



ALLEGATO 2

RELAZIONI TECNICHE RELATIVE AI COMPARTI D e H

Adozione: delibera C.C. n. 28 del 09.04.2014
Approvazione: delibera C.C. n. 93 dell'11.12.2014

Sindaco: *Maria Costi*

Assessore all'Urbanistica: *Armando Pagliani*

Segretario Generale: *Dott.ssa Rosa Lucente*

Dirigente Area Territorio - Sviluppo Sostenibile: *Arch. Alessandro Malavolti*

Responsabili del progetto: *OKOS Ricerche srl* Ing. Roberto Farina (progettista responsabile), Rebecca Pavarini, Antonio Conticello, Roberta Benassi

N.B.: sugli elaborati che costituiscono questo allegato non è stato espresso dalla Provincia di Modena il parere ai sensi dell'art.5 della L.R.19/2008 in merito alla riduzione del rischio sismico

COMUNE DI FORMIGINE (MO)

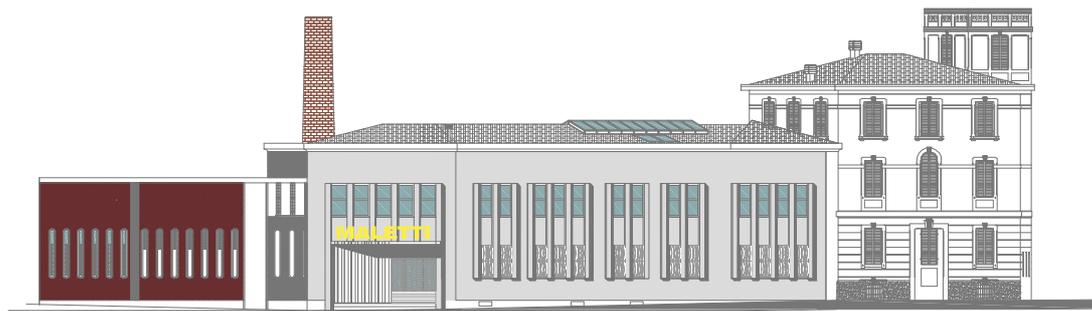
DESCRIZIONE DEI LAVORI

RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA DELL'AREA EX SALUMIFICIO MALETTI A CASINALBO TRAMITE INTERVENTO PREVENTIVO DI INIZIATIVA PRIVATA

FASE DEI LAVORI

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (PUA)

SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO TECNICO



"Una nuova centralità per Casinalbo"

COMMITTENTE

SOCEDIL S.P.A.
Via Fernando Malavolti, 5
41122 Modena (MO)

Legale Rappresentante
Mauro Galavotti

N. PROTOCOLLO UFFICIO TECNICO

PROGETTAZIONE



Viale Gregoro Agnini, 78
41037 Mirandola (MO)
tel. +39 0535.611779
fax +39 0535.613035



Via San Felice, 21
40122 Bologna - ITALY
tel. +39 051.2912911
fax +39 051.239714

progettista responsabile: Arch. Massimiliano Franceschetti
progettista responsabile: Arch. Domenico Dieni
progettazione infrastrutture: Ing. Franco Di Biase
progettazione acustica: Ing. Franca Conti
progettazione ambiente: Dott. Agr. Fabio Tunoli

coordinamento: Arch. Carlo Santacroce
Geom. Marilida Halliev

collaborazioni: Ing. A. Sanna, Ing. M. Giuliano
Ing. G. Marchi
indagini geologiche: Geol. Valeriano Franchi
rilievi topografici: Geom. Luca Paladino

	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
DATA	GIUGNO 2014	GIUGNO 2014	GIUGNO 2014
FIRMA	HM/GM/CI	MH/DD	DD
TITOLO ELABORATO			
RELAZIONE GEOLOGICA			
SCALA	ELABORATO		
LAVORO	R. GEO.		
	R24		

FILE	N.	EMISSIONI -FASE DI LAVORO-	DATA
nomefile.docx	1	Piano Urbanistico Attuativo	GIUGNO 2014
	2		
	3		

DOTT. VALERIANO FRANCHI
-GEOLOGO-

STUDIO:

Via Caduti in Guerra, 1
41100 Modena
Tel. 059226540
Fax. 0594398943
E-mail: valerianofranchi@tin.

MODENA, 18/03/2014

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

PROGETTO: Riqualificazione urbanistica dell'ex salumificio Maletti a Casinalbo tramite intervento di iniziativa privata

LOCALITÀ: Casinalbo (Via Giardini Nord, Via Radici in Piano, Via Sant' Ambrogio)

COMUNE: Formigine

PROVINCIA: Modena

PROGETTISTA: Arch. Massimiliano Franceschetti, Arch. Domenico Dieni

RIFERIMENTO NORMATIVO: Circolare Regionale n°3891 del 02.03.1974; L.R. 07.12.1978 n°47; L.R. 29.03.1980 n°23; L.R. 05.09.1988 n°36; D.M. 21.01.1981; Circolare LL.PP. 03.08.1981 n°21597; D.M. 11.03.1988; Circolare LL.PP. 24.09.1988 n°30483, D.M. 14.9.05 Deliberazione di Giunta Regionale n. 1677/2005, Delibera dell'Assemblea Legislativa dell'Emilia Romagna n°2131 del 02/05/07.

RELAZIONE REDATTA AD USO: Pianificazione urbanistica

Indice

PREMESSA	4
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	5
1.1. Inquadramento geografico.....	5
1.2. Inquadramento geologico.....	7
1.3. Inquadramento geomorfologico.....	11
1.4. Idrografia superficiale ed esondabilità	11
1.5. Idrogeologia.....	13
1.6. Sismicità.....	13
2. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO.....	18
2.1. Descrizione dell'intervento.....	18
2.2. Indagine geognostica	18
2.2.1. Prove penetrometriche statiche	19
2.2.2. Prospezione sismica	22
2.2.3. Valutazione dei fattori di amplificazione	28
2.2.4. Suscettibilità di liquefazione	29
3. CONCLUSIONI.....	30

Allegati:

Allegato 1 - Tabulati Prove Penetrometriche Statiche

PREMESSA

Su incarico della committenza e d'intesa con i progettisti Arch. Massimiliano Franceschetti e Arch. Domenico Dieni, si è provveduto alla stesura della presente relazione geologico, geotecnica e sismica a supporto del progetto di riqualificazione urbanistica dell'area "Ex salumificio Maletti", posta tra Via Giardini Nord, Via Radici in Piano e Via Sant'Ambrogio, a Casalbo di Formigine, in Provincia di Modena.

Scopo dello studio è stato quello di verificare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dei terreni presenti nell'area in oggetto, in modo tale da raccogliere i dati necessari per valutare la fattibilità del progetto di trasformazione ed individuare le modalità di realizzazione dello stesso.

Tali aspetti geologici e sismici sono stati sviluppati avendo a riferimento il seguente quadro legislativo e pianificatorio:

- D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e le rocce,..." e successiva Circolare LL.PP. 24 settembre 1988, n° 30483 "Norme tecniche per terreni e fondazioni - istruzioni applicative" e "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14 settembre 2005, S.O. n.159 alla G.U. n.222 del 23/09/2005);
- Circ. RER n.1288 del 11/03/1983 "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre per i piani urbanistici";
- Delibera della Giunta Regionale n. 1677 del 24 ottobre 2005 e l'Allegato A recante "prime indicazioni applicative in merito al decreto ministeriale 14 settembre 2005 (...) recante 'norme tecniche per le costruzioni' ed, in particolare, il punto 6 "Pianificazione territoriale ed urbanistica";
- Deliberazione dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia Romagna n°112 del 2 maggio 2007, Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1 della L.R. 20/2000 per "indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";
- La L.R. 30/10/2008 n. 19 Norme per la Riduzione del Rischio sismico;
- gli strumenti di pianificazione regionali e provinciali vigenti e, in particolare, la Variante Generale al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) della Provincia di Modena approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale del 18 marzo 2009

Nel mese di marzo 2014 è stato eseguito un sopralluogo sull'area al fine di verificarne l'idoneità geologica e geomorfologica e predisporre un'apposita campagna d'indagini geognostiche per la caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica e sismica del sottosuolo.

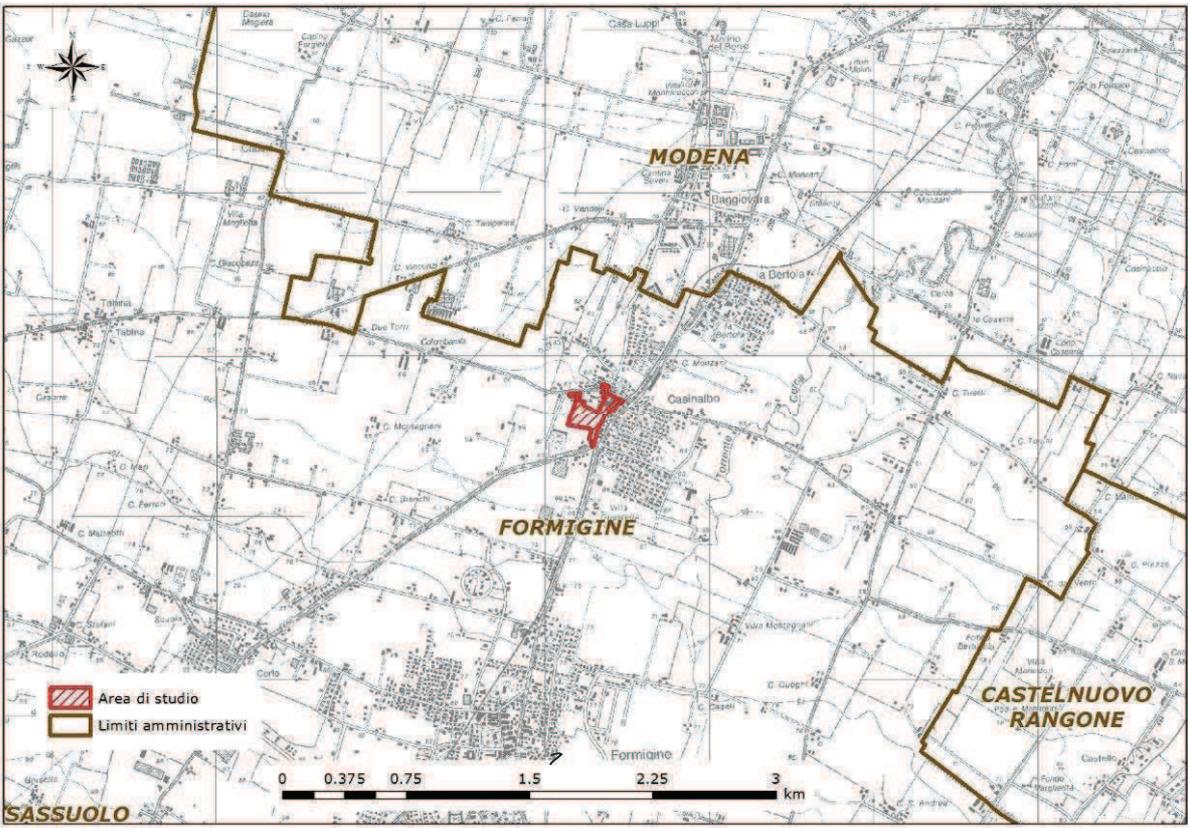
La campagna d'indagini ha visto l'esecuzione di:

- n. 4 prove penetrometriche statiche per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica del sottosuolo;
- n 1 stendimento sismico per la determinazione, attraverso tecnica MASW, delle V_{s30} e della categoria di terreno di fondazione.

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

1.1. Inquadramento geografico

L'area esaminata, per la quale è previsto l'intervento di trasformazione urbanistica, è ubicata nell'area sede dell'ex salumificio "Maletti", pochi metri ad ovest del tracciato della linea ferroviaria Sassuolo-Modena, tra Via Giardini Nord, Via Radici in Piano e Via Sant'Ambrogio. Dal punto di vista topografico si trova in corrispondenza di un'ampia area pianeggiante di alta pianura, sub-orizzontale, e con quote che, in corrispondenza dell'area, sono prossime a 67 m s.l.m. Il sistema idrografico è rappresentato esclusivamente dal reticolo di drenaggio della Bonifica Burana ed ha nel Canale di Corlo e nel Canale di Formigine gli elementi più prossimi; il primo attraversa, tombato, l'area di studio con direzione di flusso S-N; il secondo scorre (sempre tombato) seguendo il tracciato della Via Giardini Nord. Il clima è caratterizzato, nel periodo 1991-2008, da precipitazioni totali annue, in media, di 731 mm e temperature medie annue di 14,4°C, pari, rispettivamente, ad una variazione di +11 mm e +1,1°C rispetto al periodo 1961-1990. Nella cartografia regionale, l'area è compresa nella Tavola alla scala 1:25.000 nr. 219NE denominata "Formigine" (Figura 1), nella Sezione alla scala 1:10.000 nr. 219030 denominata "Formigine" e nell'Elemento alla scala 1:5.000 nr. 219034 denominato "Casinalbo" (Figura 2).

FIG. 1	<u>Titolo:</u> COROGRAFIA
Rilievo topografico 1:25.000	<u>Fonte:</u> Carta topografica R.E.R. Tavola 219NE "Formigine"
	
FIG.2	<u>Titolo:</u> UBICAZIONE AREA
Rilievo topografico 1:5.000	<u>Fonte:</u> C.T.R. della R.E.R. Elemento n. 219034 "Casinalbo"

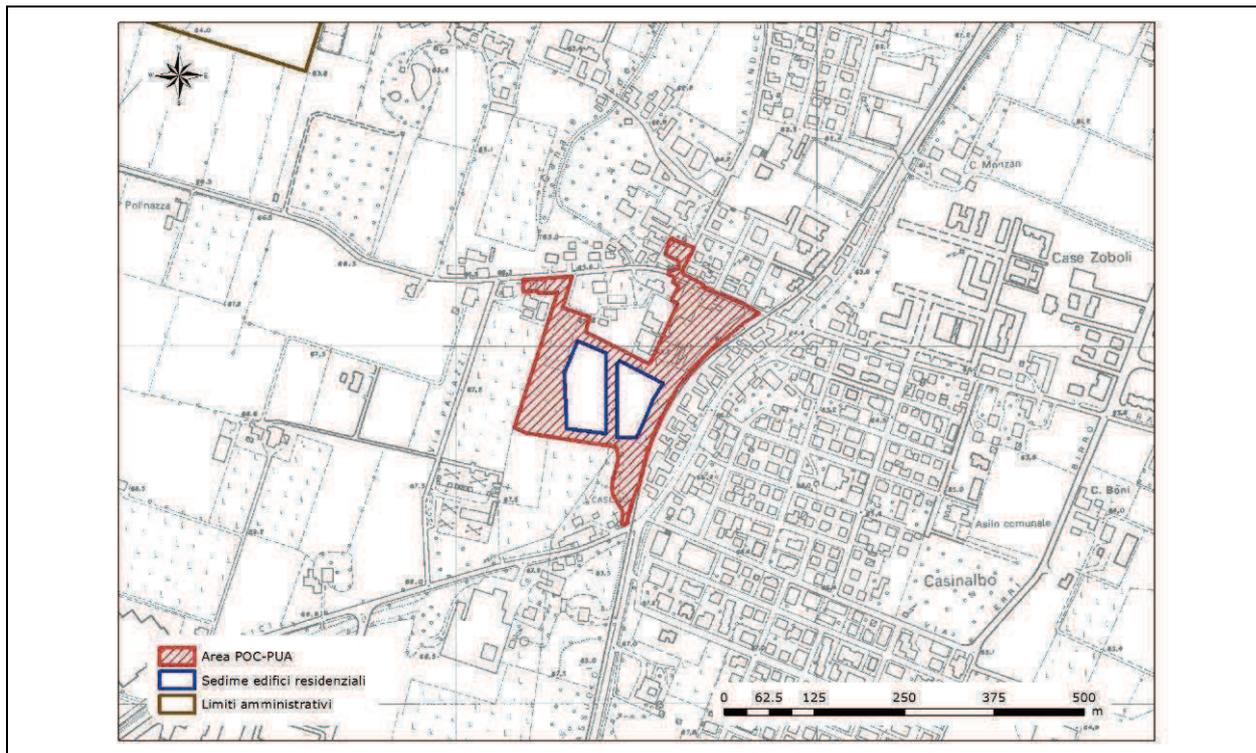


FIG.3

Titolo: Ubicazione dell'area d'indagine su ortofoto satellitare

Rilievo topografico 1:5.000

Fonte: Ortofoto multifunzione - AGEA 2012 - RGB



1.2. Inquadramento geologico

L'area in studio appartiene all'alta pianura modenese e ricade, da un punto di vista geologico, nella parte centro-meridionale del grande bacino subsidente plio-quadernario Padano. In particolare si colloca in un settore deposizionalmente influenzato dalle alluvioni quadernarie e oloceniche del Fiume Secchia e di vari torrenti appenninici minori, tra i quali si ricordano il torrente Tiepido, il T. Cerca, il T. Taglio e la Fossa di Spezzano. Tali alluvioni hanno generato depositi a granulometria assai variabile, sia in senso areale che verticale, con prevalenza di clasti grossolani in prossimità del corso del Fiume Secchia e dei tracciati, sia attuali che passati, dello stesso fiume e di alcuni corsi d'acqua minori quali il T. Tiepido.

Le granulometrie osservabili divengono mediamente più fini, da sud verso nord, con una netta prevalenza di depositi limosi, nella parte centro-settentrionale del territorio comunale.

In figura 4 si riporta un estratto della "Carta geologica della pianura dell'Emilia-Romagna", desunta dallo studio eseguito sui territori della pianura da parte della Regione Emilia-Romagna; da tale cartografia risulta evidente come la litologia superficiale dell'area in esame e, più in generale, di gran parte del territorio comunale di Formigine, sia prevalentemente dominata da litotipi fini quali limi, limi argillosi e, in particolare per l'area in esame, argille limose. Ghiaie e sabbie superficiali si incontrano procedendo verso il confine occidentale del territorio comunale, in prossimità dei depositi di conoide del Fiume Secchia.

Lo spessore della coltre alluvionale recente oscilla generalmente attorno ai 100 m; il primissimo orizzonte caratterizzato dalla presenza di acque salmastre, per quanto discontinuo, si colloca ad una profondità di circa 85 m.

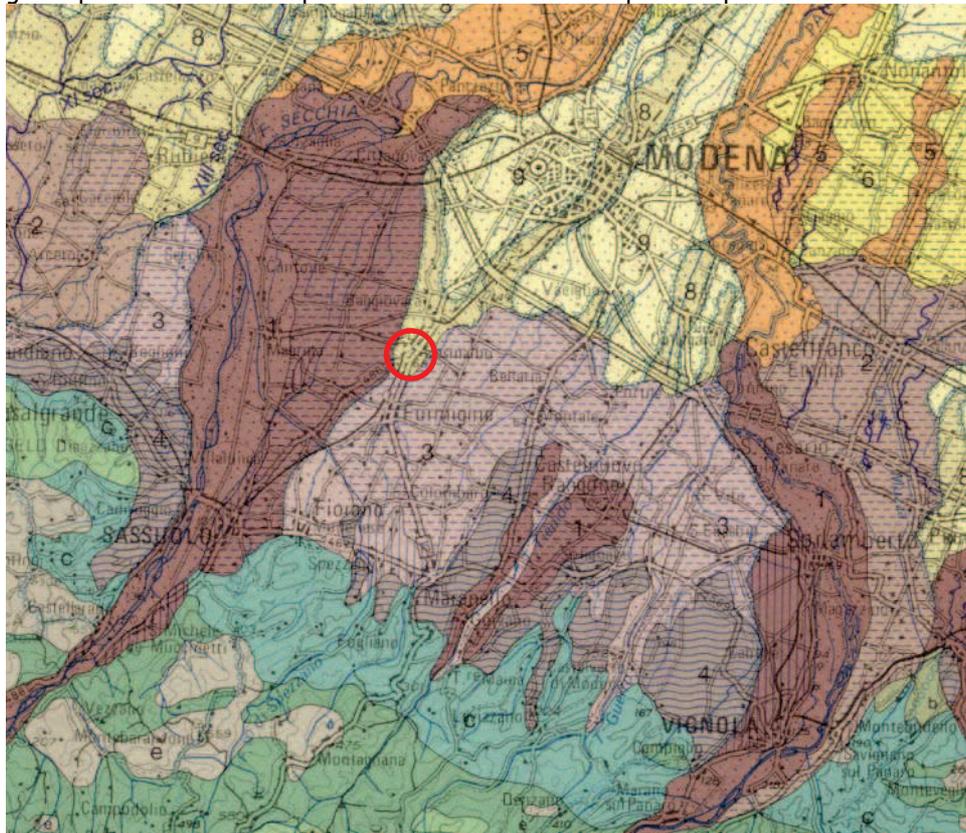
Tali depositi, di età compresa tra il Pleistocene medio e l'Olocene, ricoprono un substrato datato Pliocene-Pleistocene inferiore, costituito da formazioni marine prevalentemente argillose, affioranti più a sud, lungo il margine appenninico e a luoghi lungo l'alveo del fiume Secchia, nei Comuni di Sassuolo, Fiorano e Maranello.

Nel territorio comunale di Formigine, il substrato marino vero e proprio - rappresentato dalle formazioni ad Argille Azzurre Plio-Pleistoceniche, affioranti lungo il margine collinare - si rinviene a profondità variabili; la base del Pliocene si situa ad una profondità che varia da circa 1800 m (a sud del capoluogo) a 1000 m (a nord dell'abitato), come si può osservare nella carta della base del Pliocene in Fig. 5.

L'area d'interesse si trova quindi all'estremità meridionale della zona delle pieghe pedeappenniniche, vergenti verso Nord - Nord/Est ed associate a faglie inverse variamente inclinate, in prossimità dei primi, modesti rilievi dell'Appennino propriamente detto. Questi lineamenti tettonici sembrano interessare anche i livelli più profondi della copertura alluvionale.

FIG.	4	<u>Titolo:</u>	CARTA GEOLOGICA DELLA PIANURA DELL'EMILIA ROMAGNA
	Fuori Scala	Fonte	REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Legenda: 1) Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione. 3) limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione. 9) argille limose. Argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude.



Le caratteristiche litologiche superficiali dell'area d'indagine, riportate in Fig. 6, fanno riferimento alla "Carta della litologia di superficie", a cura dell'Istituto di Geologia dell'Università di Modena: come si può notare l'area risulta caratterizzata dalla presenza, negli strati più superficiali, di terreni a granulometria fine, limi e limi argillosi prevalenti. Un quadro pressoché confermato dall'esame di numerosi dati geognostici (essenzialmente prove penetrometriche) che hanno portato alla rielaborazione della carta litologica di superficie in occasione del QC del PSC di Formigine (Fig. 7).

I litotipi presenti sono costituiti da un insieme di orizzonti lentiformi che sfumano più o meno gradualmente tra loro e che evidenziano una distribuzione non omogenea, ma legata alle passate evoluzioni idrografiche dei fiumi e corsi d'acqua che hanno generato il territorio.

FIG. 5		Titolo: Carta delle isobate della base del Pliocene
Scala:	fuori scala	Fonte: M. PELLEGRINI, A. COLOMBETTI & A. ZAVATTI <i>Idrogeologia profonda della pianura modenese</i> - Quaderni dell'istituto di ricerca sulle acque - CNR

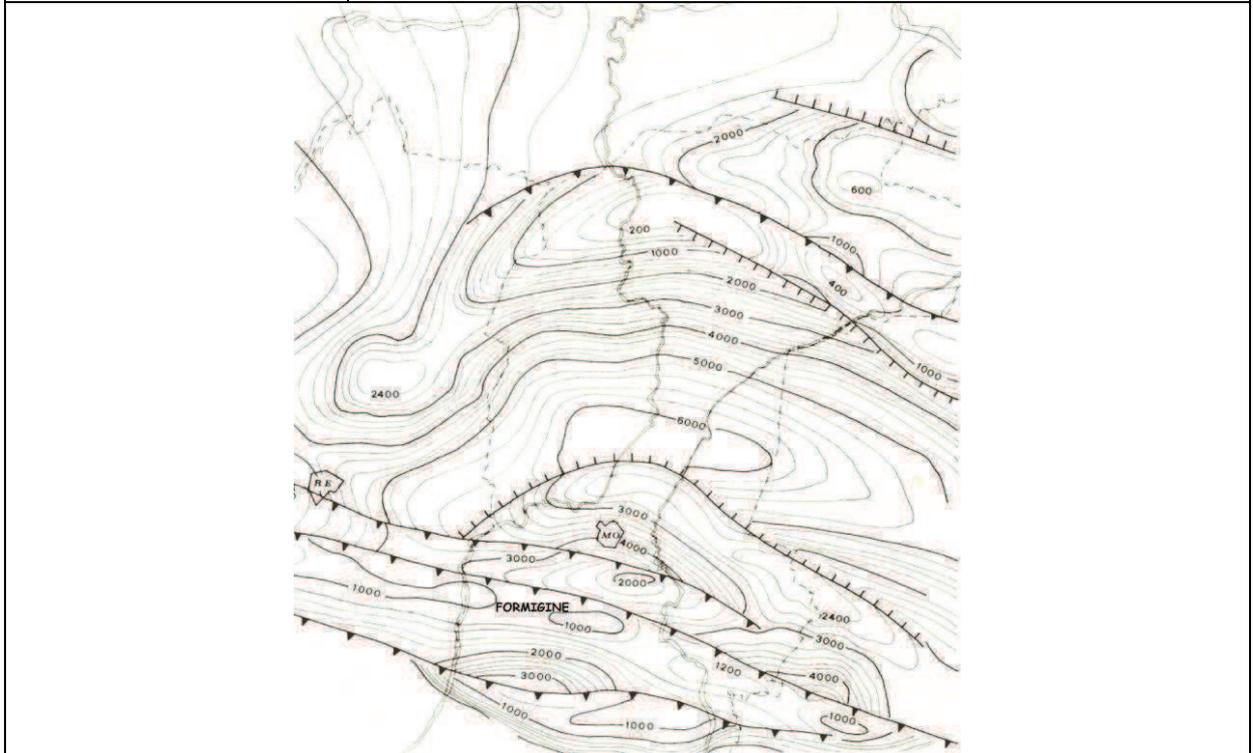
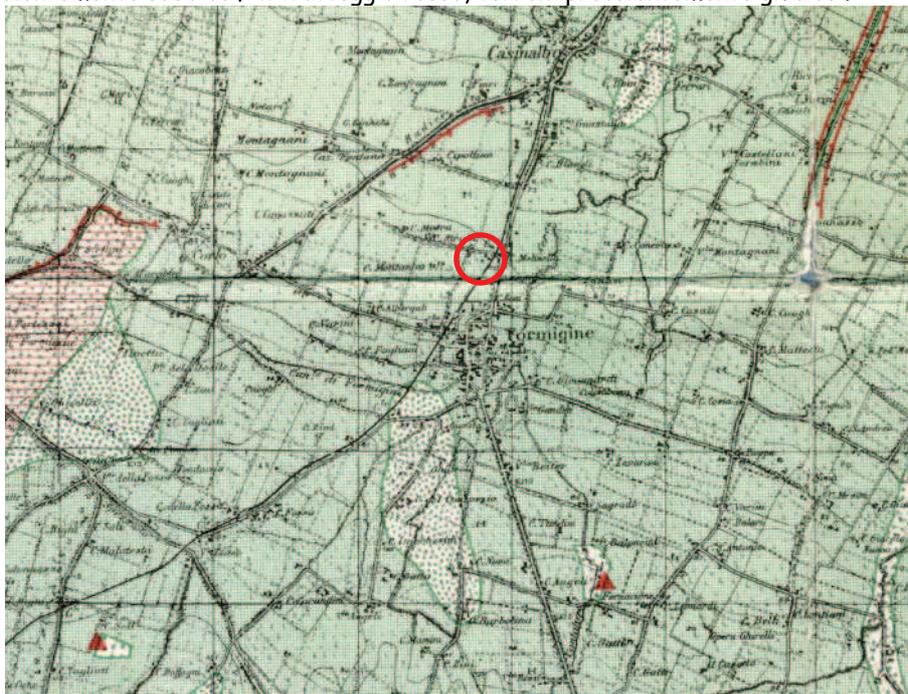


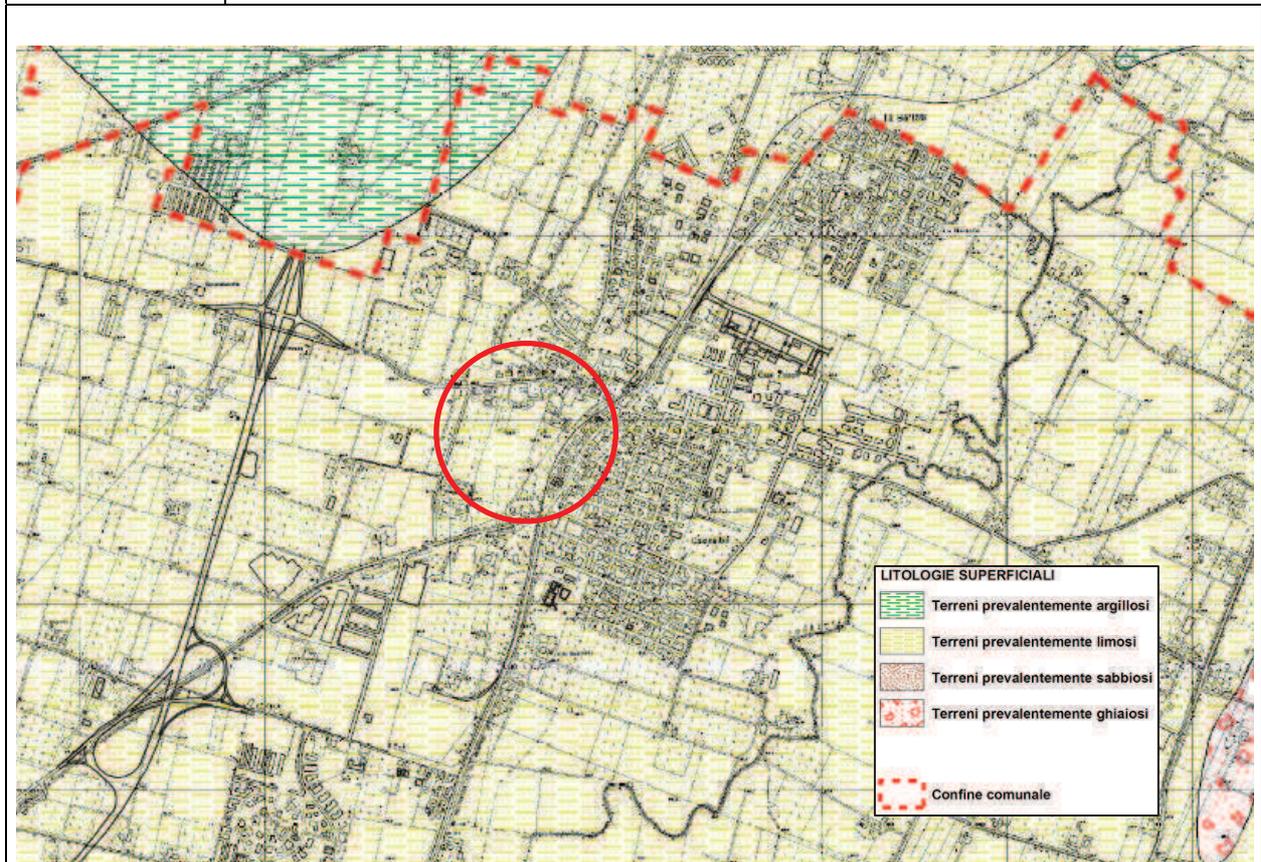
FIG. 6	Titolo: CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE DELLA PIANURA MODENESE
Scala 1:50.000	Fonte: P. Fazzini, G. Gasperi & R. Gelmini

Legenda: in puntinato verde, fine, limi e terreni prevalentemente limosi; in puntinato verde grossolano, sabbie e terreni prevalentemente sabbiosi; in tratteggio rosso, terreni prevalentemente ghiaiosi.



Osservando il territorio comunale nel suo insieme, si riscontra che i litotipi maggiormente rappresentativi sono quelli a granulometria media, limosa e limo-sabbiosa, diffusamente rappresentati nella parte centrale del territorio comunale. Lungo le aste dei corsi d'acqua, compresi gli alvei relitti, possiamo osservare litologie più grossolane; i materiali ghiaiosi, abbondanti nelle aree di conoide del F. Secchia ed all'apice delle conoidi dei corsi d'acqua minori, cedono gradualmente il passo a depositi sabbiosi e limosi procedendo verso nord e, più in generale, addentrandosi nelle aree di infraconoide. I depositi ghiaiosi e sabbiosi citati si sviluppano lungo estese superfici nastriformi, in particolare ai margini orientale ed occidentale del territorio comunale. La parte centrale del comune, come detto, mostra prevalenti depositi limosi. E' interessante notare che i depositi prettamente argillosi, almeno all'interno dei confini del territorio comunale, sono poco frequenti, a testimoniare l'energia ancora abbastanza forte che caratterizza (o ha caratterizzato) questi ambienti deposizionali.

FIG. 7	<u>Titolo:</u> ESTRATTO DALLA CARTA DELLA LITOLOGIA SUPERFICIALE (Tav. B.1 - Sistema Naturale e Ambientale) - QC del PSC di Formigine, 2006
	<u>Fonte:</u> Dott. Geol. V. Franchi

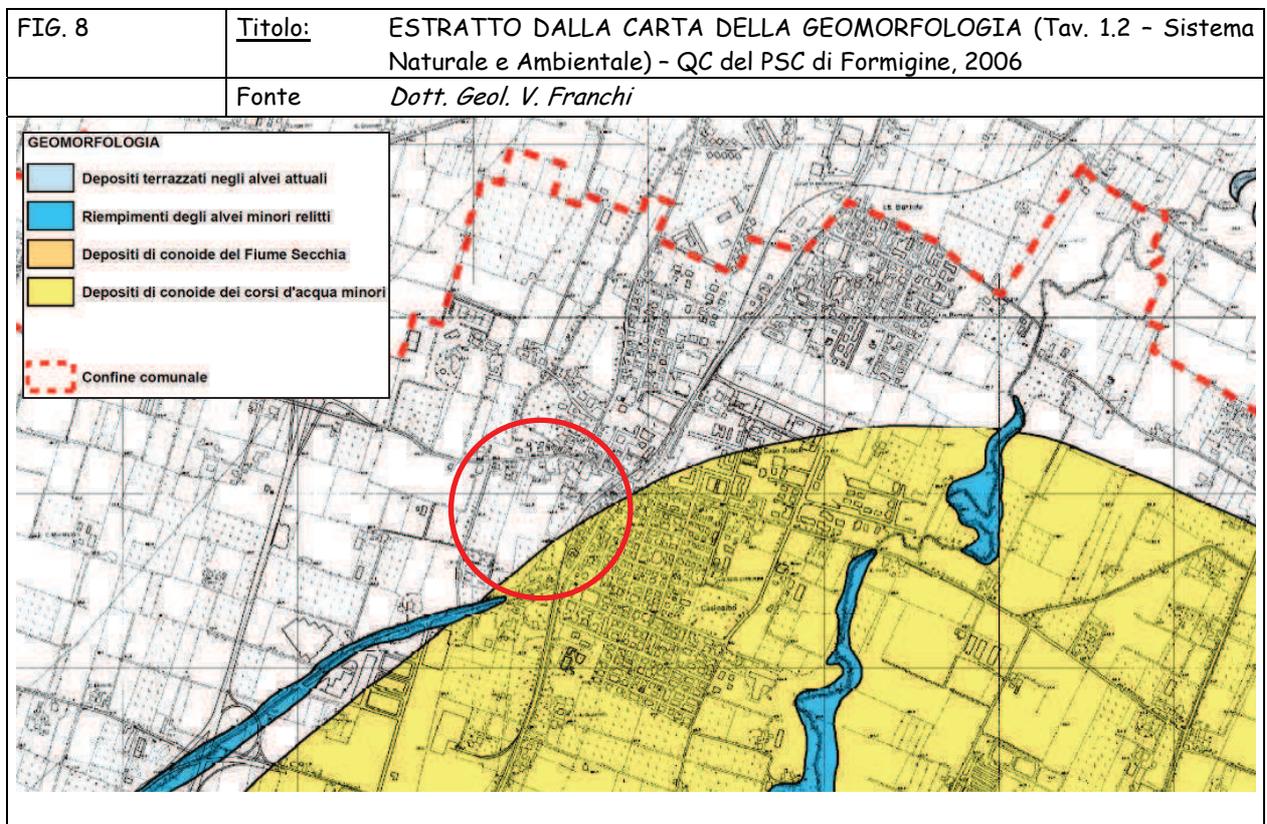


La carta del "Tetto delle ghiaie", Tavola B.2 del QC del PSC di Formigine, individua per l'area in esame una profondità del tetto delle ghiaie variabile tra -5 e -6 m dal piano campagna, con un approfondimento procedendo da sud verso nord. Profondità confermata anche dalle prove penetrometriche eseguite per questo studio.

1.3. Inquadramento geomorfologico

La caratterizzazione geomorfologica del territorio è stata ottenuta attraverso l'analisi dei dati reperiti dalla consultazione di fonti bibliografiche, oltre che dall'osservazione di foto aeree e dal rilevamento sul terreno.

Tutte le forme del paesaggio, essenzialmente naturali, riconosciute nella porzione di territorio comprendente l'area in esame, sono rappresentate nell'estratto della carta della "Geomorfologia" (Tav. 1.2 - Sistema Naturale e Ambientale del QC del PSC di Formigine) (fig. 8). In particolare, a sud dell'area, risulta evidente la presenza di un sistema deposizionale di conoidi fluviali coalescenti, legato all'azione dei corsi d'acqua tra cui, principalmente, il T. Cerca e la Fossa di Spezzano; tale sistema è caratterizzato dalla presenza di paleodossi e paleoalvei legati al divagare dei corsi d'acqua. Gli alvei relitti occupano le modeste depressioni un tempo sede di deflusso superficiale importante, rendendo più evidenti gli antichi tracciati delle aste considerate.



1.4. Idrografia superficiale ed esondabilità

Il territorio comunale di Formigine, come precedentemente discusso, occupa il margine superiore dell'alta pianura modenese; in questo contesto, i corsi d'acqua si trovano al loro sbocco in pianura e producono ampie conoidi deposizionali. Gli alvei, in particolare per il F. Secchia e per il T. Tiepido, sono costituiti da canali anastomizzati, caratterizzati da un consistente spessore di alluvioni grossolane.

I corsi d'acqua minori, per contro, hanno andamento rettilineo (nei casi in cui siano stati pesantemente alterati dall'attività dell'uomo) o blandamente meandriforme; il loro carico

solido, modesto rispetto a quello trasportato dai corsi d'acqua maggiori, è costituito soprattutto da sabbie e frazioni fini. Anch'essi, come detto, producono apparati di conoide, ma di dimensioni decisamente modeste.

Nel territorio comunale di Formigine le arginature non sono particolarmente diffuse; le uniche degne di nota sono date dai lembi delle opere realizzate nel passato lungo il F. Secchia; l'approfondimento dell'alveo dovuto all'estrazione di inerti ha fatto perdere a questi modesti elementi qualsiasi funzione.

Le indagini relative ai terreni ed alla geomorfologia dell'area condotte nel passato dimostrano chiaramente che, in linea di massima, il territorio del comune non è sede di deposizioni importanti di sedimenti già da almeno 2000 anni, almeno a giudicare dalla quantità di materiale archeologico sub-affiorante o sepolto a modestissima profondità. Questo fatto indica chiaramente che questo settore della pianura ha ormai poca probabilità di essere interessato da eventi alluvionali importanti; in effetti, negli ultimi 100 - 150 anni non sono stati attuati interventi di rilievo sulla rete idrografica, probabilmente in conseguenza delle scarse condizioni di rischio esistenti: l'unica eccezione è costituita, come detto, dalle limitate opere volte a contenere i corsi d'acqua maggiori (in particolare il F. Secchia).

Riguardo agli interventi antichi (quali la deviazione del T. Taglio e della Fossa di Spezzano), occorre ricordare che si è trattato di opere volte ad alleggerire il carico idraulico gravante sull'abitato di Modena e sui suoi canali; la minaccia diretta che i corsi d'acqua interessati potevano costituire per il territorio di Formigine era abbastanza modesta anche nel passato.

Il reticolo idrografico che interessa l'area di studio è riconducibile al bacino scolante facente capo ai canali di Corlo e di Formigine: questi corsi d'acqua, assieme al bacino di loro pertinenza, occupano un'ampia fascia di territorio sviluppata in senso SW - NE; in particolare, il Canale di Formigine attraversa il capoluogo, costituendo per esso la più importante via di scolo delle acque superficiali. Entrambe le aste in questione sono tributarie del Canale Naviglio, e fanno quindi parte del bacino del F. Panaro.

Si noti che il Canale di Corlo acquisisce tale denominazione solo a valle di Casinalbo, al di fuori del territorio comunale di Formigine; al suo ingresso nel comune, presso la località C. Buffagni, è chiamato Canale di Modena, ed in prossimità di Casinalbo cambia nome in Canale dei Molini. Questi due canali sono strettamente correlati: al confine meridionale del comune, il Canale di Modena (o di Corlo) attraversa la Fossa di Spezzano tramite un grande sifone in muratura; poco più a valle, da esso si dirama, tramite un sistema di chiuse, il Canale di Formigine. Si rammenta che l'asta del Canale di Modena si origina poco a sud di Castellarano, derivando acqua dall'alveo del F. Secchia.

Queste due aste, sostanzialmente modellate dall'attività antropica in tutto il loro corso, hanno avuto una preminente funzione irrigua; da questo fatto discende la gestione consortile del bacino interessato. Allo stato attuale, i due canali e le loro diramazioni assolvono anche all'importante funzione di raccogliere le acque di scolo del capoluogo.

Al momento, non si ha notizia di criticità importanti a loro carico.

Il bacino dei Canali di Corlo e Formigine occupa, nell'ambito del territorio comunale di Formigine, una superficie di circa 894,4 ha.

In particolare l'area in esame è attraversata, nella sua porzione centrale, dal tratto

tombato del Canale di Corlo, mentre il suo confine orientale risulta pressoché parallelo al corso del Canale di Formigine, che scorre tombato in corrispondenza di Via Giardini Nord, circa 60 m ad est dell'area di studio.

Il Canale di Corlo presenta nel tratto a monte dell'area in esame alcune criticità legate alla sua officiosità idraulica, compromessa proprio dalla ridotta sezione del tombamento a causa del suo interrimento.

In fase attuativa dovrà pertanto essere attentamente valutato il problema idraulico anche alla luce delle quote topografiche ribassate possedute dalla porzione di comparto non ancora edificato.

1.5. Idrogeologia

La pianura modenese si sviluppa ai piedi dell'Appennino settentrionale, delimitata lateralmente dai fiumi Secchia e Panaro. L'apice si raccorda col solco vallivo intercollinare a quote comprese tra 120 e 150 metri, in cui affiorano le successioni argillose del ciclo plio-pleistocenico che, in pianura, rappresentano il substrato delle alluvioni pleistoceniche superiori ed oloceniche, sede dell'acquifero principale. Procedendo verso nord, fino all'altezza della via Emilia, il materiale più grossolano si intercala con sempre maggiore frequenza a peliti via, via più potenti, con una graduale transizione verso i sedimenti più fini.

Collocate fra le conoidi dei due corsi d'acqua principali, si individuano le conoidi della rete idrografica minore: torrente Fossa di Spezzano, torrente Tiepido, torrente Guerro, torrente Nizzola, torrente Grizzaga, con contenuti ridotti di ghiaie, intercalate da abbondanti matrici limose che condizionano sensibilmente la trasmissività dell'acquifero. La profondità del tetto delle ghiaie mostra un progressivo aumento procedendo dai corsi d'acqua principali verso la porzione centrale del territorio comunale ove, in corrispondenza dell'area d'indagine, raggiunge valori variabili da -5 a -6 metri.

L'area delle conoidi minori è caratterizzata dalla presenza di acquiferi di modesta entità e, a seguito della limitata circolazione idrica e dell'elevata pressione antropica generata da numerose fonti inquinanti sia diffuse che puntuali, presenta una scadente qualità delle acque.

Dall'esame della Tavola della Soggiacenza (Tav. 8.6 del QC del PSC di Formigine), emerge come, sul territorio comunale, la falda presenti una soggiacenza variabile, con valori massimi nella zona nord-occidentale (circa -36.0/-37.0 m a Magreta) e minimi nella zona sud-orientale (circa -6.0 m a Colombaro). Complessivamente, le isolinee presentano un andamento progressivamente crescente spostandosi da monte verso il capoluogo, con direzione di deflusso delle acque sotterranee orientata omogeneamente verso nord.

In corrispondenza dell'area di studio i valori della soggiacenza sono compresi tra -22 e -23 m dal p.c.

1.6. Sismicità

L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

Nella tabella seguente viene riportato l'elenco dei sismi, con intensità maggiore di 4 MCS, che hanno interessato il territorio comunale di Formigine, reperiti dalla banca dati *on-line* dell'INGV (DBIM11). Dall'esame della stessa si può osservare che Formigine è stato interessato, in epoca storica, da sismi con intensità epicentrale massima (I_0) pari a 6-7 MCS ed intensità sul sito (I_s) massima di 6 MCS.

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	I_0 Mw
6	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
5	1929 04 20 01:09	Bolognese	109	7 5.34 ±0.13
5	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7 5.41 ±0.09
4-5	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
4	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6 5.02 ±0.22
4	1929 04 19 04:15	Bolognese	82	
4	1929 04 22 08:25	Bolognese	41	
4	1929 05 11 19:22	Bolognese	64	
4	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6 4.66 ±0.12

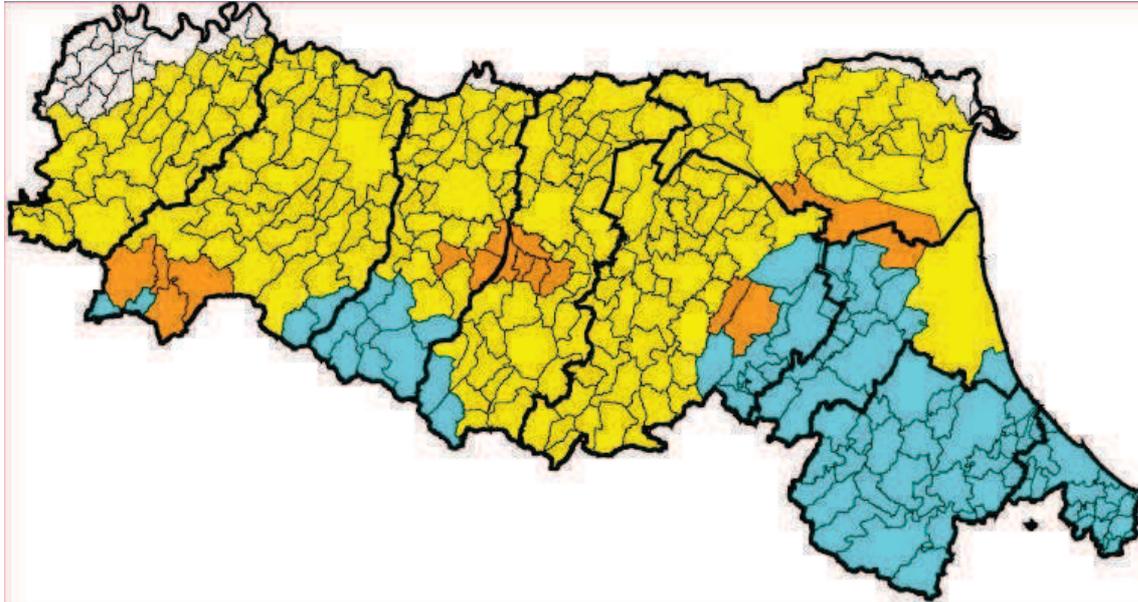
Inoltre, la maggior parte dei terremoti che hanno caratterizzato la storia sismica del Capoluogo sono avvenuti in un areale piuttosto limitato, che va dal bolognese, ad ovest, al parmense, ad est.

La Regione Emilia-Romagna con Deliberazione della G.R. N. 1435/2003 del 21.07.2003 ha approvato una nuova classificazione sismica dei Comuni della Regione, operante dallo 08.05.2004.

Il territorio comunale di Formigine, viene classificato in **zona 2**, quindi a media sismicità. L'entrata in vigore della nuova normativa tecnica per la progettazione in zone sismiche è avvenuta, dopo diverse proroghe, per tutto il territorio regionale il giorno 23.10.2005, giorno di entrata in vigore del D.M. 14.09.2005, inerente il Testo Unico sulle Norme Tecniche per le Costruzioni; tale normativa è stata tuttavia sottoposta a successiva revisione ed è datata 14 gennaio 2008 l'approvazione del decreto inerente "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*" del Ministro delle infrastrutture, di concerto con il Ministro dell'interno e con il Capo Dipartimento della protezione civile pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 - Supplemento Ordinario n. 30. Le nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto 14 gennaio 2008, sostituiscono di fatto quelle approvate con il decreto ministeriale 14 settembre 2005 (art. 1).

Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche, a ciascuna delle quali è assegnato un intervallo di valori dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni; in

particolare, per la determinazione delle azioni sismiche, risulta assegnato un valore (a_g/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, diverso per ogni zona sismica.



LEGENDA

zona 2	89	precedente riclassificazione (1983 - 1984)
	16	
zona 3	214	
zona 4	22	

n. Comuni coinvolti

I valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono:

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

Inoltre allo scopo di definire l'azione sismica di progetto, intesa come l'azione generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche, deve essere classificato il terreno di fondazione secondo categorie individuate dal suddetto D.M. e riprese dalla precedente ordinanza.

Il terreno viene classificato sulla base della V_{s30} ovvero sulla base della c_u , per i terreni

prevalentemente coesivi, avendo come riferimento le seguenti categorie di suolo di cui al recente D.M. 14/01/2008, che ha leggermente modificato quelle contenute nel D.M. 14/09/2005:

- A - *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- B - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$ nei terreni a grana grossa, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fine).
- C - *Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensate, o terreni a grana fine 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 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fine).
- D - *Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti*, con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{SPT} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fine).
- E - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.
- S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori $V_{s30} < 100$ m/s (ovvero $10 < c_u < 70$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
- S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti V_{s30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Il sito verrà classificato sulla base del valore di V_{s30} se disponibile, altrimenti sulla base

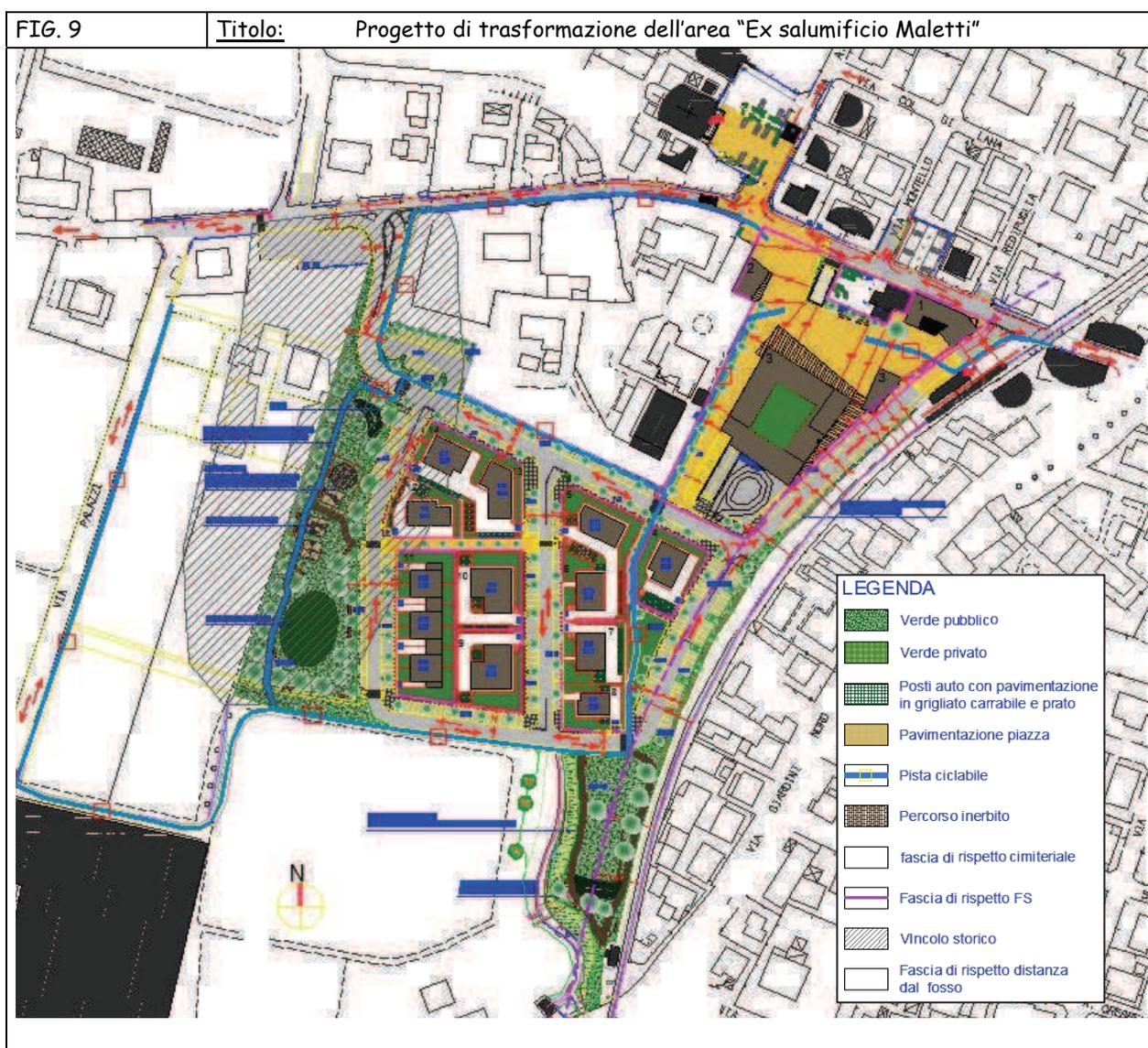
del valore di N_{SPT} .

Per la determinazione della categoria del suolo di fondazione nell'area in oggetto, è stata svolta, in riferimento alla nuova normativa sismica, DM 14/01/2008 un'apposita indagine geofisica oggetto del presente rapporto tecnico riportata nel paragrafo 2.2.2.

2. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO

2.1. Descrizione dell'intervento

Il progetto di riqualificazione dell'area "Ex salumificio Maletti", prevede il recupero dell'area fino ad oggi sede delle attività produttive del salumificio, parte dell'ambito ANS_B2.1 di PSC, attraverso la costruzione di tre edifici commerciali e, parallelamente, l'edificazione di 13 nuovi alloggi residenziali nell'area attualmente verde all'interno dell'ANS3.5. (fig.9).



2.2. Indagine geognostica

Nel mese di marzo 2014 si è provveduto ad eseguire una campagna di indagini geognostiche sull'area in oggetto al fine valutare le caratteristiche litostratigrafiche,

geotecniche e sismiche del terreno, necessarie per una corretta interpretazione del sottosuolo, che sarà interessato dai futuri interventi edilizi.

La campagna geognostica ha previsto l'esecuzione delle seguenti indagini:

- n. 4 prove penetrometriche che sono state effettuate con infissione statica, spinte sino alla profondità massima di 5 m dal p.c.;
- n. 1 stendimento sismico della lunghezza di 46 metri, con determinazione delle onde S.

Durante l'esecuzione delle indagini non è stata intercettata la falda acquifera.

L'ubicazione delle indagini geognostiche è riportata in figura 10.

2.2.1. Prove penetrometriche statiche

Le 4 prove penetrometriche eseguite in data 15/03/2014, la cui ubicazione è riportata in figura 10, sono state eseguite utilizzando un penetrometro statico olandese Gouda da 10 tonnellate, automontato, impiegando per la perforazione una punta "Friction Jacket Cone", avente un'area di 10 cm² ed un angolo alla punta di 60°. Hanno raggiunto una profondità massima di circa 6 metri dal piano campagna.

L'interpretazione dei risultati viene eseguita distinguendo fra terreni granulari con prevalenza di sabbia, per i quali possono essere ricavati tramite questa prova, con correlazioni empiriche di vari autori, l'angolo d'attrito, la densità relativa, il modulo edometrico ed il Modulo di Young, ed i terreni coesivi con prevalenza di argilla, per i quali è possibile valutare la resistenza al taglio non drenata, il grado di sovraconsolidazione, il modulo di deformazione non drenato, il modulo edometrico ed il grado di sovraconsolidazione.

Nei tabulati di calcolo sono stati riportati, oltre ai valori misurati in sito ogni 20 cm d'avanzamento della punta, i valori, calcolati mediante elaborazione automatica, della *resistenza penetrometrica alla punta* R_p , espressi in MPa, i valori della *resistenza laterale locale* R_L , espressi in kPa, nonché i valori del *rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale* R_p / R_L .

FIG. 10	Titolo: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE
Scala 1:2.000	Fonte: Elaborazione propria



In corrispondenza dei punti di prova si è discretizzato il terreno indagato in livelli caratterizzati da valori di R_p e R_l relativamente costanti per tutto lo spessore dello strato. Infine, sono stati calcolati i principali parametri geotecnici medi associati agli strati utilizzando le correlazioni empiriche proposte da vari autori.

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	Tipologia di terreno	q_c	c_u	OCR	FC	E_u	M	γ_{sat}	γ_{nat}	ψ	D_r	φ'	E_y	G_0
	m	...	Mpa	kPa	...	%	MPa	MPa	kN/m^3	kN/m^3	...	%	°	MPa	MPa
	0.4	Argilla - suolo organico													
	0.6	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi													
1	1.8	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose	1.0	60.5	36	43	12	14	19.3	18.2	...	...	...	...	30
2	2.2	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose	1.4	82.7	22	44	15	19	19.8	18.3	...	...	...	...	40
3	2.8	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	2.0	...	...	29	...	27	19.0	17.6	-0.1	24	34	32	40
4	3.8	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	6.7	...	...	17	...	128	20.9	19.4	-0.2	52	39	72	90
5	4.4	Sabbie - da sabbie pulite a sabbie limose	7.1	...	...	16	...	139	20.6	19.1	-0.1	50	39	31	87
6	...	Ghiaie													

CPT1 - Discretizzazione degli spessori geotecnicamente omogenei e stima dei principali parametri geotecnici.

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	Tipologia di terreno	q_c	c_u	OCR	FC	E_u	M	γ_{sat}	γ_{nat}	ψ	D_r	φ'	E_y	G_0
	m	...	Mpa	kPa	...	%	MPa	MPa	kN/m^3	kN/m^3	...	%	°	MPa	MPa
	0.6	Argilla - suolo organico													
	0.8	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi													
1	1.2	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose	1.1	65.8	35	39	13	15	19.3	17.9	...	...	...	...	29
2	1.8	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	1.6	...	...	33	...	22	19.4	17.9	-0.1	25	34	26	35
3	2.6	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose	1.4	89.0	17	43	18	19	19.6	18.1	...	...	...	...	40
4	3.2	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	4.1	...	...	21	...	79	19.7	18.2	-0.1	38	36	45	57
5	...	Ghiaie													

CPT2 - Discretizzazione degli spessori geotecnicamente omogenei e stima dei principali parametri geotecnici.

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	Tipologia di terreno	q_c	c_u	OCR	FC	E_u	M	γ_{sat}	γ_{nat}	ψ	D_r	ϕ'	E_y	G_0
	m		Mpa	kPa	...	%	MPa	MPa	kN/m ³	kN/m ³	...	%	°	MPa	MPa
	0.4	Argilla - suolo organico													
1	0.8	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	1.1	...	...	32	...	16	19.2	17.9	...	...	...	...	25
2	2.6	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose	1.3	80.1	24	43	15	18	19.7	18.2	...	...	...	...	38
3	3.2	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	5.8	...	...	23	...	80	21.4	19.8	-0.2	50	39	77	97
4	4	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose	2.9	175.0	20	42	35	39	21.0	19.3	...	...	...	...	80
5	4.6	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	8.7	...	...	24	...	168	21.6	20.0	...	...	...	...	135
6	...	Ghiaie													

CPT3 - Discretizzazione degli spessori geotecnicamente omogenei e stima dei principali parametri geotecnici.

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	Tipologia di terreno	q_c	c_u	OCR	FC	E_u	M	γ_{sat}	γ_{nat}	ψ	D_r	ϕ'	E_y	G_0
	m		Mpa	kPa	...	%	MPa	MPa	kN/m ³	kN/m ³	...	%	°	MPa	MPa
1	0.8	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	1.0	...	...	29	...	15	18.8	17.6	-0.2	32	35	17	21
2	1.2	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose	1.2	74.3	40	38	15	17	19.5	18.1	...	...	...	...	31
3	1.6	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi	1.5	...	...	33	...	21	19.3	17.8	-0.2	25	34	27	34
4	3	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose	1.5	90.3	18	45	17	20	19.8	18.2	...	...	...	...	43
5	4.2	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose	1.2	72.0	7	54	10	15	19.1	17.6	...	...	...	...	41
6	5.6	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose	1.4	91.5	6	55	13	18	19.4	17.8	...	...	...	...	50
7	...	Ghiaie													

CPT4 - Discretizzazione degli spessori geotecnicamente omogenei e stima dei principali parametri geotecnici.

q_c : resistenza all'infissione della punta

c_u : coesione non drenata

OCR: rapporto di sovraconsolidazione

FC: contenuto apparente di fini

E_u : modulo di deformazione non drenato

M: modulo edometrico

γ_{sat} : peso di volume saturo

γ_{nat} : peso di volume naturale

ψ : parametro di stato delle sabbie

ϕ' : angolo di resistenza al taglio di picco

E_y : modulo di Young

G_0 : valore massimo del modulo di taglio a basse deformazioni (<10⁻⁴%)

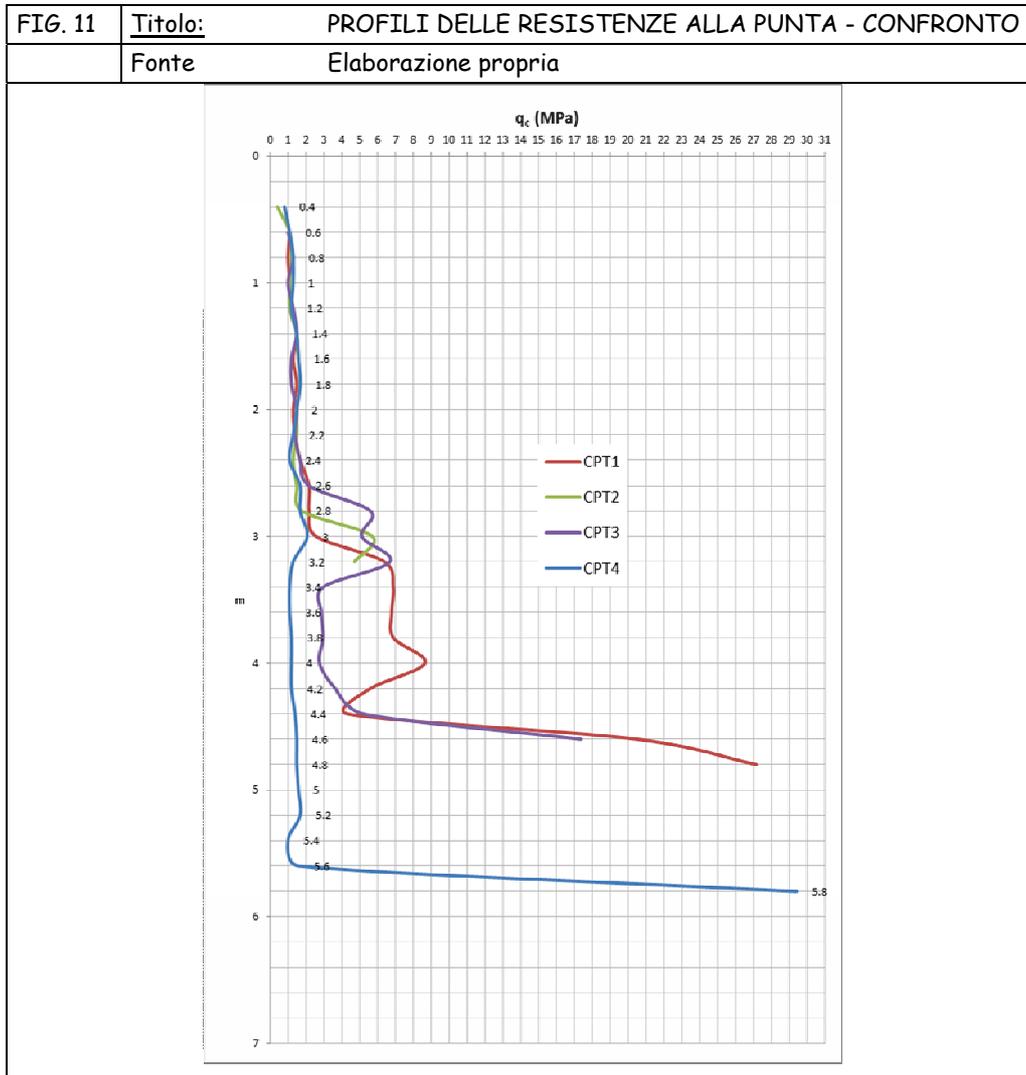
Dalle quattro prove eseguite emerge una alternanza più o meno regolare tra livelli con miscele sabbiose (da sabbie limose a limi sabbiosi) e livelli con miscele limose (limi argillosi e limi sabbiosi). L'unico livello puramente sabbioso è presente nella CPT1, da -3.8 a -4.4 m, prima del passaggio alle ghiaie. Quest'ultime mostrano un tetto la cui profondità varia tra un minimo di -3.2 m, in corrispondenza della CPT2, ad un massimo di -5.6 m, in corrispondenza della CPT4.

Dal punto di vista geotecnico, oltre i primi 2 m di profondità, i terreni a prevalente componente fine mostrano valori di coesione non drenata discreti e tendenzialmente crescenti con la profondità. Il rapporto di sovraconsolidazione rivela come tutti i terreni fini siano largamente sovraconsolidati, in particolar modo in superficie, con valori dell'OCR che mostrano una diminuzione con la profondità.

Per quanto riguarda i livelli con miscele sabbiose, i valori del parametro di stato per le sabbie, insieme ai valori di densità relativa, sono indicativi di uno stato di addensamento da discreto a buono.

Guardando ai profili di resistenza all'infissione della punta penetrometrica di figura 11, è possibile identificare uno spessore omogeneo, comune alle 4 verticali, compreso tra il piano campagna e la profondità di circa -2.6 m. Da qui in poi i profili cominciano a separarsi

con andamenti simili, ma con profondità differenti, per quanto riguarda le verticali CPT1, CPT2 e CPT3, mentre la CPT4 mostra un profilo uniforme fino al tetto delle ghiaie, a circa -5.6 m.



L'elaborazione, attraverso un modello di interpolazione matematico, della distribuzione areale delle resistenze, eseguita per il QC del PSC di Formigine, rileva come gran parte dell'area in esame sia probabilmente caratterizzata da valori di R_p del primo strato (compreso tra -1 e -5 m dal p.c.) variabili tra 12 e 16 kg/cm². Tale risultato viene confermato, ma solo fino a circa -2.5 m dal p.c., anche dalle 4 verticali penetrometriche eseguite per questo studio; oltre tale profondità, fino al tetto delle ghiaie, i valori di aumentano, ad eccezione della sola CPT4 in cui, come detto, si mantengono sempre costantemente intorno ad 1 MPa.

In occasione dell'esecuzione delle 4 prove penetrometriche statiche del marzo 2014 non è stato possibile misurare la profondità della falda freatica.

2.2.2. Prospezione sismica

lo stesso giorno 15 marzo 2014 è stata eseguita una campagna sismica con metodo MASW di tipo attivo. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri dalla superficie (V_s30), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.M. 4/02/08 e alla delibera G.r.e.r. (n. 1677 del 24/10/05).

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati dell'indagine eseguita.

Metodo d'indagine

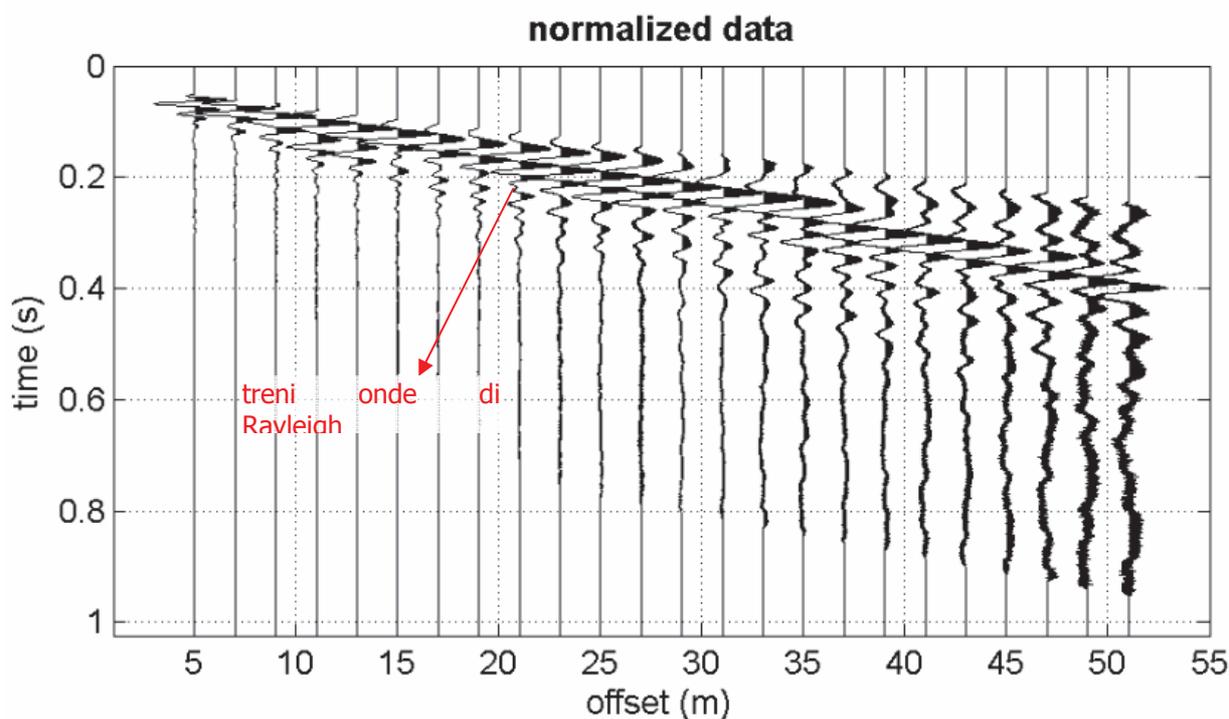
La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico. L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.



- Sismogramma -

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni, con spaziatura tra i geofoni di 2 metri per una lunghezza della linea sismica di 46 metri. L'energizzazione è stata eseguita a 10 e 2 metri dal primo e dall'ultimo geofono. Per ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei sismogrammi sono stati sommati più tiri.

Gli stendimenti sono stati ubicati in base alle indicazioni della committenza e all'obiettivo dell'indagine.

Il sito di indagine è collocato in area scarsamente urbanizzata, non caratterizzata da particolari fonti di rumore antropico in grado di interferire con il segnale sismico.

Strumentazione

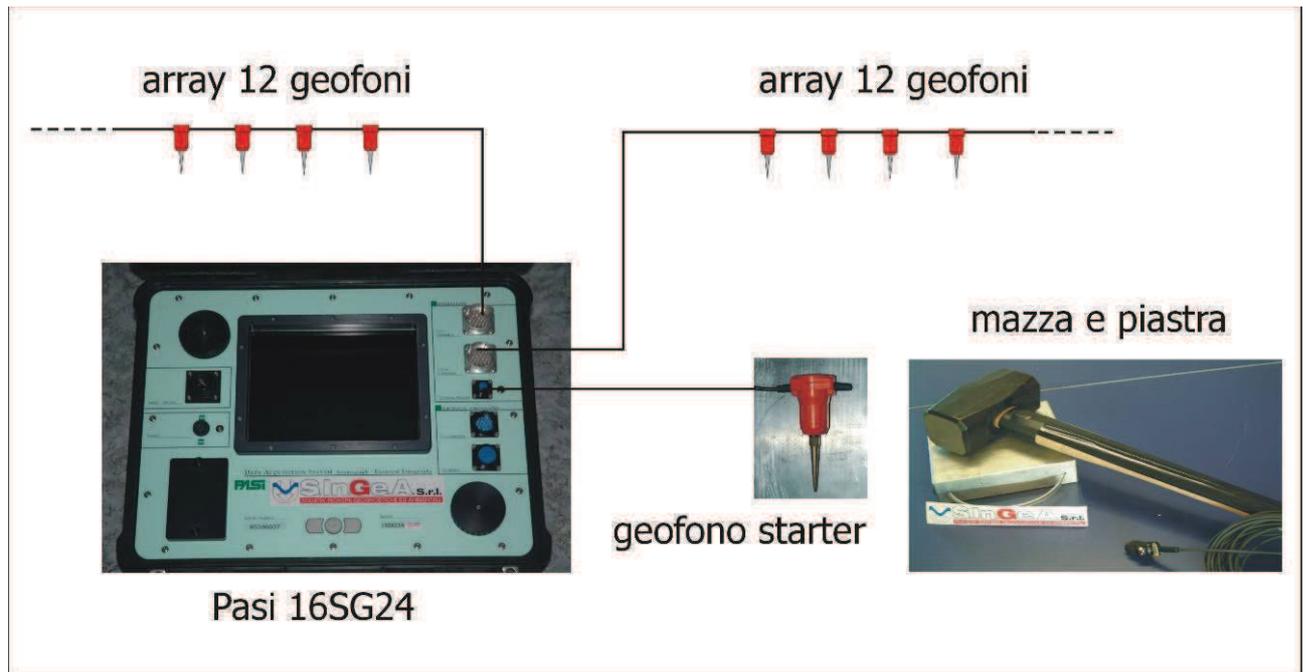
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16SG24", dotato di 24 geofoni verticali Oyo Geospace con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter. È inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;

- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtraggi delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma e sottrazione di ulteriori sismogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 kg e una piastra di battuta di alluminio.

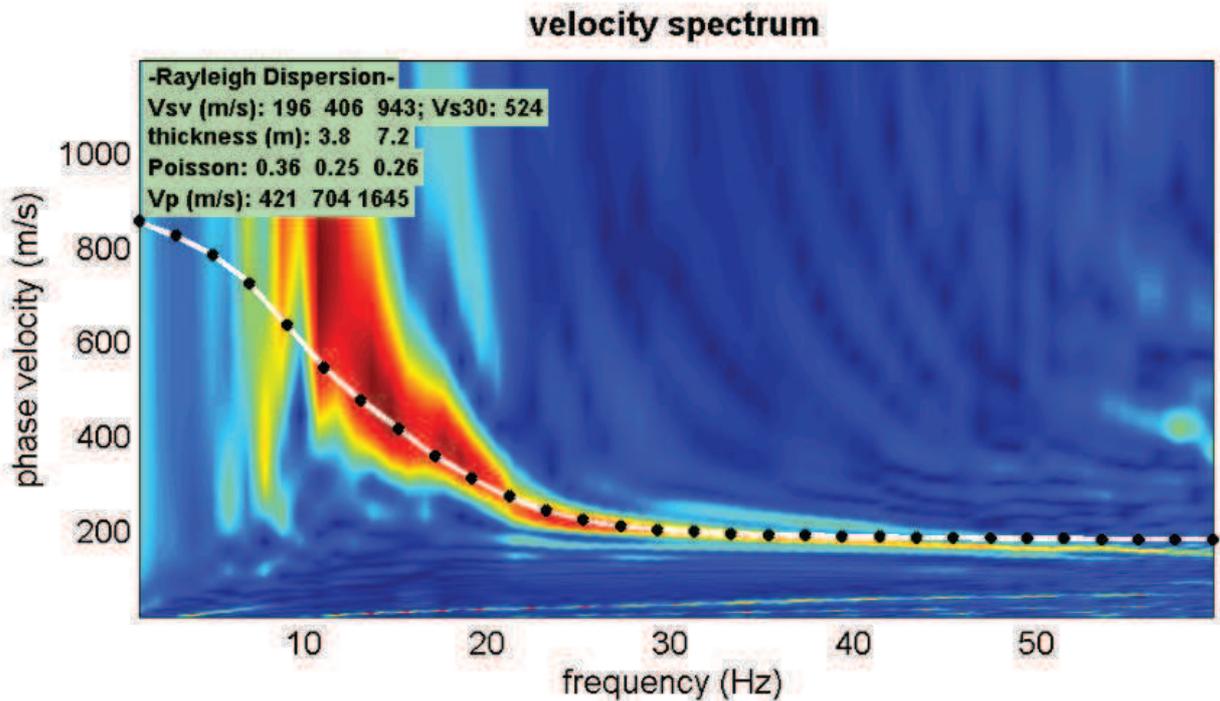


Elaborazione

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (SurfSeis 2 - Kansas Geological Survey) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtri "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting", l'ACG e i filtri tipo F-K ("fan cut", "fun pass", "horizontal e vertical cut").

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.



Il diagramma permette di visualizzare anche l'intervallo di lunghezza d'onda acquisito e il rapporto segnale-disturbo, utile per valutare la qualità dei dati. Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente tramite metodo manuale o semi-automatico.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di un procedimento di calcolo e un algoritmo di inversione (Xia et al. 1999a), che gestisce i parametri velocità di taglio (V_s) e spessore degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore dei sismostrati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello geofisico in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile (errore quadratico medio inferiore al 5-10%) la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata.

In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle $V_{s,30}$ e correlazione al tipo di terreno, come da normativa.

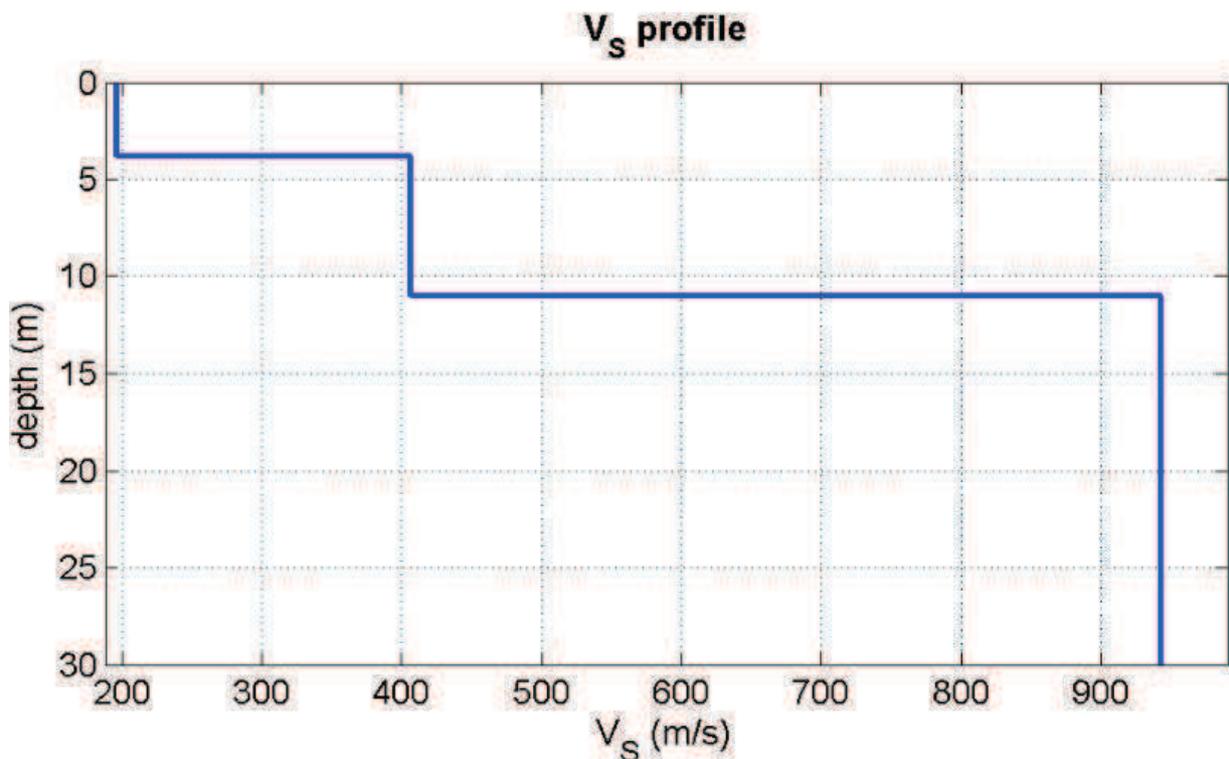
Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

Risultati

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo

diagramma, permettendo di calcolare il valore $V_{s,30}$ per la sezione indagata.

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-4	4	196
-11	7	406
-30	23	943



- *diagramma velocità V_s /profondità* -

Il valore $V_{s,30}$ è **524 m/sec**.

Secondo normativa, la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la **B**:

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 360m/s e 800m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

2.2.3. Valutazione dei fattori di amplificazione

L'amplificazione del segnale sismico è legata essenzialmente alla natura ed alla consistenza delle litologie presenti, ma anche alla natura ed alla struttura del substrato a comportamento rigido.

Tale caratterizzazione del territorio è passata necessariamente attraverso l'acquisizione di dati geognostici prima illustrati, ed eseguiti anche in altre occasioni, per la definizione dei profili sismici.

In conformità a quanto previsto nell'Allegato n. 2 dell'Atto di indirizzi della RER, per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.), oltre alla determinazione della $V_{s,30}$, si è definita la situazione sismostratigrafica in cui si colloca l'area in esame, per l'utilizzo delle tabelle di riferimento.

Infatti per utilizzare le tabelle contenute nell'Atto di indirizzi della RER occorre definire anche la profondità del bedrock sismico (H), inteso come lo strato in cui la velocità delle onde di taglio V_s sia maggiore di circa 800 m/sec.

Siccome la verticale eseguita non ha individuato, per la profondità indagata, il bedrock sismico, ci si è avvalsi della possibilità data dalla normativa stessa, per cui qualora le prove disponibili non abbiano raggiunto il bedrock, il profilo di V_s possa essere estrapolato in profondità fino a valori di $V_s = 800$ m/s, mantenendo lo stesso gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale.

Nell'allegato 2 dell'Atto d'indirizzi della RER, per la determinazione del fattore di Amplificazione (FA) si individuano due diverse situazioni litostratigrafiche, denominate Pianura 1 e Pianura 2, differenziate in ragione della profondità del substrato profondo, correlabile al bedrock sismico.

Nello specifico i dati consentono di riferirsi all'ambito di Pianura 1, ovvero al caso di profilo stratigrafico costituito da "presenza di potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (< 100 m da p.c.)".

L'utilizzo della tabella consente di individuare i valori del fattore di amplificazione FA, espresso sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia in termini di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0), per prefissati intervalli di periodo, corrispondente a $0.1s < T_0 < 0.5s$ e a $0.5s < T_0 < 1s$, ovvero:

$$F.A. PGA = 1,4$$

$$F.A. IS 0,1 < T_0 < 0,5 = 1,5$$

$$F.A. IS 0,5 < T_0 < 1 = 1,6$$

Questo risultato è identico a quello riportato nelle tavole degli approfondimenti tematici della geologia e della sismica del PSC comunale (Tavole GEO.5, GEO.6 e GEO.7). In tali tavole, infatti, l'area di studio viene collocata nell'Ambito (DAL RER 112/2007) di "Pianura 1". La terna di fattori di amplificazione che il PSC assegna all'area in esame è, pertanto, la stessa individuata in questo studio:

$$F.A. PGA = 1,4$$

$$F.A. IS 0,1 < T_0 < 0,5 = 1,5$$

$$F.A. IS 0,5 < T_0 < 1 = 1,6$$

Infine, la Tavola GEO.8 del PSC inserisce anche l'area oggetto del presente studio all'interno di un'areale per cui non risultano necessari approfondimenti di III livello per la

microzonazione sismica.

In ogni caso, a seconda dell'importanza che i vari edifici in progetto in quest'area assumeranno a livello di classe d'uso (NTC2008), in fase attuativa occorrerà valutare l'opportunità di un'analisi di risposta sismica locale, con metodi analitici, per la determinazione del fattore di amplificazione litostratigrafico e per la quantificazione degli eventuali effetti di sito: liquefazione e cedimenti.

2.2.4. Suscettibilità di liquefazione

La normativa sismica prevede di effettuare la verifica a liquefazione nel caso in cui siano presenti, nei primi 15 m di profondità del sottosuolo indagato, terreni granulari saturi (sabbie e sabbie limose) predisposti al fenomeno della liquefazione in caso di sisma. Le prove eseguite hanno sì evidenziato la presenza di un livello sabbioso tra -3.8 e -4.4 m dal p.c. (solo lungo la CPT1) e di alcuni livelli con miscele sabbiose (da sabbie limose a limi sabbiosi) intercalati a livelli di limi argillosi e limi sabbiosi (lungo tutte le 4 CPT), ma non è stata individuata la presenza di alcuna falda acquifera. Inoltre, la carta della soggiacenza elaborata in occasione del QC del PSC di Formigine, mostra come il tetto della falda, in corrispondenza dell'area di studio, si trovi ad una profondità variabile tra -22 e -23 metri dal p.c.

Detto ciò, vista la presenza di depositi sabbiosi olocenici e l'attività sismica dell'area, si ribadisce comunque l'obbligatorietà di procedere con una progettazione antisismica, che faccia riferimento come zona, alla zona 2 per il comune di Formigine, e come norme tecniche al DM 4 febbraio 2008.

3. CONCLUSIONI

Dalle prove penetrometriche e dalla prospezione sismica eseguite emerge come la zona in studio sia caratterizzata da un sottosuolo complessivamente abbastanza omogeneo, sia in senso verticale che laterale, composto da:

- uno spessore di copertura di circa 0,4-0,6 m, costituito da suolo e da materiale superficiale antropizzato,
- uno spessore, variabile da 2 a 4.8 m, caratterizzato dall'alternanza irregolare di strati con miscele sabbiose (da sabbie limose e limi sabbiosi) e strati con limi argillosi ed argille limose,
- un terzo spessore (non definibile) costituito da ghiaie, il cui tetto varia da un minimo di -3.2 m ad un massimo di -5.6 m.

Dal punto di vista geotecnico, oltre i primi 2 m di profondità, i terreni a prevalente componente fine mostrano valori di coesione non drenata discreti e tendenzialmente crescenti con la profondità. Il rapporto di sovraconsolidazione rivela come tutti i terreni fini siano largamente sovraconsolidati, in particolar modo in superficie, con valori dell'OCR che mostrano una diminuzione con la profondità.

Per quanto riguarda i livelli con miscele sabbiose, i valori del parametro di stato per le sabbie, insieme ai valori di densità relativa, sono indicativi di uno stato di addensamento da discreto a buono.

Guardando ai profili di resistenza all'infissione della punta penetrometrica di figura 11, è possibile identificare uno spessore omogeneo, comune alle 4 verticali, compreso tra il piano campagna e la profondità di circa -2.6 m. Da qui in poi i profili cominciano a separarsi con andamenti simili, ma con profondità differenti, per quanto riguarda le verticali CPT1, CPT2 e CPT3, mentre la CPT4 mostra un profilo uniforme fino al tetto delle ghiaie, a circa -5.6 m.

Circa il possibile fenomeno della liquefazione del terreno in occasione di sisma, le prove eseguite hanno sì evidenziato la presenza di un livello sabbioso e di livelli con miscele sabbiose nel range di profondità indagato, ma non è stata individuata la presenza di alcuna falda acquifera. Inoltre, la carta della soggiacenza elaborata in occasione del QC del PSC di Formigine, mostra come il tetto della falda, in corrispondenza dell'area di studio, si trovi ad una profondità variabile tra -22 e -23 metri dal p.c. Pertanto è possibile escludere l'occorrenza del fenomeno.

L'indagine MASW ha permesso di ricavare il valore della V_{s30} :

$$V_{s30} = 524 \text{ m/sec.}$$

Secondo normativa, la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:

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 360m/s e 800m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

L'analisi dei dati sismo-stratigrafici ha permesso la definizione ai sensi della DAL RER 112/2007 dei valori del fattore di amplificazione FA, espresso sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia in termini di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0), per prefissati intervalli di periodo, corrispondente a $0.1s < T_0 < 0.5s$ e a $0.5s < T_0 < 1s$, ovvero:

F.A. PGA = 1,4

F.A. IS $0,1 < T_0 < 0,5$ = 1,5

F.A. IS $0,5 < T_0 < 1$ = 1,6

In considerazione di tutto ciò è possibile dedurre che, per quanto riguarda l'edificabilità dell'area in studio, non sussistono particolari problemi e questo sia dal punto di vista geotecnico, geomorfologico, idrogeologico e sismico, stabilendo pertanto la fattibilità geologica degli interventi in progetto per la riqualificazione dell'area "Ex salumificio Maletti".

Il presente studio non potrà comunque supportare la progettazione esecutiva per la quale dovrà essere necessariamente eseguita una integrazione d'indagine e di valutazione degli interventi.

Il Canale di Corlo presenta nel tratto a monte dell'area in esame alcune criticità legate alla sua officiosità idraulica, compromessa dalla ridotta sezione del tombamento a causa del suo interrimento.

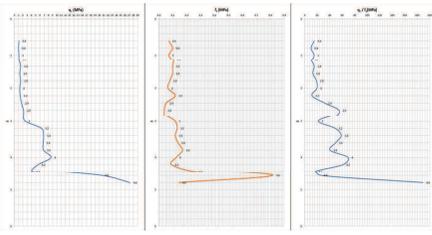
In fase attuativa dovrà pertanto essere attentamente valutato il problema idraulico anche alla luce delle quote topografiche ribassate possedute dalla porzione di comparto non ancora edificato.

Modena 18/03/2014

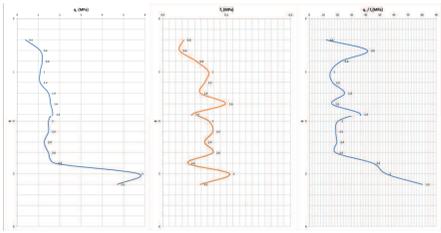
Dott. Geol. Valeriano Franchi



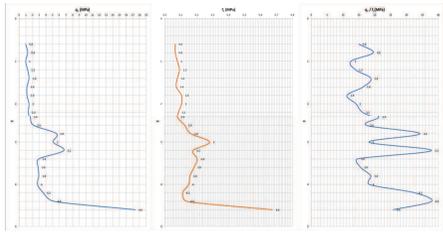
ALLEGATO N. 1
TABULATI
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE



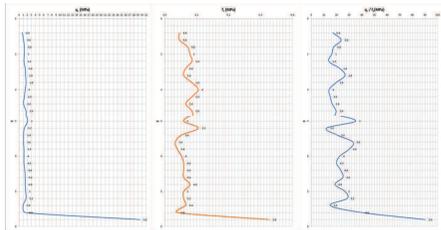
CPT1 - profili della resistenza alla penetrazione della punta (sinistra), della resistenza laterale (centro) e del rapporto tra esse (destra).



CP72 - profili della resistenza alla penetrazione della punta (sinistra), della resistenza laterale (centro) e del rapporto tra esse (destra).



CPT3 - profili della resistenza alla penetrazione della punta (sinistra), della resistenza laterale (centro) e del rapporto tra esse (destra).



CPTa - profili della resistenza alla penetrazione della punta (sinistra), della resistenza laterale (centro) e del rapporto tra esse (destra).

COMUNE DI FORMIGINE (MO)

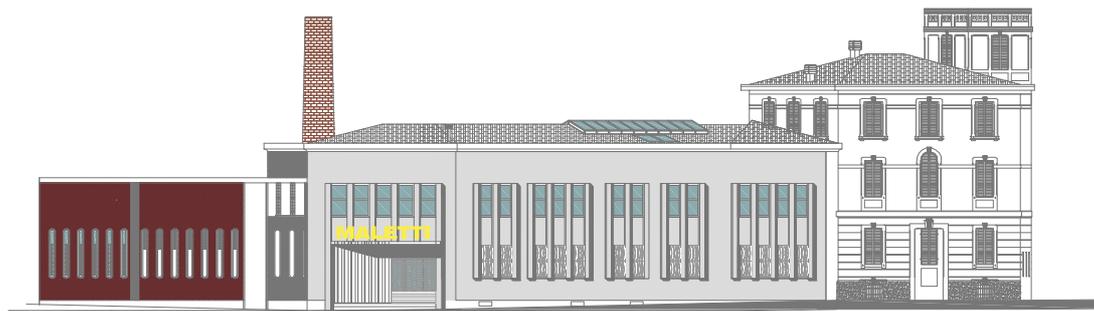
DESCRIZIONE DEI LAVORI

RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA DELL'AREA EX SALUMIFICIO MALETTI A CASINALBO TRAMITE INTERVENTO PREVENTIVO DI INIZIATIVA PRIVATA

FASE DEI LAVORI

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (PUA)

SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO TECNICO



"Una nuova centralità per Casinalbo"

COMMITTENTE

SOCEDIL S.P.A.
Via Fernando Malavolti, 5
41122 Modena (MO)

Legale Rappresentante
Mauro Galavotti

N. PROTOCOLLO UFFICIO TECNICO

PROGETTAZIONE



Viale Gregoro Agnini, 78
41037 Mirandola (MO)
tel. +39 0535.611779
fax +39 0535.613035



Via San Felice, 21
40122 Bologna - ITALY
tel. +39 051.2912911
fax +39 051.239714

progettista responsabile: Arch. Massimiliano Franceschetti
progettista responsabile: Arch. Domenico Dieni
progettazione infrastrutture: Ing. Franco Di Biase
progettazione acustica: Ing. Franca Conti
progettazione ambiente: Dott. Agr. Fabio Tunoli

coordinamento: Arch. Carlo Santacroce
Geom. Marilida Halliev

collaborazioni: Ing. A. Sanna, Ing. M. Giuliano
Ing. G. Marchi
indagini geologiche: Geol. Valeriano Franchi
rilievi topografici: Geom. Luca Paladino

	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
DATA	GIUGNO 2014	GIUGNO 2014	GIUGNO 2014
FIRMA	HM/GM/CI	MH/DD	DD

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE IDRAULICA

SCALA

ELABORATO

LAVORO

R24

R. IDR.

FILE	N.	EMISSIONI -FASE DI LAVORO-	DATA
nomefile.docx	1	Piano Urbanistico Attuativo	GIUGNO 2014
	2		
	3		

RELAZIONE IDRAULICA.....	3
PREMESSA	3
1 – ACQUE NERE	3
1.1 – Descrizione della rete	3
1.2 – Sistemi e materiali costruttivi.....	3
1.3 – Dimensionamento della rete	4
2 - ACQUE BIANCHE	5
2.1 – Descrizione della rete	5
2.2 – Sistemi e materiali costruttivi.....	6
2.3 – Dimensionamento dei collettori	7
3 – LAMINAZIONE.....	9
3.1 – Calcolo del volume	9
3.2 – Descrizione dell'intervento	9
3.3 – Dimensionamento dei condotti di scarico.....	10

RELAZIONE IDRAULICA

PREMESSA

Per le fognature la tipologia di intervento usata all'interno del comparto è quella delle reti "separate", per le acque bianche (meteoriche) e per le acque nere di tipo domestico. Poiché l'attuale fognatura esterna è solo di tipo misto, le due reti si uniscono prima della immissione in quella esistente.

Oltre alle nuove reti di fognatura, è previsto anche la realizzazione di una vasca di laminazione a servizio delle superfici eccedenti quelle impermeabilizzate già esistenti.

1 – ACQUE NERE

1.1 – Descrizione della rete

La rete complessiva di raccolta delle acque nere di tipo domestico è costituita da due sottosistemi: il primo a servizio della zona nord del comparto, a carattere misto, coincidente con l'area occupata dalla ex-Maletti, il secondo per la zona sud residenziale.

Il sottosistema nord della rete si sviluppa all'interno di aree private e sarà quindi oggetto di approfondimento progettuale unitamente alla sistemazione prevista per queste.

La parte di rete relativa alle zone sud del comparto, cioè quella che sarà pubblica, si sviluppa all'interno delle sedi viarie a servizio della zona residenziale, con inizio alle estremità sud delle strade n. 3 e 4. I due tratti convergono poi sul collettore posato lungo l'asse n. 1 fino alla sua estremità est, dove un piccolo impianto di sollevamento consente di convogliare le acque nel tratto terminale previsto lungo la strada parallela alla ferrovia.

La lunghezza totale di questo sottosistema della rete è pari a circa 530 m.

La pendenza dei condotti, tutti Φ 200 in PVC tipo SN8, è pari allo 0,3 %.

1.2 – Sistemi e materiali costruttivi

I collettori sono previsti in PVC serie SN 8 (8 KN/m²) a norma UNI EN 1401 con marchio di conformità IIP, con giunto a bicchiere ed anello di tenuta elastomerico, posati su sottofondo, con rinfiacco e copertura in sabbia lavata di spessore minimo pari a 20 cm se l'estradosso è ad oltre 1,00 m dal piano di campagna e con bauletto in cls. di 15 cm in caso contrario.

Prima delle immissioni nel collettore fognario pubblico, all'interno dei singoli lotti saranno realizzati pozzetti di ispezione con sifone tipo "Firenze".

Nei punti singolari del tracciato (cambi di direzione, modifica diametri, ecc.) e comunque ad una distanza reciproca di non oltre 50 m, sono previsti pozzetti di visita costituiti da manufatti in c.a. prefabbricati idonei al traffico pesante, con gradini alla "marinara" in relazione alla profondità di scorrimento della fogna, spazio di manovra e boccaporto di chiusura carrabile in ghisa sferoidale.

I pozzetti di ispezione e di raccordo, in c.a., hanno dimensioni minime interne di 70x70 cm, con chiusini in ghisa sferoidale di classe 400. Vengono posati su una platea in calcestruzzo dello spessore minimo di 15 cm; il fondo è sagomato per evitare ristagni e depositi di materiale. Internamente sono trattati con due mani di resina epossidica a due componenti.

Il chiusino di ghisa sferoidale presenta caratteristiche non inferiori al tipo EN-GJS-500-7 della norma UNI EN 1563, con telaio quadrato (dimensione minima 850x850 mm) o circolare e con coperchio non minore di 60 cm di diametro, dotato di bloccaggio di sicurezza in posizione di apertura con angolo di almeno 100° e con superficie antisdrucchiolo. Il telaio è fornito di una guarnizione in elastomero antirumore ed antibasculamento.

Il chiusino è idoneo a supportare un carico stradale di prima categoria (D400 della norma EN 124) ed è saldamente ancorato all'ultimo elemento prefabbricato del pozzetto a mezzo di soletta di collegamento in cls. Sul coperchio vengono riportate le seguenti diciture:

- n. della norma "UNI EN 124";
- la classe "D400";
- nome e marchio del fabbricante e luogo di produzione, anche in codice;
- il marchio dell'ente certificatore;
- la dicitura "FOGNATURA NERA", o almeno "FOGNATURA".

Nella realizzazione della rete si farà ricorso a tutti gli accorgimenti tecnici necessari per garantirne la tenuta, utilizzando, a seconda dei casi, anelli di tenuta o cordoncini di bentonite per i giunti tra tubi e pozzetti.

1.3 – Dimensionamento della rete

Per dimensionamento della rete delle acque nere relativa al sottosistema sud si è proceduto innanzitutto a stimare il numero degli abitanti equivalenti, calcolati nella misura di 1 ogni 25 m² di superficie utile (=4.824 m²), ottenendo il valore complessivo di 193 AE.

La portata connessa agli abitanti equivalenti stimati da garantire a valle della parte residenziale del comparto è stata calcolata con le seguenti espressioni:

$$Q_{24} = \alpha \cdot \frac{Dot \cdot AE}{86400}$$

$$Q_{punta} = C_{max} * Q_{24}$$

dove:

Q_{24} = portata nera media in l/s;

α = coefficiente di dispersione, pari a 0,85;

Dot = dotazione idrica giornaliera, posta uguale a 300 l/ab./g;

AE = abitanti equivalenti;

Q_{punta} = portata nera di punta in l/sec;

C_{max} = coefficiente di punta, posto uguale a 4,0;

Il risultato dei calcoli conduce ad una portata totale di punta pari a circa 2,3 l/s.

Utilizzando la formula di Chézy ($Q=S*\chi*\sqrt{R*i}$) risulta che tali portate vengono abbondantemente garantite con tubi Φ 200, cui corrisponde una capacità a sezione piena di circa 28,0 l/s in riferimento alla pendenza adottata (0,3 %).

2 - ACQUE BIANCHE

2.1 – Descrizione della rete

Analogamente alla fognatura nera, anche la rete di raccolta delle acque bianche (meteoriche) è impostata su due zone distinte: la prima a nord coincidente con l'area dell'ex salumificio; la seconda a sud costituita dalla parte residenziale del comparto, con l'aggiunta anche della strada identificata con il n. 5, parallela alla ferrovia e con inizio dalla via Sant'Ambrogio.

Anche in questo caso, per il sottosistema nord, la rete si sviluppa all'interno delle aree private e sarà oggetto di approfondimento progettuale unitamente alla sistemazione prevista per queste.

I recapiti delle acque raccolte nel sottosistema nord sono costituiti dai due collettori misti presenti nelle vie Landucci e Montello.

La rete relativa alle zone sud del comparto, cioè quella che sarà interamente pubblica, è strutturata su tre settori distinti: il primo si sviluppa all'interno delle sedi viarie della parte ovest della zona residenziale, con inizio all'incrocio tra via Sant'Ambrogio e la strada n. 1; il secondo è a servizio della parte centrale ed è posato sotto la piattaforma dell'asse n. 2; il terzo, infine, raccoglie le acque della parte est, della strada n. 5 e del piazzale di carico-scarico della struttura commerciale. I primi due settori si unificano in un pozzetto posto all'incrocio tra le strade n. 2 e 3.

Tutte le acque raccolte nella suddetta parte di rete vengono poi laminate e scaricate lentamente nel canale tombinato del Consorzio di Bonifica Burana che attraversa il comparto in senso nord-sud.

Lungo il percorso dei suddetti collettori principali si innestano tutti gli altri tratti di rete a servizio delle varie aree private impermeabilizzate.

La pendenza dei condotti è generalmente pari allo 0,3 %, ad esclusione della parte di rete a servizio del settore ovest della zona residenziale, dove è lo 0,2%.

2.2 – Sistemi e materiali costruttivi

I collettori fognari, che hanno un diametro massimo di 500 mm, sono realizzati tutti con tubazioni rigide in PVC tipo SN8, (8 KN/m²), a norma UNI EN 1401 con marchio di conformità IIP, con giunto a bicchiere ed anello di tenuta elastomerico.

I condotti vengono posati su sottofondo, con rinfiacco e copertura in sabbia lavata di spessore minimo pari a 20 cm se l'estradosso è ad oltre 1,00 m dal piano di campagna e con bauletto in cls. in caso contrario, di spessore minimo pari a 15 cm.

La raccolta delle acque superficiali viene effettuata con le caditoie in ghisa sferoidale di classe 400 e con pozzetti sifonati in c.a. di 50x50 cm. Le caditoie, poste ai lati della sede stradale, vengono collegate ai collettori fognari per mezzo di tubi in PVC Φ 160 serie SN4, protetti da un bauletto in cls di spessore pari a 10 cm. L'immissione nel collettore dei tubi provenienti dalle caditoie avviene in modo diretto, utilizzando pezzi speciali quali braghe, selle, ecc..

Nei punti singolari del tracciato (cambi di direzione, intersezioni e modifica diametri) e comunque ad una distanza reciproca di non oltre 40 m, salvo rare eccezioni in cui si supera leggermente tale limite, sono previsti pozzetti o camerette di visita costituiti da manufatti in c.a. prefabbricati idonei al traffico pesante, con gradini alla "marinara" in relazione alla profondità di scorrimento della fogna, spazio di manovra e boccaporto di chiusura carrabile in ghisa sferoidale.

I pozzetti di ispezione e di raccordo, in c.a., hanno dimensioni minime interne di 70x70 cm, con chiusini in ghisa sferoidale di classe 400.

I pozzetti sono posati su una platea in calcestruzzo dello spessore minimo di 15 cm; il fondo è sagomato per evitare ristagni e depositi di materiale. Internamente sono trattati con due mani di resina epossidica a due componenti.

Il chiusino di ghisa sferoidale presenta caratteristiche non inferiori al tipo EN-GJS-500-7 della norma UNI EN 1563, con telaio quadrato (dimensione minima 850x850 mm) o circolare e con coperchio non minore di 60 cm di diametro,

dotato di bloccaggio di sicurezza in posizione di apertura con angolo di almeno 100° e con superficie antisdrucchiolo. Il telaio è fornito di una guarnizione in elastomero antirumore ed antibasculamento.

Il chiusino è idoneo a supportare un carico stradale di prima categoria (D400 della norma EN 124) ed è saldamente ancorato all'ultimo elemento prefabbricato del pozzetto a mezzo di soletta di collegamento in cls. Sul coperchio vengono riportate le seguenti diciture:

- n. della norma "UNI EN 124";
- la classe "D400";
- nome e marchio del fabbricante e luogo di produzione, anche in codice;
- il marchio dell'ente certificatore;
- la dicitura "FOGNATURA BIANCA", o almeno "FOGNATURA".

Nella realizzazione della rete si farà ricorso a tutti gli accorgimenti tecnici necessari per garantirne la tenuta, utilizzando, a seconda dei casi, anelli di tenuta o cordoncini di bentonite per i giunti tra tubi e pozzetti.

2.3 – Dimensionamento dei collettori

Il calcolo delle portate connesse alla raccolta delle acque meteoriche è stato effettuato in riferimento ad una intensità delle precipitazioni pari a **210 l/sec*ha**, valore corrispondente ad una pioggia critica di **75,6 mm**, mentre per il coefficiente di afflusso si è adottato un valore 1.

In riferimento alla superficie impermeabilizzata del comparto (**S_i**), si è pertanto ottenuta la seguente portata per i tratti terminali a valle della rete di raccolta:

ZONA NORD

$$Q_{N1} = S_{N1i} * 210 \text{ l/s*ha} = 0,289 \text{ ha} * 210 \text{ l/s*ha} = 60,7 \text{ l/s}; \quad [1]$$

$$Q_{N2} = S_{N2i} * 210 \text{ l/s*ha} = 0,340 \text{ ha} * 210 \text{ l/s*ha} = 71,4 \text{ l/s};$$

ZONA SUD

$$Q_{S1} = S_{N1i} * 210 \text{ l/s*ha} = 0,634 \text{ ha} * 210 \text{ l/s*ha} = 133,1 \text{ l/s}; \quad [1]$$

$$Q_{S2} = S_{N2i} * 210 \text{ l/s*ha} = 0,755 \text{ ha} * 210 \text{ l/s*ha} = 158,6 \text{ l/s};$$

$$Q_{S3} = S_{N2i} * 210 \text{ l/s*ha} = 0,683 \text{ ha} * 210 \text{ l/s*ha} = 143,4 \text{ l/s};$$

Per definire le sezioni dei condotti da utilizzare nei vari tratti che compongono la rete si è utilizzata la formula di Chézy:

$$Q = S_i * \chi * \sqrt{(R * i)} ;$$

dove:

Q=portata massima (l/s);

S_i=sezione di deflusso del condotto (m²);

χ=parametro di resistenza al moto;

R=raggio idraulico (m) = S/P con P=contorno bagnato;

i=pendenza del condotto (m/m).

Per la determinazione di χ per i condotti circolari si è utilizzata la formula Gauckler e Strickler:

$$\chi = K \cdot R^{1/6},$$

con K=Coefficiente di scabrezza (assunto pari a 120 per il PVC).

Applicando tali formule ai condotti dei tratti terminali dei vari segmenti che compongono la rete di progetto ⁽¹⁾, si sono ottenuti i seguenti risultati:

Rete acque bianche - Calcoli idraulici

Segmento	Sup. imp. (ha)	P (l/s)	Tubo (mm)	i (%)	Q tubo b.p. (l/s)	P/Q (%)	Tirante (h/D)	V (m/s)
N1	0,289	60,7	Φ 315	0,3	94,1	64,5	0,61	1,28
N2	0,340	71,4	Φ 315	0,4	108,7	65,7	0,59	1,49
S1	0,634	133,1	Φ 500	0,2	263,4	50,5	0,50	1,35
S2	0,755	158,6	Φ 500	0,3	322,6	49,2	0,50	1,64
S3	0,683	143,4	Φ 500	0,3	322,6	44,5	0,47	1,59

Come già riportato nel precedente paragrafo, solo i primi due segmenti (N1 e N2) scaricano le proprie acque nella rete fognaria mista esistente, per una superficie totale pari a 0,629 ha, a fronte dei 0,909 ha attuali, con una riduzione del 30,8%, superiore al 20% indicato dall'ente gestore Hera SpA.

Le acque raccolte negli altri tre segmenti (S1, S2 e S3) vengono laminate e, successivamente scaricate lentamente nel canale del Consorzio di Bonifica Burana che attraversa il comparto.

⁽¹⁾ Per quanto concerne i segmenti S1 e S3 in realtà i tratti terminali, come descritto nel successivo paragrafo, sono costituiti da scatolari di 2,50x2,00 m inseriti per la laminazione.

3 – LAMINAZIONE

3.1 – Calcolo del volume

Per garantire l'invarianza idraulica nella parte di territorio su cui insiste il nuovo comparto, attualmente impermeabilizzato solo per il settore nord dove insiste l'ex salumificio Maletti, è prevista la laminazione delle acque meteoriche raccolte nelle nuove aree insediate a sud (residenziali) eccedenti la portata massima scaricabile nel canale di scolo che lo attraversa, pari a 20 l/s*ha, come da indicazione del Consorzio di Bonifica Burana.

Il volume totale di acqua da invasare è stato calcolato utilizzando il parametro di 500 m³/ha, applicato alle sole aree impermeabilizzate lorde, cioè quelle ottenute computando anche tutte le piccole aree verdi intercluse, quali le aiuole stradali.

Oltre a quella relativa alle nuove urbanizzazioni a sud (area residenziale), la superficie totale impermeabilizzata per la quale è stato effettuato il calcolo del volume da laminare comprende anche la quota parte di quelle attuali le cui acque non vengono più convogliate nel sistema fognario esistente.

La superficie impermeabilizzata lorda complessiva ammonta pertanto a 2,071 ha, cui corrisponde un totale di 1.036 m³ di acqua da laminare.

3.2 – Descrizione dell'intervento

Tenuto conto del disegno del comparto e della posizione del recapito finale delle acque raccolte si è effettuata la scelta progettuale di ottenere il volume necessario per la laminazione sostituendo i condotti (Φ 500) dei tratti terminali dei segmenti della parte sud della rete di fognatura bianca con scatolari di opportuna sezione.

In particolare, tenuto conto delle sezioni stradali disponibili e della collocazione di tutte le altre reti interrati, tale soluzione è stata introdotta solo per i segmenti S1 ed S3, dividendo la laminazione in due sistemi separati: uno a servizio della parte ovest e centrale della zona residenziale, il secondo per quella ad est verso la ferrovia.

Nel primo caso, per ottenere il volume necessario, dato dalla somma dei contributi dei segmenti S1 e S2, si è dovuto prevedere un prolungamento degli scatolari anche ad ovest della strada n. 4, all'interno dell'area a verde.

Il volume corrispondente ai due sistemi è il seguente:

$$V1 \text{ (richiesto)} = 1,388 \text{ ha} * 500 \text{ m}^3/\text{ha} = 694 \text{ m}^3;$$

$$V2 \text{ (richiesto)} = 0,683 \text{ ha} * 500 \text{ m}^3/\text{ha} = 342 \text{ m}^3.$$

Per disporre di tali volumi si sono adottati scatolari di 2,50x2,00 m per le parti posate nell'area verde ed al di sotto del tronco della strada n. 3 che si sviluppa al confine sud del comparto e 2,00x1,50 nel primo tratto dello stesso asse parallelo alla ferrovia ottenendo il seguente risultato:

$$V1 \text{ (disponibile)} = 667 \text{ m}^3 \text{ (scatolari)} + 46 \text{ m}^3 \text{ (tubi)} = 713 \text{ m}^3;$$

$$V2 \text{ (disponibile)} = 329 \text{ m}^3 \text{ (scatolari)} + 26 \text{ m}^3 \text{ (tubi)} = 355 \text{ m}^3.$$

3.3 – Dimensionamento dei condotti di scarico

Il dimensionamento dei condotti di scarico non è stato effettuato in riferimento all'intera superficie laminata, ma tenendo conto solo delle aree trasformate da agricole ad urbanizzate; pertanto per i due sistemi si sono ottenute le seguenti portate massime:

$$P1 = 1,388 \text{ ha} * 20 \text{ l/s*ha} = 27,8 \text{ l/s};$$

$$P2 = 0,420 \text{ ha} * 20 \text{ l/s*ha} = 8,4 \text{ l/s}$$

Per determinare il diametro dei condotti da utilizzare si è calcolata innanzitutto l'area della sezione di scarico con la seguente formula, valida per gli scarichi di fondo:

$$Q = 0,5 * A * \sqrt{2 * g * h} ;$$

dove:

Q=portata uscente (m³/s);

A=area della bocca di efflusso (m²);

g=accelerazione di gravità (m/s²);

h=carico idrico (m).

Applicando la formula ai due sistemi di laminazione (h₁=2,03 m e h₂=1,96 m) si ricava A₁=8.800 mm² e A₂=2.700 mm², cui corrispondono rispettivamente diametri di circa 106 mm e 59 mm.

Per il sistema est si è pertanto utilizzato un condotto in PVC SN8 Φ 110, cui corrisponde un diametro interno di 103,6 mm; mentre per quello ovest si è ritenuto opportuno non scendere al di sotto di un Φ 80



COMUNE DI FORMIGINE
PROVINCIA DI MODENA

PRIMO PIANO OPERATIVO COMUNALE
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

~~POC a valore di PUA~~
art. 30, comma 4 - L.R. 20/2000

AMBITO PSC: "ANS-B1.3"

AMBITO POC: "D"

COMPARTO: AREA BONOLLO - COOP ESTENSE

PROPRIETA'

Distillerie Bonollo S.p.A.

Via Mosca, 5
41043 Formigine (MO)
P.IVA / C.F. 00155960362

Coop Estense S.C.

Viale Virgilio, 20
41123 Modena
P.IVA / C.F. 00162660369

CONSULENZA TECNICA

Dott. Geol. Valeriano Franchi

Via Caduti in Guerra, 1
41100 MODENA
Tel 059/226540
Fax 059/4398943
e-mail: valerianofranchi@tin.it

COORDINAMENTO

INRES

**Istituto Nazionale
Consulenza Progettazione Ingegneria**
Società Cooperativa
50019 Sesto Fiorentino (FI) – Via Tevere, 60
Telefono 055 33671 – Fax 055 3367333
C.F. e P. IVA 00515250488
E-mail: inres@inres.coop.it
Ing. Fortunato Della Guerra
Iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Firenze
al numero 5361

ELABORATO

**RELAZIONE GEOLOGICA
E SISMICA**

DATA

**Luglio
2014**

B-R.01

Indice

PREMESSA	4
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
1.1. Inquadramento geografico	5
1.2. Inquadramento geologico	6
1.3. Inquadramento geomorfologico.....	10
1.4. Idrografia superficiale ed esondabilità.....	11
1.5. Idrogeologia.....	12
1.6. Sismicità	13
2. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO	14
2.1. Descrizione dell'intervento.....	14
2.2. Indagine geognostica	14
2.2.1. Prove penetrometriche statiche.....	15
2.2.2. Prospezione sismica.....	19
2.2.3. Valutazione dei fattori di amplificazione.....	24
2.2.4. Suscettibilità di liquefazione	26
3. AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA CON ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	27
3.1. Profili stratigrafico e di Vs.....	27
3.1.1. Selezione degli accelerogrammi di input.....	29
4. CONCLUSIONI.....	51

Allegati:

Allegato 1 - Stratigrafia Pozzo

Allegato 2 - Tabulati Prove Penetrometriche Statiche

PREMESSA

Su incarico di COOP Estense e d'intesa con il progettista, si è provveduto alla stesura della presente relazione geologica e sismica a supporto del progetto di POC a valenza di PUA per l'ambito di PSC ANS-B1.3, Ambito POC "D", Comparto "area Bonollo - Coop Estense", situato tra via Mosca e via Giardini a Formigine.

Scopo dello studio è stato quello di verificare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dei terreni presenti nell'area in oggetto, in modo tale da raccogliere i dati necessari per valutare la fattibilità del progetto ed individuare le modalità di realizzazione dello stesso.

Tali aspetti geologici e sismici sono stati sviluppati avendo a riferimento il seguente quadro legislativo e pianificatorio:

- D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e le rocce,..." e successiva Circolare LL.PP. 24 settembre 1988, n° 30483 "Norme tecniche per terreni e fondazioni - istruzioni applicative" e "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 14 settembre 2005, S.O. n.159 alla G.U. n.222 del 23/09/2005);
- Circ. RER n.1288 del 11/03/1983 "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre per i piani urbanistici";
- Delibera della Giunta Regionale n. 1677 del 24 ottobre 2005 e l'Allegato A recante "prime indicazioni applicative in merito al decreto ministeriale 14 settembre 2005 (...) recante 'norme tecniche per le costruzioni' ed, in particolare, il punto 6 "Pianificazione territoriale ed urbanistica";
- Deliberazione dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia Romagna n°112 del 2 maggio 2007, Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1 della L.R. 20/2000 per "indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";
- La L.R. 30/10/2008 n. 19 Norme per la Riduzione del Rischio sismico;
- gli strumenti di pianificazione regionali e provinciali vigenti e, in particolare, la Variante Generale al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) della Provincia di Modena approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale del 18 marzo 2009

Nel mese di febbraio 2014 è stato eseguito un sopralluogo sull'area al fine di verificarne l'idoneità geologica e geomorfologica e predisporre un'apposita campagna d'indagini geognostiche per la caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica e sismica del sottosuolo.

La campagna d'indagini ha visto l'esecuzione di:

- n. 3 prove penetrometriche statiche per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica del sottosuolo;
- n 1 stendimento sismico per la determinazione, attraverso tecnica MASW, delle V_{s30} e della categoria di terreno di fondazione.

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

1.1. Inquadramento geografico

L'area in esame si colloca in Via Mosca, nella periferia settentrionale del centro abitato di Formigine, in provincia di Modena (Fig. 1).

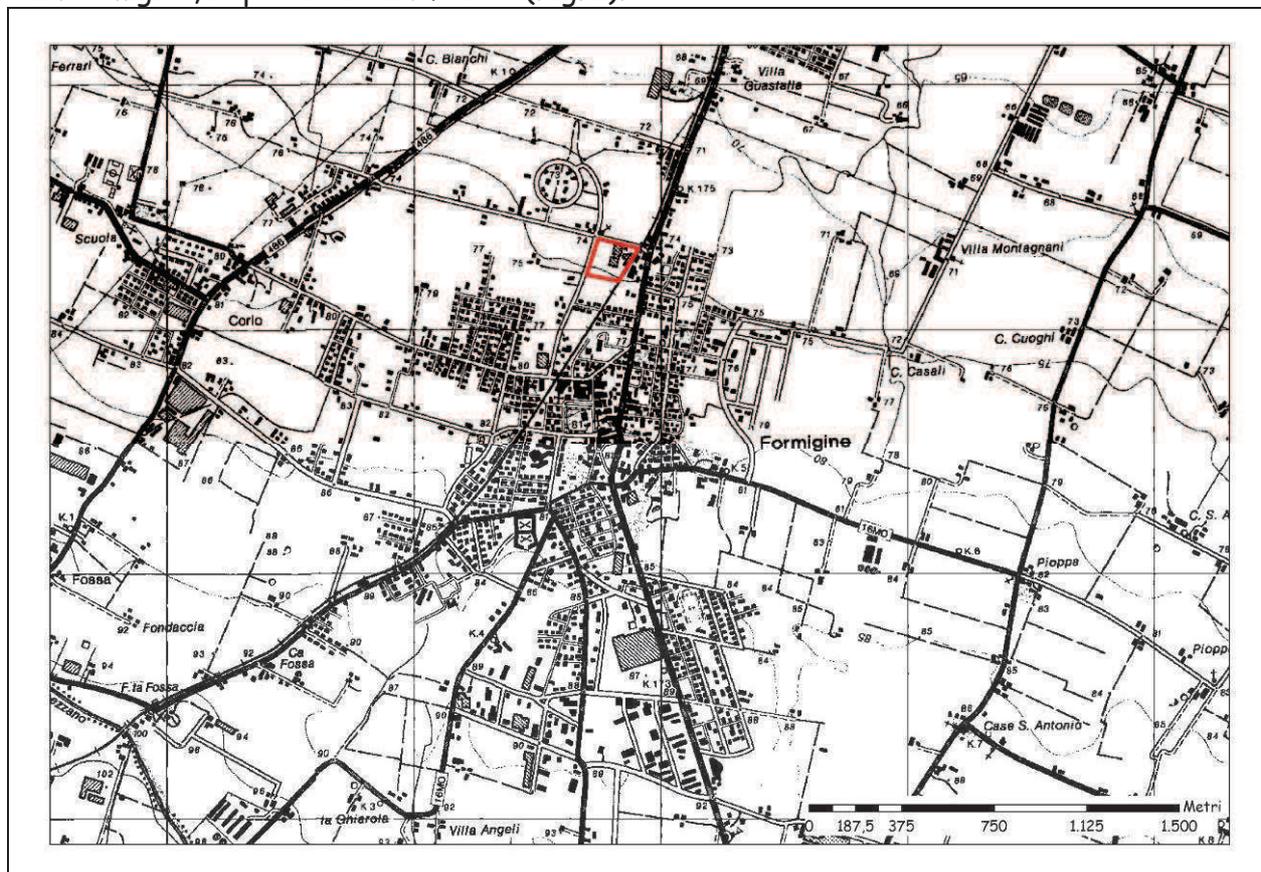


Fig. 1 - COROGRAFIA - Carta topografica R.E.R. Tavola 219 NE "Formigine"

La zona nella quale ricade l'area d'indagine, è caratterizzata da una debole inclinazione verso nord-est, con quote mediamente intorno ai 74,0 m s.l.m..

La cartografia di riferimento è di seguito riportata:

- Carta topografica 1:25.000 della R.E.R. - Tavola 219 NE "Formigine" (Fig. 1);
- C.T.R. 1: 10.000 della R.E.R. - Sezione n. 219030 "Formigine";
- C.T.R. 1:5.000 della R.E.R. - Elementi n. 219033 e 219034 (Fig. 2).

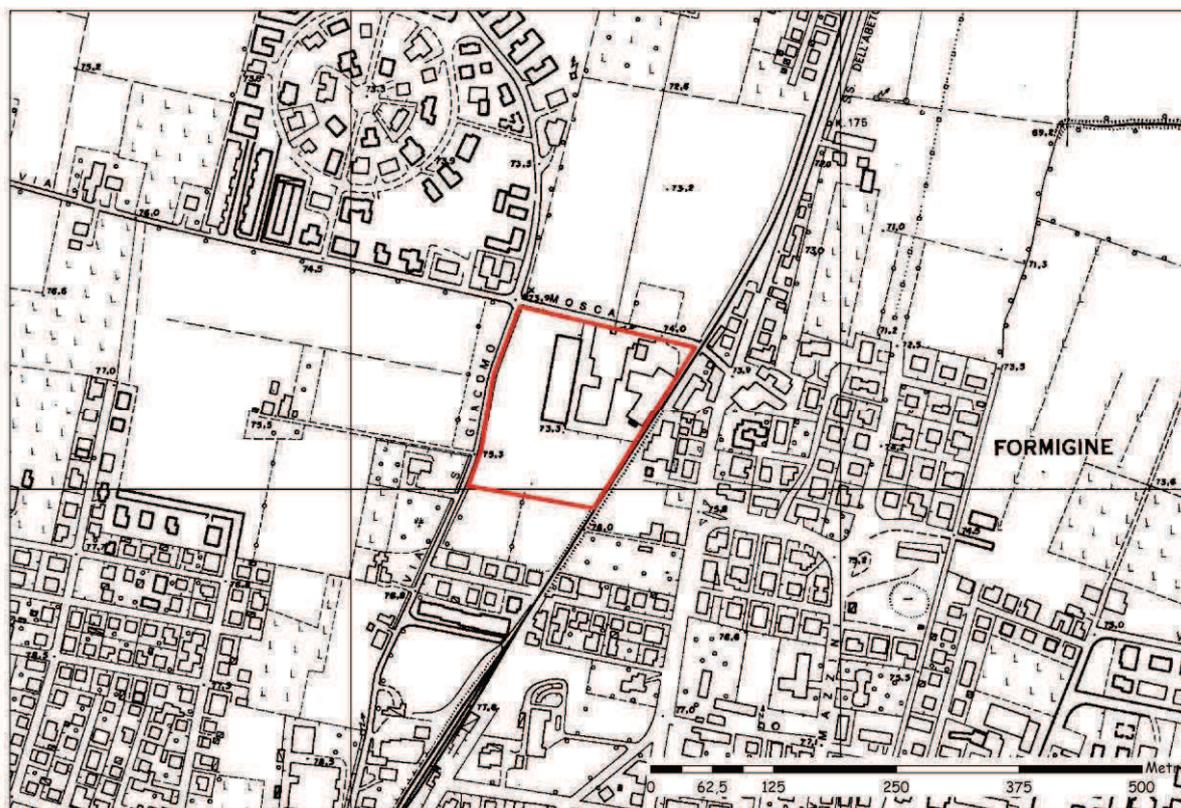


Fig. 2 - UBICAZIONE AREA DEL POC - C.T.R. della R.E.R. Elemento n. 219030 "Formigine"

1.2. Inquadramento geologico

L'area in studio appartiene all'alta pianura modenese e ricade, da un punto di vista geologico, nella parte centro-meridionale del grande bacino subsidente plio-quadernario Padano. In particolare si colloca in un settore deposizionalmente influenzato dalle alluvioni quaternarie e oloceniche del Fiume Secchia e di vari torrenti appenninici minori, tra i quali si ricordano il torrente Tiepido, il T. Cerca, il T. Taglio e la Fossa di Spezzano. Tali alluvioni hanno generato depositi a granulometria assai variabile, sia in senso areale che verticale, con prevalenza di clasti grossolani in prossimità del corso del Fiume Secchia e dei tracciati, sia attuali che passati, dello stesso fiume e di alcuni corsi d'acqua minori quali il T. Tiepido.

Le granulometrie osservabili divengono mediamente più fini, da sud verso nord, con una netta prevalenza di depositi limosi, nella parte centro-settentrionale del territorio comunale.

In figura 3 si riporta un estratto della "Carta geologica della pianura dell'Emilia-Romagna", desunta dallo studio eseguito sui territori della pianura da parte della Regione Emilia-Romagna; da tale cartografia risulta evidente come la litologia superficiale dell'area in esame e, più in generale, di gran parte del territorio comunale di Formigine, sia prevalentemente dominata da litotipi fini quali limi e limi argillosi. Ghiaie e sabbie

superficiali si incontrano procedendo verso il confine occidentale del territorio comunale, in prossimità dei depositi di conoide del Fiume Secchia.

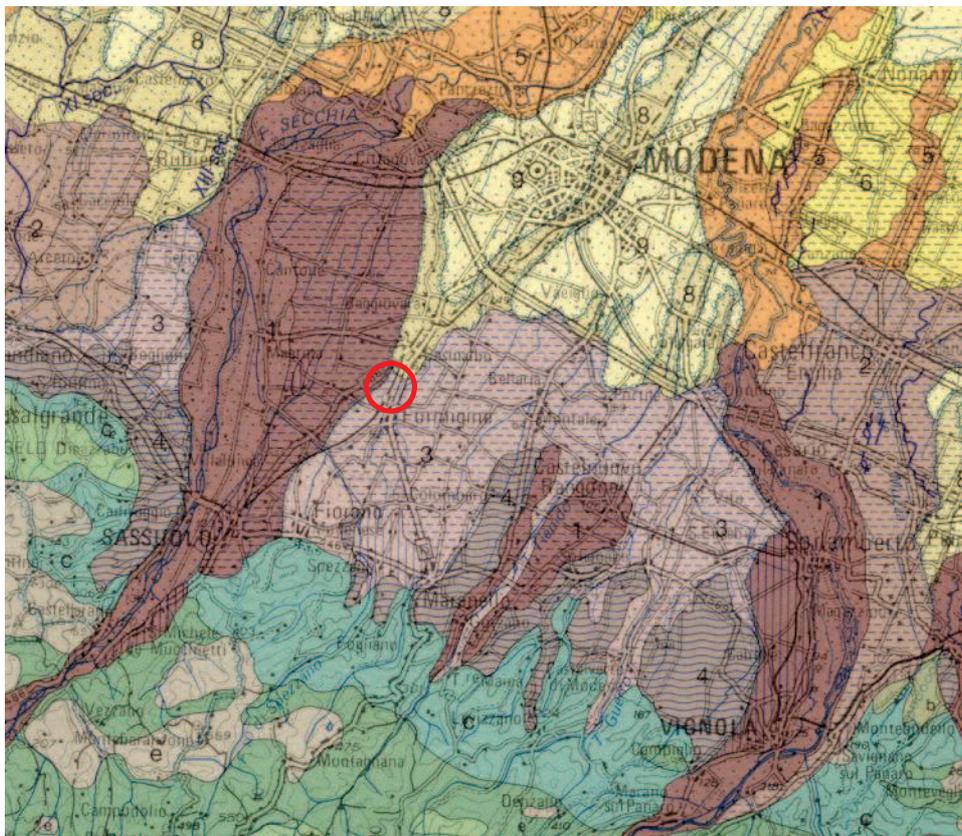


Fig. 3 - CARTA GEOLOGICA DELLA PIANURA DELL'EMILIA ROMAGNA

Legenda: 1) Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione. 3) limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari. Depositi di conoide e di terrazzo. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.

Lo spessore della coltre alluvionale recente oscilla generalmente attorno ai 100 m; il primissimo orizzonte caratterizzato dalla presenza di acque salmastre, per quanto discontinuo, si colloca ad una profondità di circa 85 m.

Tali depositi, di età compresa tra il Pleistocene medio e l'Olocene, ricoprono un substrato datato Pliocene-Pleistocene inferiore, costituito da formazioni marine prevalentemente argillose, affioranti più a sud, lungo il margine appenninico e a luoghi lungo l'alveo del fiume Secchia, nei Comuni di Sassuolo, Fiorano e Maranello.

Nel territorio comunale di Formigine, il substrato marino vero e proprio - rappresentato dalle formazioni ad Argille Azzurre Plio-Pleistoceniche, affioranti lungo il margine collinare - si rinviene a profondità variabili; la base del Pliocene si situa ad una profondità che varia da circa 1800 m (a sud del capoluogo) a 1000 m (a nord dell'abitato), come si può osservare nella carta della base del Pliocene in Fig. 4.

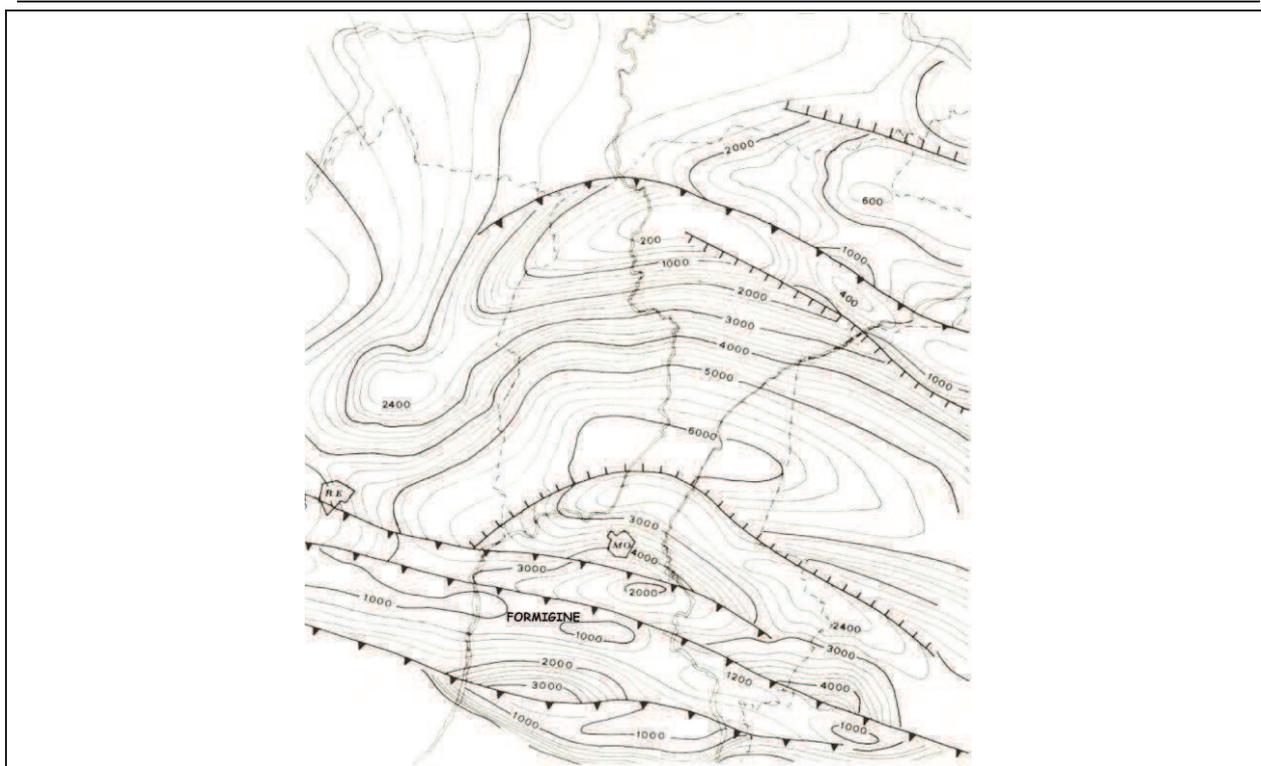


Fig. 4 - Carta delle isobate della base del Pliocene - M. PELLEGRINI, A. COLOMBETTI & A. ZAVATTI
Idrogeologia profonda della pianura modenese - Quaderni dell'istituto di ricerca sulle acque - CNR

L'area d'interesse si trova quindi all'estremità meridionale della zona delle pieghe pedeappenniniche, vergenti verso Nord - Nord/Est ed associate a faglie inverse variamente inclinate, in prossimità dei primi, modesti rilievi dell'Appennino propriamente detto. Questi lineamenti tettonici sembrano interessare anche i livelli più profondi della copertura alluvionale.

Le caratteristiche litologiche superficiali dell'area d'indagine, riportate in Fig. 5, fanno riferimento alla "Carta della litologia di superficie", a cura dell'Istituto di Geologia dell'Università di Modena: come si può notare l'area risulta caratterizzata dalla presenza, negli strati più superficiali, di terreni a granulometria fine, limi e limi argillosi prevalenti. Un quadro pressoché confermato dall'esame di numerosi dati geognostici (essenzialmente prove penetrometriche) che hanno portato alla rielaborazione della carta litologica di superficie in occasione del QC del PSC di Formigine (Fig. 6).

I litotipi presenti sono costituiti da un insieme di orizzonti lentiformi che sfumano più o meno gradualmente tra loro e che evidenziano una distribuzione non omogenea, ma legata alle passate evoluzioni idrografiche dei corsi d'acqua che hanno generato il territorio.

Osservando il territorio nel suo insieme, si riscontra che i litotipi maggiormente rappresentativi sono quelli a granulometria media, limosa e limo-sabbiosa, diffusamente rappresentati nella parte centrale del territorio comunale.

Lungo le aste dei corsi d'acqua, compresi gli alvei relitti, possiamo osservare litologie più grossolane; i materiali ghiaiosi, abbondanti nelle aree di conoide del F. Secchia ed all'apice delle conoidi dei corsi d'acqua minori, cedono gradualmente il passo a depositi sabbiosi e limosi procedendo verso nord e, più in generale, addentrandosi nelle aree di infraconoide.

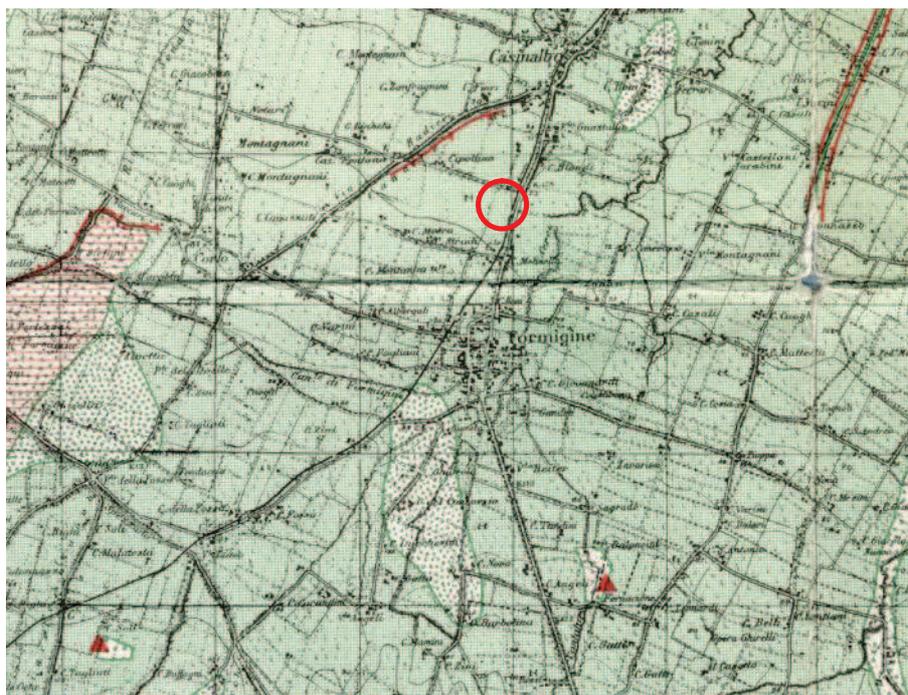


Fig. 5 - Carta della litologia di superficie della pianura Modenese - 1:50.000 - P. Fazzini, G. Gasperi & R. Gelmini

Legenda: in puntinato verde, fine, limi e terreni prevalentemente limosi; in puntinato verde grossolano, sabbie e terreni prevalentemente sabbiosi; in tratteggio rosso, terreni prevalentemente ghiaiosi

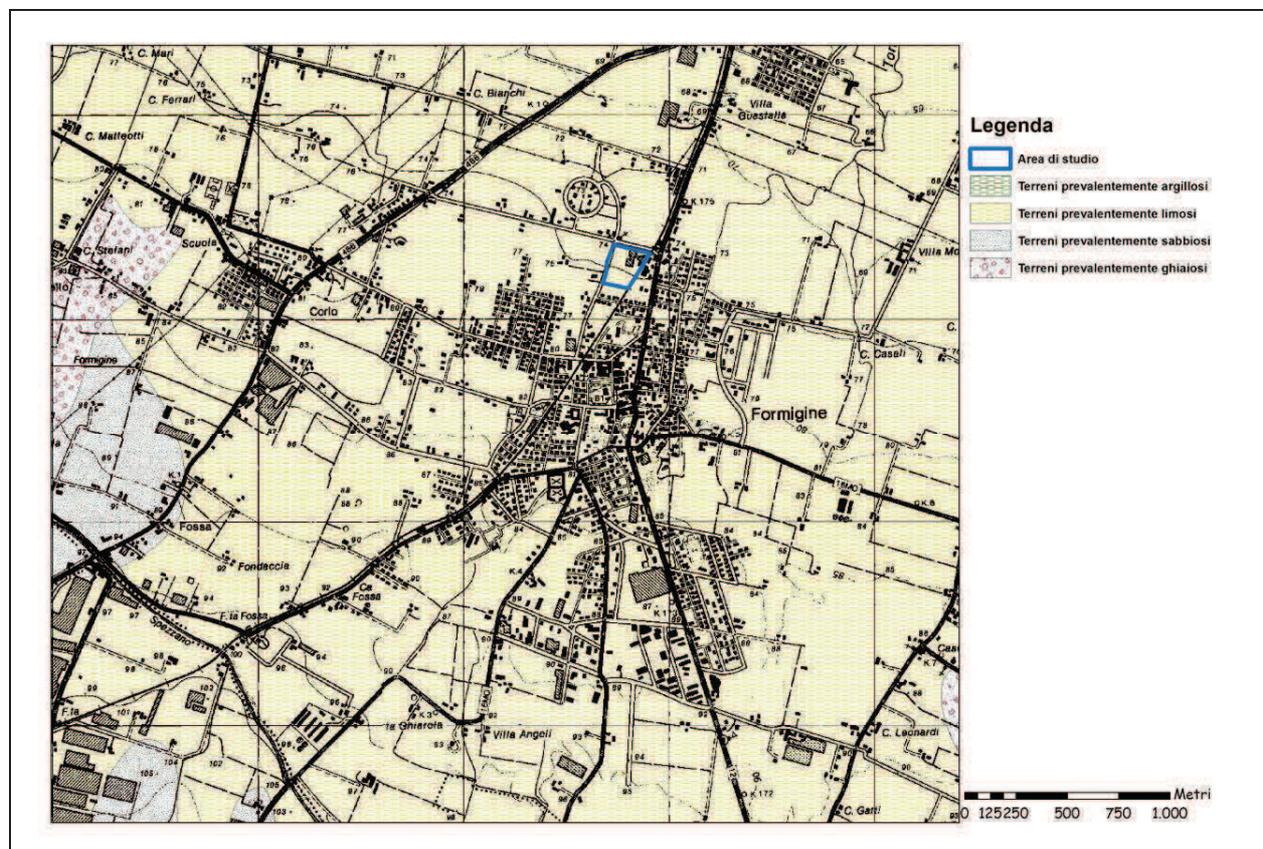


Fig. 6 - ESTRATTO DALLA CARTA DELLA LITOLOGIA SUPERFICIALE (Tav. B.1 - Sistema Naturale e Ambientale) - QC del PSC di Formigine, 2006

I depositi ghiaiosi e sabbiosi citati si sviluppano lungo estese superfici nastriformi, in particolare ai margini orientale ed occidentale del territorio comunale. La parte centrale del comune, come detto, mostra prevalenti depositi limosi.

E' interessante notare che i depositi prettamente argillosi, almeno all'interno dei confini del territorio comunale, sono poco frequenti, a testimoniare l'energia ancora abbastanza forte che caratterizza (o ha caratterizzato) questi ambienti deposizionali; un fatto prevedibile, vista l'acclività elevata dell'area dell'alta pianura.

1.3. Inquadramento geomorfologico

La caratterizzazione geomorfologica del territorio è stata ottenuta attraverso l'analisi dei dati reperiti dalla consultazione di fonti bibliografiche, oltre che dall'osservazione di foto aeree e dal rilevamento sul terreno.

Tutte le forme del paesaggio, essenzialmente naturali, riconosciute nella porzione di territorio comprendente l'area in esame, sono rappresentate nell'estratto della carta della "Geomorfologia" (Tav. 1.2 - Sistema Naturale e Ambientale del QC del PSC di Formigine) (fig. 7).

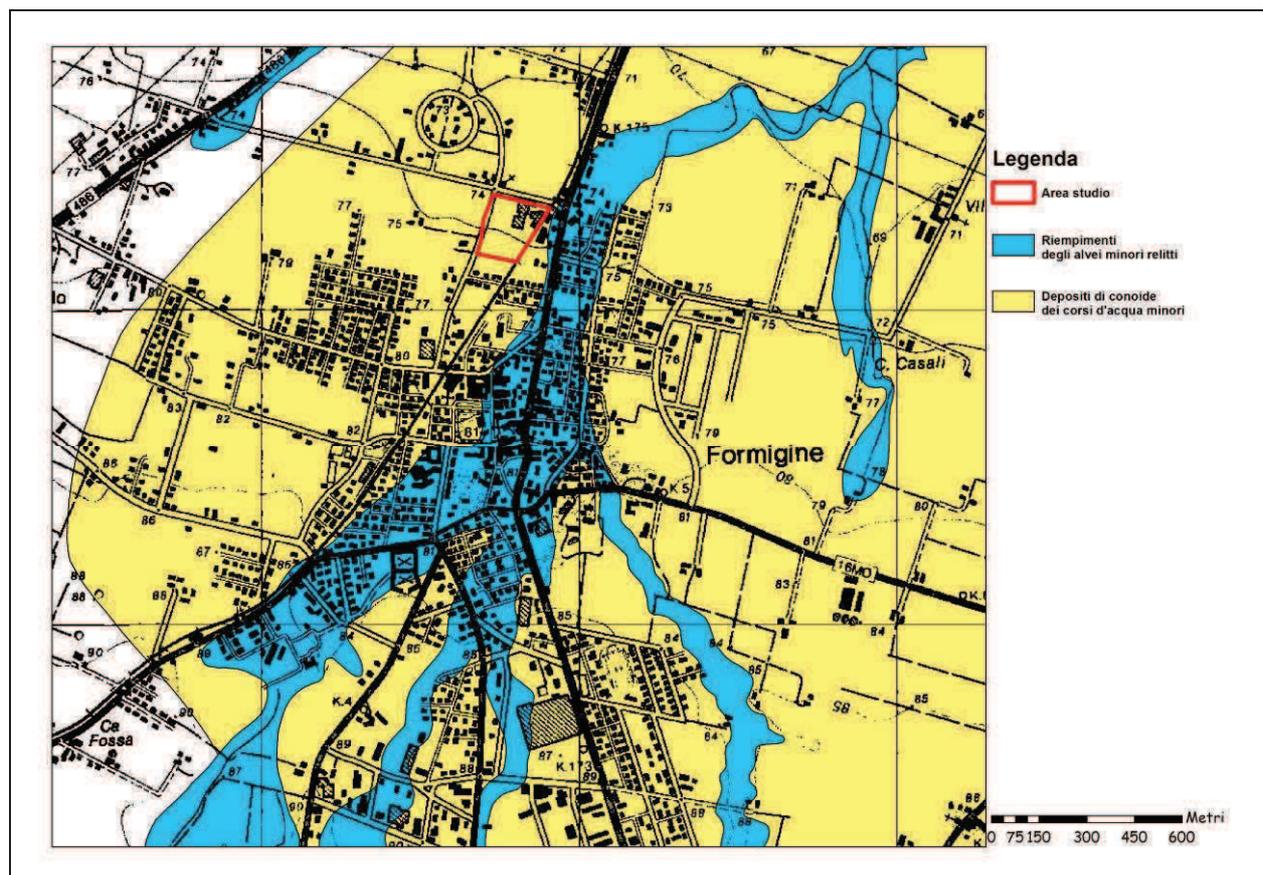


Fig. 7 - ESTRATTO DALLA CARTA DELLA GEOMORFOLOGIA (Tav. 1.2 - Sistema Naturale e Ambientale) - QC del PSC di Formigine, 2006

In particolare risulta evidente la presenza di un sistema deposizionale di conoidi fluviali coalescenti, legato all'azione dei corsi d'acqua tra cui, principalmente, il T. Cerca e la Fossa di Spezzano; tale sistema è caratterizzato dalla presenza di paleodossi e paleoalvei legati al divagare dei corsi d'acqua. Gli alvei relitti occupano le modeste depressioni un tempo sede di deflusso superficiale importante, rendendo più evidenti gli antichi tracciati delle aste considerate.

Da un punto di vista altimetrico il territorio comunale di Formigine è compreso tra quote massime di circa 105 - 107 m s.l.m. nell'area meridionale, nei dintorni di Ubersetto e poco a sud di Colombaro, e minime attorno ai 53 - 54 m s.l.m. nell'area più settentrionale del territorio, in particolare ad est di Casinalbo e a Nord di Tabina.

Questo settore di pianura mostra un'inclinazione da SSO verso NNE; l'acclività del territorio è relativamente uniforme, e si attesta su valori di circa il 2 - 3 %. Le variabilità locali, generalmente modeste, derivano di solito da forme quali corsi d'acqua ed alvei relitti.

1.4. Idrografia superficiale ed esondabilità

Il territorio comunale di Formigine, come precedentemente discusso, occupa il margine superiore dell'alta pianura modenese; in questo contesto, i corsi d'acqua si trovano al loro sbocco in pianura e producono ampie conoidi (che occupano gran parte dei terreni in esame). Gli alvei, in particolare per il F. Secchia e per il T. Tiepido, sono costituiti da canali anastomizzati, caratterizzati da un consistente spessore di alluvioni grossolane.

I corsi d'acqua minori, per contro, hanno andamento rettilineo (nei casi in cui siano stati pesantemente alterati dall'attività dell'uomo) o blandamente meandriforme; il loro carico solido, modesto rispetto a quello trasportato dai corsi d'acqua maggiori, è costituito soprattutto da sabbie e frazioni fini. Anch'essi, come detto, producono apparati di conoide, ma di dimensioni decisamente modeste.

Nel territorio comunale di Formigine le arginature non sono particolarmente diffuse; le uniche degne di nota sono date dai lembi delle opere realizzate nel passato lungo il F. Secchia; come già sottolineato, l'approfondimento dell'alveo dovuto all'estrazione di inerti ha fatto perdere a questi modesti elementi qualsiasi funzione.

Le indagini relative ai terreni ed alla geomorfologia dell'area condotte nel passato dimostrano chiaramente che, in linea di massima, il territorio del comune non è sede di deposizioni importanti di sedimenti già da almeno 2000 anni, almeno a giudicare dalla quantità di materiale archeologico sub-affiorante o sepolto a modestissima profondità. Questo fatto indica chiaramente che questo settore della pianura ha ormai poca probabilità di essere interessato da eventi alluvionali importanti; in effetti, negli ultimi 100 - 150 anni non sono stati attuati interventi di rilievo sulla rete idrografica, probabilmente in conseguenza delle scarse condizioni di rischio esistenti: l'unica eccezione è costituita, come detto, dalle limitate opere volte a contenere i corsi d'acqua maggiori (in particolare il F. Secchia).

Riguardo agli interventi antichi (quali la deviazione del T. Taglio e della Fossa di

spezzano), occorre ricordare che si è trattato di opere volte ad alleggerire il carico idraulico gravante sull'abitato di Modena e sui suoi canali; la minaccia diretta che i corsi d'acqua interessati potevano costituire per il territorio di Formigine era abbastanza modesta anche nel passato.

Il reticolo idrografico che interessa l'area di studio è riconducibile al bacino scolante, facente capo al Canale Naviglio: a questo sottobacino, afferente le proprie acque al Fiume Panaro a nord di Modena, appartiene una parte importante del territorio comunale, attraversata, da ovest verso est, dal Canale di Marzaglia, dai Canali di Corlo e Formigine e dal Torrente Cerca (assieme allo Scolo Fugone).

In particolare, l'area di POC-PUA è ubicata, mediamente, circa 70 m ad ovest dal margine sinistro del Canale di Formigine che, in questo tratto, risulta tombato. Modellato dall'attività antropica in tutto il suo corso, ha avuto, insieme al Canale di Corlo, una preminente funzione irrigua. Allo stato attuale, il canale e le sue diramazioni assolvono anche all'importante funzione di raccogliere le acque di scolo del capoluogo e non vi sono notizie che possano indurre ad ipotizzare criticità idrauliche importanti.

1.5. Idrogeologia

La pianura modenese si sviluppa ai piedi dell'Appennino settentrionale, delimitata lateralmente dai fiumi Secchia e Panaro. L'apice si raccorda col solco vallivo intercollinare a quote comprese tra 120 e 150 metri, in cui affiorano le successioni argillose del ciclo plio-pleistocenico che, in pianura, rappresentano il substrato delle alluvioni pleistoceniche superiori ed oloceniche, sede dell'acquifero principale. Procedendo verso nord, fino all'altezza della via Emilia, il materiale più grossolano si intercala con sempre maggiore frequenza a peliti via, via più potenti, con una graduale transizione verso i sedimenti più fini.

Collocate fra le conoidi dei due corsi d'acqua principali, si individuano le conoidi della rete idrografica minore: torrente Fossa di Spezzano, torrente Tiepido, torrente Guerro, torrente Nizzola, torrente Grizzaga, con contenuti ridotti di ghiaie, intercalate da abbondanti matrici limose che condizionano sensibilmente la trasmissività dell'acquifero. La profondità del tetto delle ghiaie mostra un progressivo aumento procedendo dai corsi d'acqua principali verso la porzione centrale del territorio comunale ove, in corrispondenza dell'area d'indagine, raggiunge valori variabili da -4 a -5 metri.

L'area delle conoidi minori è caratterizzata dalla presenza di acquiferi di modesta entità e, a seguito della limitata circolazione idrica e dell'elevata pressione antropica generata da numerose fonti inquinanti sia diffuse che puntuali, presenta una scadente qualità delle acque.

Dall'esame della Tavola della Soggiacenza (Tav. 8.6 del QC del PSC di Formigine), emerge come, sul territorio comunale, la falda presenti una soggiacenza variabile, con valori massimi nella zona nord-occidentale (circa -36.0/-37.0 m a Magreta) e minimi nella zona sud-orientale (circa -6.0 m a Colombaro). Complessivamente, le isolinee presentano un andamento progressivamente crescente spostandosi da monte verso il capoluogo, con direzione di deflusso delle acque sotterranee orientata omogeneamente verso nord.

In corrispondenza dell'area di studio i valori della soggiacenza sono mediamente intorno ai -30 m dal p.c., progressivamente decrescenti procedendo verso nord, oltre il Capoluogo.

1.6.Sismicità

L'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

Nella tabella seguente viene riportato l'elenco dei sismi, con intensità maggiore di 4 MCS, che hanno interessato il territorio comunale di Formigine, reperiti dalla banca dati *online* dell'INGV (DBIM11). Dall'esame della stessa si può osservare che Formigine è stato interessato, in epoca storica, da sismi con intensità epicentrale massima (Io) pari a 6-7 MCS ed intensità sul sito (Is) massima di 6 MCS.

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
6	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
5	1929 04 20 01:09	Bolognese	109	7 5.34 ±0.13
5	1996 10 15 09:56	Correggio	135	7 5.41 ±0.09
4-5	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
4	1915 10 10 23:08	REGGIO EMILIA	30	6 5.02 ±0.22
4	1929 04 19 04:15	Bolognese	82	
4	1929 04 22 08:25	Bolognese	41	
4	1929 05 11 19:22	Bolognese	64	
4	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6 4.66 ±0.12

Inoltre, la maggior parte dei terremoti che hanno caratterizzato la storia sismica del Capoluogo sono avvenuti in un areale piuttosto limitato, che va dal bolognese, ad ovest, al parmense, ad est.

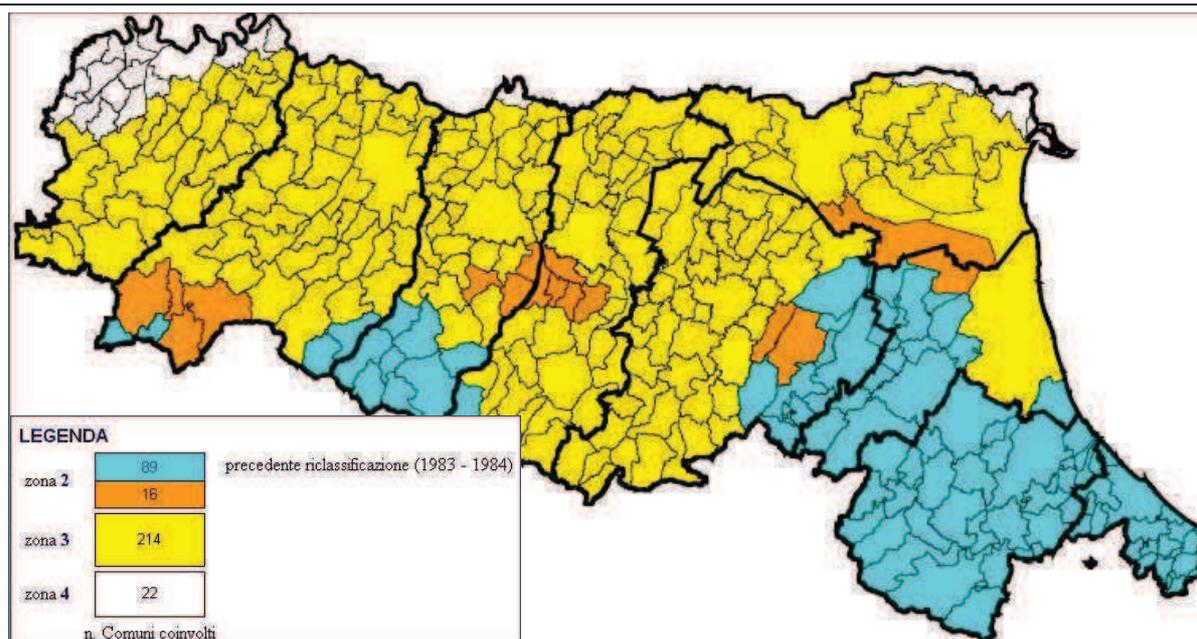


Fig. 8 - Classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia Romagna

La Regione Emilia-Romagna con Deliberazione della G.R. N. 1435/2003 del 21.07.2003 ha approvato una nuova classificazione sismica dei Comuni della Regione, operante dallo 08.05.2004.

Il territorio comunale di Formigine, viene classificato in **zona 2**, quindi a media sismicità.

2. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO

2.1. Descrizione dell'intervento

Il PUA in oggetto prevede il recupero di un'area, situata in Via Mosca presso il centro abitato di Formigine, attualmente occupata dagli edifici di produzione nonché dagli uffici di rappresentanza ed amministrativi della ditta Distillerie Bonollo S.p.a., che ha cessato gran parte dell'attività.

L'intervento prevede la completa demolizione degli edifici esistenti e la nuova edificazione del centro commerciale Coop, con relative aree di parcheggio a raso e sotterranee nonché un sottopassaggio ferroviario per la realizzazione di un collegamento viario con l'attuale area occupata dalla COOP e via Giardini.

2.2. Indagine geognostica

Nel mese di febbraio 2014 si è provveduto ad eseguire una campagna di indagini geognostiche sull'area in oggetto al fine valutare le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche del terreno, necessarie per una corretta interpretazione del sottosuolo, che sarà interessato dai futuri interventi edilizi.

La campagna geognostica ha previsto l'esecuzione delle seguenti indagini:

- n. 3 prove penetrometriche che sono state effettuate con infissione statica, spinte sino alla profondità massima di 5 m dal p.c.;
- n. 1 stendimento sismico della lunghezza di 46 metri, con determinazione delle onde S.

Le indagini eseguite hanno inoltre permesso una verifica della presenza di falde acquifere superficiali.

L'ubicazione delle indagini geognostiche è riportata in figura 9.

2.2.1. Prove penetrometriche statiche

Le prove penetrometriche, la cui ubicazione è riportata in figura 9, sono state eseguite utilizzando un penetrometro statico olandese Gouda da 10 tonnellate, automontato, impiegando per la perforazione una punta "Friction Jacket Cone", avente un'area di 10 cm² ed un angolo alla punta di 60°. Hanno raggiunto una profondità massima di circa 3 metri dal piano campagna. La prova eseguita, con le medesime caratteristiche tecniche, in occasione del QC del PSC di Formigine, ha raggiunto una profondità di circa 6 metri dal piano campagna.

L'interpretazione dei risultati viene eseguita distinguendo fra terreni granulari con prevalenza di sabbia, per i quali possono essere ricavati tramite questa prova, con correlazioni empiriche di vari autori, l'angolo d'attrito, la compressibilità drenata e la densità relativa, ed i terreni coesivi con prevalenza di argilla, per i quali è possibile valutare la resistenza al taglio non drenata, la compressibilità, la sensibilità ed il grado di sovraconsolidazione.

Nei tabulati di calcolo sono stati riportati, oltre ai valori misurati in sito ogni 20 cm d'avanzamento della punta, i valori, calcolati mediante elaborazione automatica, della *resistenza penetrometrica alla punta* R_p , espressi in kg/cm², i valori della *resistenza laterale locale* R_L , sempre espressi in kg/cm², nonché i valori del *rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale* R_p / R_L .



Fig. 9 - UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Legenda: 219030_1; 219030_1; 219030_1 e MASW; 219030C013C (acquisita in sede di stesura del QC del PSC di Formigine).

Nel diagramma penetrometrico, invece, per semplicità di lettura, sono state riportate solamente due curve e precisamente:

- *a sinistra*, la curva della *resistenza penetrometrica alla punta* (R_p : pressione di rottura del terreno), espressa in kg/cm^2 ;
- *a destra*, la curva del rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale (R_p / R_L : *rapporto di Begemann*).

In corrispondenza dei punti di prova si è discretizzato il terreno indagato in livelli caratterizzati da valori di R_p e R_L relativamente costanti per tutto lo spessore dello strato. Infine, sono stati calcolati i principali parametri geotecnici medi associati agli strati utilizzando le correlazioni empiriche proposte da vari autori.

Legenda:

Piano Urbanistico Attuativo (POC a valore di PUA), Ambito PSC "ANS-B1.3"
Ambito POC: "D", Comparto: Area Bonollo - Coop Estense
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

- γ (t/m³) Peso dell'unità di volume del terreno.
- γ_s (t/m³) Peso dell'unità di volume del terreno saturo.
- C_u (kg/cm²) Coesione non drenata nei terreni coesivi. Per la valutazione approssimata della resistenza al taglio in condizioni non drenate si è utilizzata la relazione $C_u = R_p / \beta$ (AGI, 1977) con $15 \leq \beta \leq 25$.
- φ° Angolo di attrito interno efficace per terreni granulari. E' stata considerata la correlazione (Schmertmann, 1978) fra la densità relativa D_r , la resistenza alla punta R_p e la tensione efficace σ'_{vo} .
- M_o (kg/cm²) Modulo di deformazione edometrico per terreni coesivi/granulari. Si fa riferimento alla relazione $M_o = a R_p$ (Sanglerat, 1972 e AA.VV.). Il modulo di compressibilità volumetrica risulta l'inverso di M_o ($M_v = 1/M_o$).
- E_y (Kg/cm²) Modulo di Young secante drenato (Robertson & Campanella 1983) $E_y(25) - E_y(50)$

Prova penetrometrica 219030-1							
Profondità	Valori medi parametri geotecnici						LITOLOGIA
	Rp MPa	Cu kPa	φ	Mo MPa	γ kN/m ³	Ey MPa	
0.6 - 0.8	1.6	-	37°	22	19.8	28	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi
0.8 - 2.6	1.4	80.2	-	19	18.4	-	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose
2.6 - 3.2	2.2	139	-	30	18.7	-	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose
3.2 - 4	7.2	-	39°	107	18.8	61	Sabbie - da sabbie pulite a sabbie limose
4 - 4.6	17	-	-	-	-	-	Ghiaie

Prova penetrometrica 219030-2							
Profondità	Valori medi parametri geotecnici						LITOLOGIA
	Rp MPa	Cu kPa	φ	Mo MPa	γ kN/m ³	Ey MPa	
0.8 - 2.2	2.2	-	36°	30	18.6	37	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi
2.2 - 2.4	5.9	-	39°	122	19.3	61	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi
2.4 - 2.6	17.7	-	44°	131	18.9	65	Da sabbie addensate a sabbie ghiaiose
2.6 - 2.8	4.3	-	37°	60	19.8	73	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi
2.8 - 3	3.1	194	-	43	19.4	-	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose
3 - 3.4	3.9	-	37°	54	19.6	71	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi
3.4 - 3.6	4.7	285	-	65	20.2	-	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose
3.6 - 3.8	5.5	-	38°	76	20.2	93	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi
3.8 - 4	4.7	280	-	65	20.3	-	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose
4 - 4.2	9.8	-	40°	163	19.5	82	Sabbie - da sabbie pulite a sabbie limose
4.2 - 5	360	-	-	-	-	-	Ghiaie

Prova penetrometrica 219030-3							
Profondità	Valori medi parametri geotecnici						LITOLOGIA
	Rp MPa	Cu kPa	φ	Mo MPa	γ kN/m ³	Ey MPa	
0.6 - 0.8	1.2	-	36°	16	18.2	20	Miscela sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi
0.8 - 1.8	1.2	72	-	17	18.2	-	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose
1.8 - 2.2	2	123	34°	27	18.2	31	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose
2.2 - 2.8	1.5	92	-	20	18.3	-	Miscela limose - limi argillosi ed argille limose
2.8 - 3.8	15.7	-	43°	195	20	98	Sabbie - da sabbie pulite a sabbie limose
3.8 - 5	306	-	-	-	-	-	Ghiaie

Prova penetrometrica 219030-C013C							
Profondità	Valori medi parametri geotecnici						LITOLOGIA
	Rp MPa	Cu kPa	φ	Mo MPa	γ kN/m ³	Ey MPa	
0.6 - 1.6	1.8	127	-	25	17.8	-	Argilla - suolo organico
1.6 - 2.4	2.3	-	38°	32	18.6	32	Miscele sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi
2.4 - 2.6	1.6	92.8	-	22	18.6	-	Miscele limose - limi argillosi ed argille limose
2.6 - 4.2	3.5	-	37°	48	19	53	Miscele sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi
4.2 - 4.6	3	185	-	42	19.4	-	Miscele limose - limi argillosi ed argille limose
4.6 - 5.4	3.4	-	35°	46	19	60	Miscele sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi
5.4 - 5.6	2.5	158	-	35	18.9	-	Miscele limose - limi argillosi ed argille limose
5.6 - 5.8	2.7	-	34°	37	18.4	51	Miscele sabbiose - da sabbie limose a limi sabbiosi

Dalle tre prove eseguite è emersa la prevalenza, negli strati superficiali, di terreni a granulometria piuttosto variabile: da limi argillosi a limi sabbiosi e sabbie limose, che sovrastano un livello formato da un'alternanza di sabbie e ghiaie, con le ultime che hanno il tetto alla profondità di circa -4 m dal piano campagna.

La CPT-219030-1 e la CPT-219030-3 mostrano una stratigrafia piuttosto simile, con uno strato iniziale incoerente, formato da miscele sabbiose, seguito da uno strato di miscele limose; a quest'ultimo segue uno strato sabbioso e, quindi, il tetto delle ghiaie.

Leggermente differente è la stratigrafia restituita dalla CPT-219030-2, dove ad un primo spessore di circa 3 m, costituito da miscele sabbiose, segue un'alternanza tra livelli con miscele limose e livelli con miscele sabbiose; il tetto delle ghiaie è a -4,2 m.

Una caratterizzazione differente dalle 3 CPT realizzate per questo studio riguarda la prova penetrometrica 219030-C013C, reperita in occasione della redazione del QC del PSC di Formigine. Tale prova può ragionevolmente essere assunta come rappresentativa delle condizioni di resistenza dei terreni che compongono il margine nord-orientale dell'area in esame, essendo ad esso distante circa 50 m. La stratigrafia che emerge è un'alternanza abbastanza regolare di argille e limi più o meno argillosi e limi sabbiosi/sabbie limose, fino alla profondità di circa -6 m.

L'elaborazione, attraverso un modello di interpolazione matematico, della distribuzione areale delle resistenze, eseguita per il QC del PSC di Formigine, rileva come la porzione nord-orientale dell'area in esame sia probabilmente caratterizzata da valori di Rp del secondo strato (compreso tra -5 e -12 m dal p.c.) inferiori a quelli del primo strato (compreso tra -1 e -5 m dal p.c.). Anche se sono generalmente i primi metri superficiali ad essere interessati dalle ordinarie strutture fondali, l'analisi delle resistenze del secondo strato è da ritenersi necessaria in quanto tale strato è comunemente coinvolto dallo stato tensionale indotto dai carichi in superficie.

Dall'esame puntuale della prova 219030-C013C, tuttavia, si percepisce un progressivo aumento delle Rp medie con la profondità, con valori del secondo strato (anche se non completamente indagato) superiori a quelli del primo.

In fase di progettazione edilizia, saranno comunque necessari maggiori approfondimenti puntuali.

I tabulati e grafici delle indagini eseguite sono riportate in Allegato 2.

Sia in occasione della campagna geognostica che in corrispondenza della prova 219030-CO13C non è stato possibile misurare la profondità della falda freatica.

2.2.2. Prospezione sismica

E' stata eseguita una campagna sismica con metodo MASW di tipo attivo. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri dalla superficie (V_s30), in riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio (N.t.c. 23/09/05), al D.M. 4/02/08 e alla delibera G.r.e.r. (n. 1677 del 24/10/05).

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati dell'indagine eseguita.

Metodo d'indagine

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente. L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali (V_s) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

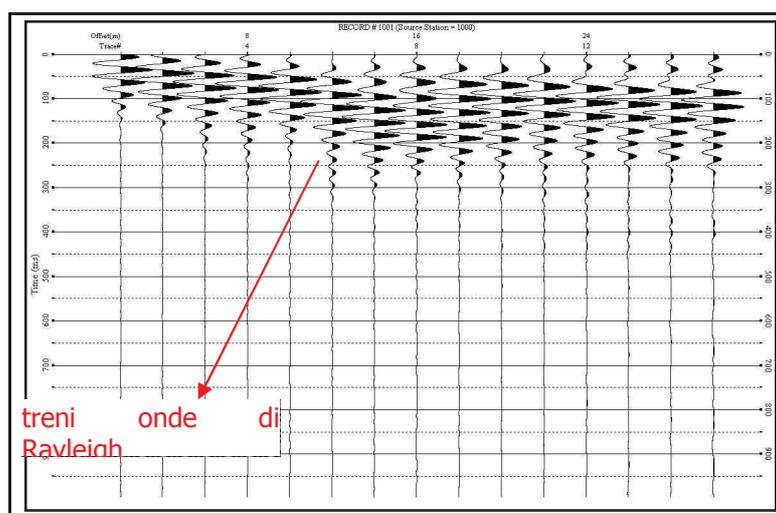
La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata all'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione

usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno di un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde. Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.



- Sismogramma -

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

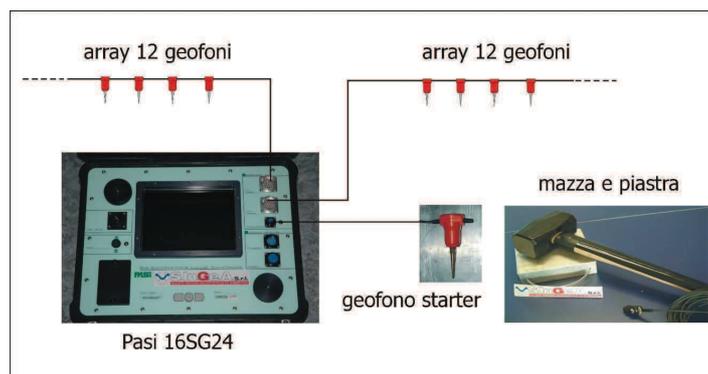
Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni, con spaziatura tra i geofoni di 2 metri per una lunghezza della linea sismica di 46 metri. L'energizzazione è stata eseguita a 10 e 2 metri dal primo e dall'ultimo geofono. Per ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei sismogrammi sono stati sommati più tiri.

Gli stendimenti sono stati ubicati in base alle indicazioni della committenza e all'obiettivo dell'indagine.

Il sito di indagine è collocato in area scarsamente urbanizzata, non caratterizzata da particolari fonti di rumore antropico in grado di interferire con il segnale sismico.

Strumentazione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16SG24", dotato di 24 geofoni verticali Oyo Geospace con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.



Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter. È inoltre equipaggiato di software proprietario in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtraggi delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma e sottrazione di ulteriori sismogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

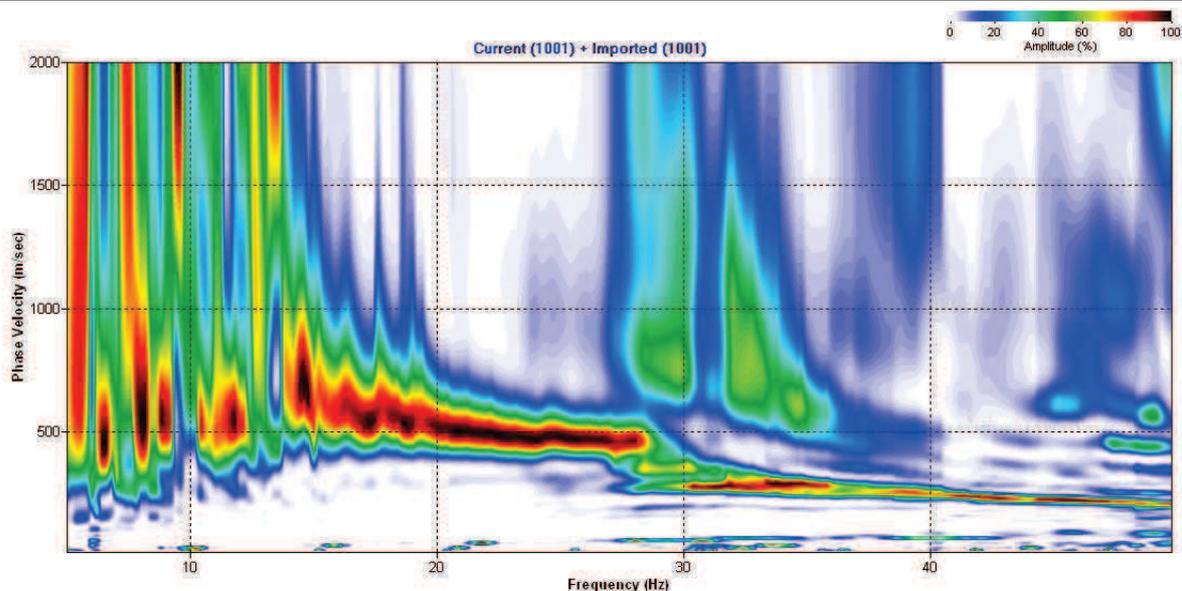
Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 kg e una piastra di battuta di alluminio.

Elaborazione

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (SurfSeis 2 - Kansas Geological Survey) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il "rumore" ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio-tempo e visualizzando i grafici frequenza-ampiezza anche per le singole tracce. Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale, le cui principali sono i filtraggi "passa basso", "passa alto", "passa banda", "taglia banda", il "muting", l'ACG e i filtraggi tipo F-K ("fan cut", "fun pass", "horizontal e vertical cut").

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.



-diagramma della curva di dispersione-

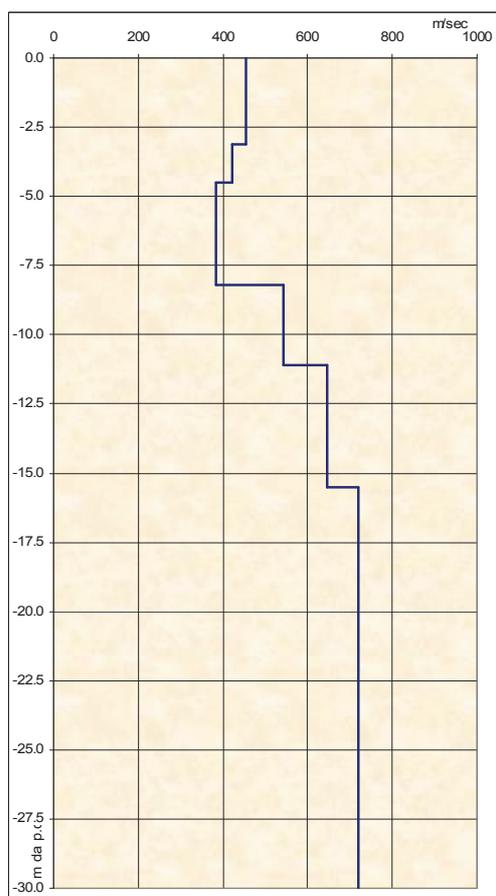
Il diagramma permette di visualizzare anche l'intervallo di lunghezza d'onda acquisito e il rapporto segnale-disturbo, utile per valutare la qualità dei dati. Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente tramite metodo manuale o semi-automatico.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio V_s in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di un procedimento di calcolo e un algoritmo di inversione (Xia et al. 1999a), che gestisce i parametri velocità di taglio (V_s) e spessore degli strati. Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume (V_p) che, assieme a spessore dei sismostrati e relative V_s , possono venire modificati anche manualmente. Tramite interazioni successive si ottiene un modello geofisico in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile (errore quadratico medio inferiore al 5-10%) la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata.

In conclusione viene restituito un diagramma (1D) delle velocità delle onde di taglio (V_s) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle $V_{s,30}$ e correlazione al tipo di terreno, come da normativa. Va ricordato che il diagramma 1D mostra una suddivisione sismostratigrafica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. È quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti.

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore $V_{s,30}$ per la sezione indagata.

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-3.1	3.1	455
-4.5	1.4	422
-8.2	3.7	384
-11.1	2.9	542
-15.5	4.4	645
-30.0	14.5	721



- diagramma velocità Vs/profondità -

Il valore V_{s30} è **576 m/sec.**

Secondo normativa, la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:

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 360m/s e 800m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250kPa$ nei terreni a grana fina).

2.2.3. Valutazione dei fattori di amplificazione

L'amplificazione del segnale sismico è legata essenzialmente alla natura ed alla consistenza delle litologie presenti, ma anche alla natura ed alla struttura del substrato a comportamento rigido.

Tale caratterizzazione del territorio è passata necessariamente attraverso l'acquisizione di dati geognostici prima illustrati, ed eseguiti anche in altre occasioni, per la definizione dei profili sismici.

In conformità a quanto previsto nell'Allegato n. 2 dell'Atto di indirizzi della RER, per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.), oltre alla determinazione della $V_{s,30}$, si è definita la situazione sismostratigrafica in cui si colloca l'area in esame, per l'utilizzo delle tabelle di riferimento.

Infatti per utilizzare le tabelle contenute nell'Atto di indirizzi della RER occorre definire anche la profondità del bedrock sismico (H), inteso come lo strato in cui la velocità delle onde di taglio V_s sia maggiore di circa 800 m/sec.

Siccome la verticale eseguita non ha individuato, per la profondità indagata, il bedrock sismico, ci si è avvalsi della possibilità data dalla normativa stessa, per cui qualora le prove disponibili non abbiano raggiunto il bedrock, il profilo di V_s possa essere estrapolato in profondità fino a valori di $V_s = 800$ m/s, mantenendo lo stesso gradiente dell'ultimo tratto della curva sperimentale.

Nell'allegato 2 dell'Atto d'indirizzi della RER, per la determinazione del fattore di Amplificazione (FA) si individuano due diverse situazioni litostratigrafiche, denominate Pianura 1 e Pianura 2, differenziate in ragione della profondità del substrato profondo, correlabile al bedrock sismico.

Nello specifico i dati consentono di riferirsi all'ambito di Pianura 1, ovvero al caso di profilo stratigrafico costituito da "presenza di potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (< 100 m da p.c.)".

L'utilizzo della tabella consente di individuare i valori del fattore di amplificazione FA, espresso sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia in termini di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0), per prefissati intervalli di periodo, corrispondente a $0.1s < T_0 < 0.5s$ e a $0.5s < T_0 < 1s$, ovvero:

$$F.A. PGA = 1,2$$

$$F.A. IS 0,1 < T_0 < 0,5 = 1,3$$

$$F.A. IS 0,5 < T_0 < 1 = 1,4$$

Questo risultato differisce in modo sostanziale da quanto riportato nelle tavole degli approfondimenti tematici della geologia e della sismica del PSC comunale (Tavole GEO.5, GEO.6 e GEO.7). In tali tavole, infatti, l'area di studio viene collocata nell'Ambito (DAL RER 112/2007) di "Appennino e Margine Appenninico-Padano" a cui, in legenda della carta di PSC, viene affiancato quanto segue: "Allegato A2.1.1 - substrato marino affiorante caratterizzato da $V_s < 800$ m/s". E' evidente, dalle conoscenze geologiche di letteratura

come, in questa fascia di margine fra Appennino e pianura, il substrato marino non possa essere considerato affiorante, essendo presente una successione di sedimenti quaternari continentali di spessore particolarmente ampio (si veda, ad esempio, quanto riportato nella Tavola 3.2 del QC del PTCP della Provincia di Modena, in cui il tetto del substrato marino, nell'area d'indagine, è stimato a circa 124 m di profondità).

La terna di fattori di amplificazione che il PSC assegna all'area in esame è, pertanto, la seguente:

$$F.A. \text{ PGA} = 2$$

$$F.A. \text{ IS } 0,1 < T_0 < 0,5 = 1,7$$

$$F.A. \text{ IS } 0,5 < T_0 < 1 = 1,4$$

che, peraltro, non è possibile ritrovare nella tabella dell'Allegato A2.1.1 della DAL RER 112/2007 relativa proprio all'Ambito "Appennino e Margine Appenninico-Padano" in caso di substrato marino caratterizzato da $V_s < 800$ m/s affiorante.

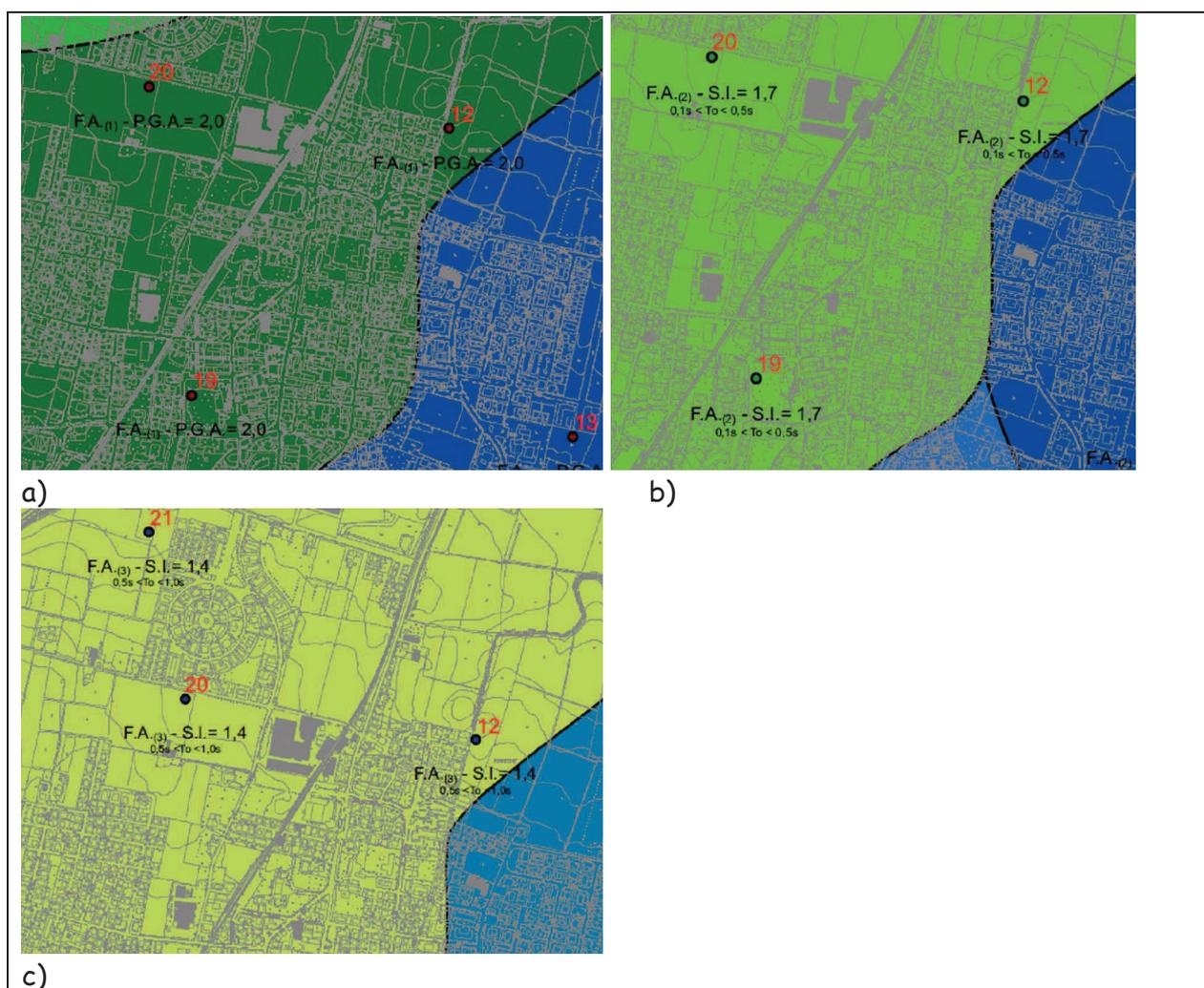


Fig. 10 - Estratti dalle Tavole GEO.5 (a), GEO.6 (b) e GEO.7 (c) del PSC di Formigine, dove vengono assegnati i fattori di amplificazione per la PGA e per i due range di periodi dell'intensità di Housner.

Il PSC sembra, invece, aver fatto riferimento alla tabella dell'Ambito "Appennino e Margine Appenninico-Padano" in caso di substrato marino caratterizzato da $V_s < 800$ m/s, in cui la terna assegnata è caratteristica di una $V_{sH=5}$ pari a 200 m/s, largamente inferiore rispetto a quella ricavata per questo studio.

In base, quindi, alla sequenza stratigrafica tipica di questa fascia di margine appenninico ed al valore di V_{s30} ricavato dalla MASW per questo studio (pari a 576 m/s), si ritiene maggiormente rappresentativa dell'amplificazione litostratigrafica locale la terna di fattori di amplificazione determinata in questo studio - relativa all'Ambito Pianura 1: "presenza di potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (< 100 m da p.c.)" - rispetto a quella assegnata dalle tavole GEO.5, GEO.6 e GEO.7 del PSC.

In ogni caso, vista l'importanza che l'edificio in progetto per quest'area assumerà a livello di classe d'uso (NTC2008), si è comunque ritenuto necessario eseguire un'analisi di risposta sismica locale, con metodo analitico, per la determinazione del fattore di amplificazione litostratigrafico e per la quantificazione degli eventuali effetti di sito: liquefazione e cedimenti. La metodologie e i risultati ottenuti vengono descritti nel dettaglio nel successivo capitolo 3.

2.2.4. Suscettibilità di liquefazione

La normativa sismica prevede di effettuare la verifica a liquefazione nel caso in cui siano presenti, nei primi 15 m di profondità del sottosuolo indagato, terreni granulari saturi (sabbie e sabbie limose) predisposti al fenomeno della liquefazione in caso di sisma. Le prove eseguite hanno sì evidenziato la presenza di un livello sabbioso nel range di profondità variabile da circa 3 a circa 4,2 metri dal p.c., ma non è stata individuata la presenza di alcuna falda acquifera. Inoltre, la carta della soggiacenza elaborata in occasione del QC del PSC di Formigine, mostra come il tetto della falda, in corrispondenza dell'area di studio, si trovi ad una profondità variabile tra -30 e -32 metri dal p.c.

Detto ciò, vista la presenza di depositi sabbiosi olocenici e l'attività sismica dell'area, si ribadisce comunque l'obbligatorietà di procedere con una progettazione antisismica, che faccia riferimento come zona, alla zona 2 per il comune di Formigine, e come norme tecniche, alle recenti norme entrate in vigore, contenute nel D.M. 14.09.2005 e nell'aggiornamento del DM 4 febbraio 2008.

3. AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA CON ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'analisi di risposta sismica locale, lineare equivalente, nel dominio delle frequenze, è stata condotta utilizzando il codice di calcolo "STRATA"¹.

3.1. Profili stratigrafico e di Vs

Il profilo stratigrafico è stato inserito, fino a circa -5 m, sulla base dell'elaborazione delle prove penetrometriche CPT2 e CPT3 (evidenziato in rosso in Tabella 1). Oltre tale profondità, fino a circa -90 m, la stratigrafia è stata assunta uguale a quella ricavabile da un pozzo per acqua (codice RER - 219030P662, figura 11) posto nelle immediate vicinanze dell'area di studio (si veda l'Allegato 1) (evidenziato in blu in Tabella 1). La stratigrafia del pozzo è risultata molto simile a quella ricavabile dalla Sezione nr. 056 (figura 12), sempre contenuta nel database geognostico regionale, relativamente alla porzione a valle di Formigine, dove le quote del profilo altimetrico si posizionano su quelle dell'area di studio. Dalla stessa Sezione nr. 056 si può ricavare la profondità del limite tra Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) e Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI), pari a circa -97 m. Tale limite potrebbe coincidere con una superficie sismostratigrafica assumibile come potenziale bedrock sismico, anche se dalla MASW eseguita in situ la profondità del bedrock sismico si attesterebbe su circa 20-25 m dal p.c., se si assume come valida l'estrapolazione della curva di Vs in profondità con il metodo della tangente.

Considerata l'incertezza del metodo della tangente ed il crescente errore delle prove MASW oltre i primi 10 m di profondità, si è scelto di utilizzare la profondità dell'interfaccia AES/AEI per il bedrock sismico a cui ancorare gli accelerogrammi di input. La profondità di circa 20-25 m, infatti, corrisponderebbe al limite tra l'Unità di Vignola (AES7b) e l'Unità di Niviano (AES7a), entrambe litologicamente molto simili (ghiaie e ghiaie miste a limi e sabbie) e, pertanto, verosimilmente con valori di impedenza altrettanto simili.

I valori di Vs, fino a -30 m, sono stati calcolati dal profilo MASW eseguito per questo studio; da -30 m al bedrock sismico stimato, i valori (evidenziati in verde in Tabella 1) sono stati estrapolati attraverso una linea di tendenza calcolata sui primi 30 m. Il valore della Vs per il bedrock sismico è stato assunto pari a 800 m/s.

¹ Kottke, A.R. & Rathje, E.M. (2008) - Technical Manual for Strata. PEER Report 2008, Pacific Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, 81 p.

Piano Urbanistico Attuativo (POC a valore di PUA), Ambito PSC "ANS-B1.3"
 Ambito POC: "D", Comparto: Area Bonollo - Coop Estense
 RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

N.	Litologia	Prof.	Spess.	V_s	γ
...	...	m	m	m/s	kN/m ³
1	sabbie limose-limi sabbiosi	3	3	455	19.15
2	limi argilloso-sabbiosi	4	1	422	19.86
3	ghiaie	8	4	384	16.67
4	ghiaie	11	3	542	16.67
5	ghiaie	15	4	600	16.67
6	ghiaie	32	17	628	16.67
7	argilla	37	5	656	19.61
8	ghiaia	48	11	684	18.33
9	argilla	80	32	712	19.61
10	ghiaia	86	6	740	18.33
11	argilla	97	11	768	19.61
	bedrock			800	22.00

Tab. 1 - Ricostruzione dei sismostrati utilizzati per l'analisi di risposta sismica locale. Legenda: si veda spiegazione nel testo.

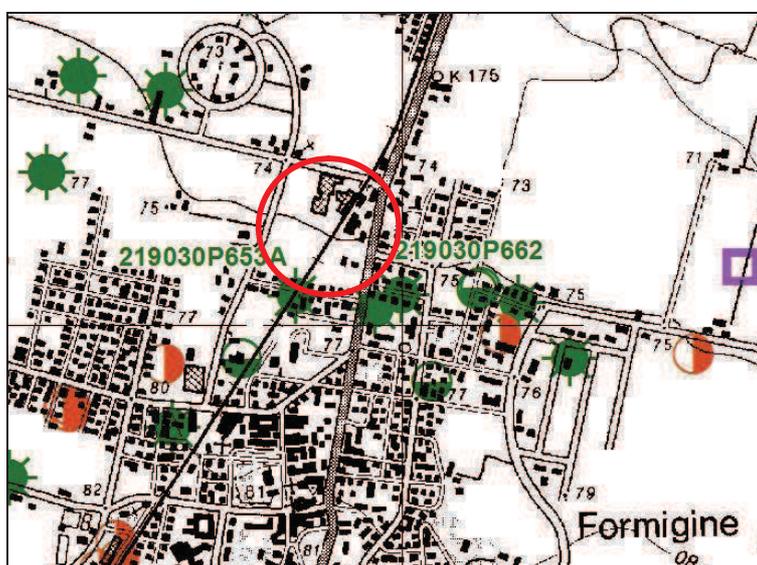


Fig. 11 - Estratto del database geognostico della Regione Emilia-Romagna. Il cerchio rosso identifica l'area di studio.

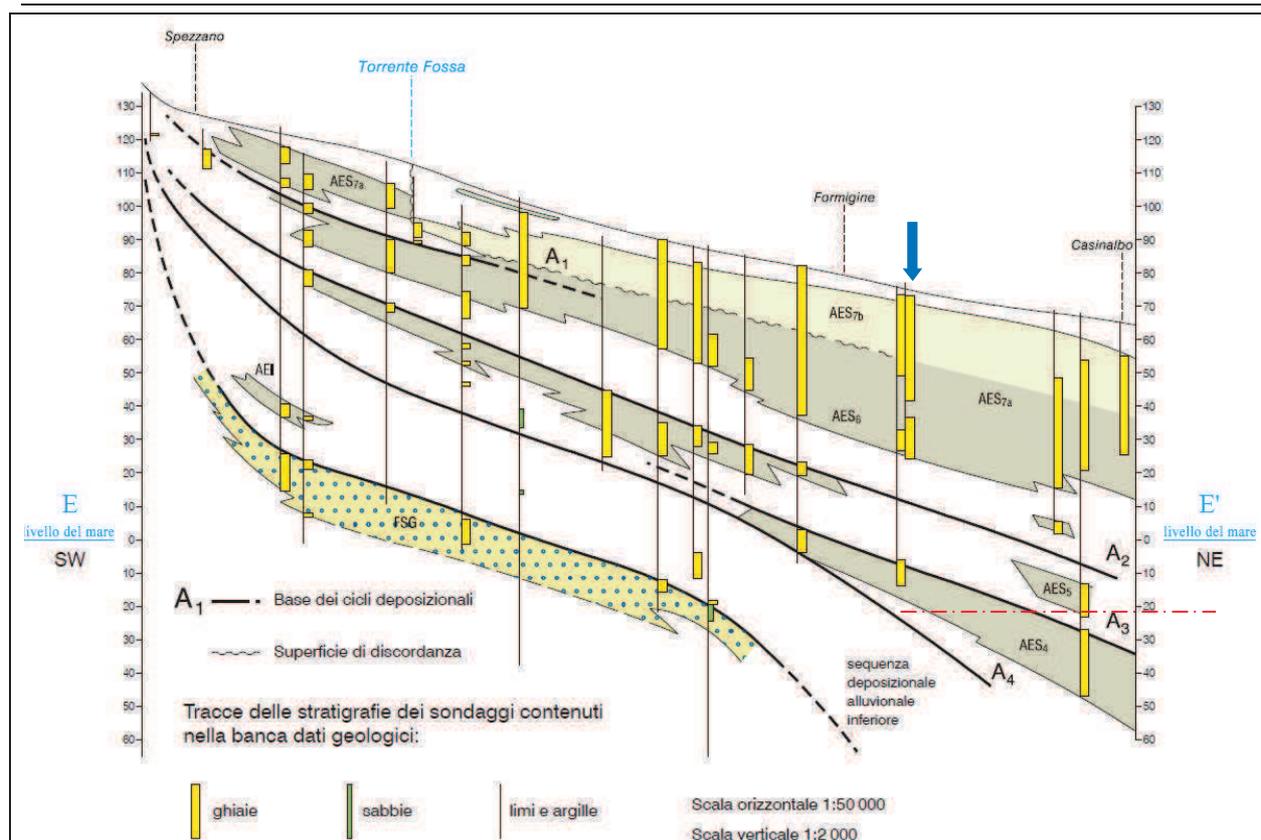


Fig. 12 - Stralcio della sezione geologica nr. 056 del database Regione Emilia-Romagna delle sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano-romagnola. Con la linea rossa tratteggiata è stata indicata la profondità del bedrock sismico stimata. La freccia blu indica la stratigrafia utilizzata fino alla profondità del bedrock sismico.

3.1.1. Selezione degli accelerogrammi di input

Propedeutica alla selezione degli accelerogrammi di input previsti da normativa per l'analisi di risposta sismica locale, è stata l'analisi del Database Macrosismico Italiano 2011 (DBMI11), per ricostruire la storia sismica dell'area; questo al fine di scegliere l'ultimo terremoto più intenso (senza cercare in tempi più lontani, dove gli effetti assumono un grado di incertezza sempre maggiore). Una volta selezionato il terremoto di riferimento, se ne può ottenere lo scenario geografico, che rappresenta la distribuzione delle località ove si sono registrate le intensità MCS. Dallo scenario geografico è quindi possibile misurare la distanza dell'epicentro del terremoto di riferimento dal luogo d'indagine. Infine, si registra la magnitudo dell'evento all'epicentro. La coppia distanza-magnitudo permette, insieme ai parametri sismici di riferimento precedentemente acquisiti, di impostare la ricerca degli accelerogrammi spettro-compatibili attraverso il software dedicato "REXEL V.3.5²".

Dall'esame della storia sismica del Capoluogo (Tabella 2), è possibile identificare almeno 3 eventi che hanno determinato effetti macrosismici rilevanti per Formigine: il più antico, datato 1929, ha avuto epicentro nel Bolognese e Magnitudo macrosismica pari a 5.31; il secondo, datato 9 novembre 1983 ha avuto epicentro nel Parmense e Mw strumentale pari a 5.06; il terzo, datato 2 maggio 1987 ha avuto epicentro nel Reggiano e

² Iervolino I., Galasso C., Cosenza E. (2009). REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362. DOI 10.1007/s10518-009-9146-1

Mw strumentale pari a 4.74; il più recente ed intenso è datato 15 ottobre 1996, ha avuto epicentro a Correggio e Mw strumentale pari a **5.41**. Nel Database non compaiono ancora gli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012, con epicentri, rispettivamente, a Massa Finalese ed a Medolla e Mw strumentali, rispettivamente, pari a 5.9 e 5.8. Dall'esame di Tabella 2 si vede come sia possibile selezionare un range di magnitudo che va da 4.74 a 5.9 ed un range di distanze che va da 26 a 50 km.

I[MCS]	Data	Ax	Io	Mw	Distanza
5	1929 02 04	Bolonese	7	5.31	26 km
4-5	1983 11 09	Parmense	6-7	5.06	50 km
6	1987 05 02	Reggiano	6	4.74	28 km
5	1996 10 15	Correggio	7	5.41	26 km
	2012 05 20	Massa Finalese		5.9	48 km
	2012 05 29	Medolla		5.8	34 km

Tab.2 - Sei eventi sismici della storia recente di Formigine che possono essere considerati rappresentativi della sismicità di riferimento per la scelta dei 7 accelerogrammi.

Dall'analisi di disaggregazione della pericolosità sismica di base, eseguibile dal sito web dell'INGV³, utilizzando una probabilità di eccedenza consona al periodo di riferimento VR di 75 del livello prestazionale di progetto, ovvero pari al 7% in 50 anni⁴, risulta un coppia magnitudo/distanza media pari a 5/7, con ε pari a 1,1.

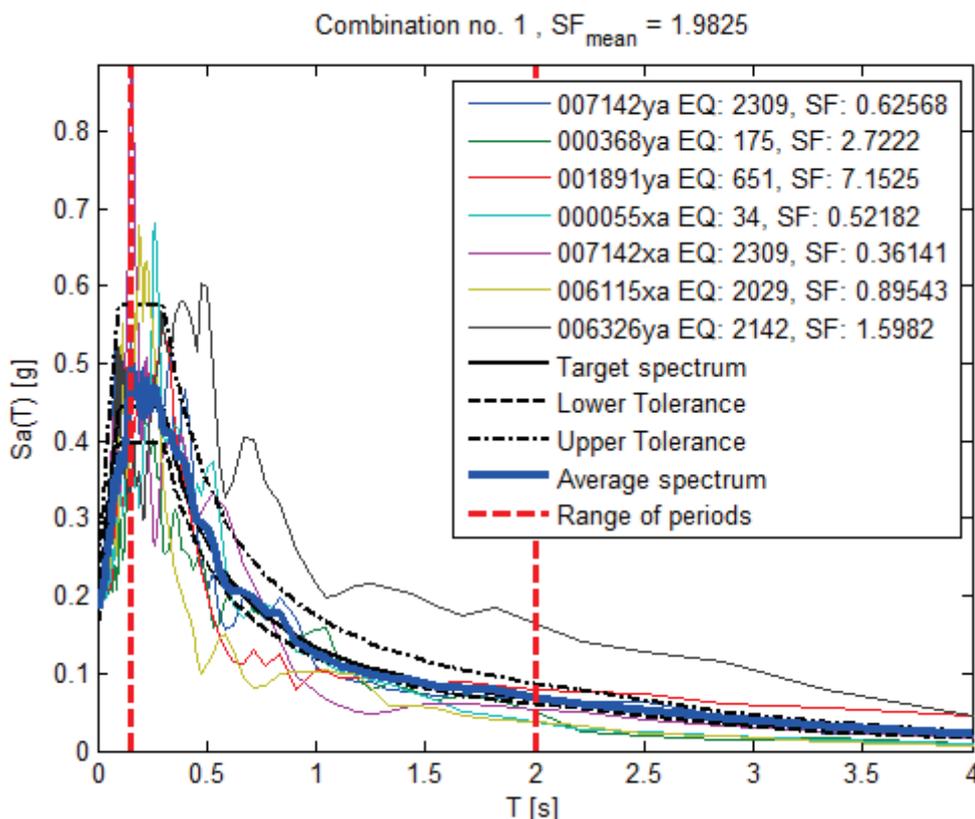


Fig. 13 - La combinazione di 7 accelerogrammi naturali individuata tramite software "REXEL", la cui

³ <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

⁴ Dal sito INGV è possibile scegliere solo alcuni valori di probabilità di eccedenza: quello più prossimo al 7% risulta essere 5%.

media risulta compatibile con lo spettro di risposta di riferimento.

La selezione operata dal software "REXEL" (Figura 13) mostra 7 accelerogrammi naturali il cui spettro di risposta medio risulta compatibile con lo spettro di risposta di riferimento.

Da subito occorre evidenziare come il fattore di scala (SF) medio sia pari a 1.9; più alto risulta il fattore di scala singolo relativo agli accelerogrammi:

000368ya (SF=2.7) e

001891ya (SF=7.1).

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Epicentral Distance [km]	PGA X [m/s ²]	EC8 Site class	SF
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3	strike slip	14	5.0514	A	0.62
368	175	ST143	Lazio Abruzzo	07/05/1984	5.9	normal	22	0.628	A	2.72
1891	651	ST1320	Kranidia	25/10/1984	5.5	?	23	0.3488	A	7.15
55	34	ST20	Friuli	06/05/1976	6.5	thrust	23	3.4985	A	0.52
7142	2309	ST539	Bingol	01/05/2003	6.3	strike slip	14	5.0514	A	0.36
6115	2029	ST1320	Kozani	13/05/1995	6.5	normal	17	2.0388	A	0.89
6326	2142	ST2496	South Iceland (aftershock)	21/06/2000	6.4	strike slip	14	1.7476	A	1.59
mean:							18.14285714	2.6235		

Tab. 3 - Descrizione dettagliata degli accelerogrammi selezionati da "REXEL", il cui spettro di risposta medio risulta compatibile con lo spettro di risposta di riferimento.

Come input stratigrafico, per STRATA, sono stati scelti i valori di litologia, spessore, peso di volume e Vs precedentemente descritti in Tabella 1.

Come moto di input sono stati inseriti i 7 accelerogrammi naturali scelti dalla selezione di REXEL, scalandoli in base al SF di Tabella 3.

Variando spessori degli strati, Vs e curve di degrado, STRATA ha eseguito, per i 7 accelerogrammi, 100 analisi di risposta sismica.

Gli spettri di risposta elastici in superficie ed al bedrock sono dati dalla mediana dei valori di pseudo-accelerazione generati dalle 100 iterazioni.

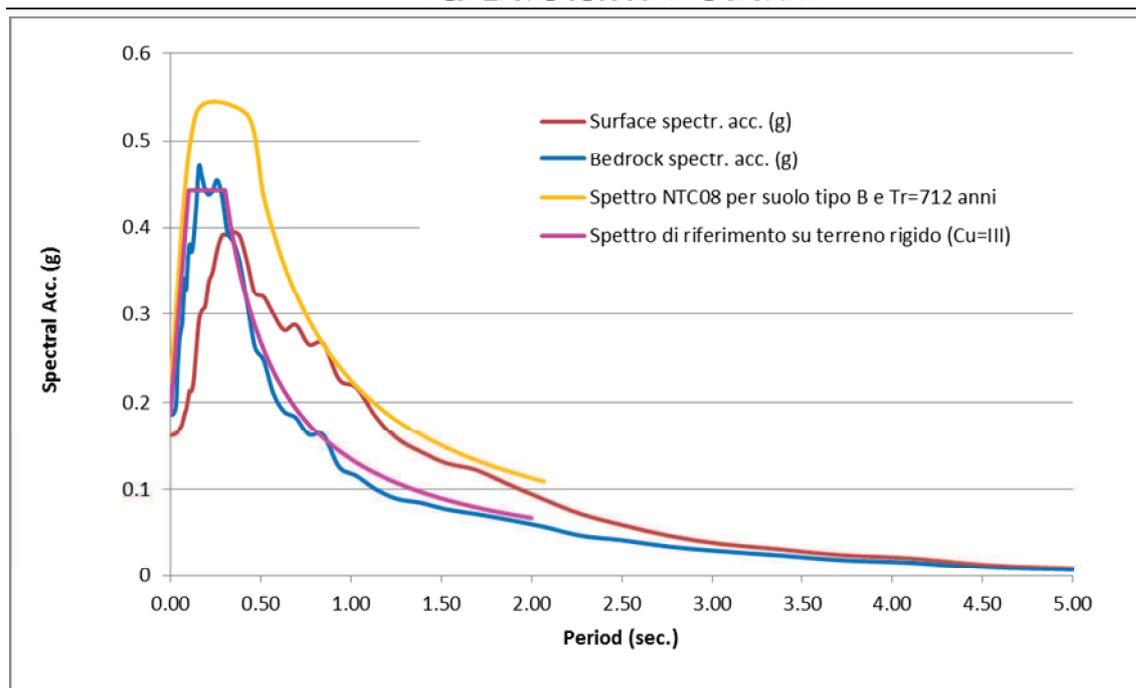
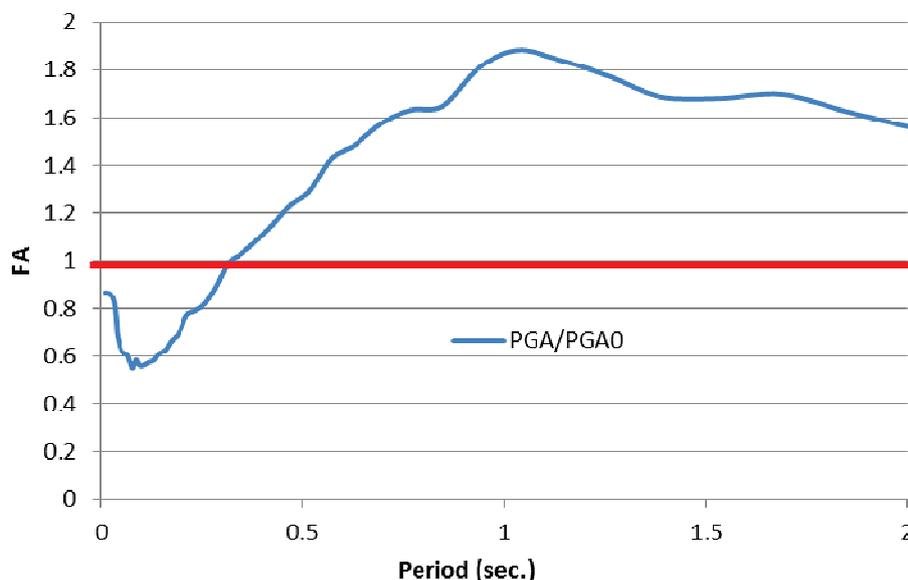


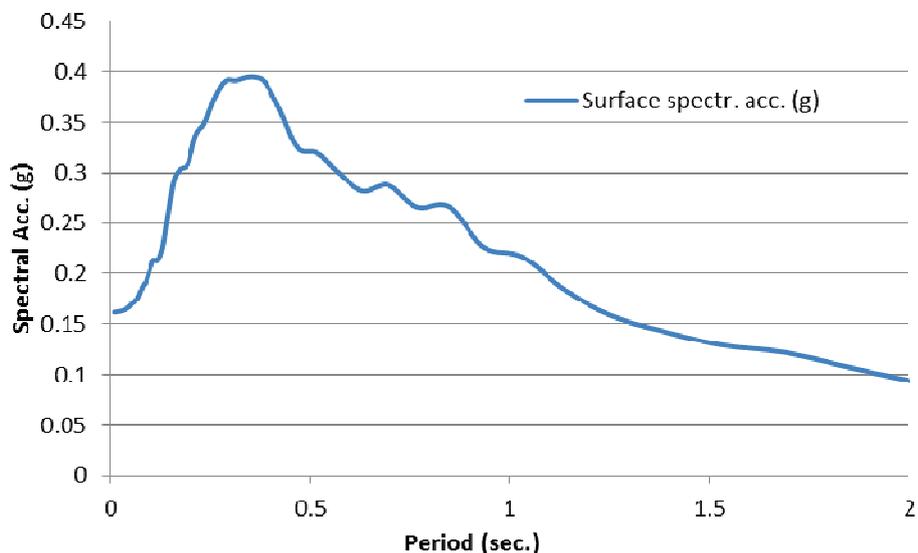
Fig.14 - Confronto tra lo spettro di risposta elastico (componente orizzontale) di normativa di riferimento per l'area in esame (VN=50 e Cu=III), lo spettro di risposta elastico (componente orizzontale) di normativa per suolo di tipo B e Tr=712 e gli spettri medi di risposta elastici ottenuti, in superficie ed al bedrock, dall'analisi di risposta sismica locale.

Come si vede, però, in figura 14, da 0 a 0.31T la sequenza litostratigrafica locale deamplifica il segnale sismico, con fattori di amplificazione <1 , mentre da 0.31 a 2T il segnale viene amplificato.

Eseguendo i rapporti fra gli integrali degli spettri (in pseudo-accelerazione) di output e di input nei due intervalli di periodo, i fattori di amplificazione risultano pari, rispettivamente a $0.72_{0-0.31T}$ ed a $1.4_{0.31-2T}$.



Di seguito si riporta lo spettro medio di risposta (in pseudo-accelerazione, componente orizzontale) in superficie, la sua normalizzazione ed i profili, con la profondità, della PGA, della massima deformazione a taglio ($\gamma\%$) e delle tensioni tangenziali (τ), con i relativi dati numerici.

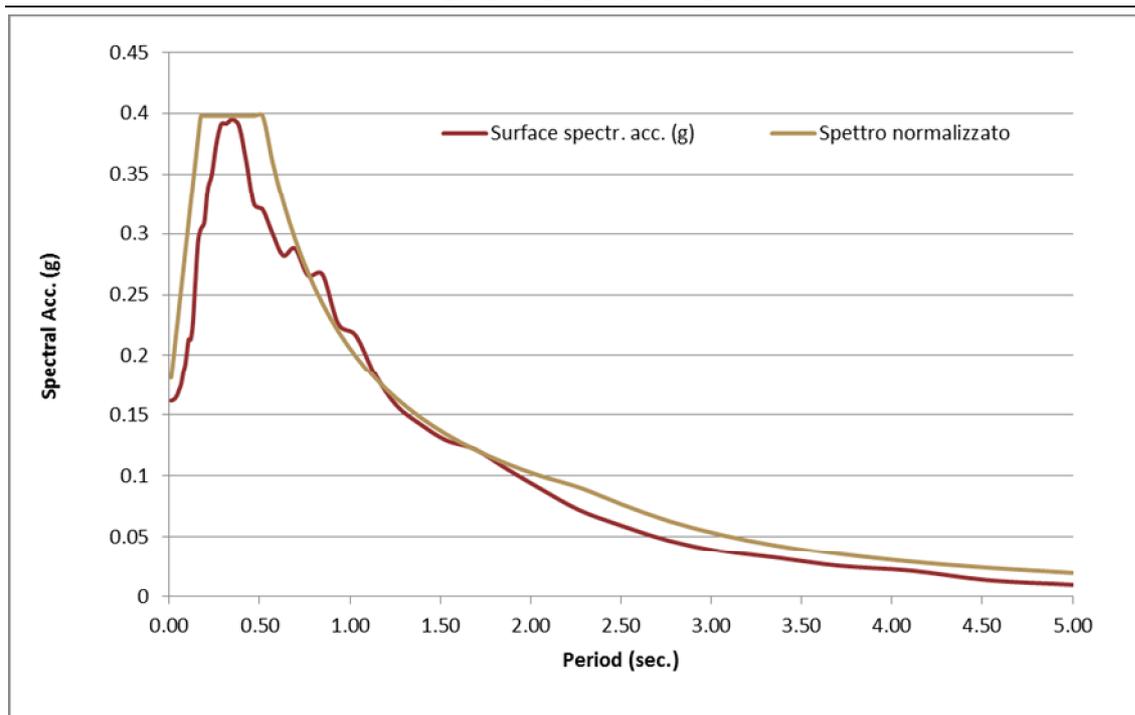


Periodo (sec.)	Surface spectr. acc. (g)
0.01	0.161813952
0.01103674	0.161855902
0.012180962	0.161906448
0.01344381	0.161967478
0.014837583	0.162042641
0.016375854	0.162134756
0.018073604	0.162246102
0.019947366	0.162382933
0.022015388	0.162552246
0.024297811	0.162765464
0.026816861	0.163027287
0.029597071	0.163373536
0.032665516	0.163826111
0.036052079	0.164467613
0.039789741	0.165469553
0.043914901	0.166643623
0.048467732	0.168601907
0.053492574	0.170567218
0.05903836	0.172546359
0.065159101	0.175465974
0.071914402	0.180862677
0.079370053	0.18739714

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

0.08759866	0.192051151
0.096680359	0.202406699
0.106703594	0.213412659
0.117765978	0.213239133
0.129975243	0.226401454
0.14345029	0.259492552
0.158322349	0.293134706
0.174736253	0.304091489
0.192851851	0.308821355
0.212845565	0.337446275
0.234912106	0.349846542
0.259266373	0.374246923
0.286145543	0.390894503
0.315811383	0.39150667
0.348552798	0.395073075
0.384688645	0.390106252
0.424570838	0.361369457
0.468587776	0.324439421
0.517168124	0.3197225
0.570784988	0.300153036
0.629960525	0.282071483
0.695271024	0.287855303
0.76735252	0.265613406
0.84690699	0.26669406
0.934709187	0.226147755
1.031614184	0.21660821
1.138565706	0.183677331
1.256605315	0.157899258
1.386882557	0.142645765
1.530666156	0.12933467
1.689356369	0.12211153
1.864498624	0.106123738
2.057798569	0.089321415

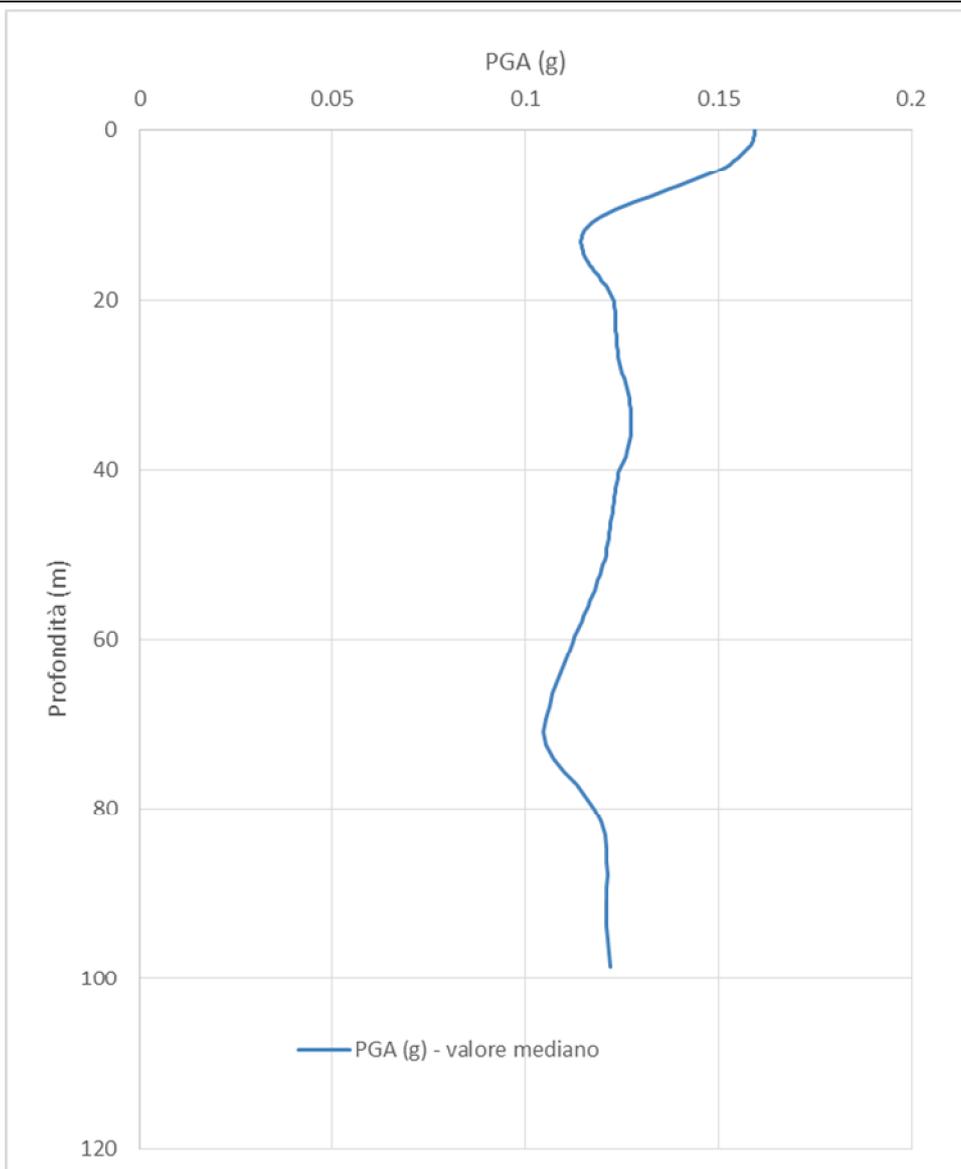
Piano Urbanistico Attuativo (POC a valore di PUA), Ambito PSC "ANS-B1.3"
 Ambito POC: "D", Comparto: Area Bonollo - Coop Estense
 RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



T(s)	Se (g)
0.01	0.180781
0.011037	0.182168
0.012181	0.183699
0.013444	0.185389
0.014838	0.187254
0.016376	0.189313
0.018074	0.191584
0.019947	0.194092
0.022015	0.196859
0.024298	0.199913
0.026817	0.203284
0.029597	0.207004
0.032666	0.21111
0.036052	0.215641
0.03979	0.220643
0.043915	0.226162
0.048468	0.232255
0.053493	0.238978
0.059038	0.246399
0.065159	0.254589
0.071914	0.263629
0.07937	0.273605
0.087599	0.284616

Piano Urbanistico Attuativo (POC a valore di PUA), Ambito PSC "ANS-B1.3"
Ambito POC: "D", Comparto: Area Bonollo - Coop Estense
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

0.09668	0.296768
0.106704	0.31018
0.117766	0.324983
0.129975	0.34132
0.14345	0.359351
0.158322	0.379251
0.174736	0.39791
0.192852	0.39791
0.212846	0.39791
0.234912	0.39791
0.259266	0.39791
0.286146	0.39791
0.315811	0.39791
0.348553	0.39791
0.384689	0.39791
0.424571	0.39791
0.468588	0.39791
0.517168	0.397627
0.570785	0.360275
0.629961	0.326433
0.695271	0.295769
0.767353	0.267986
0.846907	0.242813
0.934709	0.220004
1.031614	0.199338
1.138566	0.180613
1.256605	0.163647
1.386883	0.148275
1.530666	0.134347
1.689356	0.121727
1.864499	0.110292
2.057799	0.099932
2.271139	0.090545
2.506597	0.076718
2.766465	0.062982
3.053276	0.051705
3.369821	0.042447
3.719184	0.034847
4.104766	0.028608
4.530323	0.023486
5	0.019281



Profondità (m)	PGA (g) - valore mediano
0	0.159517843
0.3048	0.159484448
0.6096	0.159382892
0.9144	0.159203157
1.2192	0.158948482
1.524	0.158626597
1.8288	0.158231105
2.1336	0.157753125
2.4384	0.157195046
2.7432	0.156550587

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

3.048	0.155832139
3.3528	0.155031523
3.6576	0.154146802
3.9624	0.153185281
4.2672	0.15203199
4.572	0.150706131
4.8768	0.149294332
5.1816	0.147806845
5.4864	0.146202354
5.7912	0.144511517
6.096	0.142780497
6.4008	0.141027585
6.7056	0.139229518
7.0104	0.137477542
7.3152	0.135788908
7.62	0.13405071
7.9248	0.132322122
8.2296	0.130398052
8.5344	0.128441893
8.8392	0.1266267
9.144	0.124904049
9.4488	0.123307687
9.7536	0.121828114
10.0584	0.12050433
10.3632	0.11932141
10.668	0.118248051
10.9728	0.117368
11.2776	0.116617054
11.5824	0.115955263
11.8872	0.11538984
12.192	0.114938093
12.4968	0.114634961
12.8016	0.114479675
13.1064	0.114406686
13.4112	0.114420244
13.716	0.114493237
14.0208	0.114626339
14.3256	0.114851554
14.6304	0.115078372
14.9352	0.11536808
15.24	0.115740641
15.5448	0.116149692
15.8496	0.116639328
16.1544	0.117174333

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

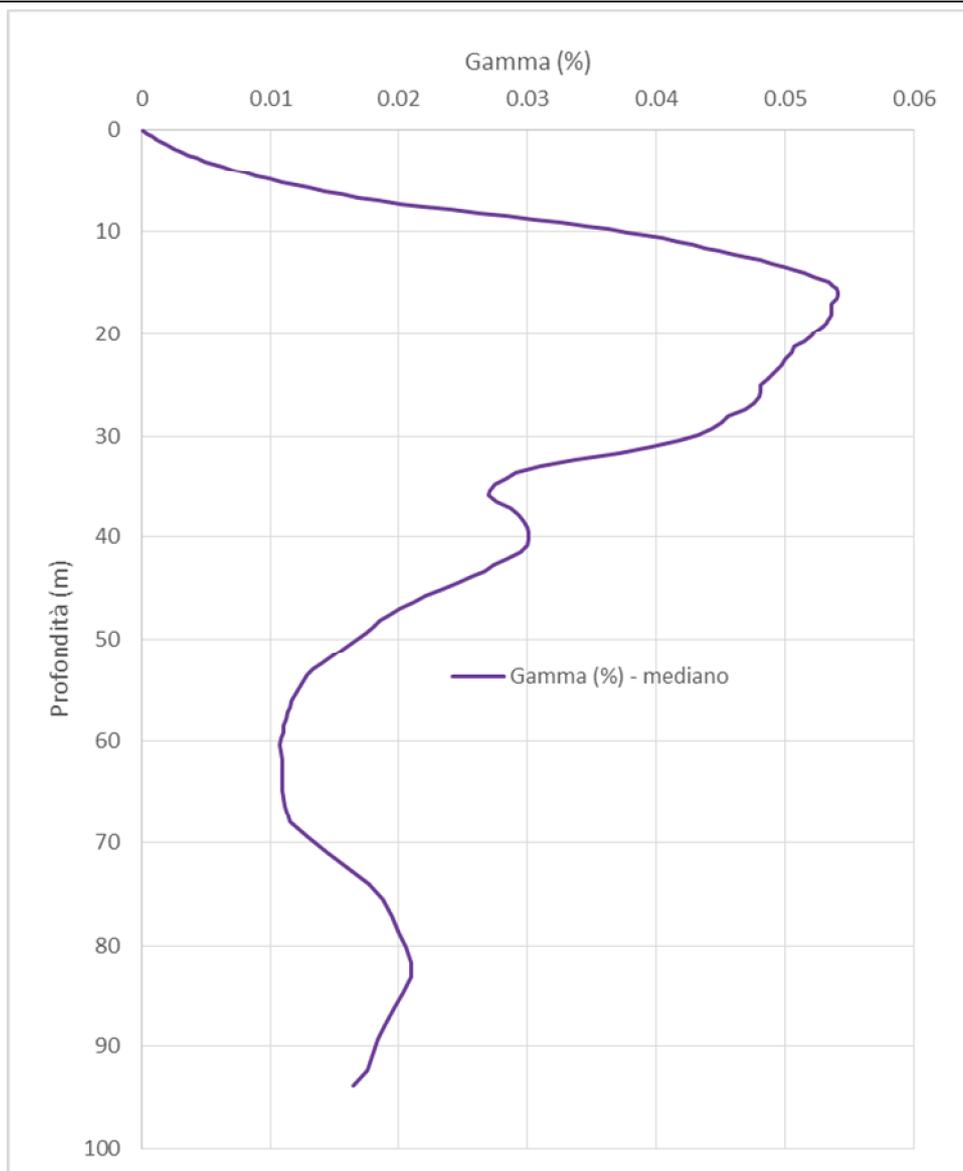
16.4592	0.117765929
16.764	0.118329066
17.0688	0.118838318
17.3736	0.119302923
17.6784	0.119810018
17.9832	0.12034678
18.288	0.120847941
18.5928	0.121286156
18.8976	0.121691046
19.2024	0.122056126
19.5072	0.122364798
19.812	0.122624411
20.1168	0.122834818
20.7264	0.123089767
21.336	0.123223881
21.9456	0.123346142
22.5552	0.123383724
23.1648	0.123442725
23.7744	0.123461343
24.384	0.123557743
24.9936	0.123624368
25.6032	0.12376406
26.2128	0.123907393
26.8224	0.124112086
27.432	0.12438641
28.0416	0.124748814
28.6512	0.125150533
29.2608	0.125523441
29.8704	0.125988594
30.48	0.126391896
31.0896	0.12669013
31.6992	0.126917246
32.3088	0.127082533
32.9184	0.12722289
33.528	0.127349325
34.1376	0.127424753
34.7472	0.127426238
35.3568	0.127323604
35.9664	0.127220419
36.576	0.126996518
37.1856	0.12672513
37.7952	0.126378741
38.4048	0.125853008
39.0144	0.125201887

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

39.624	0.124583625
40.2336	0.124121147
40.8432	0.123851598
41.4528	0.123632298
42.0624	0.123434745
42.672	0.123277752
43.2816	0.123111081
43.8912	0.122928245
44.5008	0.122729892
45.1104	0.122541933
45.72	0.122294056
46.3296	0.122036675
46.9392	0.12191429
47.5488	0.121769936
48.1584	0.121549984
48.768	0.121351713
49.3776	0.121149122
49.9872	0.120883969
50.5968	0.120508235
51.2064	0.120117208
51.816	0.119684416
52.4256	0.11922493
53.0352	0.118783007
53.6448	0.118331492
54.2544	0.117833412
54.864	0.117341389
55.4736	0.11680318
56.0832	0.116243589
56.6928	0.115695201
57.3024	0.115126233
57.912	0.114525252
58.5216	0.113925073
59.1312	0.113311223
59.7408	0.112716484
60.3504	0.112146062
61.8744	0.110828883
63.3984	0.109534602
64.9224	0.108167069
66.4464	0.107023452
67.9704	0.106121013
69.4944	0.105212007
71.0184	0.104615872
72.5424	0.105390645
74.0664	0.107251391

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

75.5904	0.110002704
77.1144	0.113172429
78.6384	0.115753233
80.1624	0.117875941
81.6864	0.1195231
83.2104	0.12061189
84.7344	0.120985158
86.2584	0.121146436
87.7824	0.121185029
89.3064	0.12113347
90.8304	0.120982306
92.3544	0.120911942
93.8784	0.121043714
95.4024	0.121449385
96.9264	0.121789652
98.4504	0.121824713



Profondità (m)	Gamma (%) - mediano
0	0
0.3048	0.00036716
0.6096	0.000769319
0.9144	0.001174906
1.2192	0.001603261
1.524	0.002042094
1.8288	0.002495651
2.1336	0.003049652
2.4384	0.003668618
2.7432	0.00430812
3.048	0.004957841
3.3528	0.005600444
3.6576	0.006304505

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

3.9624	0.007125396
4.2672	0.008020556
4.572	0.008956931
4.8768	0.009898934
5.1816	0.010918555
5.4864	0.011990992
5.7912	0.013037179
6.096	0.014258987
6.4008	0.015526886
6.7056	0.016804171
7.0104	0.018413385
7.3152	0.020165397
7.62	0.021914531
7.9248	0.024019076
8.2296	0.026225813
8.5344	0.028342939
8.8392	0.030530888
9.144	0.032609541
9.4488	0.034555905
9.7536	0.036266595
10.0584	0.037836831
10.3632	0.039230177
10.668	0.040526192
10.9728	0.041719505
11.2776	0.042796446
11.5824	0.043850455
11.8872	0.0448864
12.192	0.046062131
12.4968	0.047143893
12.8016	0.048134121
13.1064	0.048966405
13.4112	0.049856499
13.716	0.050791878
14.0208	0.05156261
14.3256	0.052267734
14.6304	0.05287074
14.9352	0.053390538
15.24	0.053757262
15.5448	0.053993811
15.8496	0.054132377
16.1544	0.054166589
16.4592	0.054069817
16.764	0.053855137
17.0688	0.053599692

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

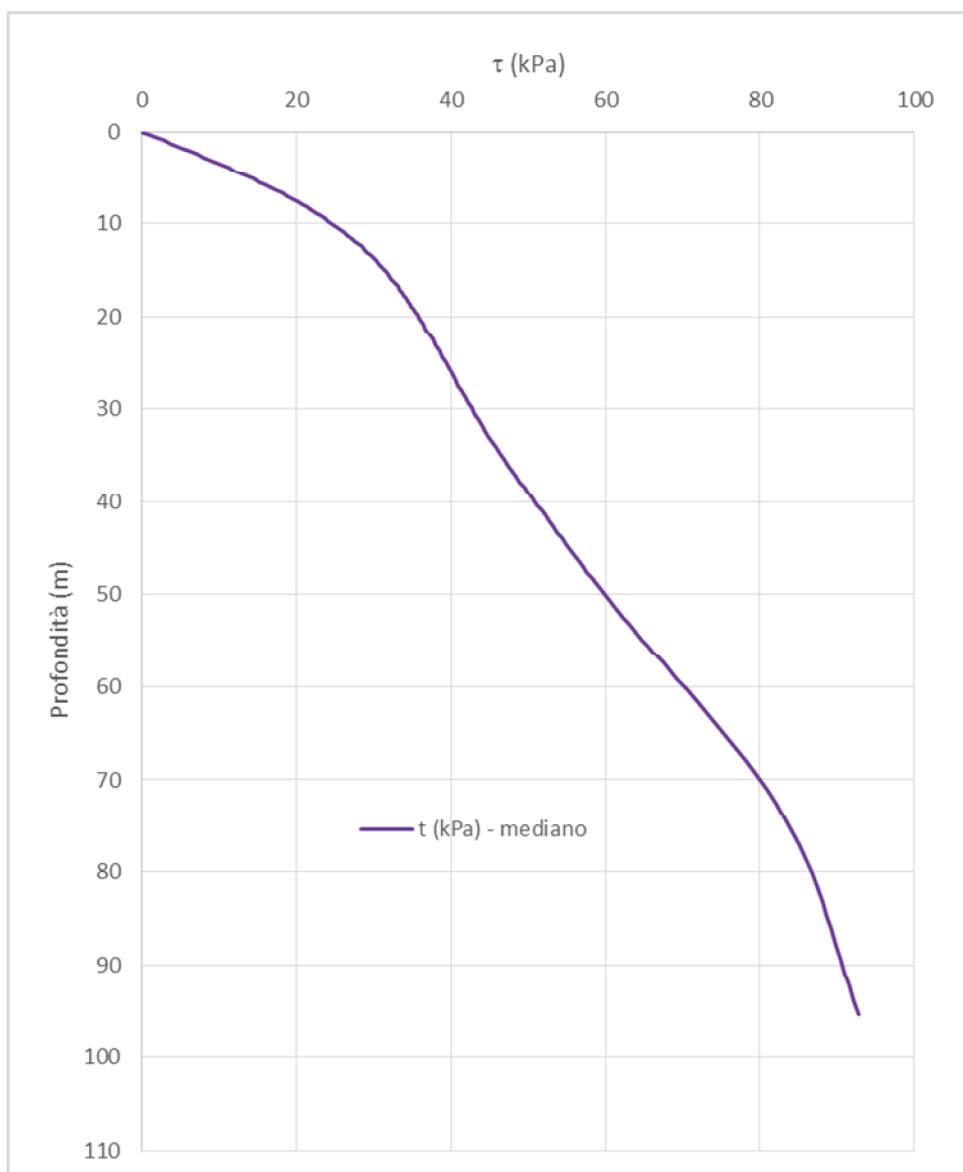
17.3736	0.053628987
17.6784	0.053619315
17.9832	0.053591026
18.288	0.053494784
18.5928	0.053334085
18.8976	0.053187538
19.2024	0.05299535
19.5072	0.052665859
19.812	0.052293466
20.1168	0.052101414
20.7264	0.051551771
21.336	0.050708538
21.9456	0.050512505
22.5552	0.050066131
23.1648	0.049729501
23.7744	0.049257926
24.384	0.048764191
24.9936	0.048151675
25.6032	0.048086677
26.2128	0.047979764
26.8224	0.047644204
27.432	0.046869723
28.0416	0.045579184
28.6512	0.045129672
29.2608	0.044341695
29.8704	0.043201517
30.48	0.041803023
31.0896	0.039553622
31.6992	0.037078117
32.3088	0.033687062
32.9184	0.03101166
33.528	0.029045519
34.1376	0.028301684
34.7472	0.0274304
35.3568	0.027109044
35.9664	0.02692924
36.576	0.027615904
37.1856	0.028656568
37.7952	0.029297108
38.4048	0.029650646
39.0144	0.029926747
39.624	0.030062773
40.2336	0.03009798
40.8432	0.02995605

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

41.4528	0.029443859
42.0624	0.028475457
42.672	0.027329744
43.2816	0.026659867
43.8912	0.025694495
44.5008	0.02456931
45.1104	0.023411585
45.72	0.02210387
46.3296	0.021146795
46.9392	0.020039173
47.5488	0.019217627
48.1584	0.018536676
48.768	0.018014203
49.3776	0.017466242
49.9872	0.016737516
50.5968	0.016048781
51.2064	0.015351059
51.816	0.014604998
52.4256	0.013921578
53.0352	0.013335138
53.6448	0.012881779
54.2544	0.012512186
54.864	0.01221339
55.4736	0.011910776
56.0832	0.011644861
56.6928	0.011492617
57.3024	0.011311084
57.912	0.011204356
58.5216	0.011081784
59.1312	0.010988115
59.7408	0.010884895
60.3504	0.010765346
61.8744	0.010895419
63.3984	0.010921222
64.9224	0.010928491
66.4464	0.011131948
67.9704	0.011581508
69.4944	0.012924441
71.0184	0.014442154
72.5424	0.01599972
74.0664	0.017683441
75.5904	0.018759056
77.1144	0.019476885
78.6384	0.019965808

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

80.1624	0.020560009
81.6864	0.020991713
83.2104	0.020953359
84.7344	0.020340512
86.2584	0.019653462
87.7824	0.018966453
89.3064	0.018323617
90.8304	0.017940226
92.3544	0.017585233
93.8784	0.016417355



Profondità (m)	τ (kPa) - mediano
0	0
0.3048	0.898240038

Piano Urbanistico Attuativo (POC a valore di PUA), Ambito PSC "ANS-B1.3"
Ambito POC: "D", Comparto: Area Bonollo - Coop Estense

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

0.6096	1.791036754
0.9144	2.682533015
1.2192	3.569228259
1.524	4.452567286
1.8288	5.331514874
2.1336	6.200769153
2.4384	7.056907157
2.7432	7.904241089
3.048	8.745307047
3.3528	9.580675645
3.6576	10.40595114
3.9624	11.22002841
4.2672	12.02547244
4.572	12.8217581
4.8768	13.60821341
5.1816	14.38226872
5.4864	15.14574453
5.7912	15.90178776
6.096	16.64090929
6.4008	17.36398772
6.7056	18.07312642
7.0104	18.75319104
7.3152	19.41170331
7.62	20.06057728
7.9248	20.68946312
8.2296	21.3041569
8.5344	21.90611302
8.8392	22.48865394
9.144	23.05586481
9.4488	23.61348319
9.7536	24.15320871
10.0584	24.67943932
10.3632	25.19119954
10.668	25.69181762
10.9728	26.18571017
11.2776	26.6605327
11.5824	27.11406615
11.8872	27.55502189
12.192	27.98062916
12.4968	28.3947119
12.8016	28.79902676
13.1064	29.19070227
13.4112	29.56832546
13.716	29.93376199

Piano Urbanistico Attuativo (POC a valore di PUA), Ambito PSC "ANS-B1.3"
Ambito POC: "D", Comparto: Area Bonollo - Coop Estense

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

14.0208	30.28783361
14.3256	30.63234626
14.6304	30.96768399
14.9352	31.29568345
15.24	31.61489341
15.5448	31.92372249
15.8496	32.22416386
16.1544	32.51974433
16.4592	32.81042478
16.764	33.0916625
17.0688	33.36538246
17.3736	33.62966101
17.6784	33.88653201
17.9832	34.13882143
18.288	34.38621546
18.5928	34.63059566
18.8976	34.87269402
19.2024	35.11169091
19.5072	35.34994104
19.812	35.58623817
20.1168	35.81643042
20.7264	36.26641843
21.336	36.71108802
21.9456	37.15741239
22.5552	37.59103063
23.1648	38.01715028
23.7744	38.43567361
24.384	38.84558465
24.9936	39.25893637
25.6032	39.67876642
26.2128	40.09529414
26.8224	40.50448856
27.432	40.91644941
28.0416	41.33614764
28.6512	41.76277004
29.2608	42.19745666
29.8704	42.63674958
30.48	43.07980246
31.0896	43.52121322
31.6992	43.96884531
32.3088	44.42746133
32.9184	44.89856308
33.528	45.36885923
34.1376	45.85146259

Piano Urbanistico Attuativo (POC a valore di PUA), Ambito PSC "ANS-B1.3"
Ambito POC: "D", Comparto: Area Bonollo - Coop Estense

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

34.7472	46.33661895
35.3568	46.83761326
35.9664	47.34578694
36.576	47.86500019
37.1856	48.38580796
37.7952	48.91226492
38.4048	49.44577888
39.0144	49.9871532
39.624	50.5332551
40.2336	51.07682246
40.8432	51.61872396
41.4528	52.16129914
42.0624	52.70195353
42.672	53.24064944
43.2816	53.77810276
43.8912	54.31349757
44.5008	54.85539166
45.1104	55.39601154
45.72	55.93808186
46.3296	56.48409301
46.9392	57.03698904
47.5488	57.60021064
48.1584	58.17031857
48.768	58.74105785
49.3776	59.31443577
49.9872	59.89248928
50.5968	60.47318519
51.2064	61.0604059
51.816	61.65532039
52.4256	62.26142163
53.0352	62.87363401
53.6448	63.50088907
54.2544	64.12815461
54.864	64.75729982
55.4736	65.38953283
56.0832	66.02935993
56.6928	66.67775394
57.3024	67.32758252
57.912	67.97736496
58.5216	68.62936187
59.1312	69.28144237
59.7408	69.9360158
60.3504	70.58874491
61.8744	72.18466094

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

63.3984	73.7611104
64.9224	75.30176518
66.4464	76.7920633
67.9704	78.23574682
69.4944	79.58538941
71.0184	80.86675036
72.5424	82.04616866
74.0664	83.13956537
75.5904	84.14124122
77.1144	85.08614945
78.6384	85.92135747
80.1624	86.69706873
81.6864	87.4240521
83.2104	88.04919453
84.7344	88.65565199
86.2584	89.24607931
87.7824	89.82214227
89.3064	90.38682377
90.8304	90.9645161
92.3544	91.54972444
93.8784	92.17078038
95.4024	92.77016674

4. CONCLUSIONI

Dalle prove penetrometriche e dalla prospezione sismica eseguite emerge come la zona in studio sia caratterizzata da un sottosuolo complessivamente abbastanza omogeneo, sia in senso verticale che laterale, composto da:

- uno spessore di copertura di circa 0,6-0,8 m, costituito da materiale superficiale antropizzato,
- un primo spessore (di circa 2 metri) caratterizzato da miscele limose, di buona consistenza e con valori di R_p medi crescenti con la profondità,
- un secondo spessore (di circa 1 metro) costituito da sabbie, con alti valori di resistenza meccanica, seguito dal tetto delle ghiaie.

Caratteristiche geotecniche leggermente differenti si trovano in corrispondenza dell'estremità nord-orientale dell'area, dove la prova penetrometrica non ha evidenziato, come per le altre prove, la presenza di uno strato ghiaioso, mostrando invece una uniforme alternanza litologica tra miscele limose e miscele sabbiose, peraltro caratterizzata da una resistenza meccanica crescente con la profondità, da buona a molto buona.

Se venisse confermata la realizzazione di un interrato, le fondazioni dell'edificio verrebbero posate in prossimità del tetto delle ghiaie, in grado di garantire portanze elevate.

La stessa sequenza litostratigrafica è stata sostanzialmente confermata dalla prospezione sismica effettuata, la quale mostra i valori minori di velocità delle onde S in corrispondenza del primo spessore e valori progressivamente crescenti con la profondità, sino ad intercettare il bedrock sismico ad una profondità di poco inferiore ai 100 m, verosimilmente rappresentato dall'interfaccia tra Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore e Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore.

Durante l'esecuzione delle prove non è stata rilevata la presenza di acqua nel sottosuolo indagato.

Circa il possibile fenomeno della liquefazione del terreno in occasione di sisma, le prove eseguite hanno sì evidenziato la presenza di un livello sabbioso nel range di profondità variabile da circa 3 a circa 4,2 metri dal p.c., ma non è stata individuata la presenza di alcuna falda acquifera. Inoltre, la carta della soggiacenza elaborata in occasione del QC del PSC di Formigine, mostra come il tetto della falda, in corrispondenza dell'area di studio, si trovi ad una profondità variabile tra -30 e -32 metri dal p.c. Pertanto è possibile escludere l'occorrenza del fenomeno.

L'indagine MASW ha permesso di ricavare il valore della V_{s30} :

$$V_{s30} = 576 \text{ m/sec.}$$

Secondo normativa, la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la B:
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 360m/s e 800m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

L'analisi dei dati sismo-stratigrafici ha permesso la definizione ai sensi della DAL RER 112/2007 dei valori del fattore di amplificazione FA, espresso sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia in termini di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0), per prefissati intervalli di periodo, corrispondente a $0.1s < T_0 < 0.5s$ e a $0.5s < T_0 < 1s$, ovvero:

$$F.A. PGA = 1,2$$

$$F.A. IS 0,1 < T_0 < 0,5 = 1,3$$

$$F.A. IS 0,5 < T_0 < 1 = 1,4$$

Considerata la classe d'uso dell'edificio in progetto, è stata eseguita anche un'analisi di risposta sismica locale lineare equivalente, nel dominio delle frequenze, utilizzando il codice di calcolo "STRATA", il profilo di V_{s30} ricavato dalla MASW e la stratigrafia costruita con le indagini eseguite ad hoc nell'area e con le indagini reperite dai database ufficiali disponibili.

L'analisi ha mostrato come per il periodo compreso tra 0 sec. a 0.31 sec (T) la sequenza litostratigrafica locale deamplifichi il segnale sismico, con fattori di amplificazione < 1 , mentre da 0.31 sec. a 2 sec. (T) il segnale venga amplificato. Eseguendo i rapporti fra gli integrali degli spettri (in pseudo-accelerazione) di output e di input nei due intervalli di periodo, i fattori di amplificazione risultano pari, rispettivamente a **0.72**_{0-0.31T} ed a **1.4**_{0.31-2T}.

L'analisi ha permesso di ricavare lo spettro medio di risposta (in pseudo-accelerazione, componente orizzontale) in superficie, la sua normalizzazione ed i profili, con la profondità, della PGA, della massima deformazione a taglio ($\gamma\%$) e delle tensioni tangenziali (τ).

In considerazione di tutto ciò è possibile dedurre che, per quanto riguarda la trasformazione dell'area in studio, non sussistono particolari problemi e questo sia dal punto di vista geotecnico, geomorfologico, idrogeologico e sismico, stabilendo pertanto la fattibilità degli interventi in progetto nel POC-PUA del Comparto "Bonollo".

Modena 14/07/2014

Dott. Geol. Valeriano Franchi

ALLEGATO N. 1

STRATIGRAFIA POZZO

POZZO AD USO DOMESTICO

P.E. 8616

16/P.D.

scheda di denuncia

219030 P662

COMPENSORIO COMUNE NUMERO PROGRESSIVO

-Ditta titolare del pozzo: FORONI CESARINO

residente a Formigine in Via F. Turati n. 17

-Pozzo in Frazione: capoluogo, Località Formigine, Mapp. No 33 / Fg. 3

-Data perforazione: 19 83; -Ditta perforatrice: ZAGM ADALGISO - BAGGIOVARA

● Parte riservata alla Ditta

-Caratteristiche del pozzo:

avanpozzo (si o no): no

φ dei tubi: mm. MM

profondità mt. 90

Usi cui è destinata l'acqua

-familiare

-abbeveraggio bestiame

-inaffiamento orto

-inaffiamento giardino

-Portata: lt./sec. 10

-Consumo giornaliero: mc. 2,00
ql. 20,0

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera:

data: 12/7/1983

firma: [Signature]

BAGGIOVARA / stradello Galassi n.9/1

Parte riservata all'Ufficio Tecnico Com.le

Localizzazione del pozzo

Longit.		Latit.		Ha.	
Quota piano campagna: m.s.l.m.				81,30	

STRATIGRAFIA DEL TERRENO

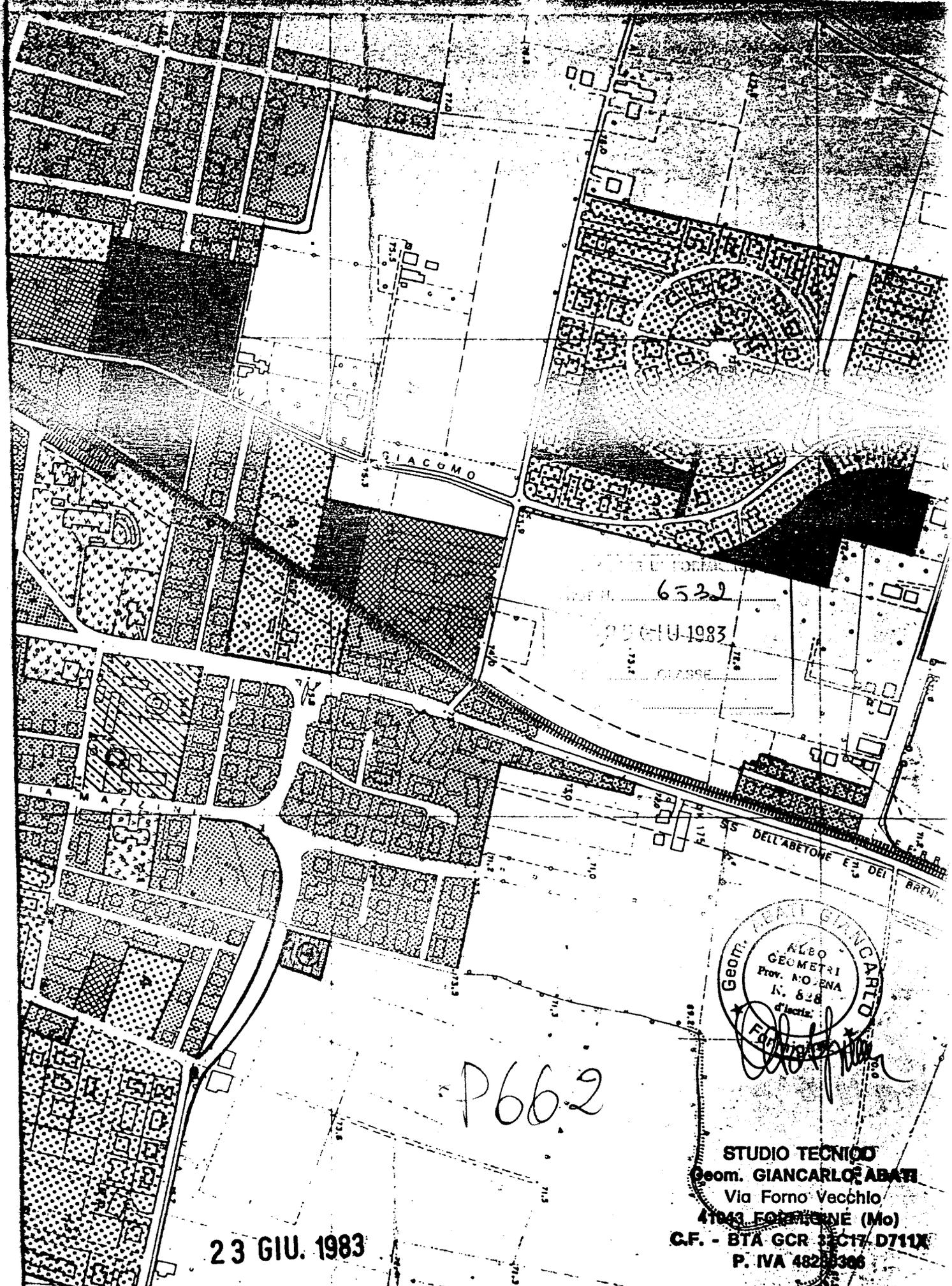
Natura dei terreni e indicazione delle falde acquifere attraversate (fenestrate)

-da mt. <u>0</u>	a mt. <u>2,70</u>	<u>TERRA</u>
-da mt. <u>2,70</u>	a mt. <u>27</u>	<u>GHIAIA</u>
-da mt. <u>27</u>	a mt. <u>43</u>	<u>TERRA</u>
-da mt. <u>43</u>	a mt. <u>49,50</u>	<u>GHIAIA</u>
-da mt. <u>49,50</u>	a mt. <u>82</u>	<u>TERRA</u>
-da mt. <u>82</u>	a mt. <u>90</u>	<u>GHIAIA</u>

Livello statico : mt. 35

Il Tecnico Comunale

N.B. : Qualora la Ditta sia in possesso di referti di analisi dell'acqua del pozzo, rilasciati da Laboratori o Gabinetti, è invitata ad allegarne copia.



23 GIU. 1983

P66.2

Geom. GIANCARLO ABATI
ALBO
GEOMETRI
Prov. MODENA
N. 828
d'iscr.

STUDIO TECNICO
Geom. GIANCARLO ABATI
Via Forno Vecchio
41043 FORNIGINE (Mo)
C.F. - BTA GCR 33C17 D711X
P. IVA 4820306

PLANIMETRIA 1:5000 con ubicazione pozzo di proprietà FORNIGI CESARINO
posto in Formigine, ed allegata a domanda 23/6/1983

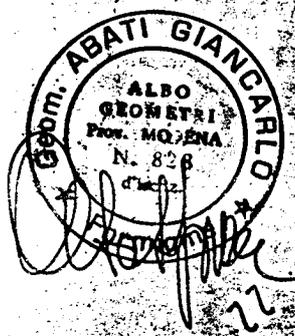
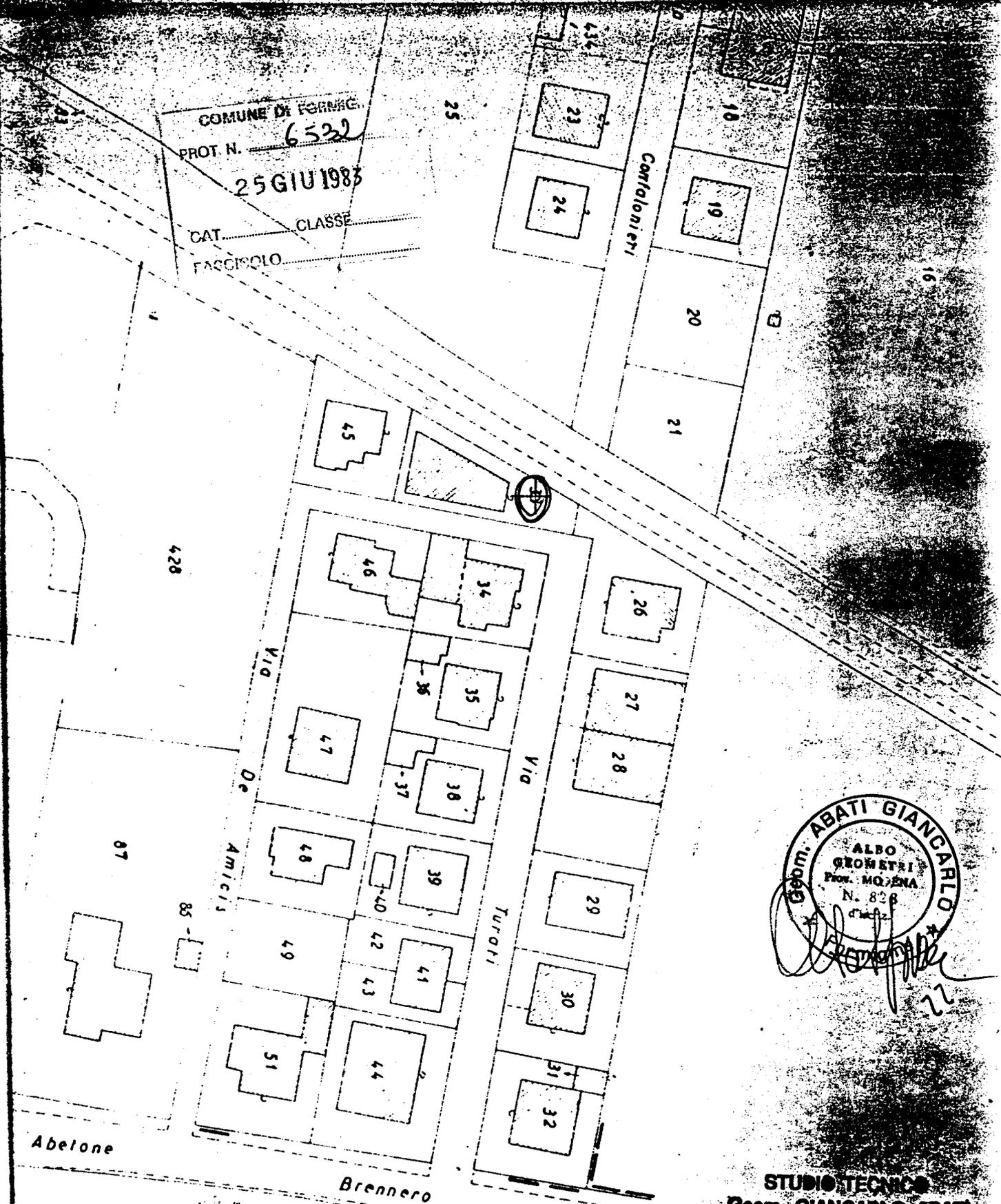
COMUNE DI FORMIGINE

PROT. N. 6532

25 GIU 1983

CAT. CLASSE

FASCICOLO



STUDIO TECNICO
 Geom. GIANCARLO ABATI
 Via Forno Vecchio
 41043 FORMIGINE (Mo)
 C.F. - BTA GCR 32C17/D711X
 P. IVA 48280366

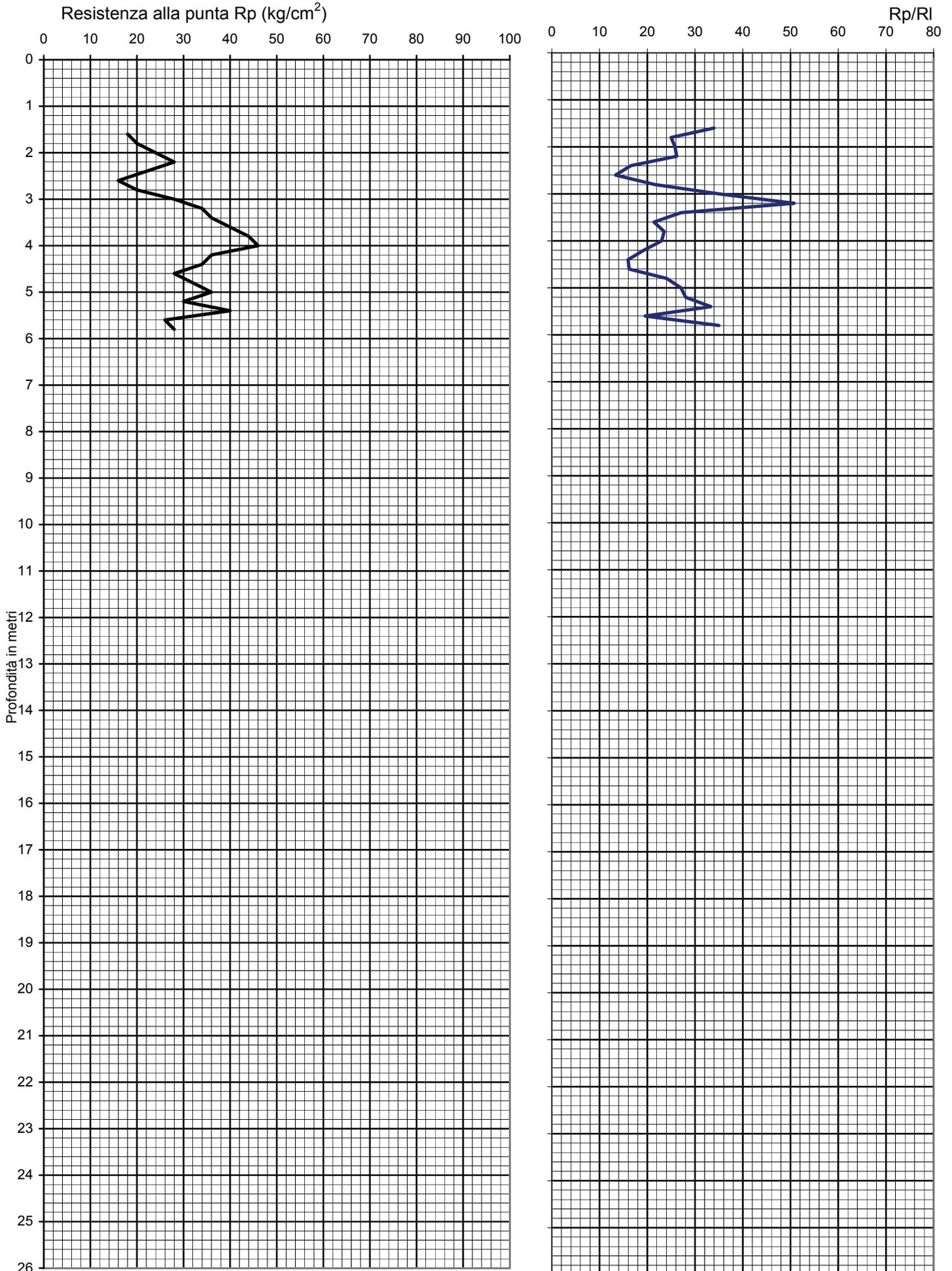
23 GIU. 1983

31

**PLANIMETRIA 1:1000 con ubicazione pozzo di proprietà FORONI CESARINO -
 posto in Formigine, ed allegata a domanda 23/6/1983**

ALLEGATO N. 2

TABULATI
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0,20					
0,40					
0,60					
0,80					
1,00					
1,20					
1,40					
1,60	18	25,95	18	0,53	33,96
1,80	20	32	20	0,80	25,00
2,00	24	37,95	24	0,93	25,81
2,20	28	44,05	28	1,07	26,17
2,40	22	41,95	22	1,33	16,54
2,60	16	34	16	1,20	13,33
2,80	20	33,95	20	0,93	21,51
3,00	28	40	28	0,80	35,00
3,20	34	44,05	34	0,67	50,75
3,40	36	55,95	36	1,33	27,07
3,60	40	68,05	40	1,87	21,39
3,80	44	72,05	44	1,87	23,53
4,00	46	76	46	2,00	23,00
4,20	36	64,05	36	1,87	19,25
4,40	34	65,95	34	2,13	15,96
4,60	28	53,95	28	1,73	16,18
4,80	32	51,95	32	1,33	24,06
5,00	36	55,95	36	1,33	27,07
5,20	30	46,05	30	1,07	28,04
5,40	40	58	40	1,20	33,33
5,60	26	45,95	26	1,33	19,55
5,80	28	40	28	0,80	35,00
6,00					
6,20					
6,40					
6,60					
6,80					
7,00					
7,20					
7,40					
7,60					
7,80					
8,00					
8,20					
8,40					
8,60					
8,80					
9,00					
9,20					
9,40					
9,60					
9,80					
10,00					
10,20					
10,40					
10,60					
10,80					
11,00					
11,20					
11,40					
11,60					
11,80					
12,00					
12,20					
12,40					
12,60					
12,80					
13,00					
13,20					
13,40					
13,60					
13,80					
14,00					
14,20					
14,40					
14,60					
14,80					
15,00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15,20					
15,40					
15,60					
15,80					
16,00					
16,20					
16,40					
16,60					
16,80					
17,00					
17,20					
17,40					
17,60					
17,80					
18,00					
18,20					
18,40					
18,60					
18,80					
19,00					
19,20					
19,40					
19,60					
19,80					
20,00					
20,20					
20,40					
20,60					
20,80					
21,00					
21,20					
21,40					
21,60					
21,80					
22,00					
22,20					
22,40					
22,60					
22,80					
23,00					
23,20					
23,40					
23,60					
23,80					
24,00					
24,20					
24,40					
24,60					
24,80					
25,00					
25,20					
25,40					
25,60					
25,80					
26,00					
26,20					
26,40					
26,60					
26,80					
27,00					
27,20					
27,40					
27,60					
27,80					
28,00					
28,20					
28,40					
28,60					
28,80					
29,00					
29,20					
29,40					
29,60					
29,80					
30,00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

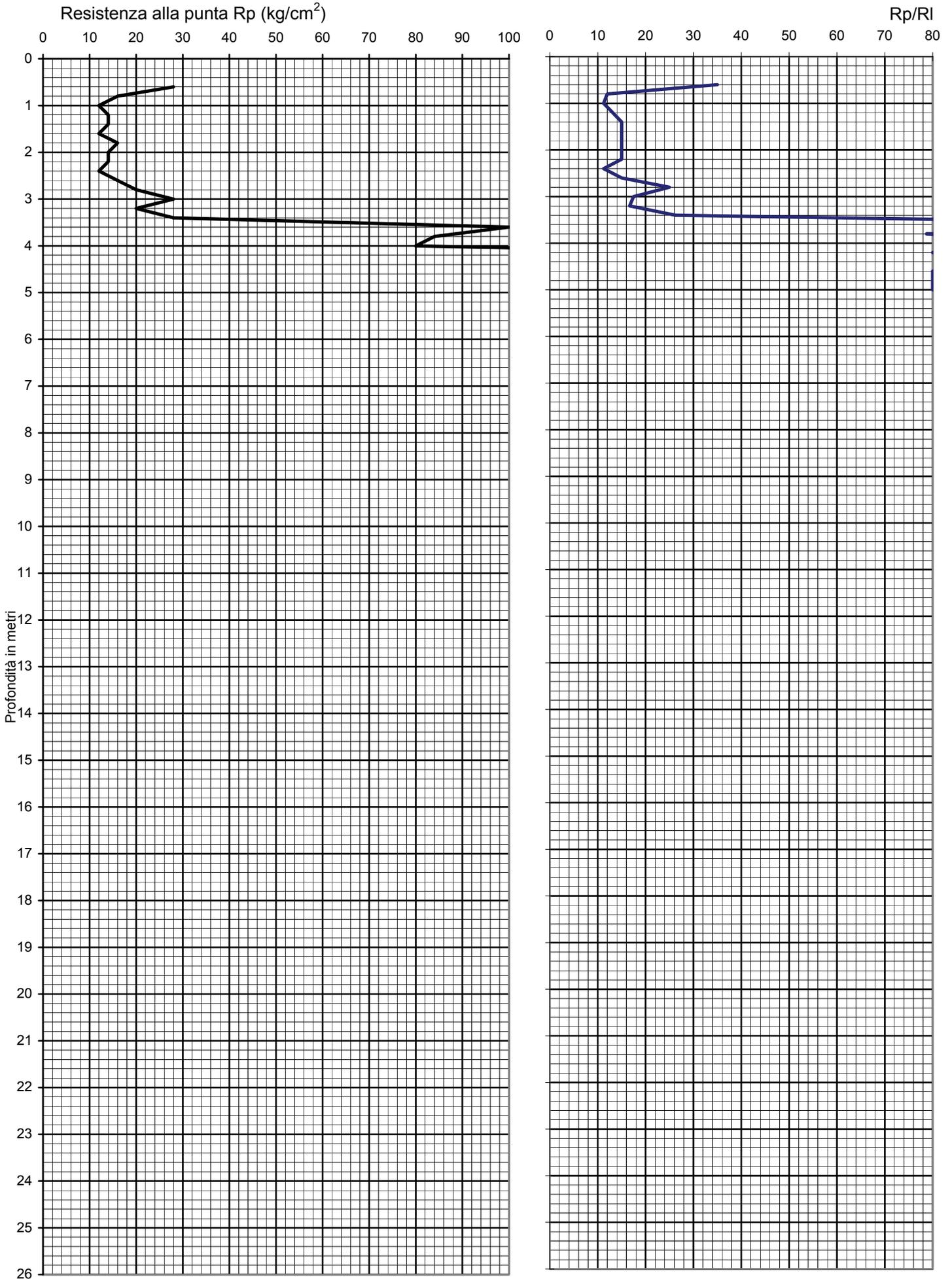
Telefono 059/313999

Telefax 059/454827

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Committente : C/O DOTT. FRANCHI
Località : DISTILLERIE BONOLLO VIA MOSCA-FORMIGINE
Prova numero : 1
Data :
Operatore : DR. REBECCHI
Quota : P.C.



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0.20					
0.40					
0.60	28	40	28	0.80	35.00
0.80	16	36	16	1.33	12.00
1.00	12	28	12	1.07	11.25
1.20	14	30	14	1.07	13.13
1.40	14	28	14	0.93	15.00
1.60	12	24	12	0.80	15.00
1.80	16	32	16	1.07	15.00
2.00	14	28	14	0.93	15.00
2.20	14	28	14	0.93	15.00
2.40	12	28	12	1.07	11.25
2.60	16	32	16	1.07	15.00
2.80	20	32	20	0.80	25.00
3.00	28	52	28	1.60	17.50
3.20	20	38	20	1.20	16.67
3.40	28	44	28	1.07	26.25
3.60	100	110	100	0.67	150.00
3.80	84	100	84	1.07	78.75
4.00	80	92	80	0.80	100.00
4.20	180		180		
4.40	140	160	140	1.33	105.00
4.60	200		200		
4.80	250		250		
5.00	300		300		
5.20					
5.40					
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

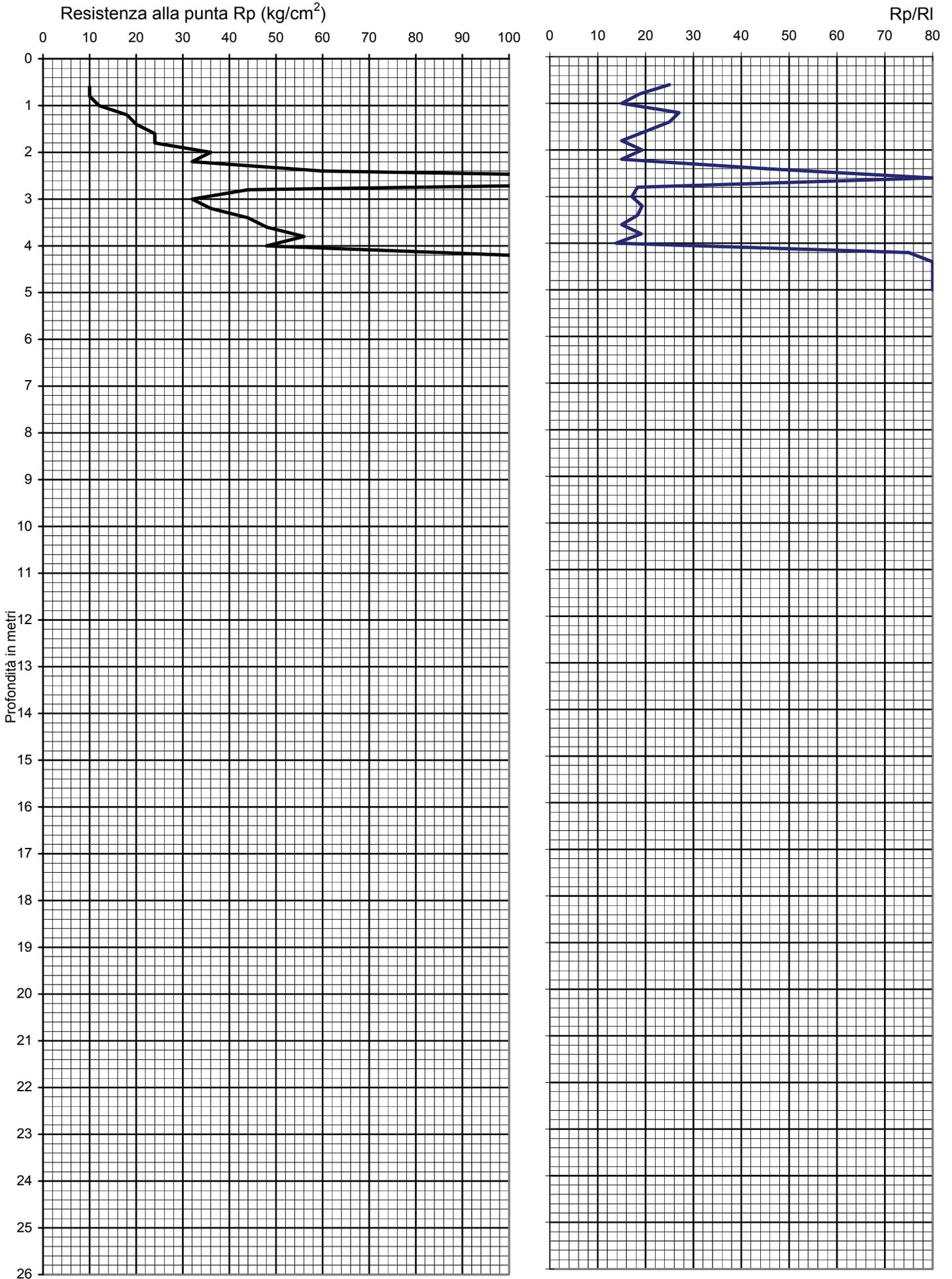
Telefono 059/313999

Telefax 059/454827

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Committente : C/O DOTT. FRANCHI
Località : DISTILLERIE BONOLLO VIA MOSCA-FORMIGINE
Prova numero : 2
Data :
Operatore : DR. REBECCHI
Quota : P.C.



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0.20					
0.40					
0.60	10	16	10	0.40	25.00
0.80	10	18	10	0.53	18.75
1.00	12	24	12	0.80	15.00
1.20	18	28	18	0.67	27.00
1.40	20	32	20	0.80	25.00
1.60	24	42	24	1.20	20.00
1.80	24	48	24	1.60	15.00
2.00	36	64	36	1.87	19.29
2.20	32	64	32	2.13	15.00
2.40	60	80	60	1.33	45.00
2.60	180		180		
2.80	44	80	44	2.40	18.33
3.00	32	60	32	1.87	17.14
3.20	36	64	36	1.87	19.29
3.40	44	80	44	2.40	18.33
3.60	48	96	48	3.20	15.00
3.80	56	100	56	2.93	19.09
4.00	48	100	48	3.47	13.85
4.20	100	120	100	1.33	75.00
4.40	260		260		
4.60	380		380		
4.80	400		400		
5.00	400		400		
5.20					
5.40					
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					



Via AUSTRIA, 24 - 41100 MODENA

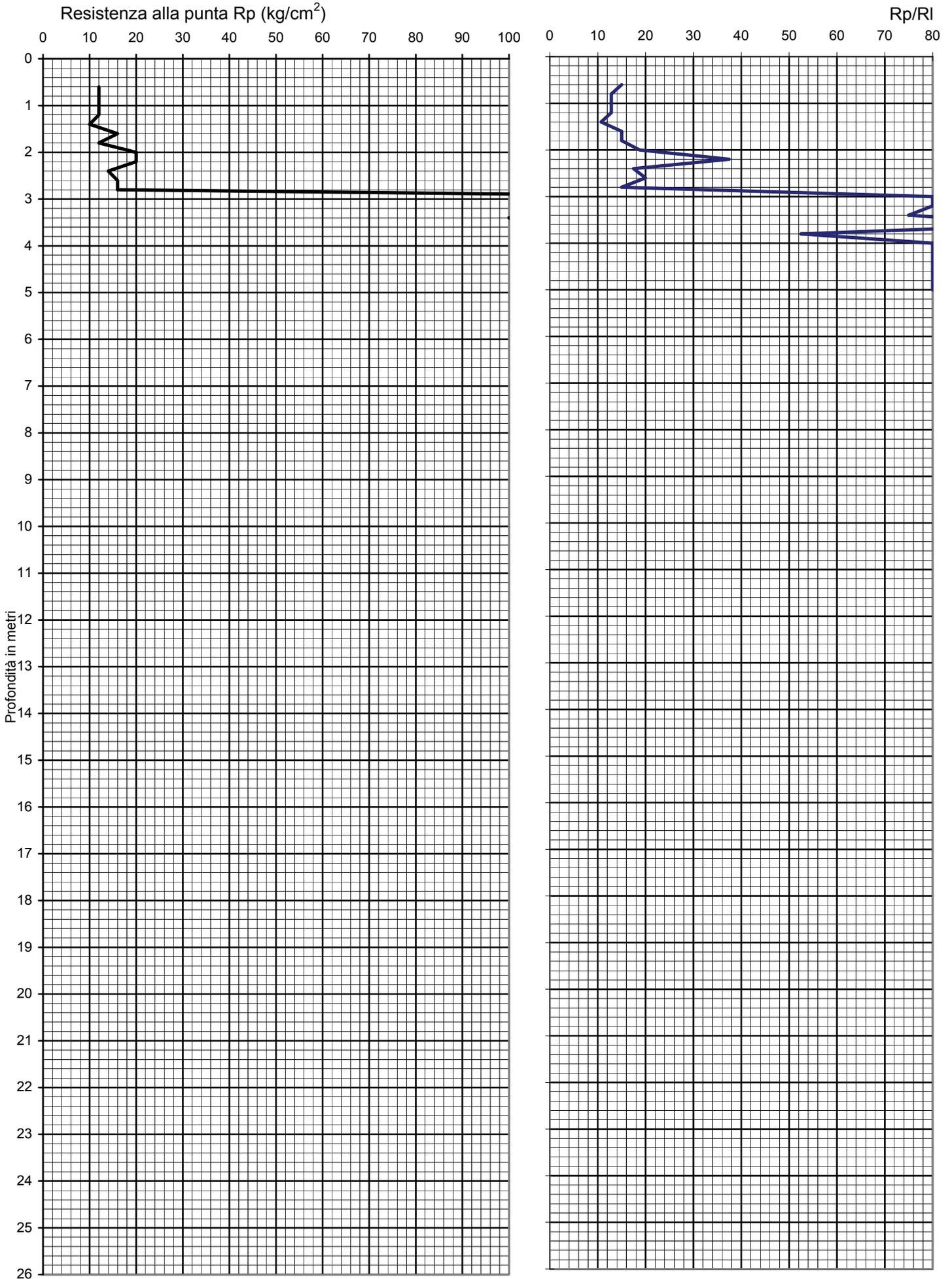
Telefono 059/313999

Telefax 059/454827

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro Gouda

Committente : C/O DOTT. FRANCHI
Località : DISTILLERIE BONOLLO VIA MOSCA-FORMIGINE
Prova numero : 3
Data :
Operatore : DR. REBECCHI
Quota : P.C.



Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
0.20					
0.40					
0.60	12	24	12	0.80	15.00
0.80	12	26	12	0.93	12.86
1.00	12	26	12	0.93	12.86
1.20	12	26	12	0.93	12.86
1.40	10	24	10	0.93	10.71
1.60	16	32	16	1.07	15.00
1.80	12	24	12	0.80	15.00
2.00	20	36	20	1.07	18.75
2.20	20	28	20	0.53	37.50
2.40	14	26	14	0.80	17.50
2.60	16	28	16	0.80	20.00
2.80	16	32	16	1.07	15.00
3.00	200		200		
3.20	220		220		
3.40	100	120	100	1.33	75.00
3.60	140	160	140	1.33	105.00
3.80	140	180	140	2.67	52.50
4.00	260		260		
4.20	300		300		
4.40	250		250		
4.60	200		200		
4.80	380		380		
5.00	450		450		
5.20					
5.40					
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

Prof. (m)	P (kg/cm ²)	P + L (kg/cm ²)	Rp (kg/cm ²)	RI (kg/cm ²)	Rp/RI [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					