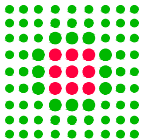






CONSEGNA		VERIFICA / VALIDAZIONE / APPROVAZIONE									
DATA E PROT.		DATA E PROT.									
<div>  <div> <p>SERVIZIO SANITARIO REGIONALE EMILIA ROMAGNA</p> <p>Azienda Unità Sanitaria Locale di Reggio Emilia</p> <p>IRCCS Istituto in tecnologie avanzate e modelli assistenziali in oncologia</p> <p>Dipartimento Tecnico - Area Tecnica Patrimoniale</p> </div> <div>  </div> </div>											
TITOLO PROGETTO OSPEDALE DELLA COMUNITA', CASA DELLA COMUNITÀ E CENTRALE OPERATIVA TERRITORIALE DI CASTELNOVO NE' MONTI (RE)											
LIVELLO DI PROGETTAZIONE		PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA									
GRUPPO DI LAVORO Area Tecnica Patrimoniale AUSL Reggio Emilia		TIMBRI E FIRME <div> <div>   </div> </div>									
		PROPRIETÀ' AZIENDA USL DI REGGIO EMILIA DIRETTORE GENERALE Dott.ssa Cristina Marchesi									
											
DIPARTIMENTO TECNICO DIRETTORE Ing. Paolo Canepari	RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Pasquale Pettoruso	DIREZIONE LAVORI	N. PROGRES. <div></div>								
ELABORATO: RELAZIONE GEOLOGICA		CODICE PROG. SCALA /	ELAB. N. R.03								
DATA Gennaio 2022	PRATICA N.	REFERENTE AMMINISTRATIVO	AGGIORNAMENTI								
FILE	ARCHIVIO AUSL N.	COLLABORATORE/ESTENSORE	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>4</td> <td></td> </tr> </table>	1		3		2		4	
1		3									
2		4									



Dott. Geol.
PAOLO BERETTI

Geologia Applicata e Geotecnica
Consulenze e Controlli Ambientali

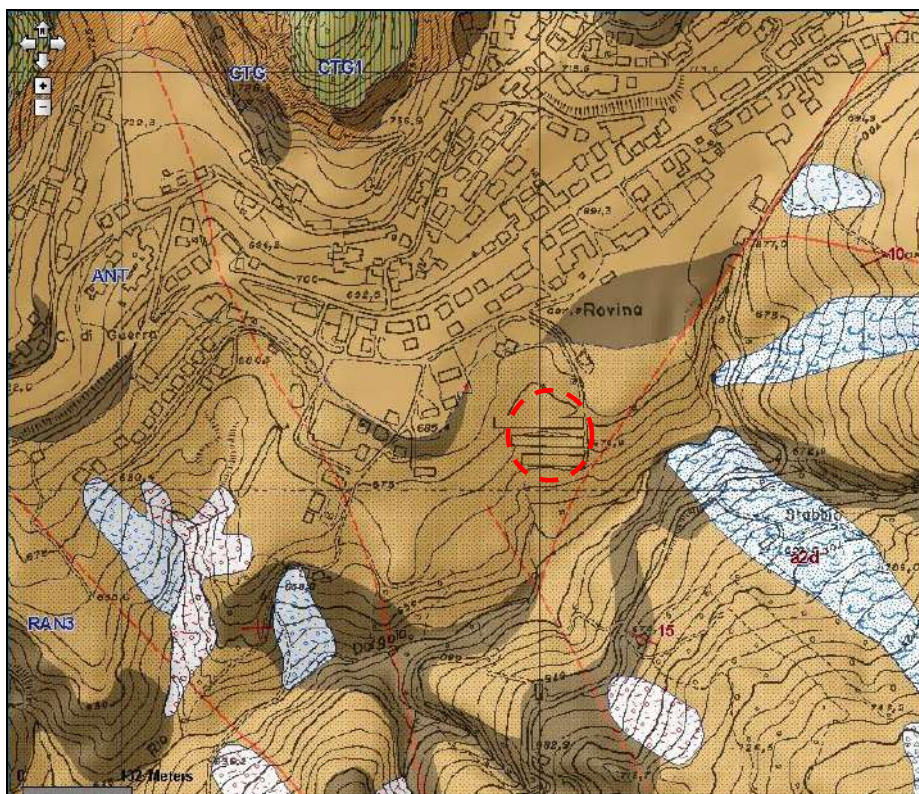
Via De Gasperi 2/1 , 42020 Quattro Castella (RE)

Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667 e-mail: beretti.paolo@libero.it; studio.beretti@gmail.com

COMMITTENTE

Amministrazione Comunale di Castelnovo nè Monti (RE)

Provincia di Reggio Emilia
Comune di Castelnovo nè Monti



**Aree adiacenti alla nuova struttura per anziani: casa protetta con
60 posti in area "ex Rabotti" - Comparto di monte.**

**INDAGINE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICO
GEOTECNICA E SISMICA**

Revisione	Descrizione	Data	Redazione
0	GGs	Aprile 2013	Dott. Geol. Paolo Beretti

INDICE

Indice.....	1
Introduzione	2
Metodologia d'indagine.....	2
Inquadramenti territoriali.....	3
Ubicazione topografica.....	3
Carta inventario del dissesto PTCP 2010 – Vincoli Programmatici	4
Inquadramento geologico e strutturale	5
Inquadramento geomorfologico	6
Inquadramento idrogeologico	8
Inquadramento idraulico	8
Analisi di microzonazione sismica approfondita.....	9
Inquadramento topografico.....	11
Identificazione categoria suolo di fondazione.....	12
effetti attesi e livelli di approfondimento.....	13
Fattore di amplificazione sismico stratigrafico locale (DAL 112/2007).....	15
Coefficiente di amplificazione topografico.....	16
Analisi Suscettibilità alla Liquefazione.....	16
Frequenza primaria terreni di fondazione	16
Analisi Geologico – Geotecnica.....	17
Analisi geomeccanica dei terreni.....	18
indicazioni preliminari su Tipologia e Piano di posa fondale.....	20
verifica di stabilità del pendio	22
Conclusioni	25
Allegati.....	32

INTRODUZIONE

Nell'ambito degli studi di fattibilità geologico geotecnica e sismica delle aree adiacenti alla nuova struttura protetta con 60 posti in area "ex Rabotti", a Castelnovo nei Monti (RE), si è svolta la presente relazione relativa al comparto di monte.

Dette analisi hanno consentito di individuare i caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e geomeccanici dei terreni formanti il primo sottosuolo e quindi di effettuare la valutazione delle condizioni per l'uso edificatorio dell'area in oggetto.

Lo studio, svolto su commissione dell'**Amministrazione Comunale di Castelnovo ne' Monti**, con sede in Via 25 Aprile Castelnovo ne' Monti (RE), si è redatto in ottemperanza ai dettati del D.M. 11/03/88 e circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88 ed in riferimento alle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, DM 14/01/2008, alla D.A.L 112/2007 e al D.P.R. 207/2010.

METODOLOGIA D'INDAGINE

Indagine geognostica

Per la caratterizzazione fisico meccanica del sottosuolo sono state eseguite 4 prove penetrometriche statiche CPT e 4 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH. Le prove sono state svolte utilizzando un penetrometro statico-dinamico, mod. Pagani Tg63-200, con le seguenti caratteristiche:

- **Prova penetrometrica statica:** conforme allo standard europeo (cfr. *Indicazioni ISSMFE - AGI*); le prove sono state svolte utilizzando un penetrometro statico-dinamico, mod. PAGANI TG63-200. (cfr. *Indicazioni ISSMFE - AGI*), utilizzando cella di pressione idraulica a lettura digitale e prima asta con punta meccanica *Begemann (Friction Sleeve Cone)*.
- **Prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH:** massa battente da 63,5 kgf, altezza di caduta costante: $h = 75$ cm, prima asta dotata di punta conica a sezione trasversale max di 20 cmq ed angolo di apertura alla punta $\beta = 90^\circ$.

Indagine geofisica

Al fine di determinare la categoria del suolo di fondazione, valutare lo schema sismo-stratigrafico e ricavare i parametri di microzonazione sismica dell'area in oggetto, in riferimento ai dettati sia del D.M. 14/01/2008 che della D.A.L. 112/2007, è stata eseguita la seguente indagine geofisica, utilizzando un sismografo a 24 canali ad incrementi di segnale dinamica M.A.E., attrezzato con 24 geofoni di ricezione, dotati di preamplificatori di segnale:

- **Stendimento sismico a rifrazione con elaborazione in tomografia sismica**, utilizzando un sismografo a 24 canali ad incrementi di segnale dinamica M.A.E., attrezzato con 24 geofoni di ricezione, dotati di preamplificatori di segnale. Nello specifico, per la base sismica BS1 i geofoni

sono stati disposti ad interasse di 3,0 m, eseguendo uno stendimento di lunghezza equivalente a 75,0 m. L'energizzazione nel terreno si è attuata in entrambi i casi mediante mazza battente di kg 10, eseguendo 9 tiri con battute anche all'esterno dello stendimento.

- **Stendimento sismico integrato Remi – MASW**, di lunghezza equivalente a 46 m, con geofoni disposti ad interasse pari a 2 m, per la rilevazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs; la prova sismica attiva restituisce elevato grado di dettaglio relativamente ai depositi superficiali; la prova sismica passiva Re.Mi, invece, presenta maggior grado di dettaglio in profondità. L'energizzazione nel terreno per la prova MASW si è attuata mediante mazza battente di kg 10, eseguendo 7 tiri con battute all'esterno dello stendimento.

Inoltre, al fine di poter analizzare, nel suo insieme, il versante in oggetto sono state valutate ed analizzate ulteriori prove geognostiche ed indagini geofisiche, realizzate dallo Scrivente, all'interno dei due lotti sottostanti all'area in esame:

- **Nuova struttura per anziani:** n°4 prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH, n°5 prove penetrometriche statiche CPT, n°2 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, analisi di laboratorio geotecnico, n°1 stendimento sismico a rifrazione con elaborazione tomografica ed uno stendimento sismico integrato Re.Mi. – MASW di lunghezza equivalente pari a 46 m.
- **Analisi di fattibilità geologica e sismica del comparto di valle:** n°3 prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH.

INQUADRAMENTI TERRITORIALI

UBICAZIONE TOPOGRAFICA

Dal punto di vista morfologico, il sito si colloca nel comparto centrale del Comune di Castelnovo nei Monti, in corrispondenza del comparto centrale di un versante a media acclività e declinante in direttrice nord nord est; le quote topografiche sono corrispondenti a 685,0 ÷ 690,0 m s.l.m.

















Cartografia di riferimento

Foglio 1:50000	218	Castelnovo ne' Monti
Tavola 1:25000	218SO	Castelnovo ne' Monti
Sezione 1:10000	218130	Castelnovo ne' Monti
Elemento 1:5000	218131	Castelnovo ne' Monti

CARTA INVENTARIO DEL DISSESTO PTCP 2010 – VINCOLI PROGRAMMATICI

Le perimetrazioni della “Carta Inventario del dissesto (PAI-PTCP)e degli abitati da consolidare e trasferire (L445/1908), allegato P6 - sez 18130”, non individuano, in corrispondenza dell’area di impronta dell’intervento edificatorio, alcun fenomeno di dissesto idrogeologico, sia esso in stato di attività o di quiescenza.

Legenda

Carta Inventario del Dissesto		PAI
	Frane attive (a1)	Fa
	Frane di crollo (a6)	
	Frane quiescenti (a2)	Fq
	Frane quiescenti parzialmente erose (a2a)	
	Sicliamenti in blocco (sb)	
	Frane stabilizzate	Fs
	Depositi alluvionali in evoluzione (b1)	Ee
	Depositi alluvionali in evoluzione parzialmente fissati da vegetazione (b1a)	
	Depositi alluvionali terrazzati (b2)	Eb
	Depositi alluvionali terrazzati (ordine b3 o maggiore di b3)	Em
	Conoidi in evoluzione	Ca
	Conoidi inattive	Cn
	Depositi di Versante s.l. (a3)	
	Depositi morenici (c1)	
	Depositi morenici rissanti (c3)	
	Depositi morenici wumiani (c4)	

Aree a Rischio idrogeologico Molto Elevato

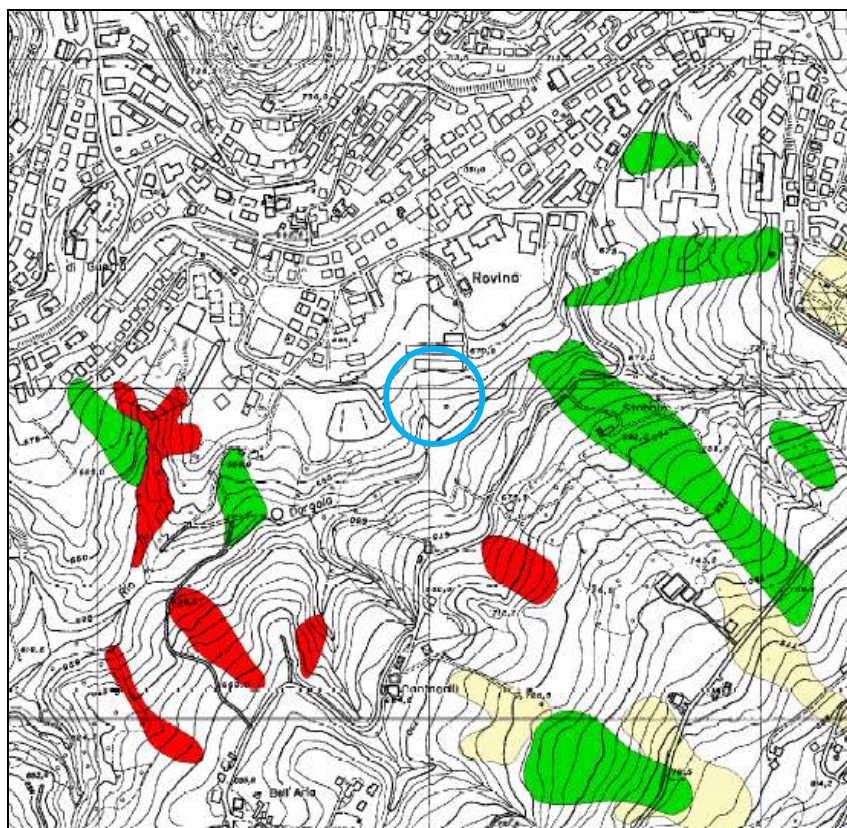


Fig. 1: Carta del dissesto - PTCP - allegato P6 - sezione 218130.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE

Le caratteristiche geologiche generali dell'area di studio, sono tipiche di uno stile di ricoprimento, con unità tettoniche sovrapposte. L'area di studio è caratterizzata dall'affioramento delle unità epiliguri eo-oligo-mioceniche Ranzano-Bismantova "semiautoctono", che comprende le Formazioni di Monte Piano, Ranzano, Antognola e Bismantova.

L'assetto strutturale di queste ultime è complesso e scompaginato; localmente sono presenti sinclinali più o meno asimmetriche, ad orientazione circa ovest est e generalmente coricate verso ovest – nord ovest (sinclinale di Vetto - Carpineti).

L'area in analisi e buona parte del territorio di Castelnovo Né Monti, appartiene all'ala meridionale e sud orientale di detta sinclinale. Quest'ultima si raccorda alle altre unità tettoniche tramite anticlinali, strizzate e profondamente erose, al cui nucleo affiorano estesamente le formazioni argillose del substrato ligure.

Dal punto di vista strutturale nella fascia dell'appennino reggiano in oggetto, le principali linee tettoniche sono orientate in direzione appenninica (NW-SE), e sono ubicate in prevalenza immediatamente a sud ed a nord del bacino epiligure di Vetto - Carpineti.

Detta conformazione rappresenta la parte attualmente affiorante del sistema di *thrust* che durante il Miocene ed il Pliocene ha permesso l'embricazione dell'appennino.

Un altro importante sistema di linee tettoniche è quello trasversale a direttrice generalmente nord est – sud ovest. A questo ultimo sistema dislocativo appartengono i principali elementi tettonici lineari che interessano il territorio all'intorno del sito di intervento:

- *linea del Secchia* circa in corrispondenza del confine comunale meridionale di Castelnovo Né Monti e quello settentrionale di Villa Minozzo,
- *linea della Val d'Enza* che contraddistingue la porzione mediana dell'omonima valle ed assume orientamento NNE-SSW.

Secondo la nuova denominazione CARG della Regione Emilia Romagna, i terreni dell'area in esame sono ascrivibili all'unità **RAN3** (Formazione di Ranzano – Membro di Varano de Melegari), costituita prevalentemente da litoareniti ben cementate di colore grigio piombo.

La giacitura degli strati, in corrispondenza dell'area in oggetto, risulta prevalentemente a traverpoggio con una componente a franapoggio, caratterizzata da inclinazione compresa tra 10° e 15°, quindi a basso angolo.

La successione delle rocce sedimentarie e dei depositi quaternari affioranti nella zona in analisi (Tav. 2) è rappresentata dagli orizzonti di seguito descritti, dall'alto in basso in senso stratigrafico.

Si riporta di seguito la successione litostratigrafica inerente all'allegata *Tav. 2 Carta geologica*.

A) DEPOSITI QUATERNARI

DEPOSITI GRAVITATIVI IN MASSA, FRANE (OLOCENE ATTUALE E NON ATTUALE).

Presentano forme ed estensioni diverse e sono costituiti da materiali eterometrici non classati e non stratificati. I rapporti materiale fine/materiale grossolano sono estremamente variabili in relazione al tipo di accumulo. Occupano posizioni di fondovalle e/o rivestono fianchi dei pendii assumendo forme sia attive che non in evoluzione palese.

I fenomeni franosi sia attivi che quiescenti relativamente prossimi al sito di intervento sono di estensione non rilevante, e si rilevano 0,2 ÷ 0,3 km a sud est dell'area in analisi e non interessano e non potranno interessare in futuro la stessa.

B) SUCCESSIONE DEL SUBSTRATO – DOMINIO EPIILIGURE

Gruppo di Bismantova

FORMAZIONE DI CONTIGNACO (CTG) (ACQUITANIANO TERMINALE – BURDIGALIANO P.P)

Marne a contenuto siliceo, in strati sottili e medi, di colore grigio – verdognolo con patine manganesifere di alterazione, a frattura scheggiata. Selce generalmente diffusa, localmente in noduli e liste; locali sottili livelli vulcoclastici. Parzialmente suddivisa nei membri eteropici di Carpineti (CTG2) e Villaprara (CTG1). Potenza variabile da qualche decina di metri a 300 m. Passaggio inferiore graduale ad ANT.

MEMBRO DI VILLAPRARA (CTG1)

Pacchi di strati medio-sottili, gradati, arenaceo-pelitici (A/P>1) separati da spessori anche metrici di marne silicifere. Spessore variabile da poche decine di metri a 250 m. Contatto inferiore netto e passaggio superiore graduale con le peliti di CTG; eteropico nella parte basale e media con il precedente. Sedimentazione da correnti di torbidità.

FORMAZIONE DI ANTOGNOLA (ANT) (RUPELIANO TERMINALE - ACQUITANIANO)

Peliti e marne verdognole con patine manganesifere, a stratificazione mal distinta; locali sottili orizzonti vulcanoclastici. Vi sono intercalate le Breccie di Canossa (MVT), i Membri di Fola (ANT6) e di Iatica (ANT5) e lo Strato di Cà di Lama (cl). Potenza variabile da pochi metri a qualche centinaio di metri. Contatto su RAN generalmente discontinuo, localmente in discordanza angolare. Ambiente di scarpata e di base scarpata.

FORMAZIONE DI RANZANO (RAN) (PRIABONIANO SUP. – RUPELIANO SUP.)

Data da più corpi sedimentari con geometria da lenticolare a tabulare e con facies deposizionali molto variabili da arenaceo-conglomeratiche a pelitico arenacee, con prevalenza delle facies grossolane nella parte inferiore e delle facies fini nella parte superiore e nel settore sud orientale. Limite inferiore netto, talora erosivo, con MMP, marcato dalla comparsa di livelli arenacei; localmente poggia direttamente sul substrato ligure. Limite superiore netto, talora discordante, con ANT, marcato dalla scomparsa dei livelli arenacei. Potenza variabile da qualche metro ad oltre 1500 m. è interamente distinta in sottounità. Origine prevalentemente torbitica; ambiente di scarpata e di bacino, con intercalazione di frane sottomarine.

MEMBRO DI VARANO DE' MELEGARI (RAN3) (RUPELIANO MEDIO – SUP.)

Unità prevalentemente pelitico arenacea: litoareniti ben cementate di colore grigio piombo, particolarmente ricche di frammenti di rocce carbonatiche, in strati da molto sottili a spessi, talora molto spessi, con geometria sia tabulare che lenticolare. Presentano frequenti intervalli caotici. Sono presenti anche livelli ricchi di frammenti di serpentinoscisti ed altre metamorfiti di alta pressione e strati sottili di vulcano areniti feldspatiche. Potenza complessiva da pochi metri a circa 600 m. Limite netto, talora discordante su RAN2; limite superiore talora discordante con ANT.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il sito in oggetto è stato interessato, in epoche passate, da azioni modellatrici che hanno inciso e profondamente modificato le originarie morfologie. Gli agenti modellanti di maggior influenza sono stati le acque di scorrimento e la gravità e non da ultimo l'uomo che, sia in periodi storici che attualmente, ha profondamente variato le forme naturali proprie del territorio in analisi.

Quest'ultimo, durante il Wurm era sito al di sotto del limite delle nevi persistenti nella fascia a valle del margine dei ghiacciai che scendevano dal crinale appenninico (M.te Cusna e Alpe di

Succiso). L'aspetto tipico del paesaggio era quindi in parte di prateria alpina ed in parte a vegetazione praticamente assente, caratteristico di ambiente morfoclimatico periglaciale.

I depositi caratteristici di detto ambito, sono attualmente rappresentati dai relitti di una estesa superficie topografica di glacis, che si estendeva radialmente a partire dalla Pietra di Bismantova. Successivamente al Wurm e durante l'Olocene antico le condizioni climatiche sono progressivamente mutate verso condizioni dapprima Boreali e poi Atlantiche, con conseguente scioglimento dei ghiacci e formazione di corsi d'acqua sempre più imponenti. Questi ultimi hanno progressivamente inciso i depositi wurmiani, separando in lembi il glacis precedentemente formatosi che risultava sempre più terrazzato.

Nell'Olocene antico, in condizioni climatiche diverse dalle attuali, si sono sviluppati imponenti fenomeni gravitativi, generati da fenomeni di rammollimento e plasticizzazione di litotipi essenzialmente argillosi - argilloso limosi. Detti processi, influenzati con tutta probabilità anche da eventi sismici, hanno interessato anche l'area in oggetto (denominata non a caso "La Rovina"), anche se attualmente non si hanno indizi espliciti della presenza di fenomeni gravitativi e gli strumenti programmatici territoriali non individuano processi attivi o quiescenti.

Nel recente passato, il sito in oggetto è stato, inoltre, interessato da un intervento edilizio finalizzato ad attività di allevamento (Z.A.I. - La Rovina); le opere suddette hanno profondamente modificato l'assetto morfologico dell'area: infatti, attualmente la superficie topografica risulta caratterizzata dalla presenza di terrazzamenti antropici che presentano sia orizzonti di riporto che superfici profondamente sbancate.

In ragione degli effetti indotti dall'attività antropica, il primo sottosuolo è interessato da sensibili variazioni laterali del grado di consistenza dei materiali. Infatti, il comparto centro occidentale del versante in analisi (casa di cura: DPSH2 - CPT14 - CPT15 - CPT16; area di monte: CPT18 - CPT19 - CPT20) presenta materiali a minor grado di consistenza dovuti alla presenza di un modesto fenomeno gravitativo o, più probabilmente, al colmamento di un'antica vallecchia fluviale. Tale ipotesi trova riscontro sia dalla disamina della cartografia CTR, ove è segnalata la presenza di un solco vallivo secondario legato all'azione del Rio Dorgola, sia dall'analisi delle sezioni geologiche, che individuano un classico profilo a V degli orizzonti a minor consistenza meccanica.

In questa fascia il substrato roccioso si riscontra a profondità variabili tra -6,0 ÷ -8,0 m da p.c., e soggiace a termini argillosi e argilloso limosi a bassa consistenza meccanica, al cui interno sono presenti materiali trovanti di natura litoide.

Procedendo verso il limite orientale dei siti in analisi il substrato roccioso tende a risalire, sino a profondità pari a -2,5 ÷ -4,0 m da p.c., e con esso si registra anche un miglioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti.

All'interno dei fori penetrometrici, si è provveduto alla misurazione della profondità del battente idrico sotterraneo, ottenendo i seguenti dati:

DPSH10	Foro chiuso -2,10 m da p.c.
DPSH11	Foro chiuso - 5,40 m da p.c.
DPSH12	Foro chiuso - 2,90 m da p.c.
DPSH13	Foro chiuso - 2,50 m da p.c.
CPT17	Foro chiuso - 2,50 m da p.c.
CPT18	Battente idrico sotterraneo -0,70 m p.c.
CPT19	Battente idrico sotterraneo -1,70 m p.c.
CPT20	Battente idrico sotterraneo -0,70 m p.c.

Le profondità vicine al piano campagna, registrate nei fori di Cpt18-19-20, sono correlabili all'intenso periodo di precipitazioni nevose e piovose precedenti alla data di esecuzione delle stesse.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, l'area in esame risulta costituita per la maggior parte da complessi flyschoidi, in gran parte alloctoni, in cui la componente argilloso marnosa domina su quella lapidea.

Lo scenario che emerge è una serie di bacini idrogeologici di modeste dimensioni e potenzialità su scala regionale, che si traduce in un carattere estremamente locale dei medesimi.

Per quanto concerne l'estensione limitata di suddetti serbatoi è la conseguenza di un assetto strutturale estremamente scompaginato del medesimo Appennino. Infatti, si può facilmente osservare come Formazioni permeabili si trovino a contatto con materiali impermeabili, limitando o impedendo la circolazione dell'acqua nel sottosuolo.

Il secondo aspetto limitante della capacità idrica delle formazioni geologiche costituenti l'arco appenninico è legata ad una netta dominanza dei litotipi a bassa permeabilità; e di come questa sia legata alla componente minoritaria della stessa struttura idrogeologica. Nonostante tutto, le componenti litoidi presentano una buona permeabilità secondaria, in quanto estremamente fessurate e fratturate.

I depositi eluvio - colluviali, derivanti da processi geomorfologici e/o antropici, caratterizzanti il primo sottosuolo, costituiscono potenziali serbatoi idrogeologici ad elevata permeabilità, la cui ricarica e capacità sono direttamente proporzionali alle condizioni meteoriche.

INQUADRAMENTO IDRAULICO

L'area in oggetto si ubica in adiacenza del Rio Dorgola, il cui alveo attualmente dista circa un centinaio di metri dall'area in progetto.

Il Rio Dorgola si origina e nasce circa trecento metri più ad est del toponimo Rovina, intorno a quota 675 m s.l.m., e si sviluppa in direttrice nord est - sud ovest, sino in località Bodedre. In

corrispondenza di quest'ultima, assume un andamento con orientazione nord nord est – sud sud ovest, sino al toponimo Parisola, ove si biforca ed in sinistra idrografica il corso d'acqua aumenta le dimensioni del suo letto ordinario, aumenta di portata, e si tramuta in Torrente Dorgola.

Dalla disamina della cartografia tecnica regionale, CTR, si evince come un modesto affluente, in destra idrografica, sia presente pochi metri più a valle del comparto di valle del versante in analisi.

Nell'ambito di studio, il *pattern* fluviale assume andamento subdentritico. La portata degli assi fluviali risulta, solitamente, assai limitata e legata a fenomeni di eccezionale carattere meteorologico.

Nell'area in oggetto, non sono mai stati verificati fenomeni di esondazione e/o allagamento per piogge critiche.

ANALISI DI MICROZONAZIONE SISMICA APPROFONDATA

Nell'ambito territoriale a cui appartiene il Comune di Castelnovo nei Monti, il *Catalogo Parametrico dei terremoti di area italiana NT4.1* (Camassi e Stucchi, 2004) documenta eventi sismici giungenti al 7° - 8° grado della Scala Mercalli - Cancani – Sieberg, con intensità compresa tra $M = 4,5 \div 5,4$.

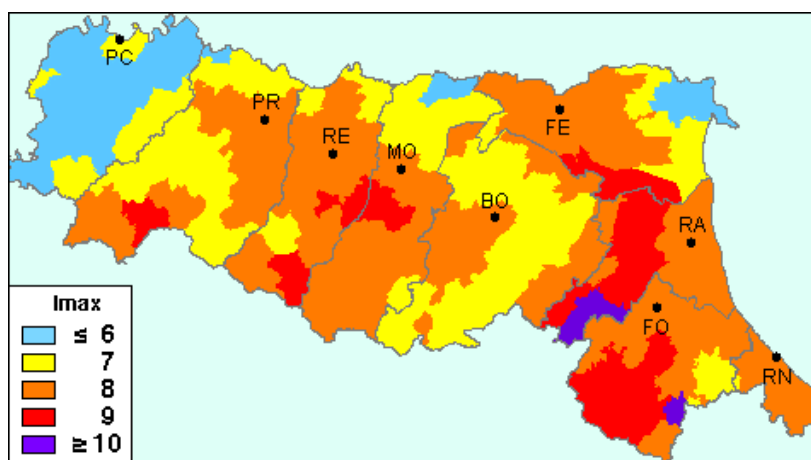


Fig. 2: Zonazione sismica della RER sulla base della scala MCS.

Nell'ambito a cui appartiene il territorio comunale di Castelnovo nei Monti, il Database Macrosismico DBMI04, utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004 – INGV, Bologna) sono documentati gli eventi sismici di seguito riportati:

Storia sismica di Castelnovo nei Monti (RE) [44.435, 10.400]

Osservazioni disponibili: 17

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
F	1885	02	26	20	48	SCANDIANO	78	6	5.22
6	1898	03	04			CALESTANO	260	7	5.07
NF	1899	06	26	23	17	Valle del Bisenzio	134	7	5.09
3	1904	11	17	05	02	PISTOIESE	204	7	5.18
5	1914	10	27	09	22	GARFAGNANA	618	7	5.79
6	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
3	1936	10	18	03	10	BOSCO CANSIGLIO	267	9	5.90
5-6	1939	10	15	14	05	GARFAGNANA	62	7	5.20
5	1965	11	09	15	35	ALTA V. SECCHIA	32	5	5.01
3-4	1971	07	15	01	33	Parmense	228	8	5.61
4	1972	10	25	21	56	PASSO CISA	198	5	4.95
NF	1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	1317	10	6.89
4	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10
NF	1987	05	02	20	43	REGGIANO	802	6	5.05
3-4	1995	08	24	17	27	APPENNINO BOLOGNESE	56	6	4.67
4	1995	10	10	06	54	LUNIGIANA	341	7	5.04
5-6	1996	10	15	09	55	CORREGGIO	135	7	5.44

Fig. 3: Storia sismica del comune di Castelnovo nei Monti.

A detti dati vanno aggiunti quelli relativi ai recenti eventi sismici, datati 20/05/2012 e 29/05/2012 che hanno presentato intensità pari a $MW = 5.8 \div 5.9$, la cui distribuzione areale è presentata nella figura seguente.

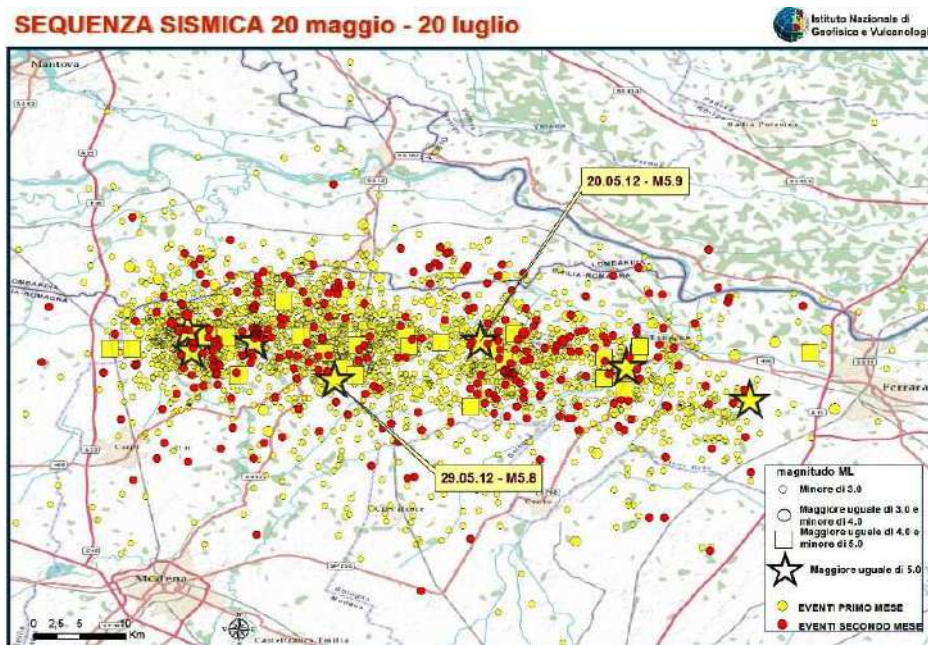


Fig. 4: Distribuzione degli epicentri dei terremoti che hanno colpito la bassa Pianura Padana.

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio in analisi hanno origine, per la quasi totalità, nei primi 15 ÷ 25 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale. La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito territoriale in

oggetto alla zona sismogenetica 913. La componente cinematica principale che regola la distribuzione degli sforzi all'interno di suddetta fascia è di tipo compressivo (prevalentemente *thrust*) legata all'accavallamento delle propaggini del fronte appenninico.

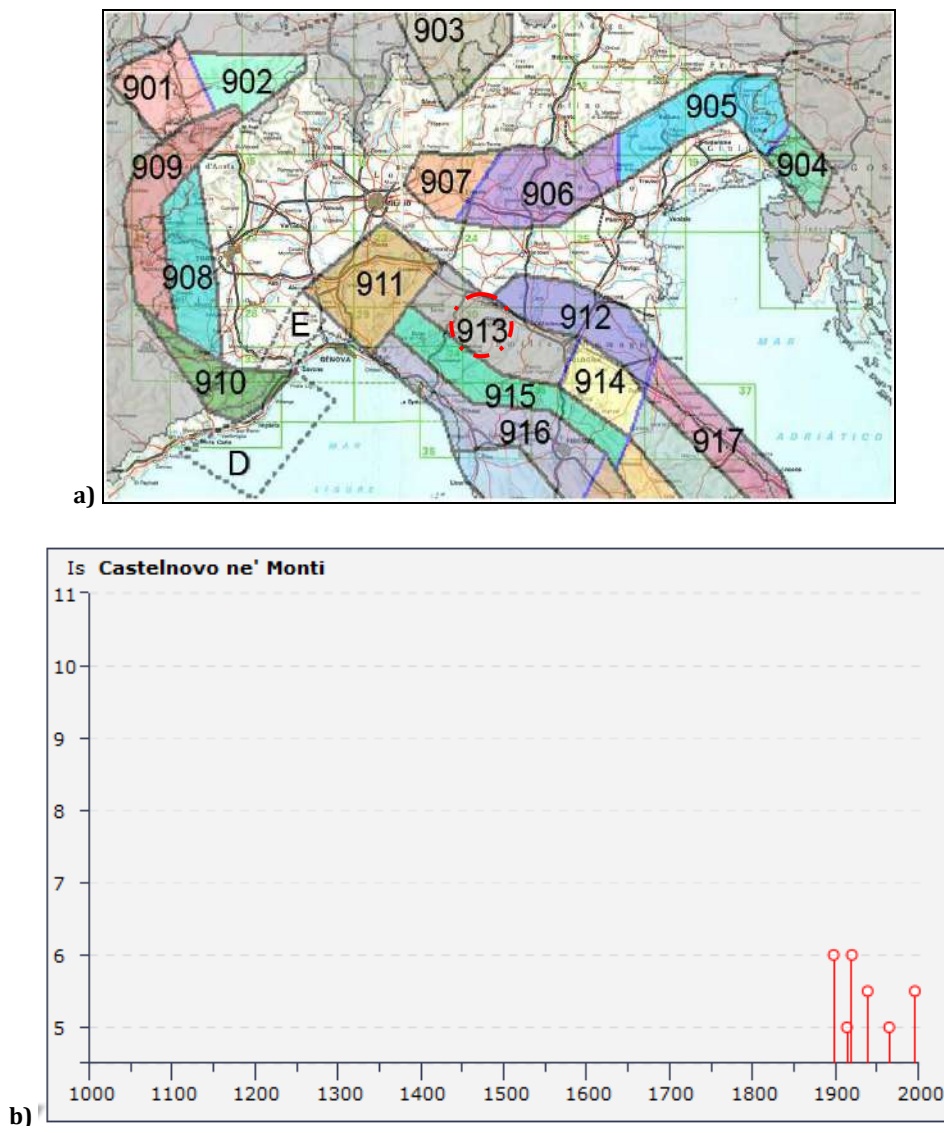


Fig.5a - b: Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Le coordinate geografiche (**ellissoide ED50**) relative circa al centro dell'area di intervento corrispondono a:

$$10,40166 \div 44,43096$$

(utilizzate per il calcolo dell'azione sismica – DM 14-01-08)

IDENTIFICAZIONE CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

I dati acquisiti dalle rilevazioni effettuate, denotano che i primi 30 m del sottosuolo, sottostanti la probabile quota di incastro delle fondazioni, sono contraddistinti da velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , profondità e spessori, come riportato nella seguente tabella:

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. m	Spessore medio	V_s m/sec
1	1,4 ÷ 2,5	1.1	206
2	2,5 ÷ 6,0	3.5	224
3	6,0 ÷ 10,5	4.5	220
4	10,5 ÷ 16,0	5.5	352
5	16,0 ÷ 22,5	6.5	480
6	22,5 ÷ 31,4	8.9	518

La definizione del valore V_{s30} , velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, si è determinata mediante la relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato i -esimo, m/sec,

ottenendo, per i metodi di acquisizione sopra descritti, i seguenti valori di velocità V_{s30} :

$$V_{s30} = 349 \text{ m/sec}$$

Dai parametri sopra esposti e delle caratteristiche geotecniche delle verticali delle prove DPSH, risulta che i litotipi che formano i primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti la quota di incastro delle fondazioni, sono attribuibili a:

Categoria C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

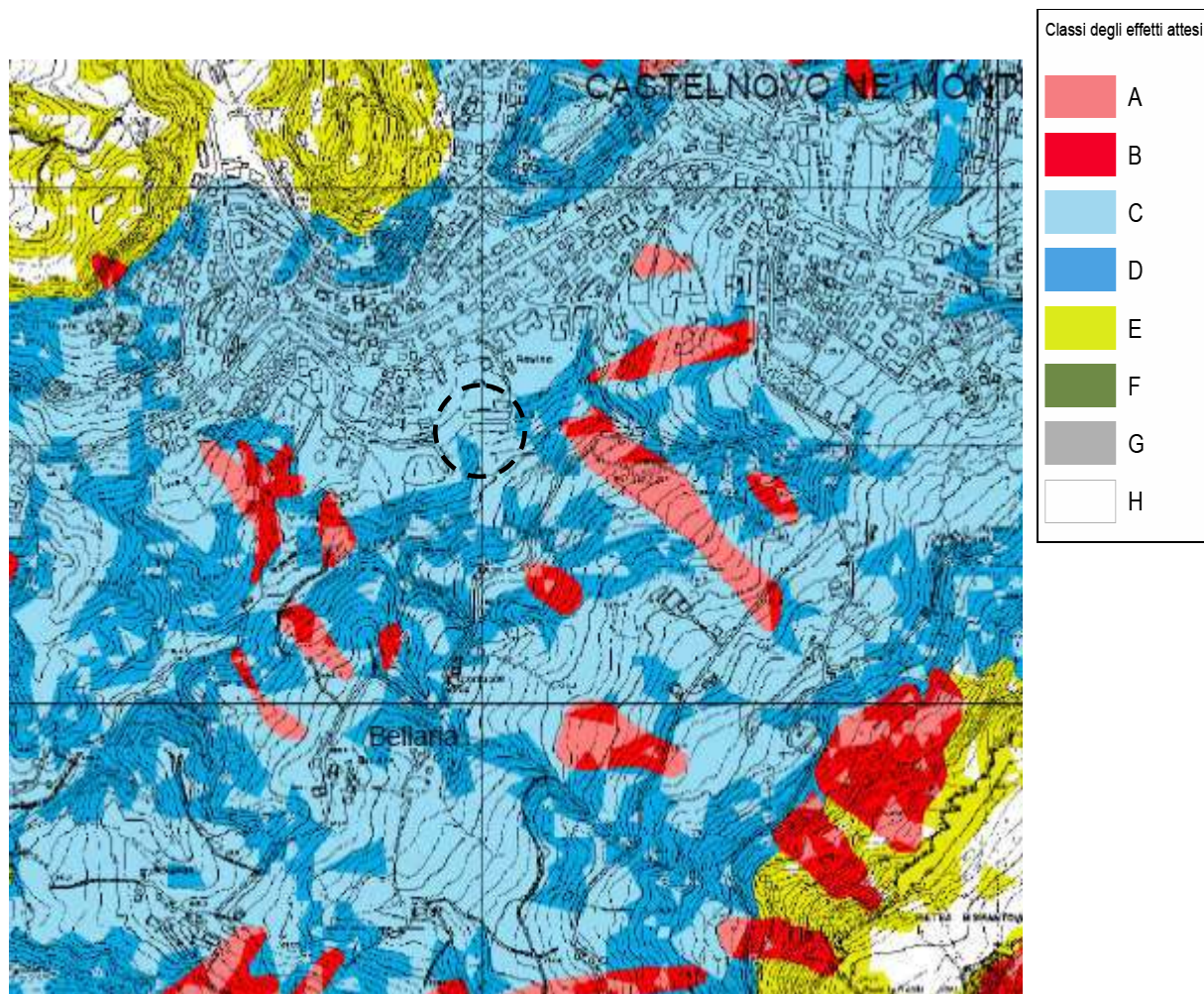
Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo	
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

L'analisi sismica secondo il D.M. 14/01/2008 del sito in esame dovrà essere sviluppata all'interno della relazione geologico geotecnica e sismica relativa ai progetti esecutivi.

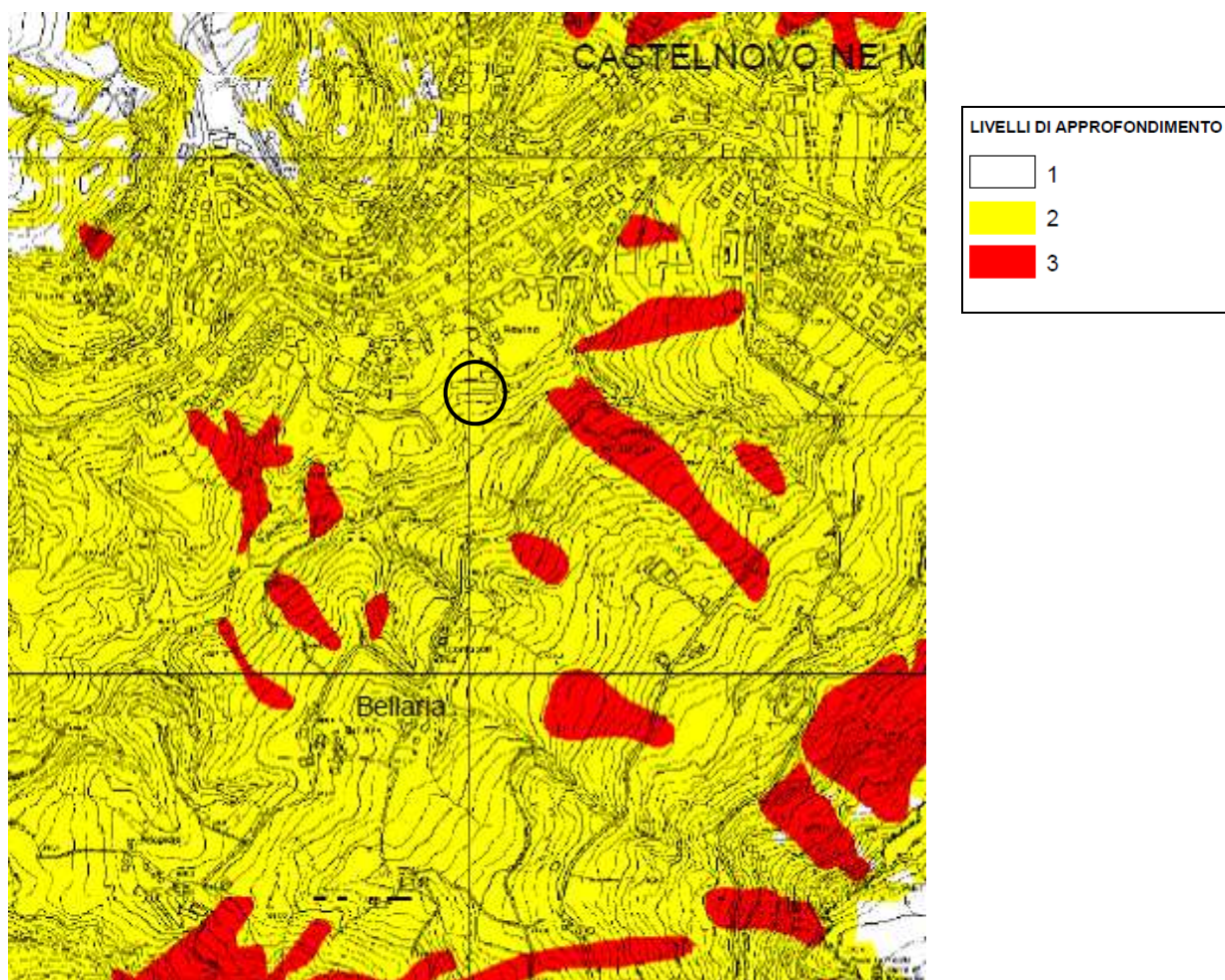
EFFETTI ATTESI E LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

Dall'estratto della Carta delle aree suscettibili di effetti attesi" del PTCP vigente della Provincia di Reggio Emilia, si rileva che il terreno oggetto di indagine ricade nell'ambito delle aree suscettibili di amplificazione sismica per caratteristiche stratigrafiche e topografiche.

Per questi ambiti è richiesta un approfondimento di indagine sismica di II livello.



		EFFETTI ATTESI				
		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIQUEFAZIONE
CLASSI	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	F	X				X
	G	X			X (potenziale)	
	H					



FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SISMICO STRATIGRAFICO LOCALE (DAL 112/2007)

Sulla base delle indicazioni della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n° 112 del 02/05/2007 – Allegato A2, si è determinato il coefficiente di amplificazione sismico locale, mediante la relazione di *Housner*:

$$\Delta a = \int_{T_1}^{T_2} PSV dt$$

dove:

Δa = fattore di amplificazione

PSV = spettro di risposta in velocità

In occasione di sollecitazione sismica, in funzione delle caratteristiche litostratigrafiche locali, la successione sismostratigrafica può essere interessata dai seguenti fattori di amplificazione (non comprensivi dell'effetto di amplificazione topografica):

$$Fa_{PGA} = 2,15$$

$$Fa_{IS(0,1 < T_0 < 0,5)} = 2,05$$

$$Fa_{IS(0,5 < T_0 < 1)} = 1,55$$

per un valore dell'accelerazione al suolo di riferimento pari a:

$$a_g = 0,163 \text{ g}$$

COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICO

Sulla base delle indicazioni della D.A.L. 112/2007, si potrà considerare un coefficiente di amplificazione topografica pari a:

$$S_T = 1,200$$

D.A.L. 112/2007 (Approfondimento II livello)

Categoria suolo di fondazione	C
Pga di riferimento	0,163
Coefficiente di amplificazione litologica FA di pga	2,15
Coefficiente di amplificazione litologica FA IS ($0,1 < T_0 < 0,5$)	2,05
Coefficiente di amplificazione litologica FA IS ($0,5 < T_0 < 1,0$)	1,55
Coefficienti di amplificazione topografico:	1,200
a_{max}/g	0,421
coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0,101$
coefficiente sismico verticale	$k_v = \pm 0,051$

Tali dati dovranno essere verificati nell'ambito della campagna geofisica relativa alla fase esecutiva, una volta definite le scelte progettuali relative ai piani di posa fondali e determinato lo studio sismico relativo allo stato limite ultimo.

ANALISI SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

L'analisi della sequenza litomeccanica evidenzia che i terreni, riscontrati nel primo sottosuolo, sono costituiti da litotipi argilloso limosi e limoso argillosi, con intercalazioni clastiche, a medio-elevata consistenza, seguiti da litotipi litoidi, ad elevata consistenza.

Nei litotipi superficiali, la percentuale in componenti fini (diametri minori di 0,005 mm) è superiore al 20%; inoltre il grado di addensamento dei materiali litoidi risulta notevolmente elevato.

Dette caratteristiche evidenziano che i terreni che formano il primo sottosuolo non sono suscettibili a rischio di liquefazione in occasione di sollecitazione sismica.

FREQUENZA PRIMARIA TERRENI DI FONDAZIONE

In riferimento alle caratteristiche della verticale sismostratigrafica che evidenzia un netto contrasto di impedenza sismica tra gli orizzonti litologici meno rigidi formanti i primi 10,5 m ($V_{sH} = 218 \text{ m/s}$) dal piano di campagna e quelli presenti da dette quote a - 30 m p.c e quindi a comportamento piu' rigido, si è determinata la frequenza fondamentale propria dei terreni mediante la relazione:

$$f = \frac{V_s}{4H}$$

dove:

f_0 = frequenza propria dei terreni

V_s = velocità onde sismiche di taglio, m/sec

H = spessore terreni relativamente meno rigidi, m

ottenendo:

$$f = \frac{218}{42} = 5,19 \text{ Hz}$$

equivalente ad un periodo fondamentale dei terreni pari a:

$$T_0 = 0,193 \text{ sec}$$

In fase esecutiva, partendo da tale dato, risulterà necessario determinare che non si verifichino effetti di doppia risonanza tra terreni di sottofondazione e strutture in progetto

ANALISI GEOLOGICO – GEOTECNICA

Allo scopo di determinare le caratteristiche fisico meccaniche del sottosuolo, sono state eseguite quattro prove penetrometriche statiche CPT e quattro prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH; i punti indagati sono ubicati come nella planimetria *Tav. 3 – Planimetria Ubicazione Indagini* ed i relativi risultati appaiono visualizzati negli allegati: *diagrammi penetrometrici*.

Successione litomeccanica (DPSH10 – DPSH11 – DPSH12 – DPSH13 – CPT17 – CPT18 – CPT19 – CPT20)

Profondità	Descrizione Litomeccanica
Da piano campagna a - 1,0 ÷ - 6,0 m p.c.	Orizzonte superficiale costituito da litotipi argilloso limosi – limoso argillosi, a grado di consistenza meccanica estremamente basso. Al penetrometro dinamico superpesante si registra un numero medio di colpi per avanzamento di 20 cm pari a $N_{20m} = 0,2 \div 0,5$. Al penetrometro statico, in corrispondenza di CPT 17 - CPT18 - CPT19 – CPT20, si registrano valori medi di resistenza alla punta compresi tra $q_{cm} = 6 \div 12 \text{ kgf/cm}^2$, con valori medio massimi pari a $50 \div 110 \text{ kgf/cm}^2$ in corrispondenza modesti orizzonti attribuibili a materiali litoidi. I valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillano tra $f_{sm} 0,4 \div 1,3 \text{ kgf/cm}^2$. Solo in corrispondenza di DPSH10 si registra l'ispessimento di suddetto orizzonte sino ad una profondità di circa -6,2 m da p.c.
Da - 1,0 ÷ - 6,0 a -2,0 ÷ - 8,0 m da p.c.	Orizzonte a medio – medio basso grado di consistenza, al penetrometro dinamico superpesante si registra un numero medio di colpi per avanzamento di 20 cm pari a $N_{20m} = 2 \div 5$. Al penetrometro statico, si riscontrano valori medi di resistenza alla punta compresi tra $q_{cm} = 14 \div 22 \text{ kgf/cm}^2$, con valori medio massimi pari a $25 \div 30 \text{ kgf/cm}^2$ in corrispondenza modesti orizzonti attribuibili a materiali litoidi; i valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillano tra $f_{sm} 0,7 \div 2,0 \text{ kgf/cm}^2$.

Da -2,0 ÷ - 8,0 a -3,6 ÷ - 9,4 m da p.c.	Unità lentiforme a grado di consistenza meccanica basso, che tende a chiudersi in direzione di monte: infatti, si estingue in corrispondenza di DPSH10 e DPSH 12. Al penetrometro dinamico superpesante si registra un numero medio di colpi per avanzamento di 20 cm pari a $N_{20m} = 1 \div 3$. Al penetrometro statico, si riscontrano valori medi di resistenza alla punta compresi tra $q_{cm} = 14 \div 22 \text{ kgf/cm}^2$, con valori medio massimi pari a $25 \div 30 \text{ kgf/cm}^2$ in corrispondenza modesti orizzonti attribuibili a materiali litoidi; i valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillano tra $f_{sm} 0,7 \div 2,0 \text{ kgf/cm}^2$.
Da -3,6 ÷ - 9,4 m A -4,8 ÷ -10,0 m da p.c.	Orizzonte contraddistinto da variabilità laterale del grado di consistenza. Per quanto concerne le verticali d'indagine DPSH11 e DPSH13 si registra un numero medio di colpi per avanzamento di 20 cm pari a $N_{20m} = 3 \div 5$, tipico di materiali a medio - medio basso grado di consistenza; mentre, procedendo verso monte, in corrispondenza delle verticali DPSH10 e DPSH12 si registra un numero medio di colpi per avanzamento di 20 cm compreso tra $N_{20m} = 9 \div 14$.
Oltre a -3,2 ÷ -4,8 ÷ -10,0 m da p.c.	Litotipi ad elevato grado di consistenza meccanica che costituiscono l'orizzonte regolitico di passaggio al substrato roccioso ivi rappresentato dalla Formazione di Ranzano - Membro di Varano de' Melegari (RAN3). Al penetrometro dinamico superpesante si registra un numero medio di colpi per avanzamento di 20 cm pari a $N_{20m} = 10 \div >40$. Al penetrometro statico si registrano valori medi di resistenza alla punta maggiori a $q_{cm} = 280 \div 360 \text{ kgf/cm}^2$.

ANALISI GEOMECCANICA DEI TERRENI

Dall'analisi geomeccanica dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche si sono ricavati i valori della coesione non drenata, c_u , dalla relazione di Begemann, l'angolo d'attrito interno, in termini di tensioni efficaci, ϕ' , da quella di L'Herminier, il grado di consolidazione dalla relazione di Ladd e il modulo edometrico dalla relazione di Mitchell e Gardner.

Il coefficiente di Poisson, ν , si è ricavato da correlazioni empiriche tra velocità di propagazione delle onde sismiche e valori di resistenza penetrometrica, il modulo elastico da correlazioni tra E_d , E e ν , il coefficiente di Winkler, k , dalle equazioni di Bowles, modificate da evidenze sperimentali direttamente ricavate.

Per quanto concerne l'analisi geomeccanica dei parametri ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche è stata eseguita sia trasformando il numero colpi N in valori di resistenza alla punta dinamica, q_d , che in valori di resistenza alla punta statica, utilizzando il N colpi statisticamente significativo per orizzonti a caratteri meccanici simili. Il calcolo della resistenza alla punta dinamica, q_d , si è effettuato mediante la relazione energetica degli olandesi:

$$q_d = \frac{q^2 \cdot h \cdot g}{a[(q + P) \cdot g]e}$$

dove:

- q_d = resistenza alla punta, kgf/cm^2
- q = peso della massa battente, kgf
- a = area della punta di infissione, cm^2
- P = peso massa aste e piano di battuta, kgf
- e = avanzamento unitario, cm
- g = accelerazione di gravità $(\text{m/sec}^2) \cdot 10^{-2}$

I parametri geomeccanici sono stati ricavati trasformando i valori di N_{20} in N_{spt} equivalenti e quindi considerando le principali relazioni presenti in letteratura.

Per i termini prevalentemente coesivi sono state utilizzate le relazioni di Terzaghi o Sanglerat per la determinazione della coesione non drenata, di Stround & Butter per la determinazione del modulo edometrico, il metodo di Righi con il qc equivalente per la definizione dell'angolo di attrito; per i termini incoerenti la definizione dell'angolo di attrito risulta dall'utilizzo comparato delle relazioni di De Mello, Sowers e Meyerhof e la determinazione del modulo edometrico dalle formule di Farrent o Menzelbach & Malcev.

L'analisi è stata effettuata in termini statistici secondo il D.M. 14/01/2008 (si veda allegato "Analisi statistica dati penetrometrici"), ricavando i valori caratteristici di resistenza alla punta (qc), di attrito laterale locale (fs) e del numero di colpi N_{20} per ognuna delle unità individuate e quindi estrapolando i parametri geotecnici di seguito evidenziati. Le profondità e gli spessori dei vari orizzonti sono definiti, con maggiore grado di dettaglio, nelle allegate sezioni geologiche interpretative; al fine di caratterizzare al meglio le unità sono state considerate tutte le verticali d'indagine eseguite nell'area.

Unità geotecnica	Dati ricavati da analisi geognostiche	Parametri fisico meccanici da laboratorio	Parametri caratteristici degli orizzonti individuati
Unità A: Da p.c. ÷ -0,5 a - 0,5 ÷ - 1,0 m p.c. Argille limose e limi argillosi, scarsamente consistenti. Grado di compressibilità elevato.	CPT $q_{ck} = 10,74 \text{ kgf/cm}^2$ $f_{sk} = 0,65 \text{ kgf/cm}^2$ DPSH $N_{20k} = 0,20$ Sondaggi meccanici $r_p = 2 \div 3$; $c_u = //$ $N_{spt} = 0,33$		$c'_k = 0,00 \text{ kgf/cm}^2$ $c_{uk} = 0,15 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_k = 16^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00190 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 26 \text{ kgf/cm}^2$ $v_k = 0,40$ $k_k = 0,53 \text{ kgf/cm}^3$
Unità B: Da - 0,5 ÷ - 1,0 A - 2,0 ÷ - 4,5 m p.c. Argille limose e limi argillosi, al cui interno sono presenti materiali litoidi più consistenti.	CPT $q_{ck} = 16,65 \text{ kgf/cm}^2$; $f_{sk} = 1,04 \text{ kgf/cm}^2$ DPSH $N_{20k} = 2,98$ Sondaggi meccanici $r_p = 2,25 \div 3,25$ $c_u = 0,8 \div 0,9$ $N_{spt} = 4,92$		$c'_k = 0,05 \text{ kgf/cm}^2$ $c_{uk} = 0,45 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_k = 22^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00195 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 48 \text{ kgf/cm}^2$ $v_k = 0,39$ $k_k = 1,04 \text{ kgf/cm}^3$
Unità Bbis: Da - 1,5 ÷ - 2,5 m p.c. Argille limose e limi argillosi a maggior contenuto di materiali litoidi.	CPT $q_{ck} = 34,57 \text{ kgf/cm}^2$; $f_{sk} = 1,90 \text{ kgf/cm}^2$ DPSH $N_{20k} = 5,05$ Sondaggi meccanici $r_p = 4 \div 5$; $c_u = >10$ $N_{spt} = 8,33$	$LL = 45$, $LP = 21$, $IP = 24$ $w = 22,53 \%$ $\gamma = 19,78 \text{ g/cm}^3$ $c' = 19,08 \text{ kN/m}^2$ $\phi' = 26,45^\circ$ $c_u = 62,03 \text{ kN/m}^2$ $\phi_u = 16,00^\circ$ $Mo = 51,33 \text{ kg/cm}^2$ $Cv = 2,23 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$	$c'_k = 0,19 \text{ kgf/cm}^2$ $c_{uk} = 1,08 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_k = 26^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00200 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 61 \text{ kgf/cm}^2$ $v_k = 0,38$ $k_k = 1,41 \text{ kgf/cm}^3$
Unità C: Da - 2,0 ÷ - 4,5 a - 2,5 ÷ - 5,5 m p.c. Argille limose e limi argillosi a	CPT $q_{ck} = 12,28 \text{ kgf/cm}^2$; $f_{sk} = 0,81 \text{ kgf/cm}^2$ DPSH $N_{20k} = 1,89$ Sondaggi meccanici	<i>Orizzonte con numerosi inclusi litici</i> $LL = 43$, $LP = 22$, $IP = 21$ $w = 21,60 \%$ $\gamma = 20,25 \text{ g/cm}^3$ $c' = 4,48 \text{ kN/m}^2$	$c'_k = 0,03 \text{ kgf/cm}^2$ $c_{uk} = 0,32 \text{ kgf/cm}^2$ $\phi'_k = 21^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00195 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 48 \text{ kgf/cm}^2$ $v_k = 0,38$

medio basso grado di consistenza.	$rp = 0,75 \div 2,25$; $cu = 0,35 \div 0,85$ $N_{spt} = 3,12$	$\phi' = 37,13^\circ$ $Mo = 54,64 \text{ kg/cmq}$ $Cv = 7,54 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$	$k_k = 1,11 \text{ kgf/cm}$
Unità Cbis: DPSH2: da -4,0 a -5,0 m p.c. Argille limose e limi argillosi scarsamente consistenti e fortemente compressibili	DPSH $N_{20k} = 0,20$ Sondaggi meccanici $rp = 1,0 \div 1,5 \text{ kgf/cm}$; $cu = 0,35 \text{ kgf/cm}$ $N_{spt} = 0,33$		$c'_k = 0,00 \text{ kgf/cm}$. $c_{uk} = 0,15 \text{ kgf/cm}$. $\phi'_k = 14^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00190 \text{ kgf/cm}$ $E_{dk} = 28 \text{ kgf/cm}$ $v_k = 0,37$ $k_k = 0,57 \text{ kgf/cm}$
Unità D: Da - 2,5 ÷ - 5,5 a - 3,5 ÷ - 5,5 m p.c. Orizzonte alterato e fratturato di passaggio all'orizzonte regolitico.	CPT $q_{ck} = 28,38 \text{ kgf/cm}$ $f_{sk} = 1,33 \text{ kgf/cm}$ DPSH $N_{20k} = 5,80$ Sondaggi meccanici $N_{spt} = 9,57$		$c'_k = 0,14 \text{ kgf/cm}$. $c_{uk} = 0,80 \text{ kgf/cm}$. $\phi'_k = 28^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00195 \text{ kgf/cm}$ $E_{dk} = 74 \text{ kgf/cm}$ $v_k = 0,39$ $k_k = 1,65 \text{ kgf/cm}$
Unità Dbis : DPSH12: da - 1,0 ÷ - 3,0 m p.c. Orizzonte a minor grado di alterazione e fratturazione di passaggio all'orizzonte regolitico.	DPSH $N_{20k} = 11,76$ Sondaggio meccanico $N_{spt} = 19,14$		$c'_k = 0,20 \text{ kgf/cm}$. $c_{uk} = 1,10 \text{ kgf/cm}$. $\phi'_k = 28^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00195 \text{ kgf/cm}$ $E_{dk} = 94 \text{ kgf/cm}$ $v_k = 0,37$ $k_k = 2,36 \text{ kgf/cm}$
Unità R: Oltre a - 3,5 ÷ - 5,5 m p.c. Orizzonte regolitico di passaggio al substrato roccioso ivi rappresentato dalla Formazione di Ranzano - Membro di Varano de' Melegari (RAN3)	CPT $q_{ck} = 150,62 \text{ kgf/cm}$; $f_{sk} = 4,28 \text{ kgf/cm}$ DPSH $N_{20k} = 31,67$ Sondaggio meccanico $N_{spt} = > 50 \text{ (R)}$		$c'_k = 0,36 \text{ kgf/cm}$. $c_{uk} = 1,90 \text{ kgf/cm}$. $\phi'_k = 31^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00215 \text{ kgf/cm}$ $E_{dk} = 250 \text{ kgf/cm}$ $v_k = 0,31$ $k_k = 7,81 \text{ kgf/cm}$

Ove: Cu = coesione non drenata, c' = coesione drenata; ϕ' = angolo di attrito efficace, γ_n = peso dell'unità di volume; Ed = modulo edometrico.

INDICAZIONI PRELIMINARI SU TIPOLOGIA E PIANO DI POSA FONDALE

In funzione delle caratteristiche della successione litologico - geotecnica riscontrata nel primo sottosuolo, ovvero la presenza di orizzonti detensionati e rimaneggiati contraddistinti da caratteristiche geotecniche scadenti, imputabili a fenomeni gravitativi pregressi e/o riempimenti di antiche incisioni fluviali, l'area oggetto di variante è stata suddivisa in quattro differenti comparti, presentanti ognuno caratteristiche geotecniche peculiari (*Tav. 4: Comparti geotecnici*).

I limiti di detti comparti sono da ritenersi indicativi e da determinarsi, con precisione, mediante un'analisi integrativa dettagliata.

COMPARTO A: SETTORE OCCIDENTALE

Tale settore è contraddistinto dalla presenza di un importante orizzonte di materiale detensionato e/o di riempimento di antiche incisioni, con caratteristiche geotecniche scadenti, sino alle profondità di -8,0 ÷ -10,0 m da p.c .

Se il comparto non è adibito a verde pubblico, la realizzazione di nuove strutture è possibile esclusivamente mediante l'utilizzo di fondazioni profonde, le quali dovranno essere intestate ad una profondità minima pari a:

$$D = -10,0 \div -12,0 \text{ m}$$

dall'attuale piano di esecuzione di DPSH10 - CPT18 - CPT19 - CPT20 .

Si precisa che il tetto dell'orizzonte regolitico, quindi del livello caratterizzato da elevata consistenza meccanica, tende a risalire in direzione del settore denominato Comparto B, in direttrice est.

COMPARTO B: SETTORE CENTRO OCCIDENTALE

Si contraddistingue da un repentino innalzamento degli orizzonti presentanti un grado di consistenza medio – elevata, che si riscontrano a profondità comprese tra:

$$D = -3,0 \div -6,0 \text{ m}$$

In detto settore, si consiglia il raggiungimento di detto orizzonte mediante vani interrati (se consentito dalle analisi geologiche relative agli esecutivi) e/o fondazioni profonde.

COMPARTO C: SETTORE CENTRO ORIENTALE

Il settore presenta caratteristiche migliori rispetto a quelle descritte nei precedenti comparti.

Il substrato roccioso o i livelli maggiormente competenti ad esso sovrastanti si riscontrano a profondità comprese tra:

$$D = -2,0 \div -4,0 \text{ m}$$

il cui raggiungimento si potrà ottenere mediante la realizzazione di vani interrati o eventuali fondazioni profonde.

COMPARTO D: SETTORE ORIENTALE

Si contraddistingue da un abbassamento degli orizzonti presentanti un grado di consistenza medio – elevata, che risultano adatti per l'appoggio fondale, i quali si riscontrano a profondità comprese tra:

$$D = -3,0 \div -5,0 \text{ m}$$

Nel caso di appoggio fondale alle quote segnalate **per i comparti B, C e D**, si potrà considerare un valore preliminare e puramente indicativo di capacità portante (in termini di tensioni ammissibili) pari a:

$$q_a = 1,5 \text{ kgf/cm}^2$$

L'utilizzo di fondazioni dirette, a quote più superficiali, dovrà essere avvalorato da una dettagliata campagna d'integrazione delle indagini geognostiche e geofisiche, corredate da verifiche di stabilità.

Dato il tipo di variabilità laterale e verticale sia delle peculiarità granulometriche dei litotipi che costituiscono il primo sottosuolo e del diverso grado di compressibilità degli stessi, ed in relazione alla definizione del piano di posa delle fondazioni e all'area di impronta dei fabbricati, *in fase di progetto esecutivo, dovranno necessariamente essere eseguite analisi integrative a quelle effettuate.*

Detti studi, sinergicamente alla conoscenza delle caratteristiche e dei carichi progettuali, oltre a determinare la corretta tipologia fondale, potranno consentire il calcolo della capacità resistente del terreno agli stati limite ultimi ai piani di posa prescelti, sia in assenza di sisma (SLU) che in presenza dello stesso (SLV) e l'eventuale determinazione dell'entità dei fenomeni di consolidazione.

VERIFICA DI STABILITÀ DEL PENDIO

Le verifiche di stabilità si sono svolte mediante l'utilizzo del programma AZTEC STAP 11, con il metodo di Sarma (1973), che ricerca il valore critico della stabilità del pendio, in riferimento ad un'accelerazione orizzontale uniforme oltre la quale si verifica la rottura ed il conseguente cedimento del versante. Le superfici di potenziale scivolamento, sono state identificate alle fasce di passaggio tra i litotipi meno addensati e quelli più consistenti, ricercando le condizioni di potenziale instabilità; dette superficie sono state definite in relazione alla geometria del versante e alle evidenze geomorfologiche da rilevamento diretto e quindi limitate al comparto geotecnico A (comparto presentate caratteristiche geotecniche scadenti).

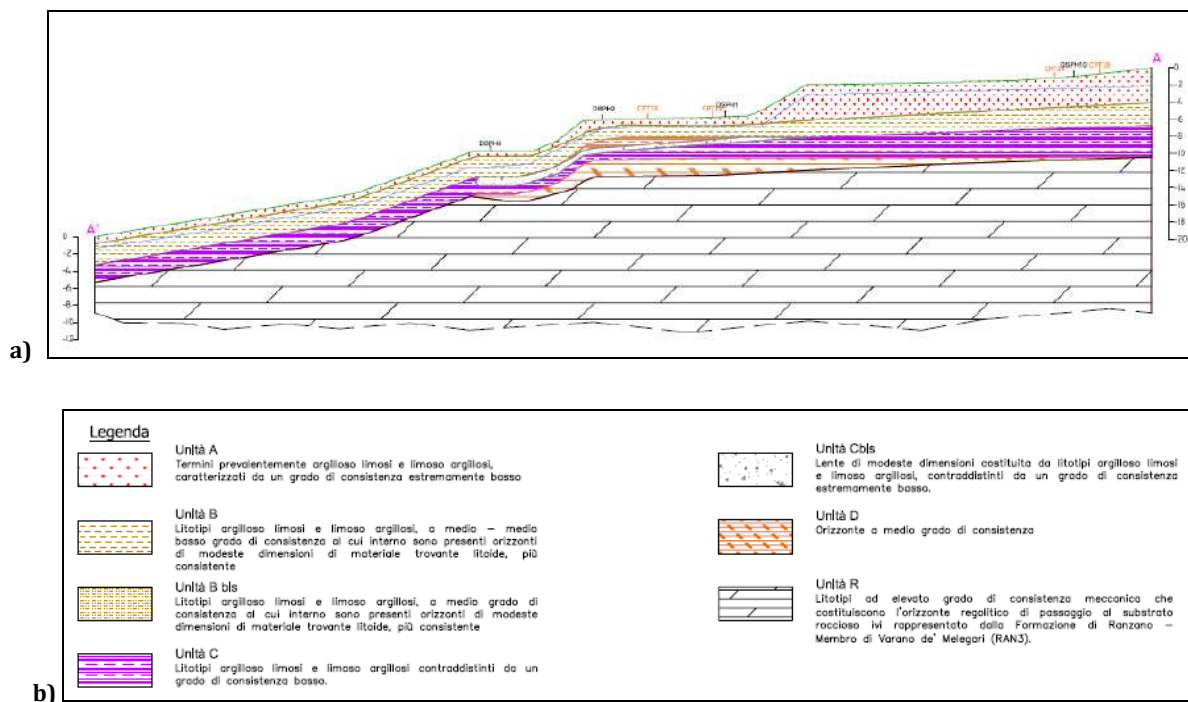


Fig 7a ,b: sezione geologica del versante studiato e relativa legenda

Per quanto riguarda i parametri geotecnici utilizzati, si è fatto riferimento ai parametri presentati nel precedente paragrafo "Analisi geomeccanici dei terreni". Le analisi di stabilità del pendio sono state effettuate, in relazione alle evidenze di carattere geologico e geomorfologico, seguendo l'approccio A2+M2+R2 del D.M. 14/01/2008, nelle seguenti condizioni:

- **condizioni drenate:** in termini di tensioni efficaci;
- **condizioni non drenate:** in termini di tensioni totali, in presenza di sollecitazione sismica;

Dette verifiche sono state condotte simulando la presenza di superficie idrica a quote come rilevate durante l'esecuzione delle prove geognostiche (battente idrico circa a $-2,5 \div -3,0$ m da p.c.).

Condizioni drenate

	Coefficienti di sicurezza minimi
<u>Superfici ipotizzate</u>	<u>No sisma</u> <u>Presenza battente idrico</u>
Sup1	1,69
Sup2	1,02
tan 1	1,23
tan 2	1,22 (0,55)
tan 3	1,63

Si osservano condizioni di stabilità generale relativamente alle superfici di scivolamento superficiali e profonde ipotizzate; si registrano, d'altra parte, condizioni di stabilità, ma non in sicurezza, per la superficie di scivolamento profonda imposta in corrispondenza dell'orizzonte detensionato.

Si evidenziano condizioni di instabilità locale solo per quelle superfici di scivolamento che intercettano esclusivamente la prima la prima unità, interessata da litotipi detensionati e decompressi caratterizzanti la scarpata antropica.

Condizioni non drenate

	Coefficienti di sicurezza minimi
<u>Superfici ipotizzate</u>	<u>Sisma</u> <u>Presenza battente idrico</u>
Sup1	1,13
Sup2	1,23
tan 1	1,51
tan 2	1,02 (2,55)
tan 3	1,42

Si osservano condizioni di stabilità generale relativamente a tutte le superfici di scivolamento superficiali ipotizzate (sia superficiali che profonde); si registrano, d'altra parte, condizioni di stabilità, ma non in sicurezza, solo per alcune delle superfici di scivolamento impostate in corrispondenza dell'orizzonte detensionato, in corrispondenza del comparto A.

Nelle verifiche in cui non è stata soddisfatta la condizione di stabilità e sicurezza si è proceduto al calcolo della forza reagente necessaria a sostenere il cuneo di terra potenzialmente instabile.

<u>Superfici ipotizzate</u>	Forza Reagente (kN/ml)	
	<u>No sisma</u>	<u>Sisma</u>
Sup2 (CD)	65	-
tan 2 (CU)	-	87

Le fondazioni profonde del comparto A, il cui dimensionamento spetta allo studio incaricato della progettazione, dovranno, oltre a prendersi in carico le tensioni al suolo trasmesse al suolo dalle strutture in elevazione, fornire una forza reagente necessaria alla stabilità pari a:

$$FR = 87 \text{ kN/ml}$$

OPERE DI CAPTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE E INTERVENTI CONSIGLIATI

La stabilità del comparto è inversamente proporzionale alla saturazione del pendio: sull'area in oggetto dovrà essere prevista la realizzazione di un adeguato sistema di drenaggio, in grado di raccogliere ed allontanare le corrivanti sul pendio e quelle di infiltrazione meteorica che satureranno il materiale a monte del sito in esame.

In corrispondenza delle scarpate antropiche tra un terrazzamento e l'altro, si consiglia la messa in posa di idonei sistemi di incremento della resistenza al taglio dei materiali costituenti le scarpate, quali quelle proposte dall'ingegneria naturalistica, al fine di incrementare la stabilità delle stesse.

CONCLUSIONI

Nell'ambito degli studi di fattibilità geologico geotecnica e sismica delle aree adiacenti alla nuova struttura protetta con 60 posti in area "ex Rabotti", a Castelnovo nei Monti (RE), si è svolta la presente relazione relativa al comparto di monte.

Lo studio, svolto su commissione dell'**Amministrazione Comunale di Castelnovo ne' Monti**, con sede in Via 25 Aprile Castelnovo ne' Monti (RE), si è redatto in ottemperanza ai dettati del D.M. 11/03/88 e circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88 ed in riferimento alle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, DM 14/01/2008, alla D.A.L 112/2007 e al D.P.R. 207/2010.

INQUADRAMENTI

Dal punto di vista morfologico, il sito si colloca nel comparto sud orientale dell'abitato di Castelnovo nei Monti, in corrispondenza della porzione mediana di un versante, mediamente acclive e declinante in direttrice sud - sud est, caratterizzato da quote topografiche corrispondenti a 685,0 ÷ 690,0 m s.l.m.

Secondo la nuova denominazione CARG della Regione Emilia Romagna, i terreni dell'area in esame sono ascrivibili all'unità **RAN3** (Formazione di Ranzano - Membro di Varano de Melegari), costituita prevalentemente da litoareniti ben cementate di colore grigio piombo.

La giacitura degli strati, in corrispondenza dell'area in oggetto, risulta prevalentemente a traverspoggio con una componente a franapoggio, caratterizzata da inclinazione compresa tra 10° e 15°, quindi a basso angolo.

Il sito in oggetto è stato interessato, in epoche passate, da azioni modellatrici che hanno inciso e profondamente modificato le originarie morfologie. Gli agenti modellanti di maggior influenza sono stati le acque di scorrimento e la gravità e non da ultimo l'uomo che, sia in periodi storici che attualmente, ha profondamente variato le forme naturali proprie del territorio in analisi.

Nell'Olocene antico, in condizioni climatiche diverse dalle attuali, si sono sviluppati, nel territorio del capoluogo comunale, imponenti fenomeni gravitativi, generati da fenomeni di rammollimento e plasticizzazione di litotipi essenzialmente argillosi - argilloso limosi, nelle zone di sorgenza per contatto. Detti processi, influenzati con tutta probabilità anche da eventi sismici, hanno interessato anche l'area in oggetto (denominata non a caso "La Rovina"), anche se attualmente non si hanno indizi espliciti della presenza di fenomeni gravitativi e gli strumenti programmatici territoriali non individuano processi attivi o quiescenti.

Nel recente passato, il sito in oggetto è stato, inoltre, interessato da un intervento edilizio finalizzato ad attività di allevamento (Z.A.I. - La Rovina); le opere suddette hanno profondamente modificato l'assetto morfologico dell'area: infatti, attualmente la superficie topografica risulta

caratterizzata dalla presenza di terrazzamenti antropici che presentano sia orizzonti di riporto che superfici profondamente sbancate.

Oltre agli effetti indotti dall'attività antropica, il primo sottosuolo è interessato da sensibili variazioni laterali del grado di consistenza dei materiali. Infatti, il comparto centro occidentale del versante in analisi (casa di cura: DPSH2 – CPT14 – CPT15 – CPT16; area di monte: CPT18 – CPT19 – CPT20) presenta materiali a minor grado di consistenza dovuti a modesti fenomeni gravitativi o, più probabilmente, al colmamento di un'antica vallecchia fluviale. Tale ipotesi, trova riscontro sia dalla disamina della cartografia CTR, ove è segnalata la presenza di un solco vallivo secondario legato all'azione del Rio Dorgola, sia dall'analisi delle sezioni geologiche, che individuano un classico profilo a V degli orizzonti a minor consistenza meccanica.

In questa fascia il substrato roccioso si riscontra a profondità variabili tra -6,0 ÷ -8,0 m da p.c., e soggiace a termini argillosi e argilloso limosi, al cui interno sono presenti materiali trovanti di natura litoide, contraddistinti da basso grado di consistenza meccanica.

Procedendo verso il limite orientale dei siti in analisi il substrato roccioso tende a risalire, sino a profondità pari a -2,5 ÷ -4,0 m da p.c., e con esso si registra anche un miglioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti.

All'interno dei fori penetrometrici, si è provveduto alla misurazione della profondità del battente idrico sotterraneo, ottenendo i seguenti dati:

DPSH10	Foro chiuso -2,10 m da p.c.
DPSH11	Foro chiuso - 5,40 m da p.c.
DPSH12	Foro chiuso - 2,90 m da p.c.
DPSH13	Foro chiuso - 2,50 m da p.c.
CPT17	Foro chiuso - 2,50 m da p.c.
CPT18	Battente idrico sotterraneo -0,70 m p.c.
CPT19	Battente idrico sotterraneo -1,70 m p.c.
CPT20	Battente idrico sotterraneo -0,70 m p.c.

DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La determinazione della categoria del suolo di fondazione dell'area in esame, secondo i dettami della D.A.L. 112/2007, si è attuata l'esecuzione di uno stendimento sismico integrato Re.Mi. - MASW; dai valori ottenuti, il sottosuolo di fondazione corrisponde a:

Categoria C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

L'analisi di microzonazione sismica ha permesso di ricavare le azioni di progetto relative al sito in esame, i fattori di amplificazione litologica e topografica ed i coefficienti di accelerazione sismica propri del terreno di fondazione.

(Approfondimento II livello)

$$a_g = 0,163 \text{ g}$$

$$F_a \text{ PGA} = 2,15$$

$$F_a \text{ IS } (0,1 < T_0 < 0,5) = 2,05$$

$$F_a \text{ IS } (0,5 < T_0 < 1) = 1,55$$

$$S_T = 1,200$$

Le caratteristiche litotecniche dei materiali rilevati evidenziano, inoltre, che i terreni che formano il primo sottosuolo non sono suscettibili a rischio di liquefazione in occasione di sollecitazione sismica.

Dalle analisi effettuate, risulta, inoltre, come in fase di progettazione esecutiva sia consigliabile accertare che non si possano verificare effetti di risonanza tra la struttura ed il terreno per un periodo pari a:

$$T_0 = 0,193 \text{ sec}$$

MODELLAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA

Allo scopo di determinare le caratteristiche fisico meccaniche del sottosuolo, sono state eseguite 4 prove penetrometriche statiche CPT e 4 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH, utilizzando un penetrometro statico-dinamico, mod. Pagani Tg63-200, che hanno permesso la seguente ricostruzione litomeccanica del sottosuolo. Oltre a dette prove, sono state considerate tutte le verticali d'indagine eseguite nelle aree adiacenti. L'analisi è stata effettuata in termini statistici secondo il D.M. 14/01/2008, ricavando i valori caratteristici di resistenza alla punta, di attrito laterale locale e del numero di colpi N_{20} per ognuna delle unità individuate e quindi estrapolando i parametri geotecnici di seguito evidenziati. Le profondità e gli spessori delle varie unità sono definiti, con maggiore grado di dettaglio, nelle allegate sezioni geologiche interpretative.

Unità geotecnica	Dati ricavati da analisi geognostiche	Parametri fisico meccanici da laboratorio	Parametri caratteristici degli orizzonti individuati
Unità A: Da p.c. ÷ -0,5 a - 0,5 ÷ - 1,0 m p.c. Argille limose e limi argillosi, scarsamente consistenti. Grado di compressibilità elevato.	CPT $q_{ck} = 10,74 \text{ kgf/cmq}$ $f_{sk} = 0,65 \text{ kgf/cmq}$ DPSH $N_{20k} = 0,20$ Sondaggi meccanici $r_p = 2 \div 3$; $c_u = //$ $N_{spt} = 0,33$		$c'_k = 0,00 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,15 \text{ kgf/cmq}$ $\phi'_k = 16^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00190 \text{ kgf/cm}$ $E_{dk} = 26 \text{ kgf/cm}$ $v_k = 0,40$ $k_k = 0,53 \text{ kgf/cm}$
Unità B: Da - 0,5 ÷ - 1,0 A - 2,0 ÷ - 4,5 m p.c. Argille limose e limi argillosi, al cui interno sono presenti materiali litoidi più consistenti.	CPT $q_{ck} = 16,65 \text{ kgf/cm}$ $f_{sk} = 1,04 \text{ kgf/cm}$ DPSH $N_{20k} = 2,98$ Sondaggi meccanici $r_p = 2,25 \div 3,25$ $c_u = 0,8 \div 0,9$ $N_{spt} = 4,92$		$c'_k = 0,05 \text{ kgf/cm}$ $c_{uk} = 0,45 \text{ kgf/cm}$ $\phi'_k = 22^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00195 \text{ kgf/cm}$ $E_{dk} = 48 \text{ kgf/cm}$ $v_k = 0,39$ $k_k = 1,04 \text{ kgf/cm}$

Unità Bbis: Da - 1,5 ÷ - 2,5 m p.c. Argille limose e limi argillosi a maggior contenuto di materiali litoidi.	CPT $q_{ck} = 34,57 \text{ kgf/cm}^2$; $f_{sk} = 1,90 \text{ kgf/cm}^2$ DPSH $N_{20k} = 5,05$ Sondaggi meccanici $r_p = 4 \div 5$; $c_u = >10$ $N_{spt} = 8,33$	$LL = 45$, $LP = 21$, $IP = 24$ $w = 22,53 \%$ $\gamma = 19,78 \text{ g/cm}^3$ $c' = 19,08 \text{ kN/m}^2$ $\phi' = 26,45^\circ$ $c_u = 62,03 \text{ kN/m}^2$ $\phi_u = 16,00^\circ$ $M_o = 51,33 \text{ kg/cm}^2$ $C_v = 2,23 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$	$c'_k = 0,19 \text{ kgf/cm}^2$. $c_{uk} = 1,08 \text{ kgf/cm}^2$. $\phi'_k = 26^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00200 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 61 \text{ kgf/cm}^2$ $v_k = 0,38$ $k_k = 1,41 \text{ kgf/cm}^2$
Unità C: Da - 2,0 ÷ - 4,5 a - 2,5 ÷ - 5,5 m p.c. Argille limose e limi argillosi a medio basso grado di consistenza.	CPT $q_{ck} = 12,28 \text{ kgf/cm}^2$; $f_{sk} = 0,81 \text{ kgf/cm}^2$ DPSH $N_{20k} = 1,89$ Sondaggi meccanici $r_p = 0,75 \div 2,25$; $c_u = 0,35 \div 0,85$ $N_{spt} = 3,12$	<i>Orizzonte con numerosi inclusi litici</i> $LL = 43$, $LP = 22$, $IP = 21$ $w = 21,60 \%$ $\gamma = 20,25 \text{ g/cm}^3$ $c' = 4,48 \text{ kN/m}^2$ $\phi' = 37,13^\circ$ $M_o = 54,64 \text{ kg/cm}^2$ $C_v = 7,54 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$	$c'_k = 0,03 \text{ kgf/cm}^2$. $c_{uk} = 0,32 \text{ kgf/cm}^2$. $\phi'_k = 21^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00195 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 48 \text{ kgf/cm}^2$ $v_k = 0,38$ $k_k = 1,11 \text{ kgf/cm}^2$
Unità Cbis: DPSH2: da -4,0 a -5,0 m p.c. Argille limose e limi argillosi scarsamente consistenti e fortemente compressibili	DPSH $N_{20k} = 0,20$ Sondaggi meccanici $r_p = 1,0 \div 1,5 \text{ kgf/cm}^2$; $c_u = 0,35 \text{ kgf/cm}^2$ $N_{spt} = 0,33$		$c'_k = 0,00 \text{ kgf/cm}^2$. $c_{uk} = 0,15 \text{ kgf/cm}^2$. $\phi'_k = 14^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00190 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 28 \text{ kgf/cm}^2$ $v_k = 0,37$ $k_k = 0,57 \text{ kgf/cm}^2$
Unità D: Da - 2,5 ÷ - 5,5 a - 3,5 ÷ - 5,5 m p.c. Orizzonte alterato e fratturato di passaggio all'orizzonte regolitico.	CPT $q_{ck} = 28,38 \text{ kgf/cm}^2$ $f_{sk} = 1,33 \text{ kgf/cm}^2$ DPSH $N_{20k} = 5,80$ Sondaggi meccanici $N_{spt} = 9,57$		$c'_k = 0,14 \text{ kgf/cm}^2$. $c_{uk} = 0,80 \text{ kgf/cm}^2$. $\phi'_k = 28^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00195 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 74 \text{ kgf/cm}^2$ $v_k = 0,39$ $k_k = 1,65 \text{ kgf/cm}^2$
Unità Dbis : DPSH12: da - 1,0 ÷ - 3,0 m p.c. Orizzonte a minor grado di alterazione e fratturazione di passaggio all'orizzonte regolitico.	DPSH $N_{20k} = 11,76$ Sondaggio meccanico $N_{spt} = 19,14$		$c'_k = 0,20 \text{ kgf/cm}^2$. $c_{uk} = 1,10 \text{ kgf/cm}^2$. $\phi'_k = 28^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00195 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 94 \text{ kgf/cm}^2$ $v_k = 0,37$ $k_k = 2,36 \text{ kgf/cm}^2$
Unità R: Oltre a - 3,5 ÷ - 5,5 m p.c. Orizzonte regolitico di passaggio al substrato roccioso ivi rappresentato dalla Formazione di Ranzano - Membro di Varano de' Melegari (RAN3)	CPT $q_{ck} = 150,62 \text{ kgf/cm}^2$; $f_{sk} = 4,28 \text{ kgf/cm}^2$ DPSH $N_{20k} = 31,67$ Sondaggio meccanico $N_{spt} = > 50 \text{ (R)}$		$c'_k = 0,36 \text{ kgf/cm}^2$. $c_{uk} = 1,90 \text{ kgf/cm}^2$. $\phi'_k = 31^\circ$ $\gamma_{nk} = 0,00215 \text{ kgf/cm}^3$ $E_{dk} = 250 \text{ kgf/cm}^2$ $v_k = 0,31$ $k_k = 7,81 \text{ kgf/cm}^2$

Ove: c_u = coesione non drenata, c' = coesione drenata; ϕ' = angolo di attrito efficace, γ_n = peso dell'unità di volume; E_d = modulo edometrico, v = modulo di Poisson, k = modulo di reazione.

INDICAZIONI PRELIMINARI SU TIPOLOGIA E PIANO DI POSA FONDALE

In funzione delle caratteristiche della successione litologico - geotecnica riscontrata nel primo sottosuolo, ovvero la presenza di orizzonti detensionati e rimaneggiati contraddistinti da caratteristiche geotecniche scadenti, imputabili a fenomeni gravitativi pregressi e/o riempimenti di

antiche incisioni fluviali, l'area oggetto di variante è stata suddivisa in quattro differenti comparti, presentanti ognuno caratteristiche geotecniche peculiari (*Tav. 4: Comparti geotecnici*).

I limiti di detti comparti sono da ritenersi indicativi e da determinarsi, con precisione, mediante un'analisi integrativa dettagliata.

COMPARTO A: SETTORE OCCIDENTALE

Tale settore è contraddistinto dalla presenza di un importante orizzonte di materiale detensionato e/o di riempimento di antiche incisioni, con caratteristiche geotecniche scadenti, sino alle profondità di $-8,0 \div -10,0$ m da p.c.

Se il comparto non è adibito a verde pubblico, la realizzazione di nuove strutture è possibile esclusivamente mediante l'utilizzo di fondazioni profonde, le quali dovranno essere intestate ad una profondità minima pari a:

$$D = -10,0 \div -12,0 \text{ m}$$

dall'attuale piano di esecuzione di DPSH10 – CPT18 – CPT19 – CPT20.

Si precisa che il tetto dell'orizzonte regolitico, quindi del livello caratterizzato da elevata consistenza meccanica, tende a risalire in direzione del settore denominato Comparto B, in direttrice est.

COMPARTO B: SETTORE CENTRO OCCIDENTALE

Si contraddistingue da un repentino innalzamento degli orizzonti presentanti un grado di consistenza medio – elevata, che si riscontrano a profondità comprese tra:

$$D = -3,0 \div -6,0 \text{ m}$$

In detto settore, si consiglia il raggiungimento di detto orizzonte mediante vani interrati (se consentito dalle analisi geologiche relative agli esecutivi) e/o fondazioni profonde.

COMPARTO C: SETTORE CENTRO ORIENTALE

Il settore presenta caratteristiche migliori rispetto a quelle descritte nei precedenti comparti.

Il substrato roccioso o i livelli maggiormente competenti ad esso sovrastanti si riscontrano a profondità comprese tra:

$$D = -2,0 \div -4,0 \text{ m}$$

il cui raggiungimento si potrà ottenere mediante la realizzazione di vani interrati o eventuali fondazioni profonde.

COMPARTO D: SETTORE ORIENTALE

Si contraddistingue da un abbassamento degli orizzonti presentanti un grado di consistenza medio – elevata, che risultano adatti per l'appoggio fondale, i quali si riscontrano a profondità comprese tra:

$$D = -3,0 \div -5,0 \text{ m}$$

Nel caso di appoggio fondale alle quote segnalate **per i comparti B, C e D**, si potrà considerare un valore preliminare e puramente indicativo di capacità portante (in termini di tensioni ammissibili) pari a:

$$q_a = 1,5 \text{ kgf/cm}^2$$

L'utilizzo di fondazioni dirette, a quote più superficiali, dovrà essere avvalorato da una dettagliata campagna d'integrazione delle indagini geognostiche e geofisiche, corredate da verifiche di stabilità.

VERIFICHE DI STABILITÀ DEL PENDIO

In relazione alle evidenze di carattere geologico e geomorfologico, sono state svolte verifiche di stabilità, seguendo l'approccio A2+M2+R2 del D.M. 14/01/2008; le superfici di potenziale scivolamento sono state identificate alle fasce di passaggio tra i litotipi meno addensati e quelli più consistenti, ricercando le condizioni di potenziale instabilità; dette superficie sono state definite in relazione alla geometria del versante e alle evidenze geomorfologiche da rilevamento diretto e quindi limitate al comparto geotecnico A (comparto presentate caratteristiche geotecniche scadenti). Si osservano condizioni di stabilità generale relativamente alla quasi totalità delle superfici di scivolamento superficiali e profonde; si registrano, d'altra parte, condizioni di stabilità non in sicurezza, per una superficie di scivolamento profonda imposta in corrispondenza dell'orizzonte detensionato rilevato nel corso delle indagini.

Si evidenziano, inoltre, condizioni di instabilità locale solo per alcune superfici di scivolamento che intercettano esclusivamente la prima unità, interessata da litotipi detensionati e decompressi caratterizzanti la scarpata antropica.

Le eventuali fondazioni profonde del comparto A, il cui dimensionamento spetta allo studio incaricato della progettazione, dovranno, oltre a prendersi in carico le tensioni al suolo trasmesse al suolo dalle strutture in elevazione, fornire una forza reagente necessaria alla stabilità pari a:

$$FR = 87 \text{ kN/ml}$$

OPERE DI CAPTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE E INTERVENTI CONSIGLIATI

La stabilità del comparto è inversamente proporzionale alla saturazione del pendio: sull'area in oggetto dovrà essere prevista la realizzazione di un adeguato sistema di drenaggio, in grado di raccogliere ed allontanare le corrivanti sul pendio e quelle di infiltrazione meteorica che satureranno il materiale a monte del sito in esame.

In corrispondenza delle scarpate antropiche tra un terrazzamento e l'altro, si consiglia la messa in posa di idonei sistemi di incremento della resistenza al taglio dei materiali costituenti le scarpate, quali quelle proposte dall'ingegneria naturalistica, al fine di incrementare la stabilità delle stesse.

Dato il tipo di variabilità laterale e verticale sia delle peculiarità granulometriche dei litotipi che costituiscono il primo sottosuolo e del diverso grado di compressibilità degli stessi, ed in relazione alla definizione del piano di posa delle fondazioni e all'area di impronta dei fabbricati, *in fase di progetto esecutivo, dovranno necessariamente essere eseguite analisi integrative a quelle effettuate.*

Detti studi, sinergicamente alla conoscenza delle caratteristiche e dei carichi progettuali, oltre a determinare la corretta tipologia fondale, potranno consentire il calcolo della capacità resistente del terreno agli stati limite ultimi ai piani di posa prescelti, sia in assenza di sisma (SLU) che in presenza dello stesso (SLV) e l'eventuale determinazione dell'entità dei fenomeni di consolidazione; inoltre, le analisi integrative dovranno valutare, con maggior grado di dettaglio, le condizioni di stabilità generale e locale dei vari interventi previsti, in funzione dell'interazione terreno – opera, i livelli del battente idrico sotterraneo e le eventuali altezze critiche di scavo.

In relazione a quanto presentato nel seguente documento, agli studi e alle analisi eseguite e alla luce delle prescrizioni indicate, il sito ha evidenziato caratteristiche di idonea fattibilità geologico tecnica e sismica per l'uso dello stesso ai fini progettuali.

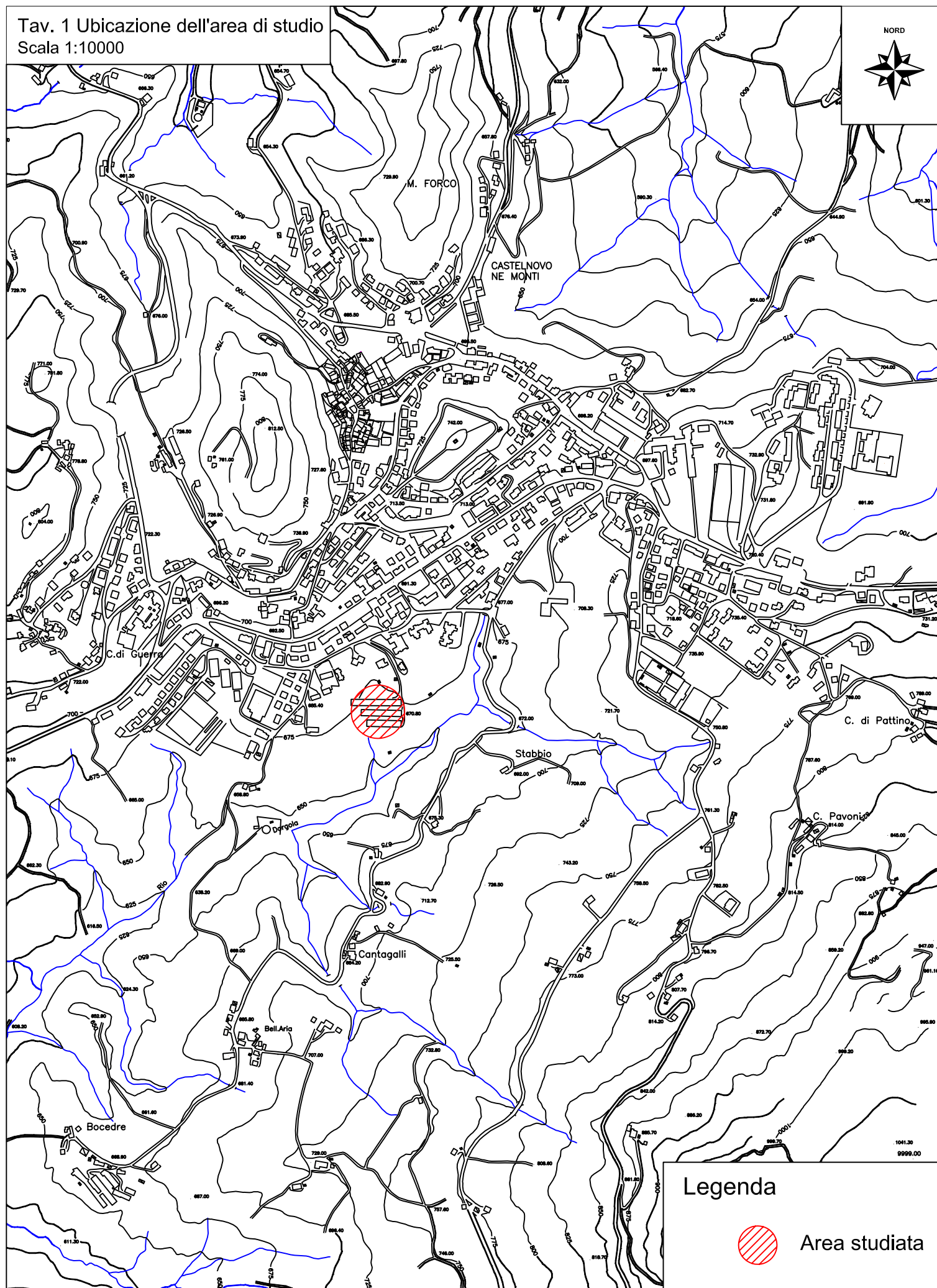
Quattro Castella, Aprile 2013

Dott. Geol. Paolo Beretti

ALLEGATI

- Tav. 1. Inquadramento territoriale
- Tav. 2. Carta geologica
- Tav. 3. Ubicazione indagini in situ
- Tav. 4. Comparti geotecnici
- Sezioni geologiche: modello interpretativo dell'area studiata
 - Sezione longitudinale A - A'
 - Sezione trasversale B - B'
- Indagini geofisiche:
 - Base sismica a rifrazione lungo sezione longitudinale A - A'
 - Stendimento sismico integrato Re.Mi. – MASW (stendimento 2)
- Indagini geognostiche:
 - Prove penetrometriche dinamiche DPSH.
 - Prove penetrometriche statiche CPT
 - Analisi statistiche prove penetrometriche dinamiche
 - Analisi statistiche prove penetrometriche statiche
- Verifiche di stabilità del pedio
 - Svolte lungo la sezione longitudinale A – A'

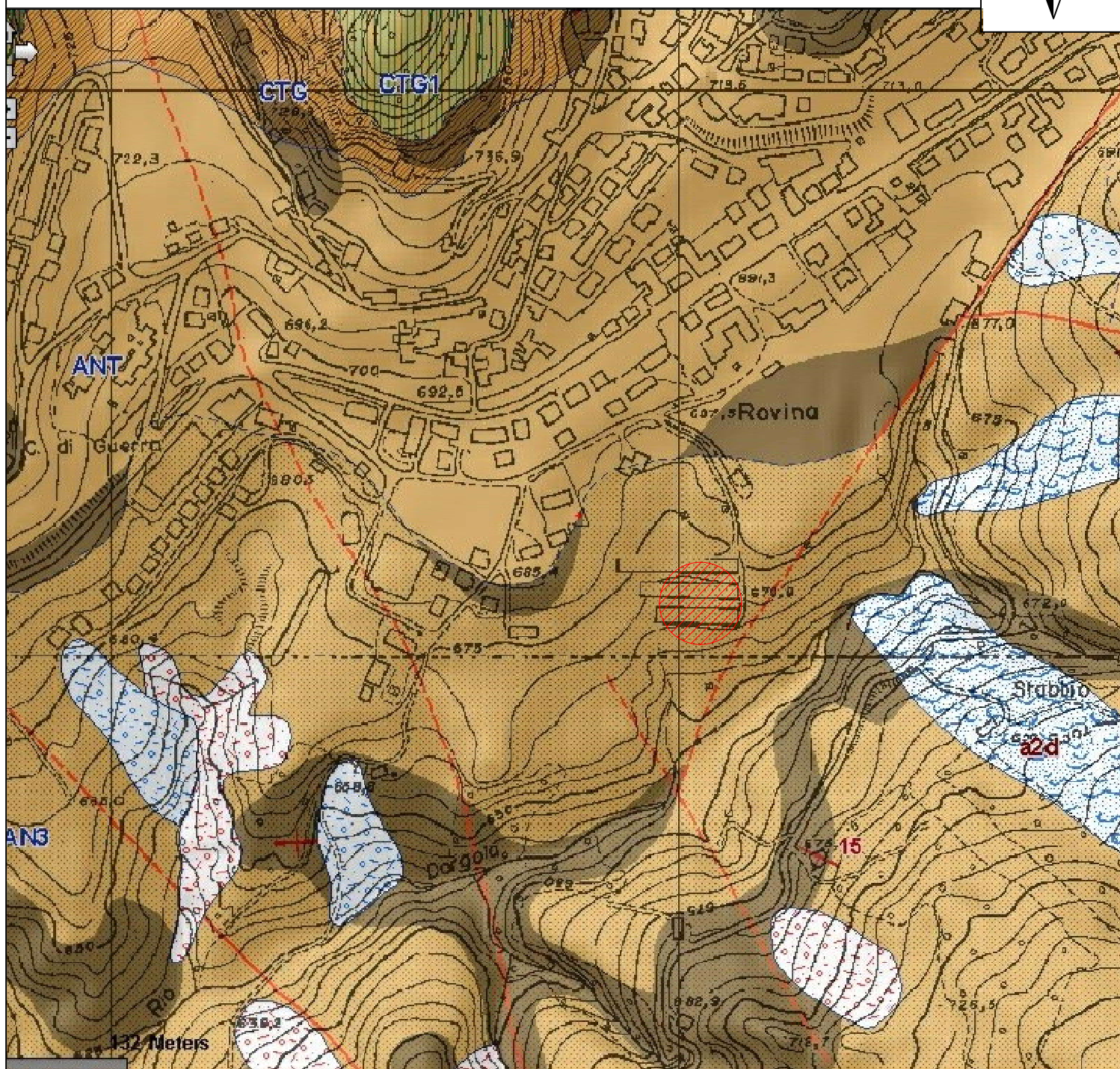
Tav. 1 Ubicazione dell'area di studio
Scala 1:10000



Tav.2 - Carta geologica regionale

Scala 1:5000

NORD



LEGENDA

Depositi quaternari

a2d deposito di frana quiescente per colamento lento

Depositi pre-quaternari: Gruppo di Bismantova

CTG Formazione di Contignaco

CTG1 Membro di Villaprara

ANT Formazione di Antognola

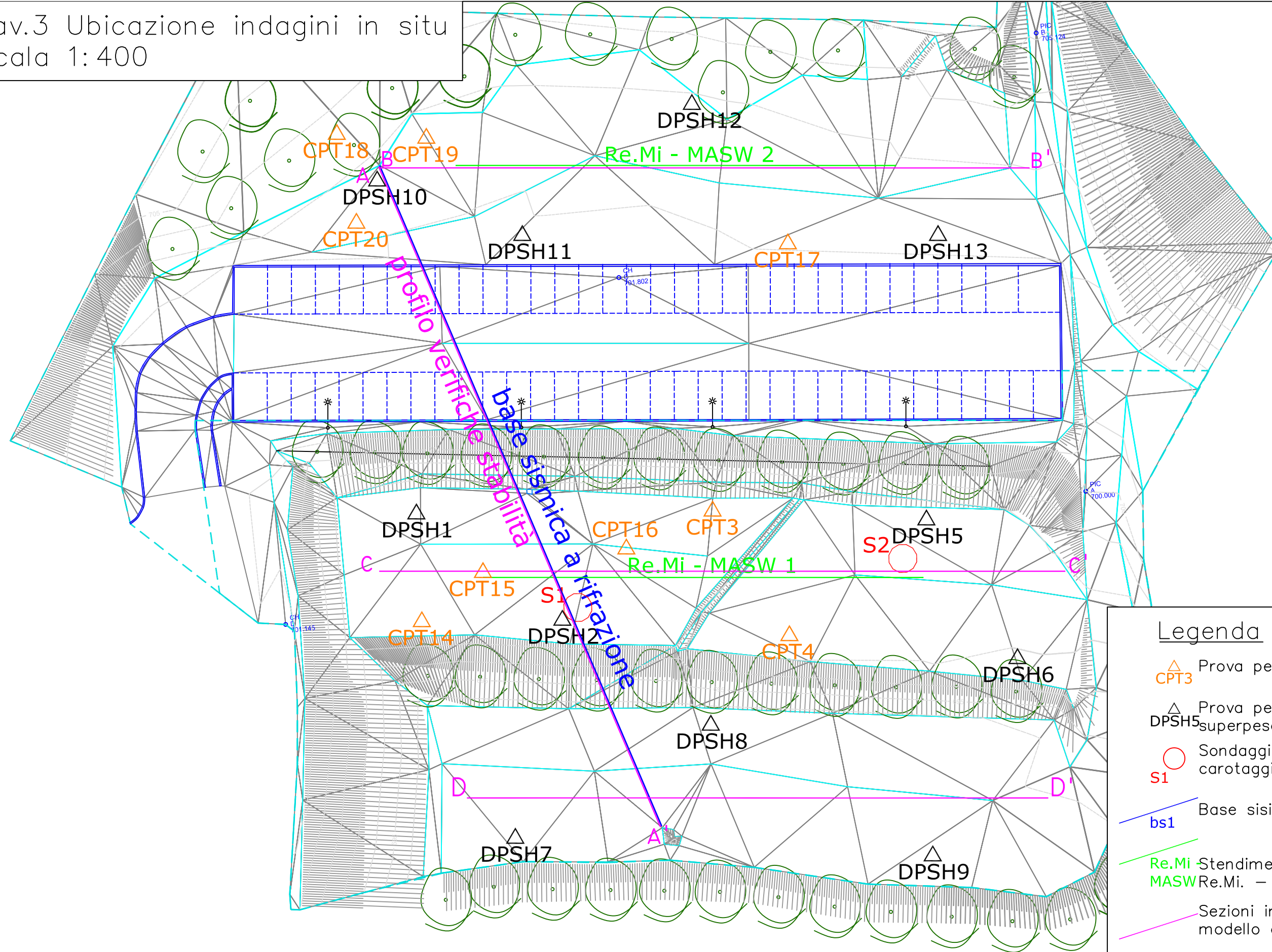
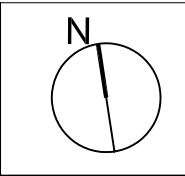
RAN Formazione di Ranzano

RAN3 Membro di Varano de Melegari









Area studiata

Tav.3 Ubicazione indagini in situ
Scala 1:400

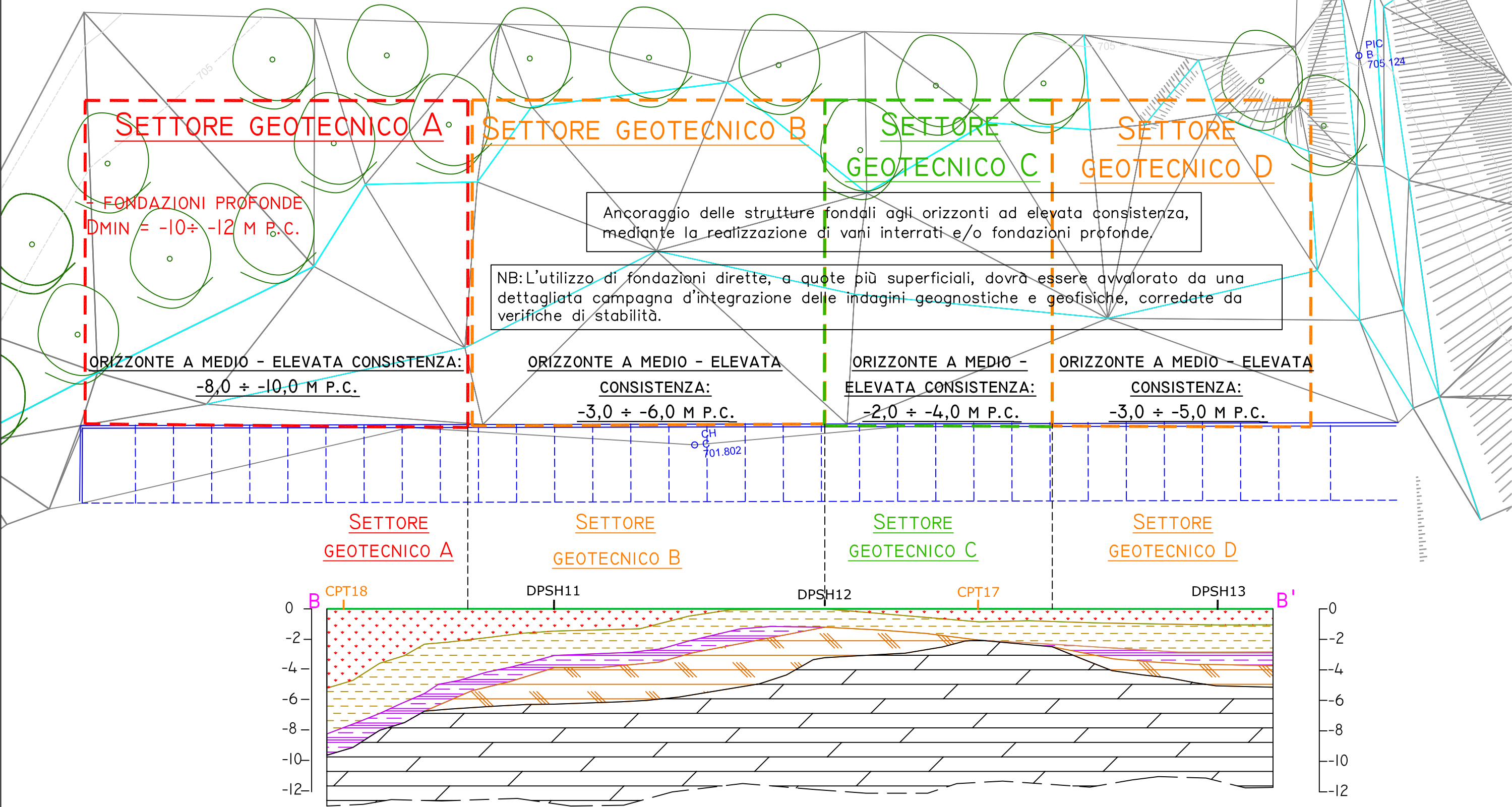
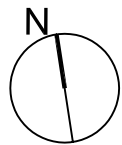


Legenda

-  Prova penetrometrica statica
CPT3
-  Prova penetrometrica dinamica
DPSH5superpesante
-  Sondaggio meccanico a
carotaggio continuo
S1
-  Base sismica a rifrazione
bs1
-  Re.Mi - Stendimento sismico integrato
MASWRe.Mi. - Masw
-  Sezioni interpretative del
modello geologico

TAV.4 SETTORI GEOTECNICI COMPARTO DI MONTE
SCALA 1:250

N.B.: I LIMITI RIPORTATI SONO DA RITENERSI INDICATIVI E DA DETERMINARSI CON PRECISIONE MEDIANTE UN ANALISI INTEGRATIVA DETTAGLIATA

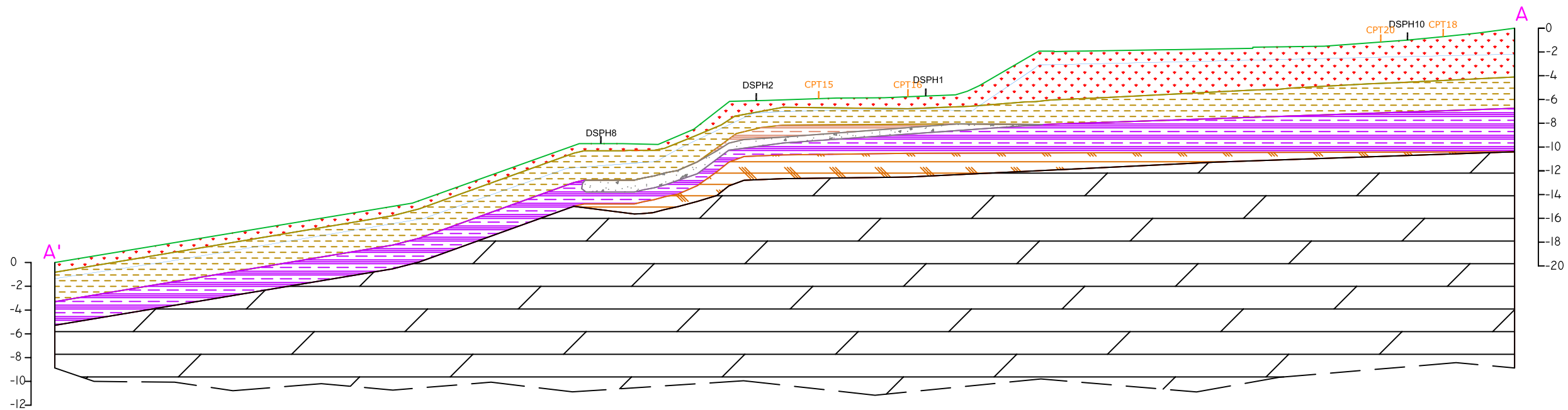


SEZIONI GEOLOGICHE

ALLEGATO: MODELLO GEOLOGICO INTERPRETATIVO DELL'AREA STUDIATA

SEZIONE LONGITUDINALE A - A'

SCALA 1:400



Legenda

Unità A
Termini prevalentemente argilloso limosi e limoso argillosi, caratterizzati da un grado di consistenza estremamente basso

Unità B
Litotipi argilloso limosi e limoso argillosi, a medio - medio basso grado di consistenza al cui interno sono presenti orizzonti di modeste dimensioni di materiale trovante litoide, più consistente

Unità B bis
Litotipi argilloso limosi e limoso argillosi, a medio grado di consistenza al cui interno sono presenti orizzonti di modeste dimensioni di materiale trovante litoide, più consistente

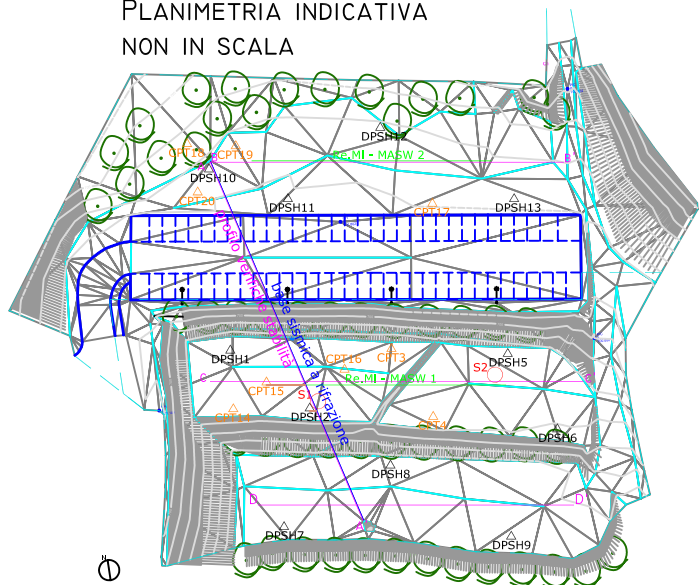
Unità C
Litotipi argilloso limosi e limoso argillosi contraddistinti da un grado di consistenza basso.

Unità Cbis
Lente di modeste dimensioni costituita da litotipi argilloso limosi e limoso argillosi, contraddistinti da un grado di consistenza estremamente basso.

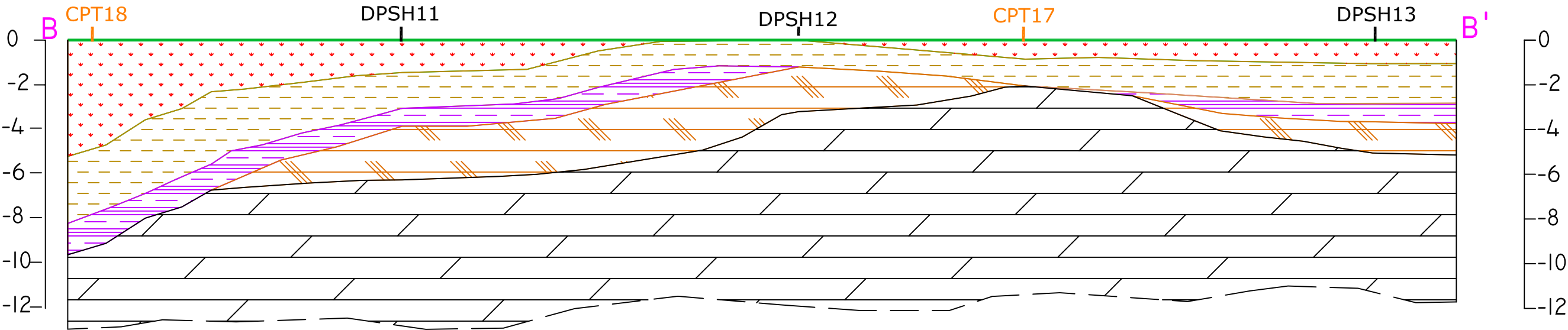
Unità D
Orizzonte a medio grado di consistenza

Unità R
Litotipi ad elevato grado di consistenza meccanica che costituiscono l'orizzonte regolitico di passaggio al substrato roccioso ivi rappresentato dalla Formazione di Ranzano - Membro di Varano de' Melegari (RAN3).


PLANIMETRIA INDICATIVA
NON IN SCALA

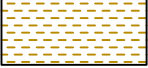



ALLEGATO: MODELLO GEOLOGICO INTERPRETATIVO DELL'AREA STUDIATA
SEZIONE TRASVERSALE B - B'
SCALA 1:200




Legenda

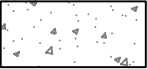
- 


Unità A
Termini prevalentemente argilloso limosi e limoso argillosi, caratterizzati da un grado di consistenza estremamente basso
- 

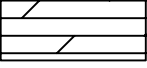
Unità B
Litotipi argilloso limosi e limoso argillosi, a medio – medio basso grado di consistenza al cui interno sono presenti orizzonti di modeste dimensioni di materiale trovante litoide, più consistente
- 

Unità B bis
Litotipi argilloso limosi e limoso argillosi, a medio grado di consistenza al cui interno sono presenti orizzonti di modeste dimensioni di materiale trovante litoide, più consistente
- 

Unità C
Litotipi argilloso limosi e limoso argillosi contraddistinti da un grado di consistenza basso.

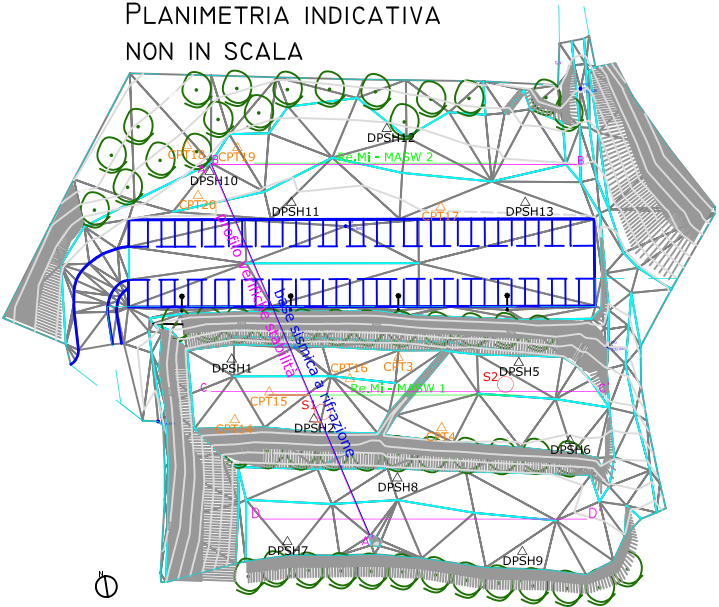
- 

Unità Cbis
Lente di modeste dimensioni costituita da litotipi argilloso limosi e limoso argillosi, contraddistinti da un grado di consistenza estremamente basso.
- 

Unità D
Orizzonte a medio grado di consistenza
- 

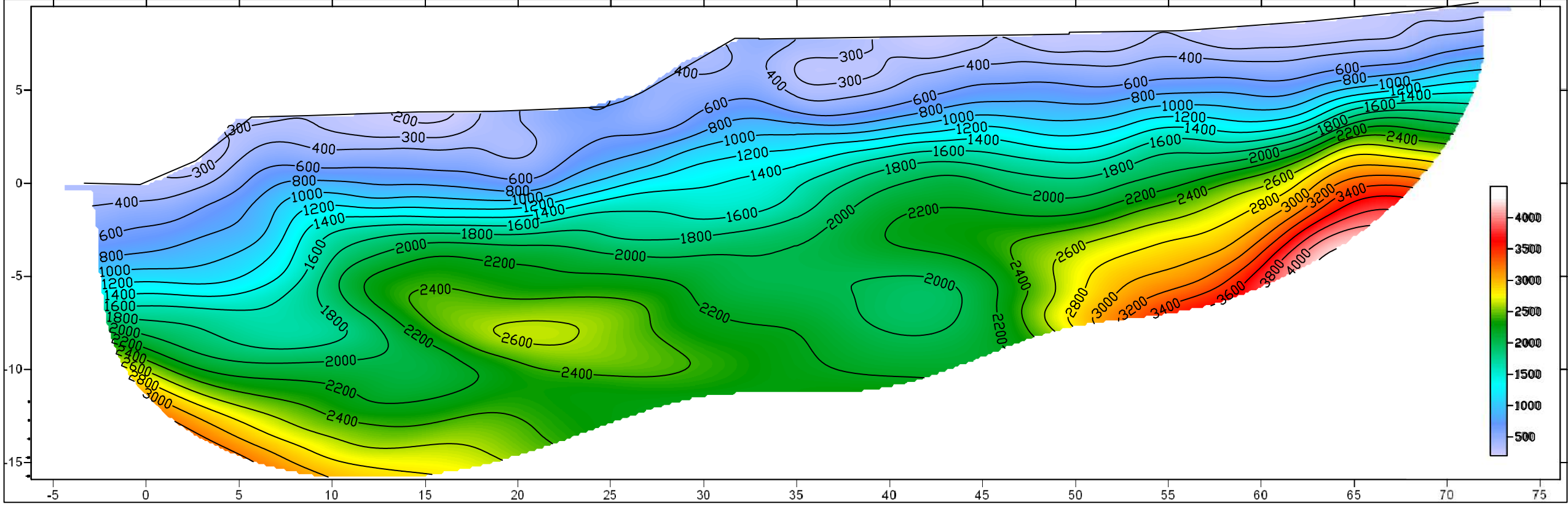
Unità R
Litotipi ad elevato grado di consistenza meccanica che costituiscono l'orizzonte regolitico di passaggio al substrato roccioso ivi rappresentato dalla Formazione di Ranzano – Membro di Varano de' Melegari (RAN3).

PLANIMETRIA INDICATIVA
NON IN SCALA



INDAGINI GEOFISICHE

Base sismica a rifrazione
Scala 1:250



Dott. Geol. Paolo Beretti

Via De Gasperi 2/1 – 42020 Quattro Castella (RE) – Tel. 0522 1695098 – Fax 0522 1691413 – Cell. 348 6902667

Indagine integrata Re.Mi. - MASW

Località: Castelnovo ne' Monti

Committente: Amm. Comunale Castelnovo nei Monti

Cantiere: Area di variante monte Data: 26/10/2012

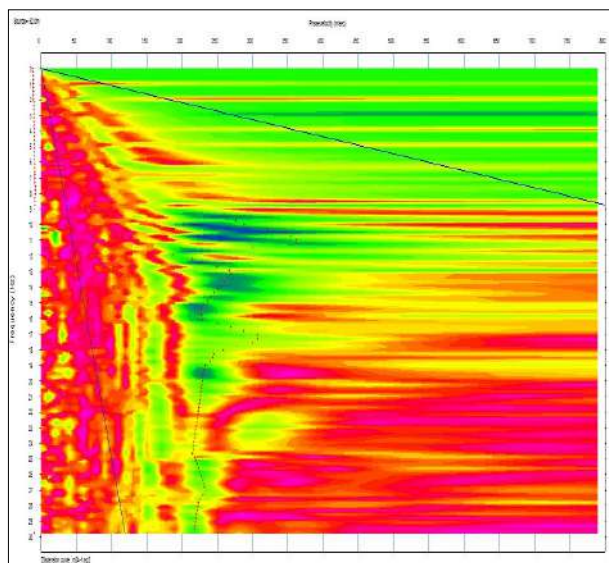


Fig. 1: Dispersione MASW

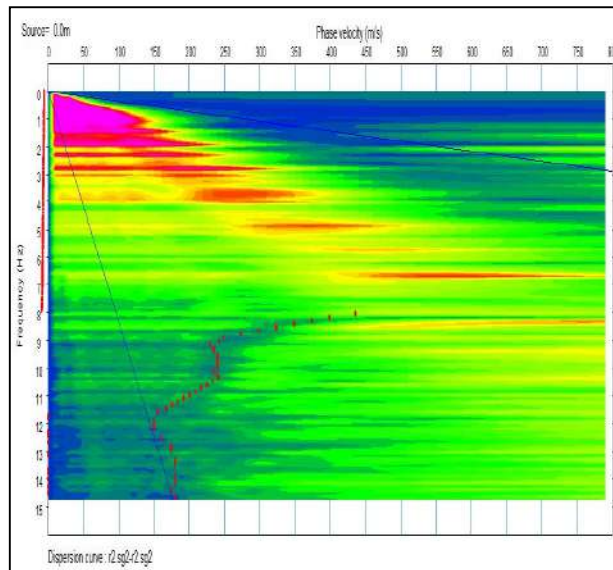


Fig. 2: Dispersione Re.Mi.

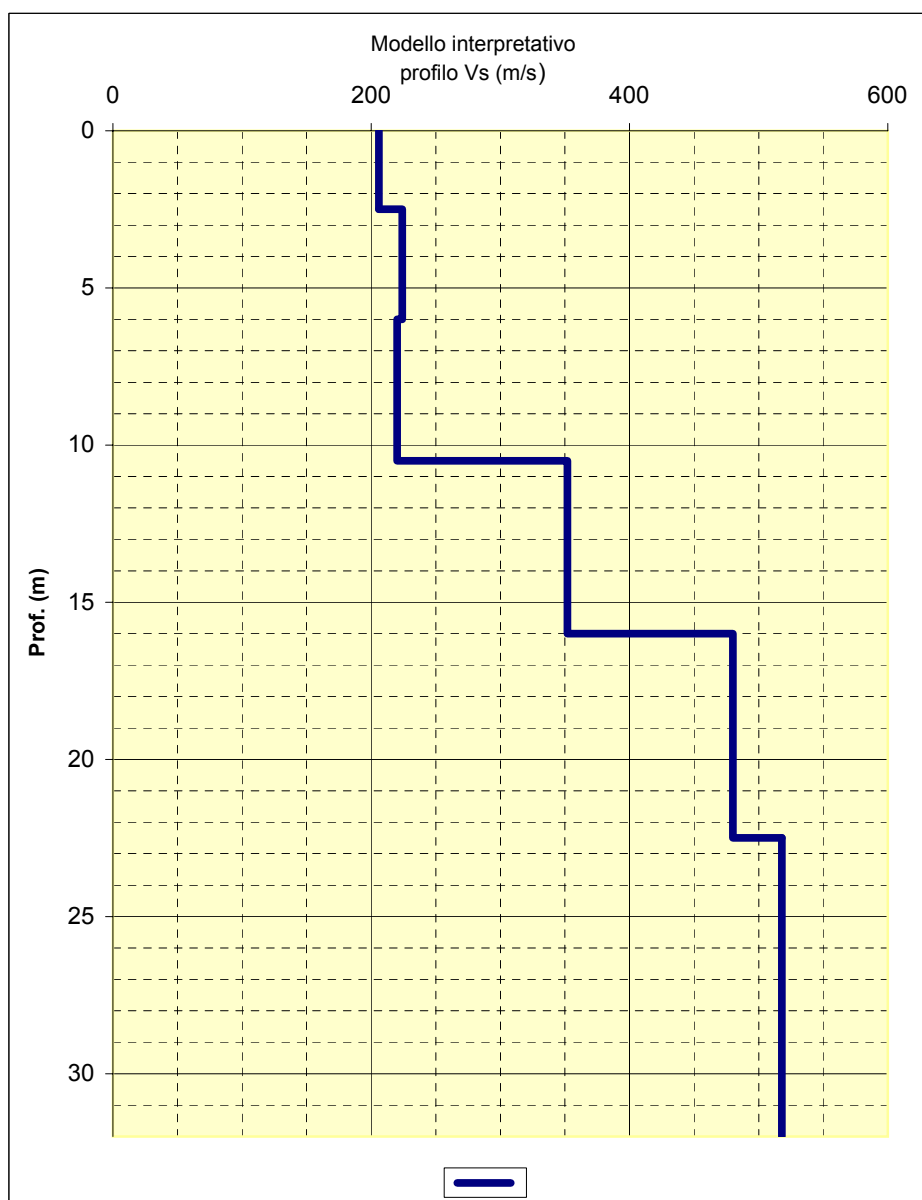
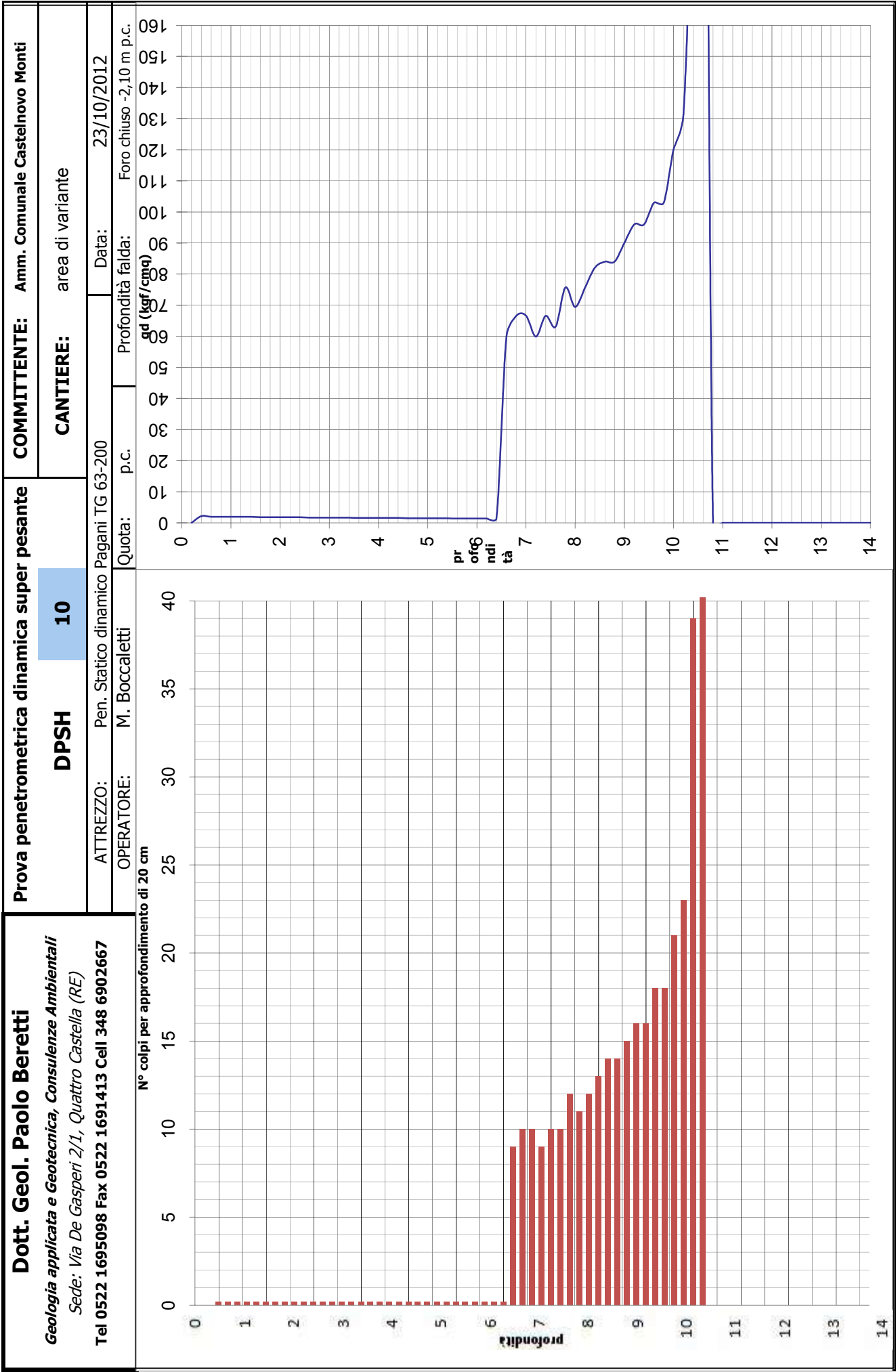
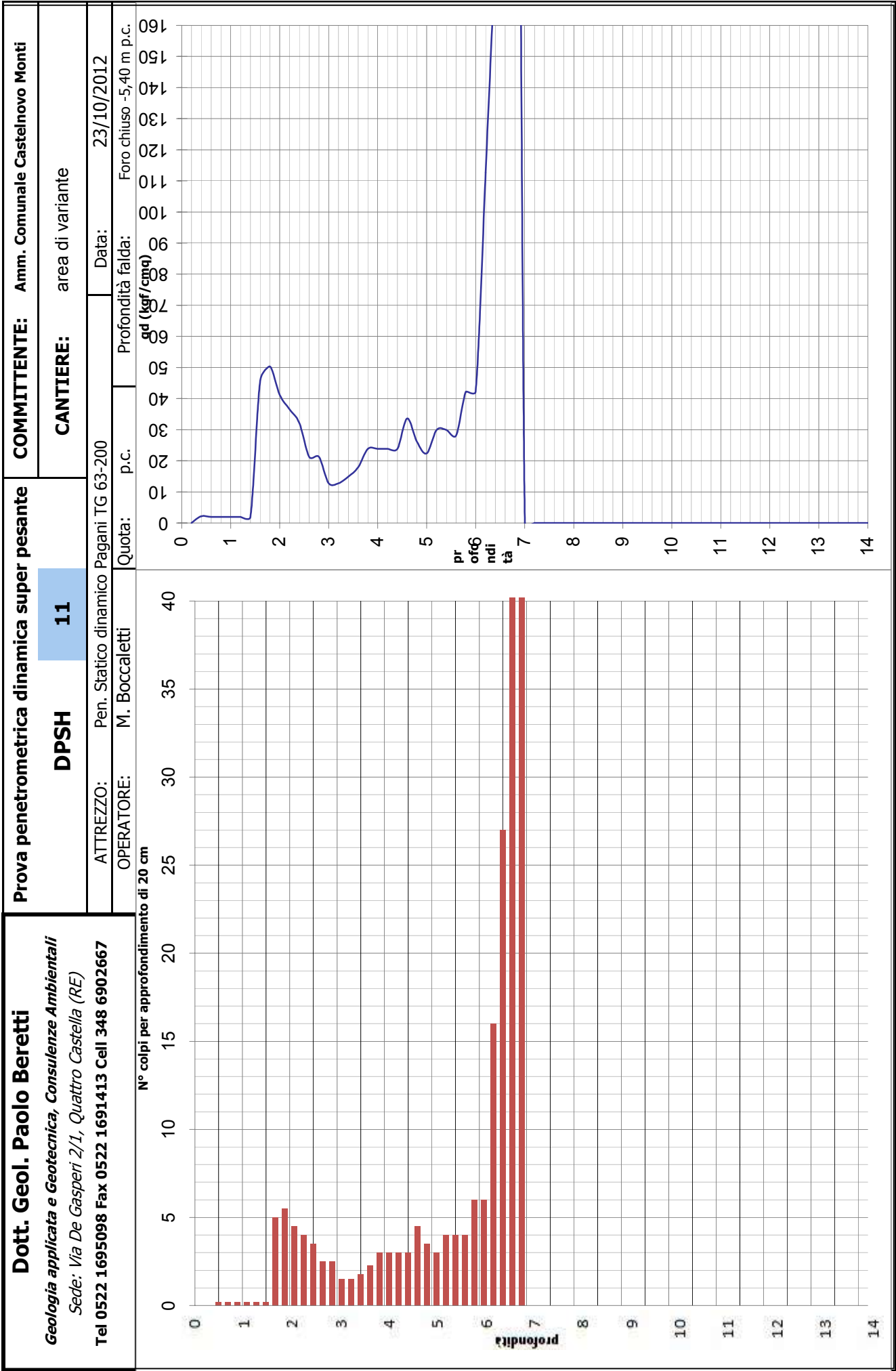


Fig. 3: Profilo onde VS

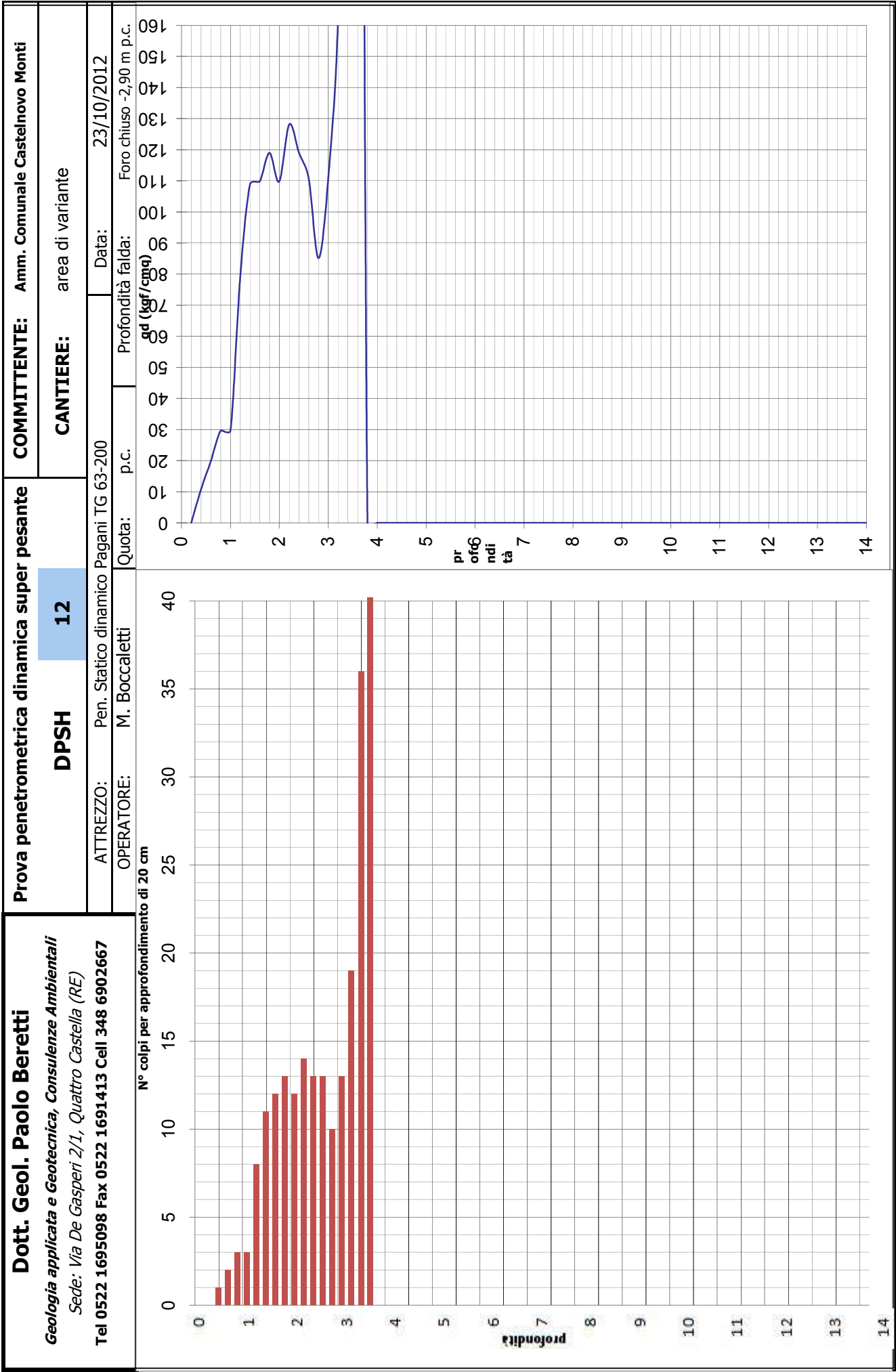
INDAGINI GEOGNOSTICHE



Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> <i>Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)</i> Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667				Prova penetrometrica dinamica super pesante				COMMITTENTE: Amm. Comunale Castelnovo Monti				
				DPSH		11		CANTIERE: area di variante				
				ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200		Data: 23/10/2012						
				OPERATORE: M. Boccaletti		Quota: p.c.		Profondità falda: Foro chiuso -5,40 m p.c.				
Letture di campagna e elaborazioni												
Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Caratteristiche strumentali
1	0,2			6	5,2	4	29,88	11	10,2			Peso Maglio (kg)
1	0,4	0,2	2,15	6	5,4	4	29,88	11	10,4			
2	0,6	0,2	1,98	7	5,6	4	28,16	12	10,6			Volata (cm)
2	0,8	0,2	1,98	7	5,8	6	42,24	12	10,8			
2	1	0,2	1,98	7	6	6	42,24	12	11			Aste (Kg al m)
2	1,2	0,2	1,98	7	6,2	16	112,63	12	11,2			
2	1,4	0,2	1,98	7	6,4	27	190,07	12	11,4			Area della punta (cmq)
3	1,6	5	45,77	8	6,6	48	319,46	12	11,6			
3	1,8	5,5	50,34	8	6,8	65	432,60	12	11,8			Peso incudine
3	2	4,5	41,19	8	7			12	12			
3	2,2	4	36,61	8	7,2			13	12,2			Avanzamento (cm)
3	2,4	3,5	32,04	8	7,4			13	12,4			
4	2,6	2,5	21,29	9	7,6			13	12,6			Angolo punta
4	2,8	2,5	21,29	9	7,8			13	12,8			
4	3	1,5	12,77	9	8			13	13			
4	3,2	1,5	12,77	9	8,2			14	13,2			
4	3,4	1,75	14,90	9	8,4			14	13,4			
5	3,6	2,25	17,91	10	8,6			14	13,6			
5	3,8	3	23,88	10	8,8			14	13,8			
5	4	3	23,88	10	9			14	14			
5	4,2	3	23,88	10	9,2			15	14,2			
5	4,4	3	23,88	10	9,4			15	14,4			
6	4,6	4,5	33,62	11	9,6			15	14,6			
6	4,8	3,5	26,15	11	9,8			15	14,8			
6	5	3	22,41	11	10			15	15			



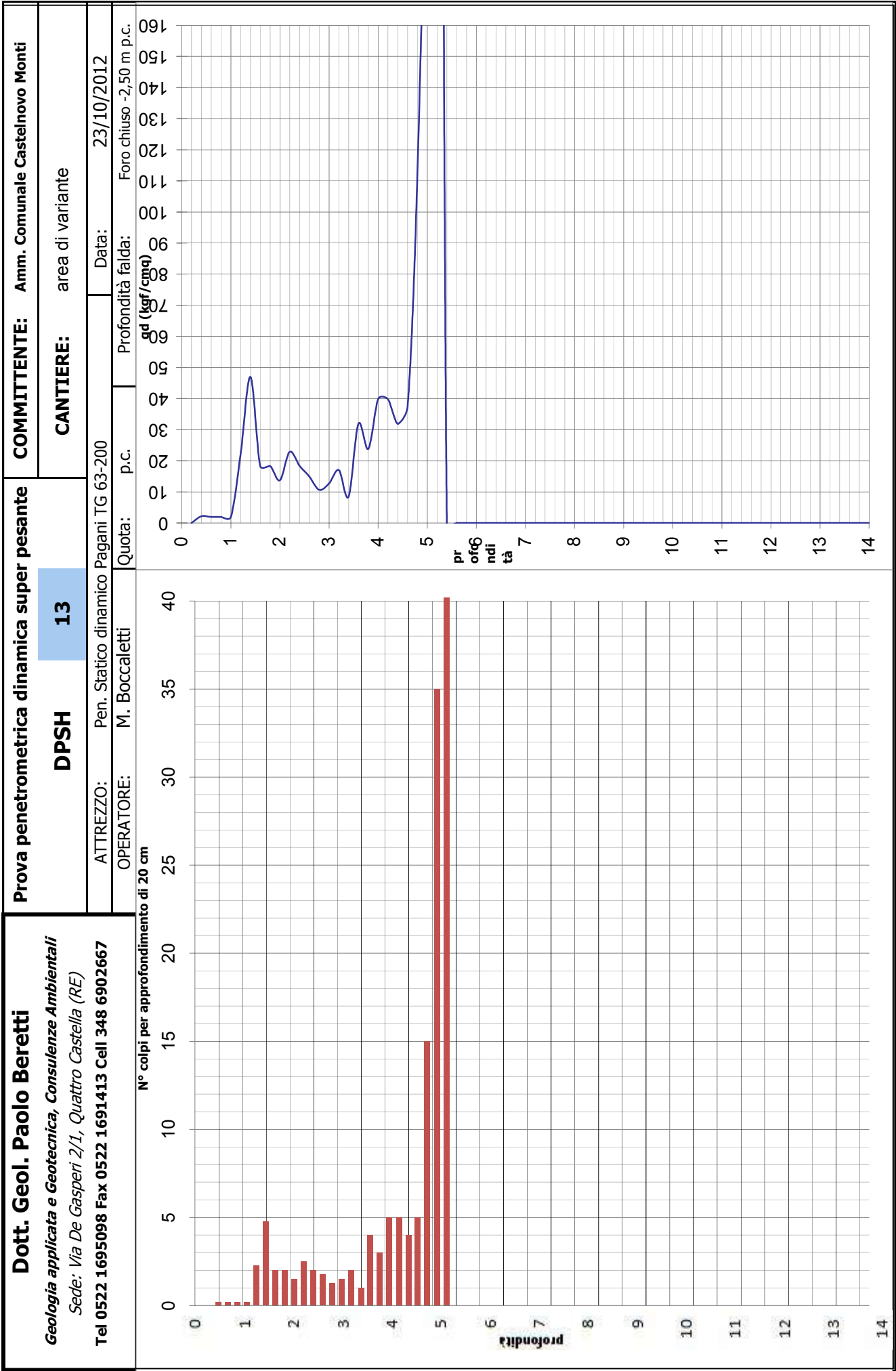
Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> <i>Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)</i> Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667				Prova penetrometrica dinamica super pesante				COMMITTENTE: Amm. Comunale Castelnovo Monti					
				DPSH		12		CANTIERE: area di variante					
				ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200		Data: 23/10/2012							
				OPERATORE: M. Boccaletti		Quota: p.c.		Profondità falda: Foro chiuso -2,90 m p.c.					
Letture di campagna e elaborazioni													
Caratteristiche strumentali													
Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq		
1	0,2			6	5,2			11	10,2			Peso Maglio (kg)	63,5
1	0,4	1	10,77	6	5,4			11	10,4			Volata (cm)	75
2	0,6	2	19,79	7	5,6			12	10,6			Aste (Kg al m)	6,2
2	0,8	3	29,69	7	5,8			12	10,8			Area della punta (cmq)	20
2	1	3	29,69	7	6			12	11			Peso incudine	0,5
2	1,2	8	79,17	7	6,2			12	11,2			Avanzamento (cm)	20
2	1,4	11	108,85	7	6,4			12	11,4			Angolo punta	90°
3	1,6	12	109,84	8	6,6			12	11,6				
3	1,8	13	118,99	8	6,8			12	11,8				
3	2	12	109,84	8	7			12	12				
3	2,2	14	128,14	8	7,2			13	12,2				
3	2,4	13	118,99	8	7,4			13	12,4				
4	2,6	13	110,68	9	7,6			13	12,6				
4	2,8	10	85,14	9	7,8			13	12,8				
4	3	13	110,68	9	8			13	13				
4	3,2	19	161,77	9	8,2			14	13,2				
4	3,4	36	306,51	9	8,4			14	13,4				
5	3,6	70	557,09	10	8,6			14	13,6				
5	3,8			10	8,8			14	13,8				
5	4			10	9			14	14				
5	4,2			10	9,2			15	14,2				
5	4,4			10	9,4			15	14,4				
6	4,6			11	9,6			15	14,6				
6	4,8			11	9,8			15	14,8				
6	5			11	10			15	15				



Dott. Geol. Paolo Beretti			Prova penetrometrica dinamica super pesante			COMMITTENTE: Amm. Comunale Castelnuovo Monti		
<i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i>			DPSH			CANTIERE: area di variante		
<i>Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)</i>			13			Data: 23/10/2012		
Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667			ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200			Profondità falda: Foro chiuso -2,50 m p.c.		
			OPERATORE: M. Boccaletti			Quota: p.c.		

Letture di campagna e elaborazioni

Asta		PROF.	m.	Numero	colpi	qd	kgf/cm ²	Asta	n°	PROF.	m.	Numero	colpi	qd	kgf/cm ²	Asta	n°	PROF.	m.	Numero	colpi	qd	kgf/cm ²	Caratteristiche strumentali	
1	1	0,2						6	6	5,2	5,2	75		560,31		11	11	10,2	10,2					Peso Maglio (kg)	63,5
1	1	0,4		0,2		2,15		6	6	5,4	5,4					11	11	10,4	10,4					Volata (cm)	75
2	2	0,6		0,2		1,98		7	7	5,6	5,6					12	12	10,6	10,6					Aste (Kg al m)	6,2
2	2	0,8		0,2		1,98		7	7	5,8	5,8					12	12	10,8	10,8					Area della punta (cm ²)	20
2	2	1		0,2		1,98		7	7	6	6					12	12	11	11					Peso incudine	0,5
2	2	1,2		2,25		22,27		7	7	6,2	6,2					12	12	11,2	11,2					Avanzamento (cm)	20
2	2	1,4		4,75		47,01		7	7	6,4	6,4					12	12	11,4	11,4					Angolo punta	90°
3	3	1,6		2		18,31		8	8	6,6	6,6					12	12	11,6	11,6						
3	3	1,8		2		18,31		8	8	6,8	6,8					12	12	11,8	11,8						
3	3	2		1,5		13,73		8	8	7	7					12	12	12	12						
3	3	2,2		2,5		22,88		8	8	7,2	7,2					13	13	12,2	12,2						
3	3	2,4		2		18,31		8	8	7,4	7,4					13	13	12,4	12,4						
4	4	2,6		1,75		14,90		9	9	7,6	7,6					13	13	12,6	12,6						
4	4	2,8		1,25		10,64		9	9	7,8	7,8					13	13	12,8	12,8						
4	4	3		1,5		12,77		9	9	8	8					13	13	13	13						
4	4	3,2		2		17,03		9	9	8,2	8,2					14	14	13,2	13,2						
4	4	3,4		1		8,51		9	9	8,4	8,4					14	14	13,4	13,4						
5	5	3,6		4		31,83		10	10	8,6	8,6					14	14	13,6	13,6						
5	5	3,8		3		23,88		10	10	8,8	8,8					14	14	13,8	13,8						
5	5	4		5		39,79		10	10	9	9					14	14	14	14						
5	5	4,2		5		39,79		10	10	9,2	9,2					15	15	14,2	14,2						
5	5	4,4		4		31,83		10	10	9,4	9,4					15	15	14,4	14,4						
6	6	4,6		5		37,35		11	11	9,6	9,6					15	15	14,6	14,6						
6	6	4,8		15		112,06		11	11	9,8	9,8					15	15	14,8	14,8						
6	6	5		35		261,48		11	11	10	10					15	15	15	15						



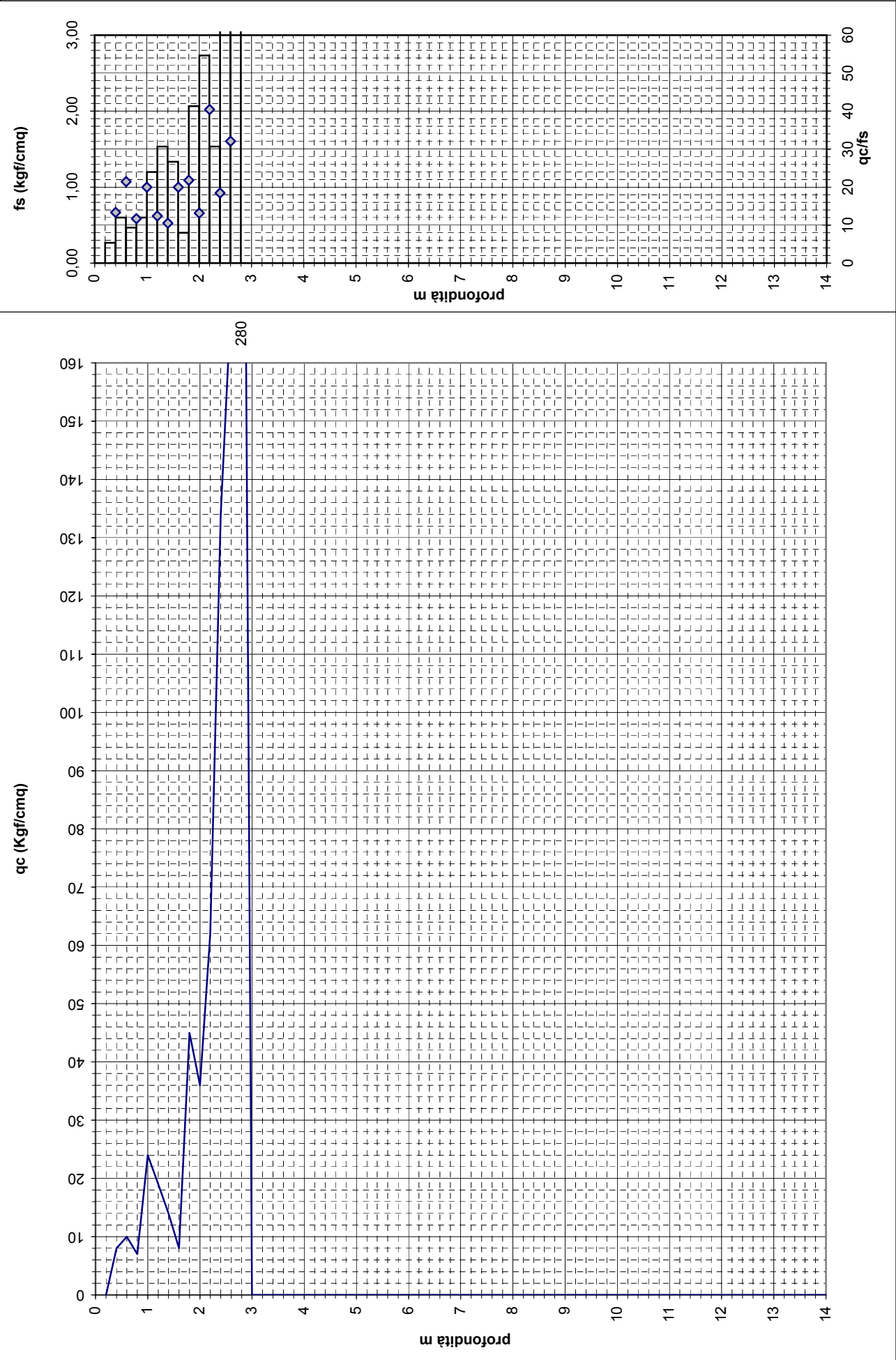
Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Via De Gasperi 2/1 – 42020 Quattro Castella (RE) Tel.0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	Prova penetrometrica statica CPT			COMMITTENTE: Amm. Comunale Castelnovo ne' Monti	
	17			CANTIERE: Fattibilità monte	
	ATTREZZO:	Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200	Data:	26/03/2013	
OPERATORE:		Dr. Beretti	Profondità falda:	Foro chiuso -2,50 m p.c.	

Lecture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0,2					5,2					10,2				
0,4	8	12	0,60	13,3	5,4					10,4				
0,6	10	19	0,47	21,4	5,6					10,6				
0,8	7	14	0,60	11,7	5,8					10,8				
1,0	24	33	1,20	20,0	6,0					11,0				
1,2	19	37	1,53	12,4	6,2					11,2				
1,4	14	37	1,33	10,5	6,4					11,4				
1,6	8	28	0,40	20,0	6,6					11,6				
1,8	45	51	2,07	21,8	6,8					11,8				
2,0	36	67	2,73	13,2	7,0					12,0				
2,2	62	103	1,53	40,4	7,2					12,2				
2,4	134	157	7,27	18,4	7,4					12,4				
2,6	171	280	5,33	32,1	7,6					12,6				
2,8	280	360			7,8					12,8				
3,0					8,0					13,0				
3,2					8,2					13,2				
3,4					8,4					13,4				
3,6					8,6					13,6				
3,8					8,8					13,8				
4,0					9,0					14,0				
4,2					9,2					14,2				
4,4					9,4					14,4				
4,6					9,6					14,6				
4,8					9,8					14,8				
5,0					10,0					15,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

Dott.Geol.Paolo Beretti Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° 17		COMMITTENTE: Amm. Comunale Castelnuovo ne' Monti
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: Fattibilità monte	
QUOTA: p.c.	Profondità falda: Foro chiuso -2,50 m p.c.	DATA: 26/03/2013	



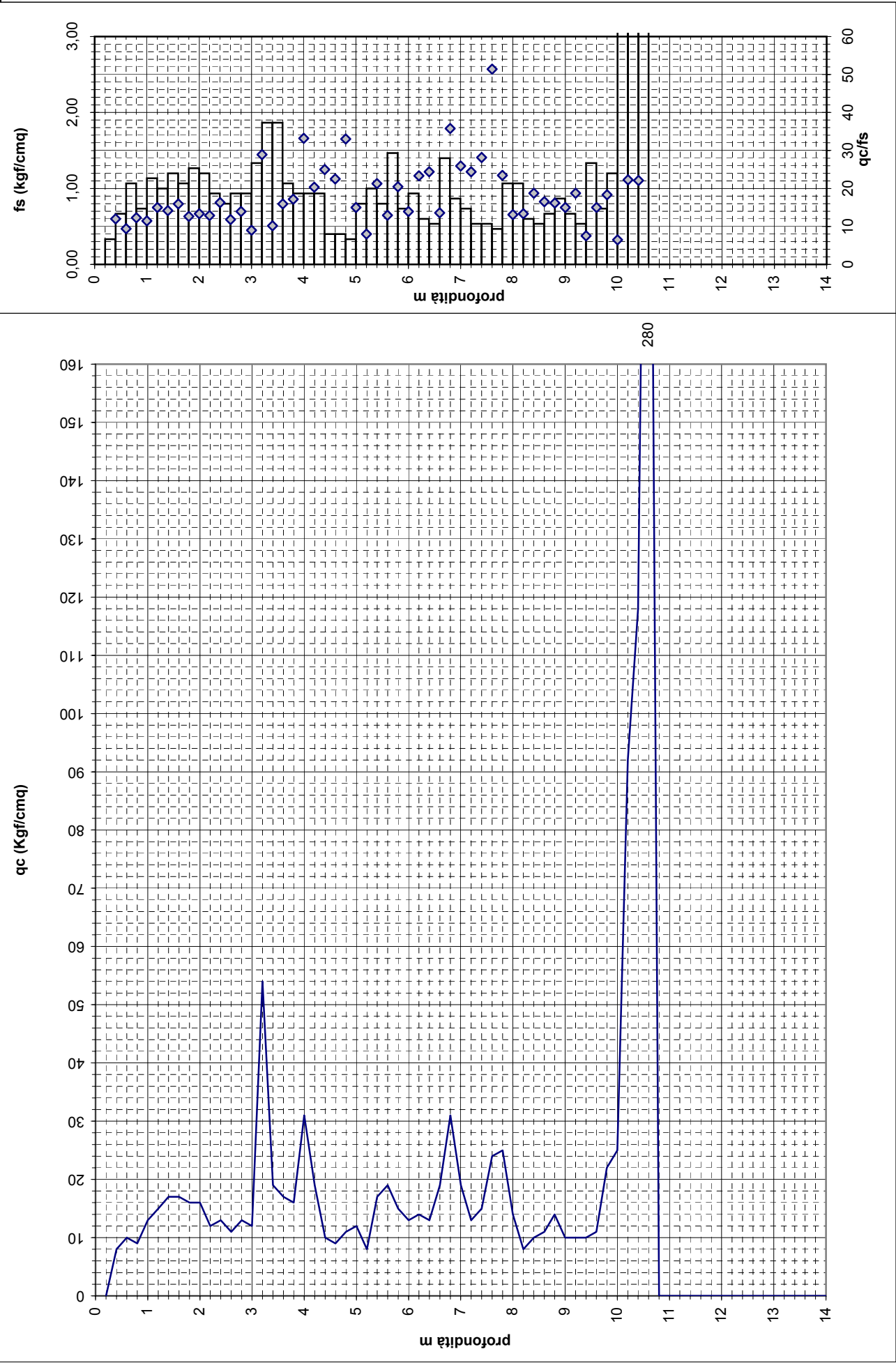
Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Via De Gasperi 2/1 – 42020 Quattro Castella (RE) Tel.0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	Prova penetrometrica statica CPT			COMMITTENTE: Amm. Comunale Castelnovo ne' Monti	
	18			CANTIERE: Fattibilità monte	
	ATTREZZO:	Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200		Data:	26/03/2013
OPERATORE:		Dr. Beretti		Profondità falda: -0,70 m p.c.	

Lecture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0,2					5,2	8	20	1,00	8,0	10,2	92	150	4,13	22,3
0,4	8	13	0,67	12,0	5,4	17	32	0,80	21,3	10,4	118	180	5,33	22,1
0,6	10	20	1,07	9,4	5,6	19	31	1,47	13,0	10,6	280	360		
0,8	9	25	0,73	12,3	5,8	15	37	0,73	20,5	10,8				
1,0	13	24	1,13	11,5	6,0	13	24	0,93	13,9	11,0				
1,2	15	32	1,00	15,0	6,2	14	28	0,60	23,3	11,2				
1,4	17	32	1,20	14,2	6,4	13	22	0,53	24,4	11,4				
1,6	17	35	1,07	15,9	6,6	19	27	1,40	13,6	11,6				
1,8	16	32	1,27	12,6	6,8	31	52	0,87	35,8	11,8				
2,0	16	35	1,20	13,3	7,0	19	32	0,73	25,9	12,0				
2,2	12	30	0,93	12,9	7,2	13	24	0,53	24,4	12,2				
2,4	13	27	0,80	16,3	7,4	15	23	0,53	28,1	12,4				
2,6	11	23	0,93	11,8	7,6	24	32	0,47	51,4	12,6				
2,8	13	27	0,93	13,9	7,8	25	32	1,07	23,4	12,8				
3,0	12	26	1,33	9,0	8,0	14	30	1,07	13,1	13,0				
3,2	54	74	1,87	28,9	8,2	8	24	0,60	13,3	13,2				
3,4	19	47	1,87	10,2	8,4	10	19	0,53	18,8	13,4				
3,6	17	45	1,07	15,9	8,6	11	19	0,67	16,5	13,6				
3,8	16	32	0,93	17,1	8,8	14	24	0,87	16,2	13,8				
4,0	31	45	0,93	33,2	9,0	10	23	0,67	15,0	14,0				
4,2	19	33	0,93	20,4	9,2	10	20	0,53	18,8	14,2				
4,4	10	24	0,40	25,0	9,4	10	18	1,33	7,5	14,4				
4,6	9	15	0,40	22,5	9,6	11	31	0,73	15,0	14,6				
4,8	11	17	0,33	33,0	9,8	22	33	1,20	18,3	14,8				
5,0	12	17	0,80	15,0	10,0	25	43	3,87	6,5	15,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

Dott.Geol.Paolo Beretti Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA		COMMITTENTE:
	C.P.T. N° 18		Amm. Comunale Castelnovo ne' Monti
	ATTREZZO:	Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE:
QUOTA:	p.c.	Profondità falda: -0,70 m p.c.	Fattibilità monte
		DATA:	26/03/2013



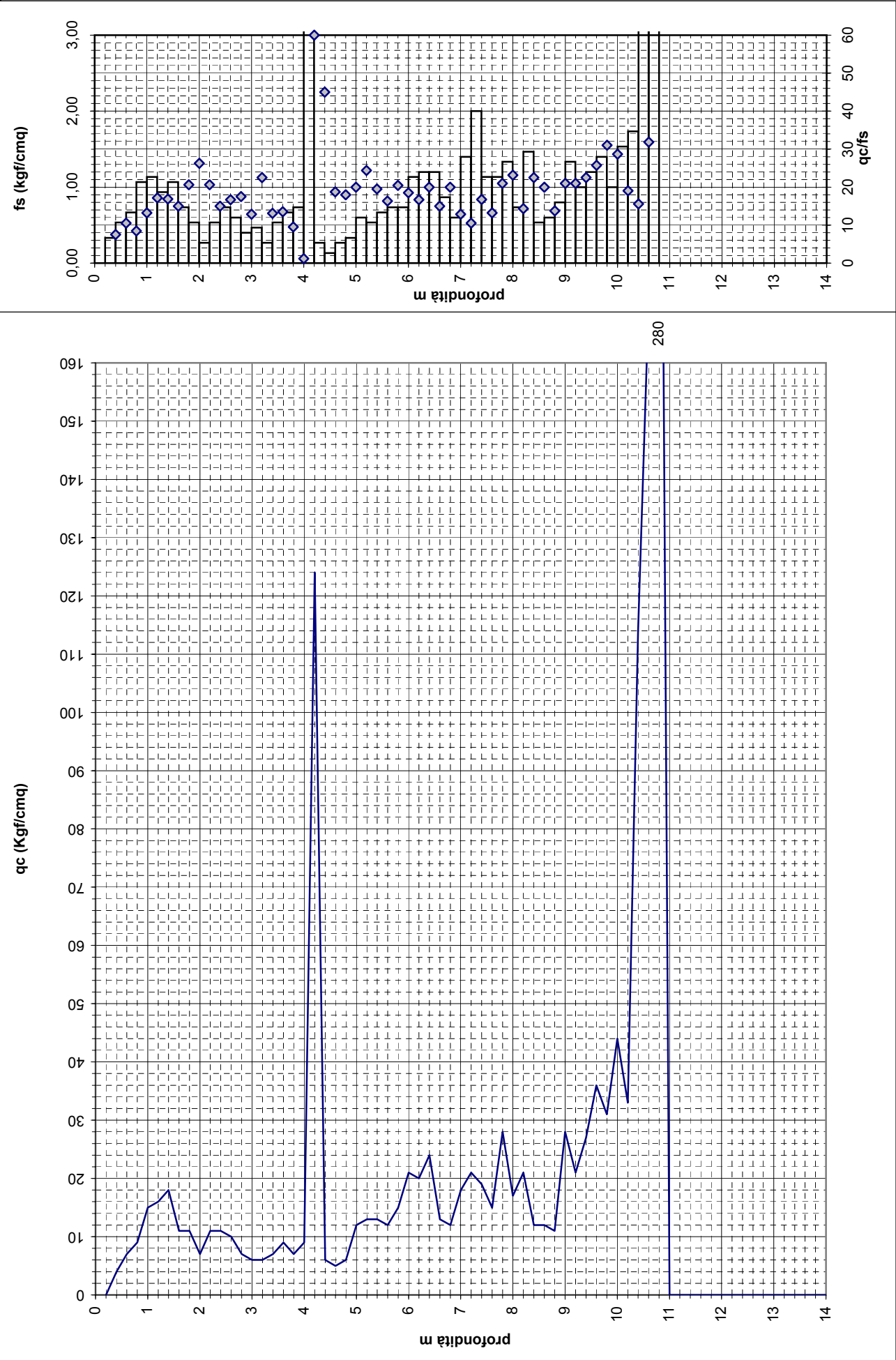
Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Via De Gasperi 2/1 – 42020 Quattro Castella (RE) Tel.0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	Prova penetrometrica statica			COMMITTENTE: Amm. Comunale Castelnovo ne' Monti	
	CPT			CANTIERE: Fattibilità monte	
	ATTREZZO:	Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200		Data:	26/03/2013
	OPERATORE:	Dr. Beretti	Profondità falda:	-1,70 m p.c.	

Lecture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0,2					5,2	13	22	0,53	24,4	10,2	33	56	1,73	19,0
0,4	4	9	0,53	7,5	5,4	13	21	0,67	19,5	10,4	114	140	7,33	15,5
0,6	7	15	0,67	10,5	5,6	12	22	0,73	16,4	10,6	170	280	5,33	31,9
0,8	9	19	1,07	8,4	5,8	15	26	0,73	20,5	10,8	280	360		
1,0	15	31	1,13	13,2	6,0	21	32	1,13	18,5	11,0				
1,2	16	33	0,93	17,1	6,2	20	37	1,20	16,7	11,2				
1,4	18	32	1,07	16,9	6,4	24	42	1,20	20,0	11,4				
1,6	11	27	0,73	15,0	6,6	13	31	0,87	15,0	11,6				
1,8	11	22	0,53	20,6	6,8	12	25	0,60	20,0	11,8				
2,0	7	15	0,27	26,3	7,0	18	27	1,40	12,9	12,0				
2,2	11	15	0,53	20,6	7,2	21	42	2,00	10,5	12,2				
2,4	11	19	0,73	15,0	7,4	19	49	1,13	16,8	12,4				
2,6	10	21	0,60	16,7	7,6	15	32	1,13	13,2	12,6				
2,8	7	16	0,40	17,5	7,8	28	45	1,33	21,0	12,8				
3,0	6	12	0,47	12,9	8,0	17	37	0,73	23,2	13,0				
3,2	6	13	0,27	22,5	8,2	21	32	1,47	14,3	13,2				
3,4	7	11	0,53	13,1	8,4	12	34	0,53	22,5	13,4				
3,6	9	17	0,67	13,5	8,6	12	20	0,60	20,0	13,6				
3,8	7	17	0,73	9,5	8,8	11	20	0,80	13,8	13,8				
4,0	9	20	7,73	1,2	9,0	28	40	1,33	21,0	14,0				
4,2	124	240	0,27	465,0	9,2	21	41	1,00	21,0	14,2				
4,4	6	10	0,13	45,0	9,4	27	42	1,20	22,5	14,4				
4,6	5	7	0,27	18,8	9,6	36	54	1,40	25,7	14,6				
4,8	6	10	0,33	18,0	9,8	31	52	1,00	31,0	14,8				
5,0	12	17	0,60	20,0	10,0	44	59	1,53	28,7	15,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

Dott.Geol.Paolo Beretti Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA		COMMITTENTE:
	C.P.T. N°	19	Amm. Comunale Castelnovo ne' Monti
	ATTREZZO:	Pen. statico dinamico Pagani	Fattibilità monte
QUOTA:	p.c.		DATA: 26/03/2013



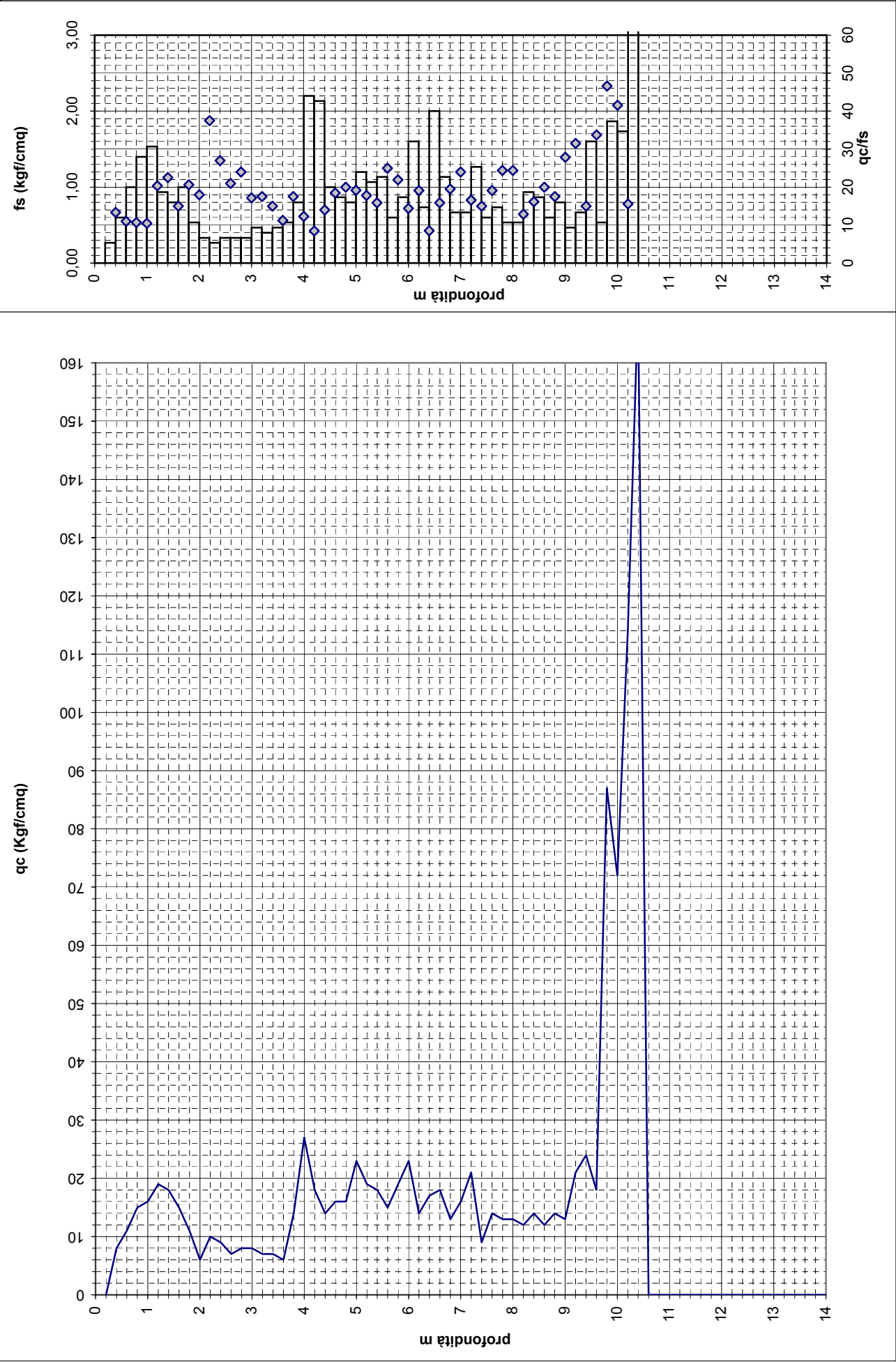
Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Via De Gasperi 2/1 – 42020 Quattro Castella (RE) Tel.0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	Prova penetrometrica statica			COMMITTENTE: Amm. Comunale Castelnuovo ne' Monti	
	CPT			CANTIERE: Fattibilità monte	
	20				
	ATTREZZO:	Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200		Data:	26/03/2013
OPERATORE:		Dr. Beretti	Profondità falda: -0,70 m p.c.		

Lecture di campagna e elaborazioni

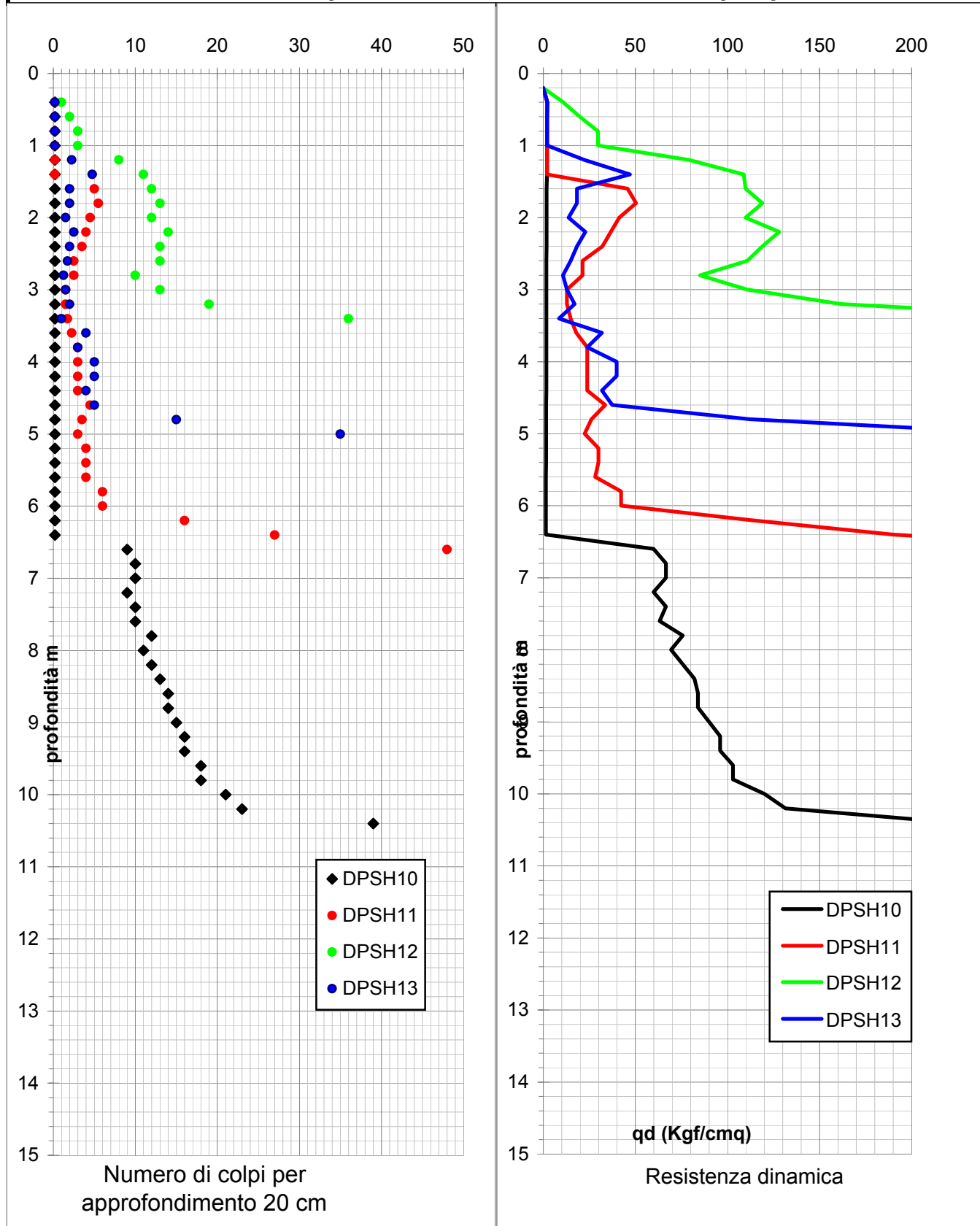
PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0,2					5,2	19	37	1,07	17,8	10,2	114	140	7,33	15,5
0,4	8	12	0,60	13,3	5,4	18	34	1,13	15,9	10,4	170	280		
0,6	11	20	1,00	11,0	5,6	15	32	0,60	25,0	10,6				
0,8	15	30	1,40	10,7	5,8	19	28	0,87	21,9	10,8				
1,0	16	37	1,53	10,4	6,0	23	36	1,60	14,4	11,0				
1,2	19	42	0,93	20,4	6,2	14	38	0,73	19,1	11,2				
1,4	18	32	0,80	22,5	6,4	17	28	2,00	8,5	11,4				
1,6	15	27	1,00	15,0	6,6	18	48	1,13	15,9	11,6				
1,8	11	26	0,53	20,6	6,8	13	30	0,67	19,5	11,8				
2,0	6	14	0,33	18,0	7,0	16	26	0,67	24,0	12,0				
2,2	10	15	0,27	37,5	7,2	21	31	1,27	16,6	12,2				
2,4	9	13	0,33	27,0	7,4	9	28	0,60	15,0	12,4				
2,6	7	12	0,33	21,0	7,6	14	23	0,73	19,1	12,6				
2,8	8	13	0,33	24,0	7,8	13	24	0,53	24,4	12,8				
3,0	8	13	0,47	17,1	8,0	13	21	0,53	24,4	13,0				
3,2	7	14	0,40	17,5	8,2	12	20	0,93	12,9	13,2				
3,4	7	13	0,47	15,0	8,4	14	28	0,87	16,2	13,4				
3,6	6	13	0,53	11,3	8,6	12	25	0,60	20,0	13,6				
3,8	14	22	0,80	17,5	8,8	14	23	0,80	17,5	13,8				
4,0	27	39	2,20	12,3	9,0	13	25	0,47	27,9	14,0				
4,2	18	51	2,13	8,4	9,2	21	28	0,67	31,5	14,2				
4,4	14	46	1,00	14,0	9,4	24	34	1,60	15,0	14,4				
4,6	16	31	0,87	18,5	9,6	18	42	0,53	33,8	14,6				
4,8	16	29	0,80	20,0	9,8	87	95	1,87	46,6	14,8				
5,0	23	35	1,20	19,2	10,0	72	100	1,73	41,5	15,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

Dott.Geol.Paolo Beretti Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667 QUOTA: p.c.	PROVA PENETROMETRICA		COMMITTENTE:
	C.P.T. N°	20	Amm. Comunale Castelnovo ne' Monti
	ATTREZZO:	Pen. statico dinamico Pagani	Fattibilità monte
Profondità falda: -0,70 m p.c.		DATA:	26/03/2013



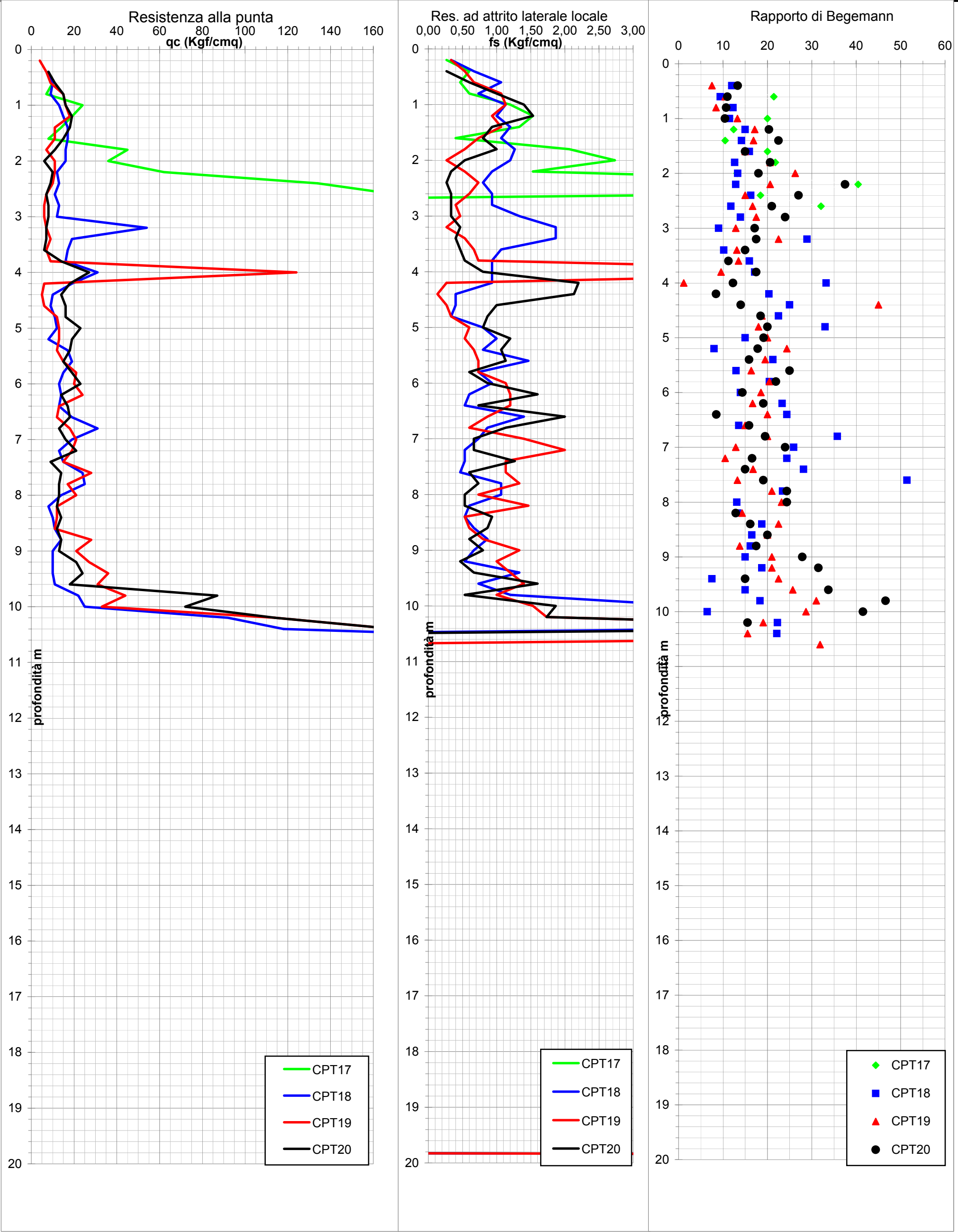
Analisi statistica dati penetrometrici - Dinamiche super pesanti DPSH



N₂₀ (kgf/cm²)

	Unità A	Unità B	Unità Bbis	Unità C	Unità Cbis	Unità D	Unità Dbis	Unità R
campioni	56	51	19	33	4	35	28	26
Minimo	0,20	1,00	2,50	1,00	0,20	3,00	8,00	10,00
Massimo	0,25	6,00	9,00	5,00	0,20	20,00	19,00	70,00
Media	0,20	3,25	5,74	2,20	0,20	7,06	12,68	38,08
Moda	0,20	3,00	6,00	1,50	0,20	6,00	10,00	21,00
Mediana	0,20	3,00	6,00	1,75	0,20	6,00	12,50	39,00
Dev. Stand.	0,01	1,11	1,69	1,03	0,00	4,33	2,82	18,77
Media tronca	0,20	3,18	5,74	2,07	0,20	6,34	12,54	37,95
t student	1,67	1,68	1,73	1,69	2,35	1,69	1,70	1,71
N20k	0,20	2,98	5,05	1,89	0,20	5,80	11,76	31,67

Analisi statistica dati penetrometrici



qc (kgf/cmq)						
	Unità A	Unità B	Unità Bbis	Unità C	Unità D	Unità R
campioni	77	96	18	57	22	36
Minimo	4,00	8,00	13,00	7,00	18,00	35,00
Massimo	124,00	45,00	100,00	26,00	74,00	400,00
Media	13,47	17,59	43,78	13,25	32,77	176,61
Moda	7,00	19,00	-	11,00	21,00	280,00
Mediana	11,00	17,00	39,00	12,00	31,50	169,50
Dev. Stand.	14,28	5,53	21,82	4,33	11,71	91,02
Media tronc	11,33	16,99	42,19	12,74	31,33	169,83
t student	1,67	1,66	1,74	1,67	1,72	1,69
qck	10,74	16,65	34,57	12,28	28,38	150,62

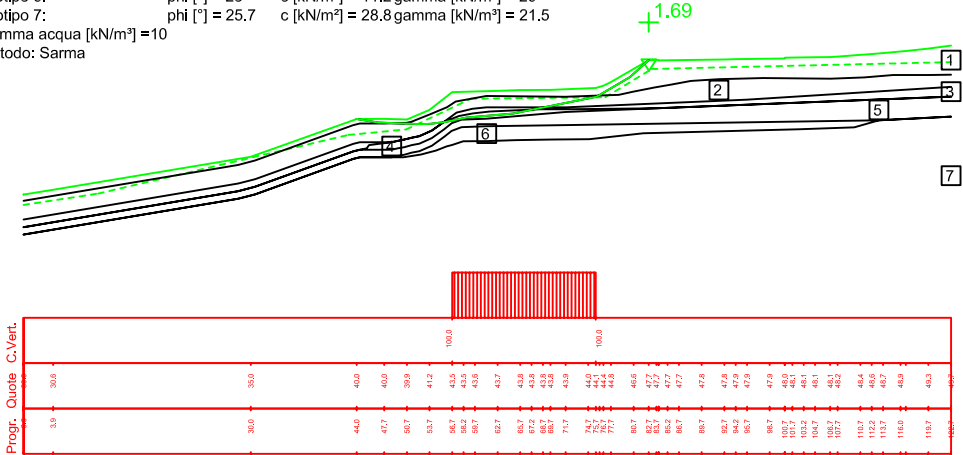
fs (kgf/cmq)						
	Unità A	Unità B	Unità Bbis	Unità C	Unità D	Unità R
campioni	77	96	18	57	22	36
Minimo	0,13	0,40	0,60	0,27	0,47	0,53
Massimo	7,73	2,20	4,93	2,73	3,33	11,33
Media	0,82	1,12	2,40	0,92	1,59	5,07
Moda	0,93	0,87	1,80	0,53	2,33	5,33
Mediana	0,67	1,07	2,07	0,80	1,47	4,93
Dev. Stand.	0,88	0,46	1,19	0,46	0,70	2,77
Media tronc	0,70	1,08	2,36	0,84	1,54	4,93
t student	1,67	1,66	1,74	1,67	1,72	1,69
fsk	0,65	1,04	1,90	0,81	1,33	4,28

VERIFICHE STABILITÀ

ALLEGATO: VERIFICHE DI STABILITÀ
CONDIZIONI DRENATE
SCALA 1:1000

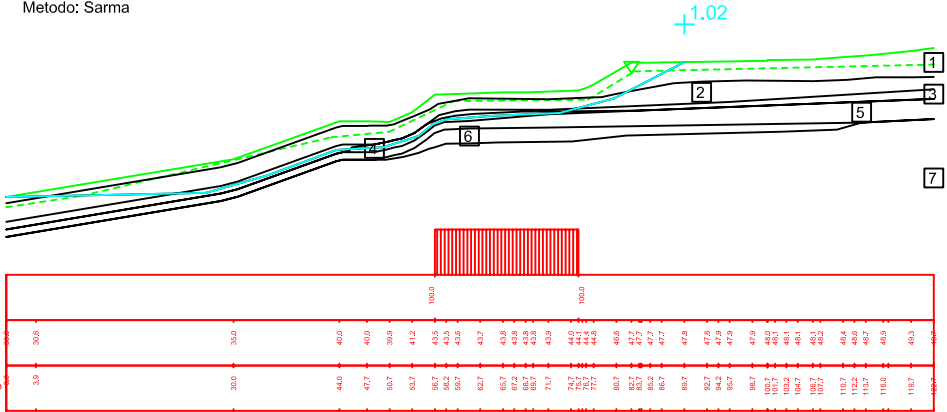
Realizzazione nuova casa di cura
Località Rovina di Castelnuovo ne' Monti
Committente: Amm. Com. Castelnuovo ne' Monti
Presenza di battente idrico sotterraneo
Presenza di sovraccarico

Litotipo 1: phi [°] = 12.9 c [kN/m²] = 0 gamma [kN/m³] = 19
Litotipo 2: phi [°] = 17.9 c [kN/m²] = 4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 3: phi [°] = 17.1 c [kN/m²] = 2.4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 4: phi [°] = 11.3 c [kN/m²] = 10.7 gamma [kN/m³] = 19
Litotipo 5: phi [°] = 17.1 c [kN/m²] = 2.4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 6: phi [°] = 23 c [kN/m²] = 11.2 gamma [kN/m³] = 20
Litotipo 7: phi [°] = 25.7 c [kN/m²] = 28.8 gamma [kN/m³] = 21.5
Gamma acqua [kN/m³] = 10
Metodo: Sarma



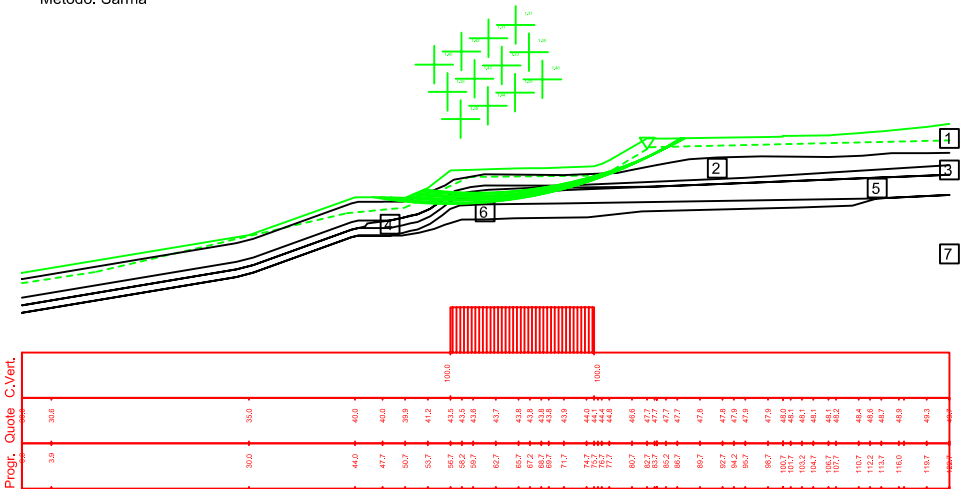
Realizzazione nuova casa di cura
Località Rovina di Castelnuovo ne' Monti
Committente: Amm. Com. Castelnuovo ne' Monti
Presenza di battente idrico sotterraneo
Presenza di sovraccarico

Litotipo 1: phi [°] = 12.9 c [kN/m²] = 0 gamma [kN/m³] = 19
Litotipo 2: phi [°] = 17.9 c [kN/m²] = 4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 3: phi [°] = 17.1 c [kN/m²] = 2.4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 4: phi [°] = 11.3 c [kN/m²] = 0 gamma [kN/m³] = 19
Litotipo 5: phi [°] = 17.1 c [kN/m²] = 2.4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 6: phi [°] = 23 c [kN/m²] = 11.2 gamma [kN/m³] = 20
Litotipo 7: phi [°] = 25.7 c [kN/m²] = 28.8 gamma [kN/m³] = 21.5
Gamma acqua [kN/m³] = 10
Metodo: Sarma



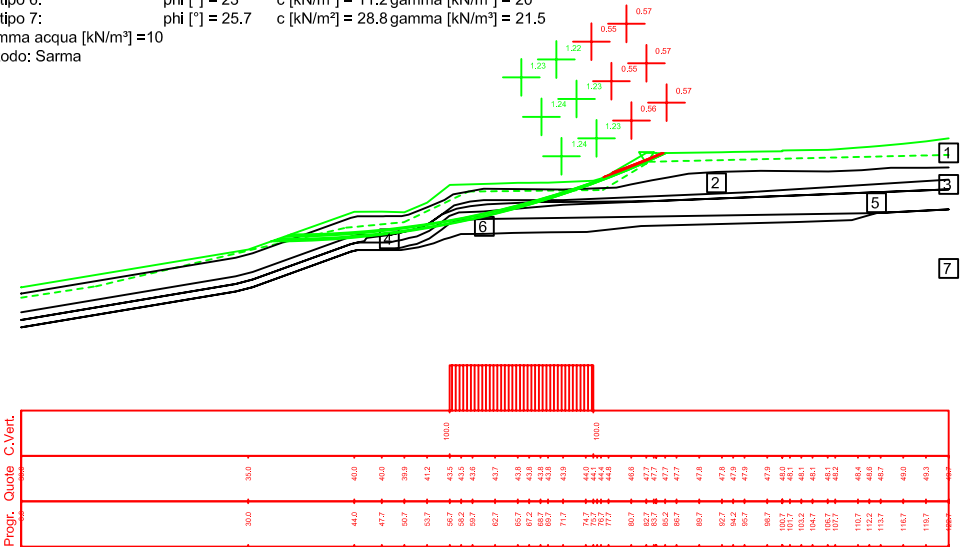
Realizzazione nuova casa di cura
Località Rovina di Castelnuovo ne' Monti
Committente: Amm. Com. Castelnuovo ne' Monti
Presenza di battente idrico sotterraneo
Presenza di sovraccarico

Litotipo 1: phi [°] = 12.9 c [kN/m²] = 0 gamma [kN/m³] = 19
Litotipo 2: phi [°] = 17.9 c [kN/m²] = 4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 3: phi [°] = 17.1 c [kN/m²] = 2.4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 4: phi [°] = 11.3 c [kN/m²] = 0 gamma [kN/m³] = 19
Litotipo 5: phi [°] = 17.1 c [kN/m²] = 2.4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 6: phi [°] = 23 c [kN/m²] = 11.2 gamma [kN/m³] = 20
Litotipo 7: phi [°] = 25.7 c [kN/m²] = 28.8 gamma [kN/m³] = 21.5
Gamma acqua [kN/m³] = 10
Metodo: Sarma



Realizzazione nuova casa di cura
Località Rovina di Castelnuovo ne' Monti
Committente: Amm. Com. Castelnuovo ne' Monti
Presenza di battente idrico sotterraneo
Presenza di sovraccarico

Litotipo 1: phi [°] = 12.9 c [kN/m²] = 0 gamma [kN/m³] = 19
Litotipo 2: phi [°] = 17.9 c [kN/m²] = 4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 3: phi [°] = 17.1 c [kN/m²] = 2.4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 4: phi [°] = 11.3 c [kN/m²] = 0 gamma [kN/m³] = 19
Litotipo 5: phi [°] = 17.1 c [kN/m²] = 2.4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 6: phi [°] = 23 c [kN/m²] = 11.2 gamma [kN/m³] = 20
Litotipo 7: phi [°] = 25.7 c [kN/m²] = 28.8 gamma [kN/m³] = 21.5
Gamma acqua [kN/m³] = 10
Metodo: Sarma



Realizzazione nuova casa di cura
Località Rovina di Castelnuovo ne' Monti
Committente: Amm. Com. Castelnuovo ne' Monti
Presenza di battente idrico sotterraneo
Presenza di sovraccarico

Litotipo 1: phi [°] = 12.9 c [kN/m²] = 0 gamma [kN/m³] = 19
Litotipo 2: phi [°] = 17.9 c [kN/m²] = 4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 3: phi [°] = 17.1 c [kN/m²] = 2.4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 4: phi [°] = 11.3 c [kN/m²] = 0 gamma [kN/m³] = 19
Litotipo 5: phi [°] = 17.1 c [kN/m²] = 2.4 gamma [kN/m³] = 19.5
Litotipo 6: phi [°] = 23 c [kN/m²] = 11.2 gamma [kN/m³] = 20
Litotipo 7: phi [°] = 25.7 c [kN/m²] = 28.8 gamma [kN/m³] = 21.5
Gamma acqua [kN/m³] = 10
Metodo: Sarma

