| Emulsione di bitume modificato | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 64 |
| Conglomerato bituminoso sfuso | Vibrofinitrice | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Contenuto di bitume, contenuto di acqua, granulometria, densità secca e proprietà meccaniche (paragrafo 0) |
| Carote | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Densità secca, spessore, ITS |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Modulo dinamico dopo compattazione a 20°C ≥ 80 MPa, Densità secca |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Scostamento ≤ 5 mm |

Tabella 67. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume apportato dall'emulsione (UNI EN 12697-1), il contenuto di acqua, la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5). In particolare, la percentuale di bitume

apportato dall'emulsione è calcolato come differenza tra il contenuto di bitume totale del prodotto e il contenuto di bitume del fresato impiegato.

Con lo stesso materiale devono essere compattati tre provini con compattatore giratorio a 100 giri per la verifica dei valori di densità secca, ITS e CTI (Tabella 66).

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche in riferimento alla Tabella 67 (spessore e densità secca). Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte tenendo in considerazione il possibile sgranamento sul fondo. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori.

Carote aggiuntive possono essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (ITS e CTI).

A discrezione della Direzione Lavori, per la verifica della densità secca, possono essere eseguite verifiche di densità con il metodo del volumometro a sabbia (CNR 22: 1992) subito dopo la stesa.

A integrazione dei controlli precedenti possono essere eseguite prove con piastra dinamica leggera (dynamic plate-load test, ASTM E2583). Le misure di modulo dinamico sono riportate alla temperatura di riferimento (25°C) applicando correzioni di un punto percentuale ogni grado centigrado di scostamento, incrementando il valore del modulo nel caso di misure effettuate a temperature maggiori di 25°C, diminuendolo nel caso di misure effettuate a temperature minori di 25°C. L'attrezzatura impiegata deve essere equipaggiata con una massa battente da 10 kg che genera una forza di impatto di 7,07 kN con una durata dell'impulso di 18 ms su una piastra di diametro di 300 mm. La procedura di prova prevede l'applicazione di tre colpi successivi di cui vengono acquisite le deformazioni e, nota la tensione di carico applicata, la macchina restituisce automaticamente il risultato (modulo dinamico) definito come la media delle tre misurazioni. I tre colpi di prova devono essere preceduti da altri tre colpi in modo tale da ottenere un buon contatto tra il piatto di carico ed il suolo. La piastra di carico deve essere posizionata su un piano adeguatamente liscio con l'eventuale disposizione di sabbia monogranulare per livellare la superficie. Nei casi in cui non si realizzi un buon contatto tra piastra e pavimentazione oppure l'inclinazione del piano sia eccessiva (maggiore del 6%), si possono verificare degli spostamenti laterali che inficiano i risultati.

Le eventuali irregolarità superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

Nel caso in cui non sia comprovata l'esperienza del produttore per tale miscela, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di richiedere una verifica in campo prova esterno al cantiere di progetto.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova, riferiti al prodotto finale, di granulometria, contenuto di acqua e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, densità e regolarità) non sono effettuati nel caso in cui il conglomerato bituminoso sia impiegato per la risagomatura della pavimentazione stradale esistente.

I controlli saranno effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

Penali

Come introdotto nel paragrafo NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI, le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale (preparazione, materiale e stesa).

La non rispondenza a quanto dichiarato per il fresato comporta il rifiuto del materiale e le eventuali penali da applicare.

La non consegna settimanale dei rapporti di prova per il monitoraggio della miscela granulare e del contenuto di acqua naturale comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore, comporta il rifiuto del materiale.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A discrezione della Direzione Lavori, il non rispetto delle caratteristiche meccaniche di laboratorio comporta la rimozione dello strato o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Se possibile, per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se lo strato è spesso 6,10 cm anziché 7,00 cm e quindi la carenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale in percentuale è del $(13 - 10) \times 3 = 9 \%$. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. Per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 7,00 cm, al di sotto di 5,25 cm può essere richiesto il rifacimento. In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento dello spessore totale atteso. Per la ricarica può essere impiegato conglomerato bituminoso di tipo binder o tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore a 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A compattazione ultimata la densità secca in sito (con volumometro o prelievo di carote), non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 100 giri e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Il modulo dinamico Evd dopo la compattazione non deve essere inferiore a 80 MPa nel 90% dei punti analizzati all'interno del tronco omogeneo. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

48.3.2 Conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto per viabilità secondaria

Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto per strade secondarie è costituito da conglomerato bituminoso di recupero (comunemente detto fresato impastato a freddo in impianti di tipo fisso o mobile con emulsione di bitume modificato e cemento. Seppur l'obiettivo di questa miscela è massimizzare l'uso del fresato, anche combinando diverse frazioni dello stesso, è consentito l'impiego di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler) di integrazione.

Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. Esso può essere impiegato sia per strati di base che di binder in funzione delle disposizioni di progetto. È raccomandato uno spessore dello strato superiore a 10 cm e, quando superiore a 20 cm, è consigliata la stesa in due strati. Il piano di posa dovrà avere una portanza di almeno $M_d = 100$ N/mm² al primo ciclo misurata con piastra statica tra 0,15 e 0,25 N/mm².

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso. Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Gli aggregati lapidei possono essere impiegati ad integrazione del fresato per l'ottenimento di prestazioni della miscela adeguate. Essi comprendono aggregati grossi, in frazione unica, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45$ mm; $d \geq 2$ mm) o in frazione unica può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella (Tabella 68). La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|--|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 25 | LA ₂₅ |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | - | C _{90/3} o C _{100/0} |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F ₁ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 25 | FI ₂₅ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 25 | SI ₂₅ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |

Tabella 68. Caratteristiche dell'aggregato grosso per conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

L'aggregato fine ($D \leq 2$ mm; $d = 0$ mm) è costituito da sabbia di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risulti con indice di plasticità pari a 0 (UNI CEN ISO/TS 17892-12). Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4$ mm (Tabella 69). La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|----------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |

Tabella 69. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 70. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|---|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Porosità del filler secco compattato (Rigden) | UNI EN 1097-4 | [%] | ≥ 38 | V _{38/45} |
| Passante al setaccio 0,063 mm | - | [%] | ≥ 70 | - |

| | | | | |
|------------------|----------------|------|--------|----------------------|
| Stiffening Power | UNI EN 13179-1 | [°C] | 8 ÷ 25 | $\Delta_{R\&B} 8/25$ |
|------------------|----------------|------|--------|----------------------|

Tabella 70. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Tale documentazione dovrà essere inoltre integrata dalla granulometria degli aggregati impiegati come integrazione.

Conglomerato bituminoso di recupero

Il conglomerato bituminoso di recupero (comunemente detto fresato) proviene dalla fresatura degli strati di rivestimento stradale in conglomerato bituminoso, dalla frantumazione di lastre in conglomerato bituminoso e da scarti di produzione e/o sovrapproduzione di conglomerato bituminoso (UNI EN 13108-8, UNI/TS 11688).

Al fine di omogeneizzare le caratteristiche del fresato, è raccomandato seguire un processo di frantumazione, vagliatura e divisione dello stesso in almeno due frazioni. Preferibilmente tali frazioni devono essere stoccate sotto coperture areate a protezione delle piogge e tali da favorire l'evaporazione dell'umidità. Inoltre, è consigliato produrre le frazioni a seconda delle esigenze di utilizzo in impianto per evitare che, a eseguito del lungo stoccaggio, si generino placche.

Ogni frazione del conglomerato bituminoso di recupero deve essere qualificata in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

In particolare, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori un apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, nel quale riportare il valore medio e la deviazione standard (come parametro di omogeneità) della dimensione massima, coefficiente di forma e appiattimento, della granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2), del contenuto di bitume (UNI EN 12697-1) e della granulometria tal quale eseguita per via umida. Per la deviazione standard della granulometria si considererà il passante riferito ad ogni singolo setaccio.

Se il quantitativo di fresato da utilizzare nell'intero progetto è inferiore a 2.500 t, i valori medi e le rispettive deviazioni standard dovranno essere calcolati sulla base di 5 campioni prelevati nel mucchio di origine del fresato (ogni singola frazione) che si intende usare. Se invece il quantitativo di fresato da utilizzare nell'intero progetto è superiore a 2.500 t, il numero dei campioni da analizzare sarà pari al quantitativo totale di fresato da impiegare nel progetto, espresso in tonnellate, diviso 500.

Per lo strato di conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto è possibile impiegare come materiale costituente il fresato proveniente da qualunque strato della sovrastruttura stradale, a patto che la dimensione massima del fresato tal quale non sia superiore alla dimensione massima di riferimento per la miscela di conglomerato bituminoso da produrre. È raccomandabile vagliare il fresato per eliminare eventuali elementi di dimensioni superiori alla dimensione massima prevista per la miscela (setaccio più piccolo tra quelli che permettono il 100% di materiale passante).

Il coefficiente di forma e appiattimento dovranno essere entrambe < 30%.

La percentuale di fresato va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela di progetto che l'impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Emulsione di bitume modificato per riciclaggio a freddo in impianto

L'emulsione bituminosa impiegata per il riciclaggio a freddo in impianto deve avere caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

Il materiale da impiegare per il riciclaggio a freddo in impianto è una emulsione bituminosa cationica sovrastabilizzata rispondente alle specifiche indicate nella Tabella 71. È ammesso anche l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che non varino gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio del bitume residuo prescritto.

| Emulsione di bitume modificato per riciclaggio a freddo in impianto | | | | |
|---|-----------------|-----------------|------------------|---------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Classe UNI EN 13808 |
| Polarità | UNI EN 1430 | - | positiva | 2 |
| Contenuto di bitume | UNI EN 1428 | [%] | 60 ± 2 | |
| Sedimentazione a 7 giorni | UNI EN 12847 | [%] | ≤ 10 | 3 |
| Indice di rottura | UNI EN 13075-1 | - | > 150 | 5 o superiore |
| Stabilità alla miscelazione con cemento | UNI EN 12848 | [g] | < 2 | 10 |
| Bitume residuo | | | | |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN1426 | [0,1 × mm] | < 100 | 3 |
| Punto di rammollimento | UNI EN1427 | [°C] | > 55 | 2 |
| Ritorno elastico | UNI EN 13398 | [%] | > 50 | 3 |

Tabella 71. Caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato per riciclaggio a freddo in impianto

L'impresa appaltatrice deve dichiarare la temperatura di impiego dell'emulsione bituminosa.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Cemento

Il cemento impiegato deve far parte delle seguenti tipologie:

- CEM I cemento Portland
- CEM II cemento Portland composito
- CEM III cemento d'altoforno;
- CEM IV cemento pozzolanico.

Nel caso in cui il fresato tal quale risulti particolarmente carente di filler è raccomandato l'uso di un cemento CEM II o integrazione con filler pozzolanico. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare la documentazione attestante la conformità della calce che intende impiegare secondo la UNI EN 197-1.

Le caratteristiche del cemento devono includere la granulometria.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Calce

Per il miglioramento delle prestazioni meccaniche del conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto e per facilitare l'asciugatura del fresato è possibile prevedere l'impiego di calce.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare la documentazione attestante la conformità della calce che intende impiegare secondo la UNI EN 459-1.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Le caratteristiche della calce devono includere la granulometria.

Acqua

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

Miscela di progetto

Per la miscela di fresato (tal quale), aggregati vergini, filler minerale e attivo di integrazione si raccomanda una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 72 o di seguire la

distribuzione di Fuller $P_i = 100 \cdot \left(\frac{d_i}{D} \right)^{0,45}$ dove P_i è il passante al setaccio i -esimo, d_i è il setaccio i -esimo e D è la dimensione massima.

| Fuso granulometrico | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|
| Classe di conglomerato bituminoso | AC20 | AC30 |
| Apertura setacci UNI [mm] | Passante totale in peso [%] | |
| 40 | - | 100 |
| 31,5 | 100 | 90 ÷ 100 |
| 20 | 90 ÷ 100 | - |
| 16 | - | 60 ÷ 90 |
| 10 | 50 ÷ 80 | 40 ÷ 80 |
| 4 | 30 ÷ 55 | - |
| 2 | 20 ÷ 40 | 20 ÷ 40 |
| 0,5 | 10 ÷ 25 | 10 ÷ 25 |
| 0,25 | - | - |
| 0,063 | 3,0 ÷ 8,0 | 3,0 ÷ 8,0 |

Tabella 72. Fuso granulometrico in funzione della dimensione massima per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

La granulometria della miscela granulare (esclusi i leganti idraulici) pre e post-estrazione deve essere dichiarata in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore. Una volta accettato il prodotto da parte della Direzione Lavori, l'Impresa è vincolata al monitoraggio della granulometria tale quale (prelievo su nastro pre-impasto) e del contenuto d'acqua naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-1:2005) durante la produzione secondo le frequenze riportate nel paragrafo Controlli e ad aggiustare opportunamente la produzione in caso di variazioni significative.

Nel caso in cui non sia possibile effettuare un prelievo della miscela granulare pre-impasto, deve essere dichiarata, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, la granulometria del prodotto (inclusi i leganti idraulici) post-estrazione. In questo caso l'impresa è vincolata al monitoraggio della granulometria del prodotto post-estrazione e del contenuto d'acqua durante la produzione secondo le frequenze riportate nel paragrafo Controlli e ad aggiustare opportunamente la produzione in caso di variazioni significative.

I rapporti di prova della granulometria della miscela granulare o del prodotto e del contenuto d'acqua, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore, devono essere consegnati settimanalmente alla Direzione Lavori.

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto devono essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Le percentuali ottimali di acqua, cemento e emulsione di bitume modificato e dell'eventuale integrazione di inerti sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio o devono comunque verificare i requisiti richiesti in Tabella 73. Nel caso in cui gli elementi più grossolani impediscano la produzione di provini geometricamente regolari deve essere eliminato il trattenuto al setaccio da 20 mm.

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 2% in peso di cemento, secondo le indicazioni della Tabella 73. I provini con diverso contenuto di acqua devono essere compattati con compattatore giratorio (UNI EN 12697-31) secondo i parametri di Tabella 73. Ogni provino deve essere pesato prima e dopo la compattazione al fine di determinare la percentuale di (eventuale) acqua espulsa.

I provini così ottenuti devono essere essiccati fino a massa costante (pesate intervallate di almeno un'ora differiscono tra loro di meno dello 0,1%) in stufa a 40°C e sottoposti a prova per la valutazione della massa volumica (UNI EN 12697-6/procedura D). Il contenuto ottimo di acqua è quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela (secca) e un quantitativo di acqua espulsa durante la compattazione minore dello 0,5%.

Secondo la stessa procedura di compattazione e con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento e emulsione bituminosa, come indicato nella Tabella 73.

Nel contenuto ottimo di acqua della miscela occorre considerare anche l'acqua apportata dall'emulsione.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40 °C per 72 ore e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697/23), dopo un condizionamento per 4 ore in camera climatica a 25 °C. Tali provini devono fornire:

- resistenza a trazione indiretta ITS $\geq 0,30$ N/mm²
- coefficiente di trazione indiretta CTI ≥ 40 N/mm²

Sui provini confezionati con le miscele che soddisfano i requisiti di ITS e CTI, maturati per 72 ore a 40 °C, si devono determinare:

- perdita di resistenza dopo immersione in acqua a 40°C per 72 ore.

La miscela ottima di progetto deve fornire una resistenza a trazione indiretta dopo imbibizione maggiore del 80% di quella ottenuta su provini non immersi in acqua e maggiore rapporto bitume/cemento.

Sulla miscela ottima si deve determinare la densità geometrica secca misurata con compattatore giratorio ad una energia di compattazione pari a 100 giri che costituisce il riferimento per il controllo della densità in sito.

per il controllo della densità in sito:

| Condizioni di compattazione | | | |
|--|--------------------|--------------------------|--|
| Parametro | Unità di misura | Normativa di riferimento | Valori richiesti |
| Angolo di rotazione esterno | [°] | UNI EN 12697-31 | 1,25 ± 0,02 |
| Velocità di rotazione | [rotazioni/min] | UNI EN 12697-31 | 30 |
| Pressione verticale | [kPa] | UNI EN 12697-31 | 600 |
| Energia | [num. rotazioni] | UNI EN 12697-31 | 100 |
| Diametro della fustella | [mm] | UNI EN 12697-31 | 150 |
| Tipo di fustella | - | - | non drenata |
| Campione umido | [g] | - | 2800 |
| Dimensione massima | [mm] | - | 20 |
| Studio del contenuto ottimo di acqua | | | |
| Contenuto di cemento | [% su peso inerti] | 2 | Densità secca massima e acqua espulsa < 0.5% |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | 3, 4, 5, 6 | |
| Studio del contenuto ottimo di leganti | | | |
| Contenuto di acqua | [% su peso inerti] | ottimo | ITS ≥ 0,30 MPa; CTI ≥ 40 MPa; |

| | | | |
|------------------------|--------------------|----------------|-------------|
| Contenuto di cemento | [% su peso inerti] | 1,5; 2,0 e 2,5 | ITSR ≥ 80 % |
| Contenuto di emulsione | [% su peso inerti] | 3,5; 4,0 e 4,5 | |

¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo

Tabella 73. Caratteristiche della miscela di progetto per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

Il possesso dei requisiti elencati in Tabella 73 è verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati su certificati di prova attestanti i requisiti stabiliti rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta, il contenuto di fresato e le sue caratteristiche come indicato in paragrafo specifico e il dosaggio e il tipo di aggregati o filler (minerale o attivo) di integrazione.

Nel caso in cui non sia comprovata l'esperienza del produttore per tale miscela, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di richiedere una verifica in campo prova esterno al cantiere di progetto.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'impresa aggiudicataria dell'appalto dovrà consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova, riferiti al prodotto finale, di granulometria, contenuto di acqua e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

Produzione della miscela

Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo è confezionato mediante impianti fissi o mobili (installabili anche in cantiere) automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. Gli impianti non richiedono gli apparati per il riscaldamento, la rielezione degli inerti e di aspirazione e filtraggio dei fumi. A tale fine possono essere impiegati anche impianti per i misti cementati adattati per il riciclaggio a freddo con emulsione bituminosa.

La produzione dell'impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire l'omogeneità della miscela e il corretto ricoprimento degli inerti.

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il mantenimento dell'emulsione bituminosa alla temperatura dichiarata ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia dell'emulsione che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Al fine di omogeneizzare le caratteristiche del fresato, è raccomandato seguire un processo di frantumazione, vagliatura e divisione dello stesso in almeno due frazioni. Preferibilmente tali frazioni dovranno essere stoccate sotto coperture areate a protezione delle piogge e tali da favorire l'evaporazione dell'umidità. Inoltre è consigliato produrre le frazioni a seconda delle esigenze di utilizzo in impianto per evitare che, a esiguito del lungo stoccaggio, si generino placche.

Il tempo di miscelazione è stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso riciclato a freddo è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale deve essere preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La stesa del conglomerato bituminoso riciclato a freddo deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante tandem di almeno 8 tonnellate seguito da un rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 20 tonnellate. Il rullo gommato deve operare in continuità.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non devono mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Nel caso di doppi strati, se la sovrapposizione non avviene nell'arco delle 24 ore, è necessario applicare una mano di attacco di emulsione bituminosa rapida in ragione di 0,30 kg/m² di bitume residuo.

Ultimato il costipamento, compatibilmente con le attività di cantiere, lo strato deve essere fatto maturare almeno un giorno, favorendo l'evaporazione dell'acqua, prima di essere sigillato.

Se lo strato deve essere transitato da mezzi d'opera o è prevista pioggia, il conglomerato bituminoso riciclato a freddo deve essere immediatamente protetto con una mano di attacco di emulsione bituminosa rapida in ragione di 0,45 kg/m² di bitume residuo se ricoperto da strato di usura o 1,0 kg/m² se ricoperto da strato di binder e successivo spargimento di graniglia o sabbia o filler.

Le operazioni devono essere sospese con temperatura dell'aria inferiore ai 15°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, dovranno essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo CONTROLLO QUALITÀ, il controllo della qualità del conglomerato bituminoso è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 74 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|--|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregato grosso | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 61 |
| Aggregato fine | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 62 |
| Filler | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 63 |
| Miscela granulare | Impianto | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Granulometria per e post estrazione, contenuto di acqua naturale (paragrafo 0) |
| Emulsione di bitume modificato | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 71 |
| Conglomerato bituminoso sfuso | Vibrofinitrice | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Contenuto di bitume, contenuto di acqua, granulometria, densità secca e proprietà meccaniche (paragrafo 0) |
| Carote | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Densità secca, spessore |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Densità secca, Scostamento ≤ 5 mm |

Tabella 74. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume apportato dall'emulsione (UNI EN 12697-1), il contenuto di acqua, la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5). In particolare la percentuale di bitume apportato dall'emulsione è calcolato come differenza tra il contenuto di bitume totale del prodotto e il contenuto di bitume del fresato impiegato.

Con lo stesso materiale devono essere compattati tre provini con compattatore giratorio a 100 giri per la verifica dei valori di densità secca, ITS e CTI (Tabella 73).

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche in riferimento alla Tabella 74 (spessore e densità secca). Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte tenendo in considerazione il possibile sgranamento del fondo.

A discrezione della Direzione Lavori, per la verifica della densità secca, possono essere eseguite verifiche di densità con il metodo del volumometro a sabbia (CNR 22: 1992) subito dopo la stesa.

Carote aggiuntive possono essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche dopo processo di maturazione accelerata (ITS e CTI).

Le eventuali irregolarità superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova della granulometria della miscela granulare e del contenuto d'acqua naturale che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

Nel caso in cui non sia comprovata l'esperienza del produttore per tale miscela, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di richiedere una verifica in campo prova esterno al cantiere di progetto.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova, riferiti al prodotto finale, di granulometria, contenuto di acqua e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal produttore.

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, densità e regolarità) non sono effettuati nel caso in cui il conglomerato bituminoso sia impiegato per la risagomatura della pavimentazione stradale esistente.

I controlli saranno effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

Penali

La non rispondenza a quanto dichiarato per il fresato comporta il rifiuto del materiale e le eventuali penali da applicare.

La non consegna settimanale dei rapporti di prova per il monitoraggio della miscela granulare e del contenuto di acqua naturale comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore, comporta il rifiuto del materiale.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3 \%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5 \%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5 \%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A discrezione della Direzione Lavori, il non rispetto delle caratteristiche meccaniche di laboratorio comporta la rimozione dello strato o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Se possibile, per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se lo strato è spesso 6,10 cm anziché 7,00 cm e quindi la carenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale in percentuale è del $(13 - 10) \times 3 = 9 \%$. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. Per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 7,00 cm, al di sotto di 5,25 cm può essere richiesto il rifacimento. In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento dello spessore totale atteso. Per la ricarica può essere impiegato conglomerato bituminoso di tipo binder o tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore a 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

A compattazione ultimata la densità secca in sito (con volumetro o prelievo di carote), non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 100 giri e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.



Settore Lavori Pubblici - Espropri - Demanio - Ambiente - Servizi Tecnici

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

48.4 GEOSINTETICI

48.4.1 *Geocomposito con rete in fibra di vetro*

I geocompositi prevedono un accoppiamento di un tessuto e una geogriglia e offrono i benefici di entrambe questi prodotti. Il tessuto, assorbendo e trattenendo il bitume, permette una adeguata impermeabilizzazione e adesione del composito alla superficie stradale, mentre la geogriglia conferisce alta resistenza e rigidità ritardando e impedendo il progredire dello stato fessurativo. La combinazione delle funzioni svolte da questi materiali li rende particolarmente indicata per lavori di manutenzione stradale, quando viene fresata sola una parte del vecchio pacchetto bituminoso o quando occorre rinforzare i giunti di ancoraggio o sezioni di scavo o tra vecchia pavimentazione e strato di ricopertura.

Il geocomposito per il rinforzo, l'impermeabilizzazione ed il ripristino di pavimentazioni stradali deve essere costituito da un pacchetto bituminoso, accoppiato ad un velo di vetro di supporto, nel quale è integrata una griglia a base di fibra di vetro.

Il pacchetto bituminoso deve essere costituito da una miscela di bitume distillato modificato con elastomeri termoplastici SBS, resine idrocarboniche, compatibilizzanti sintetici e filler inerti stabilizzanti.

La griglia a base di fibra di vetro deve formare una armatura imputrescibile a maglie quadrate di dimensioni 12,5 mm x 12,5 mm.

Il geocomposito nel suo complesso deve essere un sistema solidale, autoadesivo, impermeabile, termicamente stabile, dotato di una ottima resistenza meccanica, elasticità e flessibilità anche alle basse temperature.

Il geocomposito deve essere fornito in rotoli (lunghezza 10 m, larghezza 1 m, a discrezione della direzione lavori potranno essere accettate o meno altre dimensioni) e consentire un'agevole e veloce posa in opera, facilmente maneggevole e con proprietà autoadesive. La parte autoadesiva inferiore deve essere protetta da un film siliconato da asportare durante la posa, mentre la faccia superiore deve essere trattata con inerte antiaderente o con un leggero tessuto non tessuto sintetico o con un film polimerico per consentire il transito dei mezzi da cantiere. Questi elementi poi devono essere assorbiti dal pacchetto bituminoso con il calore di posa del conglomerato bituminoso dello strato di ricopertura.

Il geocomposito deve essere facilmente fresabile, riciclabile e non costituire un rifiuto pericoloso.

Per la perfetta adesione di due strisciate affiancate deve essere prevista una fascia di sormonto adesiva protetta con film siliconato da asportare.

Il geocomposito deve essere steso su uno strato di conglomerato bituminoso (nuovo, vecchio o fresato). Per conglomerato bituminoso nuovo si intende uno strato di base, binder o di risagomatura.

Prima dell'applicazione del geocomposito è raccomandata la mano d'attacco con emulsione bituminosa solo nel caso in cui il piano di posa sia una superficie fresata o un vecchio conglomerato bituminoso molto abraso con dosaggio variabile tra 0,30 e 0,45 kg/m² di bitume residuo a seconda delle asperità del piano di posa.

Dopo l'applicazione del geocomposito è steso il nuovo conglomerato bituminoso, uno o più strati, con spessore minimo di 5 cm in zone soggette a forti sforzi di taglio e negli altri casi spessore minimo di 4 cm.

Il geocomposito deve presentare le caratteristiche tecniche riportate nella Tabella 75.

| Caratteristiche tecniche | Norma di riferimento | Unità di misura | Valori nominali |
|--|---------------------------|-----------------|-----------------|
| Difetti visibili | UNI EN 1850-1 | - | supera |
| Spessore | UNI EN 1849-1 | mm | 2,5 |
| Impermeabilità all'acqua (metodo B) | UNI EN 1928 | kPa | 60 - supera |
| Resistenza a trazione longitudinale / trasversale (carico massimo) | UNI EN 12311-1 | kN/m | 40 / 40 |
| Allungamento a rottura longitudinale / trasversale | UNI EN 12311-1 | % | 4 / 4 |
| Resistenza al punzonamento statico – B | UNI EN 12730 | kg | - |
| Flessibilità a freddo | UNI EN 1109 | °C | - 25 |
| Flessibilità a freddo dopo invecchiamento | UNI EN 1296 / UNI EN 1109 | °C | - 15 |
| Stabilità di forma a caldo | UNI EN 1110 | °C | 80 |
| Stabilità di forma a caldo dopo invecchiamento termico | UNI EN 1296 / UNI EN 1110 | °C | 70 |

Tabella 75. Caratteristiche del geocomposito con rete in fibra di vetro

Il non rispetto delle caratteristiche indicate in Tabella 75 comporta il rifiuto del materiale.

48.4.2 Geotessile non tessuto

Il geotessile non tessuto è impiegato con funzione di filtro, separatore o rinforzo in funzione degli specifici casi. Esso può essere usato per avvolgere uno strato anticapillare, di fondazione o su superfici eterogenee su interventi puntuali.

Il geotessile deve essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere non inquinante.

Le prestazioni devono soddisfare i seguenti requisiti:

- resistenza a trazione (UNI EN ISO 10319) > 25 (kN/m);
- allungamento al carico massimo (UNI EN ISO 10319) > 40 (%);
- Jsec (UNI EN ISO 10319, valore minimo tra le due direzioni ortogonali e Jsec al 5% di deformazione) > 20 (kJ/m²);
- apertura caratteristica pori (UNI EN ISO 12956) < 0,13 mm;
- Cone drop test (UNI EN ISO 13433) < 18 mm.

Deve essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo di impiego.

Prima della posa del geotessile, è cura dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto preparare il terreno naturale o la superficie di posa pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio rami, rocce o altri materiali in grado di produrre lacerazioni. Il terreno non deve presentare dislivelli o solchi profondi più di 5 cm.

Una volta preparato il piano con adeguata rullatura con rullo ferro-gomma e rullo gommato entrambe di almeno 14 t, si procede alla stesa dei teli di geotessile in direzione del traffico di cantiere. I teli devono essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni. Nell'eventualità di ulteriore compattazione del piano di posa, l'abbassamento deve essere compensato con lo strato superiore.

Eventuali lacerazioni accidentali devono essere coperte da un rapprezzo di geotessile intatto, dello stesso tipo e di dimensioni 5 volte più grandi della lacerazione stessa.

I singoli teli devono essere sovrapposti per almeno 50 cm, o per lunghezze maggiori a seconda di quanto previsto dalle schede tecniche fornite dal produttore, e fissati al terreno, lungo le sovrapposizioni, con graffe metalliche in numero di almeno 4 ogni 25 m² di sovrapposizione. Particolare cura, nelle fasi operative,

deve essere posta nella realizzazione dei risvolti, prevedendo un'adeguata lunghezza del telo da posare. I lembi di geotessile da risvoltare devono risultare ben stesi e i teli paralleli tra loro.

Il taglio del geotessile da rullo deve avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato deve essere allontanato.

I teli non devono essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale granulare sovrastante.

I parametri prestazionali caratteristici possono essere verificati a discrezione della Direzione Lavori. Il non rispetto dei requisiti comporta la rimozione e la sostituzione del materiale.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

48.4.3 Geogriglia

La geogriglia in fibra di vetro è impiegata come rinforzo nei rappezzi o nei giunti al fine di evitare la fessurazione di riflessione in superficie e conferire maggiore resistenza alle inflessioni cicliche all'interfaccia degli strati in cui è posta.

La geogriglia deve essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, alle alte temperature, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere non inquinante.

Le prestazioni devono soddisfare i seguenti requisiti:

- resistenza a trazione (EN ISO 10319) superiore a 50×50 kN/m
- elongazione (EN ISO 10319) inferiore a 3 %
- modulo di Young superiore a 50.000 MPa
- Punto di rammollimento superiore a 500°C
- massa unitaria pari a 325 g/m²
- maglia di 25 × 25 mm²
- superficie adesiva a pressione prebitumata o ricoperta con polimero compatibile con bitume

I parametri prestazionali caratteristici possono essere verificati a discrezione della Direzione Lavori. Il non rispetto dei requisiti comporta la rimozione e la sostituzione del materiale.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica

48.5 DEPOLVERIZZAZIONE

48.5.1 Depolverizzazione con tre strati

Il trattamento superficiale tramite depolverizzazione consiste nella costruzione in sito di una pavimentazione composta da emulsione bituminosa di bitume modificato con polimeri SBS e da graniglie aventi pezzature omogenee e compenetranti, applicati a strati successivi da macchine automatiche in grado di porre in opera l'emulsione bituminosa ed immediatamente a seguire l'inerte nelle quantità di progetto su percorsi variabili in larghezza, pendenza e direzione. La depolverizzazione consente di ottenere una pavimentazione resistente alle sollecitazioni meccaniche ed atmosferiche, impermeabile e di colore ed aspetto naturale non alterando i valori paesaggistici esistenti (colore prevalente degli inerti) ed in grado di garantire una buona aderenza in funzione delle caratteristiche degli aggregati selezionati. La depolverizzazione deve essere realizzata su uno strato di fondazione opportunamente costruito (con misto granulare stabilizzato o terra stabilizzata a calce e/o cemento o misto cementato) ed impregnato di emulsione bituminosa, o su strati legati a bitume (strato di base, strato di collegamento, conglomerato

riciclato a freddo ecc.) e può sostituire lo strato di usura quando, per particolari condizioni ambientali e di traffico, ciò venga richiesto.

I materiali impiegati devono essere qualificati in conformità al regolamento (UE) 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla etichetta CE, attestante la conformità alla rispettiva norma europea armonizzata, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettati i materiali di impiego da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Lo strato di posa deve avere proprietà portanti adeguate al volume e tipo di traffico che interessa la tratta e deve essere risagomato per ridefinire le pendenze e ripristinare la regolarità superficiale.

Per la risagomatura è possibile utilizzare un misto granulare stabilizzato (aggregato in frazione unica) 0/20 o 0/30 di categoria GA80 o GA85 in funzione delle eventuali depressioni da correggere. Le caratteristiche del misto granulare di risagomatura sono riportate in Tabella 76.

Eventuali lievi non conformità dovute alla difficoltà di reperibilità di aggregati con tali caratteristiche nel territorio, possono essere comunque accettate, a discrezione della Direzione Lavori, a patto che sia sempre e inequivocabilmente garantita la prestazione dell'opera. In alternativa alla fondazione in misto granulare stabilizzato può essere prevista la stabilizzazione in sito a calce e/o cemento o il misto cementato, anche con inerti di recupero, con dosaggi e procedure da stabilire secondo uno specifico studio.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 25 | LA ₂₅ |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | C _{100/0} |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F ₁ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 25 | FI ₂₅ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 25 | SI ₂₅ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 50 | SE ₅₀ |
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |

Tabella 76. Caratteristiche dell'aggregato in frazione unica per fondazione o risagomatura

Gli aggregati grossi ($D > 2 \text{ mm}$; $d \geq 1 \text{ mm}$) per la depolverizzazione devono provenire dalla frantumazione di cava o roccia e dovranno essere di forma poliedrica, puliti ed esenti da ogni traccia di argilla e materiale contaminante in genere rispondenti alle prescrizioni mostrate in Tabella 77.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione* | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 25 | LA ₂₅ |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | C _{100/0} |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 1 | f ₁ |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F ₁ |

| | | | | |
|---|---------------|-----|-----------|--------------------|
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 20 | Fl ₂₀ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 20 | Sl ₂₀ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 70 | SE ₇₀ |
| Resistenza alla levigazione* | UNI EN 1097-8 | - | ≥ 45 | PSV ₄₅ |
| * La classe LA ₂₀ e la resistenza alla levigazione PSV ₄₅ o PSV ₅₀ (UNI EN 1097-8) potranno essere richieste a discrezione della Direzione Lavori per soddisfare requisiti più elevati di resistenza alla frammentazione e al derapaggio | | | | |

Tabella 77. Caratteristiche dell'aggregato per depolverizzazione

Le classi e i dosaggi di aggregato grosso da impiegare sono riportati in Tabella 78. Potranno essere valutate altre pezzature o categorie in funzione della reperibilità sul territorio nel rispetto delle proporzioni e qualità.

| Strato | Designazione | Categoria | Contenuto di fine [%] | Dosaggio [l/m ²] |
|--|--------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|
| Primo | 8/12 | G _C 90/15 | ≤ 2 | 9 ÷ 10* |
| Secondo | 8/12 | G _C 90/15 | ≤ 2 | 9 ÷ 10 |
| Terzo | 4/8 | G _C 90/15 | ≤ 2 | 6 ÷ 7 |
| * Potrà essere richiesta la pezzatura 10/18 e il dosaggio potrà essere incrementato nel caso sia necessario regolarizzare la spiccata megatessitura del piano di posa (fondazione) | | | | |

Tabella 78. Aggregati e dosaggi per la depolverizzazione

Occorre precisare che il dosaggio da norma tecnica è orientativo e va aggiustato sul campo in funzione della nonuniformità della tessitura della strada.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Emulsione bituminosa

Il legante per l'impregnazione della fondazione sottostante sarà costituito da emulsione cationica di bitume distillato (designazione secondo UNI EN 13808) nel rispetto dei requisiti mostrati in Tabella 79.

| Emulsione bituminosa per impregnazione | | | | |
|--|-----------------|-----------------|------------------|---------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Classe UNI EN 13808 |
| Polarità | UNI EN 1430 | - | positiva | 2 |
| Contenuto di bitume | UNI EN 1428 | [%] | 55 ± 2 | 5 |
| Sedimentazione a 7 giorni | UNI EN 12847 | [%] | ≤ 10 | 3 |
| Indice di rottura | UNI EN 13075-1 | - | 70 ÷ 155 | 3 |
| Bitume residuo | | | | |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN 1426 | [0,1 × mm] | ≤ 220 | 5 |
| Punto di rammollimento | UNI EN 1427 | [°C] | ≥ 35 | 8 |

Tabella 79. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per impregnazione

Il legante per la depolverizzazione può essere costituito da emulsione di bitume tradizionale (Tabella 80) o, per maggiori prestazioni, da emulsione di bitume modificato con polimeri SBS (Tabella 81).

| Emulsione bituminosa per depolverizzazione | | | | |
|--|-----------------|-----------------|------------------|---------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Classe UNI EN |

| | | | | |
|---------------------------|----------------|------------|----------|--------------|
| | | | | 13808 |
| Polarità | UNI EN 1430 | - | positiva | 2 |
| Contenuto di bitume | UNI EN 1428 | [%] | 65 ± 2 | 8 |
| Sedimentazione a 7 giorni | UNI EN 12847 | [%] | ≤ 10 | 3 |
| Adesione | UNI EN 13614 | [%] | ≥ 90 | 3 |
| Indice di rottura | UNI EN 13075-1 | - | 70 ÷ 155 | 3 |
| Bitume residuo | | | | |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN1426 | [0,1 × mm] | ≤ 100 | 3 |
| Punto di rammollimento | UNI EN1427 | [°C] | ≥ 43 | 6 |

Tabella 80. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per depolverizzazione

| Emulsione di bitume modificato per depolverizzazione | | | | |
|---|------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Classe UNI EN 13808 |
| Polarità | UNI EN 1430 | - | positiva | 2 |
| Contenuto di bitume | UNI EN 1428 | [%] | 65 ± 2 | 8 |
| Sedimentazione a 7 giorni | UNI EN 12847 | [%] | ≤ 10 | 3 |
| Adesione | UNI EN 13614 | [%] | ≥ 90 | 3 |
| Indice di rottura | UNI EN 13075-1 | - | 70 ÷ 155 | 3 |
| Bitume residuo | | | | |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN1426 | [0,1 × mm] | ≤ 100 | 3 |
| Punto di rammollimento | UNI EN1427 | [°C] | ≥ 60 | 2 |
| Coesione | UNI EN 13588 | [J/cm ²] | ≥ 1,4 | 2 |
| Ritorno elastico | UNI EN 13398 | [%] | ≥ 75 | 4 |

Tabella 81. Caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato per depolverizzazione

Il tipo e il dosaggio dei leganti da utilizzare sono mostrati in Tabella 82.

| Strato | Designazione | Dosaggio di emulsione [kg/m²] | Dosaggio di bitume residuo [kg/m²] |
|--|---------------------|---|--|
| Impregnazione della fondazione | C55B3 | 3,0 | 1,65 |
| Prima mano | C65B3 o C65BP3 | 1,5 | 0,98 |
| Seconda mano | C65B3 o C65BP3 | 1,5 | 0,98 |
| * nel caso di utilizzo di emulsione diversamente diluite deve essere rispettato il relativo dosaggio di bitume residuo | | | |

Tabella 82. Emulsioni e dosaggi per la depolverizzazione

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

È ammesso anche l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che non varino gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio del bitume residuo prescritto.

Preparazione del piano di posa

Il piano di posa deve rispondere ai requisiti di quota e sagoma indicati in progetto. Per rinforzare la struttura della strada sono particolarmente indicate le operazioni di stabilizzazione a calce e/o cemento o il misto cementato, prodotto anche con materiali di recupero, che possono così sostituire la fondazione in misto granulare stabilizzato.

Prima di realizzare una depolverizzazione occorre risagomare la sede stradale con il misto granulare stabilizzato 0/20 o 0/30 di categoria GA80 o GA85 (Tabella 77), opportunamente steso e compattato e predisporre il corretto lo scolo delle acque.

La livellazione con motorgrader deve portare lo strato di posa alla quota di progetto e ripristinare le pendenze della carreggiata. Nel caso di spiccata macrotestitura, può seguire uno strato di 10/18 Gc 90/15 (Tabella 78) con dosaggio di $5 \div 6 \text{ l/m}^2$ allo scopo di regolarizzare la superficie.

La fondazione deve essere inumidita e rullata con rullo gommato con peso di almeno 10 t.

Equipaggiamento

Per la realizzazione della depolverizzazione sono richiesti appositi mezzi combinati in grado di effettuare simultaneamente e con massima precisione la stesa dell'emulsione bituminosa e della graniglia favorendo una distribuzione omogenea dei componenti.

Lo spargimento automatizzato della graniglia immediatamente dopo lo spruzzamento del legante ne facilita l'ammorsamento e deve evitare qualsiasi difetto dovuto a scarso controllo dei dosaggi e omogeneità.

La fase di rullatura per orientare gli aggregati sulla dimensione minima, immergerli nel legante e incastrarli tra loro deve essere completata da cinque passate di rullo gommato di almeno 10 t che opera a circa 3 km/ora per le prime tre passate e circa 8 km/ora per le ultime due passate. Le gomme non vanno portate a massimo gonfiaggio per assicurare una totale ricopertura delle passate. La rullatura deve essere eseguita su ogni strato.

Dopo una settimana di traffico, potrà essere valutata la necessità dell'impiego di una motospazzola con aspiratore e setole plastiche per rimuovere l'eventuale eccesso di aggregati senza dislocare quelli ben ammorsati a mosaico nel legante.

Esecuzione della depolverizzazione

Per una corretta esecuzione della depolverizzazione le fasi da svolgere sono:

- riprofilatura e compattazione del piano di posa;
- impregnazione dello strato di supporto (fondazione o risagomatura) con emulsione bituminosa in ragione di $3,0 \text{ kg/m}^2$ e simultanea stesa di graniglia 8/12 mm in ragione di 10 l/m^2 (circa 15 kg/m^2);
- rullatura con rullo gommato con peso superiore a 10 t;
- spruzzatura della prima mano di emulsione bituminosa in ragione di $1,5 \text{ kg/m}^2$ e simultanea stesa di graniglia 8/12 mm in ragione di 10 l/m^2 (circa 15 kg/m^2);
- rullatura con rullo gommato con peso superiore a 10 t;
- spruzzatura della seconda mano di emulsione bituminosa in ragione di $1,5 \text{ kg/m}^2$ e simultanea stesa di graniglia 4/8 mm in ragione di 5 l/m^2 (circa 7 kg/m^2);
- rullatura con rullo gommato con peso superiore a 10 t;
- apertura al traffico a velocità ridotta di 30 km/ora per 24 ore.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo CONTROLLO QUALITÀ, il controllo della qualità dei materiali costituenti deve essere effettuato mediante prove di laboratorio per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare tutto il processo di costruzione.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|---|---|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregato in frazione unica | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 76 |
| Aggregato grosso | Impianto | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 77 |
| Emulsione bituminosa | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 79, Tabella 80, Tabella 81 |
| Emulsione bituminosa | Cantiere | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Dosaggio di bitume residuo (Tabella 82) |
| Aggregato grosso | Cantiere | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Dosaggio dell'aggregato grosso (Tabella 78) |
| Superficie della pavimentazione* | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | ≥ 45 o 55 Pendulum Test Value (PTV) |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | ≥ 0,4 Macrottexture depth (MTD) |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Scostamento ≤ 5 mm |
| *solo quando espressamente richiesto | | | |

Tabella 83. Controlli per la depolverizzazione

Penali

Come introdotto nel paragrafo NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI, le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori della depolverizzazione.

Il non rispetto degli aggregati e delle emulsioni accettate per lo specifico uso, comporta il rifiuto del materiale.

Per il dosaggio degli aggregati e del bitume residuo determinato a seguito della spruzzatura è tollerato uno scostamento di $\pm 10\%$ rispetto al valore richiesto (per esempio, se richiesto $1,00 \text{ kg/m}^2$ l'intervallo di accettabilità sarebbe $1,10$ e $0,90 \text{ kg/m}^2$). Al fuori di tale limite l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta ad una immediata correzione della modalità di applicazione.

La granulometria e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5\%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e $0,063 \text{ mm}$ si applica una tolleranza del $\pm 3\%$;
- granulometria: al passante al setaccio $0,063 \text{ mm}$ si applica una tolleranza del $\pm 1,5\%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5\%$ rispetto al valore dichiarato per il progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori PTV inferiori al valore richiesto è applicata una detrazione dell' 1% per ogni unità in meno. Valori PTV inferiori a 40 comportano in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori MTD inferiori a $0,40$ è applicata una detrazione dell' 1% per ogni decimo in meno. Valori MTD inferiori a $0,25$ comportano, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

48.6 MICROTAPPETO A FREDDO

48.6.1 *Microtappeto a freddo*

Il microtappeto a freddo è definito come una miscela bituminosa autolivellante e autocompattante caratterizzata da uno stato semiliquido in fase di produzione e stesa che poi evolve assumendo uno stato solido durante la maturazione che si completa generalmente entro un'ora dalla posa.

Il microtappeto a freddo è composto da emulsione di bitume modificato, aggregati (granulometria continua), acqua e additivi (cemento, calce, cenere volante, attivanti di adesione, fibre ecc.).

Il microtappeto a freddo è proporzionato, mescolato e uniformemente steso in sito a temperatura ambiente come una ricopertura omogenea sopra una superficie appropriatamente preparata alla quale deve aderire perfettamente. In riferimento al progetto specifico, il microtappeto può essere impiegato in due strati sovrapposti o in strato unico usualmente dello spessore pari alla dimensione massima della miscela di aggregati.

La miscela impiegata dovrà essere qualificata in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla dichiarazione di prestazione (DoP), attestante la conformità alla relativa norma europea armonizzata, da fornire alla Direzione Lavori al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del microtappeto a freddo e sono composti da aggregati grossi, fini, in frazione unica e filler incluso nella frazione fine o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45$ mm; $d \geq 2$ mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 84. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Resistenza alla frammentazione | UNI EN 1097-2 | [%] | ≤ 20 | LA ₂₀ |
| Resistenza all'usura (umida) | UNI EN 1097-1 | | ≤ 10 | M _{DE} 10 |
| Percentuale di particelle frantumate | UNI EN 933-5 | [%] | 100 | C _{100/0} |
| Passante allo staccio 0,063 mm | UNI EN 933-1 | [%] | ≤ 2 | f ₄ |
| Resistenza al gelo e disgelo | UNI EN 1367-1 | [%] | ≤ 1 | F ₁ |
| Coefficiente di appiattimento | UNI EN 933-3 | [%] | ≤ 10 | FI ₁₀ |
| Coefficiente di forma | UNI EN 933-4 | [%] | ≤ 15 | SI ₁₅ |
| Resistenza alla levigabilità | UNI EN 1097-8 | [-] | ≥ 50 | PSV ₅₀ |
| Assorbimento d'acqua | UNI EN 1097-6 | [%] | ≤ 2 | WA ₂₄ 2 |

Tabella 84. Caratteristiche dell'aggregato grosso per microtappeto a freddo

L'aggregato fine ($D \leq 2$ mm; $d = 0$ mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 85. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4$ mm. La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043. La roccia da cui è ricavata per frantumazione la sabbia deve avere caratteristiche di resistenza conformi a quanto riportato in Tabella 84.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Equivalente in sabbia | UNI EN 933-8 | [%] | ≥ 70 | SE ₇₀ |
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Blu di metilene | UNI EN 933-9 | [g/kg] | ≤ 2 | - |

Tabella 85. Caratteristiche dell'aggregato fine per microtappeto a freddo

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente silicea, da cemento, calce idrata, ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 86. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Categoria UNI EN 13043 |
|---|-------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Indice di plasticità | UNI CEN ISO/TS 17892-12 | - | Non plastico | - |
| Porosità del filler secco compattato (Rigden) | UNI EN 1097-4 | [%] | ≥ 38 | V _{38/45} |
| Passante al setaccio 0,063 mm | - | [%] | ≥ 70 | - |
| Stiffening Power | UNI EN 13179-1 | [°C] | 8 ÷ 25 | $\Delta_{R\&B}8/25$ |

Tabella 86. Caratteristiche del filler per microtappeto a freddo

In alternativa è possibile usare l'aggregato in frazione unica ($D > 6,3$ mm; $d = 0$) nel rispetto dei requisiti di Tabella 84, Tabella 85 e Tabella 86 e della granulometria riportata in Tabella 88.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Emulsione di bitume modificato

Le emulsioni bituminose impiegate per il microtappeto a freddo dovranno avere caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e DoP, attestante la conformità norma europea armonizzata UNI EN 13808, da fornire alla Direzione Lavori al momento della consegna in cantiere.

Il materiale da impiegare per il microtappeto è una emulsione cationica di bitume modificato a rottura controllata (da lenta a rapida) in funzione delle condizioni climatiche e di apertura al traffico rispondente alle specifiche indicate nella Tabella 87.

| Emulsione di bitume modificato | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------|---------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Classe UNI EN 13808 |
| Polarità | UNI EN 1430 | - | positiva | 2 |
| Contenuto di bitume | UNI EN 1428 | [%] | 65 ± 2 | 7 |
| Sedimentazione a 7 giorni | UNI EN 12847 | [%] | ≤ 10 | 3 |
| Indice di rottura | UNI EN 13075-1 | - | 110 - 195 | 4 |
| Adesività con aggregati | UNI EN 13614 UNI CN/TS 16346 | [%] | 90 | 3 |
| Viscosità (Tempo di efflusso a 40°C) | UNI EN 12846 | [s] | 5-70 | 5 |
| Bitume residuo | | | | |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN1426 | [0,1 × mm] | ≤ 100 | 3 |
| Punto di rammollimento | UNI EN1427 | [°C] | ≥ 55 | 3 |
| Ritorno elastico | UNI EN 13398 | [%] | ≥ 50 | 5 |
| Punto di rottura Fraass | UNI EN 12593 | [°C] | ≤ 10 | 5 |
| Coesione (Force Ductility a 5°C) | UNI EN 13589 UNI EN 13703 | [J/cm ²] | ≥ 2 | 3 |

Tabella 87. Caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato per microtappeto a freddo

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Cemento

Il cemento deve presentare denominazione e DoP secondo la UNI EN 197-1. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è tenuta a presentare la documentazione attestante la DoP del cemento che intende impiegare secondo la UNI EN 197-1.

Le caratteristiche del cemento devono includere la granulometria (Passante al 2; 0,125; 0,063 mm), massa volumica e superficie specifica (Blain).

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottare per la produzione del microtappeto a freddo, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 88. La percentuale di bitume modificato deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

Per il microtappeto in strato unico si raccomanda una granulometria compresa nel fuso 0/8, mentre per doppio strato si raccomanda uno strato di livellamento con granulometria compresa nel fuso 0/4 e uno strato di ricopertura con granulometria compresa nel fuso 0/8. La Tabella 88 mostra anche gli intervalli consentiti per il dosaggio del bitume, cemento, acqua e miscela. Il dosaggio della miscela è

indicativo in quanto esso dipende dalla densità degli aggregati, forma e tessitura della superficie di posa.

| Fuso granulometrico | | |
|--|-----------------------------|-------------|
| Classe di conglomerato bituminoso riciclato a caldo | 0/4 | 0/8 |
| Apertura setacci UNI [mm] | Passante totale in peso [%] | |
| 10 | - | 100 |
| 8 | - | 90 ÷ 100 |
| 6 | 100 | 70 ÷ 95 |
| 4 | 85 ÷ 100 | 55 ÷ 75 |
| 2 | 55 ÷ 85 | 35 ÷ 50 |
| 0,5 | 15 ÷ 35 | 15 ÷ 30 |
| 0,25 | 10 ÷ 25 | 8 ÷ 20 |
| 0,063 | 6,0 ÷ 10,0 | 5,0 ÷ 10,0 |
| Dosaggio di bitume | | |
| Contenuto di bitume riferito alla miscela [%] | 6,5 ÷ 9,5 | 6,1 ÷ 8,3 |
| Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%] | 7,0 ÷ 10,5 | 6,5 ÷ 9,0 |
| Dosaggio di cemento | | |
| Contenuto di cemento riferito agli aggregati [%] | 0,5 ÷ 2,0 | 0,5 ÷ 2,0 |
| Dosaggio di acqua | | |
| Contenuto di acqua riferito agli aggregati [%] | 10,0 ÷ 20,0 | 10,0 ÷ 15,0 |
| Dosaggio della miscela | | |
| Dosaggio della miscela [kg/m ²] | 10,0 ÷ 15,0 | 15,0 ÷ 20,0 |
| I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2,650/p_a$, dove p_a è la massa volumica apparente degli aggregati, in Mg/m ³ determinata secondo la UNI EN 1097-6. | | |

Tabella 88. Fuso di progetto, intervallo del contenuto di bitume e dosaggio di miscela per microtappeto a freddo

La miscela per il microtappeto a freddo deve rispettare i requisiti riportati in Tabella 89. Il dosaggio ottimo di acqua deve essere identificato con il supporto di prove di consistenza secondo la norma UNI EN 12274-3 ed eventualmente aggiustato in opera in funzione delle condizioni climatiche e della superficie di posa.

| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti |
|------------------------------------|-----------------|---------------------|------------------|
| Abrasione dopo 1 ora di immersione | UNI EN 12274-5 | [g/m ²] | < 500 |
| Coazione dopo 30 min. | UNI EN 12274-4 | [N·m] | ≥ 1,2 |
| Coazione dopo 60 min. | UNI EN 12274-4 | [N·m] | ≥ 2,0 |
| Consistenza | UNI EN 12274-3 | [mm; %] | 25 - 35 |
| Usura (immersione: 1 ora) | UNI EN 12274-5 | [g/m ²] | < 500 |

Tabella 89. Prestazione della miscela per microtappeto a freddo

I tempi necessari al raggiungimento di un valore di coazione secondo la UNI EN 12274-4 di 1,2 e 2,0 N·m, rispettivamente corrispondenti al tempo di presa e di apertura al traffico devono essere dichiarati.

La curva granulometrica degli aggregati minerali, la curva granulometria della miscela (incluso il filler attivo), tutte le componenti della ricetta di progetto e l'intervallo di temperatura di impiego dell'emulsione e della miscela all'uscita dal banco devono essere dichiarate dal produttore.

Il produttore deve dichiarare il TAIT (Type approval installation trial) o ITT riferito ad una sezione dove il prodotto è stato applicato usando il FPC (Factory production control) ed è stato sottomesso a prove prestazionali dopo un anno.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Preparazione della superficie di stesa

In funzione del contesto, la Direzione Lavori può richiedere la preparazione del giunto trasversale nella sezione di inizio e fine del trattamento per garantire perfetta complanarità con la pavimentazione esistente antecedente o successiva all'intervento tramite una fresatura di ampiezza di almeno 50 cm e profondità pari allo spessore del microtappeto. Le stesse modalità dovranno essere adottate in caso di presenza di pozzetti per i quali non si preveda l'aggiustamento in quota.

Prima della realizzazione del microtappeto a freddo si deve procedere alla preparazione del piano di posa mediante pulizia della superficie stradale (rimozione di detriti, macchie di olio, polveri e sostanze estranee), sigillatura delle fessure, eventuale umidificazione del supporto se completamente asciutto e riprofilatura dei tratti deformati. Nel caso in cui siano presenti chiusini, pozzetti, caditoie o altre singolarità, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve comunque garantire la regolarità del piano e omogeneità di stesa oltre che provvedere ad apposita protezione dei servizi per consentirne un appropriato funzionamento.

Posa in opera della miscela

Il confezionamento dell'impasto deve essere realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice semovente in grado di assicurare lo stoccaggio dei materiali costituenti (aggregati lapidei, emulsione bituminosa, acqua, additivi, regolatori di rottura), il corretto dosaggio, una intima miscelazione, la stesa e il livellamento delle miscele mediante apposito stenditore a carter.

Nei casi in cui siano presenti zone caratterizzate da elevate sollecitazioni tangenziali o che presentino un profilo irregolare, è raccomandabile effettuare due strati di malta bituminosa. Il secondo strato deve essere sovrapposto al primo dopo almeno un giorno di servizio.

Al termine delle operazioni di stesa il microtappeto deve presentare un aspetto superficiale regolare, scabra e uniforme (omogenea distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela), esente da difetti (UNI EN 12274-8), imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa) e nessun fenomeno di trasudamento del legante.

In zone caratterizzate da elevate sollecitazioni superficiali tangenziali è opportuno che la malta bituminosa sia rullata prima del completo indurimento per assicurare un miglior fissaggio del manto bituminoso alla superficie sottostante. La rullatura deve essere effettuata con apposito rullo gommato in grado di simulare l'azione del traffico veicolare. Il rullo gommato deve procedere a velocità inferiore a 5 km/h, evitando variazioni di direzione, di velocità e marcia al di sopra del trattamento. Tutta la superficie dovrà essere rullata in maniera omogenea operando per fasce con sovrapposizione di almeno 20 cm. Per evitare qualsiasi distacco di materiale in fase di rullatura è raccomandato bagnare le ruote del mezzo con apposita soluzione anti-incollaggio.

La produzione o la posa in opera del microtappeto deve essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore a 5 °C ed in caso di pioggia.

A termine dei lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve provvedere a liberare e alla completa pulizia dell'area adibita a stoccaggio dei materiali ed eventuale parcheggio dei mezzi.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo CONTROLLO QUALITÀ, il controllo della qualità microtappeto a freddo deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e sulla superficie dello strato finito per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 90 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|---|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Aggregato grosso | Stoccaggio | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 84 |
| Aggregato fine | Stoccaggio | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 85 |
| Filler | Stoccaggio | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 86 |
| Emulsione bituminosa | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 87 |
| Microtappeto sfuso | Vibrofinitrice | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Temperatura di stesa, proporzionamento, dosaggio e prestazioni della miscela (Tabella 88, Tabella 89) |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Scostamento ≤ 5 mm |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | ≥ 60 Pendulum Test Value (PTV) |
| Superficie della pavimentazione | Pavimentazione | Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | 0,4 - 1,0 Macrottexture depth (MTD) |

Tabella 90. Controlli per il microtappeto a freddo

La temperatura di stesa del microtappeto deve essere controllata immediatamente dietro la macchina combinata all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di microtappeto sfuso sono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), il contenuto di acqua, la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e il dosaggio della miscela.

La macrotessitura e la resistenza allo slittamento/derapaggio sulla superficie stradale dovranno essere verificate rispettivamente con la tecnica volumetrica ad impronta (UNI EN 13036-1) e il metodo del pendolo (UNI EN 13036-4) tra il trentesimo e il sessantesimo giorno dall'apertura al traffico.

Le eventuali irregolarità superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UNI EN 13036-7).

La valutazione dei dissesti (UNI EN 12274-8) è eseguita tra l'undicesimo e il dodicesimo mese dalla stesa sotto traffico.

Penali

Come introdotto nel paragrafo 45.4 (NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI), le detrazioni di seguito descritte saranno applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del microtappeto a freddo (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa o dell'emulsione dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità della miscela e le eventuali penali da applicare.

La granulometria e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del materiale sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5\%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3\%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5\%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5\%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto.

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori PTV inferiori a 60 è applicata una detrazione dell'1% per ogni unità in meno. Valori PTV inferiori a 50 comportano in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori MTD inferiori a 0,40 o superiori a 1,00 è applicata una detrazione dell'1% per ogni decimo in meno. Valori MTD inferiori a 0,35 o superiori a 1,20 comportano, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità, sgranamenti e ondulazioni. Sarà tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione o la sovrapposizione di un nuovo trattamento a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori del trattamento. La superficie di riferimento sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. La Direzione Lavori può applicare le opportune tolleranze in funzione della regolarità del piano di posa (pavimentazione esistente) nel caso in cui non si preveda lo strato di livellamento ma si operi in strato unico.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a garantire il buon funzionamento (assenza di dissesti secondo la UNI EN 12274-8) del materiale per una durata di 12 mesi a decorrere dall'apertura al traffico della tratta. In caso si dovessero manifestare difetti prima dei 12 mesi, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve provvedere a sua cura e spese al ripristino nel rispetto delle relative prescrizioni.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

48.7 IMPREGNAZIONE E MANO D'ATTACCO

48.7.1 Impregnazione

Per impregnazione (mano di ancoraggio) si intende l'applicazione di una emulsione bituminosa a rottura media o lenta e bassa viscosità, spruzzata sopra uno strato di misto granulare o misto cementato prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato o macrorugoso irrigidendone la parte superficiale, impermeabilizzare la superficie di posa e fornire una migliore adesione del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Le emulsioni bituminose impiegate per l'impregnazione devono avere caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità norma europea armonizzata UNI EN 13808, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Il materiale da impiegare per l'impregnazione è una emulsione bituminosa cationica a rottura lenta o media rispondente alle specifiche indicate nella Tabella 91. È ammesso anche l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che non varino gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio del bitume residuo prescritto.

| Emulsione bituminosa per impregnazione | | | | |
|--|-----------------|-----------------|------------------|---------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Classe UNI EN 13808 |
| Polarità | UNI EN 1430 | - | positiva | 2 |
| Contenuto di bitume | UNI EN 1428 | [%] | 55 ± 2 | 5 |
| Sedimentazione a 7 giorni | UNI EN 12847 | [%] | ≤ 10 | 3 |
| Indice di rottura | UNI EN 13075-1 | - | > 110 | 4 o 5 |
| Bitume residuo | | | | |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN1426 | [0,1 × mm] | ≤ 220 | 5 |
| Punto di rammollimento | UNI EN1427 | [°C] | ≥ 35 | 8 |

Tabella 91. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per impregnazione

Il dosaggio di bitume residuo pari a 1,0 kg/m². L'emulsione bituminosa deve essere saturata tramite la stesa con mezzi idonei di graniglia o filler o sabbia fine a discrezione della Direzione Lavori.

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Nel caso di piccoli interventi, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di accettare l'uso di una unica emulsione sia per impregnazione che per mano d'attacco a favore di una più facile gestione del cantiere.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo Controllo qualità, il controllo della qualità è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 92 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|---|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Emulsione bituminosa | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 91 |
| Emulsione bituminosa | Cantiere | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Dosaggio di bitume residuo (paragrafo 48.7.1) |

Tabella 92. Controlli da eseguire per l'impregnazione

Penali

Come introdotto nel paragrafo NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI, le detrazioni di seguito descritte saranno applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del microtappeto a freddo (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto delle emulsioni accettate per lo specifico uso, comporta il rifiuto del materiale.

Per il dosaggio di bitume residuo per mano d'attacco o di impregnazione determinato a seguito della spruzzatura è tollerato uno scostamento di $\pm 10\%$ rispetto al valore richiesto (per esempio, se richiesto 1,0 kg/m² l'intervallo di accettabilità è 1,1 e 0,9 kg/m²). Al fuori di tale limite l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta ad una immediata correzione della modalità di applicazione.

Nel caso di non conformità della lavorazione la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

48.7.2 Emulsione bituminosa per mano d'attacco

Per mano d'attacco si intende l'applicazione di una emulsione bituminosa a rottura rapida, spruzzata sopra uno strato di conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato) prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di rendere solidali i due strati sovrapposti e evitare possibili scorrimenti relativi tra i due strati in successione, aumentando l'adesione all'interfaccia.

Le emulsioni bituminose impiegate per la mano d'attacco devono avere caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità norma europea armonizzata UNI EN 13808, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica a rottura rapida rispondente alle specifiche indicate nella Tabella 93. È ammesso anche l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che non varino gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio del bitume residuo prescritto.

| Emulsione bituminosa per mano d'attacco | | | | |
|---|-----------------|-----------------|------------------|---------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Classe UNI EN 13808 |
| Polarità | UNI EN 1430 | - | positiva | 2 |
| Contenuto di bitume | UNI EN 1428 | [%] | 65 ± 2 | 8 |
| Sedimentazione a 7 giorni | UNI EN 12847 | [%] | ≤ 10 | 3 |
| Indice di rottura | UNI EN 13075-1 | - | 70 - 155 | 3 |
| Bitume residuo | | | | |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN1426 | [0,1 × mm] | ≤ 100 | 3 |
| Punto di rammollimento | UNI EN1427 | [°C] | ≥ 43 | 6 |

Tabella 93. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per mano d'attacco

In alcuni casi specifici può essere richiesto l'uso di emulsione di bitume modificato (Tabella 94).

| Emulsione di bitume modificato per mano d'attacco | | | | |
|---|-----------------|-----------------|------------------|---------------------|
| Parametro | Metodo di prova | Unità di misura | Valori richiesti | Classe UNI EN 13808 |
| Polarità | UNI EN 1430 | - | positiva | 2 |
| Contenuto di bitume | UNI EN 1428 | [%] | 69 ± 2 | 9 |
| Sedimentazione a 7 giorni | UNI EN 12847 | [%] | ≤ 10 | 3 |
| Indice di rottura | UNI EN 13075-1 | - | 70 ÷ 155 | 3 |
| Bitume residuo | | | | |
| Penetrazione a 25°C | UNI EN1426 | [0,1 × mm] | ≤ 100 | 3 |
| Punto di rammollimento | UNI EN1427 | [°C] | ≥ 60 | 2 |
| Ritorno elastico | UNI EN 13398 | [%] | ≥ 50 | 3 |

Tabella 94. Caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato per mano d'attacco

Prima dell'applicazione della mano di attacco l'Impresa deve rimuovere tutte le impurità presenti tramite spazzolatura meccanica e aspirazione.

Il dosaggio di bitume residuo varia a seconda del tipo del piano di posa. Quando la mano d'attacco è applicata su un conglomerato bituminoso di nuova costruzione (strato nuovo o di risagomatura), il dosaggio

dell'emulsione bituminosa deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m². Quando la mano d'attacco è applicata su una pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,45 kg/m² di bitume residuo. Quando la mano d'attacco è applicata sopra una vecchia pavimentazione in conglomerato bituminoso (ricopertura o risagomatura) il dosaggio deve essere di 1,00 kg/m² di bitume residuo.

L'emulsione bituminosa dovrà essere saturata tramite la stesa con mezzi idonei di filler o sabbia fine

Il paragrafo CERTIFICATI DI QUALIFICA E RELATIVE PENALI specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Nel caso di piccoli interventi, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di accettare l'uso di una unica emulsione sia per impregnazione che per mano d'attacco a favore di una più facile gestione del cantiere.

Controlli

Come introdotto nel paragrafo Controllo qualità, il controllo della qualità è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 95 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.

| Controllo dei materiali e verifiche prestazionali | | | |
|---|--------------------------|--|---|
| Tipo di campione | Ubicazione del controllo | Frequenza del controllo | Requisiti |
| Emulsione bituminosa | Cisterna | Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori | Tabella 93 o Tabella 94 |
| Emulsione bituminosa | Cantiere | Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori | Dosaggio di bitume residuo (paragrafo 48.7.2) |

Tabella 95. Controlli da eseguire per la mano d'attacco

Penali

Come introdotto nel paragrafo NON CONFORMITÀ E RELATIVE PENALI, le detrazioni di seguito descritte saranno applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del microtappeto a freddo (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto delle emulsioni accettate per lo specifico uso, comporta il rifiuto del materiale.

Per il dosaggio di bitume residuo per mano d'attacco o di impregnazione determinato a seguito della spruzzatura è tollerato uno scostamento di ± 10 % rispetto al valore richiesto (per esempio, se richiesto 1,0 kg/m² l'intervallo di accettabilità è 1,1 e 0,9 kg/m²). Al fuori di tale limite l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta ad una immediata correzione della modalità di applicazione.

Nel caso di non conformità della lavorazione la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori dello strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Art. 49. RAPPEZZI LOCALIZZATI

I rappezzi devono essere preparati con accurata demolizione del materiale degradato, riquadratura dei bordi, spianamento del fondo anche con apporto di materiale prebitumato fine ed impregnazione con emulsione acida al 60% di tutte le superfici orizzontali e verticali.

Seguirà il riempimento e la compattazione.

Non si dovranno superare i 10 cm per ogni strato data la difficoltà di ben compattare spazi ridotti.

Al fine di aumentare la durata a fatica dei conglomerati bituminosi posti sopra la zona rappezzata, si dovrà richiedere la posa in opera di una guaina bituminosa autoadesiva rinforzata con apposito tessuto non tessuto o geotessile a rete che serva a ritardare la risalita delle fessure presenti sul piano d'appoggio.

Per buche in zone a traffico elevato, dopo la stesa della mano di attacco andrà steso il conglomerato bituminoso di riempimento che non dovrà essere a freddo (bitumi flussati), ma a caldo e preferibilmente modificato con plastomeri, aggiunti nel mescolatore (3-4 kg / ton di conglomerato bituminoso).

I rappezzi fatti in condizioni climatiche avverse potranno essere realizzati con materiali a freddo, ma le riparazioni dovranno essere ripetute con conglomerato a caldo e con i metodi sopra descritti.

Art. 50. PAVIMENTAZIONI A ELEMENTI

50.1 PAVIMENTAZIONI IN MASSELLI DI CALCESTRUZZO

Le pavimentazioni in argomento saranno costituite con masselli in calcestruzzo secondo le caratteristiche di cui all'art.82 del presente Capitolato.

Piano di finitura del sottofondo. Il sottofondo deve corrispondere alla geometria del piano stradale: in nessun caso le pendenze devono essere ricavate variando lo spessore dello strato di allettamento dei masselli. Le tolleranze dimensionali massime ammissibili per il piano di finitura del sottofondo sono ± 15 mm. I relativi manufatti (chiusini, caditoie, canalette, etc,) dovranno essere posizionati al livello della pavimentazione finita prima dell'inizio della posa in opera, tenendo conto di un ulteriore calo del livello pavimentazione finita per effetto del traffico nell'ordine di 3-5 mm.

Stesura e staggiatura della sabbia di allettamento. Il riporto di posa dovrà essere costituito da sabbia di origine alluvionale o dalla frantumazione di rocce ad elevata resistenza meccanica e non alterabili. Sono assolutamente da evitare quali materiali di allettamento i granulati ottenuti dalla macinazione di rocce calcaree o comunque tenere. La granulometria ottimale è riportata nella tabella seguente:

| Diametro vaglio | Percentuale passante in massa |
|-----------------|-------------------------------|
| 10 mm | 100 |
| 6 mm | 90-100 |
| 3 mm | 75-100 |
| 1 mm | 55-90 |
| 0,5 mm | 35-70 |
| 0,25 mm | 8-35 |
| 0,125 mm | 0-10 |
| 0,075 mm | 0-3 |

L'impasto di sabbia, ghiaietto, acqua e cemento è in rapporto ottimale di 2 q.li/mc stesi per 10/15 cm sulla fondazione annegandovi una rete elettrosaldata da mm6x20/20.

L'umidità dello strato di allettamento dovrà essere il più uniforme possibile ed il materiale dovrà risultare umido ma non saturo.

L'esecuzione della pavimentazione prevede la posa per semplice accostamento a secco dei masselli su allettamento di sabbia. Lo strato di allettamento in sabbia dovrà mantenere uno spessore costante compreso

tra 3 e 6 cm al momento della staggiatura: in nessun caso infatti le pendenze dovranno essere ricavate variando lo spessore di tale strato. Nella determinazione delle quote finite si deve ricordare che ci sarà un calo della sabbia di allettamento per effetto della compattazione, normalmente variabile tra il 20 ed il 30% dello spessore soffice in funzione del tipo e della granulometria di sabbia utilizzata. La sabbia di allettamento compattata dovrà risultare quindi di spessore compreso tra 2,5 e 4,5 cm.

La staggiatura può essere realizzata in due modi:

- a) con precompattazione: si stende la sabbia per uno spessore come sopra specificato, si vibrocompatta con piastra vibrante, si sparge un nuovo strato di sabbia di circa 1,5 cm e si staggia: è il metodo preferibile per pavimentazioni destinate a carichi elevati, in quanto assicura densità e compattazione uniforme e quindi minore tolleranze superficiali;
- b) la compattazione della sabbia avviene solo dopo la posa dei masselli.

Se il piano di posa viene comunque disturbato deve essere di nuovo staggiato con cura. La staggiatura della sabbia non dovrà mai essere effettuata con temperature inferiori a 1 °C.

Sono da prevedere opportuni giunti di dilatazione che dovranno tagliare il sottofondo, massetto e pavimentazione per potere assorbire le opportune dilatazioni.

Posa in opera dei masselli.

Gli orientamenti di posa saranno in continuità con la pavimentazione esistente. La posa in opera deve essere condotta in modo tale da mantenere sempre un fronte "aperto" per la posa dei masselli successivi, onde evitare l'inserimento forzato. La posa in opera dei masselli deve avvenire per semplice accostamento seguendo dei fili di riferimento posizionati ogni 4-5 metri, in senso longitudinale e trasversale all'avanzamento lavori. Devono essere periodicamente controllati gli allineamenti a mezzo di fili secondo due direzioni ortogonali.

Intasamento dei giunti e vibrocompattazione.

Si raccomanda di usare esclusivamente sabbia naturale (la sabbia di frantoio può causare infatti macchie sulla superficie dei masselli) con granulometria come illustrato nella tabella seguente. La sabbia deve essere asciutta: se essiccata facilita la penetrazione ed il riempimento del giunto.

| Diametro vaglio | Percentuale passante in massa |
|-----------------|-------------------------------|
| 3 mm | 100 |
| 2 mm | 95-100 |
| 1 mm | 75-100 |
| 0,5 mm | 35-95 |
| 0,25 mm | 5-35 |
| 0,125 mm | 0-10 |
| 0,075 mm | 0-3 |

Modalità di esecuzione. Appena terminata la posa con i tagli di finitura si deve provvedere al pre-intasamento dei giunti con sabbia avente le caratteristiche sopra specificate. Il pre-intasamento ha lo scopo di ottimizzare il riempimento dei giunti ed evitare il disallineamento dei masselli sia nella fase di movimentazione in corso d'opera dei materiali verso il fronte di posa che durante la vibrocompattazione. La sabbia deve essere stesa e distribuita in modo omogeneo su tutta la superficie da vibrocompattare. Si procede quindi alla vibrocompattazione a mezzo di piastra. La vibrocompattazione ha la funzione di allettare i masselli nello strato di sabbia e di garantire un primo assestamento della sabbia nei giunti: andranno previsti almeno 3 passaggi in senso trasversale per garantire uniformità di compattazione. La vibrocompattazione dovrà arrestarsi entro 1 metro dal fronte di posa. Per superfici a forte pendenza occorre sempre vibrare la pavimentazione in senso trasversale dal basso verso l'alto. Il tipo di piastra da utilizzare dipende dalla forma e dallo spessore del massello (si veda la tabella seguente).

A parità di forma Forza centrifuga KN Frequenza Hz Dimensione min.

| del massello: | | | piastra mq |
|---------------|---------|----------|------------|
| cm. 4 | 9 – 11 | 75 – 100 | 0,20 |
| cm. 6 | 14 – 16 | 75 – 100 | 0,24 |
| cm. 8 | 16 – 20 | 75 – 100 | 0,24 |
| cm. 10 | 20 – 24 | 75 – 100 | 0,28 |

E' sempre consigliabile l'utilizzo di piastre munite di tappetino protettivo in gomma o similare (es Vulkolan durezza > 90 shore) e comunque indispensabile nel caso di pavimentazioni colorate. E' importante mantenere sempre pulito il piano vibrante, evitando graffiature o accumuli di sporcizia che andrebbero inevitabilmente a macchiare la pavimentazione, specialmente nel caso questa fosse umida. Al termine della vibrocompattazione si procede all'intasamento finale dei giunti con ulteriore stesura di sabbia. La sabbia di intasamento deve essere lasciata sulla pavimentazione il più a lungo possibile per consentire un'efficace intasamento dei giunti sotto carico di traffico. La pavimentazione (se non sigillata con opportuni polimeri) non dovrà essere sottoposta al passaggio di mezzi aspiranti per almeno 1 mese dall'apertura al traffico. La superficie deve comunque essere periodicamente ispezionata nei primi sei mesi di vita intervenendo con integrazione della sabbia di sigillatura qualora se ne riscontri la necessità per svuotamento dei giunti.

Al termine delle operazioni di posa la conformità del lavoro ai dettami della regola dell'arte va controllata secondo i seguenti parametri:

- corretto allineamento dei masselli secondo due direzioni ortogonali; considerando comunque che le variazioni dimensionali in produzione e l'andamento delle pendenze non consentono in nessun caso un perfetto allineamento;
- assenza di danneggiamento ai masselli dovuti a cattiva movimentazione degli stessi oppure ad una non idonea procedura di compattazione;
- ottimale sigillatura dei giunti della pavimentazione: nel caso non sia disponibile sabbia essiccata, la sabbia di sigillatura dovrà essere lasciata in misura abbondante sulla pavimentazione e periodicamente ridistribuita a cura della Committenza fino al completo intasamento;
- rispetto dei livelli della pavimentazione finita con le tolleranze di cui alla tabella seguente:

| | |
|---|--------|
| ✓ in generale, rispetto alle quote di progetto | ± 6 mm |
| ✓ planarità della superficie (controllata con staggia da 3 metri) | 10 mm |
| ✓ differenza di spessore tra 2 masselli adiacenti | 2 mm |
| ✓ in corrispondenza di pozzetti, caditoie, canali di drenaggio | + 6 mm |

Nel prezzo della pavimentazione è incluso l'onere relativo alla formazione di tutti i pezzi speciali che si rendessero necessari per l'adattamento a binari, chiusini, caditoie, orlature, ecc. La lavorazione dei masselli dovrà essere eseguita con idonei paraschegge.

Ai fini della liquidazione verrà in ogni caso misurata la sola superficie effettivamente pavimentata, escludendosi pertanto qualsiasi elemento non facente parte del rivestimento stesso, come le rotaie, i chiusini, le bocchette di ispezione, ecc., anche se l'esistenza di detti elementi abbia procurato all'Appaltatore maggiori oneri nella posa in opera.

I giunti di dilatazione dovranno essere riempiti di materiale siliconico ad alta resistenza, omogeneità di impasto e colore con le restanti fughe, idonee per applicazioni in ambiente aggressivo e certificato.

Le fughe saranno del tipo cementizio per meglio sigillare gli interstizi tra una piastra e l'altra ed impedire all'acqua di ristagnare tra il massetto e le piastre. Questo per evitare distacchi in caso di gelo e contrastare il fenomeno dell'efflorescenza.

La fuga dovrà essere di 8 mm. Le piastrelle dovranno essere accuratamente bagnate prima di essere fugate per poi essere pulite con spugna umida avendo cura di risciacquare spesso.

A pavimentazione ultimata si dovrà procedere ad un'accurata pulizia della stessa utilizzando idonei prodotti che non alterino le caratteristiche del materiale.

Art. 51. PAVIMENTAZIONI DI MARCIAPIEDI – CORDOLI

51.1 PAVIMENTAZIONI A ELEMENTI

51.1.1 *Pavimentazione in pietrini di cemento*

Sarà formata con il materiale di cui al punto 7.2.3 del presente Capitolato posto su un massetto in conglomerato cementizio previa interposizione di uno strato di malta idraulica o cementizia che costituirà il letto di posa.

I pietrini saranno previamente bagnati per immersione. A posa ultimata si procederà alla boiaccatura della superficie con cemento puro, onde chiudere le connessioni.

51.2 PAVIMENTAZIONI CONTINUE

51.2.1 *Pavimentazione in asfalto colato*

Sarà costituita da uno strato dello spessore di 20 mm posto in opera sopra una fondazione di conglomerato cementizio di spessore non inferiore a 10 cm. Negli spazi carrabili lo strato avrà spessore maggiorato a 25 ÷ 30 mm e sarà posto in opera su analoga fondazione di spessore non inferiore a 15 cm. Alla pavimentazione verrà dato, salvo casi particolari, profilo a falda piana con pendenza del 2,5% verso l'orlatura.

L'impasto sarà composto con mastice d'asfalto (47% in massa), bitume (3% in massa) e graniglia o ghiaietto 2/10 mm (50% in massa). La fusione o preparazione del mastice e la miscela dei vari componenti per la formazione del colato saranno eseguite a mezzo di caldaia appositamente attrezzata per una perfetta mescolatura; gli impasti dovranno essere lavorati a temperatura compresa fra 170 e 200 °C. La durata del riscaldamento e della mescolazione non dovrà essere inferiore a 5 ore, salvo preriscaldamento degli aggregati a mezzo di essiccatore a tamburo.

Lo strato di asfalto sarà steso ad una temperatura di almeno 160 °C, in unico strato, a mezzo di apposite spatole di legno o altro idoneo sistema. L'intera superficie del manto, immediatamente dopo la stesa, dovrà essere ricoperta di graniglia fine, perfettamente pulita e lavata, di granulometria compresa fra 1 ÷ 3 mm; la superficie inoltre dovrà essere suddivisa in figure geometriche, secondo le disposizioni della Direzione, mediante solcature di larghezza e profondità non superiori a 3 mm.

51.2.2 *Pavimentazione in battuto di cemento*

Sarà costituita da un unico strato di malta cementizia a 500 kg, dello spessore di 20 mm, posta in opera su massetto di conglomerato cementizio di spessore non inferiore a 10 o 15 cm.

Prima di stendere la malta la superficie del massetto dovrà essere accuratamente ripulita e lavata con acqua in pressione. Si procederà quindi alla stesa dell'impasto cementizio, allo spessore prescritto, curando attraverso guide prestabilite la perfetta regolarità della superficie e la pendenza necessaria. La malta verrà poi lisciata, arricchita nella superficie a vista con spolveratura di cemento puro, infine verrà rigata a disegno (quadroni) e bocciardata.

A lavoro ultimato la pavimentazione dovrà essere accuratamente protetta fino al completo indurimento della malta, onde evitare fessurazioni e danni di qualsiasi genere.

51.3 CORDOLI

I cordoli saranno collocati in opera con malta cementizia, su massetto in conglomerato di spessore non inferiore a 10 cm; l'alzata, rapportata al piano finito della pavimentazione stradale, non dovrà superare 12 cm. Gli elementi, se non diversamente disposto, saranno di assortimento 25 e verranno posati attestati e spaziati di 5 mm; tale spazio verrà riempito di malta cementizia dosata a 500 kg di cemento, che verrà stilata nella parte a vista.

Art. 52. POSA DI ARREDO URBANO

Gli arredi saranno posti in opera secondo le indicazioni della ditta produttrice e della Direzione Lavori e come previsto dagli elaborati grafici allegati al progetto esecutivo, avendo cura di non danneggiare il materiale o parti di esso.

Gli elementi d'arredo urbano, realizzati secondo le indicazioni riportate sugli elaborati grafici di progetto e come descritti in Elenco Prezzi, saranno fissati al suolo con apposita barra filettata. I cestini saranno fissati con ancoraggio centrale in barra filettata \varnothing 10 mm con tassellatura a chimico. Le vernici di finitura dovranno essere di tipo atossico in classe E1 (a bassa emissione di formaldeide secondo norma UNI/DIN). Ogni prodotto dovrà essere accompagnato dalle informazioni da utilizzare per la pulizia e per la manutenzione.

APPENDICE A – NORME GENERALI DI ESECUZIONE - IMPIANTI VARI – ELETTRICI E DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE

Art. 53. OPERE PROVVISORIALI - MACCHINARI E MEZZI D'OPERA

Tutte le opere provvisorie occorrenti per l'esecuzione dei lavori, quali ponteggi, impalcature, armature, centinature, casseri, puntellature, ecc., dovranno essere progettate e realizzate in modo da garantire le migliori condizioni di stabilità, sia delle stesse che delle opere ad esse relative. Inoltre, ove dette opere dovessero risultare particolarmente impegnative, l'Appaltatore dovrà predisporre apposito progetto esecutivo, accompagnato da calcoli statici, da sottoporre alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

Resta stabilito comunque che l'Appaltatore rimane unico responsabile degli eventuali danni ai lavori, alle cose, alle proprietà ed alle persone che potessero derivare dalla mancanza o dalla non idonea esecuzione di dette opere. Tali considerazioni si ritengono estese anche ai macchinari e mezzi d'opera.

Art. 54. INDAGINI E RILIEVI GEOGNOSTICI

54.1 GENERALITÀ

L'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire, a propria cura, tutte le indagini ed i rilievi che la Direzione Lavori riterrà necessari od opportuni al fine di determinare con la dovuta approssimazione la natura e le caratteristiche dei terreni di impianto, nonché la presenza di eventuali discontinuità ed i livelli di acqua. Le indagini ed i rilievi saranno sviluppati con ampiezza diversa a seconda delle caratteristiche strutturali e delle dimensioni dei manufatti, dei carichi da questi esercitati e dalla consistenza dei terreni di fondazione.

54.2 INDAGINI IN SITO

54.2.1 Tipo, tecnica e profondità

Le indagini consisteranno, in generale, in saggi di vario tipo – quali sondaggi, pozzi, trincee o cunicoli di esplorazione – dei quali sarà effettuata una accurata descrizione in base ai criteri geotecnici di identificazione e classifica. La Direzione Lavori specificherà o autorizzerà la tecnica di indagine che, per i sondaggi, dovrà comprendere non meno di una verticale ogni 250 mq per le opere con estensione superficiale ed una ogni 250 m per le opere con estensione lineare.

La profondità delle indagini sarà misurata a partire dalla quota più bassa che sarà prevedibilmente raggiunta dalla fondazione (per le palificate, a partire dall'estremità inferiore dei pali) e verrà stabilita in rapporto alle considerazioni di cui all'ultimo capoverso del precedente punto A2.0.

54.2.2 Prelievo dei campioni

In rapporto alle condizioni di indagine i campioni potranno essere prelevati in superficie, o mediante scavo di pozzi, o mediante apparecchiature a rotazione (trivellazioni), a percussione, a pressione, ecc. Per ogni sondaggio, si darà luogo al prelievo di campioni ad ogni variazione stratigrafica e, per strati di notevole spessore, a differenze di quota da 3 a 5 m a seconda delle particolari condizioni.

I campioni verranno conservati con la massima cautela in idonei contenitori stagni sui quali, con apposita etichetta, verranno indicati: luogo e data del prelievo, numero del campione, quota di prelievo, denominazione del lavoro, del cantiere e della Ditta appaltatrice. Sugli stessi campioni, che dovranno essere

conservati in locali riparati, la Direzione Lavori potrà fare eseguire tutti gli esami di laboratorio che riterrà necessari ed opportuni.

54.3 INDAGINI E PROVE – RELAZIONE

Le indagini di laboratorio avranno lo scopo di determinare le proprietà indici per una completa identificazione e classificazione geotecnica dei terreni e le proprietà fisico-meccaniche degli stessi. Le prime potranno determinarsi sia su campioni rimaneggiati, sia su campioni indisturbati; le seconde, solo su campioni indisturbati.

Per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni si dovrà ricorrere a prove in sito nei casi in cui si presentasse particolarmente difficile il prelievo dei campioni indisturbati (es. sabbie o ghiaie incoerenti, tufi vulcanici incoerenti, torbe e materiale di riporto, argille scagliose, ecc.) oppure allorquando si dovesse verificare il comportamento di strutture di fondazione (es. prove su pali campione).

A indagini, prove e rilievi ultimati, l'Appaltatore sarà tenuto a presentare alla Direzione Lavori una esauriente relazione, corredata di grafici e moduli riepilogativi, al fine di fornire un quadro sufficientemente chiaro di tutte le caratteristiche generali e particolari del terreno di impianto e di tutte le condizioni che possano influire sul dimensionamento e sulla stabilità delle opere.

La relazione sarà firmata da un geologo professionalmente abilitato o da un esperto e dell'Appaltatore.

Art. 55. AZIONI E CARICHI SULLE OPERE E COSTRUZIONI IN GENERE

55.1 GENERALITÀ

Il calcolo di progetto o di verifica strutturale delle opere dovrà essere condotto tenendo conto di tutte le azioni che potranno agire sulle stesse. I criteri generali di verifica dovranno comunque rispettare le disposizioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e s.m.i. che approva le nuove “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”. In particolare, per le azioni, dovrà farsi riferimento ai Capitoli 3, 4 e 6 di tali norme.

55.1.1 Carichi permanenti

I carichi permanenti agenti sulle opere e costruzioni in genere saranno determinati con analisi dettagliata dei materiali componenti le strutture e le sovrastrutture (con specifica degli spessori e delle masse per unità di volume) e dei sovraccarichi permanenti (effettivi, presuntivi o da ripartizione). Nel caso delle tubazioni, la massa per unità di volume dei materiali costituenti il rinterro dovrà essere assunta non inferiore a 2000 kg/m³.

55.1.2 Sovraccarichi accidentali

Dovranno essere conformi, per le più comuni strutture, ai valori riportati nella Tabella A1 (comprensivi degli effetti dinamici).

I parapetti saranno calcolati in base ad una spinta orizzontale sul corrimano non inferiore a 1,50 kN, con maggiorazioni fino a 2,50 kN in casi particolari. Le tubazioni destinate ad essere posate sotto pavimentazione stradale dovranno essere calcolate per sopportare dei sovraccarichi

TAB. A - 1 - Carichi di esercizio per costruzioni edilizie

| N. | STRUTTURE E LOCALI | CARICHI |
|----|---|------------------------|
| 1 | Tetti e terrazze impraticabili - Pensiline | 2,00 kN/m ² |
| 2 | Locali per uffici e relativi terrazzi praticabili | 3,00 " |
| 3 | Locali suscettibili di affollamento | 4,00 " |
| 4 | Rimesse per autovetture fino a 2,5 tonnellate | 2,50 " |
| 5 | Locali suscettibili di grande affollamento | 5,00 " |
| 6 | Balconi, scale e ballatoi | 5,00 " |
| 7 | Archivi (secondo i casi) - Minimo | 6,00 " |
| 8 | Locali per centrali idriche (secondo i casi) - Minimo | 6,00 " |

fissi e/o mobili da valutarsi in rapporto alla tipologia di traffico presunto.

Art. 56. STRUTTURE, OPERE E IMPIANTI IN GENERALE - MODALITÀ DI STUDIO, PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE

56.1 GENERALITÀ

All'atto della consegna dei lavori l'Appaltatore dovrà prendere visione del progetto delle opere e delle strutture in particolare, nonché degli eventuali esecutivi di dettaglio e dovrà esaminare e valutare in tutti gli aspetti, i metodi ed i procedimenti costruttivi prescritti in progetto. Quanto ai metodi ed ai procedimenti non prescritti la scelta spetterà all'Appaltatore, salvo l'approvazione della Direzione Lavori, che deciderà in via definitiva dopo aver esaminato la proposta e la documentazione presentategli.

L'Appaltatore sarà tenuto a verificare la stabilità, l'efficienza e il dimensionamento (anche sotto il profilo idraulico) di tutte le opere e strutture, dei procedimenti provvisori, degli scavi liberi ed armati, delle strutture di sostegno rigide e flessibili, dei rilevati ed argini, degli effetti di falda, ecc., e ciò anche nei riguardi dei manufatti esistenti in prossimità dell'opera in costruzione. In ogni caso, qualsiasi variante proposta dall'Appaltatore stesso alle caratteristiche costruttive ed ai metodi esecutivi, che rientrano nell'ambito della discrezionalità della Direzione Lavori ai sensi del Regolamento, dovrà essere giustificata e documentata tecnicamente mediante uno specifico studio.

Ai sensi e per gli effetti dell'art. 2 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086, tutti gli elaborati di progetto, come pure le successive modifiche, dovranno essere firmati da un Ingegnere o Architetto, o Geometra o Perito edile, con iscrizione nel relativo albo professionale, nei limiti delle rispettive competenze. Detti elaborati dovranno essere firmati anche dall'Appaltatore.

56.1.1 Produzione degli elaborati – Direzione tecnica

Il progetto esecutivo delle strutture (e relativi calcoli di stabilità), se ordinato o per la parte ordinata, dovrà essere prodotto nei termini di tempo prescritti dalla Direzione Lavori. In caso di esecutivi e calcoli integrativi, disposti nel corso dei lavori, nei termini di tempo stabiliti dall'ordine di servizio con il quale detti esecutivi saranno eventualmente disposti. In difetto e senza giustificato motivo validamente riconosciuto dall'Amministrazione, l'Appaltatore sarà passibile di una penale pari all'1/1000 per ogni giorno di ritardo.

L'esecuzione delle opere strutturali dovrà avere luogo sotto la direzione di un tecnico, tra quelli elencati al punto A4.0. e sempre nei limiti di competenza, espressamente incaricato dall'Appaltatore. Il nominativo di tale tecnico e il relativo indirizzo dovranno essere preventivamente comunicati all'Amministrazione appaltante.

56.1.2 Responsabilità dell'Appaltatore

L'esame o verifica da parte della Direzione dei calcoli e degli esecutivi presentati non esonera in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità ad esso derivanti per legge e per precisa pattuizione di contratto, restando espressamente stabilito che malgrado i controlli di ogni genere eseguiti dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore rimarrà unico e completo responsabile delle opere eseguite. Pertanto lo stesso dovrà rispondere degli inconvenienti che dovessero verificarsi di qualunque natura ed entità essi potessero risultare e qualunque conseguenza o danno dovessero apportare.

Qualora il progetto esecutivo con relativi calcoli fosse già stato redatto a cura dell'Amministrazione l'Appaltatore dovrà sottoporlo all'esame verifica e firma di un tecnico di propria fiducia espressamente incaricato che a tutti gli effetti assumerà la figura del progettista di cui al precedente punto A4.0. Del pari il

progetto sarà controfirmato dall'Appaltatore, assumendo tale firma il significato di accettazione degli esecutivi e calcoli presi in esame nonché di assunzione delle responsabilità di cui al precedente capoverso o del presente punto.

56.1.3 Denuncia dei lavori

Le opere di che trattasi, fatta eccezione per le strutture in muratura (salvo il caso previsto dall'art. 17 della Legge 2 febbraio 1974, n. 64), dovranno essere denunciate dall'Appaltatore all'Ufficio del Genio Civile competente per territorio, prima del loro inizio, ai sensi dell'art. 4 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Nella denuncia dovranno essere indicati nominativo dell'Amministrazione appaltante e relativo Direttore dei Lavori; nominativo e recapito del progettista delle strutture, del direttore delle stesse nonché dello stesso Appaltatore. Alla denuncia dovranno essere allegati:

- a) *Il progetto dell'opera, in duplice copia, firmato come prescritto al punto A4.0., dal quale risultino in modo chiaro ed esauriente le calcolazioni eseguite, l'ubicazione, il tipo, le dimensioni delle strutture e quanto altro occorrerà per definire l'opera sia nei riguardi dell'esecuzione, sia nei riguardi della conoscenza delle condizioni di sollecitazione.*
- b) *Una relazione illustrativa, in duplice copia, dalla quale risultino le caratteristiche, le qualità e le dosature dei materiali che verranno impiegati nella costruzione.*

L'Ufficio del Genio Civile restituirà all'Appaltatore, all'atto stesso della presentazione, una copia del progetto e della relazione con l'attestazione dell'avvenuto deposito; avuti tali documenti l'Appaltatore dovrà depositarli, in originale o in copia autentica, presso l'ufficio istituito in cantiere dalla Direzione Lavori. Anche le varianti che nel corso dei lavori si dovessero introdurre nelle opere previste nel progetto originario, dovranno essere denunciate con la stessa procedura fin qui descritta.

56.1.4 Casi di denuncia non dovuta

L'Appaltatore non sarà tenuto ad applicare le disposizioni di cui al precedente punto nonché quelle di cui al seguente punto per le opere costruite per conto dello Stato, delle Regioni, delle Province e dei Comuni aventi un Ufficio Tecnico con a capo un ingegnere.

56.1.5 Documenti in cantiere – Giornale dei lavori

Nel cantiere, dal giorno di inizio delle opere in cemento armato, fino a quello di ultimazione, dovranno essere conservati gli atti di cui al punto A4.0.3. nonché un apposito *Giornale dei lavori*; il Direttore delle opere (vedi punto A4.0.1.) sarà anche tenuto a visitare periodicamente, e in particolare nelle fasi più importanti dell'esecuzione, detto giornale, annotando le date delle forniture ed i tipi di cemento, la composizione dei conglomerati, il tipo e le partite di acciaio, la data dei getti e dei disarmi, le prove sui materiali, le prove di carico ed ogni altra operazione degna di nota.

56.1.6 Relazione a struttura ultimata

A strutture ultimate e salvo non ricorrano i casi di cui al precedente punto A4.0.4, il Direttore delle opere, entro il termine di 60 giorni, depositerà al Genio Civile una Relazione, in duplice copia, sull'andamento dei compiti di cui al punto A4.0.3. esponendo:

- a) *I certificati delle opere sui materiali impiegati emessi da laboratori ufficiali.*
- b) *Per le opere in precompresso, ogni indicazione inerente alla tesatura dei cavi e ai sistemi di messa in coazione.*
- c) *Per gli elementi strutturali prefabbricati prodotti in serie, copia dei "certificati di origine" rilasciati dal o dai produttori.*
- d) *L'esito delle eventuali prove di carico, allegando le copie dei relativi verbali, firmate per copia conforme.*

A deposito avvenuto, una copia della relazione con relativa attestazione sarà restituita al Direttore delle opere che provvederà a consegnarla al collaudatore delle strutture, unitamente agli atti di progetto. Copia di detta relazione sarà altresì depositata presso l'Ufficio di Direzione.

56.1.7 Collaudo statico

Tutte le opere in conglomerato cementizio armato o a struttura metallica dovranno essere sottoposte a collaudo statico. Il collaudo dovrà essere eseguito da un ingegnere o da un architetto che non sia intervenuto in alcun modo nella progettazione, direzione ed esecuzione delle opere. La nomina del collaudatore spetterà all'Amministrazione, la quale preciserà altresì i termini entro i quali dovranno essere completate le operazioni di collaudo.

Ove non ricorrano i casi previsti dal precedente punto, l'Appaltatore sarà tenuto a richiedere il nominativo del collaudatore e a comunicarlo al Genio Civile entro 60 giorni dall'ultimazione dei lavori (fatto salvo il caso di collaudatore statico in corso d'opera). Per il resto si richiamano l'art. 7 della legge 5 novembre 1971, n. 1086, ed il Capitolo 8 delle "Norme Tecniche".

56.2 STRUTTURE E OPERE IN FONDAZIONE – CONDOTTE

56.2.1 Studio e progetto delle fondazioni

Effettuate le indagini di cui al precedente art. A2 all'Appaltatore potrà essere richiesto di studiare e predisporre il dimensionamento esecutivo delle strutture di fondazione (o parti di esse), ferma restando la facoltà dello stesso di proporre tutti gli accorgimenti ed interventi connessi alla migliore stabilità di tali strutture e delle opere stesse ad esse correlate.

Accorgimenti ed interventi (quali modifiche ed integrazioni) che in ogni caso l'Appaltatore potrà proporre a seguito di verifiche effettuate anche di propria iniziativa, in autotutela, in connessione e in rapporto alle responsabilità assunte con il contratto e a norma del Codice civile.

Il tutto nel rispetto delle "Norme tecniche per le costruzioni" approvate con il D.M. 14 gennaio 2008 e sm.i., già citato per il relativo capitolo al precedente punto A3.0.

56.2.2 Stabilità e cedimenti del terreno di fondazione

La stabilità del terreno sotto l'azione delle forze trasmesse dalla fondazione dovrà essere verificata secondo i metodi ed i procedimenti della meccanica dei terreni (Geotecnica), tenendo conto dei risultati acquisiti con le indagini svolte. Dovrà pertanto essere determinato il carico limite del complesso terreno-fondazione (carico oltre il quale il diagramma cedimenti-carichi presenta un andamento quasi parallelo all'asse dei cedimenti) e porre in essere le verifiche agli stati limiti di cui ai punti 7.2.5.1 (SLU) e 7.2.5.3 (SLE) delle "Norme Tecniche".

Nel caso in cui la fondazione dovesse comportare muri di sostegno o fronti di scavo libero a carattere definitivo, dovranno essere eseguite le relative verifiche di stabilità globale.

Il *calcolo dei cedimenti* (assoluti o differenziali), del piano di appoggio della fondazione, conseguenti alle deformazioni del terreno per effetto dei carichi ad esso trasmessi, dovrà essere eseguito qualora si

fosse accertata la presenza di strati molto compressibili, inoltre quando fossero imposti determinati limiti ai cedimenti in dipendenza della funzione alla quale l'opera è destinata. Il calcolo dei cedimenti verrà svolto secondo i metodi e i procedimenti della Geotecnica.

56.2.3 Stabilità e resistenza delle condotte

Il calcolo statico delle tubazioni costituenti le condotte dovrà essere eseguito considerando le massime sollecitazioni cui saranno sottoposte le pareti dei manufatti nelle condizioni più onerose di esercizio e di prova. Le sollecitazioni dovute alla pressione interna (o depressione), alle variazioni termiche, al carico dinamico dell'acqua ed al peso proprio saranno determinate con i metodi ordinari della scienza delle costruzioni.

La stabilità delle condotte sotto l'azione dei carichi dovuti al rinterro e dei sovraccarichi esterni dovrà essere verificata con l'osservanza dei principi generali di calcolo dei carichi ovalizzanti. Per i tubi rigidi e semirigidi potrà farsi particolare riferimento alla seguente norma di unificazione (quand'anche ritirata):

UNI 7517 - Guida alla scelta della classe dei tubi per condotte di fibro-cemento sottoposte a carichi esterni e funzionanti con o senza pressione interna.

Per i tubi in ghisa sferoidale (GS) si farà riferimento al progetto di norme americane ANSI/AWWA C 151 A/21.51.81. «Thickness design ductile iron pipe» ed all'Appendice F della norma UNI EN 545. Per i tubi flessibili alle equazioni di Marston, Spangler, Luscher e Hoeg o equazioni equivalenti (v. comunque la normativa citata nei punti che trattano della posa in opera dei diversi tipi di tubazione).

La verifica contro i pericoli di schiacciamento dovrà sempre venire effettuata, qualunque fosse il materiale costituente la condotta, per i tubi di grande diametro e/o rapporti diametro/spessore sensibilmente elevati.

56.3 STRUTTURE E OPERE IN ELEVAZIONE – IMPIANTI

56.3.1 Studio e progetto delle strutture

Presa cognizione di tutti i fattori di sollecitazione interni ed esterni che influiscono sulle opere, analogamente a quanto effettuato per le fondazioni, all'Appaltatore potrà essere richiesto di studiare e predisporre il calcolo e il dimensionamento esecutivo di tutte le strutture in elevazione (o parti di esse), alle prime strettamente correlate ed unitamente alle quali costituiranno un unico progetto strutturale da sottoporre all'approvazione della Direzione dei lavori e, successivamente, degli Organi preposti per legge o regolamento.

Qualora il progetto fosse già corredato di calcoli ed esecutivi di dimensionamento strutturale l'Appaltatore sarà tenuto ad eseguirne la relativa verifica proponendone, se del caso, le relative varianti e sottoponendoli alla propria firma e a quella di un Ingegnere o Architetto di propria fiducia.

Dovranno comunque essere rispettate, in ordine ai tempi di emanazione, le norme tecniche di cui ai Decreti previsti all'art. 1 della Legge 2 febbraio 1974, n. 64.

56.3.2 Studio e progetto degli impianti

Tutti gli impianti (o parti di essi) da installare nelle opere in appalto, ove non sviluppati in esecutivo e ove esplicitamente richiesto dalla Direzione dei Lavori, dovranno essere adeguatamente calcolati a cura dell'Appaltatore e tradotti in esecutivi particolareggiati da sottoporre all'approvazione della stessa Direzione

Lavori. I calcoli dovranno essere condotti nel rispetto della normativa vigente per i rispettivi settori, e unitamente agli esecutivi, saranno corredati da visti, nulla osta o licenze eventualmente previsti da leggi o regolamenti.

All'Appaltatore competerà in ogni caso il diritto alla verifica degli esecutivi da realizzare, quand'anche approntati dall'Amministrazione, e l'onere della controfirma di accettazione e della firma del proprio tecnico.

L'Appaltatore dovrà predisporre nelle murature tutti i necessari fori, incavi, ecc. per il passaggio di tubi e canalizzazioni di qualsiasi genere, e ciò anche nel caso che gli impianti, in tutto o in parte, fossero incorporati. In questo caso l'Appaltatore dovrà richiedere per iscritto tempestivamente alla Direzione Lavori l'ubicazione di ogni passaggio ed alloggiamento restando obbligato, in difetto, oltre che ad effettuare in ogni caso tali lavori, a provvedere a propria cura e spese alla riparazione di tutti i danni che da tale negligenza potessero derivare.

56.3.3 Garanzia degli impianti

Ferme restando per le opere le garanzie generali previste dal Codice Civile, nel caso di impianti di particolare tecnologia (impianti di automatizzazione delle reti, telecomando, ecc.) sarà richiesta una specifica garanzia per gli stessi.

Art. 57. OPERE DI FOGNATURA

57.1 GENERALITÀ

57.1.1 Osservanza del Capitolato e delle norme e disposizioni ufficiali

Le opere di fognatura dovranno essere realizzate nel rispetto delle previsioni progettuali e di contratto nonché con l'osservanza delle disposizioni e prescrizioni ufficiali e vigenti all'atto dell'esecuzione e delle norme di regolamento locale. Dovranno comunque essere rispettate le *"Norme Tecniche relative alle Tubazioni"* emanate con D.M. 12 dicembre 1985 nonché le relative "Istruzioni" diffuse con Circolare Min. LL.PP. n. 27291 del 20 marzo 1986. Sarà tenuto conto in particolare delle *"Norme tecniche generali per la regolamentazione dell'installazione e dell'esercizio degli impianti di fognatura e depurazione"* di cui all'Allegato 4 della Delibera 4 febbraio 1977 del Comitato Interministeriale per la tutela delle acque dall'inquinamento, nonché del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152, avente per oggetto le *"Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/ CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane..."* e riportante, nell'Allegato 5, i *"Limiti di emissione degli scarichi idrici"* (con le modifiche di cui al D.Lgs. n. 258/2000).

Il tutto comunque, per quanto non modificato o diversamente disciplinato dal Titolo III, parte 3a, del D.Lgs. 3 aprile 2006, che ha emanato le nuove *"Norme in materia ambientale"*.

Saranno a carico dell'Appaltatore tutti gli adempimenti, gli oneri e le spese derivanti dai rapporti con le Autorità locali (per le pratiche di allacciamento, per le autorizzazioni, ecc. nonché per le visite ed i controlli eventualmente disposti) come pure saranno a carico dello stesso l'assunzione di tutte le informazioni relative a detti adempimenti.

Art. 58. OPERE STRADALI

58.1 GENERALITÀ

58.1.1 Elementi integrativi

Le opere stradali oggetto del presente capitolato dovranno essere realizzate nel rispetto delle previsioni progettuali e delle prescrizioni particolari che la Direzione Lavori potrà fornire all'atto esecutivo. Sarà dato comunque carico all'Appaltatore di definire, facendone oggetto di precisa proposta, tutti quegli elementi caratteristici che non risultassero dal progetto o che nello stesso non si trovassero sufficientemente sviluppati o evidenziati, il tutto evidentemente nel rispetto della normativa vigente ed in particolare delle *"Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"* emanate con D. Min. Infrastrutture e Trasporti del 5 novembre 2001, n. 6792 (G.U. n. 3/2002, S.O.) come modificato e integrato con D.M.I.T. 22 aprile 2004 (G.U. n. 147/2004), delle *"Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali"* approvate con D.M. Infrastrutture e Trasporti del 19 aprile 2006 (G.U. n. 170/2006) e, per quanto non in contrasto con le disposizioni sopra riportate, delle norme CNR UNI 10007.

In questo caso saranno tenute presenti le prescrizioni generali e particolari di cui ai punti che seguono.

58.1.2 Definizioni

Ai fini della presente normativa, i termini riguardanti le strade urbane ed extraurbane e gli elementi compositivi delle stesse avranno i significati di cui alla presente tabella:

TAB. A - 2 - Strade urbane ed extraurbane. Termini e definizioni

| TERMINE | DEFINIZIONI |
|---------------------|---|
| Sede stradale | Piano formato dalle carreggiate, dalle banchine, dai marciapiedi e dalle piste specializzate (superficie tra i confini stradali) |
| Carreggiata | Parte della strada normalmente destinata alla circolazione veicolare |
| Corsia | Parte della carreggiata avente larghezza sufficiente per la circolazione o la sosta di una fila di veicoli |
| Spartitraffico | Banchina (rialzata o meno) avente funzione di realizzare la separazione fisica delle correnti di traffico |
| Fasce di pertinenza | Spazi marginali alla carreggiata, compresi tra questa e il confine della proprietà privata, destinati a elementi funzionali complementari e accessori |

Art. 59. OPERE D'ARTE

59.1 GENERALITÀ

Tutte le opere d'arte di comunque interessanti il corpo stradale dovranno essere progettate, verificate e realizzate nel rispetto delle *"Norme Tecniche per le Costruzioni"* approvate con D.M. Infrastrutture e Trasporti 14 gennaio 2008 e s.m.i.; questo per quanto attiene al calcolo e al dimensionamento delle strutture e dei manufatti, allo studio delle interrelazioni con i terreni, all'impiego dei materiali e ai procedimenti costruttivi in adempimento alle disposizioni generali emanate con Legge 5 novembre 1971, n. 1086.

59.2 OPERE DI RACCOLTA E ALLONTANAMENTO DELLE ACQUE

Per regolarizzare, raccogliere e convogliare le acque pluviali e superficiali in genere correnti sulla piattaforma stradale o che potranno raggiungere il corpo stradale o che ancora defluiscono in impluvi dallo stesso attraversati, saranno costruiti, nei punti indicati dalla planimetria o dal profilo longitudinale e dovunque si renderanno necessari all'atto esecutivo, cunette, drenaggi, fossi di guardia, tombini, ecc. conformi ai tipi riportati nei grafici o diversamente indicati, salvo sempre la facoltà della Direzione Lavori di apportare in corso d'opera, ove necessario od opportuno, modifiche oltretutto alla ubicazione ed al numero delle opere stesse, anche ai detti tipi ed al relativo dimensionamento, o di prescrivere l'adeguamento alle norme CNR-UNI 10007.

59.2.1 Cunette di piattaforma

Saranno di norma poste in trincea, ai bordi della piattaforma in corrispondenza del piede della scarpata, e potranno essere rivestite o meno (in muratura, conglomerato cementizio) secondo le indicazioni di

progetto. In nessun caso però dovranno essere realizzate a scapito della larghezza necessaria per le banchine.

59.2.2 *Drenaggio del cassonetto*

Nel caso di terreni particolarmente suscettibili all'acqua, specie se in presenza di pendenze modeste e con pavimentazioni parzialmente permeabili, sarà opportuno disporre attraverso la banchina, in obliquo al di sotto di questa, piccoli drenaggi capaci di evitare nel cassonetto ristagni d'acqua provenienti da infiltrazioni superficiali.

Ove occorresse un vero e proprio risanamento del terreno di impianto del cassonetto, si ricorrerà ad un più esteso sistema di drenaggi così come in particolare riportato al punto 4 delle norme CNR-UNI precedentemente citate.

59.2.3 *Scivoli e pozzetti*

Qualora il corpo stradale in trincea (con sezione a tutto sterro o a mezza costa) dovesse incontrare o interrompere uno scolo d'acqua che non fosse possibile deviare, ovvero un impluvio di una certa importanza, sarà necessario convogliare le acque in apposita opera, denominata scivolo, anche al fine di preservare la scarpata. Lo scivolo sarà scavato lungo il massimo pendio della scarpata a monte e, salvo casi eccezionali di roccia particolarmente salda, dovrà essere rivestito in muratura di pietrame duro o in conglomerato cementizio.

Gli scivoli avranno sezione rettangolare o anche trapezia o semicircolare. Le dimensioni dovranno essere commisurate alla portata, ma di norma il fondo avrà larghezza di $0,60 \div 0,80$ m.

Gli scivoli scaricheranno in cunetta solo eccezionalmente; in tal caso il piede dovrà essere sensibilmente arretrato e la cunetta sistemata in modo da evitare che le acque convogliate debordino in banchina. Di norma comunque in prosecuzione degli scivoli saranno disposte opere di attraversamento del corpo stradale il cui imbocco dovrà essere sistemato a pozzetto.

I pozzetti avranno dimensioni interne non inferiori a $0,90 \times 1,20$ m, pareti rivestite in muratura o conglomerato cementizio (spessore non inferiore a 30 cm) e fondo a quota non inferiore a quello dell'opera di attraversamento ed opportunamente conformato onde facilitare l'azione meccanica di espurgo.

59.2.4 *Tombini*

Così denominate le opere di attraversamento del corpo stradale (generalmente in rilevato) di luce non maggiore di 1,50 m, potranno essere di *tipo tubolare* (con sagoma circolare od ovoidale), *ad arco* (a pieno centro o ribassato) a *piattabanda e scatolari* (a sezione quadrata o rettangolare). Per qualunque tipo comunque l'area della sezione libera e la pendenza (non minore dell'1,0%) dovranno essere verificate con criteri idraulici.

I tombini dovranno sempre essere verificabili per manutenzione ed ispezione e pertanto la minima dimensione interna non dovrà essere minore di 0,80 m (eccezionalmente 0,60 m). L'interdistanza non dovrà superare di norma la misura di 200 m.

Per i tombini non realizzati sottargine, ma a piano strada, dovrà essere interposto fra il loro estradosso e la sovrastruttura stradale uno strato di materiale arido di riporto, costipato, di spessore almeno pari a quello della sovrastruttura; questo allo scopo di evitare alla stessa eventuali deformazioni.

In terreni cedibili si dovranno evitare, allo sbocco, salti d'acqua; qualora poi la configurazione del terreno lo richiedesse, occorrerà proteggere, con rivestimento, il tratto di scarico immediatamente a valle dell'opera d'arte.

59.2.5 Opere minori di attraversamento

Per le prescrizioni generali relative a tali tipi di opere (*ponticelli*), per il relativo dimensionamento e per i particolari esecutivi e di dettaglio si rimanda, ove non diversamente disposto, alle indicazioni e prescrizioni di cui al punto 3 delle norme CNR-UNI 10007.

59.2.6 Opere di difesa dalle acque sotterranee e di percolamento

La protezione del corpo stradale e delle sue pertinenze dalle acque sotterranee (di falda, di percolamento o risalenti per capillarità) sarà realizzata secondo le indicazioni di progetto tenendo in particolar modo presenti le prescrizioni generali di cui al punto 4. delle norme CNR-UNI 10007. Tale protezione dovrà comunque essere particolarmente curata: ove pertanto il progetto fornisse solo delle indicazioni di massima o non fornisse alcuna indicazione, l'Appaltatore sarà in ogni caso tenuto a prendere in considerazione il problema, prospettando alla Direzione le opportune soluzioni. In difetto, sarà ritenuto responsabile dei danni che la mancanza di idonee opere di difesa potrà arrecare al corpo stradale.

Art. 60. SOVRASTRUTTURA STRADALE

Sarà quella prevista in progetto e definita dal calcolo di dimensionamento degli strati, calcoli che l'Appaltatore, a norma di quanto in generale prescritto al precedente art. A4.0, sarà tenuto a verificare. Essa poggerà sullo strato di sottofondo opportunamente regolarizzato e sottoposto a controllo di portanza.

In linea di massima la sovrastruttura stradale sarà costituita di:

- uno strato di fondazione (o primo strato di fondazione);
- uno strato di base (o secondo strato di fondazione);
- uno strato di pavimentazione o manto (strato di collegamento + strato di usura).

Nelle *sovrastrutture flessibili* lo strato di fondazione potrà essere costituito in misto granulometrico, in materiale tout-venant, ovvero in ossatura a scapoli di pietrame. Lo strato di base potrà essere realizzato in macadam ordinario, in misto granulometrico, in materiali tout-venant ovvero in misto bitumato.

Nelle *sovrastrutture rigide* lo strato di fondazione sarà in linea preferenziale realizzato con misto granulare o tout-venant. Lo strato di base sarà costituito di misto cementato, o conglomerato cementizio in lastre.

A giudizio della Direzione Lavori vi potranno essere variazioni sia negli spessori degli strati (in rapporto alla verifica di portanza del sottofondo) sia nel tipo degli strati, cioè nei materiali previsti per la loro costituzione (in relazione alla più conveniente utilizzazione dei materiali locali). Dovrà comunque essere assicurato un efficace smaltimento delle acque meteoriche.

Art. 61. IMPIANTI ELETTRICI IN GENERALE

61.1 GENERALITÀ

61.1.1 Osservanza delle disposizioni e norme ufficiali – Norme CEI

Nella progettazione (se richiesta o dovuta) e nella realizzazione degli impianti elettrici, l'Appaltatore dovrà attenersi a tutte le disposizioni emanate e vigenti all'atto dell'esecuzione, quali leggi, decreti, regolamenti, circolari, ecc. In particolare dovranno essere osservate le disposizioni di cui al D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547 (Titolo VII), alla Legge 1 marzo 1968, n. 186, alla Legge n. 46/90 e relativo Regolamento di esecuzione (ove applicabile), nonché le norme emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.) e

dal Comitato Elettronico Italiano (C.E.I.) e le Tabelle pubblicate dall'Ente di Unificazione Dimensionale Elettrica (UNEL). Saranno altresì ritenute valide le norme armonizzate del CENELEC, le norme recepite dal CEI in sede europea sotto la sigla di CEI-EN e le norme UNI e UNI-CEI. Dovranno ancora essere rispettate tutte le prescrizioni dettate dai competenti Comandi dei VV.FF., dall'I.S.P.E.S.L. e dagli Enti distributori (Enel o altri Enti, Società o Aziende), per le rispettive competenze.

Saranno a carico dell'Appaltatore tutti gli adempimenti, gli oneri e le spese derivanti dai rapporti con detti Enti o Autorità (per l'espletamento di qualsiasi pratica, per la richiesta di autorizzazioni, ecc., nonché per le visite ed i controlli eventualmente disposti) come pure sarà a carico dello stesso l'assunzione di tutte le informazioni relative a detti adempimenti.

Di conseguenza nessuna variazione potrà essere apportata al prezzo dell'appalto qualora, in difetto, l'Appaltatore fosse obbligato ad eseguire modifiche o maggiori lavori. Tale precisazione valendo comunque per le opere e gli impianti valutati a corpo, restando obbligato lo stesso ad eseguire lavori, se prescritti, anche non espressamente previsti in contratto o diversamente previsti. Ferma restando, per l'Appaltatore, la responsabilità per l'eventuale danno ascrivibile a difetto di informazione.

61.1.2 Materiali e apparecchi

I materiali e gli apparecchi da impiegare negli impianti in argomento dovranno essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità, alle quali potranno essere esposti durante l'esercizio. Dovranno inoltre essere rispondenti alle relative norme CEI, CEI EN, CENELEC e tabelle di unificazione CEI-UNEL ove queste, per detti materiali e apparecchi, e relative prestazioni, risultassero pubblicate e vigenti.

La rispondenza dei materiali e degli apparecchi alle prescrizioni di tali norme e tabelle dovrà essere attestata, per i materiali e per gli apparecchi per i quali è prevista la concessione del marchio, dalla presenza del contrassegno dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità (I.M.Q.) o del CESI (Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano) o ancora dell'IENGF (Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris).

La presenza della marcatura "CE", in rapporto al tipo di prodotto, rappresenterà inoltre l'osservanza delle disposizioni del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 (che attua la direttiva 89/106/CEE), del D.Lgs. n. 615/96 (che recepisce la direttiva EMC riguardante la compatibilità elettromagnetica) e del D.Lgs. n. 81/08 (che attua la direttiva 93/68/CEE in materia riguardante il materiale destinato agli impianti in bassa tensione).

61.1.3 Campionatura

Unitamente alla presentazione del progetto l'Appaltatore sarà tenuto a produrre e a depositare, negli appositi locali all'uopo designati, la campionatura completa dei materiali e degli apparecchi componenti l'impianto e da installare, compresi i relativi accessori, per la preventiva accettazione da parte della Direzione Lavori e per i controlli che dalla stessa saranno ritenuti opportuni.

Resta stabilito comunque che l'accettazione dei campioni non pregiudica in alcun modo i diritti che l'Amministrazione appaltante si riserva in sede di collaudo, restando obbligato in ogni caso l'Appaltatore a sostituire, anche integralmente, tutti i materiali e le apparecchiature che, ancorché in opera, risultassero difettosi o comunque non idonei o non corrispondenti ai campioni.

61.1.4 Verifica provvisoria e consegna degli impianti

Dopo l'ultimazione dei lavori ed il rilascio del relativo certificato da parte dell'Amministrazione appaltante, questa avrà la facoltà di prendere in consegna gli impianti anche se il collaudo definitivo non

avesse ancora avuto luogo. In tal caso però la presa in consegna degli impianti dovrà essere preceduta da una verifica provvisoria degli stessi, effettuata con esito favorevole, che verrà opportunamente verbalizzata.

L'Amministrazione appaltante, e per essa la Direzione Lavori, potrà in ogni caso procedere a verifiche provvisorie, prima e dopo l'ultimazione dei lavori, e ciò ancor quando non fosse richiesta la consegna anticipata. La verifica o le verifiche provvisorie accerteranno la corrispondenza dei materiali e degli apparecchi impiegati ai campioni regolarmente accettati e depositati, le condizioni di posa e di funzionamento, il rispetto delle vigenti norme di legge per la prevenzione infortuni ed in particolare:

- la scelta dei conduttori con riferimento alla portata ed alla caduta di tensione;
- la scelta e taratura dei dispositivi di protezione e di segnalazione;
- l'identificazione dei conduttori di neutro e di protezione;
- lo stato di isolamento dei circuiti;
- il grado di isolamento e la sezione dei conduttori;
- l'efficienza dei comandi e delle protezioni nelle condizioni di massimo carico previsto;
- l'efficienza delle prese di terra.

61.1.5 Collaudo definitivo degli impianti

Il collaudo definitivo dovrà accertare che gli impianti ed i lavori, per quanto riguarda i materiali impiegati, l'esecuzione e la funzionalità, siano in tutto corrispondenti alle condizioni del progetto approvato, alle specifiche del presente Capitolato ed alle disposizioni, anche in variante, eventualmente impartite dalla Direzione Lavori. Nel collaudo definitivo dovranno ripetersi gli accertamenti di cui al precedente punto A10.0.4. ed inoltre dovrà procedersi alle seguenti verifiche:

- verifica della sfilabilità dei cavi;
- verifica della continuità dei conduttori di protezione e di quelli equipotenziali;
- misura della resistenza di isolamento dell'impianto;
- verifica della corretta esecuzione dei circuiti di protezione contro le tensioni di contatto;
- prove di funzionamento e verifica delle cadute di tensione.

Per le prove di funzionamento e rendimento delle apparecchiature e degli impianti il collaudatore dovrà previamente verificare che le caratteristiche della corrente di alimentazione, disponibile al punto di consegna (tensione, frequenza e potenza disponibile), siano conformi a quelle di previsione ed in base alle quali furono progettati ed eseguiti gli impianti.

Qualora le dette caratteristiche della corrente di alimentazione (se non prodotta da centrale facente parte dell'appalto) all'atto delle verifiche o del collaudo non fossero conformi a quelle contrattualmente previste, le prove dovranno essere rinviate, per un periodo comunque non superiore a 15 giorni.

61.1.6 Garanzia degli impianti

L'Appaltatore avrà l'obbligo di garantire gli impianti, sia per la qualità dei materiali, sia per il montaggio, sia ancora per il regolare funzionamento, fino a quando il Certificato di collaudo non avrà assunto valore definitivo.

Pertanto, fino alla scadenza di tale periodo, l'Appaltatore dovrà riparare, tempestivamente ed a proprie spese, tutti i guasti e le imperfezioni che dovessero verificarsi negli impianti per effetto della non buona qualità dei materiali o per difetto di montaggio o di funzionamento, esclusa solamente la riparazione dei danni attribuibili all'ordinario esercizio.

Come garanzia specifica viene stabilito che la polizza fidejussoria rilasciata a copertura della rata di saldo anticipatamente svincolata sarà incrementata, in valore, del 5% del prezzo attribuito agli impianti.

Art. 62. IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE – REQUISITI ELETTRICI

62.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI

62.1.1 Generalità

Gli impianti elettrici riguardanti la pubblica illuminazione dovranno essere realizzati con la generale osservanza di tutte le norme CEI e/o CEI EN ad essi relativi ed applicabili e, in particolare, con il rispetto delle seguenti norme:

- CEI 64-7-Impianti elettrici di illuminazione pubblica.

Inoltre, qualora il progetto preveda la posa in opera di linee elettriche esterne o di linee in cavo, o entrambi, con il rispetto delle seguenti ulteriori norme:

- CEI 11-4 - Esecuzione delle linee aeree esterne.
- CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo (con Variante VI).

62.1.2 Definizioni

Ai fini di quanto successivamente riportato in termini di prescrizioni si adottano, in conformità alle CEI sopra richiamate, le seguenti definizioni:

- *Impianto in derivazione*: Impianto in cui i centri luminosi sono derivati dalla linea di alimentazione e risultano in parallelo tra loro
- *Impianto di Gruppo A*: Impianto alimentato a bassissima tensione di sicurezza e rispondente alle prescrizioni di cui al punto A11.1 della Norma CEI 64-8.
- *Impianto di Gruppo B*: Impianto in derivazione con tensione nominale non superiore a 1000 V corrente alternata e 1500 V corrente continua, esclusi gli impianti di Gruppo A.
- *Impianto di Gruppo D*: Impianto in derivazione con tensione nominale da oltre 1000 V fino a 6000 V, a corrente alternata.

La classificazione degli impianti sarà effettuata con riferimento alla tensione nominale del sistema elettrico di alimentazione.

62.1.3 Circuito di alimentazione

È il complesso delle condutture elettriche destinate all'alimentazione dei centri luminosi, a partire dai centri di uscita di un singolo dispositivo di manovra e protezione per gli impianti di derivazione, dai morsetti di uscita dell'apparecchiatura di regolazione per gli impianti in serie, fino ai morsetti di ingresso dei centri luminosi.

62.2 CARATTERISTICHE ELETTRICHE E MISURE DI SICUREZZA E PROTEZIONE

62.2.1 Resistenza di isolamento verso terra

Ogni impianto di illuminazione, al momento della verifica iniziale, dovrà presentare una resistenza di isolamento verso terra non inferiore a:

- 0,25 MΩ per gli impianti di Gruppo A;
- $2 U_0 / (L + N)$ MΩ per gli impianti di Gruppo B e D.

Fattore di potenza

Salvo diversa prescrizione, il fattore di potenza dell'impianto, non tenendo conto del transito di accensione, non dovrà essere inferiore a 0,9.

62.2.2 *Sezionamento e interruzione*

All'inizio di ogni impianto di Gruppo A e B dovrà essere installato un interruttore unipolare avente anche le caratteristiche di sezionatore (si applicano le prescrizioni di cui al Cap. 46 della norma CEI 64-8).

In ogni impianto di Gruppo D dovrà essere installato un sezionatore unipolare generale ed un sistema o dispositivo che consenta l'interruttore simultanea di tutti i carichi; inoltre ogni circuito di alimentazione dovrà essere dotato di un sezionatore unipolare.

62.2.3 *Protezione dei trasformatori di sicurezza e d'isolamento*

I trasformatori di sicurezza ed i trasformatori d'isolamento dovranno risultare protetti contro il cortocircuito.

62.2.4 *Protezione contro i contatti indiretti*

Tutte le masse degli impianti dei Gruppi B e D dovranno essere protette contro i contatti indiretti; la protezione sarà effettuata secondo le modalità indicate al punto 3.3.7 della norma CEI 64-7. Non è richiesta la messa a terra di parti metalliche poste ad una distanza inferiore ad 1 m dai conduttori nudi di linee elettriche aeree di alimentazione, purché:

- tali parti risultino isolate dalle restanti parti dell'impianto (funi di sospensione, pali, ecc.);
- le stesse parti vengano considerate in tensione e trattate alla stregua dei conduttori nudi di sospensione.

Nel caso di impianti di pubblica illuminazione installati su sostegni di linee elettriche aeree adibite ad altri servizi, le prescrizioni contro i contatti indiretti si applicano solo ai predetti impianti.

62.2.5 *Protezione contro i contatti diretti*

Tutti gli impianti, compresi quelli del Gruppo A, dovranno essere disposti in modo che le persone non possano venire a contatto con le parti in tensione se non previo smontaggio o distruzione di elementi di protezione. Inoltre, per gli impianti del gruppo D i cavi a disponibilità manuale dovranno essere provvisti di un rivestimento continuo metallico messo a terra; analoga protezione, in condizioni simili, dovrà essere prevista per le apparecchiature.

Protezione contro i fulmini

La protezione dei sostegni contro i fulmini non è necessaria. Nel caso di sostegni di notevole altezza (torri-faro) si farà riferimento alle norme della serie CEI EN 62305.

62.2.6 *Caduta di tensione nel circuito di alimentazione*

Salvo diversa specifica, la caduta di tensione nel circuito di alimentazione degli impianti in derivazione indipendenti, non tenendo conto del transito di accensione delle lampade, in condizioni regolari di esercizio non dovrà superare il 5%.

62.2.7 *Distribuzione dei carichi nei circuiti di alimentazione trifasi*

Nei circuiti di alimentazione trifasi, i centri luminosi dovranno essere derivati ciclicamente dalle varie fasi, in modo da ridurre al minimo gli squilibri di corrente lungo la rete.

62.2.8 *Protezione contro le correnti di cortocircuito*

In questo tipo di impianti, compresi quelli di gruppo D, la protezione contro le correnti di cortocircuito sarà effettuata secondo i criteri della Sez. 434 della norma CEI 64-8. Tale protezione tuttavia non è richiesta per la derivazione che alimenta anche più centri luminosi installati sullo stesso sostegno quanto tale derivazione sia realizzata in modo da:

- ridurre al minimo il pericolo di cortocircuito con adeguati provvedimenti contro le influenze esterne;
- non causare, anche in caso di guasto, pericoli per le persone o danni all'ambiente.

62.2.9 *Protezione contro i sovraccarichi*

Gli impianti in derivazione si considerano non soggetti a sovraccarichi.

62.2.10 *Protezione contro i contatti indiretti in impianti di Gruppo B*

La protezione dovrà essere effettuata secondo uno dei seguenti sistemi:

- Protezione mediante componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente, secondo l'art. 413.2 della norma CEI 64-8.
- Protezione per separazione elettrica, osservando quanto indicato nella Sez. 413.5 della norma CEI 64-8.
- Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione nei sistemi TT, osservando quanto indicato nella Sez. 413.1.4 della norma 64-8 con la seguente variante: le masse da proteggere potranno essere messe a terra utilizzando anche dispersori indipendenti, purché le masse stesse non siano simultaneamente accessibili e purché per soddisfare la relazione $R_a I_a \leq 50$ venga considerato il valore più elevato della resistenza di terra dei singoli dispersori.
- Protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione nei sistemi TN (con propria cabina di alimentazione), osservando quanto indicato nella Sez. 413.1.3 della norma CEI 64-8.

| Tempo di eliminazione del guasto (s) | Tensione (V) |
|--------------------------------------|--------------|
| ≥ 2 | 50 |
| 1 | 70 |
| 0,8 | 80 |
| 0,7 | 85 |
| 0,6 | 125 |
| $\geq 0,5$ | 160 |

62.2.11 *Protezione contro i contatti indiretti per gli impianti di Gruppo D*

In questi tipi di impianti le masse da proteggere dovranno essere collegate ad un impianto di terra mediante apposito conduttore di protezione. Tale impianto dovrà essere dimensionato in modo che, con il più elevato valore della corrente di guasto a terra, non si verifichino nell'area da proteggere, tensioni di contatto o tensioni di passo superiori ai valori riportati nella tabella a fianco.

La verifica delle tensioni di contatto e di passo non è necessaria quando la tensione totale di terra dell'impianto non supera di oltre il 20% i valori prescritti per le tensioni di contatto di passo.

62.3 MATERIALI E APPARECCHI

62.3.1 *Generalità*

Per la scelta dei componenti, del grado di protezione contro la penetrazione dei corpi solidi e liquidi e per il livello di isolamento verso terra si rimanda a quanto particolarmente prescritto sugli argomenti nel capitolo che tratta delle norme di accettazione dei materiali. In particolare i componenti elettrici degli impianti di Gruppo B dovranno essere scelti secondo quanto indicato all'art. 133 della norma CEI 64-8.

Le parti accessibili da terzi (altezza < 3,00 m) degli apparecchi e degli involucri contenenti componenti elettrici, dovranno avere protezione almeno pari a IP 43; per i componenti interrati e gli apparecchi da incassare nel terreno il grado minimo sarà IP 67.

Il vano ausiliari elettrici degli apparecchi e le parti non accessibili da terzi degli involucri contenenti componenti elettrici, se posti in posizione non accessibile ($h \geq 3,00$ m), dovranno avere gradi di protezione almeno pari a: IP 23, per impianti su strade veicolari; IP 43, per impianti di arredo urbano; IP 55, per impianti in galleria; IP 55, per impianti sportivi (IP 44 se con vano ausiliari separato).

Il vano ottico degli apparecchi di illuminazione dovrà avere grado di protezione almeno pari a: IP 44, per impianti su strade veicolari; IP 44, per impianti di arredo urbano (IP 43 per apparecchi tipo "lanterna"); IP65, per impianti in galleria; IP 55 per impianti sportivi.

62.3.2 Dispersori di terra

I dispersori dovranno essere per materiale, dimensioni minime e collocazione, rispondenti alle prescrizioni di cui alla norma CEI 64-8 per gli impianti del Gruppo B ed alla norma CEI 11-8 per gli impianti del Gruppo D.

62.4 CONDUTTURE

62.4.1 Sezione minime dei cavi

I conduttori di fase e di neutro dei cavi non dovranno avere sezione inferiore a quanto indicato all'art. 524 della norma CEI 64-8.

62.4.2 Portata di corrente

La portata di corrente, non tenendo conto dei transitori di accensione, in condizioni regolari di esercizio, dovrà essere tale da non superare le portate stabilite nelle vigenti tabelle CEI-UNEL in relazione alla sezione, al tipo di cavo e alle condizioni di posa.

62.4.3 Sezione minime dei conduttori di terra e di protezione

Negli impianti del Gruppo B la sezione dei conduttori di terra e di protezione non dovrà essere inferiore a quella rispettivamente indicata nelle Sezz. 542.3 e 543.1 della norma CEI 64-8.

Negli impianti del Gruppo D la sezione minima dei conduttori di terra non dovrà essere inferiore a quella indicata nell'art. 2.3.3 della norma CEI 11-8.

62.4.4 Identificazione delle anime dei cavi

L'identificazione delle anime dei cavi multipolari sotto guaina unica e dei conduttori di protezione si dovrà effettuare secondo le prescrizioni della tabella CEI UNEL 00722.

62.5 DISTANZIAMENTO E ALTEZZE MINIME

62.5.1 Distanziamento dai limiti della carreggiata e della sede stradale

La distanza dei sostegni e di ogni parte dell'impianto dai limiti della carreggiata dovrà essere tale da non creare interferenze con la circolazione stradale e intralcio od impedimento a persone disabili.

62.5.2 Altezze minime sulla carreggiata

L'altezza minima sulla carreggiata di una qualsiasi parte dell'impianto dovrà essere non inferiore a 6,00 m. Altezze inferiori potranno essere adottate in casi particolari previa competente autorizzazione.

62.5.3 Distanze dai conduttori di linee elettriche esterne

Le distanze dei sostegni e dei relativi apparecchi di illuminazione dai conduttori di linee elettriche esterne non dovranno essere inferiori a:

- 1 m dai conduttori di linee di classe 0 e 1 (tale distanziamento potrà essere ridotto a 0,5 m per linee in cavo aereo ed in ogni caso nell'abitato).
- (3 + 0,015 U) m dai conduttori di linee di classe II e III, dove U è la tensione nominale della linea espressa in kV (il distanziamento potrà essere ridotto a (1 + 0,015 U) per le linee in cavo aereo e, su autorizzazione competente, anche per le linee con conduttori nudi).

TAB. A - 6 - Distanze di rispetto degli apparecchi, dei sostegni e delle fondazioni da opere circostanti

| Opera avvicinata | Elemento da considerare | Distanza minima m |
|--|---|-------------------------|
| Linee di telecomunicazione e linee elettriche di 1ª classe in conduttori nudi fuori dell'abitato | Conduttore più vicino | 1 |
| Linee di telecomunicazione e linee elettriche di 1ª classe in cavo aereo e in ogni caso nell'abitato | Conduttore più vicino | 0,50 |
| Ferrovie e tranvie in sede propria fuori dell'abitato (esclusi i binari morti e raccordi a stabilimenti) | Rotaia più vicina Ciglio delle trincee Piede dei rilevati | 6 (1) 3 (1) 2 (1) |
| Funicolari terrestri fuori dell'abitato | Rotaia più vicina | 4 (1) |
| Filovie fuori dell'abitato | Conduttore di contatto più vicino | 4 (1) |
| Funivie, sciovie e seggiovie per trasporto persone | Organo più vicino, e se esso è mobile, sua posizione più vicina possibile | 4 (1) |
| Funivie per trasporto merci o similari | Organo più vicino, e se esso è mobile, sua posizione più vicina possibile | 2 (1) |
| Ferrovie, tranvie e filovie nell'abitato, e binari e raccordi a stabilimenti | Rotaia più vicina Conduttore di contatto più vicino | 2 (1) |
| Argini di 3ª categoria (3) | Piede dell'argine | 5 (1) |
| Autostrade | Confine di proprietà (C.P.) | 25 (1) (4) |
| Condotti a pressione ≥ 25 atm | protetti | (2) 2 (4) 1 (5) |
| | non protetti | (2) 6 (4) 3 (5) |
| Condotti a pressione < 25 atm e oleodotti | protetti | (2) 2 (4) 1 (5) |
| | non protetti | (2) 6 (4) 3 (5) |
| Pali sfiato del gas metano (sfiati da valvola da sicurezza, sfiati di organi di intercettazione) | Apertura o griglia alla sommità del palo sfiato | 7,5 (5) |

(1) Le distanze sono da riferire a tutto il punto luce e alla fondazione se del tipo affiorante
(2) Compreso l'eventuale impianto di messa a terra
(3) Per argini di categoria superiore ci si deve attenere alle disposizioni degli organi competenti
(4) Riducibili previa autorizzazione dell'Ente proprietario
(5) Nel caso di sostegno senza linea aerea
(6) Zona AD di rispetto dei luoghi di classe 1 (C1ZR) o zona AD di divisione 2 dei luoghi di classe 1 (C1Z2)

62.6 CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI SOSTEGNI

Per le caratteristiche meccaniche dei sostegni, in ordine alle ipotesi di calcolo, alle protezioni e al dimensionamento, oltre a quanto particolarmente prescritto nel presente Capitolato, si rimanda al punto 3.7 della norma CEI 64-7 ed alla serie di norme UNI-EN 40.

62.7 TIPOLOGIE

Al fine di eliminare ostacoli visivi verso la spiaggia, il progetto prevede la rimozione di tutti i pali esistenti posizionati sul muretto lato arenile e la creazione di una nuova linea d'illuminazione sul lato monte della passeggiata.

I cavidotti che oggi sono presenti sull'arenile e che alimentano l'attuale Pubblica Illuminazione resteranno vuoti a possibile utilizzo di future necessità.

In corrispondenza dei tratti rettilinei della passeggiata (illuminazione a 180°) verranno posizionati corpi illuminanti a sbraccio di colore bianco (RAL a scelta della Direzione Lavori) modello "Indicta" della ditta Artemide o similare, mentre in corrispondenza di piazzette o aree verdi (illuminazione a 360°) verranno installati corpi illuminanti verticali a sezione cilindrica mod. Tris della ditta Platek o similare di colore bianco (RAL a scelta della Direzione Lavori).

I pali del modello "indicta" o similare saranno realizzati con palo conico laminato diritto, in acciaio S 275 JOH, zincati a caldo a norme UNI EN 1461 e verniciati in poliestere per eterno di colore bianco (RAL a scelta della Direzione Lavori) idonea ad ambienti salini. Diametro 89 mm, spessore 3,2 mm; diametro sommità 60 mm completo di innesto per sbraccio "indicta" o similare – canotto diametro 35 mm x 110mm. Il palo si completa di foro per ingresso cavi e piastrino per la messa a terra (nascosto).

Gli elementi metallici dovranno essere realizzati mediante zincatura a caldo, trattamento antisalino e verniciatura con polveri termoindurenti, e non per ultimo, tutta la bulloneria che verrà utilizzata dovrà essere in acciaio inox AISI 312 L al fine di eliminare ogni traccia di ruggine sulle strutture. Tutte le armature saranno a LED.

L'ancoraggio dei pali sarà realizzato attraverso la posa in idonei basamenti di fondazione. Considerata la classe di esposizione XF3, XF4 (superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo con o senza agenti disgelanti) la classe minima di resistenza sarà C 28/35.

I basamenti di fondazione, avranno figura geometrica regolare e dimensioni tali da garantire la sicura tenuta del palo e comunque non saranno inferiori a 70 x 70 x 80 cm.

La parte superiore dei basamenti di fondazione, sarà ricoperta con la pavimentazione, mentre su terreno naturale dovrà essere a giorno, ben levigata e squadrata.

Alla base dei pali modello "Indicta" o similare dovrà essere posato un collare in cemento bianco di protezione dagli urti, di spessore massimo 25 mm e altezza 100 mm.

Il chiusino dei pozzetti sarà posto a livello del suolo in modo da risultare scoperto ed accessibile ma da non creare insidie di sorta. I basamenti saranno quindi completi di apposito foro da realizzare esclusivamente con tubi in pvc del diametro adeguato a quello del palo, per la posa del palo e il suo adeguato fissaggio.

Il tubo in PVC utilizzato come dima, dovrà essere sempre rimosso al termine della lavorazione di costruzione del basamento.

O basamento prefabbricato?

In corrispondenza dei centri luminosi, nei nodi di derivazione e giunzioni e nei cambi di direzione, saranno installati pozzetti prefabbricati in calcestruzzo e senza fondo.

I pozzetti saranno dotati di chiusini con carrabilità D400 e completi di dicitura "Illuminazione Pubblica".

Per il drenaggio delle acque di possibile infiltrazione, i pozzetti devono avere il fondo completamente aperto; devono essere posati su letto di ghiaia costipata dello spessore minimo di cm 10.

Come illuminazione di arredo, sono anche previsti strip-led in corrispondenza di ogni seduta realizzata sul muro lato mare e sugli elementi di arredo.

62.8 MISURE E PROVE

62.8.1 Misura della resistenza di isolamento

La misura della resistenza di isolamento dovrà essere effettuata tra il complesso dei conduttori metallicamente connessi e la terra, con l'impianto predisposto per il funzionamento ordinario e tutti gli apparecchi di illuminazione inseriti. Eventuali messe a terra di funzionamento dovranno evidentemente essere disinserite durante la prova.

Eventuali circuiti non metallicamente connessi con quello in prova dovranno essere oggetto di misure separate. Non sarà necessario eseguire misure sul secondario degli ausiliari elettrici contenuti negli apparecchi di illuminazione.

Le misure dovranno essere effettuate utilizzando un ohmmetro in grado di fornire una tensione continua non inferiore a 500 V per gli impianti di Gruppo A, B e non inferiore a 1500 V per gli impianti di Gruppo D.

62.8.2 Misura della caduta di tensione su linea di alimentazione di impianti in derivazione indipendenti

Sarà eseguita, ove richiesta, in condizioni regolari di esercizio, rilevando contemporaneamente la tensione in corrispondenza dei morsetti di uscita dell'apparecchiatura di comando ed in corrispondenza dei morsetti di alimentazione dei centri luminosi elettricamente più lontani.

62.8.3 Misura della resistenza dell'impianto di terra

In luogo della misura della resistenza del dispersore sarà ammesso il metodo della misura dell'impedenza dell'anello di guasto.

Art. 63. PROTEZIONE DELLE OPERE - COSTRUZIONI IN ZONE SOGGETTE A TUTELA

63.1 PROTEZIONE DELLE OPERE

Tutte le strutture, le murature, le rifiniture, le installazioni e gli impianti dovranno essere adeguatamente protetti (sia in fase di esecuzione che a costruzione ultimata) dall'azione degli agenti atmosferici, in particolare pioggia, vento e temperature eccessivamente basse o alte.

Le protezioni saranno rapportate al manufatto da proteggere, all'elemento agente, ai tempi di azione e alla durata degli effetti protettivi (provvisori o definitivi); potranno essere di tipo attivo o diretto (additivi, anticorrosivi, antievaporanti, ecc.) o di tipo passivo o indiretto (coperture impermeabili, schermature, ecc.).

Resta perciò inteso che nessun compenso potrà richiedere l'Appaltatore per danni conseguenti alla mancanza od insufficienza delle protezioni in argomento, risultando anzi lo stesso obbligato al rifacimento o alla sostituzione di quanto deteriorato, salvo il risarcimento all'Amministrazione o a terzi degli eventuali danni dipendenti.

63.2 PROTEZIONE DALL'INQUINAMENTO LUMINOSO

Ai fini della protezione ambientale dall'inquinamento luminoso, tutti gli impianti di illuminazione, in rapporto alla zona di installazione e alla tipologia, dovranno essere realizzati con apparecchiature tali che sia rispettata la norma:

UNI 10819 - Impianti di illuminazione esterna. Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso.

ELEMENTI STRUTTURALI

QUALITA' DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI

Art. 64. NORME GENERALI - IMPIEGO ED ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

Quale regola generale si intende che i materiali, i prodotti ed i componenti occorrenti per la costruzione delle opere, proverranno da ditte fornitrici o da cave e località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, rispondano alle caratteristiche/prestazioni di cui ai seguenti articoli.

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni di legge e del presente Capitolato Speciale; essi dovranno essere della migliore qualità e perfettamente lavorati, e possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione della Direzione dei Lavori.

Resta sempre all'Impresa la piena responsabilità circa i materiali adoperati o forniti durante l'esecuzione dei lavori, essendo essa tenuta a controllare che tutti i materiali corrispondano alle caratteristiche prescritte e a quelle dei campioni esaminati, o fatti esaminare, dalla Direzione dei Lavori.

I materiali dovranno trovarsi, al momento dell'uso in perfetto stato di conservazione.

Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'Appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della Stazione Appaltante in sede di collaudo.

L'esecutore che, di sua iniziativa, abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza, da parte della Direzione dei Lavori, l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, viene applicata una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla Direzione dei Lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la Direzione dei Lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.

La Direzione dei Lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte nel presente Capitolato ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'Appaltatore.

Per quanto non espresso nel presente Capitolato Speciale, relativamente all'accettazione, qualità e impiego dei materiali, alla loro provvista, il luogo della loro provenienza e l'eventuale sostituzione di quest'ultimo, si applicano le disposizioni dell'art. 101 comma 3 del d.lgs. n. 50/2016 e s.m.i. e gli articoli 16, 17, 18 e 19 del Capitolato Generale d'Appalto D.M. 145/2000 e s.m.i.

L'appalto non prevede categorie di prodotti ottenibili con materiale riciclato, tra quelle elencate nell'apposito decreto ministeriale emanato ai sensi dell'art. 2, comma 1 lettera d) del D.M. dell'ambiente n. 203/2003.

Art. 65. ACQUA, CALCI, CEMENTI ED AGGLOMERATI CEMENTIZI, POZZOLANE, GESSO

a) Acqua - L'acqua per l'impasto con leganti idraulici dovrà essere deve essere conforme alla norma UNI EN 1008, limpida, priva di grassi o sostanze organiche e priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva per il conglomerato risultante.

b) Calci - Le calci aeree ed idrauliche, dovranno rispondere ai requisiti di accettazione delle norme tecniche vigenti; le calci idrauliche dovranno altresì corrispondere alle prescrizioni contenute nella legge 595/65 (Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici), ai requisiti di accettazione contenuti nelle norme tecniche vigenti, nonché alle norme UNI EN 459-1 e 459-2.

c) Cementi e agglomerati cementizi.

1) Devono impiegarsi esclusivamente i cementi previsti dalle disposizioni vigenti in materia (legge 26 maggio 1965 n. 595 e norme armonizzate della serie EN 197), dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme UNI EN 197-1 e UNI EN 197-2.

2) A norma di quanto previsto dal Decreto 12 luglio 1999, n. 314 (Regolamento recante norme per il rilascio dell'attestato di conformità per i cementi), i cementi di cui all'art. 1 lettera A) della legge 595/65 (e cioè cementi normali e ad alta resistenza portland, pozzolanico e d'altoforno), se utilizzati per confezionare il conglomerato cementizio normale, armato e precompresso, devono essere certificati presso i laboratori di cui all'art. 6 della legge 595/65 e all'art. 59 del d.P.R. 380/2001 e s.m.i. Per i cementi di importazione, la procedura di controllo e di certificazione potrà essere svolta nei luoghi di produzione da analoghi laboratori esteri di analisi.

3) I cementi e gli agglomerati cementizi dovranno essere conservati in magazzini coperti, ben riparati dall'umidità e da altri agenti capaci di degradarli prima dell'impiego.

d) Pozzolane - Le pozzolane saranno ricavate da strati mondi da cappellaccio ed esenti da sostanze eterogenee o di parti inerti; qualunque sia la provenienza dovranno rispondere a tutti i requisiti prescritti dalle norme tecniche vigenti.

e) Gesso - Il gesso dovrà essere di recente cottura, perfettamente asciutto, di fine macinazione in modo da non lasciare residui sullo staccio di 56 maglie a centimetro quadrato, scevro da materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea. Il gesso dovrà essere conservato in locali coperti, ben riparati dall'umidità e da agenti degradanti. Per l'accettazione valgono i criteri generali dell'articolo "*Norme Generali - Accettazione Qualità ed Impiego dei Materiali*" e le condizioni di accettazione stabilite dalle norme vigenti.

f) Sabbie - Le sabbie dovranno essere assolutamente prive di terra, materie organiche o altre materie nocive, essere di tipo siliceo (o in subordine quarzoso, granitico o calcareo), avere grana omogenea, e provenire da rocce con elevata resistenza alla compressione. Sottoposta alla prova di decantazione in acqua, la perdita in peso della sabbia non dovrà superare il 2%.

La sabbia utilizzata per le murature, per gli intonaci, le stuccature, le murature a faccia vista e per i conglomerati cementizi dovrà essere conforme a quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 e dalle relative norme vigenti.

La granulometria dovrà essere adeguata alla destinazione del getto ed alle condizioni di posa in opera. E' assolutamente vietato l'uso di sabbia marina.

I materiali dovranno trovarsi, al momento dell'uso in perfetto stato di conservazione. Il loro impiego nella preparazione di malte e conglomerati cementizi dovrà avvenire con l'osservanza delle migliori regole d'arte.

Per quanto non espressamente contemplato, si rinvia alla seguente normativa tecnica: UNI EN 459 - UNI EN 197 - UNI EN ISO 7027-1 - UNI EN 413 - UNI 9156 - UNI 9606.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

Art. 66. MATERIALI INERTI PER CONGLOMERATI CEMENTIZI E PER MALTE

1) Tutti gli inerti da impiegare nella formazione degli impasti destinati alla esecuzione di opere in conglomerato cementizio semplice od armato devono corrispondere alle condizioni di accettazione stabilite dalle norme vigenti in materia.

2) Gli aggregati per conglomerati cementizi, naturali e di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di getto, ecc., in proporzioni non nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature. La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature. La sabbia per malte dovrà essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose, ed avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, oppure provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055. È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui al punto 11.2.9.2 del D.M. 17 gennaio 2018 a condizione che la miscela di calcestruzzo, confezionato con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata, nonché accettata in cantiere, attraverso le procedure di cui alle citate norme.

Per quanto riguarda i controlli di accettazione degli aggregati da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, questi sono finalizzati almeno alla verifica delle caratteristiche tecniche riportate al punto 11.2.9.2 del D.M. 17 gennaio 2018.

3) Gli additivi per impasti cementizi, come da norma UNI EN 934, si intendono classificati come segue: fluidificanti; aeranti; ritardanti; acceleranti; fluidificanti-aeranti; fluidificanti-ritardanti; fluidificanti- acceleranti; antigelo-superfluidificanti. Per le modalità di controllo ed accettazione la Direzione dei Lavori potrà far eseguire prove od accettare, secondo i criteri dell'articolo "*Norme Generali - Accettazione Qualità ed Impiego dei Materiali*", l'attestazione di conformità alle norme UNI EN 934, UNI EN 480 (varie parti).

4) I conglomerati cementizi per strutture in cemento armato dovranno rispettare tutte le prescrizioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e relative circolari esplicative.

Per quanto non espressamente contemplato, si rinvia alla seguente normativa tecnica: UNI EN 934 (varie parti), UNI EN 480 (varie parti), UNI EN 13055-1.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

Art. 67. ELEMENTI DI LATERIZIO E CALCESTRUZZO

Gli elementi resistenti artificiali da impiegare nelle murature (elementi in laterizio ed in calcestruzzo) possono essere costituiti di laterizio normale, laterizio alleggerito in pasta, calcestruzzo normale, calcestruzzo alleggerito.

Quando impiegati nella costruzione di murature portanti, essi debbono rispondere alle prescrizioni contenute nel D.M. 17 gennaio 2018, nelle relative circolari esplicative e norme vigenti.

Nel caso di murature non portanti le suddette prescrizioni possono costituire utile riferimento, insieme a quelle della norma UNI EN 771.

Gli elementi resistenti di laterizio e di calcestruzzo possono contenere forature rispondenti alle prescrizioni del succitato D.M. 17 gennaio 2018 e dalle relative norme vigenti.

La resistenza meccanica degli elementi deve essere dimostrata attraverso certificazioni contenenti risultati delle prove e condotte da laboratori ufficiali negli stabilimenti di produzione, con le modalità previste nel D.M. di cui sopra.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

E' facoltà della Direzione dei Lavori richiedere un controllo di accettazione, avente lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano le caratteristiche dichiarate dal produttore.

Art. 68. MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO

68.1 OCCUPAZIONE, APERTURA E SFRUTTAMENTO DELLE CAVE

Fermo restando quanto prescritto nel presente Capitolato circa la provenienza dei materiali, resta stabilito che tutte le pratiche e gli oneri inerenti alla ricerca, occupazione, apertura e gestione delle cave sono a carico esclusivo dell'Appaltatore, rimanendo la Stazione Appaltante sollevata dalle conseguenze di qualsiasi difficoltà che l'Appaltatore potesse incontrare a tale riguardo. Al momento della Consegna dei lavori, l'Appaltatore dovrà indicare le cave di cui intende servirsi e garantire che queste siano adeguate e capaci di fornire in tempo utile e con continuità tutto il materiale necessario ai lavori con le prescritte caratteristiche.

L'Impresa resta responsabile di fornire il quantitativo e di garantire la qualità dei materiali occorrenti al normale avanzamento dei lavori anche se, per far fronte a tale impegno, l'Impresa medesima dovesse abbandonare la cava o località di provenienza, già ritenuta idonea, per attivarne altre ugualmente idonee; tutto ciò senza che l'Impresa possa avanzare pretese di speciali compensi o indennità.

In ogni caso all'Appaltatore non verrà riconosciuto alcun compenso aggiuntivo qualora, per qualunque causa, dovesse variare in aumento la distanza dalle cave individuate ai siti di versamento in cantiere.

Anche tutti gli oneri e prestazioni inerenti al lavoro di cava, come pesatura del materiale, trasporto in cantiere, lavori inerenti alle opere morte, pulizia della cava con trasporto a rifiuto della terra vegetale e del cappellaccio, costruzione di strade di servizio e di baracche per ricovero di operai o del personale di sorveglianza della Stazione Appaltante e quanto altro occorrente sono ad esclusivo carico dell'Impresa.

L'Impresa ha la facoltà di adottare, per la coltivazione delle cave, quei sistemi che ritiene migliori nel proprio interesse, purché si uniformi alle norme vigenti ed alle ulteriori prescrizioni che eventualmente fossero impartite dalle Amministrazioni statali e dalle Autorità militari, con particolare riguardo a quella mineraria di pubblica sicurezza, nonché dalle Amministrazioni regionali, provinciali e comunali.

L'Impresa resta in ogni caso l'unica responsabile di qualunque danno od avaria potesse verificarsi in dipendenza dei lavori di cava od accessori.

Art. 69. OPERE E STRUTTURE DI CALCESTRUZZO

69.1 Generalità

69.1.1 Impasti di Calcestruzzo

Gli impasti di calcestruzzo dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 e dalle relative norme vigenti.

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento della assenza di ogni pericolo di aggressività e devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008.

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1. Per quanto riguarda l'impiego si potrà fare utile riferimento ai criteri stabiliti dalle norme UNI EN 206 ed UNI 11104.

I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

Per i calcestruzzi preconfezionati si fa riferimento alla norma UNI EN 206.

69.1.2 Controlli sul Calcestruzzo

Per i controlli sul calcestruzzo ci si atterrà a quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Il calcestruzzo viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione secondo quanto specificato nel suddetto D.M.

Il calcestruzzo deve essere prodotto in regime di controllo di qualità, con lo scopo di garantire che rispetti le prescrizioni definite in sede di progetto.

Il controllo di qualità del calcestruzzo si articola nelle seguenti fasi:

- Valutazione preliminare della resistenza;
- Controllo di produzione
- Controllo di accettazione
- Prove complementari

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, compresi i carotaggi, sono eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del d.P.R. n. 380/2001.

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo posto in opera, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al punto 11.2.5 del D.M. 17 gennaio 2018.

69.1.3 Resistenza al Fuoco

Le verifiche di resistenza al fuoco potranno eseguirsi con riferimento a UNI EN 1992-1-2.

69.2 Norme per il cemento armato normale

Nella esecuzione delle opere di cemento armato normale l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto contenuto nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i., nelle norme tecniche del D.M. 17 gennaio 2018 e nella relativa normativa vigente.

69.2.1 Armatura delle travi

Negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata coerentemente con il modello a traliccio adottato per il taglio e quindi applicando la regola della

traslazione della risultante delle trazioni dovute al momento flettente, in funzione dell'angolo di inclinazione assunto per le bielle compresse di calcestruzzo.

Le travi devono prevedere armatura trasversale costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore ad $A_{st} = 1,5 b \text{ mm}^2/\text{m}$ essendo b lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione.

In ogni caso, almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

69.2.2 *Armatura dei pilastri*

Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm e non potranno avere interassi maggiori di 300 mm.

Le armature trasversali devono essere poste ad interasse non maggiore di 12 volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 250 mm. Il diametro delle staffe non deve essere minore di 6 mm e di $\frac{1}{4}$ del diametro massimo delle barre longitudinali.

69.2.3 *Copriferro e interferro*

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.

Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

69.2.4 *Ancoraggio delle barre e loro giunzioni*

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di 20 volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 4 volte il diametro;
- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;
- giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali giunzioni sono qualificate secondo quanto indicato al punto 11.3.2.9 del D.M. 17 gennaio 2018.

Per barre di diametro $\varnothing > 32$ mm occorrerà adottare particolari cautele negli ancoraggi e nelle sovrapposizioni.

Nell'assemblaggio o unione di due barre o elementi di armatura di acciaio per calcestruzzo armato possono essere usate giunzioni meccaniche mediante manicotti che garantiscano la continuità. Le giunzioni meccaniche possono essere progettate con riferimento a normative o documenti di comprovata validità.

Tutti i progetti devono contenere la descrizione delle specifiche di esecuzione in funzione della particolarità dell'opera, del clima, della tecnologia costruttiva.

In particolare il documento progettuale deve contenere la descrizione dettagliata delle cautele da adottare per gli impasti, per la maturazione dei getti, per il disarmo e per la messa in opera degli elementi strutturali. Analoga attenzione dovrà essere posta nella progettazione delle armature per quanto riguarda: la definizione delle posizioni, le tolleranze di esecuzione e le modalità di piegatura. Si potrà a tal fine fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670 "Esecuzione di strutture di calcestruzzo".

69.3 Norme ulteriori per il cemento armato precompresso

Nella esecuzione delle opere di cemento armato precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto contenuto nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i., nelle norme tecniche del D.M. 17 gennaio 2018 e nella relativa normativa vigente.

I sistemi di precompressione con armature, possono essere a cavi scorrevoli ancorati alle estremità (sistemi post-tesi) o a cavi aderenti (sistemi pre-tesi).

La condizione di carico conseguente alla precompressione si combinerà con le altre (peso proprio, carichi permanenti e variabili) al fine di avere le più sfavorevoli condizioni di sollecitazione.

Nel caso della post-tensione, se le armature di precompressione non sono rese aderenti al conglomerato cementizio dopo la tesatura mediante opportune iniezioni di malta all'interno delle guaine (cavi non aderenti), si deve tenere conto delle conseguenze dello scorrimento relativo acciaio-calcestruzzo.

Le presenti norme non danno indicazioni su come trattare i casi di precompressione a cavi non aderenti per i quali si potrà fare riferimento ad UNI EN 1992-1-1.

Nel caso sia prevista la parzializzazione delle sezioni nelle condizioni di esercizio, particolare attenzione deve essere posta alla resistenza a fatica dell'acciaio in presenza di sollecitazioni ripetute.

69.3.1 *Esecuzione delle opere in calcestruzzo armato precompresso*

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.

Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

Nel caso di armature pre-tese, nella testata i trefoli devono essere ricoperti con adeguato materiale protettivo, o con getto in opera.

Nel caso di armature post-tese, gli apparecchi d'ancoraggio della testata devono essere protetti in modo analogo.

All'atto della messa in tiro si debbono misurare contemporaneamente lo sforzo applicato e l'allungamento conseguito. Per prodotti marcati CE si applicano le procedure di controllo previste dalle pertinenti norme europee armonizzate.

La distanza minima netta tra le guaine deve essere commisurata sia alla massima dimensione dell'aggregato impiegato sia al diametro delle guaine stesse in relazione rispettivamente ad un omogeneo getto del calcestruzzo fresco ed al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

I risultati conseguiti nelle operazioni di tiro, le letture ai manometri e gli allungamenti misurati, vanno registrati in apposite tabelle e confrontate con le tensioni iniziali delle armature e gli allungamenti teorici previsti in progetto.

La protezione dei cavi scorrevoli va eseguita mediante l'iniezione di adeguati materiali atti a prevenire la corrosione ed a fornire la richiesta aderenza.

Per la buona esecuzione delle iniezioni è necessario che le stesse vengano eseguite secondo apposite procedure di controllo della qualità.

69.4 Responsabilità per le opere in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso

Nell'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente a tutte le disposizioni contenute nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i., e nelle norme tecniche vigenti (UNI EN 1991-1-6).

Nelle zone sismiche valgono le norme tecniche emanate in forza del d.P.R. 380/2001 e s.m.i., e del D.M. 17 gennaio 2018.

Tutti i lavori di cemento armato facenti parte dell'opera appaltata, saranno eseguiti in base ai calcoli di stabilità accompagnati da disegni esecutivi e da una relazione, che dovranno essere redatti e firmati da un tecnico abilitato iscritto all'Albo, e che l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione dei Lavori entro il termine che gli verrà prescritto, attenendosi agli schemi e disegni facenti parte del progetto ed allegati al contratto o alle norme che gli verranno impartite, a sua richiesta, all'atto della consegna dei lavori.

L'esame e verifica da parte della Direzione dei Lavori dei progetti delle varie strutture in cemento armato non esonera in alcun modo l'Appaltatore e il progettista delle strutture dalle responsabilità loro derivanti per legge e per le precise pattuizioni del contratto.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

69.5 Calcestruzzo di aggregati leggeri

Nella esecuzione delle opere in cui sono utilizzati calcestruzzi di aggregati leggeri minerali, artificiali o naturali, con esclusione dei calcestruzzi aerati, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto contenuto nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i., nelle norme tecniche del D.M. 17 gennaio 2018 e nella relativa normativa vigente.

Per le classi di densità e di resistenza normalizzate può farsi utile riferimento a quanto riportato nella norma UNI EN 206.

Valgono le specifiche prescrizioni sul controllo della qualità date nei punti 4.1 e 11.1. del D.M. 17 gennaio 2018.

Art. 70. COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.

70.1 Generalità

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato che si avvale di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.

Per tutti gli elementi prefabbricati qualificati secondo quanto previsto nei punti A oppure C del punto 11.1 del D.M. 17 gennaio 2018, si considerano assolti i requisiti procedurali di cui al deposito ai sensi dell'articolo 58 del d.P.R. 380/2001. Resta comunque l'obbligo degli adempimenti di cui al d.P.R. 380/01 presso il competente ufficio territoriale, nonché, nel caso di edifici con struttura a pannelli portanti quelli dell'articolo 56 del d.P.R. 380/2001. Ai fini dell'impiego, tali prodotti devono comunque rispettare, laddove applicabili, i seguenti punti 11.8.2, 11.8.3.4 ed 11.8.5 del citato decreto, per quanto non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate.

Per la dichiarazione delle prestazioni ed etichettatura si applicano i metodi previsti dalla norme europee armonizzate, ed in particolare:

- Metodo 1: Dichiarazione delle caratteristiche geometriche e delle proprietà del materiale.

- Metodo 2: Dichiarazione delle proprietà di prodotto, da valutarsi applicando le vigenti Appendici Nazionali agli Eurocodici;

- Metodo 3: Dichiarazione basata su una determinata specifica di progetto, per la quale si applicano le presenti norme tecniche.

In ogni caso ai fini dell'accettazione e dell'impiego, tutti i componenti o sistemi strutturali devono rispondere ai requisiti del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare i materiali base devono essere qualificati all'origine ai sensi del punto 11.1.

70.2 Documenti di accompagnamento

La Direzione dei Lavori è tenuta a rifiutare le eventuali forniture non conformi a quanto previsto dalle norme tecniche vigenti.

Oltre a quanto previsto nei punti applicabili del punto 11.1 del D.M. 17 gennaio 2018, ogni fornitura in cantiere di elementi costruttivi prefabbricati, sia di serie che occasionali, dovrà essere accompagnata da apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art. 58 del d.P.R. n. 380/2001, da consegnare alla Direzione dei Lavori dell'opera in cui detti elementi costruttivi vengono inseriti, che ne curerà la conservazione.

Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:

- a) i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera, compreso l'elenco degli elementi forniti con relativi contrassegni;

- b) apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;

- c) le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;

- d) elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego e la manutenzione dei manufatti. Tali elaborati dovranno essere consegnati dalla Direzione dei Lavori al Committente, a conclusione dell'opera;

- e) per elementi di serie qualificati, certificato di origine firmato dal fabbricante, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare il nominativo del progettista e copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale;

- f) documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art. 59 del d.P.R. n. 380/2001; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione della Direzione dei Lavori di cui all'art. 65 del d.P.R. n. 380/2001.

Prima di procedere all'accettazione dei manufatti, la Direzione dei Lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati, come prescritto dal punto 11.8.3.4 del succitato D.M.

Il fabbricante di elementi prefabbricati deve altresì fornire alla Direzione dei Lavori, e questi al Committente, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal Progettista e dal Direttore Tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- g) destinazione del prodotto;

- h) requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;

- i) prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;

- j) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;

k) tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

Nella documentazione di cui sopra il progettista deve indicare espressamente:

- le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il tipo di materiale protettivo contro la corrosione per gli apparecchi metallici di ancoraggio, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, indicazioni per il loro corretto impiego;

- se la sezione di un manufatto resistente deve essere completata in opera con getto integrativo, la resistenza richiesta;

la possibilità di impiego in ambiente aggressivo e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono.

Art. 71. DEMOLIZIONI E RIMOZIONI

Le demolizioni di murature, calcestruzzi, ecc., sia parziali che complete, devono essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da non danneggiare le residue murature, da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da evitare incomodi, danni collaterali o disturbo.

Rimane pertanto vietato di gettare dall'alto i materiali in genere, che invece devono essere trasportati o guidati in basso, e di sollevare polvere, per cui tanto le murature quanto i materiali di risulta dovranno essere opportunamente bagnati.

Nelle demolizioni e rimozioni l'Appaltatore deve inoltre provvedere alle eventuali necessarie puntellature per sostenere le parti che devono restare e disporre in modo da non deteriorare i materiali risultanti, i quali devono ancora potersi impiegare nei limiti concordati con la Direzione dei Lavori, sotto pena di rivalsa di danni a favore della Stazione Appaltante.

Le demolizioni dovranno limitarsi alle parti ed alle dimensioni prescritte. Quando, anche per mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero demolite altre parti od oltrepassati i limiti fissati, saranno pure a cura e spese dell'Appaltatore, senza alcun compenso, ricostruite e rimesse in ripristino le parti indebitamente demolite.

Tutti i materiali riutilizzabili, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, devono essere opportunamente puliti, custoditi, trasportati ed ordinati nei luoghi di deposito che verranno indicati dalla direzione stessa, usando cautele per non danneggiarli sia nella pulizia, sia nel trasporto, sia nei loro assestamenti e per evitarne la dispersione.

Detti materiali restano tutti di proprietà della Stazione Appaltante, la quale potrà ordinare all'Appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e rimozioni devono sempre dall'Appaltatore essere trasportati fuori del cantiere nei punti indicati od alle pubbliche discariche.

Art. 72. NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

72.1 NORME GENERALI

72.1.1 Generalità

La quantità dei lavori e delle provviste sarà determinata a misura, a peso, a corpo, in relazione a quanto previsto nell'elenco dei prezzi allegato.

Le misure verranno rilevate in contraddittorio in base all'effettiva esecuzione. Qualora esse risultino maggiori di quelle indicate nei grafici di progetto o di quelle ordinate dalla Direzione, le eccedenze non verranno contabilizzate. Soltanto nel caso che la Direzione dei Lavori abbia ordinato per iscritto maggiori dimensioni se ne terrà conto nella contabilizzazione.

In nessun caso saranno tollerate dimensioni minori di quelle ordinate, le quali potranno essere motivo di rifacimento a carico dell'Appaltatore. Resta sempre salva in ogni caso la possibilità di verifica e rettifica in occasione delle operazioni di collaudo.

72.1.2 Contabilizzazione dei lavori a corpo e/o a misura

La contabilizzazione dei lavori a misura sarà realizzata secondo le specificazioni date nelle norme del presente Capitolato speciale e nella descrizione delle singole voci di elenco prezzi; in caso diverso verranno utilizzate per la valutazione dei lavori le dimensioni nette delle opere eseguite rilevate in sito, senza che l'appaltatore possa far valere criteri di misurazione o coefficienti moltiplicatori che modifichino le quantità realmente poste in opera.

La contabilizzazione delle opere sarà effettuata applicando alle quantità eseguite i prezzi unitari di contratto. Nel caso di appalti aggiudicati col criterio dell'OEPV (Offerta Economicamente Più Vantaggiosa) si terrà conto di eventuali lavorazioni diverse o aggiuntive derivanti dall'offerta tecnica dell'appaltatore, contabilizzandole utilizzando i prezzi unitari relativi alle lavorazioni sostituite, come desunti dall'offerta stessa.

La contabilizzazione dei lavori a corpo sarà effettuata applicando all'importo delle opere a corpo, al netto del ribasso contrattuale, le percentuali convenzionali relative alle singole categorie di lavoro indicate in perizia, di ciascuna delle quali andrà contabilizzata la quota parte in proporzione al lavoro eseguito.

72.1.3 Lavori in economia

Nell'eventualità siano contemplate delle somme a disposizione per lavori in economia (art. 179 del d.P.R. 207/2010), tali lavori non daranno luogo ad una valutazione a misura, ma saranno inseriti nella contabilità secondo i prezzi di elenco per l'importo delle somministrazioni al netto del ribasso d'asta, per quanto riguarda i materiali. Per la mano d'opera, trasporti e noli, saranno liquidati secondo le tariffe locali vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori incrementati di spese generali ed utili e con applicazione del ribasso d'asta esclusivamente su questi ultimi due addendi.

72.1.4 Contabilizzazione delle varianti

Nel caso di variante in corso d'opera gli importi in più ed in meno sono valutati con i prezzi di progetto e soggetti al ribasso d'asta che ha determinato l'aggiudicazione della gara ovvero con i prezzi offerti dall'appaltatore nella lista in sede di gara.

Le norme di misurazione per la contabilizzazione saranno le seguenti:

72.2 Scavi in Genere

Oltre che per gli obblighi particolari emergenti dal presente articolo, con i prezzi di elenco per gli scavi in genere l'Appaltatore deve ritenere compensato per tutti gli oneri che esso dovrà incontrare:

- per taglio di piante, estirpazione di ceppaie, radici, ecc.;
- per il taglio e lo scavo con qualsiasi mezzo delle materie sia asciutte che bagnate, di qualsiasi consistenza ed anche in presenza d'acqua;
- per paleggi, innalzamento, carico, trasporto e scarico a rinterro od a rifiuto entro i limiti previsti in elenco prezzi, sistemazione della materie di rifiuto, deposito provvisorio e successiva ripresa;
- per la regolazione delle scarpate o pareti, per lo spianamento del fondo, per la formazione di gradoni, attorno e sopra le condotte di acqua od altre condotte in genere, e sopra le fognature o drenaggi secondo le sagome definitive di progetto;
- per puntellature, sbadacchiature ed armature di qualsiasi importanza e genere secondo tutte le prescrizioni contenute nel presente capitolato, comprese le composizioni, scomposizioni, estrazioni ed allontanamento, nonché sfridi, deterioramenti, perdite parziali o totali del legname o dei ferri;
- per impalcature ponti e costruzioni provvisorie, occorrenti sia per il trasporto delle materie di scavo e sia per la formazione di rilevati, per passaggi, attraversamenti, ecc.;
- per ogni altra spesa necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

La misurazione degli scavi verrà effettuata nei seguenti modi:

- il volume degli scavi di sbancamento verrà determinato con il metodo delle sezioni ragguagliate in base ai rilevamenti eseguiti in contraddittorio con l'Appaltatore, prima e dopo i relativi lavori;
- gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto della base di fondazione per la sua profondità sotto il piano degli scavi di sbancamento, ovvero del terreno naturale quando detto scavo di sbancamento non viene effettuato.

Al volume così calcolato si applicheranno i vari prezzi fissati nell'elenco per tali scavi; vale a dire che essi saranno valutati sempre come eseguiti a pareti verticali ritenendosi già compreso e compensato con il prezzo unitario di elenco ogni maggiore scavo.

Tuttavia per gli scavi di fondazione da eseguire con l'impiego di casseri, paratie o simili strutture, sarà incluso nel volume di scavo per fondazione anche lo spazio occupato dalle strutture stesse.

I prezzi di elenco, relativi agli scavi di fondazione, sono applicabili unicamente e rispettivamente ai volumi di scavo compresi fra piani orizzontali consecutivi, stabiliti per diverse profondità, nello stesso elenco dei prezzi. Pertanto la valutazione dello scavo risulterà definita per ciascuna zona, dal volume ricadente nella zona stessa e dall'applicazione ad esso del relativo prezzo di elenco.

72.3 Rilevati e Rinterri

Il volume dei rilevati sarà determinato con il metodo delle sezioni ragguagliate, in base a rilevamenti eseguiti come per gli scavi di sbancamento. I rinterri di cavi a sezione ristretta saranno valutati a metro cubo per il loro volume effettivo misurato in opera. Nei prezzi di elenco sono previsti tutti gli oneri per il trasporto dei terreni da qualsiasi distanza e per gli eventuali indennizzi a cave di prestito.

72.4 Calcestruzzi

I calcestruzzi per fondazioni, murature, volte, ecc., e le strutture costituite da getto in opera, saranno in genere pagati a metro cubo e misurati in opera in base alle dimensioni prescritte, esclusa quindi ogni eccedenza, ancorché inevitabile, dipendente dalla forma degli scavi aperti e dal modo di esecuzione dei lavori. Nei relativi prezzi, oltre agli oneri delle murature in genere, si intendono compensati tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione.

72.5 Conglomerato Cementizio Armato

Il conglomerato per opere in cemento armato di qualsiasi natura e spessore sarà valutato per il suo volume effettivo, senza detrazione del volume del ferro che verrà pagato a parte.

Quando trattasi di elementi a carattere ornamentale gettati fuori opera (pietra artificiale), la misurazione verrà effettuata in ragione del minimo parallelepipedo retto a base rettangolare circoscrivibile a ciascun pezzo, e nel relativo prezzo si deve intendere compreso, oltre che il costo dell'armatura metallica, tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione, nonché la posa in opera, sempreché non sia pagata a parte.

I casseri, le casseforme e le relative armature di sostegno, se non comprese nei prezzi di elenco del conglomerato cementizio, saranno computati separatamente con i relativi prezzi di elenco. Pertanto, per il compenso di tali opere, bisognerà attenersi a quanto previsto nell'Elenco dei Prezzi Unitari.

Nei prezzi del conglomerato sono inoltre compresi tutti gli oneri derivanti dalla formazione di palchi provvisori di servizio, dall'innalzamento dei materiali, qualunque sia l'altezza alla quale l'opera di cemento armato dovrà essere eseguita, nonché per il getto e la vibratura.

L'acciaio in barre per armature di opere di cemento armato di qualsiasi tipo nonché la rete elettrosaldata sarà valutato secondo il peso effettivo; nel prezzo oltre alla lavorazione e lo sfrido è compreso l'onere della legatura dei singoli elementi e la posa in opera dell'armatura stessa.

72.6 Trasporti

Con i prezzi dei trasporti si intende compensata anche la spesa per i materiali di consumo, la mano d'opera del conducente, e ogni altra spesa occorrente.

I mezzi di trasporto per i lavori in economia debbono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche.

La valutazione delle materie da trasportare è fatta a seconda dei casi, a volume od a peso con riferimento alla distanza.

Art. 73. ORDINE DA TENERSI NELL'ANDAMENTO DEI LAVORI

In genere l'Appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo che crederà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale, purché esso, a giudizio della direzione, non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere ed agli interessi della Stazione Appaltante.

La Stazione Appaltante si riserva in ogni modo il diritto di ordinare l'esecuzione di un determinato lavoro entro un prestabilito termine di tempo o di disporre l'ordine di esecuzione dei lavori nel modo che riterrà più conveniente, specialmente in relazione alle esigenze dipendenti dalla esecuzione di opere ed alla consegna delle forniture escluse dall'appalto, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi o farne oggetto di richiesta di speciali compensi.

L'Appaltatore presenterà alla Direzione dei Lavori per l'approvazione, prima dell'inizio lavori (e anticipando tale scadenza di un lasso temporale adeguato all'espletamento degli obblighi di cui al d.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i.), il programma esecutivo, secondo il comma 10, art. 43 del d.P.R. n. 207/2010, in accordo col programma di cui all'art. 21 del d.lgs. n. 50/2016 e s.m.i.

Art. 74. CARATTERISTICHE STRUTTURALI

74.1 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di una struttura in c.a. interrata di zavorramento delle vasche di compensazione, costituita da platea e pareti di sp.30cm.

74.2 STRUTTURE IN C.A.

Per quanto riguarda le strutture dei zavorramenti delle vasche di compensazione, saranno costituite da platea in c.a. di spessore 30 cm e muri in c.a. di spessore 30 cm

74.3 PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Relativamente alle strutture, si prevede l'utilizzo dei seguenti materiali:

CALCESTRUZZO PER TRAVI DI FONDAZIONE E ZAVORRAMENTO VASCHE DI COMPENSAZIONE

Classe di resistenza (N/mm²): C25/30

Classe di esposizione ambientale

(UNI EN 206 - UNI 11104): XC2

Dimensione massima degli aggregati d=32mm

Classe di consistenza S4

Rapporto acqua/cemento <0.60

Contenuto minimo di cemento Portland 42.5: >300Kg/mc

CALCESTRUZZO PER MURETTI E SOLETTA VASCA

Classe di resistenza (N/mm²): C32/40

Classe di esposizione ambientale

(UNI EN 206 - UNI 11104): XC4-CS1

Dimensione massima degli aggregati d=20mm

Classe di consistenza S5

Rapporto acqua/cemento <0.50

Contenuto minimo di cemento Portland 42.5: >340Kg/mc

ACCIAIO IN BARRE PER C.A. E RETI ELETTROSALDATE

Acciaio tipo B450C impiegabile anche come FeB44K

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq f_{ynom} = 450 \text{ N/mm}^2$

Settore Lavori Pubblici - Espropri - Demanio - Ambiente - Servizi Tecnici

Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} \geq f_{tnom} = 540 \text{ N/mm}^2$

Allungamento (Agt) $k \geq 7.5\%$ (frattile 10%) Allungamento (Agt) $k \geq 7.5\%$ (frattile 10%).

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Acciaio tipo S275 JR

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} \geq f_{ynom} = 275 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura $f_{tk} \geq f_{tnom} = 430 \text{ N/mm}^2$

Copriferri

Con riferimento al D.M. 17/01/2018 si definiscono i copriferri minimi al fine di garantire i requisiti di durabilità; si è considerato inoltre il D.M. del 09/03/2007 per quanto riguarda le prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni. Il copriferro, secondo la definizione fornita al punto 4.1.6.1.3 della suddetta norma, è la distanza tra la superficie più prossima alla superficie del cls e la superficie stessa del cls.

IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE PUBBLICA

Art. 75. LEGGI E REGOLAMENTI

L'esecuzione degli impianti di illuminazione pubblica deve rispondere a tutte le norme di legge e di regolamento vigenti con particolare riferimento alle seguenti:

a) Disposizioni legislative di sicurezza

- | | |
|---------------------------|---|
| D.Lgs n° 81 del 09/04/08 | Attuazione Legge n°123 del 03/08/07 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (testo unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro) |
| D.Lgs n° 106 del 03/08/09 | Disposizioni integrative e correttive del D.Lgs n° 81/08 |

b) Disposizioni legislative per l'impiantistica

- | | |
|----------------------------|--|
| Legge n° 186 del 01/03/68 | Disposizioni concernenti la produzione di apparecchiature, materiali, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici |
| Legge n° 791 del 18/10/77 | Attuazione delle direttive del consiglio della Comunità Europea (n° 72/23/CEE) relative alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico |
| D.P.R. n° 462 del 22/10/01 | Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi |
| D.M. n° 79 del 21/03/84 | Approvazione delle norme tecniche per la progettazione e l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne |
| D.M. n° 37 del 22/01/08 | Riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici |

c) Altro

- | | |
|--------------------|--|
| Decreto 27/09/2017 | Criteri Ambientali Minimi, per l'acquisizione di sorgenti luminose per illuminazione pubblica, l'acquisizione di apparecchi per illuminazione pubblica, l'affidamento del servizio di progettazione di impianti per illuminazione pubblica |
|--------------------|--|

d) Disposizioni locali

- | | |
|---------------------------------|---|
| Legge Regionale n° 19/2003 | Norme in materia di riduzione dell'inquinamento luminoso e di risparmio energetico e s.m.i. |
| Disposizioni ENEL, TELECOM | |
| Prescrizioni Tecniche HERA LUCE | |

75.1 NORMATIVE

L'esecuzione degli impianti di illuminazione pubblica deve rispondere alle norme vigenti con particolare riferimento alle seguenti:

a) Normative impianti elettrici CEI

Tutte le norme CEI ultima edizione e successive integrazioni con particolare riferimento a:

- | | |
|------------|---|
| CEI 11-17 | Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo |
| CEI 11-27 | Lavori su impianti elettrici |
| CEI 11-48 | Esercizio degli impianti elettrici |
| CEI 17-5/2 | Apparecchiature a bassa tensione. Interruttori automatici |

| | |
|------------------|--|
| CEI 17-13/1 | Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Apparecchiature soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature parzialmente soggette a prove di tipo (ANS) |
| CEI 20-13 | Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 kV a 30 kV |
| CEI 20-14 | Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV |
| CEI 23-3/1 | Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari. Interruttori automatici per funzionamento in corrente alternata |
| CEI 23-42 | Interruttori differenziali senza sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche o similari |
| CEI 23-44 | Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari. Prescrizioni generali |
| CEI 23-46 | Sistemi di canalizzazione per cavi. Sistemi di tubi. Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati |
| CEI 23-48 | Scatole e involucri per apparecchi elettrici per installazioni elettriche fisse per usi domestici e similari. Prescrizioni generali |
| CEI 23-51 | Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare |
| CEI 20-40 | Guida per l'uso di cavi a bassa tensione |
| CEI 20-67 | Guida per l'uso di cavi 0,6/1 kV |
| CEI 32-1 | Fusibili a tensione non superiore a 1000V per corrente alternata e 1500V per corrente continua |
| CEI 34-21 | Apparecchi di illuminazione. Prescrizioni generali e prove |
| CEI 34-24 | Lampade a vapori di sodio ad alta pressione |
| CEI 34-30 | Apparecchi di illuminazione. Prescrizioni particolari. Proiettori |
| CEI 34-33 | Apparecchi di illuminazione. Prescrizioni particolari. Apparecchi per illuminazione stradale |
| CEI 34-63 | Ausiliari per lampade. Prescrizioni generali e di sicurezza |
| CEI 34-64 | Condensatori per uso in circuiti con lampade fluorescenti ed altre lampade a scarica |
| CEI 34-90 | Unità di alimentazione di lampada. Prescrizioni generali e di sicurezza |
| CEI 64-8 | Impianti elettrici utilizzatori a tensione non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua |
| CEI 70-1 | Gradi di protezione degli involucri (Codici IP) |
| CEI 81-1 | Protezione delle strutture contro i fulmini |
| CEI UNEL 00722 | Identificazione delle anime dei cavi |
| CEI UNEL 35024/1 | Cavi elettrici. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria |
| CEI UNEL 35026 | Cavi elettrici. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata |

b) Normative illuminotecniche e meccaniche UNI

Le norme UNI ultima edizione e successive integrazioni con particolare riferimento a :

| | |
|-------------|--|
| UNI 11248 | Illuminazione stradale. Selezione delle categorie illuminotecniche |
| UNI 13201-2 | Illuminazione stradale. Requisiti prestazionali |
| UNI 13201-3 | Illuminazione stradale. Calcolo delle prestazioni |
| UNI EN 40-2 | Pali per illuminazione pubblica. Requisiti generali e dimensioni |
| UNI EN 40-5 | Pali per illuminazione pubblica. Specifiche per pali per illuminazione pubblica di acciaio |

c) Guide e raccomandazioni

| | |
|------|--|
| AIDI | Raccomandazioni per l'illuminazione pubblica |
|------|--|

| | |
|---------|---|
| CIE 126 | Guidelines for minimizing sky glow |
| CIE 115 | Recommendaions for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic |
| CIE 136 | Guide to the of urban areas |

Art. 76. OBBLIGHI

76.1 CAPACITÀ TECNICO-PROFESSIONALI PER L'INSTALLAZIONE DI SORGENTI E APPARECCHI DI ILLUMINAZIONE

L'Appaltatore deve essere capace di effettuare l'installazione degli apparecchi di illuminazione a regola d'arte e in modo da arrecare il minore impatto possibile all'ambiente, attraverso l'impiego di personale adeguatamente formato. In particolare il personale addetto all'installazione, oltre alla conoscenza del funzionamento e delle caratteristiche degli apparecchi di illuminazione da installare, dei sistemi di regolazione del flusso luminoso e delle norme di sicurezza relative all'installazione, deve conoscere le norme in materia di gestione dei rifiuti.

L'Appaltatore deve dimostrare il soddisfacimento del criterio mediante idonea documentazione attestante la qualificazione del personale che effettuerà l'installazione (certificazioni, attestazioni, ecc.).

76.2 DIRITTI UMANI E CONDIZIONI DI LAVORO

L'Appaltatore deve rispettare i principi di responsabilità sociale assumendo impegni relativi alla conformità a standard sociali minimi e al monitoraggio degli stessi.

L'appaltatore deve aver applicato le Linee Guida adottate con DM 6 giugno 2012 "Guida per l'integrazione degli aspetti sociali negli appalti pubblici", volta a favorire il rispetto di standard sociali riconosciuti a livello internazionale e definiti da alcune Convenzioni internazionali:

- le otto Convenzioni fondamentali dell'ILO n. 29, 87,98, 100,105, 111, 138 e 182;
- la Convenzione ILO n. 155 sulla salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro;
- la Convenzione ILO n. 131 sulla definizione del "salario minimo";
- la Convenzione ILO n. 1 sulla durata del lavoro (industria);
- la Convenzione ILO n. 102 sulla sicurezza sociale (norma minima);
- la "Dichiarazione Universale dei Diritti Umani";
- art. n. 32 della "Convenzione sui Diritti del Fanciullo".

L'offerente può dimostrare la conformità al criterio presentando la documentazione delle etichette che dimostrino il rispetto dei diritti oggetto delle Convenzioni internazionali dell'ILO sopra richiamate, lungo la catena di fornitura, quale la certificazione SA 8000:2014 o equivalente, (quali, ad esempio, la certificazione BSCI, la Social Footprint), in alternativa, devono dimostrare di aver dato seguito a quanto indicato nella Linea Guida adottata con DM 6 giugno 2012 "Guida per l'integrazione degli aspetti sociali negli appalti pubblici". Tale linea guida prevede la realizzazione di un "dialogo strutturato" lungo la catena di fornitura attraverso l'invio di questionari volti a raccogliere informazioni in merito alle condizioni di lavoro, con particolare riguardo al rispetto dei profili specifici contenuti nelle citate convenzioni, da parte dei fornitori e subfornitori.

L'efficace attuazione di modelli organizzativi e gestionali adeguati a prevenire condotte irresponsabili contro la personalità individuale e condotte di intermediazione illecita o sfruttamento del lavoro si può dimostrare anche attraverso la delibera, da parte dell'organo di controllo, di adozione dei modelli organizzativi e gestionali ai sensi del d.lgs. 231/01, assieme a:

- ✓ presenza della valutazione dei rischi in merito alle condotte di cui all'art. 25quinquies del d.lgs. 231/01 e art. 603 bis del codice penale e legge 199/2016;
- ✓ nomina di un organismo di vigilanza, di cui all'art. 6 del d.lgs. 231/01;

- ✓ conservazione della sua relazione annuale, contenente paragrafi relativi ad audit e controlli in materia di prevenzione dei delitti contro la personalità individuale e intermediazione illecita e sfruttamento del lavoro (o caporalato).

Art. 77. SPECIFICHE DEI MATERIALI E COMPONENTI

Tutti i materiali, apparecchiature, installazioni ed impianti debbono essere realizzati in conformità alle norme CEI e UNEL. L'impresa dovrà attenersi nella fornitura dei materiali ai tipi indicati e previsti nel progetto approvato; qualora la Direzione Lavori giudicasse qualsiasi provvista non idonea ai lavori, l'impresa dovrà sostituirla con altra che rimanga conforme al progetto e risponda ai requisiti voluti.

Ai sensi dell'art. 2 della legge n° 791 del 18/10/1977 non potrà essere utilizzato materiale elettrico che non sia stato costruito a regola d'arte in materia di sicurezza e sul quale non sia stata rilasciata certificazione ai sensi dell'art. 11 della direttiva 73/23/CEE e s.m.i..

77.1 SORGENTI LUMINOSE

L'appaltatore deve dimostrare il soddisfacimento dei parametri nel seguito indicati mediante mezzi di prova appropriati (qualche scheda tecnica o altra documentazione tecnica del fabbricante ove non possibile una relazione di prova di un organismo riconosciuto) indicando le metodologie di prova, che devono essere conformi a quanto indicato nelle specifiche norme EN di pertinenza e/o le astrazioni statistiche impiegate.

I rapporti di prova devono essere emessi da organismi di valutazione della conformità (laboratori) accreditati o che operano sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente.

L'appaltatore deve fornire una dichiarazione del proprio legale rappresentante o persona delegata per tale responsabilità attestante che il rapporto di prova si riferisce ad un campione tipico della fornitura e che indica le tolleranze di costruzione o di fornitura per tutti i parametri considerati.

Nel caso in cui non esista un test di prova standardizzato (UNI, EN, ISO) il richiedente deve fornire evidenze ottenute da organismi di valutazione della conformità (laboratori), accreditati per lo stesso settore o per settori affini o che operano sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente, applicando un metodo di prova interno e il metodo utilizzato deve essere descritto in dettaglio (metodo di campionamento, limiti di rilevazione, campo di misura, incertezza di misura, ecc.) in modo da rendere possibile la verifica dell'esattezza e affidabilità del metodo adottato.

Efficienza luminosa e indice di posizionamento cromatico dei moduli LED

I moduli LED devono raggiungere, alla potenza nominale di alimentazione (ovvero la potenza assorbita dal solo modulo LED), le seguenti caratteristiche:

| Efficienza luminosa del modulo completo di sistema ottico [lm/W] | Efficienza luminosa del modulo senza sistema ottico [lm/W] |
|---|---|
| ≥ 95 | ≥ 110 |

Inoltre, per evitare effetti cromatici indesiderati, nel caso di moduli a luce bianca ($R_a > 60$), i diodi utilizzati all'interno dello stesso modulo LED devono rispettare una o entrambe le seguenti specifiche:

- a) una variazione massima di cromaticità pari a $\Delta u'v' \leq 0,004$, misurata dal punto cromatico medio ponderato sul diagramma CIE 1976;
- b) una variazione massima pari o inferiore a un'ellisse di MacAdam a 5-step sul diagramma CIE 1931.

Le misure debbono essere effettuate secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 13032-4 ed essere conformi alla normativa specifica del settore quale EN 62717.

Fattore di mantenimento del flusso luminoso e tasso di guasto dei moduli LED

Per ottimizzare i costi di manutenzione, i moduli LED debbono presentare, coerentemente con le indicazioni fornite dalla norma EN 62717 e s.m.i., alla temperatura di funzionamento e alla corrente di alimentazione più elevate (condizioni più gravose), le seguenti caratteristiche:

| Fattore di mantenimento del flusso luminoso | Tasso di guasto (%) |
|--|--------------------------------------|
| L80 per 60.000 h di funzionamento | B10 per 60.000 h di funzionamento |

dove:

L80 = flusso luminoso nominale maggiore o uguale all'80% del flusso luminoso nominale iniziale;

B10 = tasso di guasto inferiore o uguale al 10%.

Rendimento degli alimentatori per moduli LED

Gli alimentatori per moduli LED devono avere le seguenti caratteristiche:

| Potenza nominale del modulo P[W] | Rendimento dell'alimentatore (%) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| $P \leq 10$ | ≥ 70 |
| $10 < P \leq 25$ | ≥ 75 |
| $25 < P \leq 50$ | ≥ 83 |
| $50 < P \leq 60$ | ≥ 86 |
| $60 < P \leq 100$ | ≥ 88 |
| $P > 100$ | ≥ 90 |

Informazioni ulteriori sugli alimentatori

L'appaltatore deve fornire per gli alimentatori le seguenti informazioni:

- dati tecnici essenziali: marca, modello, dimensioni, tensione in ingresso, frequenza in ingresso, corrente in ingresso e rendimento nominale. Per gli apparecchi a scarica dovranno essere indicate anche le lampade compatibili,
- fattore di potenza per ogni valore di corrente previsto,
- lunghezza massima del cablaggio in uscita,
- temperatura di funzionamento,
- temperatura del contenitore - case temperature t_c ,
- temperatura ambiente o il campo di variazione della temperatura (minima e massima),
- eventuali valori di dimensionamento oltre ai valori previsti dalle norme per l'immunità, rispetto alle sollecitazioni derivanti dalla rete di alimentazione,
- per alimentatori dimmerabili: campo di regolazione del flusso luminoso, relativa potenza assorbita e fattore di potenza per ogni valore di corrente previsto,
- per alimentatori telecomandati: soppressione RFI e armoniche sulla rete, protocollo e tipologia di comunicazione.

Informazioni relative a installazione, manutenzione e rimozione

L'appaltatore deve fornire, per ogni tipo di lampada a scarica ad alta intensità/modulo LED, oltre a quanto richiesto da:

- Regolamento 245/2009 CE, allegato III punto 1.3 come modificato dal Regolamento (CE) n. 347/2012 (unicamente per lampade a scarica),
- Regolamento UE 1428/2015 del 25 agosto 2015 che modifica il regolamento (CE) n. 244/2009 della Commissione in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile delle lampade non direzionali per uso domestico e il regolamento (CE) n. 245/2009 della Commissione per quanto riguarda le specifiche per la progettazione ecocompatibile di lampade fluorescenti senza alimentatore integrato, lampade a scarica ad alta intensità e di alimentatori e apparecchi di illuminazione in grado di far funzionare tali lampade, e che abroga la direttiva 2000/55/CE del

Parlamento europeo e del Consiglio e il regolamento (UE) n. 1194/2012 della Commissione in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile delle lampade direzionali, delle lampade con diodi a emissione luminosa e delle pertinenti apparecchiature.

- Regolamento 1194/2012 UE, tabella 5 più Tabelle 1 e 2 e s. m. e i. (per sistemi LED direzionali),
- normativa specifica, quale EN 62717 (unicamente per moduli LED),

almeno le seguenti informazioni:

- a) istruzioni per installazione ed uso corretti,
- b) istruzioni di manutenzione per assicurare che la lampada/il modulo LED conservi, per quanto possibile, le sue caratteristiche iniziali per tutta la durata di vita,
- c) istruzioni per la corretta rimozione e smaltimento.

L'appaltatore deve fornire, per ogni tipo di alimentatore, anche le seguenti informazioni:

- d) istruzioni per installazione ed uso corretti,
- e) istruzioni di manutenzione,
- f) istruzioni per la corretta rimozione e smaltimento.

Gestione dei rifiuti elettrici ed elettronici

L'appaltatore deve garantire la raccolta, il trasporto, il trattamento adeguato, il recupero e lo smaltimento ambientalmente compatibile delle sorgenti luminose, classificate come RAEE professionali secondo quanto previsto dagli artt. 13 e 24 del D.Lgs. 14 marzo 2014, n. 49, dal D.Lgs 152/2006 e s.m.i.

Ove richiesto, l'appaltatore deve assicurare anche il ritiro ed il trattamento a norma di legge di RAEE storici esistenti presso la stazione appaltante.

Riguardo al ritiro dei rifiuti di pile e accumulatori, l'offerente si impegna ad osservare le disposizioni di cui al D.Lgs. 188/2008 e s.m.i.

La verifica del mantenimento dell'impegno avviene in corso di contratto.

Garanzia

L'appaltatore deve fornire garanzia totale, per tutti i prodotti, valida per almeno 3 anni, a partire dalla data di consegna all'Amministrazione, nelle condizioni di progetto, esclusi atti vandalici, danni accidentali o altre condizioni eventualmente definite nel contratto.

Nel caso di moduli LED il periodo di garanzia di cui sopra è di 5 anni.

Nel caso di alimentatori (di qualsiasi tipo) il periodo di garanzia di cui sopra è di 5 anni.

Le condizioni generali di garanzia debbono essere definite dall'Amministrazione coerentemente con le proprie aspettative ed esigenze.

77.2 APPARECCHI ILLUMINANTI

Riferimenti normativi

- CEI EN 60598-1
- CEI EN 60598-2-3
- EN 55015 EMC
- EN 61547 EMC
- EN 61000-3-2/3
- EN 62471

Generalità

La tipologia degli apparecchi di illuminazione da installare dovrà essere sottoposta alla valutazione del competente ufficio dell'Amministrazione Comunale, in sede di richiesta di parere. Se gli apparecchi di illuminazione proposti fossero ritenuti inadeguati per le aree di installazione o con caratteristiche non idonee ai fini della manutenzione, potrà essere richiesto dall'Amministrazione Comunale di individuare ulteriori modelli.

Gli apparecchi luminosi dovranno essere a emissione diretta, con sorgenti luminose a LED ad alte prestazioni. Il palo $\varnothing 60\text{mm}$ con attacco $\varnothing 35 \times 120\text{mm}$ dovrà avere la finitura di colore scelta dalla DL ed in particolare dovrà essere bianco (RAL a scelta della DL) e dovrà essere composto da alloggiamento ottico e supporto per l'installazione polare. Custodia ottica in alluminio estruso EN-AW-6060, cromato trattato e verniciato con trattamento esterno a 3 stadi: nanotecnologie, primer antiossidante, vernice poliestere e quanto serve per garantire la resistenza in ambiente salino/marino. Diffusore resistente ai raggi UV in policarbonato resistente agli urti. Ottica asimmetrica ad alta efficienza e supporto per custodia ottica in polimeri rinforzati color massa ad alta resistenza.

Gli apparecchi di illuminazione dovranno essere con ottica totalmente schermata (o di tipo "cut-off"), comunque in piena rispondenza ai requisiti di riduzione dell'inquinamento luminoso definiti dalla Legge n° 19 del 29 Settembre 2003 della Regione Emilia Romagna, con i seguenti requisiti tecnici:

- ✓ cablaggio eseguito in doppio isolamento (classe Li) con materiale contrassegnato da marchio IMQ e condensatore di rifasamento per un fattore di potenza di 0,9;
- ✓ grado di protezione caratteristico atto a garantire una adeguata protezione alla penetrazione di corpi solidi e liquidi, come riportato dalle norme CEI 64-8 e 70-1: in particolare si indica come IP65 il valore minimo per posizioni direttamente esposte all'acqua, mentre IP54 come valore minimo per posizioni non direttamente esposte all'acqua (sorgenti "internalizzate"); i suddetti gradi di protezione valgono sia per il vano ottico che per il vano ausiliari elettrici;
- ✓ telaio/corpo in materiale metallico (preferibilmente alluminio), con trattamenti di protezione in accordo con le normative vigenti in merito a verniciatura e corrosione;
- ✓ i corpi illuminanti dovranno garantire facilità di apertura e chiusura, con cerniere/ganci per agevolare gli interventi di manutenzione;
- ✓ i riflettori devono essere adeguati alla forma ed alla dimensione della sorgente luminosa installata nell'apparecchio di illuminazione, costituiti da materiali e trattamenti che garantiscono, mediante purezza di materiale, elevato rendimento ottico;
- ✓ i vetri/schermi di chiusura devono essere in materiale resistente agli urti (secondo indice IK dichiarato dalla casa costruttrice), alla temperatura di funzionamento in relazione agli effetti della sorgente luminosa installata e delle condizioni atmosferiche, evitare ingiallimento dovuto alle radiazioni ultraviolette;
- ✓ le ottiche e i vetri/schermi di chiusura dovranno essere in conformità alle disposizioni legislative in materia di inquinamento luminoso (non sono consentite chiusure prismatiche o quant'altro difforme dalle prescrizioni delle leggi in materia);
- ✓ la messa in opera delle armature deve essere fatta ad altezza da terra superiore a 4,50 m; le installazioni ad altezze inferiori devono essere protette contro gli atti vandalici e/o i furti, in particolare nei sottopassi pedonali il vetro di protezione deve avere uno spessore non inferiore a 2 cm;
- ✓ l'inclinazione del rifrattore rispetto al piano strada, non deve superare i 5°.

Nel caso in cui l'intervento di progetto interessi zone o edifici sottoposti al parere di Soprintendenza o altri Enti ed Uffici sarà cura del progettista incaricato acquisire le relative autorizzazioni per l'installazione, la scelta degli apparecchi di illuminazione con le soluzioni più idonee.

I produttori devono quindi rilasciare la dichiarazione di conformità alla Legge n° 19 del 29 Settembre 2003 della Regione Emilia Romagna delle loro apparecchiature e devono inoltre allegare, le raccomandazioni di uso corretto. La documentazione tecnica dovrà comprendere la misurazione fotometrica dell'apparecchio, effettuata secondo le norme in vigore, sia in forma tabellare numerica su supporto cartaceo che sotto forma di file standard in formato "Eulmdat".

Tale documentazione dovrà specificare tra l'altro:

- temperatura ambiente durante la misurazione;
- tensione e frequenza di alimentazione della lampada;
- norma di riferimento utilizzata per la misurazione;

- identificazione del laboratorio di misura;
- specifica della lampada (sorgente luminosa) utilizzata per la prova;
- nome del responsabile tecnico di laboratorio;
- corretta posizione dell'apparecchio durante la misurazione;
- tipo di apparecchiatura utilizzata per la misura e classe di precisione.

Questi dati devono essere accompagnati da una dichiarazione sottoscritta dal responsabile tecnico di laboratorio che attesti la veridicità della misura. Gli apparecchi devono inoltre essere forniti della seguente ulteriore documentazione:

- angolo di inclinazione rispetto al piano orizzontale a cui deve essere montato l'apparecchio;
- diagramma di illuminamento orizzontale (curve isolux) riferite a 1000 lm;
- diagramma del fattore di utilizzazione;
- classificazione dell'apparecchio agli effetti dell'abbagliamento con l'indicazione delle intensità luminose emesse rispettivamente a 90° ed a 80° rispetto alla verticale e la direzione dell'intensità luminosa massima sempre rispetto alla verticale.

Tutti gli apparecchi forniti devono essere provvisti della marcatura CE prevista dalle direttive comunitarie. Il prodotto deve essere certificato da un ente parte terza (ENEC o Marchio nazionale Europeo equivalente).

Il Fornitore è tenuto a dimostrare la conformità alle caratteristiche ambientali minime prescritte secondo le modalità previste dall'Allegato al Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 27 settembre 2017 (G.U. n. 244 del 18 ottobre 2017) e s.m.i. che definisce i Criteri Ambientali Minimi per l'illuminazione pubblica. E' altresì accettato qualsiasi altro mezzo di prova appropriato, quale una documentazione tecnica del fabbricante o un rapporto di prova di un organismo riconosciuto.

Tutti gli apparecchi di illuminazione forniti devono garantire la protezione contro i contatti diretti e indiretti.

Devono inoltre disporre di protezioni reversibili automatiche contro surriscaldamento, sovraccarico e corto circuiti.

Di seguito si elenca la specifica normativa di riferimento per le singole componenti dell'impianto da tener in considerazione:

| | |
|--|--|
| reattori, unità di alimentazione e alimentatori: | EN 61347-1 (e con le relative parti seconde) e EN 60921, EN 60923, EN 60929, EN 62384; |
| condensatori di rifasamento: | EN 61048; EN 61049; |
| accenditori: | EN 61347-2-1 e EN 60927; |
| portalampade: | EN 60238 o EN 60400 o EN 60838-1; |
| cavi utilizzati per il cablaggio interno: | isolamento corrispondente alla classe II secondo la norma CEI EN 60598-1. |

La protezione contro la corrosione deve essere realizzata tramite materiali adeguati ed atta ad evitare la corrosione elettrochimica.

Nella scelta dei componenti come viti, ecc. si deve tenere conto della serie elettrochimica degli elementi.

Tutte le guarnizioni devono essere realizzate in materiale sintetico resistente all'invecchiamento.

Lo schermo di protezione della sorgente luminosa, deve essere resistente agli urti ed alle variazioni termiche e fissato al corpo ed al blocco ottico con materiali in grado di garantire le proprie caratteristiche meccaniche per tutta la durata del periodo di vita dell'apparecchio.

Gli eventuali componenti esterni realizzati in materiale plastico o fibre sintetiche devono essere robusti e non propaganti la fiamma e non mutare nel tempo la forma o l'aspetto superficiale.

L'installazione deve poter avvenire agevolmente e tutte le parti devono essere realizzate in modo da garantire una corretta manovrabilità. Deve inoltre essere garantita una corretta accessibilità e manovrabilità dei dispositivi di serraggio al sostegno per consentire una installazione in condizioni agevoli e di sicurezza.

La piastra di cablaggio deve essere estraibile o comunque sostituibile in maniera tale da poter intervenire con operazioni di facile smontaggio/rimontaggio eseguibili in quota.

La resistenza meccanica degli involucri deve poter garantire che le parti apribili resistano a urti e sollecitazioni anche elevati e al contempo un'adeguata dissipazione del calore.

Gli apparecchi e tutti gli accessori non devono avere parti taglienti o spigoli che possano rappresentare un pericolo durante l'installazione, l'uso normale e la manutenzione.

Gli apparecchi di illuminazione devono avere almeno le seguenti caratteristiche:

| Proprietà dell'apparecchio di illuminazione | Valori minimi | | | | | |
|---|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | tipo 1 | tipo 2 | tipo 3 | tipo 4 | tipo 5 | tipo 6 |
| grado di protezione vano ottico | IP 65 | IP 55 | IP 55 | IP 55 | IP 55 | IP 55 |
| grado di protezione vano cablaggi | IP 55 | IP 55 | IP 55 | IP 55 | IP 43 | IP 55 |
| categoria di intensità luminosa | $\geq G^*2$ | $\geq G^*2$ | $\geq G^*2$ | $\geq G^*3$ | $\geq G^*2$ | - |
| resistenza agli urti (vano ottico) | IK 06 | IK 06 | IK 07 | IK 07 | - | - |
| resistenza alle sovratensioni | 4 kV | 4 kV | 4 kV | 4 kV | 4 kV | 4 kV |

dove:

tipo 1 = apparecchi di illuminazione stradale;

tipo 2 = apparecchi di illuminazione di grandi aree, rotatorie, parcheggi;

tipo 3 = apparecchi di illuminazione di aree e percorsi pedonali, percorsi ciclabili, aree ciclo-pedonali;

tipo 4 = apparecchi di illuminazione aree verdi;

tipo 5 = apparecchi di illuminazione di centro storico con apparecchi di illuminazione artistici;

tipo 6 = altri apparecchi di illuminazione.

Prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione

Con riferimento alla tabella che segue, gli apparecchi d'illuminazione debbono avere l'indice IPEA* maggiore o uguale a quello della classe A.

| Classe energetica degli apparecchi illuminanti | Intervalli di classificazione energetica |
|--|--|
| An+ | $IPEA^* \geq 1,10 + (0,10 \times n)$ |
| A++ | $1,30 \leq IPEA^* < 1,40$ |
| A+ | $1,20 \leq IPEA^* < 1,30$ |
| A | $1,10 \leq IPEA^* < 1,20$ |
| B | $1,00 \leq IPEA^* < 1,10$ |
| C | $0,85 \leq IPEA^* < 1,00$ |
| D | $0,70 \leq IPEA^* < 0,85$ |
| E | $0,55 \leq IPEA^* < 0,70$ |
| F | $0,40 \leq IPEA^* < 0,55$ |
| G | $IPEA^* < 0,40$ |

L'indice IPEA* che viene utilizzato per indicare la prestazione energetica degli apparecchi di illuminazione è definito come segue:

$$IPEA^* = \eta_a / \eta_r$$

con η_a = efficienza globale dell'apparecchio di illuminazione, che si calcola come segue:

$$\eta_a = \Phi_{app}^* D_{ff} / P_{app} [lm/W]$$

dove Φ_{app} [lm] è il flusso luminoso nominale iniziale emesso dall'apparecchio di illuminazione nelle condizioni di utilizzo di progetto e a piena potenza;

D_{ff} è la frazione del flusso emesso dall'apparecchio di illuminazione rivolta verso la semisfera inferiore dell'orizzonte (calcolata come rapporto fra flusso luminoso diretto verso la semisfera inferiore e flusso luminoso totale emesso), cioè al di sotto dell'angolo di 90° ;

P_{app} [W] è la potenza attiva totale assorbita dall'apparecchio di illuminazione intesa come somma delle potenze assorbite dalle sorgenti e dalle componenti presenti all'interno dello stesso apparecchio di illuminazione (accenditore, alimentatore/reattore, condensatore, ecc.); tale potenza è quella che l'apparecchio di illuminazione assorbe dalla linea elettrica durante il suo normale funzionamento a piena potenza (comprensiva quindi di ogni apparecchiatura in grado di assorbire potenza elettrica dalla rete).

e con η_r = efficienza globale di riferimento, i cui valori sono riportati, in funzione del tipo di apparecchio di illuminazione, nelle tabelle che seguono:

| Potenza nominale apparecchi $P[W]$ | Efficienza globale di riferimento η_r [lm/W] | | | | | |
|--|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| | tipo 1 | tipo 2 | tipo 3 | tipo 4 | tipo 5 | tipo 6 |
| $P \leq 65$ | 73 | 70 | 70 | 75 | 60 | 70 |
| $65 < P \leq 85$ | 75 | 70 | 70 | 80 | 60 | 70 |
| $85 < P \leq 115$ | 83 | 70 | 70 | 85 | 65 | 70 |
| $115 < P \leq 175$ | 90 | 72 | 72 | 88 | 65 | 72 |
| $175 < P \leq 285$ | 98 | 75 | 75 | 90 | 70 | 75 |
| $285 < P \leq 450$ | 100 | 80 | 80 | 92 | 70 | 80 |
| $P > 450$ | 100 | 83 | 83 | 92 | 75 | 83 |

dove:

tipo 1 = apparecchi di illuminazione stradale;

tipo 2 = apparecchi di illuminazione di grandi aree, rotatorie, parcheggi;

tipo 3 = apparecchi di illuminazione di aree e percorsi pedonali, percorsi ciclabili, aree ciclo-pedonali;

tipo 4 = apparecchi di illuminazione aree verdi;

tipo 5 = apparecchi di illuminazione di centro storico con apparecchi di illuminazione artistici;

tipo 6 = altri apparecchi di illuminazione.

L'appaltatore deve dimostrare il soddisfacimento del criterio mediante una relazione scritta del produttore in cui sia descritta in sintesi la tipologia dell'apparecchio di illuminazione e siano indicati i relativi valori di IPEA* e di efficienza globale dell'apparecchio di illuminazione, corredata dalla pertinente documentazione tecnica fornita dalle case costruttrici, importatrici e fornitrici.

Flusso luminoso emesso dagli apparecchi di illuminazione

Gli apparecchi di illuminazione devono essere scelti ed installati in modo da assicurare che il flusso luminoso eventualmente emesso al di sopra dell'orizzonte rispetti i limiti indicati all'art. 4, comma 1, lettera b), punto I della D.G.R. Emilia Romagna 1732/2015 ovvero che gli apparecchi di illuminazione non emettano luce verso l'alto, cioè possano dimostrare di avere nella loro posizione di installazione, per almeno $\gamma \geq 90^\circ$, un'intensità luminosa massima compresa tra 0,00 e 0,49 cd/klm.

A tale scopo devono essere allegate al Progetto illuminotecnico le misurazioni fotometriche dell'apparecchio sotto forma di file normalizzato, tipo il formato commerciale "Eulumdat" o analogo verificabile ed emesso in regime di sistema di qualità aziendale certificato o rilasciato da Ente terzo quale IMQ; le stesse devono riportare inoltre l'identificazione del laboratorio di misura, il nominativo del Responsabile tecnico e la sua dichiarazione circa la veridicità delle misure.

Sistema di regolazione del flusso luminoso

Il sistema di regolazione del flusso luminoso, ogniqualevolta possibile in relazione alle condizioni di sicurezza dell'utente, deve essere conforme a quanto di seguito indicato:

- a) essere posto all'interno dell'apparecchio di illuminazione,
- b) funzionare in modo autonomo, senza l'utilizzo di cavi aggiuntivi lungo l'impianto di alimentazione.

I regolatori di flusso luminoso devono rispettare le seguenti caratteristiche (rif. norma UNI 11431:2011 Luce e illuminazione - Applicazione in ambito stradale dei dispositivi regolatori di flusso luminoso):

- classe di regolazione = A1

per i soli regolatori centralizzati di tensione:

- classe di rendimento: R1;
- classe di carico: L1;
- classe di stabilizzazione: Y1;

L'appaltatore deve dimostrare il soddisfacimento del criterio mediante un mezzo di prova appropriato (quale una scheda tecnica del sistema di regolazione, altra documentazione tecnica del fabbricante ove non possibile una relazione di prova di un organismo riconosciuto) indicando le metodologie di prova e/o le astrazioni statistiche impiegate in accordo con quanto previsto dalla norma UNI 11431.

I rapporti di prova devono essere emessi da organismi di valutazione della conformità (laboratori) accreditati o che operano sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente.

L'appaltatore deve fornire una dichiarazione del proprio legale rappresentante o persona delegata per tale responsabilità attestante che il rapporto di prova si riferisce ad un campione tipico della fornitura e che indica le tolleranze di costruzione o di fornitura per tutti i parametri considerati.

Nei casi in cui i sistemi di regolazione sono dotati o si interfacciano con sistemi di telegestione o telecontrollo, la conformità sarà dimostrata applicando le norme CEI/EN pertinenti. Saranno altresì accompagnati da documentazione tecnica del produttore dei dispositivi di telegestione o telecontrollo, attestante la conformità alla direttiva RED 2014/53/UE, se la tecnologia di comunicazione è in Radio Frequenza, o alla serie di norme EN 50065 nelle loro parti che sono applicabili, se la tecnologia di comunicazione è ad onde convogliate.

Informazioni ulteriori relative agli apparecchi d'illuminazione a LED

L'appaltatore deve presentare per ogni tipo di apparecchio di illuminazione a LED, oltre a quelle già previste dai precedenti criteri, le seguenti informazioni:

- a) potenza nominale assorbita dall'apparecchio di illuminazione a LED (W), alla corrente di alimentazione (I) del modulo LED prevista dal progetto;
- b) flusso luminoso nominale emesso dall'apparecchio di illuminazione a LED (lm) a regime, alla temperatura ambiente considerata e alla corrente di alimentazione (I) del modulo LED previste dal progetto;
- c) efficienza luminosa (lm/W) iniziale dell'apparecchio di illuminazione a LED alla temperatura ambiente considerata e alla corrente di alimentazione (I) del modulo previste dal progetto;
- d) vita nominale del modulo LED associato, indicazione del mantenimento del flusso luminoso iniziale Lx e del tasso di guasto Bx;
- e) criteri/normativa di riferimento per la determinazione del fattore di mantenimento del flusso a 60.000 h;
- f) criteri/normativa di riferimento per la determinazione del tasso di guasto a 60.000 h;
- g) indice di resa cromatica (Ra);
- h) rapporti fotometrici redatti in conformità alla norma EN13032, più le eventuali parti seconde applicabili, emessi da un organismo di valutazione della conformità (laboratori) accreditato o che opera sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente;
- i) informazioni e parametri caratteristici dell'alimentatore elettronico dell'apparecchio di illuminazione;
- j) rilievi fotometrici degli apparecchi di illuminazione, sotto forma di documento elettronico (file) standard normalizzato (tipo Eulumdat, IESNA 86, 91, 95 ecc.);

- k) identificazione del laboratorio che ha effettuato le misure, nominativo del responsabile tecnico e del responsabile di laboratorio che firma i rapporti di prova;
- l) istruzioni di manutenzione per assicurare che l'apparecchio di illuminazione a LED conservi, per quanto possibile, la sua qualità iniziale per tutta la durata di vita;
- m) istruzioni di installazione e uso corretto;
- n) istruzioni per l'uso corretto del sistema di regolazione del flusso luminoso;
- o) istruzioni per la corretta rimozione e smaltimento;
- p) identificazione di componenti e parti di ricambio;
- q) foglio di istruzioni in formato digitale;
- r) istruzioni per la pulizia in funzione del fattore di mantenimento.

NOTA: per apparecchi di illuminazione a LED, che si distinguono in apparecchi di Tipo A, ovvero apparecchi che utilizzano moduli LED per i quali la conformità con la EN 62717 è stata provata, e apparecchi di Tipo B, ovvero apparecchi che utilizzano moduli LED per i quali la conformità con la EN 62717 non è stata provata, si applica quanto segue:

- per gli apparecchi di illuminazione del Tipo A, vale la documentazione fornita dal costruttore del modulo LED e/o del LED package;
- per gli apparecchi di Tipo B, vale la documentazione fornita dal costruttore dell'apparecchio di illuminazione in quanto i dati indicati sono riferiti al modulo LED verificato nelle condizioni di funzionamento nell'apparecchio. Tale documentazione, che può consistere in data-sheet, rapporti di prova riferiti al LM80, ecc. dei singoli packages, deve essere prodotta secondo i criteri di trasferibilità dei dati di cui alla EN 62722-2-1 e EN 62717.

I rapporti di prova devono essere emessi da organismi di valutazione della conformità (laboratori) accreditati o che operano sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente.

L'appaltatore deve fornire una dichiarazione del proprio legale rappresentante o persona delegata per tale responsabilità attestante che il rapporto di prova si riferisce ad un campione tipico della fornitura e che indica le tolleranze di costruzione o di fornitura per tutti i parametri considerati.

Il possesso di certificazione ENEC emessa da un ente terzo indipendente costituisce mezzo di presunzione di conformità rispetto ai parametri pertinenti.

Trattamenti superficiali

Rispetto ai trattamenti superficiali gli apparecchi d'illuminazione devono avere le seguenti caratteristiche:

1. I prodotti utilizzati per i trattamenti non devono contenere:

- a) le sostanze soggette a restrizione per gli usi specifici di cui all'art.67 del Regolamento (CE) n. 1907/2006 presenti in Allegato XVII (restrizioni in materia di fabbricazione, immissione sul mercato e uso di talune sostanze, miscele e articoli pericolosi);
- b) in concentrazioni maggiori a 0,1% p/p, le sostanze incluse nell'elenco delle sostanze candidate di cui all'art. 59 del Regolamento (CE) n.1907/2006 (ovvero le sostanze identificate come estremamente preoccupanti) e le sostanze di cui all'art. 57 del medesimo Regolamento europeo (ovvero le sostanze incluse nell'allegato XIV "Elenco delle sostanze soggette ad autorizzazione") iscritte nell'elenco entro la data di pubblicazione del bando di gara.
- c) le sostanze o le miscele classificate o classificabili, ai sensi del Regolamento (CE) n. 1272/2008 relativo alla classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze e delle miscele, con le seguenti indicazioni di pericolo:
 - cancerogeni, mutageni o tossici per la riproduzione, categorie 1A, 1B e 2 (H340, H341, H350, H350i, H351, H360F, H360D, H361f, H361d, H360FD, H361fd, H360Fd, H360Df),
 - tossicità acuta, categorie 1 e 2 (H300, H304, H310, H330),
 - pericoloso per l'ambiente acquatico (H400, H410, H411).

2. La verniciatura deve:

- d) avere sufficiente aderenza,

- e) essere resistente a
- -- nebbia salina;
 - -- corrosione;
 - -- luce (radiazioni UV);
 - -- umidità.

L'appaltatore deve dimostrare il soddisfacimento del criterio mediante un mezzo di prova appropriato (quale una scheda tecnica dell'apparecchio di illuminazione, altra documentazione tecnica del fabbricante ove non possibile una relazione di prova di un organismo riconosciuto).

Per quanto riguarda l'aderenza della vernice e la sua resistenza deve essere fatto riferimento alle norme tecniche di seguito elencate ed ai relativi aggiornamenti:

| | |
|---|--|
| per l'aderenza della vernice: | UNI EN ISO 2409:1996; |
| per la resistenza della verniciatura a: | -- nebbia salina: ASTM B 117-1997; |
| | -- corrosione: UNI ISO 9227 in camera nebbia salina (NSS); |
| | -- radiazioni UV ISO 11507; |
| | -- umidità: UNI EN ISO 6270-1 |

I rapporti di prova devono essere emessi da organismi di valutazione della conformità (laboratori) accreditati o che operano sotto regime di sorveglianza da parte di un ente terzo indipendente.

L'appaltatore deve fornire una dichiarazione del proprio legale rappresentante o persona delegata per tale responsabilità attestante che il rapporto di prova si riferisce ad un campione tipico della fornitura e che indica le tolleranze di costruzione o di fornitura per tutti i parametri considerati.

77.3 CONTENITORI PER GRUPPI DI MISURA

77.3.1 Riferimenti normativi

- CEI EN 60529
- CEI EN 50102
- CEI EN 50298

77.3.2 Generalità

I gruppi di misura dovranno essere installati in contenitori di vetroresina con grado di protezione minimo IP55. Tale contenitore dovrà essere diviso orizzontalmente in due vani con aperture separate di cui una destinata a contenere il gruppo di misura installato dall'Ente Distributore, con la relativa serratura di chiusura che dovrà essere installata previo accordi con gli organismi territoriali competenti dall'Ente medesimo. Il contenitore dovrà appoggiare su apposito zoccolo in calcestruzzo realizzato in opera che consenta l'ingresso dei cavi sia del Distributore dell'energia elettrica che dell'impianto in oggetto.

Il secondo vano dovrà contenere le apparecchiature, di sezionamento, e di protezione del quadro comando. L'apertura di tale vano dovrà essere munita di apposita serratura. Il quadro elettrico ivi contenuto dovrà essere realizzato con classe di isolamento uguale al resto dell'impianto di illuminazione.

Le apparecchiature elettriche dovranno essere conformi alle corrispondenti Norme CEI.

Gli organi di protezione dovranno essere dimensionati in modo da garantire la protezione contro le sovracorrenti dell'intero impianto secondo Norme CEI 64-8.

77.4 QUADRI ELETTRICI DI PROTEZIONE E COMANDO

77.4.1 Riferimenti normativi

- CEI EN 60439 (CEI 17-13)

- CEI 23-51

77.4.2 Generalità

I quadri elettrici di protezione e comando degli impianti di illuminazione pubblica dovranno essere posti in posizioni facilmente accessibili per la manutenzione ed il più possibili baricentrici rispetto agli impianti che sono destinati ad alimentare.

Il basamento del quadro dovrà essere realizzato come indicato nel capitolo con la parte di rialzo fuori del terreno realizzata ad almeno 20 cm rispetto al piano di calpestio. L'accesso al quadro dovrà essere pavimentato, privo di zone avvallate per evitare possibili ristagni di acqua e fango.

Gli armadi dei quadri elettrici di protezione e comando dovranno essere in poliestere stampato a caldo rinforzato con fibra di vetro o in vetroresina, adatti per posa all'esterno resistenti alla corrosione, aventi grado di protezione IP65, dotati di portella frontale cieca incernierata, completa di serratura con chiusura a chiave. L'apparecchiatura dovrà essere dotata di telaio autoportante e doppia pannellatura, con grado di protezione minimo all'interno di IP2X. Gli interruttori modulari dovranno essere installati su barra DIN.

I quadri installati in armadi a colonna o in versione incassata a muro, dovranno avere dimensioni adeguate al numero dei dispositivi da installare e cablati con le seguenti apparecchiature:

- interruttore generale onnipolare magnetotermico con potere di interruzione idoneo adatto alla protezione dai sovraccarichi e dai cortocircuiti, da posizionare all'ingresso dei cavi in uscita dal contatore di energia;
- interruttore differenziale generale tipo A con sensibilità regolabile in tempo e corrente, con toroide separato da collegare all'interruttore generale;
- dispositivi di comando a contattori per avere la possibilità del comando a distanza sia dei circuiti permanenti che dei circuiti variabili;
- serie di interruttori automatici per la protezione dei circuiti di illuminazione in uscita;
- serie di interruttori automatici per la protezione degli ausiliari elettrici e linee pilota;
- serie di morsettiere di misura idonea ai cavi da collegare sia in entrata che in uscita;
- spie di presenza tensione sulla linea in entrata e sui circuiti di comando;
- luce di servizio che si accende con l'apertura dello sportello;
- presa di servizio universale 2P+T 230V 16A;
- tasca portaschemi all'interno;
- cartello indicatore con il nominativo del costruttore del quadro;
- cartelli monitori del pericolo dovuto a cavi sotto tensione.

Tutti i quadri devono avere una targa sulla quale deve essere indicato il nome del costruttore, o il marchio di fabbrica, insieme al tipo e/o numero di identificazione, in modo che sia possibile ottenere le informazioni previste dalla norma.

La segregazione mediante barriere o diaframmi (metallici o isolanti) può avere lo scopo di:

- assicurare la protezione contro i contatti indiretti (almeno IPXXB), in caso di accesso ad una parte del quadro posta fuori tensione;
- ridurre la probabilità di innesco e di propagazione di un arco interno;

Per diaframma si intende l'elemento di separazione tra due moduli porta apparecchi. La suddivisione può essere:

- a scomparto;
- a frazione di scomparto;
- a celle (frazione di scomparto completamente chiuso salvo che per i passaggi delle connessioni).

77.4.3 Configurazione e dimensioni

Deve essere rispettata La Norma CEI 17-13/1 o la Norma CEI 23-51 circa le condizioni di accessibilità dei componenti all'esterno ed all'interno dell'apparecchiatura. Tutti i componenti devono essere conformi alle relative Norme. I terminali delle apparecchiature non devono avere altezza inferiore a 20 cm sopra il piano del pavimento e gli strumenti di misura non devono essere montati ad altezza superiore a 2 m dal pavimento. Gli attuatori dei dispositivi di manovra vanno in genere collocati ad un'altezza compresa tra 0,8 e 1,6 m dal pavimento.

Per quanto concerne i componenti o apparecchiature, a sé stanti, alloggiati nel quadro, per i quali esistono norme particolari, si distinguono in:

- sbarre collettrici: destinate all'alimentazione principale dei circuiti di potenza
- circuiti principali: comprendenti gli apparecchi e le connessioni che convogliano correnti forti, destinate ad energizzare gli utilizzatori (circuiti di potenza);
- circuiti ausiliari: comprendenti i dispositivi e le connessioni che convogliano correnti deboli, destinate al controllo, alla segnalazione e al telecomando;
- unità funzionali: comprendenti tutti i componenti elettrici quali apparecchi di protezione e manovra (interruttori, contattori, avviatori, sezionatori);
- sottoinsiemi elettronici e parti di equipaggiamento (circuiti stampati, alimentatori, regolatori ecc.).

Le apparecchiature contenute devono essere montate e cablate secondo quanto previsto dalle normative in vigore e tenendo conto di determinati requisiti tecnici, quali:

- sollecitazioni meccaniche e termiche;
- scegliere gli apparecchi incorporati, con riferimento sia al comportamento termico (correnti nominali) sia al cortocircuito (poteri di interruzione);
- adottare le soluzioni idonee che consentono di rispettare tutte le prescrizioni normative, ed in particolare i limiti di sovratemperatura;
- definire le caratteristiche nominali del quadro (vedi dati tecnici).

La scelta ed il dimensionamento delle apparecchiature deve essere determinata dalle grandezze in gioco indicate sullo schema a blocchi e sugli schemi dei quadri.

77.4.4 *Dati tecnici*

- norme del costruttore o marchi di fabbrica (intendendosi per costruttore la ditta o l'impresa che cura il montaggio finale, se trattasi di quadro da completarsi);
- tipo o numero di identificazione (o altro mezzo che consente di ottenere dal costruttore tutte le informazioni complementari necessarie);
- norma di riferimento;
- natura della corrente e frequenza;
- tensioni nominali di funzionamento e di isolamento;
- tensioni nominali dei circuiti ausiliari;
- limiti di funzionamento (valori ammissibili della corrente di picco, di breve durata, di cortocircuito etc.);
- corrente nominale di ciascun circuito;
- tenuta al cortocircuito;
- grado di protezione;
- misure per la protezione delle persone contro i contatti diretti ed indiretti;
- condizioni di servizio (se diverse da quelle nominali);
- sistema di messa a terra;
- dimensioni e massa.

I principali dati, sopra esposti, devono essere riportati su opportuna targa da fissare sul quadro in posizione di facile identificazione e lettura.

77.4.5 *Condizione di accessibilità da parte di personale autorizzato*

Quando il quadro non ha per costruzione una misura di protezione totale contro i contatti diretti, l'accessibilità è consentita unitamente al personale autorizzato debitamente addestrato e per mezzo di chiave o attrezzo meccanico, e che esistano appositi cartelli ammonitori. L'agibilità a persone addestrate richiede che sia soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni:

- distanza sufficiente tra il gruppo funzionale, ispezionabile, debitamente protetto ed i gruppi funzionali adiacenti;
- uso di barriere di suddivisione fra scomparti;
- uso di celle di segregazione.

In base a quanto precedentemente descritto devono essere rispettate le disposizioni di seguito riportate.

77.4.6 *Caratteristiche dei circuiti elettrici*

Le apparecchiature devono essere raggruppate nei singoli elementi della struttura costituente il quadro elettrico secondo un nesso logico corrispondente agli schemi. I collegamenti ausiliari e di potenza devono essere eseguiti in corda di rame flessibile od in sbarre di rame isolate su materiale ceramico o resarm con sezione adeguata alla portata massima nominale degli interruttori relativi (e non dei relè). I supporti devono essere previsti per sopportare la massima corrente di picco verificabile. Le morsettiere devono essere ampiamente dimensionate, raccolte nel quadro, ad una altezza tale da consentire una comoda ed ordinata introduzione dei cavi esterni ed un razionale allacciamento e saranno chiaramente numerate con rispondenza agli schemi. Tutti i terminali di qualsiasi conduttore (ausiliari o di potenza) devono essere chiaramente contraddistinti da testafili numerati con perfetta rispondenza allo schema topografico e funzionale. Il quadro deve disporre di adeguata sbarra di terra, parallela alla morsettiera, per l'attacco dei conduttori di terra dei cavi.

Ogni quadro elettrico deve altresì essere munito di:

- tutti gli accessori di minuto montaggio, conduttori, viteria e tutto quanto occorre per dare il quadro finito e funzionante a perfetta Regola d'Arte;
- targhette incise interne ed esterne in corrispondenza di ogni apparecchio per la chiara identificazione della destinazione dei singoli circuiti ed apparecchi; le targhette interne presso i singoli componenti riportano in modo chiaro, indelebile e permanente la sigla corrispondente agli schemi;
- targhetta indicatrice della specifica funzione anche per i singoli pulsanti e gli indicatori luminosi.

Devono essere adottate tutte le misure e gli accorgimenti per dare al quadro elettrico la maggiore sicurezza di funzionamento, la più pronta accessibilità e la più agevole manutenzione.

Rispondenza competa alle Norme CEI 17-13/1 o CEI 23-51 e Norme specifiche per criteri di dimensionamento - prove di tipo e verifiche di collaudo.

77.5 **INTERRUTTORI MAGNETOTERMICI**

77.5.1 *Riferimenti normativi*

- CEI EN 60898 (CEI 23-3)
- CEI EN 60947-2 (CEI 17-5)

77.5.2 Generalità

Gli interruttori automatici svolgono un ruolo determinante nell'impianto elettrico, le loro funzioni fondamentali sono quelle di sezionamento e protezione. La scelta degli interruttori automatici deve essere fatta in modo da garantire la sicurezza delle persone e dei componenti elettrici.

Gli interruttori ad uso industriale sono specificati con il potere di interruzione estremo Icu e con il potere di interruzione di servizio Ics. I costruttori di interruttori automatici possono scegliere il rapporto Ics/Icu tra i seguenti valori: 0,25-0,5-0,75-1.

Per la protezione delle condutture contro i cortocircuiti gli interruttori automatici devono essere scelti con un potere di interruzione estremo e con un potere di cortocircuito nominale maggiore o uguale alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione e con un rapporto Ics/Icu tanto più elevato quanto più è importante la continuità di servizio. Per la protezione contro il sovraccarico delle condutture gli interruttori automatici devono essere scelti con una corrente nominale minore o uguale alla portata delle stesse.

Gli interruttori automatici hanno le seguenti caratteristiche generali qualitative:

- tipo compatto, modulare o scatolato, adatto sia per montaggio su profilato di supporto normalizzato sia per installazione ad incasso;
- tutti i poli protetti simultaneamente per i tipi bipolari, tripolari e quadripolari;
- curva caratteristica di intervento normalizzata secondo le caratteristiche tecniche dell'utenza da alimentare (B-C-D-K-Z), prestazioni riferite ad una temperatura ambiente (all'interno del quadro elettrico) di 40°C;
- potere di interruzione (Icu o Ics) coordinato con la corrente presunta di corto circuito della linea da proteggere, in relazione al tipo di protezione scelta (selettiva o di backup, come specificato nella appendice A della Norma CEI EN 60947-2) e comunque mai inferiore a 6 kA con cosφ 0,7-0,8 salvo specifica diversa indicazione, grado di protezione minimo IP20.

77.6 INTERRUITORI DIFFERENZIALI

77.6.1 Riferimenti normativi

- CEI EN 61008 (CEI 23-42 e CEI 23-43)
- CEI EN 61009 (CEI 23-44 e CEI 23-45)

77.6.2 Generalità

Gli interruttori differenziali sono classificati in tre tipi secondo la loro attitudine a funzionare in presenza di una corrente di guasto avente componenti continue o pulsanti unidirezionali:

Classe AC : dispositivi differenziali sensibili alla sola corrente di dispersione alternata;

Classe A : dispositivi differenziali che garantiscono le caratteristiche di funzionamento anche per correnti di dispersione con componenti pulsanti ben specificate;

Classe B : dispositivi differenziali che garantiscono le caratteristiche di funzionamento anche per correnti di dispersione di tipo continue.

Per ragioni legate alla continuità di esercizio deve essere previsto il coordinamento selettivo tra due o più differenziali disposti in serie utilizzando interruttori differenziali di tipo generale a valle e di tipo S a monte dei circuiti.

I dispositivi differenziali dovranno essere dei seguenti tipi:

- senza sganciatori di sovracorrente, differenziali puri, devono essere necessariamente essere coordinati con adeguati dispositivi di protezione contro le sovracorrenti
- con sganciatori di sovracorrente:
 - tipo monoblocco;

- tipo con moulo differenziale associabile;
- relè differenziale a toroide separato (l'insieme necessario per il funzionamento è costituito dal toroide o trasformatore di corrente e dal relè differenziale, associati al dispositivo di interruzione provvisto della relativa bobina di apertura).

77.7 CONTATTORI

77.7.1 Riferimenti normativi

- CEI EN 60947-4-1 (CEI 17-50)
- CEI EN 61095 (CEI 17-41)

77.7.2 Generalità

Il contattore è un apparecchio ad azionamento non manuale, previsto per un elevato numero di manovre, capace di stabilire, sopportare e interrompere le correnti di manovra in condizioni ordinarie e di sovraccarico. Le caratteristiche principali che devono possedere i contattori sono:

- tensione nominale di impiego;
- corrente nominale di impiego;
- categoria di utilizzazione (AC-1, AC-2, AC-3 ecc.) che definisce le condizioni di impiego;
- potere di chiusura e di interruzione nominali;
- numero totale dei cicli a carico.

Il circuito di comando di un contattore per funzionare correttamente deve essere alimentato a una tensione compresa fra l'85 e il 110% della sua tensione nominale di alimentazione.

Tra le principali prestazioni richieste dalle norme a questi apparecchi è l'elevato numero di operazioni di apertura e chiusura. I contattori non sono in grado di interrompere correnti di corto circuito quindi devono essere previsti in serie dispositivi di protezione.

77.8 FUSIBILI

77.8.1 Riferimenti normativi

- CEI EN 60269-1 (CEI 32-1)
- CEI EN 60282-1 (CEI 32-3)
- CEI EN 60127 (CEI 32-6)

77.8.2 Generalità

Il fusibile è un dispositivo di protezione contro le sovracorrenti particolarmente adatto ad interrompere elevate correnti di cortocircuito.

I fusibili per bassa tensione sono suddivisi in:

- fusibili per applicazioni domestiche o similari;
- fusibili per applicazioni industriali.

I fusibili sono contraddistinti da due lettere:

- la prima lettera, "g" oppure "a", si riferisce al campo di interruzione;
- la seconda lettera, "G" o "M", designa la categoria di utilizzazione.

La lettera "g" indica che il fusibile è in grado di interrompere tutte le correnti che provocano la fusione fino al potere di interruzione nominale. La lettera "a" indica che il fusibile è in grado di interrompere tutte le correnti comprese fra $k_2 I_n$ e il potere di interruzione nominale.

Le categorie d'utilizzazione dei fusibili sono due: "G" per uso generale e "M" per la protezione dei motori contro il cortocircuito. In relazione al campo di interruzione e alla categoria di utilizzazione si hanno i seguenti tipi di fusibile:

- "gG" cartucce per uso generale, con potere di interruzione a tutto campo;
- "gM" cartucce per la protezione dei circuiti dei motori, con potere di interruzione a tutto campo;
- "aM" cartucce per la protezione dei circuiti dei motori, con potere di interruzione a campo ridotto.

77.9 CAVI ELETTRICI

77.9.1 Riferimenti normativi

- CEI EN 60332 (CEI 20-35)
- CEI EN 50266 (CEI 20-22)
- CEI EN 50267 (CEI 20-37)
- CEI EN 60702 (CEI 20-39)

77.9.2 Generalità

Per la realizzazione dei circuiti si dovranno utilizzare i seguenti tipi di cavo. Per posa all'esterno ed interrata:

- FG7R 0,6/1 kV : cavo unipolare, isolato in gomma di qualità G7, con guaina in PVC (non propagante l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi);
- FG7(0)R 0,6/1 kV : cavo multipolare, isolato in gomma di qualità G7, con guaina in PVC (non propagante l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi).

Per posa su edifici di pregio in cui occorra coniugare estetica e sicurezza:

- cavo multipolare ad isolamento minerale (ossido di magnesio) serie H 750V con guaina in tubo continuo di rame e conduttori in rame (non propagante l'incendio e resistente al fuoco).

Per la realizzazione dei circuiti di comando, di segnalazione e conduttori di terra in tubo interrato si dovranno utilizzare i seguenti tipi di cavo, oltre a quelli su indicati:

- NO7V-K 450/750V: cavo unipolare flessibile isolato in PVC di qualità R2 (non propagante la fiamma).

77.9.3 Colori distintivi

Si deve utilizzare il colore giallo/verde per i conduttori di protezione ed equipotenziali, il colore blu chiaro per il conduttore di neutro. In assenza del conduttore di neutro, l'anima di colore blu chiaro dei cavi multipolari può essere utilizzata come conduttore di fase. Non sono richiesti colori particolari per i conduttori di fase. Per gli eventuali circuiti SELV è bene utilizzare cavi di colore diverso dagli altri circuiti.

77.9.4 Sezione dei conduttori di fase e di neutro

La sezione dei conduttori di fase nei circuiti a c.a. e dei conduttori attivi nei circuiti a c.c. non deve essere inferiore ai seguenti valori:

- 1,5 mm² per i circuiti di potenza;
- 0,5 mm² per i circuiti di segnalazione e circuiti ausiliari di comando.

Il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione dei conduttori di fase:

- nei circuiti monofase, qualunque sia la sezione dei conduttori;
- nei circuiti trifasi quando la sezione è inferiore o uguale a 16 mm².

Nei circuiti trifasi con conduttori di fase in rame di sezione superiore a 16 mm² il conduttore di neutro può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase, con un minimo di 16 mm², purché i carichi siano sostanzialmente equilibrati.

77.9.5 Cavi in parallelo

Quando due o più conduttori sono collegati in parallelo sulla stessa fase o polo del sistema si devono rispettare i seguenti accorgimenti:

- i conduttori devono avere uguale sezione ed essere dello stesso materiale;
- i conduttori devono avere approssimativamente la stessa lunghezza e non devono avere derivazioni intermedie di altri circuiti;
- i conduttori in parallelo devono appartenere tutti a cavi multipolari o unipolari cordati ad elica o trasposti lungo il percorso.

77.10 COLLEGAMENTI ELETTRICI

77.10.1 Riferimenti normativi

- CEI EN 60998 (CEI 23-20)
- CEI 64-8/5

77.10.2 Generalità

I collegamenti elettrici o connessioni (giunzioni e derivazioni) vanno eseguite con appositi morsetti, con o senza vite, con caratteristiche adeguate alla sezione dei cavi da collegare.

Non è consentito ridurre la sezione dei conduttori, né lasciare parti conduttrici scoperte. Nell'esecuzione del collegamento elettrico deve essere fatta attenzione affinché il rame nudo non fuoriesca dalla protezione del morsetto.

Le connessioni devono essere accessibili per manutenzione, ispezione e prove, per questo motivo devono essere in genere ubicate entro cassette e/o entro i pali. Per derivare i singoli punti luce all'interno dei vani di derivazione dei pali dovranno essere impiegati morsetti con idonee caratteristiche e le teste dei cavi dovranno essere protette per impedire l'ingresso di umidità tra le guaine isolanti.

Le connessioni non sono ammesse all'interno delle canalizzazioni.

77.11 IMPIANTI DI TERRA

77.11.1 Riferimenti normativi

- CEI 7-6
- CEI 64-8/5

77.11.2 Generalità

L'impianto di terra è destinato a realizzare la messa a terra di protezione che, coordinata con un idoneo dispositivo di protezione, realizza il metodo di protezione denominato "protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione".

In ogni impianto utilizzatore la messa a terra di protezione di tutte le parti dell'impianto e tutte le messe a terra di funzionamento dei circuiti e degli apparecchi utilizzatori devono essere effettuate collegando le parti interessate ad un impianto di terra unico. La scelta e il dimensionamento dei componenti dell'impianto di terra è stata fatta in modo che:

- il valore della resistenza di terra sia in accordo con le esigenze di protezione di funzionamento dell'impianto elettrico;
- l'efficienza dell'impianto di terra si mantenga nel tempo;

- le correnti di guasto e di dispersione a terra possano essere sopportate senza danni, in particolare dal punto di vista delle sollecitazioni di natura termica, termomeccanica ed elettromeccanica;
- i materiali abbiano adeguata solidità adeguata protezione meccanica, tenuto conto delle influenze esterne.

Il dispersore può essere costituito da :

- tondi, profilati, tubi;
- nastri, corde;
- piastre;
- conduttori posti nello scavo di fondazione;
- ferri di armatura nel calcestruzzo incorporato nel terreno;
- altre strutture interrate adatte allo scopo (le tubazioni metalliche per liquidi o gas infiammabili non devono essere usate come dispersori).

Il tipo e la profondità di messa in opera dei dispersori devono essere tali, che fenomeni di essiccamento o di congelamento del terreno non aumentino la resistenza di terra nel dispersore al di sopra del valore richiesto. Per il dispersore è conveniente l'impiego di rame, di acciaio rivestito di rame e di materiali ferrosi zincati in modo da contenere i danni meccanici dovuti alla corrosione e di conseguenza il possibile aumento della resistenza dell'impianto di terra.

I valori minimi raccomandati, delle dimensioni trasversali dei dispersori, per terreni non particolarmente aggressivi sono dati nella seguente tabella:

| TIPO DI ELETTRODO | DIMENSIONI | ACCIAIO ZINCATO A CALDO | ACCIAIO RIVESTITO DI RAME ELETTROLITICO | ACCIAIO RIVESTITO DI RAME ESTRUSO | RAME NUDO |
|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------|---|-----------------------------------|------------------|
| PIATTINA | sezione spessore | 90 mmq 3 mm | | | 50 mmq 2 mm |
| TONDO PER DISPERSORE ORIZZONTALE | diametro sezione | 10 mm | | | 25 mmq |
| CORDA | Ø filo elementare sezione corda | | | | 1,8 mm 35 mmq |
| TUBO | Ø esterno spessore | 25 mm 2 mm | | | 20 mm 2 mm |
| BARRA TONDA PER PICCHETTI O IN | siametro | 16 (20) mm | 14 (15) mm | 15 mm | |
| | sezione spessore | 3 (5) mm | | | |

Il conduttore di terra è il conduttore che unisce il nodo di terra all'impianto di terra. Le sezioni convenzionali minime del conduttore di terra sono indicate nella tabella seguente:

| | PROTETTO MECCANICAMENTE | NON PROTETTO MECCANICAMENTE |
|-------------------------------|---|---|
| PROTETTO CONTRO LA CORROSIONE | come il conduttore di protezione | 16 mmq rame 16 mmq ferro zincato (*) |
| NON PROTETTO CONTRO LA | 25 mmq rame 50 mmq ferro zincato (*) | |

(*) zincatura secondo la norma CEI 7-6 oppure con rivestimento equivalente.

In ambienti non particolarmente aggressivi dal punto di vista chimico il rame e il ferro zincato, non provvisti di guaina, si considerano protetti contro la corrosione.

Il collegamento di un conduttore di terra ad un dispersore deve essere effettuato in modo accurato ed elettricamente soddisfacente.

In ogni impianto deve essere usato un morsetto od una sbarra per costituire un collettore principale di terra al quale si devono collegare i seguenti conduttori:

- i conduttori di terra;
- i conduttori di protezione;
- i conduttori equipotenziali principali;
- i conduttori di terra funzionali, se richiesti.

La sezione del conduttore di protezione deve essere rilevata dalla seguente tabella:

| SEZIONE DEI CONDUTTORI DI FASE DELL'IMPIANTO $S \text{ (mm}^2\text{)}$ | SEZIONE MINIMA DEL CORRISPONDENTE CONDUTTORE DI PROTEZIONE $S_p \text{ (mm}^2\text{)}$ |
|--|--|
| $S < 16$ | $S_p = S$ |
| $16 < S < 35$ | 16 |
| $S > 35$ | $S_p = S / 2$ |

77.12 SOSTEGNI

77.12.1 Riferimenti normativi

- CEI 7-6
- UNI EN 40

77.12.2 Generalità

I sostegni dovranno essere realizzati acciaio zincato laminato/trafilato con pali di forma conica o cilindrica con eventuali accessori sfilabili (quali sbracci, traverse, raccordi, ecc). Sostegni con caratteristiche differenti da queste saranno valutati per applicazioni particolari a discrezione dell'amministrazione comunale. Non sono ammessi sostegni in materiale plastico.

I pali impiegati conformi alle norme UNI EN 40, saranno inoltre zincati a caldo secondo le norme CEI 7-6. Tutte le lavorazioni dovranno essere effettuate e certificate dal costruttore ed in particolare si dovrà prevedere:

- asola ingresso cavi;
- asola per il portello della morsettiera da incasso;
- eventuali lavorazioni testa-palo per accoppiamenti di accessori (sbracci, traverse, ecc.);
- bullone di messa a terra all'interno del palo (all'altezza dell'asola morsettiera);
- protezione della sezione di incastro con guaina termo-restringente e anello cementizio.

Le varie lavorazioni devono essere eseguite prima della zincatura. I pali di altezza superiore a 4,5 m dovranno essere con spessore non inferiore a 4 mm. Eventuali casi particolari dovranno essere concordati ed autorizzati dal competente ufficio dell'amministrazione comunale.

I pali dovranno avere la marcatura CE di corredo e realizzati in acciaio di qualità minima S275JR UNI EN 10025 zincato a caldo per immersione in bagno di zinco fuso secondo le norme UNI EN 40 o CEI 7-6 ed ottenuti solamente con uno dei seguenti processi:

- laminati a caldo ricavati da tubo (ERW) a sezione circolare;
- trafilati a caldo ricavati da tubo (ERW) a sezione circolare;

I suddetti processi consentono di realizzare pali senza la presenza di saldatura esterna, con elevate caratteristiche di resistenza meccanica e prestazioni strutturali superiori.

I pali devono essere protetti alla sezione di incastro mediante l'applicazione di una guaina termo-restringente in polietilene con altezza di almeno 40 cm di cui 20 cm sotto e 20 cm sopra la sezione di incastro del palo applicata, dopo la zincatura nella mezzera dell'incastro nella fondazione.

77.12.3 Sbracci ed accessori

I bracci a muro e/o a palo, le mensole di qualsiasi foggia e dimensione, così come i collari a palo, le zanche a muro e qualsiasi altro materiale di corredo a bracci (piastre), devono essere realizzati in acciaio zincato a caldo.

Gli sbracci e gli accessori di attacco dovranno essere costruiti utilizzando tubi saldati longitudinalmente in acciaio di qualità 5235JR e successivamente zincati mediante immersione in vasche di zinco fuso in conformità alla UNI EN 40. Le traverse costruite utilizzando profilati cavi rettangoli predisposte per il fissaggio degli apparecchi illuminanti dovranno essere in acciaio di qualità S235JR e successivamente zincati mediante immersione in vasche di zinco fuso in conformità alla UNI EN 40.

Tutta la bulloneria e la minuteria di corredo deve essere in acciaio inox.

77.12.4 Sostegni artistici in ghisa

I sostegni in fusione di ghisa devono essere realizzati in lega G 20 UNI 5007 o in altra di caratteristiche non inferiori.

I suddetti sostegni devono essere caratterizzati da elevata resistenza agli urti e alle fratture, avere un basso livello di deformabilità, avere una perfetta rifinitura dei particolari, avere massima omogeneità ed uniformità delle caratteristiche metalliche. Devono essere ancorati ad un basamento in calcestruzzo con appositi tirafondi in acciaio inossidabile dalle caratteristiche e dimensioni raccomandate dalle case costruttrici ed in ogni caso in modo da assicurare un sicuro ancoraggio ed una ottima stabilità.

Le diverse parti in fusione devono risultare unite tramite elementi in materiale di acciaio inossidabile, dimensionati in funzione delle sollecitazioni meccaniche a cui vengono sottoposti.

Il disegno e le specifiche tecniche particolari che deve possedere il palo di sostegno dei centri luminosi previsti a progetto sono riportate nell'Allegato 1.

77.12.5 Posa dei sostegni

I sostegni adibiti per l'illuminazione delle strade dovranno essere installati in posizioni tali da non creare ostacolo o pericolo alla mobilità delle persone e del traffico motorizzato. Per le strade urbane il sostegno dovrà essere installato ad almeno 50 cm dal limite della carreggiata. Sui marciapiedi di modesta larghezza i pali dovranno essere installati in posizione arretrata lato interno, in modo da lasciare una distanza di passaggio di almeno 90 cm dal filo del palo al cordolo del marciapiede in conformità alla legge per l'abbattimento delle barriere architettoniche.

La distanza da mantenere rispetto alle recinzioni o ai fabbricati deve essere di circa 10 cm. I sostegni devono essere posizionati fuori dalla luce dei portoni e delle finestre dei fabbricati inoltre avere una distanza dai balconi sufficiente a non consentire arrampicate di malintenzionati.

Particolare attenzione dovrà essere prestata in prossimità di passi carrai per non ostacolare l'accesso, mantenendo da questi una distanza di almeno 50 cm. Si dovrà evitare inoltre di installare i punti luce in vicinanza di fronde o alberature che possano schermare e limitare il flusso luminoso in direzione delle aree da illuminare.

Quando i pali vengono alzati in opera dentro i plinti deve essere messa in opera una guaina flessibile, di tipo pesante, diametro esterno 32 mm, che dal pozzetto di derivazione, attraversando l'asola del palo ingresso cavi, arrivi all'altezza del portello della morsettiera, per consentire un facile infilaggio o sfilaggio dei cavi.

Ciascun palo dovrà essere piombato all'interno del plinto di fondazione con sabbia minuta (granulometria da 0,5 a 2,0 mm), previo tamponamento con materiale non degradabile, ma comunque rimuovibile, del cavidotto che porta al pozzetto di derivazione. A livello del piano di calpestio la sabbia dovrà essere sigillata con un anello di calcestruzzo di cemento, dosato nella proporzione 1 a 1, per la profondità di 10 cm.

Il palo nella sezione di incastro sarà protetto con una guaina di materiale termorestringente per una altezza complessiva di 40 cm ripartita 20 cm sotto il piano di calpestio e 20 cm sopra. Dovrà ulteriormente essere realizzato un anello in materiale cementizio.

I sostegni in fusione di ghisa devono essere ancorati ad un basamento in calcestruzzo con appositi tirafondi in acciaio inossidabile dalle caratteristiche e dimensioni raccomandate dalle case costruttrici ed in ogni caso in modo da assicurare un sicuro ancoraggio ed una ottima stabilità. Le diverse parti in fusione devono risultare unite tramite elementi in materiale di acciaio inossidabile, dimensionati in funzione delle sollecitazioni meccaniche a cui vengono sottoposti.

Ai fini della manutenzione qualsiasi punto luce deve essere posizionato in modo da essere raggiungibile da un automezzo tipo autocarro e piattaforma aerea con possibilità di lavoro fino a 19,00 m.

77.13 CAVIDOTTI

Nell'esecuzione dei cavidotti si dovrà attenersi alle caratteristiche dimensionali dello scavo in trincea, sufficienti a garantire il passaggio delle tubazioni necessarie per la posa dei cavi occorrenti. Durante la fase di scavo dei cavidotti dovranno essere approntati tutti i ripari necessari per evitare incidenti ed infortuni a persone, animali o cose per effetto di scavi aperti non protetti.

I cavidotti dovranno essere messi in opera ad una profondità di circa 70 cm se lo scavo sarà eseguito su carreggiata ed a una profondità di circa 60 cm per le restanti tipologie di scavo (marciapiede, banchina, aerea verde, ecc.). I tubi potranno essere interrati ad una profondità inferiore a 50 cm previo autorizzazione da parte dell'ufficio competente dell'Amministrazione Comunale.

I tubi protettivi da impiegare conformi alla norma CEI EN 50086-2-4 (CEI 23-46) dovranno essere di tipo flessibile "450/750" (resistenza alla compressione con marcatura stampigliata all'esterno), aventi diametro esterno minimo di 110 mm e realizzati in polietilene ad densità (PEAD o PEHD) multiparete costituiti dalla combinazione di due distinte pareti fra loro coestruse: quella interna liscia e quella esterna corrugata. I tubi dovranno essere corredati di guida tirafilo e di eventuali accessori quali manicotti di congiunzione per l'idoneo accoppiamento. I tubi dovranno essere posati su un letto di sabbia fine (granulometria 1 mm) dello spessore di 5 cm e ricoperti con la stessa sabbia fino a 5 cm oltre la sommità del tubo.

Nell'esecuzione dei cavidotti si dovrà cercare di mantenere percorsi rettilinei con cambi di direzione realizzati di norma a 90°. Per i cavidotti realizzati in prossimità di alberature o elementi di verde pubblico si dovrà provvedere a richiedere parere all'ufficio dell'Amministrazione Comunale competente per il verde pubblico.

Nei parallelismi o negli incroci tra cavi di energia e di telecomunicazione se entrambi i cavi sono posati entro tubazioni non sono richieste particolari distanze di rispetto o protezioni, si raccomanda comunque una distanza in pianta di almeno 15 cm. Nel caso contrario occorre mantenere una distanza in pianta di almeno di 30 cm.

Nei parallelismi o negli incroci con tubazioni del gas si devono posare le condutture elettriche alla maggior distanza possibile dalla condotta del gas. In particolare per le condotte di gas di 45 e 55 specie (con pressione compresa tra 0,50 e 5,00 bar) la distanza deve essere almeno di 50 cm.

77.14 POZZETTI DI DERIVAZIONE E CHIUSINI

Lungo le tubazioni dovranno essere predisposti pozzetti di ispezione in corrispondenza delle derivazioni, dei centri luminosi, dei cambi di direzione o comunque in tutte quelle situazioni che lo richiedano in modo da facilitare la posa dei cavi e rendere l'impianto sfilabile ed accessibile per riparazioni, manutenzione o ampliamenti.

I pozzetti realizzati in calcestruzzo vibrato dovranno essere aperti sul fondo per consentire il drenaggio dell'acqua piovana e dovranno avere sulle pareti laterali la predisposizione per l'innesto dei tubi. I pozzetti di derivazione dovranno essere realizzati separatamente dal blocco di fondazione dei pali ed essere raccordati a questo mediante cavidotto in tubo dello stesso tipo messo in opera con le stesse modalità di posa usate per la canalizzazione principale.

I cavidotti che si attestano nei pozzetti dovranno essere tagliati a filo delle pareti interne del pozzetto e la parte in cemento attorno ai tubi dovrà essere perfettamente stuccata.

I pozzetti dovranno avere dimensioni tali da permettere l'infilaggio dei cavi rispettando il raggio minimo di curvatura ammesso. Le dimensioni minime esterne dovranno essere di 40x40 cm, salvo particolari applicazioni previa autorizzazione da parte dell'ufficio competente dell'Amministrazione Comunale.

I chiusini per i pozzetti di derivazione dovranno essere realizzati in ghisa di qualità lamellare o sferoidale suddivisi in varie classi e dimensioni a seconda della tipologia di installazione, con caratteristiche di indeformabilità, ottima resistenza ad urti e rotture, perfetta stabilità e resistenza alla corrosione atmosferica. L'operazione di apertura e chiusura dovrà essere eseguita senza difficoltà, agganciando un comune utensile all'apposito foro. I chiusini dovranno rispondere alla norma UNI EN 124 e classificati come segue:

- classe C250 (bordi delle strade, marciapiedi e zone pedonali);
- classe D400 (via di circolazione al traffico veicolare);
- classe E600 (aree speciali).

Tutti i coperchi dovranno riportare i seguenti dati in materia indelebile, chiara durevole e visibile quando l'unità è installata:

- marcatura EN 174 quale norma di riferimento;
- classe di appartenenza;
- nome o marchio di identificazione del costruttore;
- marchio di un ente di certificazione;
- marcatura aggiuntiva con dicitura "ILLUMINAZIONE PUBBLICA".

77.15 PLINTI DI FONDAZIONE PER PALI

Nell'esecuzione dei plinti di fondazione per il sostegno dei pali si dovranno rispettare tutte le prescrizioni di legge ed i dimensionamenti in accordo alle caratteristiche del terreno, dei sostegni da installare, del carico e sovraccarico e delle condizioni di vento ed atmosferiche. Lo scavo dovrà essere realizzato con misure adeguate alle dimensioni del blocco di fondazione.

I plinti di fondazione da utilizzare per la stabilità dei pali del tipo ad infissione di altezza fuori terra fino a 12,00 m saranno realizzati mediante getto di calcestruzzo non armato (a meno di particolari prescrizioni definite in sede di analisi preliminare o richieste dalla Direzione Lavori), ottenendo dei blocchi monolitici entro i quali i pali saranno alloggiati e successivamente piombati e bloccati.

Per classi di esposizione X0 (calcestruzzo non armato per tutte le esposizioni eccetto ove vi siano cicli di gelo/disgelo e attacco chimico) occorre garantire una classe minima di resistenza C 20/25 con calcestruzzo avente dosaggio minimo di 260 Kg/m³ di cemento classe 325.

Per classi di esposizione XF3, XF4 (superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo con o senza agenti disgelanti) occorre garantire una classe minima di resistenza C 28/35.

Per classi di esposizione XA1 (elementi a contatto con acque reflue) occorre garantire una classe minima di resistenza C 28/35.

Per classi di esposizione XA2 (elementi a contatto con terreni aggressivi) occorre garantire una classe minima di resistenza C 32/40.

I basamenti di fondazione dovranno essere a figura geometrica regolare ed avere dimensioni tali da garantire la sicura tenuta del palo, secondo le indicazioni dei produttori e comunque non dovranno essere inferiori alle seguenti dimensioni minime:

- pali superiori a hft 4 m, fino a hft 6 m: dim. 70 x 70 x 80(h) cm
- pali superiori a hft 6 m, fino a hft 9 m: dim. 80 x 80 x 100(h) cm
- pali superiori a hft 9 m, fino a hft 11 m: dim. 100 x 100 x 100(h) cm
- pali superiori a hft 11 m, fino a hft 12 m: dim. 110 x 110 x 110(h) cm

Sarà responsabilità dell'Appaltatore, attraverso un suo tecnico qualificato, valutare se tali dimensioni sono sufficienti a garantire la stabilità del palo in funzione delle condizioni ambientali specifiche e fornire i calcoli statici corredati da un'indagine geologica per la determinazione della portanza del terreno. I calcoli andranno forniti alla Direzione lavori in sede di approvazione dei materiali e allegati alla documentazione di collaudo.

Le medesime prescrizioni valgono se si rendesse necessario realizzare basamenti di fondazione sui bordi inclinati dei fossi, condizione che lascia non completamente contenuto nel terreno il basamento stesso.

La parte superiore dei basamenti di fondazione, su marciapiedi e strada, dovrà essere ricoperta con il tappeto d'usura o con la pavimentazione esistente, mentre su terreno naturale dovrà essere a giorno, ben levigata e squadrata, salvo diverse disposizioni impartite dall'Amm.ne Comunale. Il chiusino dei pozzetti dovrà comunque essere posto a livello del suolo in modo da risultare scoperto ed accessibile e tale da non creare insidie di sorta.

I basamenti dovranno essere completi di apposito foro da realizzare esclusivamente con tubi in PVC da asportare del diametro di 200 ÷ 300 mm a seconda del diametro del palo (in generale, per la posa di pali fino a 136 mm di diametro, si raccomanda di utilizzare un tubo in PVC da 200 mm di diametro). Il tubo in PVC, utilizzato come dima, dovrà essere sempre rimosso al termine della lavorazione di costruzione del basamento.

Il raccordo fra il pozzetto di derivazione esterno al basamento ed il basamento di fondazione stesso, per la posa del cavo di alimentazione e della messa a terra del corpo illuminante, deve essere realizzata con tubo in PVC flessibile del diametro interno di 60÷80 mm ed a profondità da concordare; tale raccordo deve avere leggera pendenza verso il palo. Occorre inoltre essere predisporre un tubo di raccordo tra il pozzetto e l'esterno nel caso di posa del conduttore di messa a terra del palo. Detto tubo deve essere di tipo flessibile, con diametro nominale di 32 mm minimo, e deve sporgere per alcuni centimetri dal piano di calpestio.

E' consentito l'utilizzo di basamenti prefabbricati solamente se in tutto conformi a quanto sopra indicato. Tali basamenti potranno avere il pozzetto di derivazione inglobato al loro interno solamente a condizione che le restanti specifiche restino immutate. In ogni caso al fine di ottenere l'autorizzazione all'utilizzo di basamenti prefabbricati l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori le sezioni esplicative, le specifiche costruttive ed il calcolo statico per le condizioni di posa.

77.16 PLINTI DI FONDAZIONE PER ARMADI E COLONNINE STRADALI

I plinti di fondazione da utilizzare per la stabilità degli armadi stradali e/o colonnine stradali da impiegare per gli impianti di illuminazione pubblica, saranno realizzati mediante getto di calcestruzzo non armato, ottenendo dei blocchi monolitici nei quali saranno annegati i telai per l'ancoraggio dei cassoni ai basamenti.

I basamenti per il fissaggio a terra saranno ottenuti impiegando i seguenti materiali:

- conglomerato cementizio classe 325;
 - dosaggio 250 kg/m³;
 - tubi di raccordo in PEHD diametro 110 mm (tra vano passaggio cavi e pozzetti).

Le dimensioni esterne dei plinti saranno scelte in base alle caratteristiche degli armadi da installare, comunque con forme geometriche regolari conformi indicativamente ai seguenti valori:

- 60x40x40 cm;
- 70x40x40 cm;
- 100x50x60 cm.

La parte di basamento fuori dal terreno rispetto al piano di calpestio dovrà essere di altezza 20 cm.

77.17 LINEE DI ALIMENTAZIONE

Le linee di alimentazione dell'illuminazione pubblica realizzate con cavidotti interrati dovranno rispettare le distanze dagli altri sottoservizi presenti nel sottosuolo previste dalla norme vigenti. Le tipologie di alterazione e ripristino stradale sono indicate nel capitolo delle opere edili, salvo disposizioni diverse impartite dall'ufficio competente dell'Amministrazione Comunale. Durante l'esecuzione delle opere descritte, i tratti di strada interessati dai lavori saranno delimitati da barriere metalliche e segnalati con cartelli stradali come previsto dal Nuovo Codice della Strada.

I cavi utilizzati per le linee dorsali degli impianti dovranno essere del tipo flessibile uni-multipolari isolanti con gomma etilenpropilenica tipo FG7 rispondenti alle norme CEI 20-13 e 20-22. I cavi dovranno essere dimensionati in modo da garantire le cadute di tensione a fine linea ed alla sicurezza contro il corto circuito nei rispetti normativi. Non utilizzare sezioni inferiori a 6 mmq per non compromettere i requisiti di espansibilità ed interconnettibilità che gli impianti di illuminazione pubblica devono avere.

Le linee di derivazione dalle dorsali dovranno essere realizzate con cavi del tipo flessibile multipolari isolanti con gomma etilenpropilenica tipo FG7 rispondenti alle norme CEI 20-13 e 20-22 della sezione minima di 2,5 mmq. Nel caso di punti luce doppi o tripli su uno stesso sostegno le linee di derivazione dovranno essere singolarmente dedicate per ogni lampada.

I punti luce disposti lungo le strade o nelle aree interessate dovranno essere suddivisi su circuiti trifasi equilibrati con neutri separati, protetti con interruttori unipolari per singola fase in modo da consentire, in caso di guasto su singola fase, il fuori servizio di una lampada su tre.

Le lampade saranno alimentate in derivazione e dovranno essere collegate alternativamente in modo ciclico sulle tre fasi.

Le giunzioni delle linee dorsali dovranno essere presenti esclusivamente in pozzetto e dovranno essere realizzate a regola d'arte per il ripristino del doppio grado di isolamento dei conduttori. La giunzione dovrà essere realizzata con morsetto a pressione tipo C crimpato con pinza oleodinamica provvista delle matrici adeguate alle sezioni del cavo, rivestita con nastro isolante in PVC con almeno due passate, successivamente con almeno tre o quattro passate di nastro autoagglomerante e come finitura nuovamente con due passate di nastro PVC. A completamento ricoprire la giunzione con resina epossidica tipo 3M o equivalente.

Le giunzioni saranno realizzate in forma stellare con i conduttori ben distanziati tra loro. A lavoro finito la giunzione dovrà risultare meccanicamente salda, non dovrà essere evidente la forma del morsetto utilizzato per la connessione. In ogni caso le giunzioni dovranno essere rispondenti alle norme vigenti e risultare in classe di isolamento II.

La protezione del singolo punto luce sarà realizzata con fusibile a cartuccia di vetro, alloggiato in portafusibile volante. Il fusibile deve avere una taratura adeguata alla potenza della lampada da proteggere.

I cavi in parete devono essere grappettati in modo da risultare paralleli, su corda d'acciaio di diametro 3/8 di pollice, perfettamente tesata tra ganci di ammarro posti in opera a distanza non superiore a 30 m e sostenuta da ganci rompitratto distanti tra loro non più di 2,5 m. Le fascette devono essere distanti tra loro, 20 cm e di misura tale da consentire un giro morto.

La corda di acciaio dovrà essere di tipo spiroidale, a 19 fili, con doppia zincatura ed in tutti i punti di ammarro, dovrà essere posta in opera con l'impiego di redance e bloccata con tre morsetti a cavallotto, di misura adeguata alla corda.

Per tutto lo sviluppo dell'impianto alla corda di acciaio deve essere assicurata la continuità elettrica mediante collegamenti eseguiti con connettori a compressione di tipo " C ". Per i ponticelli dovrà essere impiegato un conduttore semirigido della sezione minima di 16 mmq se isolato, o di 35 mmq se nudo.

Se i cavi sono tesati su corda d'acciaio di diametro inferiore, comunque mai meno di 6 mm, devono essere messi in opera cavi con il conduttore di terra giallo-verde incorporato per assicurare continuità alla maglia di terra.

Le linee aeree, per quanto attiene alla progettazione ed alla esecuzione, sono disciplinate dal DPR n° 1062 del 21 giugno 1968 come regolamento di attuazione della Legge n° 1341 del 13 dicembre 1964 e successive modifiche.

Negli attraversamenti stradali (da eseguirsi mai ad altezze inferiori a 7,00 m) la tesata deve essere rinforzata con losanghe eseguite in corda di acciaio dello stesso diametro della corda principale.

La realizzazione di linee aeree sarà concessa soltanto ai casi particolari e strettamente necessari in presenze di specifici problemi. Non sarà possibile tesare linee aeree in interferenza con fronde di alberature.