

**AREA INFRASTRUTTURE PER IL TERRITORIO
- SERVIZIO PATRIMONIO -**

**LAVORI DI REALIZZAZIONE
CAMPO DA CALCIO IN SINTETICO
LOCALITA' MADONNA DELLE STUOIE**

PROGETTO ESECUTIVO

R3

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

PROGETTAZIONE GENERALE

Dott. Arch. Giovanni Liverani

COLLABORATORE

Dott. Ing. Barbara Boninsegna

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

AREA INFRASTRUTTURE

PER IL TERRITORIO

Dott. Ing. Paolo Nobile

CAPO SERVIZIO - PATRIMONIO

(Arch. Giovanni Liverani)



PROGETTISTA

Dott. Ing. Giuseppe Lavatura

DIREZIONE LAVORI

Dott. Ing. Giuseppe Lavatura

INDAGINE GEOTECNICA

Dott. Geol. Giampaolo Guarnieri

INDICE

PARTE PRIMA – RELAZIONE GEOLOGICA.....	3
1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2. PREMESSA	3
3. CONSIDERAZIONI SU ALTIMETRIA - IDROLOGIA - LITOLOGIA -GEOMORFOLOGIA	5
3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE	10
4. INDAGINI ESEGUITE.....	15
4.1 GENERALITA'	15
4.2 PROVE DI LABORATORIO.....	16
PARTE SECONDA – SISMICA E GEOTECNICA.....	18
5. CARATTERISTICHE SISMICHE.....	18
5.1 SISMICITÀ.....	18
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	19
6.1 VALUTAZIONI SUGLI STATI LIMITE (PREDIMENSIONAMENTO)	21
7. CONCLUSIONI – INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE.....	24
8. ALLEGATI.....	27

PARTE PRIMA – RELAZIONE GEOLOGICA

1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018-Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 2 febbraio 2009. Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- PCM - Dip. Protezione Civile, Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica, Parti I, II e III. Roma settembre 2008.
- OPCM n.3316. Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza PCM n.3274 del 20.03.03.
- OPCM del 28.04.06 n. 3519 - Carta di pericolosità sismica del territorio nazionale
- OPCM n. 3519 del 28.04.2006. Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone
- AGI- Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulle prove Geotecniche di laboratorio.,1994
- AGI, Associazione Geotecnica Italiana. Raccomandazioni sulla programmazione e esecuzione delle indagini geotecniche, 1977
- DGR n. 2193/2015 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"
- REGOLAMENTO "LND Standard" per la realizzazione dun campo da calcio in "erba artificiale" di ultima generazione (approvato dalla C.I.S.E.A. in data 28.11.2013)

2. PREMESSA

Con determinazione n. 370 del 03/12/2018 il Comune di Lugo (RA) è stato affidato al sottoscritto l'incarico professionale per indagine geologica, l'assistenza alla progettazione e la direzione lavori geologica per la realizzazione di campo da calcio in sintetico nell'impianto sportivo di Madonna della Stuoie a Lugo.

L'indagine ha lo scopo di verificare le caratteristiche dei terreni sui quali sorge l'attuale campo di calcio, oggetto di intervento.

L'ubicazione è riportata cartograficamente in Fig.2.1. Le coordinate del sito sono le seguenti, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento per la carta di pericolosità dell'INGV:

- **Latitudine:** 44,412632
- **Longitudine:** 11,915868

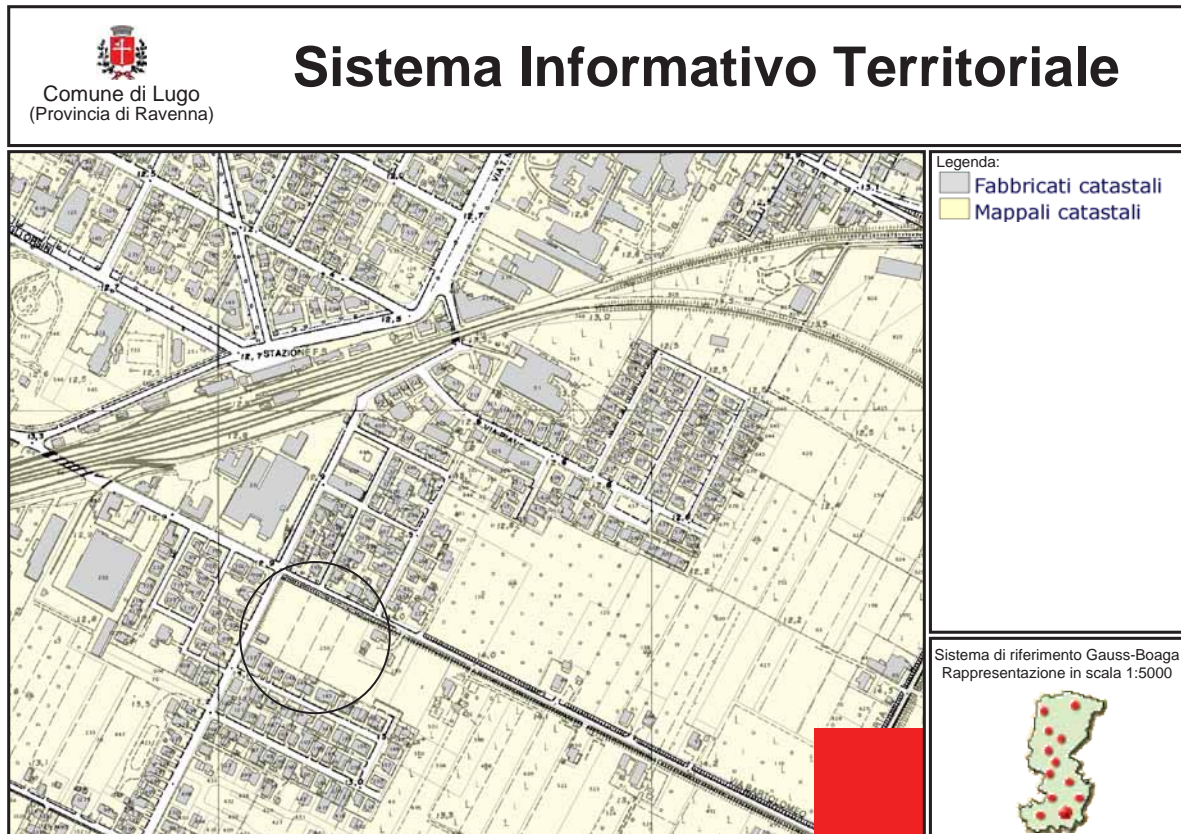


Fig. 2.1 area di intervento (da C.T.R. 1:5000)

In accordo con la Committenza, vista la preesistenza di precedenti studi eseguiti in aree limitrofe, sono stati utilizzati i risultati di tali studi, integrandoli ove necessario.

Attraverso l'elaborazione dei dati raccolti si è giunti allo sviluppo ed alla redazione dei capitoli seguenti, nonché alla realizzazione degli elaborati allegati, sviluppando le problematiche relative alla realizzazione delle nuove strutture.

3. CONSIDERAZIONI SU ALTIMETRIA - IDROLOGIA - LITOLOGIA - GEOMORFOLOGIA

Le tematiche riportate nel titolo verranno esaminate in un unico capitolo poiché, in relazione all'ubicazione dell'area in oggetto, risultano strettamente legate tra di loro e vicendevolmente si influenzano.

L'area in esame è situata nella zona intra valliva compresa tra i Fiumi Senio e Santerno, al margine orientale dell'abitato di Lugo (RA).

Per quanto riguarda l'altimetria, la quota media dell'area è di circa 13 m slm, e si possono osservare lievi pendenze che, in genere, si sviluppano ortogonalmente ai corsi d'acqua presenti, e che vanno a sovrapporsi alla generale pendenza regionale verso NE.

Il territorio del Comune di Lugo ricade all'interno dell'ampio bacino sedimentario padano, precisamente nella parte SUD-EST molto vicina al limite fra la Pianura Padana ed i primi rilievi appenninici. Il motivo deposizionale locale è caratterizzato da trasgressioni e regressioni, che hanno dato luogo a depositi principalmente d'origine continentale e fluviale.

Sopra i sedimenti fini, d'origine marina, sono andate depositandosi le alluvioni trasportate dai corsi d'acqua provenienti dai rilievi appenninici; queste sono costituite principalmente da terreni pelitici con intercalate lenti sabbiose o strati d'esiguo spessore, sempre a matrice sabbiosa. Nella parte alta del Pliocene si trovano invece strati argillosi, la cui distribuzione è stata condizionata dalla subsidenza differenziale verificatasi in prossimità della costa.

I terreni del Quaternario continentale (Olocene), sono invece quasi esclusivamente sabbiosi, con alcune aree ghiaiose in corrispondenza dell'antica fonda valle. I suoli lentiformi, argillosi, hanno invece avuto origine in concomitanza con la regressione marina che ha trasformato anche il territorio del Comune di Lugo in un'enorme piana alluvionale. I terreni alluvionali recenti, hanno una generale pendenza verso Nord-Est, secondo l'attuale direzione di deflusso dei corsi d'acqua

appenninici. A volte presentano, localmente (ma non nel caso in esame), un assetto più irregolare, per la presenza di dossi fluviali.

L'idrologia superficiale oltre che dalla presenza dei Fiumi Santerno (ad ovest) e Senio (ad est) è caratterizzata da una rete di canali e fossi di scolo ai quali è affidato il compito di convogliare le acque meteoriche e superficiali entro la rete principale di scolo e che, in accordo con la direzione generale del drenaggio superficiale, allontanano le acque verso NE. A nord dell'area, lungo la via Rivali S. Bartolomeo, scorre uno scolo (tombinato, alcuni anni orsono, all'altezza della zona sportiva) che funziona da scolmatore per il collettore fognario di via Madonna delle Stuoie nei momenti di crisi. Lo scolo si immette più ad ovest entro lo Scolo Canaletta di Budrio (direzione SE-NO).

A causa della complessa struttura del sottosuolo, molto articolata è anche la situazione dei primi acquiferi rinvenuti; l'alimentazione avviene, generalmente, per filtrazione delle acque meteoriche attraverso i terreni superficiali, maggiormente permeabili.

Verranno brevemente analizzati i risultati dei vari studi condotti, in occasione di precedenti indagini, sulla falda freatica (le quote sono riferite al piano campagna originario).

I dati bibliografici, relativi a rilievi eseguiti nelle zone circostanti, effettuati in diversi periodi dell'anno (Fig. 3.1/luglio 2002, Fig. 3.2/marzo 2007), riportano profondità della falda freatica dal piano di campagna (isobate) compresa tra -1,5 e -3,9 m dal piano di campagna attuale con quote medie, in corrispondenza dell'area in oggetto, di -2/-3,5, m circa dal p.c.

Considerando i dati bibliografici si ritiene che difficilmente la quota massima raggiungibile della falda freatica possa raggiungere e superare -1 m dal p.c.

L'area oggetto di studio, inoltre, non è stata interessata da allagamenti, durante l'alluvione che nell'ottobre 1996 ha interessato vaste porzioni del territorio comunale, come si può osservare dalla

cartografia allegata (Fig. 3.3).

Il quartiere presenta comunque una elevata criticità in caso di forti precipitazioni che, in circostanze particolarmente gravose, possono mettere in crisi la rete fognaria.

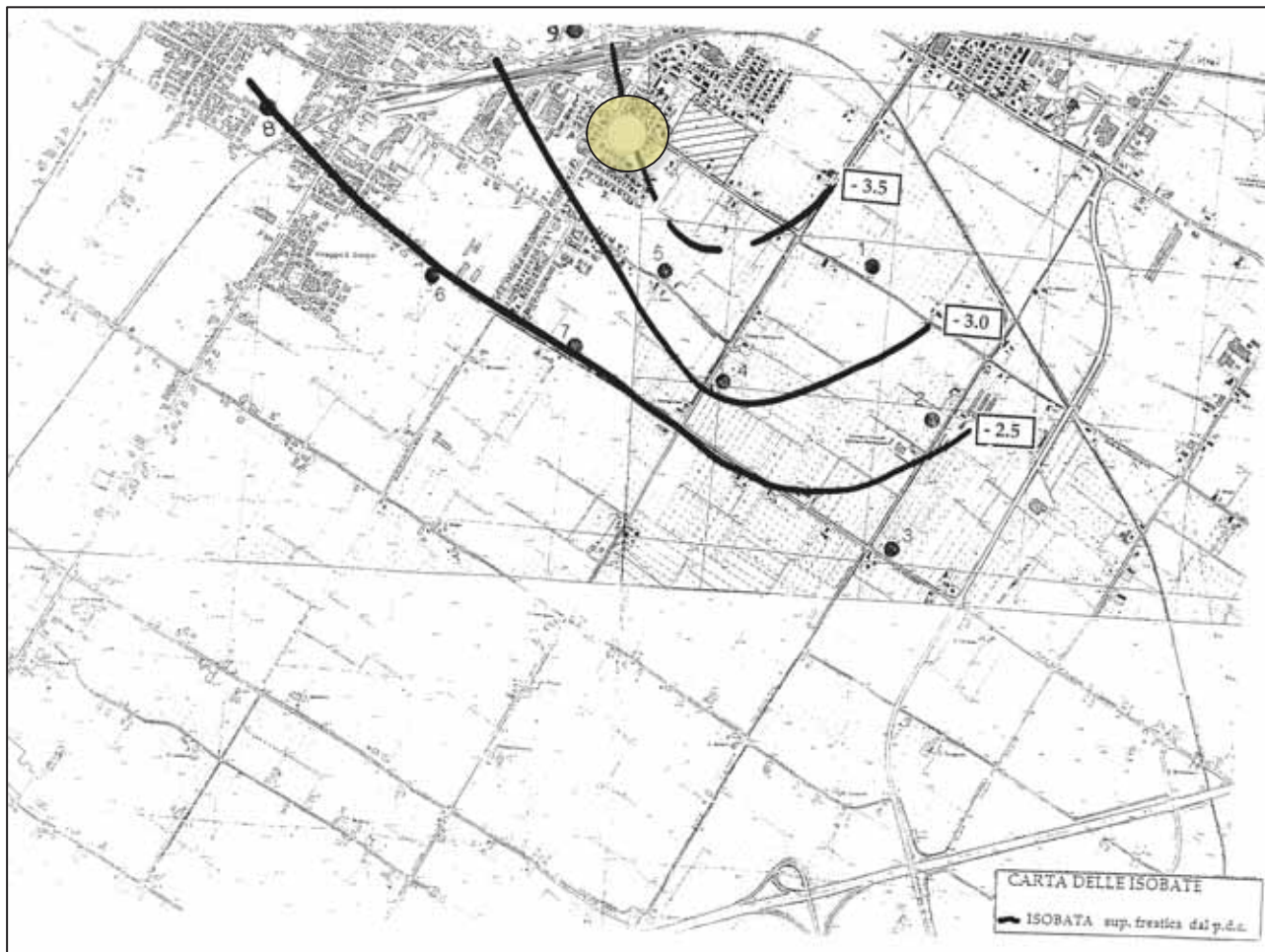


FIG. 3.1 - ISOBATE periodo luglio 2002

L'asse dello scatolare (sez. L200xH140 cm) utilizzato per il tombinamento parziale dello scolo lungo la via Rivali S. Bartolomeo è posizionato a 3,5m dalla recinzione del campo sportivo. La quota di scorrimento basale (rilevata con livello laser) risulta a -1,97 m rispetto alla quota 0,0 m del rilievo topografico dello stato attuale (zona antistante l'accesso al campo, da via M. delle Stuoie).

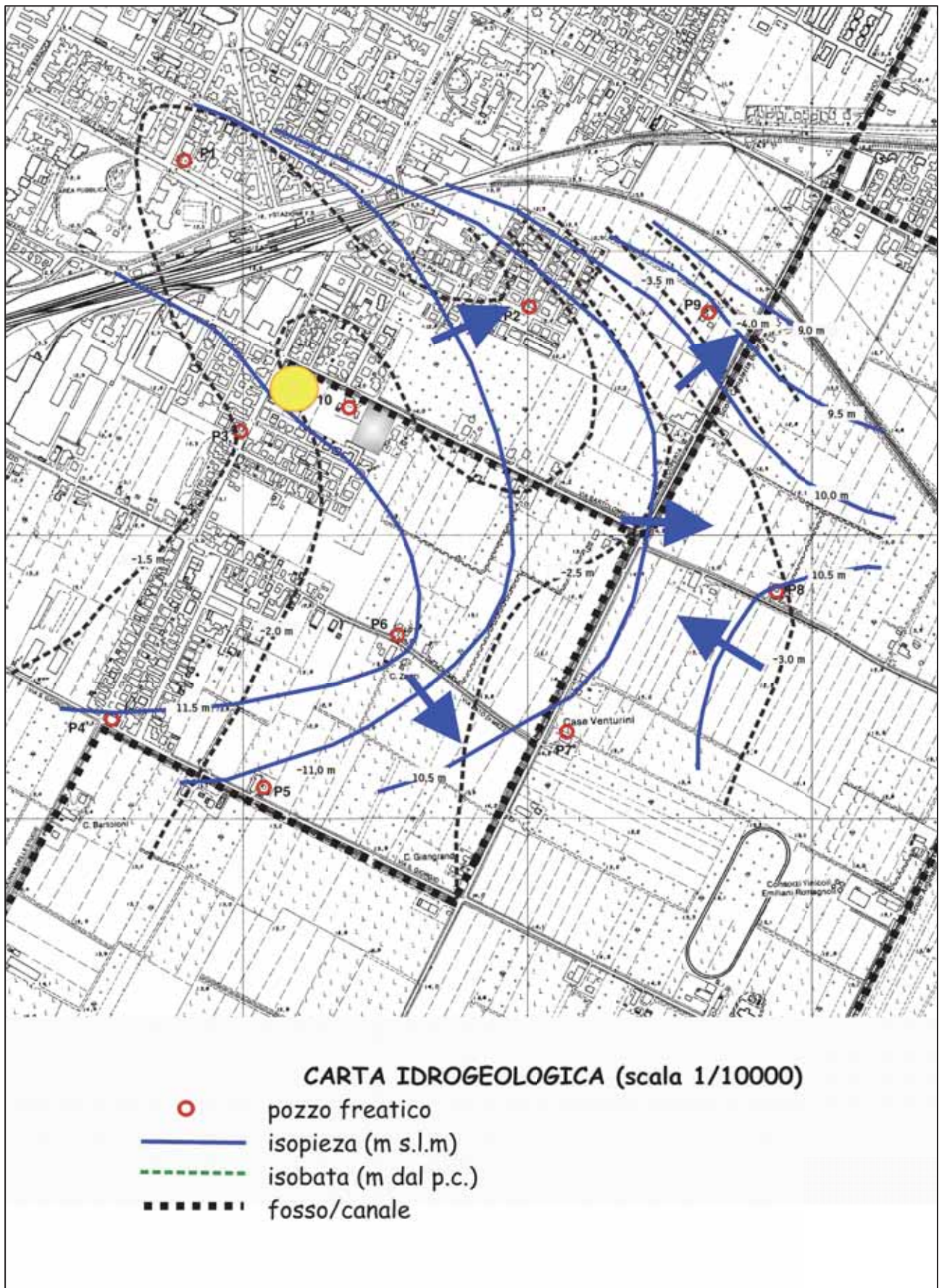


FIG. 3.2 - ISOBATE periodo marzo 2007

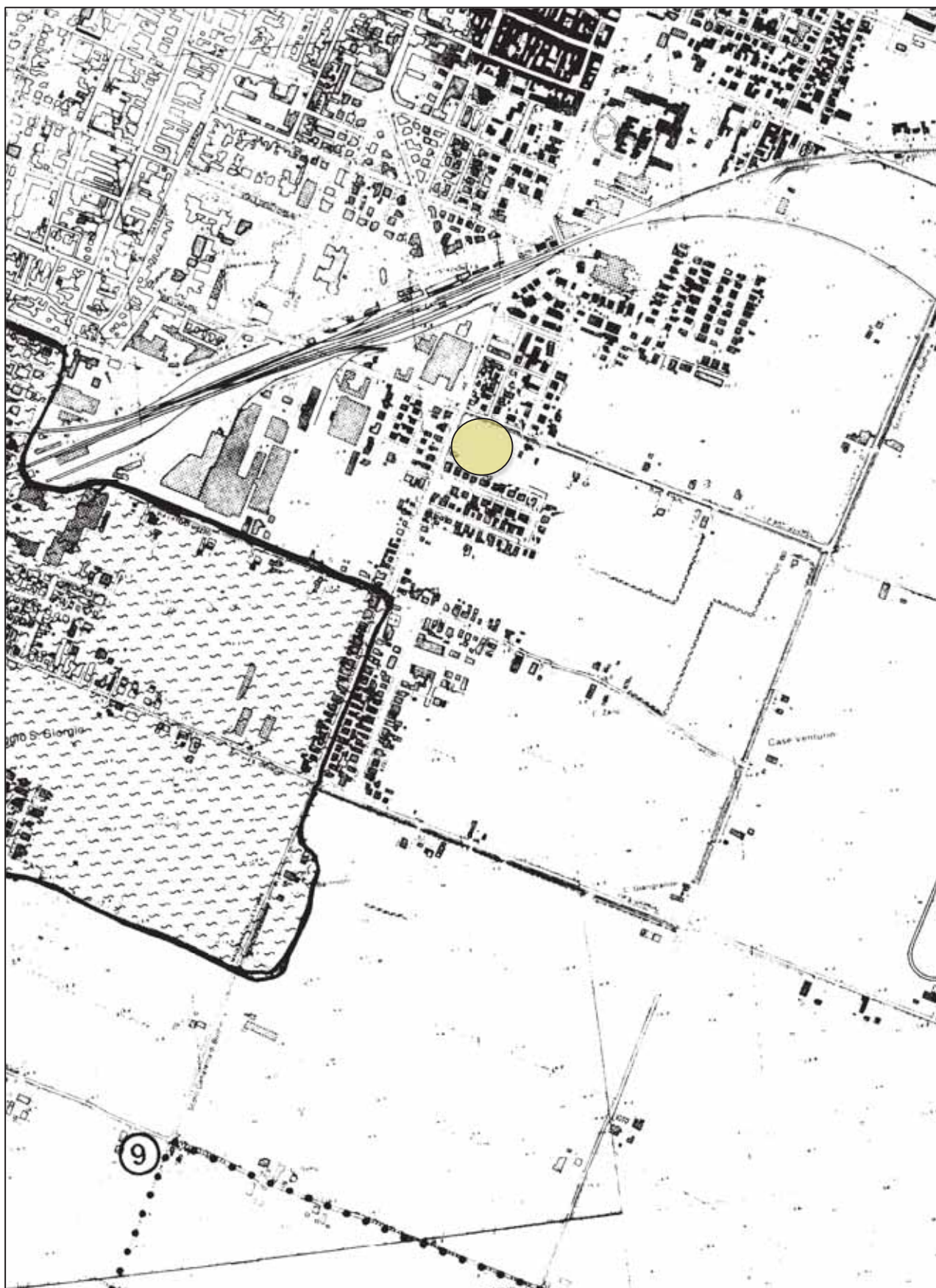


Fig. 3.3 - Aree esondate / prg '99

Dal punto di vista morfologico, del territorio comunale, si possono riconoscere i seguenti lineamenti:

- *linee di colmo: corrispondono ai dossi fluviali (spartiacque primari), sono caratterizzate dalla presenza di terreni a matrice sabbiosa e sabbioso/limosa (nella media e bassa pianura); la presenza del reticolo stradale, generalmente più alto del p.c. costituisce gli spartiacque secondari*
- *linee basali: situate nella porzione compresa tra due dossi fluviali sono caratterizzate dalle quote più basse del territorio, e da litologia limoso-argillosa*

3.1 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E STRATIGRAFICHE

L'area in oggetto ricade nel F. 222-Lugo (scala 1:50000) della Carta Geologica d'Italia, dove si può osservare la seguente successione stratigrafica:

SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

In affioramento coincide con l'unità AES₈ a cui si rimanda per la descrizione. Nel sottosuolo è costituito da una successione di cicli trasgressivo-regressivi formati da argille organiche, limi, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale e subordinatamente di ambiente deltizio e litorale.

Il limite inferiore non affiora. Nel sottosuolo è dato da una discordanza angolare con AEI.

Sintema parzialmente suddiviso in subsintemi (AES₈, AES₇ ed AES₆) corrispondenti, ciascuno, ai cicli di deposizione suddetti, di cui affiora solo quello superiore (AES₈). Nel sottosuolo i subsintemi sono limitati dai bruschi contatti fra i depositi trasgressivi marino-marginali e palustri su depositi regressivi di conoide e di piana alluvionale.

Nel sottosuolo della pianura alluvionale sono inoltre presenti 2 cicli deposizionali inferiori che sono conosciuti in modo approssimativo e sono difficilmente correlabili coi depositi affioranti (anche dei fogli limitrofi). Pertanto non sono stati formalizzati separatamente come subsintemi.

Spessore massimo circa 300 m.

PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE

Subsintema di Ravenna (AES₈)

Subsintema sommitale del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore

In affioramento: argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di piana inondabile, argine, canale e rotta, bruni e giallastri di piana alluvionale drenata con suoli al tetto. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro (10YR, 2.5Y), spessore dell'orizzonte decarbonato da 0,5 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES_{8a}.

Limite inferiore non affiorante.

Nel sottosuolo: depositi appartenenti ad un cuneo trasgressivo-regressivo che si apre verso NE, costituito da depositi di piana alluvionale (prevalenti nell'interno del Foglio), deltizi, litorali e, localmente, marini (limitatamente allo spigolo di NE). I depositi di piana alluvionale includono localmente sabbie di canale fluviale a geometria nastriforme e più diffusamente alternanze di sabbie e limi di argine e limi ed argille di piana inondabile. I depositi deltizi e litorali includono un esteso cuneo di argille limoso organiche palustri-lagunari passanti verso E e NE a sabbie di cordone e fronte deltizia.

Limite inferiore sepolto dato dal contatto netto tra i depositi fini, scuri, di piana non drenata, palude, laguna e barriera trasgressiva, alla base dell'unità, con i depositi grossolani di canale e argine fluviale al tetto di AES₇.

Subsintema contenente un'unità di rango gerarchico inferiore (AES_{8a}) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico.

Spessore massimo: 25 m circa.

PEISTOCENE SUP.- OLOCENE (c.a. 14.000 anni BP - attuale; datazione ¹⁴C non. cal. e biostratigrafica).

Unità di Modena (AES_{8a})

Alternanze di sabbie, limi ed argille distinti in depositi di ambiente alluvionale prevalente (canale ed argine, piana inondabile) e di ambiente deltizio subordinato (canale distributore ed aree interdistributrici).

I depositi di canale e di argine sono concentrati lungo gli alvei attuali dei Fiumi Sillaro e Santerno, mentre i depositi fini di tracimazione si sviluppano fra le aste fluviali e nel settore settentrionale: La distribuzione dei depositi testimonia l'estinzione naturale dei corsi d'acqua in ambiente di "valle". Nel margine nord-orientale sono presenti depositi deltizi attribuibili al Po di Primaro.

Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro o bruno grigiastro (2.5Y) al tetto, privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non riamneggianti e caratterizzato da buona preservazione delle forme deposizionali originarie. Limite inferiore ben definibile nei quadranti meridionali, dove è dato dal contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana.

Include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b₁ che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente.

Spessore di pochi metri che, localmente, raggiunge 10 m.

ETÀ POST-ROMANA (IV.VI sec. d.C. - Attuale; datazione archeologica e ¹⁴C).

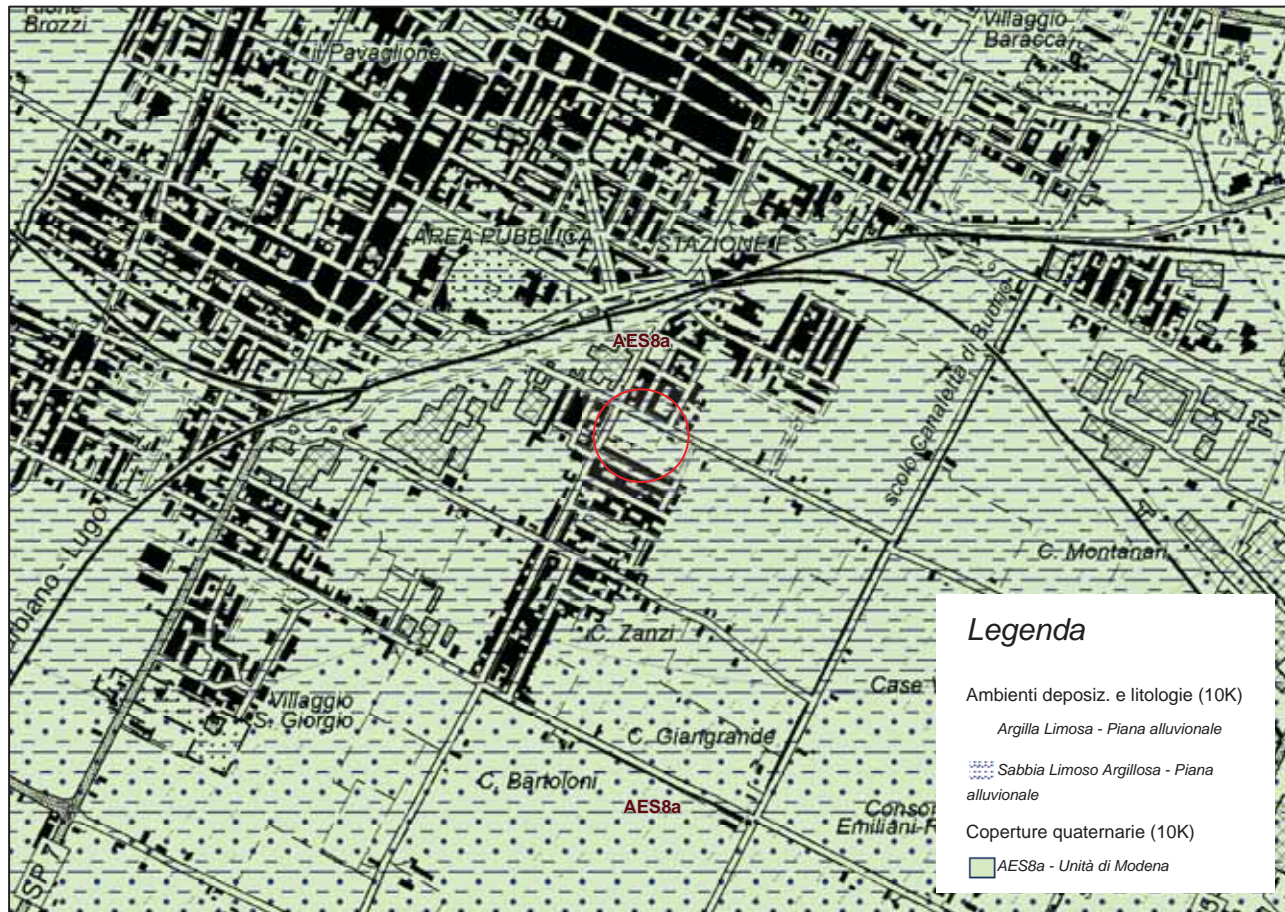


Fig. 3.4 - stralcio "carta geologica in scala 1:10.000" della Regione Emilia-Romagna

In corrispondenza dell'area in oggetto, rappresentata in fig. 3.4, affiora l'Unità di Modena (AES_{8a}); litologicamente (in base alle prove geognostiche eseguite nelle vicinanze) è costituita da alternanze sabbioso limose-argillose di piana alluvionale.

I dati raccolti a livello locale sono in buon accordo, per lo spessore indagato, con le indicazioni della cartografia geologica ufficiale ed hanno consentito di ricostruire il modello geologico locale.

L'esecuzione di tre sondaggi, eseguiti con escavatore meccanico a margine dell'attuale zona di gioco, ha consentito il riconoscimento visivo delle tessiture e spessori dei terreni superficiali fino a -0,8/-1m dal p.c.



La stratigrafia osservata è la seguente:

- terreno di alterazione superficiale, con presenza di radici, di natura limo-argillosa, (spessore circa 0,15/0,20 m).
- terreni limo-argillosi fino alla massima profondità (-0,8/-1m dal p.c.). Nel sondaggio S3 si osserva la presenza delle radici arboree dei pioppi, presenti sul alto orientale del campo da calcio, fino a -0,8 m ed una lente sabbiosa a fondo scavo.

Fig. 3.5 – S1

Si è osservata una discreta continuità laterale fino a -10 m circa, con la seguente stratigrafia:

- sabbie limose e limi argil-sabbiosi (fino a -3 m circa)
- livello limoso-argilloso con intercalate lenti sabbioso-limose (fino a -7 m circa)
- alternanze limo-argillose, caratterizzate da una maggiore presenza di livelli argillosi (fino a -10 m circa)

Nelle immagini è riportata la documentazione fotografica dei sondaggi eseguiti (Fig. 3.5-3.6-3.7) e la sezione stratigrafica profonda rappresentativa dell'area in esame (Fig. 3.8).



Fig. 3.6 - S2



Fig. 3.7 - S3

sezione stratigrafica

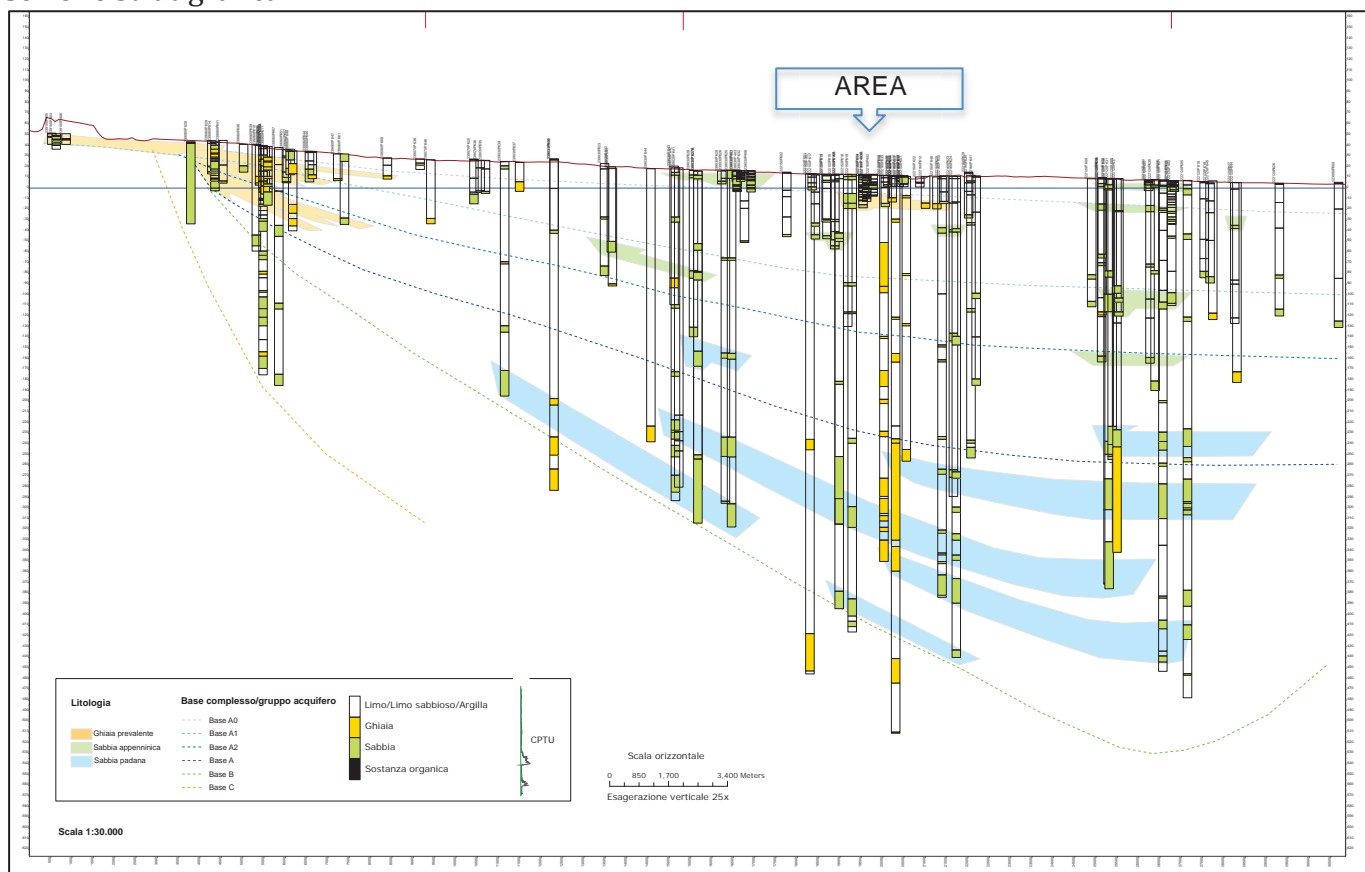


FIG. 3.8 - Carta Geologica dell'Emilia Romagna - Servizio Geologico Sismico e dei Suoli (non in scala) sez. 157

Poiché è emerso che parte dell'area occupata dall'attuale campo di calcio venne usata, nel periodo post-bellico, come cava di prestito si è deciso di eseguire un rilievo geofisico che consentisse di individuare in modo più dettagliato, ed al tempo stesso esteso, la zona di scavo/riporto. Sono stati eseguiti n. 3 allineamenti tomografici elettrici i cui risultati sono risultati compatibili con i dati bibliografici, e li arricchiscono delle seguenti indicazioni:

“Dall'elaborazione ERT non risulta un limite netto e lineare, ma un limite curvo (tratteggiato in blu nell'immagine sottostante, Fig. 3.9). La profondità di scavo rilevata è compresa tra circa -1.5 m p.c. e -2.0 m p.c. ed il materiale riportato sembra essere per lo più limoso su tutti gli ERT, tranne per ERT1, dove sembrerebbe essere argilloso-limoso”.

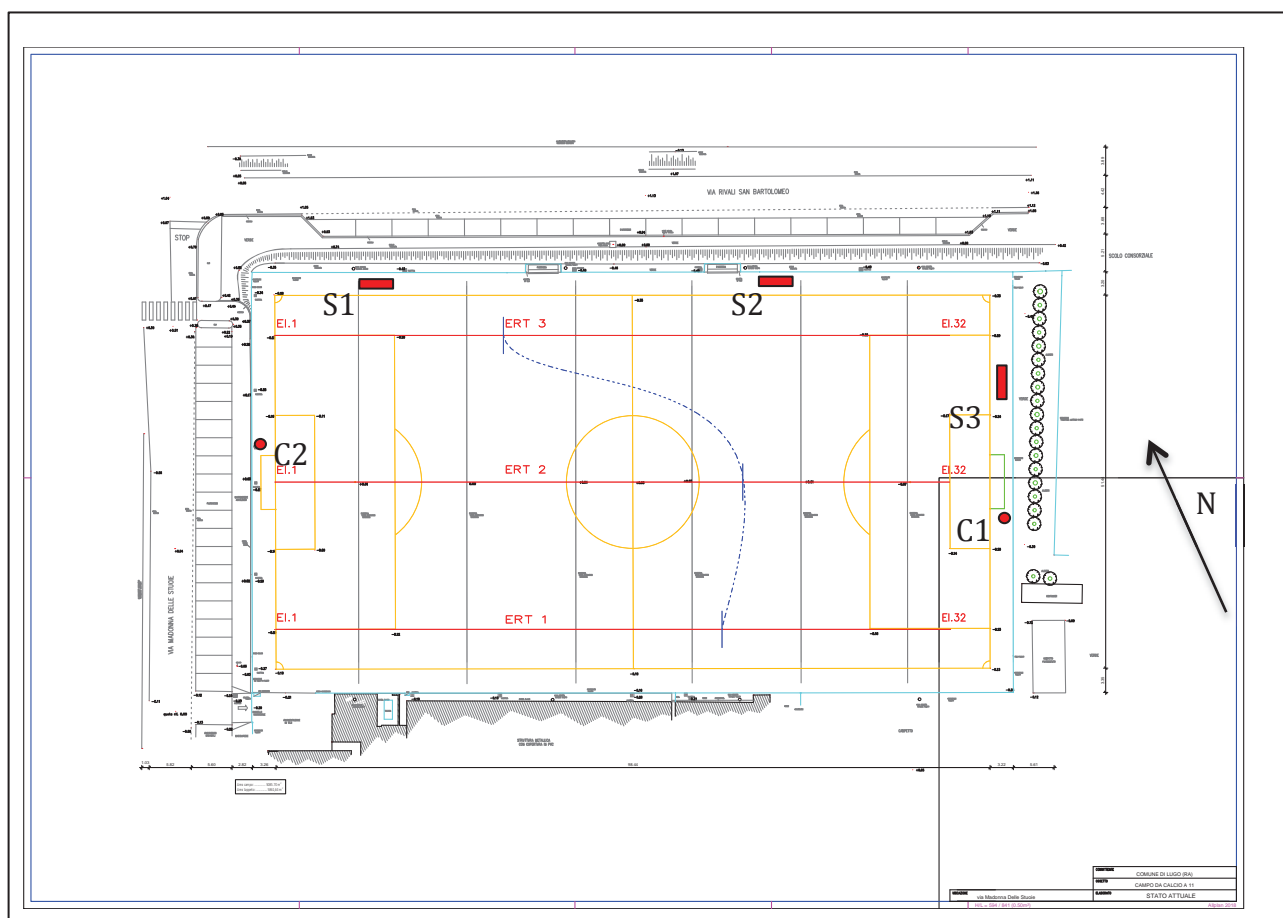


FIG. 3.9 – ubicazione ERT e limite zona di scavo/riporto (in blu), ■ sondaggi, ● prelievo campioni

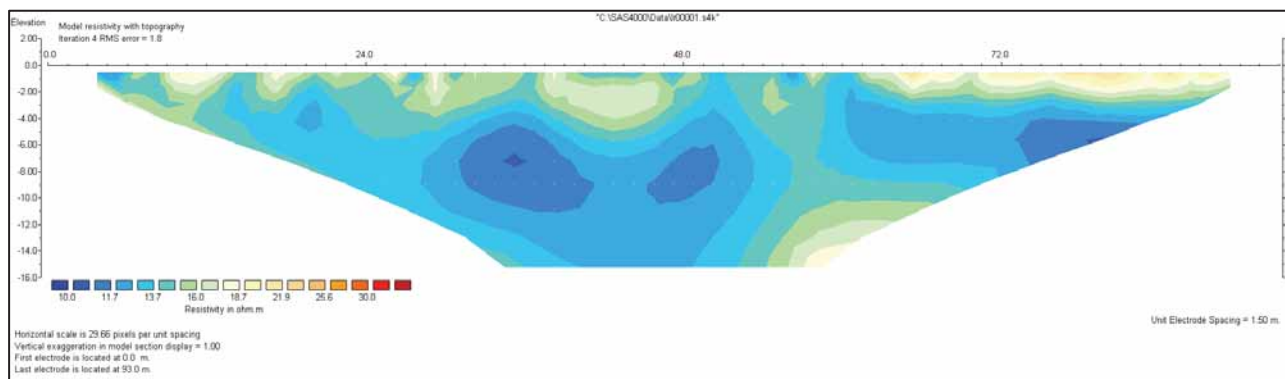


FIG. 3-10 - sez. tomografica ERT_1

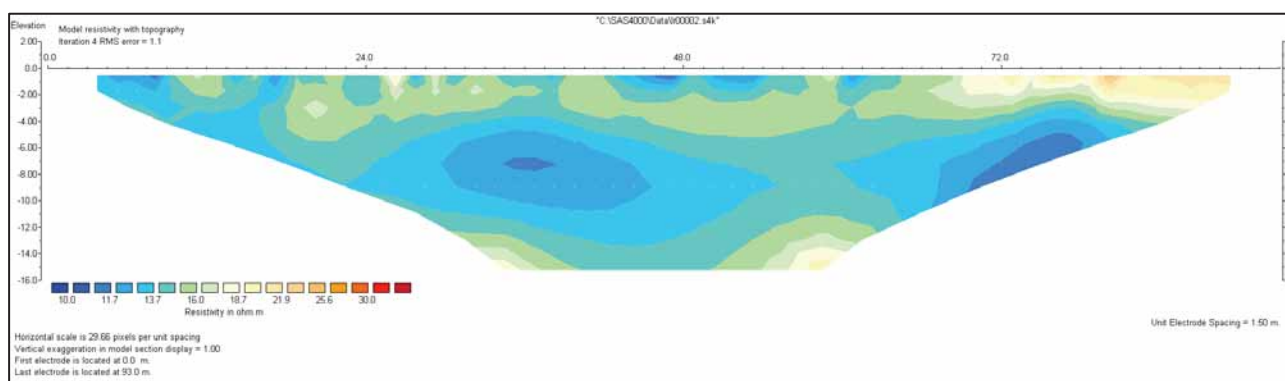


FIG. 3.11 - sez. tomografica ERT_2

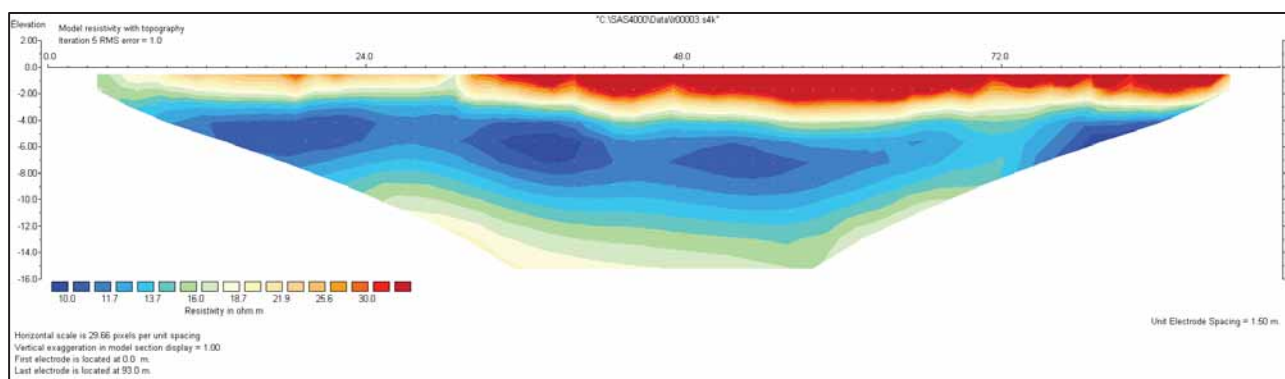


FIG. 3.12 - sez. tomografica ERT_3

4. INDAGINI ESEGUITE

4.1 GENERALITA'

Poiché l'iter di omologazione del futuro campo in erba sintetica è soggetto all'osservazione del regolamento LND (Lega Naz. Dilettanti), già dalle sue fasi iniziali, si è provveduto a fare prelevare due campioni di terreno da un laboratorio geotecnico (ANTONIO MUCCHI), accreditato dal Consiglio Sup. dei Lavori Pubblici, sui quali eseguire le opportune prove geotecniche.

Le prove eseguite sono mirate a stabilire la classificazione del terreno di fondazione, ad individuare i parametri per ottenerne il massimo grado di compattazione, l'eventuale necessità di sottoporlo a correzione granulometrica o stabilizzazione chimica, qualora le caratteristiche geomeccaniche non risultassero idonee.

4.2 PROVE DI LABORATORIO

Le prove geotecniche eseguite hanno evidenziato una sostanziale omogeneità tra i due campioni prelevati (ubicazione prelievi nella precedente Fig. 3.9) C1 a lato porta est – C2 a lato porta ovest. Di seguito si riportano i test eseguiti rimandando, per i risultati ottenuti, alla documentazione contenuta in allegato.

Analisi granulometrica per sedimentazione (ASTM D422-AGI 1994)

Limiti di Atterberg (ASTM D4318)

Classificazione (UNI 11531-1/ex UNI 10006): A7-6

Oltre alle prove di caratterizzazione fisica sono state eseguite le seguenti prove:

compattazione Proctor modificata – parametro di riferimento per valutare il grado di compattazione ottenuto in cantiere (generalmente viene richiesto un grado di compattazione in sito > 95-98% del valore di laboratorio).

indice di portanza californiano (C.B.R.) – misura la capacità portante di un materiale, in determinate condizioni di umidità e densità, e risulta utile per il dimensionamento gli strati di fondazione e di base delle pavimentazioni stradali. I test sono stati eseguiti sul terreno tal quale e su terreno trattato a calce.

Consumo iniziale di calce (C.I.C) – fornisce il parametro per il dosaggio di eventuali trattamenti a calce che si rendessero necessari (generalmente il tenore in calce da utilizzare viene assunto pari ad

valore percentuale C.I.C.).

Contenuto in sostanza organica - serve a stabilire quale trattamento eventualmente adottare.

Le analisi relative al miglioramento dei terreni sono state eseguite nel caso le condizioni operative di cantiere rendessero necessario il ricorso a tale pratica. La natura dei terreni argilloso-limosi potrebbe, in determinate condizioni climatiche (elevata piovosità), non consentire un sufficiente grado di compattazione dei terreni di fondazione, richiedendo il ricorso a tali tecniche per potere procedere con le successive fasi.

Le tempistiche previste per la realizzazione del nuovo campo dovrebbero, comunque, rendere superfluo il ricorso a tale tecnica.

Il diagramma rappresentato in Fig. 5.1, proveniente dalla stessa fonte bibliografica (DBMI11), riporta la collocazione temporale e l'intensità al sito, in corrispondenza dell'area oggetto, degli eventi sismici sopra descritti (limitatamente a quelli con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5). E' evidente la lacuna temporale per il periodo antecedente il 1650.

Per la caratterizzazione sismica del sito verrà realizzata una indagine sismica, condotta con il metodo HVSR.

Le misure di microtremore ambientale sul terreno di fondazione sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni.

Ciò consentirà di classificare il suolo di fondazione (per la realizzazione dei plinti per i pali di illuminazione del campo).

Si è provveduto, a livello cautelativo, a valutare la propensione alla liquefazione degli spessori di natura limoso-sabbiosa presenti entro i primi 15 m dal p.c., in corrispondenza delle tre CPT usate per le computazioni. E' risultato che, per lo spessore indagato, il pericolo di liquefazione è basso ($0 \leq LPI \leq 3$).

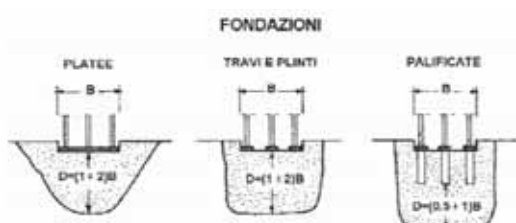
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel presente capitolo sono riportate le valutazioni preliminari che il Progettista potrà utilizzare nelle verifiche geotecniche previste dalle NTC 2018.

Per quanto riguarda lo schema geotecnico:

- piano di campagna orizzontale => *categoria topografica T1*

- presenza di falda: considerando i dati bibliografici si ritiene che difficilmente la quota massima raggiungibile della falda freatica possa raggiungere e superare -1 m dal p.c.
- volume significativo



I pali per l'illuminazione del campo prevedono l'utilizzo di fondazioni a plinto ($B=1,5/2m$) circa, da cui risulta che la profondità di indagine, risulta

ampiamente compatibile con quanto indicato dalle NTC ($D=1+2 B$).

Quando il volume di influenza della fondazione risulta maggiore della scala di fluttuazione delle proprietà del terreno, le fluttuazioni verranno "compensate" all'interno dello spessore di influenza; in tal caso si parla di fondazione compensata. Si potranno quindi adottare valori caratteristici (k) riferiti al 5° percentile della distribuzione dei valori medi. Negli altri casi (tra i quali rientra anche quello in esame) si farà riferimento al 5° percentile della distribuzione dei valori.

Nella tabella che segue sono indicati, rispettivamente, con i pedici k e kk .

unità geotecnica	profondità (m)		litologia	γ_m	c_{u_k}	$c_{u_{kk}}$	ϕ_k	ϕ_{kk}	mv_{k+}	mv_{k-}
	da	a		T/m^3	kg/cm^2	kg/cm^2	°	°	cm^2/kg	cm^2/kg
T	0	0,4	terreno superficiale							0,02297
A	0,4	3	limi argil-sabbiosi con livelli sabbiosi oltre -1m	1,80	1,03*	0,48*	27	24	0,01234	0,01530
B	3	10	Alternanze limo-argillose con lenti sabbioso-limose	1,86	1,13	0,79	22*	20,5*	0,01293	0,01494

* per i soli livelli granulari / coesivi

6.1 VALUTAZIONI SUGLI STATI LIMITE (PREDIMENSIONAMENTO)

Per le valutazioni degli stati limite ultimi (SLU) le NTC2018 prevedono, per il caso in esame, il solo

- APPROCCIO 2 = $A1+M1+R3$

(i valori dei coefficienti riduttivi sono tabellati dalla normativa)

Gli SLU per il carico limite prevedono che: $E_d \leq R_d$

dove R_d = valore di progetto della resistenza del terreno
 E_d = valore di progetto dell'azione o effetto dell'azione

Anche se questa non è la sede per le valutazioni che riguardano gli stati limite si è comunque provveduto alla valutazione del valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (R_d), in condizioni statiche. È stata valutata anche l'entità dei cedimenti teorici delle fondazioni (programma GeoTec C 6.0.3), per diversi valori di carico e/o dimensioni, utilizzando i valori caratteristici precedentemente indicati, per fornire indicazioni ai Progettisti, nella valutazione degli Stati Limite.

I coefficienti parziali dei parametri di resistenza del terreno (M) sono unitari e la resistenza globale del sistema (R) è ridotta tramite il coefficiente del gruppo R3.

La valutazione è stata eseguita sulla base dell'equazione proposta da Brinch-Hansen (1970-74) per condizioni drenate, in quanto il plinto di fondazione poggerà su almeno 1/1,5 m di terreni limoso-

sabbiosi (unità A): $q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma + c N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q N_q s_q d_q i_q b_q g_q$

Ipotesi di progetto:

- A. **plinto** quadrato B = 2 m, D = -1,5 m dal p.c.
- B. **plinto** quadrato B = 2,5 m, D = -1,8 m dal p.c.

Posti:

- $\gamma_m = 1,8 \text{ T/m}^3$ (17,61 kN/m³)

- $\phi_k = 24^\circ$ (fondazione non compensata)
- falda freatica $z_w = -1$ m dal p.c.

risulta:

A. $R_k = 321,48 \text{ kN/m}^2$ (3,278 kg/cm²)

B. $R_k = 356,29 \text{ kN/m}^2$ (3,633 kg/cm²)

Per il calcolo del valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico, l'approccio impone il coefficiente parziale $R_3 = 2,3$. Ne consegue che la resistenza di progetto R_d che non deve essere superata dalle azioni di progetto E_d è:

A. $R_d > E_d = 139,78 \text{ kN/m}^2$ (1,425 kg/cm²)

B. $R_d > E_d = 154,91 \text{ kN/m}^2$ (1,580 kg/cm²)

Per il calcolo dei cedimenti è stato ipotizzato il carico di esercizio (Stato Limite di Esercizio), considerando le azioni non amplificate dai coefficienti A1.

Il valore di progetto R_d è stato diviso per il valore medio dei coefficienti di amplificazione delle azioni (A1) che, nel caso dell'approccio considerato, possiamo quantificare in 1,4. È stato considerato un carico di esercizio (SLE), pari a

A. $99,84 \text{ kN/m}^2$ (1,017 kg/cm²)

B. $110,65 \text{ kN/m}^2$ (1,128 kg/cm²)

Omogeneizzando i valori ricavati dalle CPT si è provveduto a ricavare, per ogni strato, il valore mv_k ; dove $mv_{k+} = mv_{k5^\circ \text{ -ile}}$ e $mv_{k-} = mv_{k95^\circ \text{ -ile}}$ (metodo di Cox), ponendosi, rispettivamente, nella condizione meno e più penalizzante. Si è quindi provveduto a verificare i cedimenti corrispondenti a diversi valori di pressione sul terreno, in corrispondenza delle due stratigrafie ottenute (Str.1 = mv_{k+} e Str.2 = mv_{k-}).

RIEPILOGO PUNTI

PLINTO	Pressione Kg/cm ²	Mv _{k+} Cedim. (cm)	mv _{k-} Cedim. (cm)	Δ cm
2x2 m	1.0	1.968	2.323	0.355
Rd	1.425	2.755	3.353	0.598
SLE	1.017	2.047	2.451	0.404
2,5x2,5 m	1.0	2.351	2.832	0.481
Rd	1.58	3.648	4.425	0.777
SLE	1.128	2.649	3.108	0.459

7. CONCLUSIONI – INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE

Per la realizzazione del nuovo campo occorrerà provvedere alla rimozione del terreno di alterazione superficiale. Lo spessore minimo da asportare, rilevato nel corso dei sondaggi eseguiti, è risultato di 20 cm.

Qualora nella zona orientale del campo dovesse osservarsi una eccessiva presenza di radici (presenza di 20 piante di pioppo, per le quali è previsto l'abbattimento) si potrà provvedere all'asportazione dello spessore interessato; il ripristino potrà essere eseguito con il terreno di risulta dagli scavi (ad esclusione del coticco superficiale), debitamente compattato.

Eventuali controlli sulla superficie finale del terreno di sottofondazione, compattata e sagomata a quattro falde secondo lo schema del regolamento LND Standard, dovranno accertare il raggiungimento di un adeguato grado di costipamento. I requisiti per i sottofondi sono (CNR 10006):

- modulo di deformazione $M_d > 150 \text{ kg/cm}^2$ (prova di carico su piastra statica, diametro 30cm); qualora il valore indicato non venisse raggiunto occorrerà addensare ulteriormente il terreno o, in caso di esito negativo, ricorrere agli interventi migliorativi indicati nei paragrafi precedenti.
- grado di addensamento $\geq 95\%$ della densità ASHHO mod. (Proctor mod.).

Dopo le eventuali verifiche si potrà procedere alla realizzazione del sottofondo e delle opere previste dal regolamento LND Standard, secondo le disposizioni contenute alle pag. 46-47-48; nel caso specifico la stratigrafia da adottare sarà quella riportata al punto 1.4.1 del predetto regolamento.

In base alle notizie raccolte ed ai rilievi effettuati il pozzetto di raccolta delle acque di drenaggio (100x100 cm) andrà posizionato sullo spigolo NE del campo. L'immissione in fogna dovrà essere

realizzata entro lo scatolare posto tra il campo da calcio e la via Rivali S. Bartolomeo, tenendo conto dei dislivelli tra le nuove opere e le fognature esistenti.

Prima della posa del manto erboso sintetico il sottofondo realizzato dovrà essere sottoposto ai test previsti dal regolamento LND Standard, secondo lo schema riportato nella pagina successiva (sono escluse le richieste riferite al drenaggio orizzontale, mascherate in grigio).

Dott. Geol. Giampaolo Guarnieri

DOCUMENTO FIRMATO DIGITALMENTE



TEST SUL SOTTOFONDO PER IL BENESTARE ALLA POSA DEL MANTO
ELENCO DEI TEST, REQUISITI E RIFERIMENTI NORMATIVI PER I "SISTEMI IN ERBA ARTIFICIALE"
 (Inerti drenanti – Inerti compattati non drenanti)

Sono stati definiti alcuni requisiti fondamentali per le strutture di sottofondo che dovranno essere rispettati in fase di costruzione degli stessi:

- Pendenza, Planarità e numero delle falde di realizzazione (vedi tavola n° 2.1 sta - 3.1 sta);
- Drenaggio Superficiale (vedi tavola n° 2.1 sta - 3.1 sta);
- Drenaggio verticale od orizzontale (vedi tavola n° 2.2 sta - 3.2 sta);
- Stratigrafia (vedi tavola n° 2.5 sta - 3.4.1 sta - 3.4.3 sta - 3.5.1 sta; eventuale stratigrafia da utilizzare in casi particolari, su richiesta della proprietà del campo, presa dal Regolamento LND Professional, vedi tavola n° 2.3 sta - 2.4 sta - 3.4.2 sta)

Norme	Requisiti Tecnici Realizzativi	Requisiti della Lega Nazionale Dilettanti e del Settore Giovanile Scolastico
UNI EN 12616:2004	Permeabilità del sottofondo	> 360 mm/h
-	Verifica del numero falde per drenaggio verticale Verifica del numero falde per drenaggio orizzontale	(4 falde) come da tavola n° 2.1 sta (2 falde) come da tavola n° 3.1 sta
MI - LND 013	Pendenze di realizzazione falde per drenaggio verticale Pendenze di realizzazione falde per drenaggio orizzontale	(4 falde) 0,3 + 0,5 % tolleranza \pm 0,05 % (2 falde) 0,58 a 0,63 % tolleranza \pm 0,00 %
UNI EN 13036-7:2004	Planarità della piattaforma di giuoco per drenaggio verticale Planarità della piattaforma di giuoco per drenaggio orizzontale	(4 falde) \pm 1,0 cm Su 3,0 mt. (2 falde) \pm 0,5 cm Su 3,0 mt.
CNR B.U. n° 146	Modulo statico di deformazione della compattazione del sottofondo con piastra Ø 300 mm -. (ovvero, modulo dinamico di deformazione con piastra Ø 300 mm)	Evd \geq 120 N/mm ² (prova dinamica) (ovvero, M _d \geq 600 kg/cm ² - prova statica)
MI - LND 035	Distribuzione del numero di prove piastra	\geq n° 15 punti (con maglia : 3 punti lato corto x 5 punti lato lungo)
MI - LND 036	Inerti drenanti per drenaggio verticale	Stratigrafia come da tavole n° 2.5 sta (eventuale 2.4 sta - 2.5 sta)
MI - LND 037	Inerti compattati non drenanti (per drenaggio orizzontale sotto manto) *	Come da tavole n° 3.4.1 sta - 3.4.3 sta - 3.5.1 sta (eventuale 3.4.2 sta)
CNR B.U. N° 22	Grado di addensamento in sito (per drenaggio orizzontale sotto manto) *	\geq 98% AASHTO mod.
-	Verifica della struttura di realizzazione	conforme al parere positivo del progetto

8. ALLEGATI

ubicazione area (scala 1:5000)

ubicazione intervento e prove bibliografiche (scala 1:5000)

Grafici RP delle prove (CPT) bibliografiche

calcolo del carico limite

Vengono di seguito riportati i riferimenti alle metodologie ed ai codici di calcolo utilizzati.

Elaborazione prove penetrometriche eseguita con il programma GeoTec A, prodotto e distribuito dalla società Interstudio srl, di Pistoia, serie n. 5856, in licenza a Geol. Giampaolo Guarnieri-Lugo (RA).

Cedimenti e pressioni valutate su terreno isotropo elastico alla "Boussinesque"; portanza valutata con il metodo Terzaghi-Meyerof.

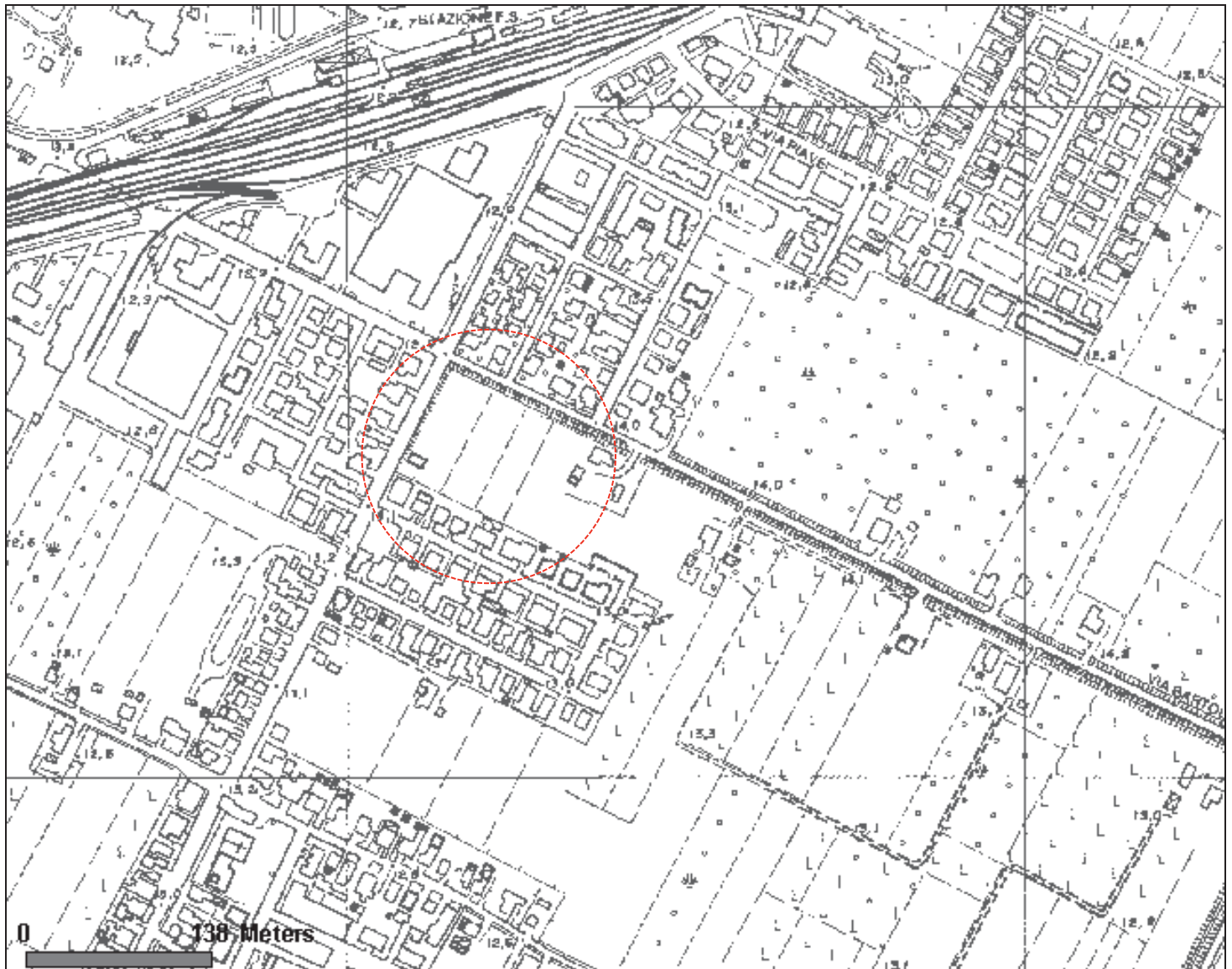
Elaborazione eseguita con il programma GeoTec C, prodotto e distribuito dalla società Interstudio srl, di Pistoia, serie 5775, in licenza a Geol. Giampaolo Guarnieri-Lugo (RA), e con il programma Static 2018 della società GeoStru Software di Bianco (RC).

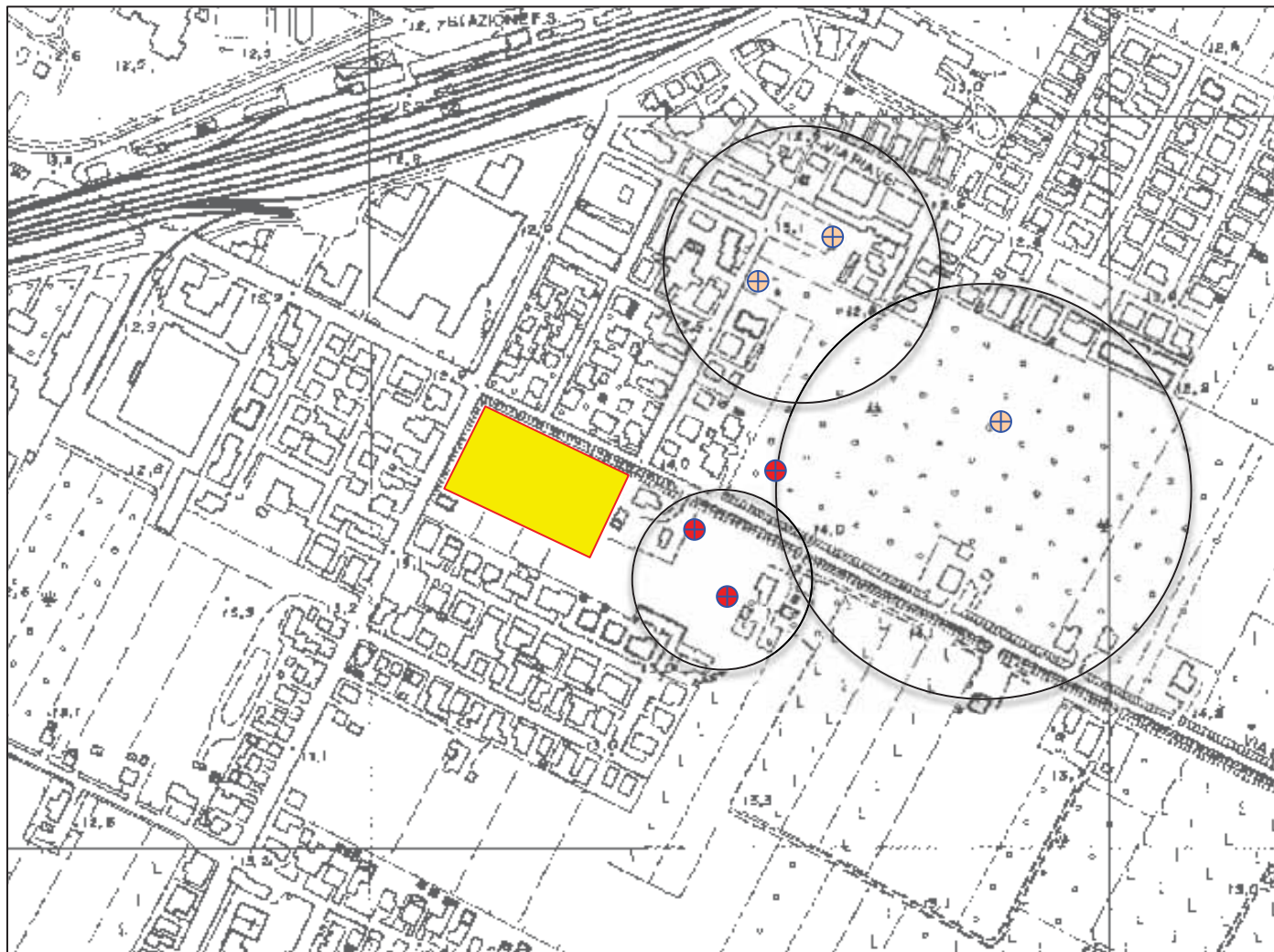
Valutazioni sulla liquefazione e cedimenti dei terreni sottoposti ad azioni simiche sono eseguite con il programma Cliq v.2.2.0.35 di GeoLogismiki, in licenza a Geol. Giampaolo Guarnieri-Lugo (RA).

I programmi sono basati su metodi di calcolo consolidati sia in bibliografia che nella pratica corrente e che sono in uso da oltre 15 anni, con un affinamento e una messa a punto continua. Ogni nuova versione segue una procedura di verifica che passa sia attraverso una fase interna alla società di sviluppo che una successiva fase di beta-test effettuata da utenti beta-tester.

Il controllo dei dati e dei risultati è facilitato da varie forme di rappresentazione sia numerica che grafica, che mettono in evidenza anche gli eventuali errori "grossolani" nell'introduzione dei dati. Inoltre il Progettista ha proceduto ad alcuni test di compatibilità con esempi conosciuti prima dell'utilizzo del programma.

Elaboratore utilizzato: Apple MacBook Pro 15.4"  - n. seriale W88469UD1G0 (sul quale sono state attivate protezioni firewall, di tipo software ed hardware).

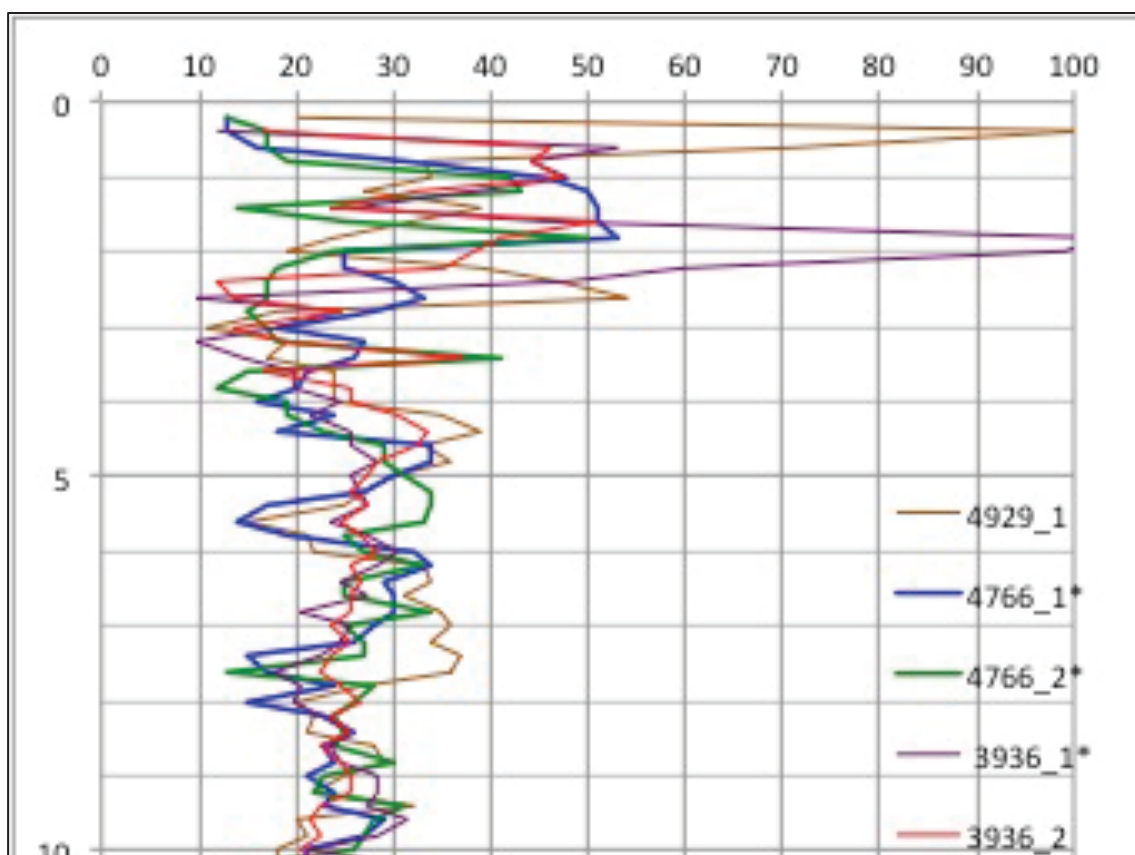
C.T.R. 1/5000**UBICAZIONE AREA (scala 1:5000)**



UBICAZIONE INTERVENTO E PROVE BIBLIOGRAFICHE (scala 1:5000)



Prova CPT utilizzata per l'elaborazione



Grafici delle resistenze di punta (kg/cm²) delle prove penetrometriche (CPT) eseguite nei cantieri vicini (le prove utilizzate per l'elaborazione sono contrassegnate da asterisco)

CALCOLO DEL CARICO LIMITE**METODO DI BRINCH - HANSEN (1970 -74)**

Dati:

B =	2.00	[m]	$\gamma =$	17.65	[kN/m ³]
ex =	0.00	[m]	$\phi =$	24.0	[°]
L =	2.00	[m]	c =	0.00	[kN/m ²]
ey =	0.00	[m]	cu =	0.00	[kN/m ²]
D =	1.50	[m]	ca =	0.00	[kN/m ²]
zw =	1.00	[m]	$\beta =$	0.0	[°]
			$\eta =$	0.0	[°]

In presenza di falda si

Componenti del carico applicato:

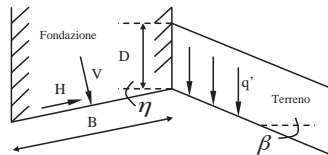
V =	0.00	[kN]	H =	0.00	[kN]
-----	------	------	-----	------	------

Elaborazione dati:

B' =	2.00	[m]	kp =	2.37	coeff. di spinta passiva
L' =	2.00	[m]	$\delta =$	16	

Fattori di forma:	Fattori di profondità:	Fatt. inclinaz. carico:
sc = 1.474	dc = 1.262	ic = 1.000
sq = 1.237	dq = 1.235	iq = 1.000
s γ = 1.237	d γ = 1.000	i γ = 1.000
Fatt. incl. piano fondaz.:	Fatt. incl. Terreno:	Verifiche del metodo:
bc = 1.000	gc = 1.000	$H < V \cdot \tan \delta + Af \cdot ca$ No
bq = 1.000	gq = 1.000	$\beta \leq \phi$ Ok
b γ = 1.000	g γ = 1.000	$iq, i\gamma > 0$ Ok
		$\beta + \eta \leq 90^\circ$ Ok
Nq = 9.603	Q = 1285.94 [kN]	131.13 [t]
Nc = 19.324	q _{lim} = 321.48 [kN/m ²]	3.278 [kg/cm ²]
N γ = 9.442		

B =	larghezza fondazione	$\gamma =$	peso di volume del terreno
ex =	eccentricità lungo B	$\phi =$	angolo di attrito interno
L =	lunghezza fondazione	c =	coesione
D =	approfondimento piano di posa	cu =	coesione non drenata
zw =	quota falda	ca =	adesione lungo la base ($ca \leq c$)
V =	comp. verticale del carico	$\beta =$	inclinazione del pendio (terreno)
H =	comp. orizzontale del carico	$\eta =$	inclinazione del carico
		$\delta =$	angolo di attrito terreno-fondazione



Schema secondo Brinch-Hansen (1970).

Grafico normale

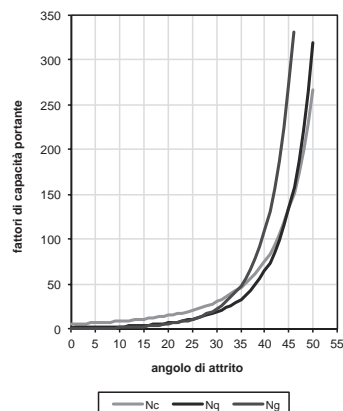
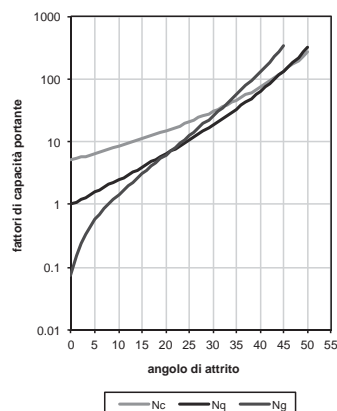


Grafico logaritmico



CALCOLO DEL CARICO LIMITE

METODO DI BRINCH - HANSEN (1970 -74)

Dati:

B =	2.50	[m]	γ =	17.65	[kN/m ³]
ex =	0.00	[m]	ϕ =	24.0	[°]
L =	2.50	[m]	c =	0.00	[kN/m ²]
ey =	0.00	[m]	cu =	0.00	[kN/m ²]
D =	1.80	[m]	ca =	0.00	[kN/m ²]
zw =	1.00	[m]	β =	0.0	[°]
			η =	0.0	[°]

In presenza di falda si

Componenti del carico applicato:

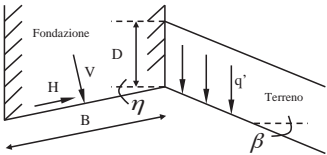
V =	0.00	[kN]	H =	0.00	[kN]
-----	------	------	-----	------	------

Elaborazione dati:

B' =	2.50	[m]	kp =	2.37	coeff. di spinta passiva
L' =	2.50	[m]	δ =	16	

Fattori di forma:	Fattori di profondità:	Fatt. inclinaz. carico:
sc = 1.474	dc = 1.252	ic = 1.000
sq = 1.237	dq = 1.226	iq = 1.000
s γ = 1.237	d γ = 1.000	i γ = 1.000
Fatt. incl. piano fondaz.:	Fatt. incl. Terreno:	Verifiche del metodo:
bc = 1.000	gc = 1.000	$H < V \cdot \tan \delta + Af \cdot ca$ No
bq = 1.000	gq = 1.000	$\beta \leq \phi$ Ok
b γ = 1.000	g γ = 1.000	$iq, i\gamma > 0$ Ok
		$\beta + \eta \leq 90^\circ$ Ok
Nq = 9.603	Q = 2226.82 [kN]	227.07 [t]
Nc = 19.324	q _{lim} = 356.29 [kN/m ²]	3.633 [kg/cm ²]
N γ = 9.442		

B = larghezza fondazione	γ = peso di volume del terreno
ex = eccentricità lungo B	ϕ = angolo di attrito interno
L = lunghezza fondazione	c = coesione
D = approfondimento piano di posa	cu = coesione non drenata
zw = quota falda	ca = adesione lungo la base (ca ≤ c)
V = comp. verticale del carico	β = inclinazione del pendio (terreno)
H = comp. orizzontale del carico	η = inclinazione del carico
	δ = angolo di attrito terreno-fondazione



Schema secondo Brinch-Hansen (1970).

Grafico normale

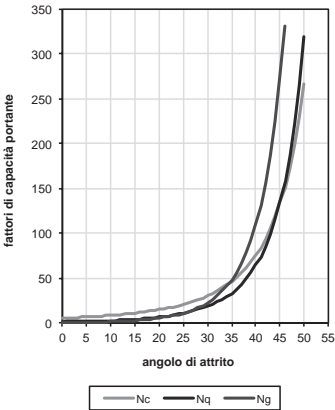


Grafico logaritmico

