

A	Aprile '21	Accordo Operativo_Area Ex SFIR			
REV.	DATA	DESCRIZIONI	GRAFICA	RESPONSABILE	CONTROLLO

Provincia di Forlì Cesena ACCORDO OPERATIVO ai sensi dell' ATTO DI INDIRIZZO approvato con Delibera di consiglio Comunale n° 72 del 28/11/2018 AREA EX - SFIR	Comune di Forlimpopoli 	N. ALLEGATO/TAVOLA ALL.05 RG- 01
--	--	--

Committente:

S.F.I.R. - Società Fondiaria Industriale Romagnola S.r.l. IN LIQUIDAZIONE

Progettisti:  ARVALLI STUDIO ASSOCIATO Ing. Arch. ALBERTO ARVALLI Palazzo Papafava dei Carraresi Via Marsala 59 - 35122 Padova (PD) TEL 049-8774693 FAX 049-8219189	Collaboratori:
---	----------------

DATA: APRILE 2021	SCALA: -
-----------------------------	-------------

TITOLO: **RELAZIONE GEOLOGICA - SISMICA
DICHIARAZIONE DI FATTIBILITA' GEOTECNICA**

COMMESSA	LIVELLO	TAVOLA			
		TIPO	CODICE	ALL/TAV	REVISIONE
59_09_S	PP	U	RG	01	A



**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
AREA EX ORBAT e EX SFIR**

Le aree del presente Accordo Operativo sono oggetto di una importante riqualificazione urbanistica.

Nell'area ex Orbat di mq 106.615 era in attività fino agli anni novanta uno stabilimento per la produzione di alcool, mentre nell'area ex SFIR di mq 122.158 era in funzione uno storico zuccherificio del gruppo Maraldi.

In considerazione del suo utilizzo negli anni, con sollecitazione e carichi di tipo industriale, in questa fase progettuale si ritiene sufficiente allegare le prove penetrometriche eseguite negli anni, rimandando puntuali verifiche geotecniche, a prima dell'inizio della cantierizzazione delle opere di urbanizzazione.

Alleghiamo inoltre la relazione predisposta dalla ditta Bernardi Immobiliare, già depositata presso l'Ufficio Tecnico di Forlimpopoli, su di una porzione di area ex SFIR al confine con la nostra area.

Ing. Arch
Alberto Arvalli

Allegati: Sondaggi
 Relazione Bernardi Immobiliare

P631

REGIONE EMILIA - ROMAGNA

Ufficio Regionale del Genio Civile di Forlì

Pratica N. 1258

SCHEMA DA RITORNARE AL GENIO CIVILE

Ditta S.F.I.R. S.p.A. SOCIETA' FONDIARIA INDUSTRIALE ROMAGNOLA

residente a FORLIMPOPOLI Via Togliatti, n° 9

Perforazione pozzo ad uso INDUSTRIALE in Comune di FORLIMPOPOLI

Frazione // Località FORLIMPOPOLI mapp. N. XII

Data di ultimazione dei lavori:

Ditta perforatrice: S.p.A. SUCCESSORI ING. A. BONARIVA - BOLOGNA - Via Zano... 19 -

CARATTERISTICHE DEL POZZO:

avanpozzo (si o no) NO
Ø interno tubi mm. 450 fino a mt. 39,00
" " " " 253 " " " 71,30
profondità mt. 71,30

CARATTERISTICHE del GRUPPO MOTORE POMPA

livello statico mt. 23,65 (10 -2 - 77)
tipo della pompa BPH 313/4B sommersa
prevalenza max. della pompa mt. 53,5
tipo del motore 7A 133/2
potenza del motore CV = 17,5

PORTATA: lt/sec. 16,6

SUPERFICIE IRRIGATA:

ha // arc // ca //

FABBISOGNO (alimento) industriale, xxxxxx

Prove eseguite nel 1968 hanno dato la portata di circa lt./sec. 6,5. Non sono più state eseguite altre prove. Funzionante nei mesi compresi fra agosto e novembre.

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

Data 14 febbraio 1977

STRATIGRAFIA REALE DEL TERRENO

Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE ATTRAVERSATE, specificando se il tubo è fenestrato in corrispondenza

Table with 2 columns: 'da mt.' and 'a mt.' followed by geological descriptions. Includes layers like Argilla sabbiosa marrone, Argilla sabbiosa variegata, Argilla grigio cenere, Ghiaia piatta grigio chiara, Ghiaietto grigio con sabbia fine, Argilla gialla compatta, Ghiaia e ghiaietto grigio con sabbia gialla, Sabbia fine gialla grigio con ghiaietto, Sabbia gialla leggermente argillosa, Argilla azzurra compatta, Argilla grigia molto sabbiosa, Ghiaia grigia con sabbia fine. Tubo fenestrato, Argilla grigia sabbiosa con detriti, Ghiaietto azzurro (acquifero). Tubo fenestrato, Ghiaia grig. azz. (acquifero). da mt. 58,78 a mt. 61,78, Ghiaia con lignite e argilla azzurra, Ghiaietto grigio (acquifero). Tubo fenestrato da mt. 64,21 a mt. 66,78, Argilla grigia plastica.

Firma

Handwritten signature and stamp area.

S.P.A. SUCCESSORI ING. A. BONARIVA BOLOGNA

POZZO N. 6 ESEGUITO PER CONTO DEL Spett.

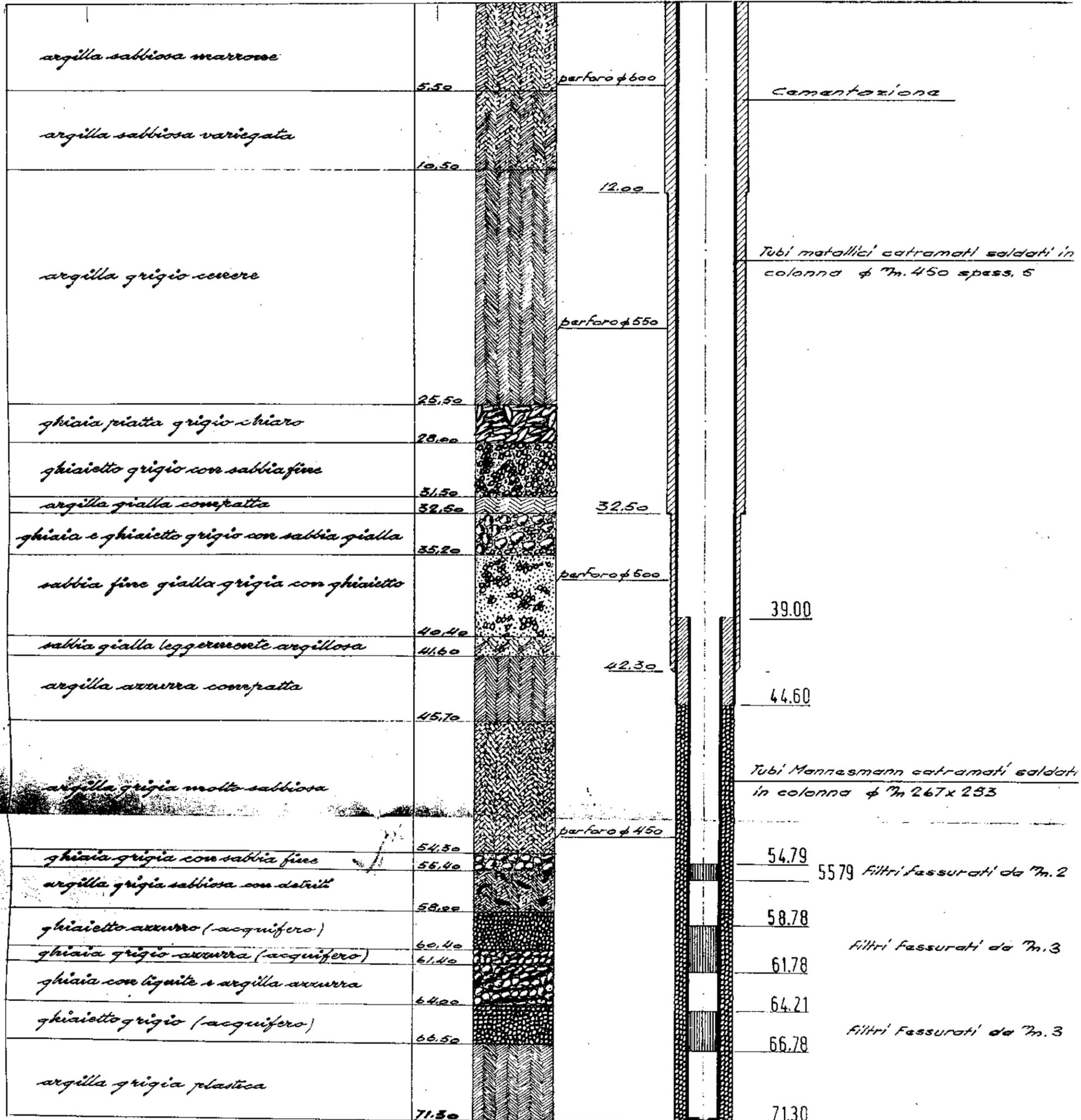
S.F.I.R. Forlimpopoli SEZIONE STRATIGRAFICA

P631

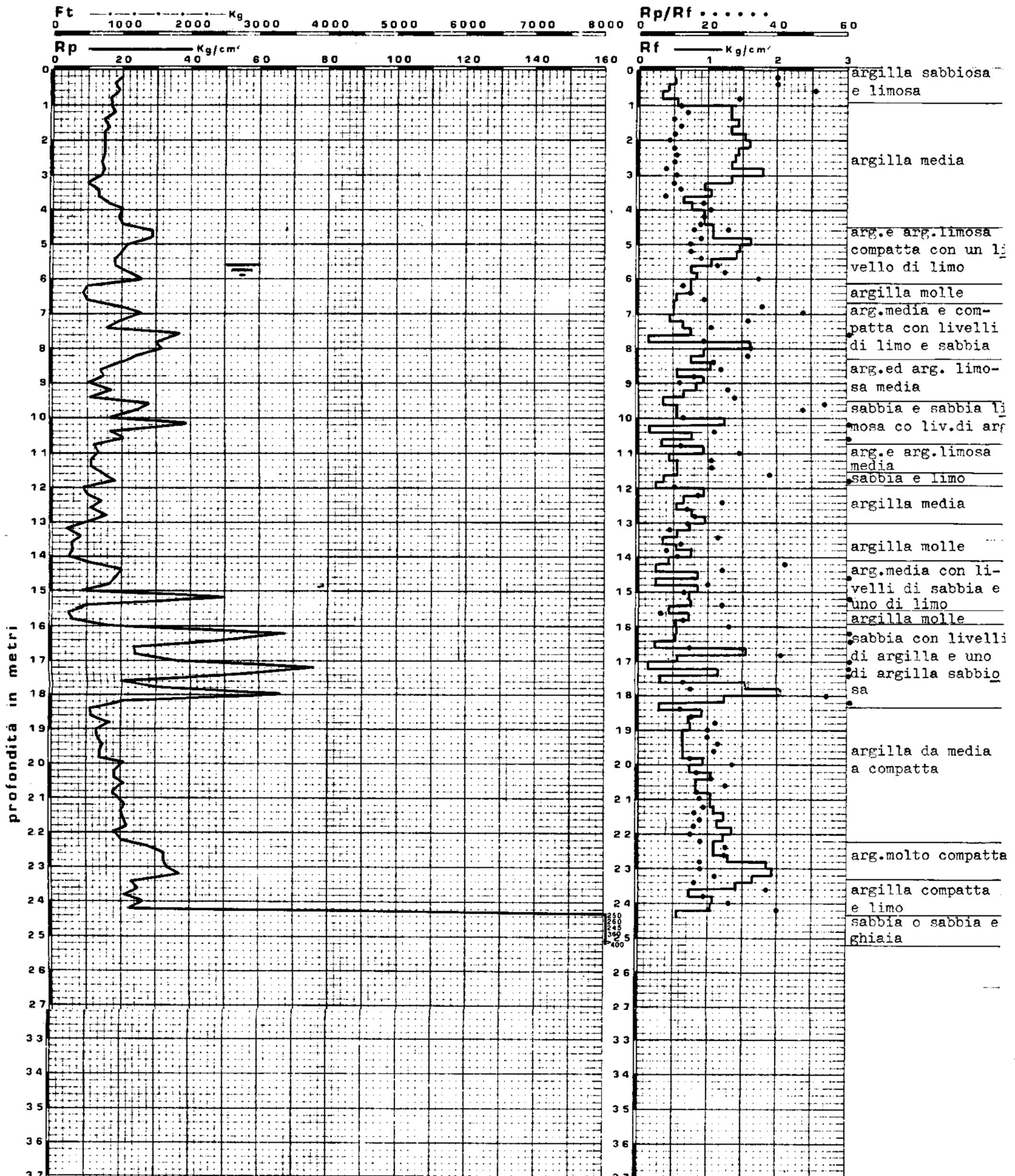
LOCALITÀ: FORLIMPOPOLI (Via per Carpinallo)

Interno Zuccherificio - estremo Nord Est.

POZZO TIPO *drandant*



255020 C047



REGIONE EMILIA - ROMAGNA

Ufficio Regionale del Genio Civile di Forlì



Pratica N. 1209.....

SCHEDA DA RITORNARE AL GENIO CIVILE

Ditta S.F.I.R. S.p.A. SOCIETA' FONTANARIA INDUSTRIALE ROMAGNOLA
 residente a FOLLIGNO, Via Tocchetti n° 9
 Perforazione pozzo ad uso INDUSTRIALE in Comune di FOLLIGNO
 profondità m. // Località FOLLIGNO mapp. N. //
 Data di ultimazione dei lavori: //
 Ditta perforatrice: S.F.I.R. S.p.A. - VIA TOCCHETTI, 9 - FOLLIGNO (RN) - TEL. 0542/411111

P630
255020

CARATTERISTICHE DEL POZZO:

avanpozzo (si o no) //
 Ø interno tubi mm. 450 fino a mt. 35,25
 " " " " 255 " " 74,00
 profondità mt. 74,00

CARATTERISTICHE del GRUPPO MOTORE POMPA

livello statico mt. 21,67 (10-2-77)
 tipo della pompa BPH 384/4 sommersa
 prevalenza max. della pompa mt. 65
 tipo del motore K.S.B. NA 413 ad immersione
 potenza del motore CV = 41

PORTATA: lt./sec. 33,3

SUPERFICIE IRRIGATA:

ha // are // ca //

FABBISOGNO (agricolo, industriale, zootecnico)

Prove eseguite nel 1968 hanno dato la portata di circa lt./sec. 8,66. Non sono più state eseguite altre prove. Funzionante nei mesi compresi tra agosto e novembre.
 La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera.

Data 10 - 2 - 1977

STRATIGRAFIA REALE DEL TERRENO

Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE ATTRAVERSALE, specificando se il tubo è fenestrato in corrispondenza

da mt. 0,00	a mt. 5,50	- Argilla giallo grigio leggermente sabbiosa
" " 5,50	" " 13,00	- Sabbia gialla finissima argillosa
da mt. 13,00	a mt. 24,00	- Argilla grigio cenere con setti limosi
" " 24,00	" " 24,80	- <u>Sabbia</u> grigia grossa (acquifera)
da mt. 24,80	a mt. 25,50	- Argilla grigio <u>scuro</u> molto sabbiosa
" " 25,50	" " 30,00	- Ghiaia grigia con poca sabbia
da mt. 30,00	a mt. 32,50	- Argilla grigia con macchie ruggine
" " 32,50	" " 38,70	- Ghiaia grigia e ruggine con sabbia fine (acquifera)
da mt. 38,70	a mt. 54,00	- Argilla grigio azzurro molto sabbiosa
" " 54,00	" " 57,00	- Sabbia grigia fine leggerm. argillosa
da mt. 57,00	a mt. 64,00	- Ghiaia grigia con ghiaietto e sabbia fine (acquifera). Fenestrato da mt. 58,98 a mt. 64,60
da mt. 64,00	a mt. 74,00	- Argilla grigio giallo con noduli azzurri e calcinelli
da mt.	a mt.

Firma S.F.I.R. S.p.A.
 Tuccillo

8,66 120

POZZO N. 5 ESEGUITO PER CONTO DEL Spett.

S.F.I.R. Forlìmpopoli

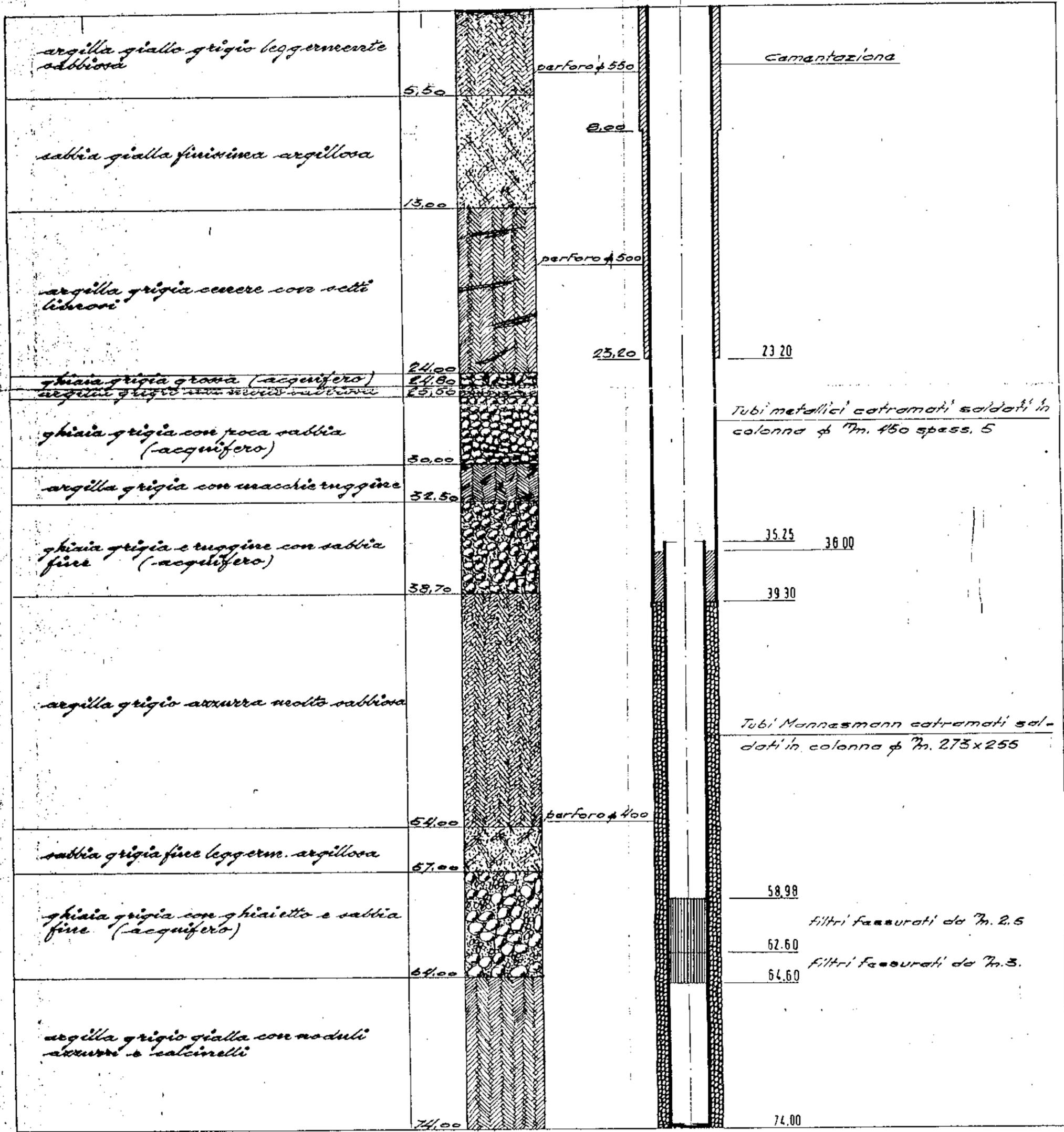
SEZIONE STRATIGRAFICA

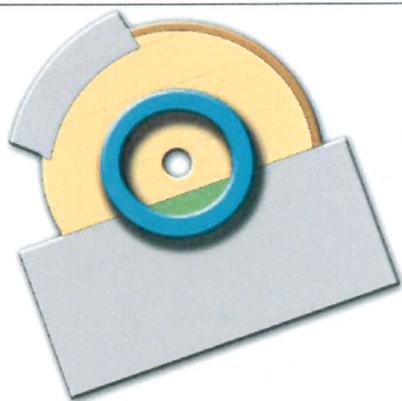
P630

LOCALITÀ: FORLIMPOPOLI

Interno stabilimento estremo ovest (presso la 1450)

POZZO TIPO *dranante*





Accordo Operativo per Ambito Insediativo A11-18, con destinazione Logistica e Terziario_direzionale_commerciale, posto su Via Amendola (comparto Ex Sfir).

*Via Amendola
(fg. 12 particelle 33,81, 106, 107, 108, 109, 449, 452, 2324)*

TAV.R1

Relazione Geologica e Sismica

Data: 16 maggio 2019

Rif. Accordo Operativo

PROPRIETA':

Bernardi Immobiliare
via maestri del lavoro n. 100
p.iva 03900670401

Arch. Silvia Mazza

via cesare battisti 13
47034 forlimpopoli (FC)
archsilviamazza@libero.it
347 3175136
0543 745460

geologo: Dott. Massimiliano Flamigni
FLMMSM71A12D705G



progetto: Arch. Silvia Mazza
piazza pompilio n. 6, forlimpopoli
MZZSLV76H54C573K

INTRODUZIONE

La BERNARDI IMMOBILIARE s.r.l. mi ha incaricato di predisporre la campagna di indagini geognostiche, effettuare le analisi e redigere la relazione geologica e sismica per verificare le condizioni generali di edificabilità di un comparto, a nord ovest dell'abitato di Forlimpopoli, in previsione dell'Accordo Operativo per Ambito Insediativo A11-18, con destinazione Logistica e Terziario/direzionale/commerciale, posto su Via Amendola (comparto Ex Sfir)".

Per questo lavoro si è proceduto:

- ad una accurata ricerca bibliografica con reperimento dei dati disponibili e delle cartografie di base e tematiche necessarie,
- ad un sopralluogo sull'area,
- alla organizzazione, predisposizione ed esecuzione di una campagna di indagini geognostiche,
- alla restituzione dei dati, all'analisi dei risultati ed alle stesura della presente relazione.

Allegati

In calce alla presente relazione sono trasmessi i seguenti allegati:

- inquadramento corografico in scala 1:25.000,
- inquadramento topografico in scala 1:5.000,
- carta geologica pubblicata dalla regione Emilia-Romagna ingrandita alla scala 1:5.000,
- mappa della perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico della variante di coordinamento tra il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli ed il Piano di Gestione del rischio alluvioni alla scala 1:25.000,
- mappa dei tiranti idrici di riferimento per le aree di pianura sottoposte a rischio di allagamento (Art. 6) della variante di coordinamento tra il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli ed il Piano di Gestione del rischio alluvioni ingrandito alla scala 1:5.000,
- mappa dei tiranti idrici di riferimento (estratto dal DEM allegato alla direttiva idraulica) per le aree di pianura sottoposte a rischio di allagamento (Art. 6) della variante di coordinamento tra il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli ed il Piano di Gestione del rischio alluvioni ingrandito alla scala 1:2.500,
- planimetria generale dell'intervento in scala 1:2500 con indicazione dei punti di esecuzione delle indagini geognostiche eseguite o disponibili,
- sezione geologica schematica,
- esiti delle indagini geognostiche e stratigrafie disponibili,

- esiti delle indagini geognostiche eseguite,
- esito dell'indagine geofisica eseguita,
- esiti delle elaborazioni effettuate per valutare il potenziale di liquefazione in condizioni sismiche.

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Sulle cartografie ufficiali della Regione Emilia-Romagna l'area di intervento è individuabile sulla Tavoletta – in scala 1:25.000 – 255 NO - Forlimpopoli (Tavola 1) e, ad una scala più grande, sull'Elemento – in scala 1:5.000 – 255024 – Forlimpopoli Ovest (Tavola 2).

Sulle planimetrie catastali del Comune di Forlimpopoli l'area è individuabile sul foglio 12 particelle 33, 81, 106, 107, 108, 109, 449, 452 e 2324 (Tavola 2 Bis).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area di intervento si trova nella porzione orientale della pianura padana.

I depositi di pianura sono oggi classificati in base ai limiti stratigrafici inconformi (discontinuità nella sedimentazione) che li comprendono e che consentono di individuare diverse unità (unità allostratigrafiche) che consentono di differenziare depositi tessituralmente anche molto simili e pertanto in altra maniera non distinguibili.

Le varie unità, di rango via via “meno importante”, sono conosciute come supersintemi, sintemi e subsintemi.

Nel quadro geologico regionale della pianura tutti i depositi quaternari marini sono inseriti nel “Supersintema del Quaternario marino” e tutti i depositi continentali fanno invece parte del “Supersintema emiliano-romagnolo”.

Il “Supersintema emiliano-romagnolo” è, a sua volta, suddiviso in due unità (sintemi): il “Sintema emiliano-romagnolo inferiore” (AEI) e il “Sintema emiliano-romagnolo superiore” (AES).

La figura 1 (fonte Regione Emilia-Romagna) riporta la suddivisione in subsintemi all'interno del Sintema emiliano-romagnolo superiore ed è valida per il settore orientale e costiero della pianura padana, nel cui ambito consente di inquadrare correttamente i depositi presenti nel sottosuolo.

L'area in esame (vedi anche carta geologica di Tavola 3 in allegato) è impostata su depositi alluvionali che in affioramento sono di natura prevalentemente limoso-argillosa e limoso-sabbiosa.

Nel sottosuolo questi depositi sono organizzati in più cicli deposizionali grossolani alla base e fini al tetto ed il susseguirsi dei vari cicli ha originato una geometria complessa del sottosuolo della pianura.

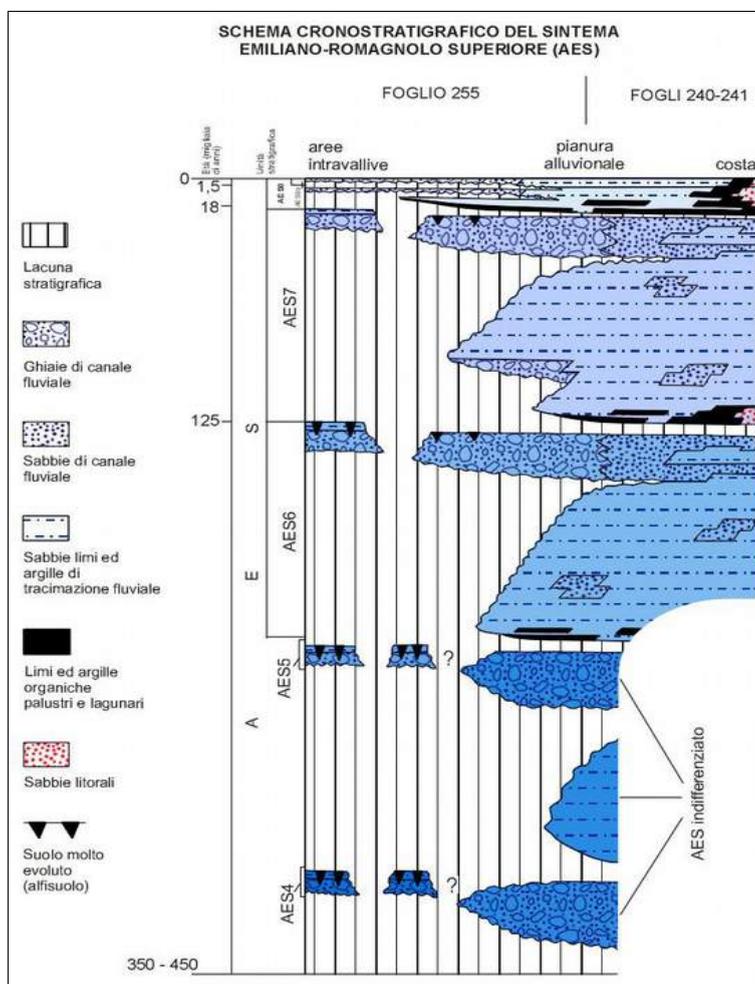


Figura 1: Schema del modello stratigrafico dell'AES adottato per il settore orientale e costiero della pianura emiliano – romagnola.

Lo stralcio di sezione geologica della figura sulla pagina seguente (l'immagine è stata ottenuta ritagliando la sezione 83, pubblicata dalla Regione Emilia-Romagna, nell'intorno dell'area di interesse) fornisce una rappresentazione del sottosuolo nell'intorno dell'area.

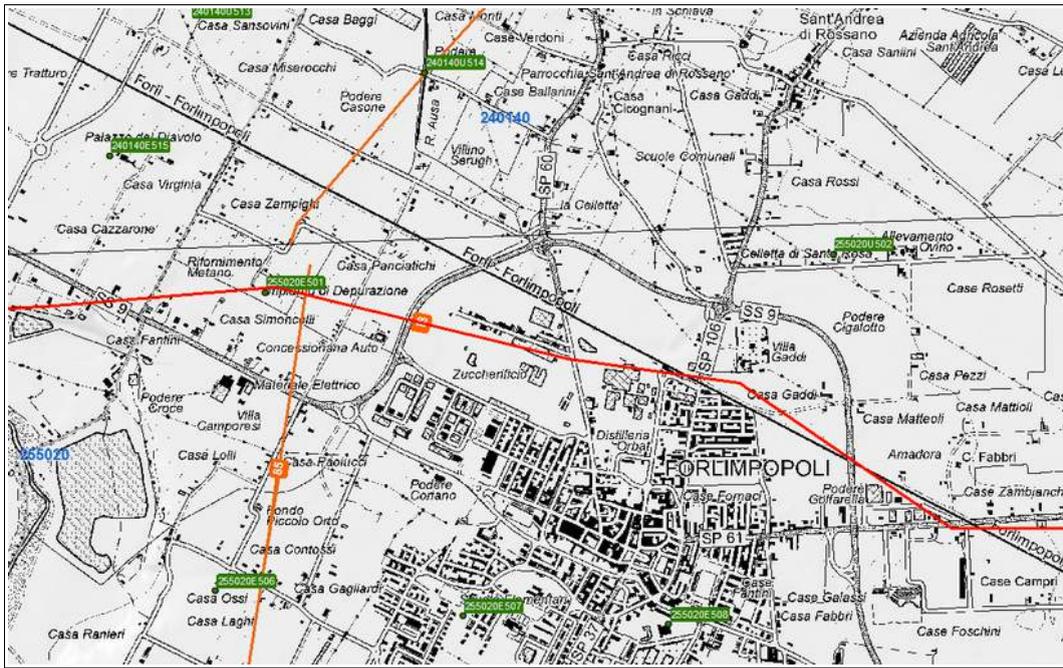


Figura 2: Tracce delle sezioni. Nella figura 3 è rappresentata una porzione della 83.

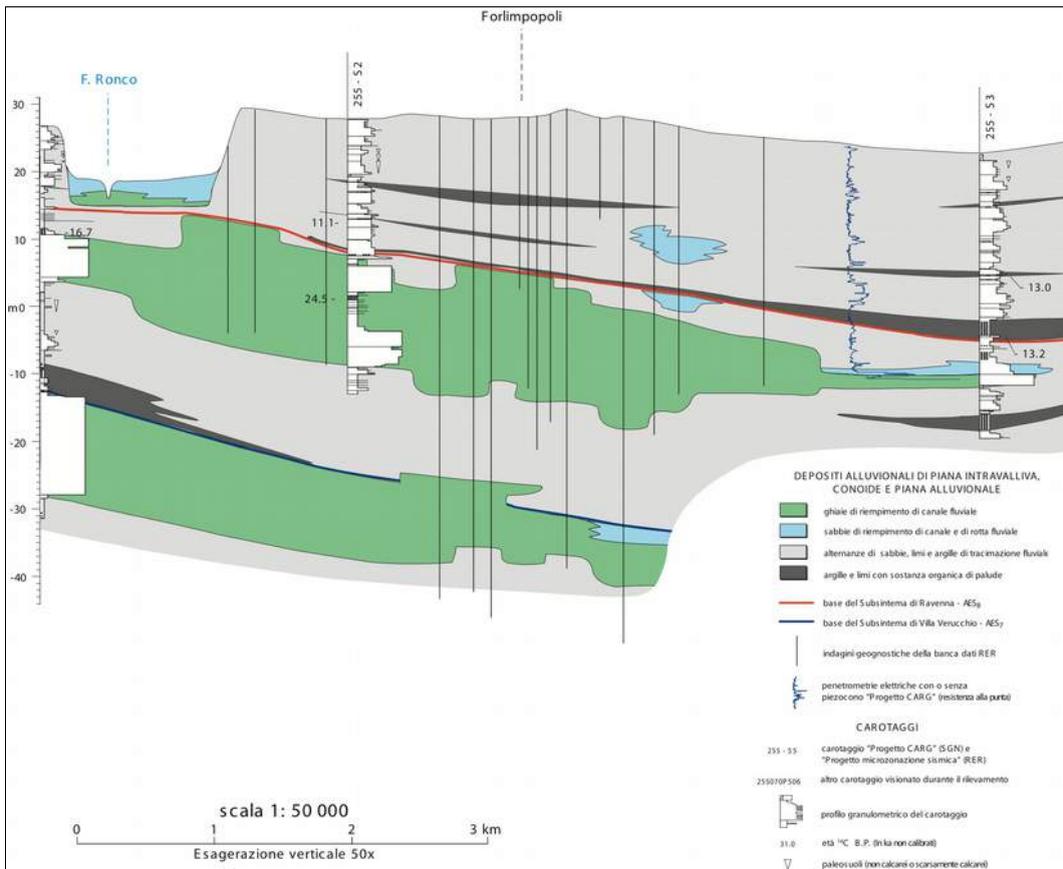


Figura 3: Tratto di sezione geologica pubblicata dalla Regione Emilia-Romagna.

INQUADRAMENTO GEOLORFOLOGICO

L'area di intervento è pianeggiante e stabile ed è caratterizzata da quote variabili (sulla base dei dati riportati sulla CTR) dai 26 ai 27 m.s.l.m.

Nella porzione orientale dell'ambito è presente un vasto piazzale asfaltato mentre in quella occidentale sono presenti in prevalenza campi agricoli.

Le importanti modifiche antropiche intervenute in questo territorio nell'arco di molti anni hanno comportato significative trasformazioni che non consentono in generale di riconoscere le originarie geoforme presenti.

PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IROGEOLOGICO

Sulla Tavola 4 in allegato è riportato un estratto della Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli – Variante di coordinamento PAI-PGRA.

Su questa tavola l'area in esame è classificata fra quelle “di potenziale allagamento” di cui all'articolo 6 delle norme del piano:

“Art.6 Aree di potenziale allagamento

- 1. Le aree di cui al presente articolo sono quelle nelle quali si riconosce la possibilità di allagamenti a seguito di piene del reticolo minore e di bonifica, nonché di sormonto degli argini da parte di piene dei corsi d'acqua principali di pianura, in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore ai 200 anni, senza apprezzabili effetti dinamici. Tali aree, individuate in conformità con il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni di cui alla Direttiva 2007/60/CE, sono indicate nelle tavole della Perimetrazione aree a rischio idrogeologico relative al territorio di pianura del bacino idrografico oggetto del presente piano.*
- 2. Al fine di ridurre il rischio nelle aree di potenziale allagamento la realizzazione di nuovi manufatti edilizi, opere infrastrutturali, reti tecnologiche, impiantistiche e di trasporto di energia sono subordinate all'adozione di misure in termini di protezione dall'evento e/o di riduzione della vulnerabilità.*
- 3. I Comuni il cui territorio ricade nelle aree di potenziale allagamento provvedono a definire e ad applicare tali misure in sede di revisione degli strumenti urbanistici comunali vigenti, e nel caso di adozione di nuove varianti agli stessi.*
- 4. L'Autorità di Bacino definisce, con la "Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica", approvata con Delibera Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003 e s. m. e i. , i tiranti idrici di riferimento e fornisce indicazioni riguardo agli*

accorgimenti tecnico-costruttivi e ai diversi gradi di cautela da adottare in funzione dei tiranti idrici di riferimento.

5. *Le previsioni degli strumenti urbanistici vigenti vengono attuate tenendo conto delle indicazioni di cui al presente articolo. In particolare, in sede di approvazione dei progetti e di autorizzazione degli interventi i Comuni, prescrivono l'adozione di tutti gli accorgimenti tecnico - progettuali di cui ai commi 3 e 4, necessari a evitare o limitare l'esposizione dei beni e delle persone a rischi connessi all'esondazione.*
6. *Qualora emergano motivi per modificare le perimetrazioni delle aree di cui al presente articolo, quali modifiche morfologiche dei siti, interventi di messa in sicurezza o nuove conoscenze di tipo idrologico e idraulico o topografico, l'Autorità di Bacino apporta le necessarie varianti cartografiche al piano secondo le medesime procedure individuate ai commi 6 e 7 dell'art. 3 precedente. “*

Sulla Tavola 4 bis, ingrandita in scala 1:5.000, sono rappresentate le classi di tiranti idrici relativi all'area come riportati sulle cartografie allegata alla “Direttiva Idraulica.” L'ambito in esame è interamente ricompreso nella classe di tirante idrico “fino a 50 cm”.

Informazioni più dettagliate sull'andamento dei tiranti idrici nell'area sono rappresentate sulla Tavola 4 ter che riporta un estratto del DEM (rappresentazione dei tiranti idrici con una *grid* a maglie quadrate di 10 metri di lato) ingrandito alla scala 1:2.500 sempre allegato alla “Direttiva idraulica”.

Dall'analisi della mappa si vede che i massimi tiranti attesi all'interno dell'ambito sono localizzati lungo una fascia centrale, allungata in direzione sud est – nord ovest, e sono dell'ordine dei 20 - 25 cm mentre la restante parte dell'ambito è caratterizzata da un tirante pari a 0.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In linea del tutto generale in questo tratto della pianura romagnola è possibile riconoscere un acquifero superficiale, a falda libera, sovrapposto ad un sistema multiacquifero con falde “profonde”, sovrapposte, talora caratterizzate da salienza (falde confinate o semiconfinate contenenti acque in pressione).

Le falde in pressione appartengono al Sistema Acquifero della Pianura Padana che può essere sinteticamente considerato come un sistema acquifero multistrato formato dai complessi delle conoidi appenniniche ed alpine e dai complessi della media e bassa pianura. Tale struttura è limitata lateralmente da una parte dai rilievi montuosi e dall'altra dal mare Adriatico.

Per quanto riguarda il primo sottosuolo, nell'area in esame, sono presenti a varie profondità dal p.c. orizzonti di terreno a tessitura sabbiosa, permeabili, e che possono ospitare una o più falde freatiche (falda di base e falde sospese) caratterizzate da soggiacenze anche modeste e da

una certa variabilità temporale (tipicamente l'oscillazione stagionale può essere di oltre un metro).

CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI

Nei paragrafi seguenti vengono considerate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche relative all'ambito in esame come ricostruite sulla base degli esiti delle indagini eseguite e disponibili e da quanto è stato possibile rilevare in sede di sopralluogo.

Le prove utilizzate per definire la stratigrafia e le principali caratteristiche meccaniche dei terreni presenti nel sottosuolo dell'ambito fanno riferimento a:

- n° 2 stratigrafie di pozzi per acqua e n° 1 prova CPT desunti dalla banca dati geognostici della Regione Emilia-Romagna,
- n° 5 prove penetrometriche statiche con punta elettrica eseguite appositamente per questo lavoro.

I punti di esecuzione delle indagini sono rappresentati sulla Tavola 5 in allegato.

Gli esiti e l'interpretazione delle prove eseguite e disponibili sono allegati in calce alla relazione.

PROVE PENETROMETRICHE

Le prove penetrometriche sono state effettuate con un penetrometro statico semovente attrezzato con punta elettrica (CPTU) con "friction jacket cone" per la misura dell'attrito laterale locale, inclinometro per la valutazione dell'eventuale deviazione dalla verticale e piezocono (CPTU) per la misura della pressione di poro.

Durante l'esecuzione delle prove i suddetti dati sono stati rilevati ad intervalli di profondità prefissati (2 cm). Da tali dati si è poi ricavata, servendosi delle correlazioni riportate nella letteratura, la successione stratigrafica lungo la verticale di prova.

Utilizzando correlazioni reperibili nella letteratura tecnica è stato inoltre possibile "tradurre in parametri meccanici" i dati rilevati in campagna per i vari livelli di terreno attraversati.

Sulla seguente tabella sono riassunti, per ogni punto individuato sulla figura 5, il tipo di prova, la data di esecuzione e la profondità raggiunta.

PROVA	TIPO	PROF. RAGG. (m dal p.c.)	ANNO	FALDA (m dal p.c.)
CPTU1	CPTU	10	7 gennaio 2019	3,70
CPTU2	CPTU	21,5	7 gennaio 2019	Foro chiuso in sup.
CPTU3	CPTU	11	7 gennaio 2019	Foro chiuso 2,30
CPTU4	CPTU	11	7 gennaio 2019	6,50
CPTU5	CPTU	11	7 gennaio 2019	Foro chiuso 0,50

SUCCESSIONE STRATIGRAFICA "LOCALE" E CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI

Correlando gli esiti delle prove e i dati stratigrafici disponibili nell'intorno dell'area si è ricostruita la sezione geologica schematica rappresentata sulla Tavola 6 in allegato.

La sezione ottenuta è sostanzialmente sovrapponibile con quella rappresentata sulla figura 3 e mostra che nel sottosuolo dell'area, fino a 21 - 25 metri di profondità, sono presenti in prevalenza limi argillosi e argille limose, compatte o molto compatte, in alternanza con livelli lenticolari prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi.

A 25 metri dal p.c. si rinviene il primo orizzonte ghiaioso presente nel sottosuolo il cui spessore, di circa sei metri, è noto solo sulla base delle stratigrafie rilevate all'interno dei pozzi.

I livelli limoso-argillosi sono in prevalenza compatti (consistenza plastica) o molto compatti (consistenza solido-plastica).

I valori di coesione non drenata (c_u) sono variabili dai circa 0,6 kg/cmq agli oltre 1,0 kg/cmq (in funzione della consistenza) ed il modulo edometrico (M) varia dai circa 60 kg/cmq a oltre 80 kg/cmq.

Per quanto riguarda i livelli sabbiosi e limoso-sabbiosi sono da sciolti ($D_r < 40\%$) a mediamente addensati ($D_r \approx 53-60\%$) caratterizzati da valori di angolo di attrito variabili dai circa 21° (depositi sciolti) fino a circa 40° .

Le ghiaie, in matrice sabbiosa, sono da addensate a molto addensate ($D_r > 60\%$) con angoli di attrito variabili dai 39 ai 42° .

Il sito è quindi caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali, compatti o addensati, pertanto le condizioni stratigrafiche e geomeccaniche che caratterizzano il sito sono, pur con i necessari approfondimenti che dovranno accompagnare la progettazione definitiva/esecutiva degli interventi edilizi, tali da consentire la realizzazione di un intervento nell'area.

SISMICITA' DEL TERRITORIO

Il territorio comunale di Forlimpopoli è stato interessato, nel corso dei terremoti passati, da intensità macrosismiche risentite pari a un VIII° grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg.

Il "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" (CPTI2015 - A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi) riporta, per il comune di Forlimpopoli, intensità massime del VII grado MCS (figura 4) mentre la "Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni dell'Emilia-Romagna" (figura 5) indica per questo comune una intensità pari all'VIII° MCS.

Il Comune di Forlimpopoli è comunque classificato sismico, di II categoria, fino dal 1983.

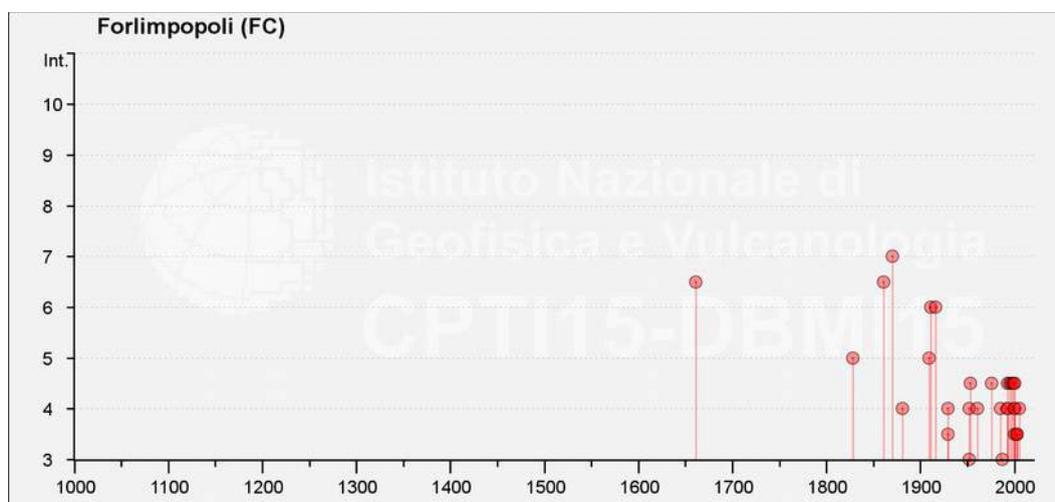


Figura 4: Storia sismica Comune di Forlimpopoli (CPTI 2015)

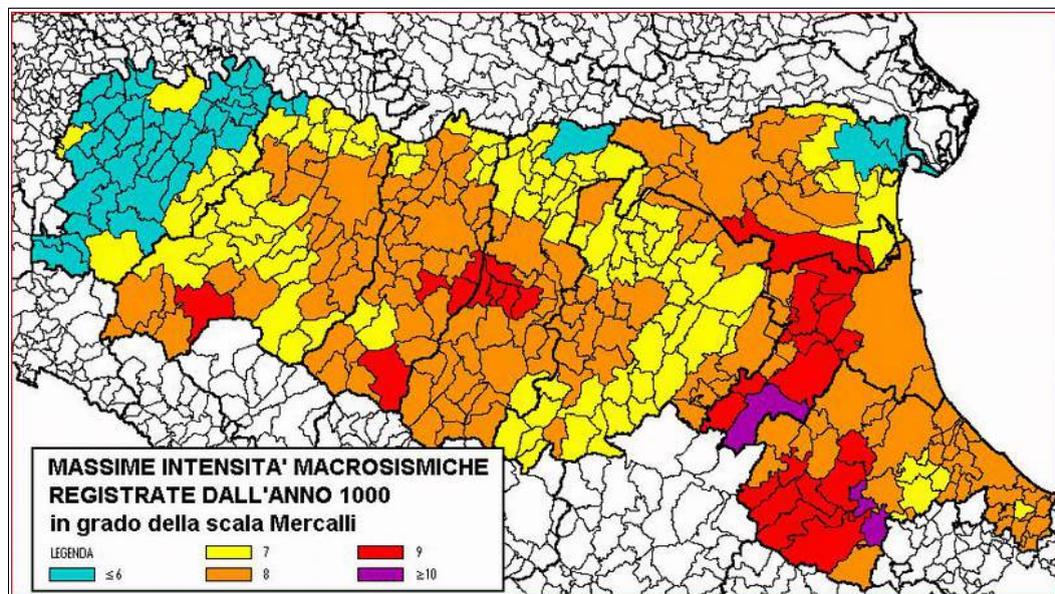


Figura 5: Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate in Emilia-Romagna

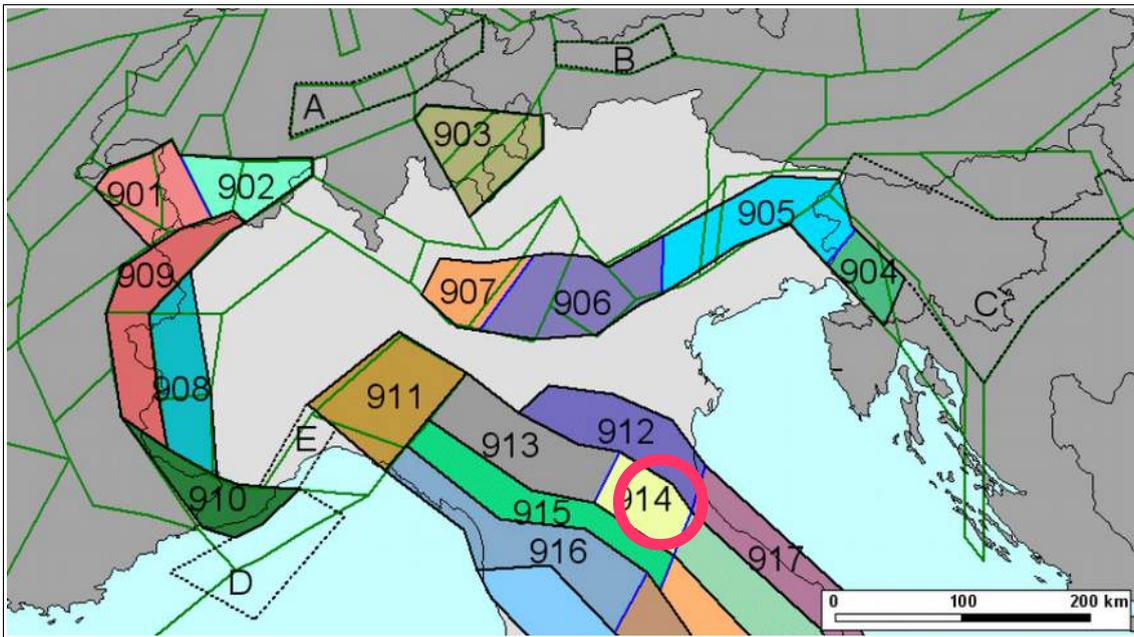


Figura 6: Zonazione sismogenetica ZS9

Nell'ambito della zonazione sismogenetica "ZS9" (figura 6) definita dal "Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa della Pericolosità Sismica" dell'INGV, l'area di intervento ricade entro la zona 914.

Questa zona rappresenta, assieme alla 913 ed alla 918, una fascia di transizione, che si sviluppa da Parma si estende fino all'Abruzzo, nella quale convivono differenti meccanismi: terremoti prevalentemente compressivi si sviluppano nella parte nord occidentale dell'area e, "probabilmente distensivi nella porzione più sud orientale". Meccanismi trascorrenti sono caratteristici delle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo, ciò non di meno, nel rapporto conclusivo della zonazione ZS9, in associazione alla 912 è riportato un di magnitudo massima pari a 6,14.

Con le Ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 (OPCM 3274/2003) e n° 3519 del 28 aprile 2006 (OPCM 3519/2006) tutti i comuni italiani sono stati classificati (o ri-classificati) sulla scorta del valore assunto dal picco di accelerazione al suolo (Peak Ground Acceleration o PGA) desunto da studi di pericolosità sismica del Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia relativi all'intero territorio nazionale (sulla figura 7 si riporta la Mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale disponibile al sito web <http://zonesismiche.mi.ingv.it>).

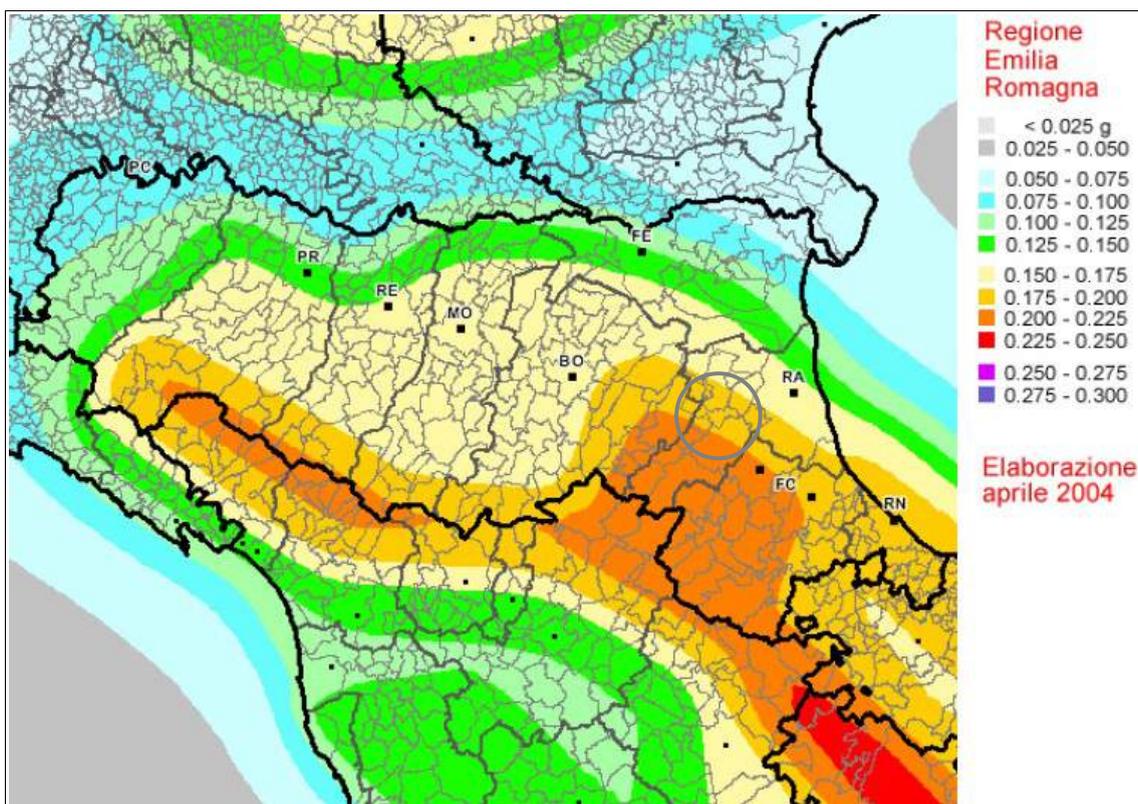


Figura 7: Mappa di pericolosità sismica di base della Regione Emilia-Romagna, ricavata dai valori di pericolosità disponibili per il territorio nazionale sul sito web <http://zonesismiche.mi.ingv.it> (OPCM del 28 aprile 2006 n.3519, All. 1b) e calcolati per una griglia di 0,05°, in termini di accelerazione massima del suolo (espressa come percentuale dell'accelerazione di gravità g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi e pianeggianti ($V_s > 800$ m/s; categoria di sottosuolo A, par. 3.2.2 del DM 14/01/2008).

In base a questi studi il territorio italiano è stato raggruppato in 4 distinte classi, definite Zone sismiche, distinte in base alle differenti accelerazioni di picco su suolo rigido e quindi da una differente pericolosità sismica di base (vedi tabella seguente). In tale occasione il territorio comunale di Forlimpopoli era stato inserito in zona sismica 2 con accelerazioni massime su suolo A pari a 0,25g.

	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)
Zona 1	> 0,25
Zona 2	0,15 – 0,25
Zona 3	0,05 – 0,15
Zona 4	< 0,05

INDAGINI GEOFISICHE

Per la ricostruzione del profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo dell'area il 7 gennaio 2019 è stata eseguita una misura digitale del rumore sismico a stazione singola, con tromografo sismico e metodologia HVSR.

Il punto di esecuzione dell'indagine è rappresentato sulla Tavola 5 in allegato.

Gi esiti della stessa, assieme ad una breve spiegazione della metodologia utilizzata, sono contenuti nell'allegato "Misura digitale del rumore sismico".

La prova ha consentito di ricavare il seguente profilo di velocità:

Da m:	A m:	Velocità onde S (m/sec)
0	4,6	110
4,6	6,6	340
6,6	18,6	220
18,6	48,6	360
48,6	128,6	450
Inf.		550

Il metodo consente anche l'analisi delle frequenze fondamentali di amplificazione del sito per il quale permette di individuare l'amplificazione di risonanza tipica del terreno. Questo dato consentirà utili confronti con il modello sismico delle opere in progetto.

<i>Frequenze e periodo di risonanza del deposito, significative per l'ingegneria</i>		
	Frequenza	Periodo
T1	6.52 Hz	0.15 sec
T1	1.76+2.8 Hz	0.56+0.35 sec
T1	1.04 Hz	0.96 sec

CARATTERIZZAZIONE DEL SITO SECONDO LE NTC 2018

Le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008 e aggiornamento del D.M. 17 gennaio 2018) hanno radicalmente modificato il modo di calcolare l'azione sismica da considerare nella progettazione passando da un approccio "zona-dipendente" (in cui per ciascuna zona – e quindi per ciascun Comune – veniva fornito un valore unico di accelerazione di picco e di conseguenza uno spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche di progetto) ad un approccio "sito-dipendente", in cui l'azione sismica di base (su suolo rigido) risulta "variabile da punto a punto" e viene definita per interpolazione dai valori delle azioni note in specifici punti del territorio nazionale sulla base di studi effettuati dal Istituto

Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. L'azione sismica di base è così diventata indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Le condizioni geologiche e geomorfologiche del sito vanno poi a modificare il segnale sismico determinando l'azione sismica di progetto che quindi considera:

- l'amplificazione legata alle condizioni stratigrafiche del sito,
- l'amplificazione legata alle condizioni topografiche del sito.

Con le NTC 2018 per la definizione delle azioni sismiche di progetto ci si dovrebbe in generale riferire a specifiche analisi di Risposta Sismica Locale (RSL).

Qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni presenti in un dato sito siano tuttavia chiaramente riconducibili a specifiche categorie (definite nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018) si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità (equivalente) di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$.

$$V_{s,eq} = H / \sum_{i=1,N} (h_i / V_{s,i}) \quad (1)$$

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

dove:

- h_i = spessore dello strato i -esimo in metri
- $V_{s,i}$ = velocità dell'onda di taglio i -esima
- N = numero di strati
- H = profondità del substrato "sismico", cioè quella formazione o terreno, molto rigido, caratterizzato da $V_s > 800$ m/sec.

Se il substrato è più profondo di 30 metri si utilizza per la classificazione sismica del terreno la V_{s30} .

Devono inoltre essere valutati gli eventuali effetti cosismici che possono avere influenza sul progetto.

In base al profilo di velocità riportato a pagina 12, applicando l'equazione 1, si ottiene una V_{s30} da 0 a 30 m dal p.c. di 224 m/s cui corrisponde una categoria di sottosuolo di tipo C: "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s*". La categoria topografica è T1.

CARATTERIZZAZIONE DEL SITO SECONDO LA DGR 2193/2015

La Regione Emilia-Romagna, (DGR 2193 del 21.12.2015) nell'ottica di una riduzione del rischio sismico già a livello di pianificazione, prevede analisi specifiche.

Per la valutazione dei fattori di amplificazione in termini di PGA e Intensità Spettrale (quest'ultima per periodi compresi tra 0,1 e 0,5 sec [SI1], 0,5 e 1,0 sec [SI2] e 0,5 e 1,5 sec. [SI3]) secondo l'approccio semplificato della DGR 2193/2015 si può fare riferimento a quanto riportato sulle tabelle contenute nell'Allegato A2 della normativa.

La tabella di riferimento per l'area in esame (tabella che viene riportata sulla pagina seguente) è, come si vede sulla mappa di figura 8 (mappa tratta dalla pubblicazione CNR – Istituto per la dinamica dei processi ambientali: "*Abachi per la valutazione dei fattori di amplificazione per le indagini di microzonazione sismica di secondo livello in Emilia-Romagna, A.Tento, L.Martelli, A. Marcellini, Milano, 2015*), quella relativa al MARGINE definito come: "*settore di transizione fra la zona collinare (Appennino) e la pianura caratterizzato da terreni prevalentemente fini sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine pleistoceniche o da peliti plio-pleistoceniche (substrato non rigido)*".

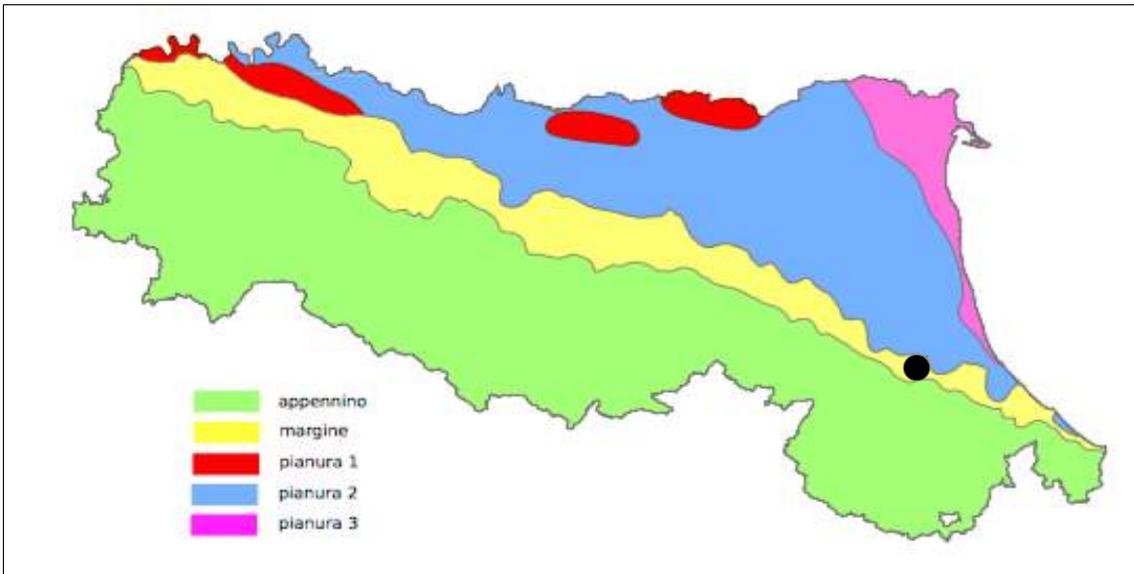


Figura 8: Localizzazione indicativa degli ambienti geomorfologici e litostratigrafici in Emilia-Romagna. (Da: “Abachi per la valutazione dei fattori di amplificazione per le indagini di microzonazione sismica di secondo livello in Emilia-Romagna” di A.Tento, L.Martelli, A. Marcellini, Milano, 2015). Il circoletto indica approssimativamente l'area in esame.

In particolare l'area è di “MARGINE DI TIPO B” caratterizzato da spessori di terreni fini superiori a 30 metri; gli strati grossolani sovrastano altri strati di terreni fini presenti fino al substrato.

Tabella MARGINE di tipo B (Allegato A2 – DGR 2193/2015)

Vs 30 m/s	150	200	250	300	350	400
F.A.PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5
F.A. S.I.1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
F.A. S.I.2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
F.A. S.I.3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

A fronte dei valori di Vs30 calcolati (che come abbiamo visto risultano pari a 224 m/s) si possono quindi definire (cautelativamente) i seguenti fattori di amplificazione:

- F.A. PGA = 1,6
- F.A. SI1 (0,1 s < T0 < 0,5 s) = 1,9
- F.A. SI2 (0,5 s < T0 < 1,0 s) = 2,8
- F.A. SI3 (0,5 s < T0 < 1,5 s) = 3,1

ANALISI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

In presenza di terreni incoerenti saturi in occasione di un evento sismico possono instaurarsi fenomeni di liquefazione ciclica del terreno.

Per liquefazione si intende il quasi totale annullamento della resistenza al taglio del terreno con l'assunzione di un comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. Tale fenomeno dipende sia dalle caratteristiche geotecniche del terreno sottoposto a sollecitazione sismica che dal tipo e dalla durata della sollecitazione nonché da eventuali fattori ambientali.

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti.

Durante un evento sismico vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza.

Se la scossa sismica produce un numero di cicli sufficiente a far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione.

Poiché la pressione di confinamento aumenta con la profondità e l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce, la resistenza alla liquefazione aumenta con la profondità.

In relazione alla durata della sollecitazione e all'ampiezza delle vibrazioni, tanto queste saranno maggiori, tanto più alta sarà la possibilità che si arrivi alla liquefazione.

Altri fattori che possono influenzare il fenomeno della liquefazione sono costituiti dalla presenza di condizioni statiche preesistenti che possono essere modificate dalla sollecitazione sismica (es. tipico dei versanti). In questo caso l'instaurarsi del fenomeno della liquefazione dipenderà anche dal rapporto che si stabilisce tra le tensioni di taglio indotte dal sisma e quelle statiche preesistenti.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Anche la distribuzione, la forma delle particelle e il grado di uniformità influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso.

Per quanto riguarda la storia delle sollecitazioni sismiche su un deposito si può affermare che precedenti deformazioni moderate influiscano positivamente sulla resistenza del deposito, mentre una storia caratterizzata da alti livelli di deformazione (deposito già soggetto a liquefazione) ha effetti negativi sul potenziale di (ri)liquefazione.

I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono comunque i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti.

Secondo quanto previsto dalla Delibera di Giunta Regionale 2193/2015, la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- 1 - Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- 2 - Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
- 3 - Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
 - $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N1)_{60} > 20$;
 - $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N1)_{60} > 25$
- 4 - Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Fig. 7.10 (b) per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$,
- 5 - Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.

Anche le NTC 2008 enumerano una serie di casi di esclusione (ovvero casi in cui la verifica può essere omessa) e precisamente:

- 1 - eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5
- 2 - accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0,1 g
- 3 - profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal p.c. (per p.c. sub orizzontale e strutture con fondazioni superficiali)
- 4 - depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore di resistenza determinato in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore di resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa
- 5 - la distribuzione granulometrica (vedi figura sulla pagina seguente) è esterna alle zone indicate nella figura 7.11.1.(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in figura 7.11.1.(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$. (Figura 9 sottostante):

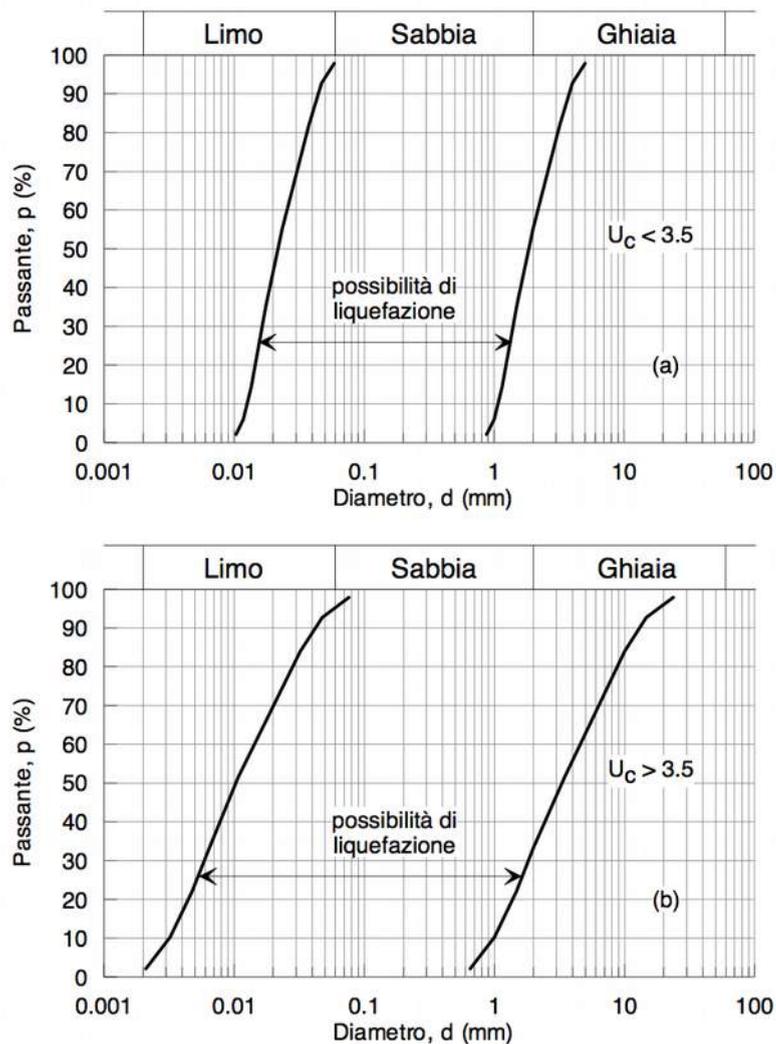


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Figura 9: Fusi granulometrici che permettono di omettere le analisi (AGI 2005 e NTC 2008)

Sulla base di quanto emerso nel corso della trattazione nel caso specifico del sito sarà quindi necessario valutare la possibilità di liquefazione ciclica dei depositi presenti.

Analisi della liquefazione sulla base degli esiti di prove in sito

Sulla base di una estesa osservazione delle caratteristiche dei depositi che sono stati sede di fenomeni di liquefazione, vari Autori hanno ricavato delle relazioni tra parametri geotecnici e parametri sismici che, o in forma di equazioni o di abachi, permettono di confrontare un profilo ottenuto elaborando i dati penetrometrici con un analogo profilo di valori che nel sito in esame,

in rapporto alla sua sismicità, sono da ritenersi critici. Tali metodi possono essere applicati seguendo un approccio deterministico o uno probabilistico

Valutazione del rischio di liquefazione – approccio deterministico

Nell'approccio deterministico viene *in primis* ricostruita la curva di resistenza alla liquefazione in termini di rapporto di tensione ciclica (CRR = *Cyclic Resistance Ratio*) che discrimina i casi in cui si sono osservati fenomeni di liquefazione da quelli in cui la stessa non è avvenuta.

Questa viene poi “confrontata” con il parametro di carico sismico (sempre espresso come rapporto di tensione ciclica) CSR che viene stimato sulla base di considerazioni teoriche ed empiriche e delle caratteristiche del terremoto (magnitudo e accelerazione di picco in superficie).

Il fattore di sicurezza FSL, nella verifica di resistenza alla liquefazione di un livello di terreno è per definizione il rapporto fra la capacità di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di resistenza ciclica, $R=CRR$, e la domanda di resistenza alla liquefazione, espressa in termini di rapporto di tensione ciclica, $L=CSR$, ovvero:

$$FSL=R/L=CRR/CSR$$

Pertanto per stimare il fattore di sicurezza FSL occorre valutare separatamente le due variabili CSR e CRR.

Nel presente studio questa valutazione è stata effettuata con il metodo di *Robertson e Cabal (2009)* e con il metodo riportato nelle raccomandazioni AGI (2005)

Per una rappresentazione sintetica del rischio di liquefazione è necessario riferirsi ad un unico valore numerico associato alla verticale di prova. A tal fine si utilizza l'Indice di Potenziale alla Liquefazione LPI:

$$LPI = \int_0^{z_{crit}} F(Z) W(Z) dz$$

L'indice del potenziale di liquefazione esprime quantitativamente la severità del rischio di liquefazione. Nelle tabelle seguenti sono indicate le classi di severità del rischio in funzione del valore dell'indice di liquefazione calcolato che sono lievemente differenti per le differenti metodologie di calcolo che saranno utilizzate.

IWASAKI

Valore di LPI	Rischio di liquefazione
LPI ≤ 5	Basso
5 < LPI ≤ 15	Elevato
LPI > 15	Estremamente elevato

FACCIORUSSO E VANNUCCHI - ROBERTSON

Valore di LPI	Rischio di liquefazione
LPI ≤ 2	Basso
2 < LPI ≤ 5	Moderato
5 < LPI ≤ 15	Elevato
LPI > 15	Estremamente elevato

Valutazione della probabilità di liquefazione – approccio probabilistico

Nell'approccio probabilistico si considera simultaneamente l'influenza di più variabili (trattate come variabili aleatorie) in grado di contribuire alla liquefazione ottenendo "infinite" curve di resistenza alla liquefazione ciascuna corrispondente a una differente probabilità di inizio del fenomeno. Questo consente di avere una grandezza legata a un livello di incertezza e quindi di valutare il livello di salvaguardia nei confronti del fenomeno stesso.

È una misura della facilità con cui il fenomeno può avvenire in ambiti in cui l'approccio deterministico indica che sussiste una pericolosità dell'evento.

L'approccio utilizzato in questo studio è quello messo a punto da Juang et al. (2002) e ripreso da Facciorusso e Vannucchi (2009) che individua una legge diretta che lega il valore di Probabilità di inizio liquefazione (PL) con il valore del fattore di sicurezza ottenuto in modo deterministico:

$$PL = 1 / [1 + (FSL/A)^B]$$

con A = 1,0 e B = 3.3.

Analogamente a quanto visto per l'approccio deterministico per una rappresentazione sintetica della Probabilità di liquefazione è necessario riferirsi ad un unico valore numerico associato alla verticale di prova. A tal fine si utilizza l'Indice di probabilità di liquefazione LPbl

$$LPbl = \int_0^{z_{crit}} PL(Z) W(Z) dz$$

anche questo indice è definito nel campo 0 – 1 ed esprime quantitativamente la severità del fenomeno.

Classe	Valore di LPbl	Giudizio di pericolosità
5	$LPbl \geq 0,85$	Liquefazione quasi certa
4	$0,65 \leq LPbl < 0,85$	Liquefazione molto probabile
3	$0,35 \leq LPbl < 0,65$	Liquefazione e non liquefazione egualmente probabili
2	$0,15 \leq LPbl < 0,35$	Liquefazione improbabile
1	$LPbl < 0,15$	Non liquefazione quasi certa

Applicazione della metodologia all'area di indagine

La procedura descritta è stata applicata alle prove penetrometriche eseguite per questo studio seguendo diversi metodi dovuti a Robertson e Cabal (2009), alle raccomandazioni AGI (2005) ed a Facciorusso e Vannucchi (2009) utilizzando un valore di Magnitudo pari a 6,14.

Le accelerazioni e i fattori di amplificazione utilizzati sono maggiorati rispetto a quelli derivanti dall'applicazione della dalla DGR 2193/2015 già ricavata nei paragrafi precedenti e comunque superiori a quelli ottenibili dall'applicazione delle NTC 2008. Gli elaborati contenenti le analisi eseguite sono riportati in allegato.

Per l'analisi si è proceduto *in primis* alla verifica dei coefficienti di sicurezza alla liquefazione (verifica di suscettibilità alla liquefazione) per ogni strato considerato e poi si è giunti ad una rappresentazione sintetica del rischio sfruttando LPI.

La tabella seguente è un quadro sinottico degli esiti delle elaborazioni effettuate che riporta i valore dell'Indice del potenziale di liquefazione ottenuti dai calcoli.

Prova	<i>Iwasaki</i>		<i>Vannucchi e Facciorusso</i>		<i>Robertson e Cabal</i>	
	Senza correzione strati sottili	Con correzione strati sottili	Senza correzione strati sottili	Con correzione strati sottili	Senza correzione strati sottili	Con correzione strati sottili
CPTU1	7,1	6,2	7,2	6,2	5,4	4,2
CPTU2	7,9	5,2	7,9	5,2	6,0	4,2
CPTU3	5,0	3,5	5,1	3,5	3,3	2,4
CPTU4	1,9	1,1	1,9	1,1	1,4	0,6
CPTU5	5,2	4,4	5,2	4,4	4,1	3,7

Il rischio di liquefazione, come è ovvio aspettarsi, è variabile in funzione del metodo di calcolo usato ma in generale è risultato alto (elevato), in assenza delle correzioni per la presenza degli strati sottili e fortemente ridimensionato se si considera la presenza degli strati stessi.

L'analisi svolta in termini probabilistici, quella per la determinazione dell' Indice di probabilità di liquefazione indica tuttavia che la “non liquefazione è quasi certa”.

CONCLUSIONI

Si sono analizzate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche di un'area, a nord ovest dell'abitato di Forlimpopoli, in previsione dell'Accordo Operativo per Ambito Insediativo A11-18, con destinazione Logistica e Terziario/direzionale/commerciale, posto su Via Amendola (comparto Ex Sfir) per verificare le condizioni generali di edificabilità del comparto.

L'area di interesse è pianeggiante e stabile ma l'intensa antropizzazione non permette di riconoscere alcuna delle originarie geoforme presenti.

I terreni presenti sono di origine alluvionale e, nel primo sottosuolo, di natura prevalentemente limoso-argillosa e limoso-sabbiosa.

Si tratta di depositi generalmente compatti o molto compatti caratterizzati da parametri meccaniche tali da consentire la realizzazione nell'area di normali strutture e delle relative dotazioni territoriali.

La falda idrica, rilevata nel corso delle indagini a 3,7 m dal p.c., potrà trovarsi (in occasione dei periodi di massimo ravvenamento) a livelli assai più prossimi alla superficie (plausibilmente 2,0-2,5 m) con tutte le possibili problematiche ad essa connesse (i.e. necessità di impermeabilizzare le parti dei manufatti a contatto con il terreno per evitare la risalita capillare).

L'area è classificata fra quelle di potenziale allagamento ed i tiranti idrici raggiungono localmente livelli dell'ordine dei 20 – 25 cm, la maggior parte del comparto ha un tirante pari a 0.

Dal punto di vista sismico (DGR 2193/2015) per il sito in esame si sono valutati i seguenti fattori di amplificazione in termini di PGA e Intensità di Housner:

- F.A. PGA = 1,6
- F.A. SI1 (0,1 s < T0 < 0,5 s) = 1,9
- F.A. SI2 (0,5 s < T0 < 1,0 s) = 2,8
- F.A. SI3 (0,5 s < T0 < 1,5 s) = 3,1

Sulla base delle analisi eseguite i terreni granulari presenti nel sottosuolo dell'ambito, pur presentando localizzati rischi connessi alla liquefazione ciclica, sono anche caratterizzati da un basso indice di probabilità di liquefazione il che rende, per il sito in esame, la "Non liquefazione quasi certa".

Analizzando gli elaborati delle analisi sismiche si vede come i cedimenti connessi alla compattazione dei terreni fini sia in generale estremamente contenuta (al di sotto dei 10 cm).

In conclusione, ferma restando la necessità di ulteriori verifiche ed indagini geologiche e geotecniche che dovranno accompagnare i livelli successivi di progettazione definitiva ed esecutiva degli interventi edilizi, il comparto appare adeguato alla realizzazione di interventi come quelli previsti.

TAVOLA 1: INQUADRAMENTO COROGRAFICO IN SCALA 1:25.000 -
TAVOLETTA 255 NO - FORLIMPOPOLI

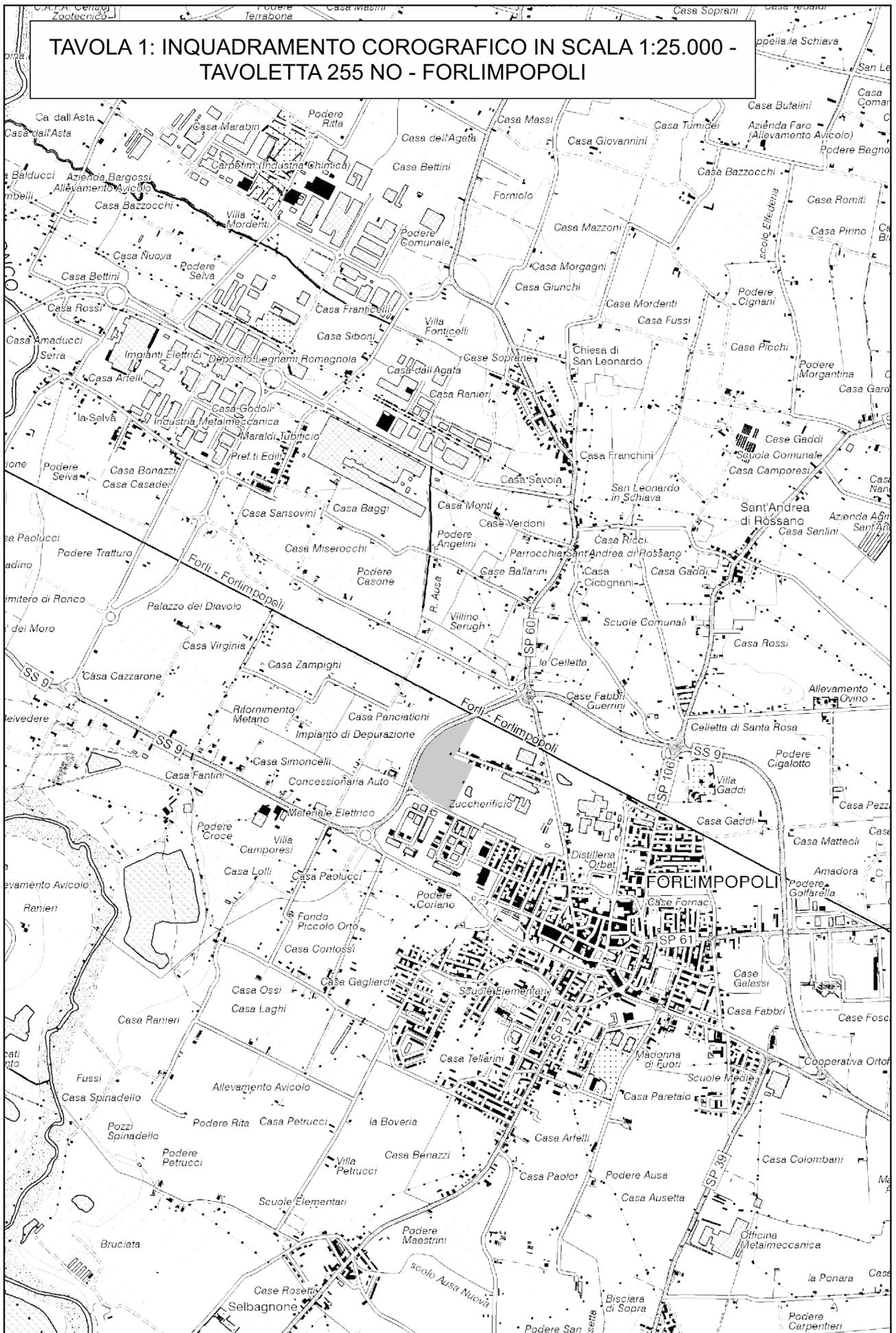


TAVOLA 2: INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO IN SCALA
1:5.000: ELEMENTO 255024 - FORLIMPOPOLI OVEST



TAVOLA 3: CARTA GEOLOGICA PUBBLICATA DALLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA - SCALA 1:5.000.

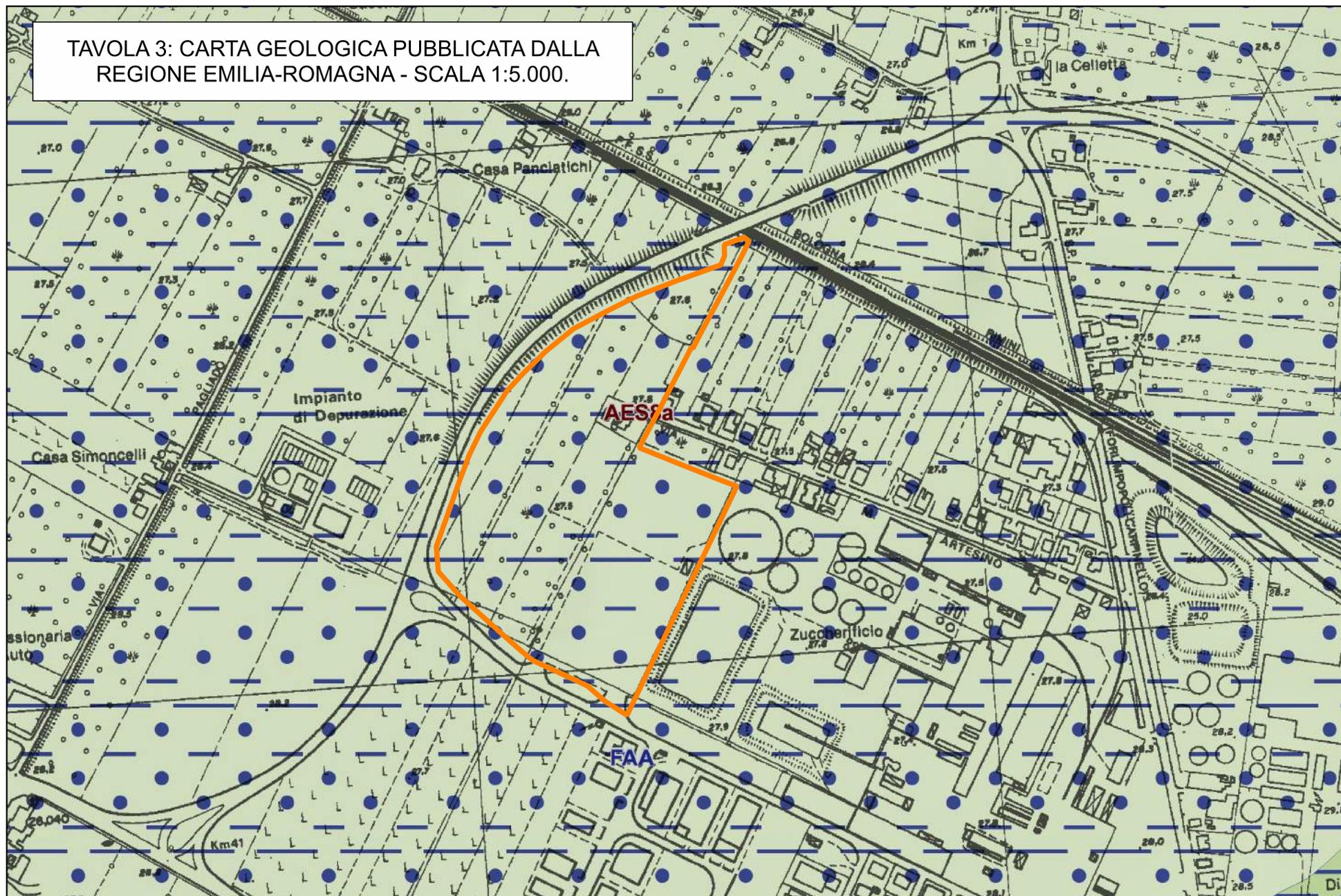
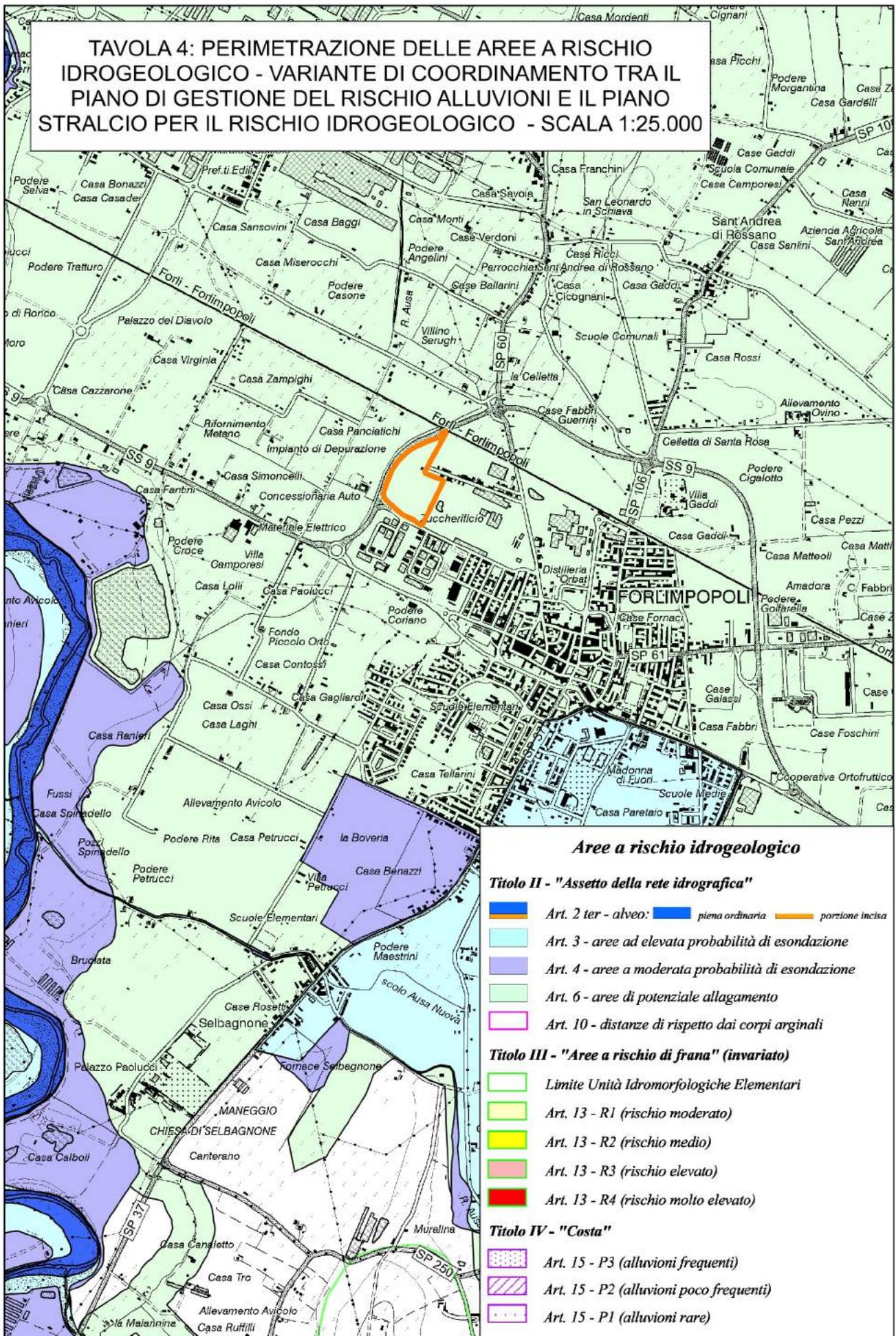


TAVOLA 4: PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO - VARIANTE DI COORDINAMENTO TRA IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI E IL PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO - SCALA 1:25.000



Aree a rischio idrogeologico

Titolo II - "Assetto della rete idrografica"

- Art. 2 ter - alveo: ■ piena ordinaria ■ porzione incisa
- Art. 3 - aree ad elevata probabilità di esondazione
- Art. 4 - aree a moderata probabilità di esondazione
- Art. 6 - aree di potenziale allagamento
- Art. 10 - distanze di rispetto dai corpi arginali

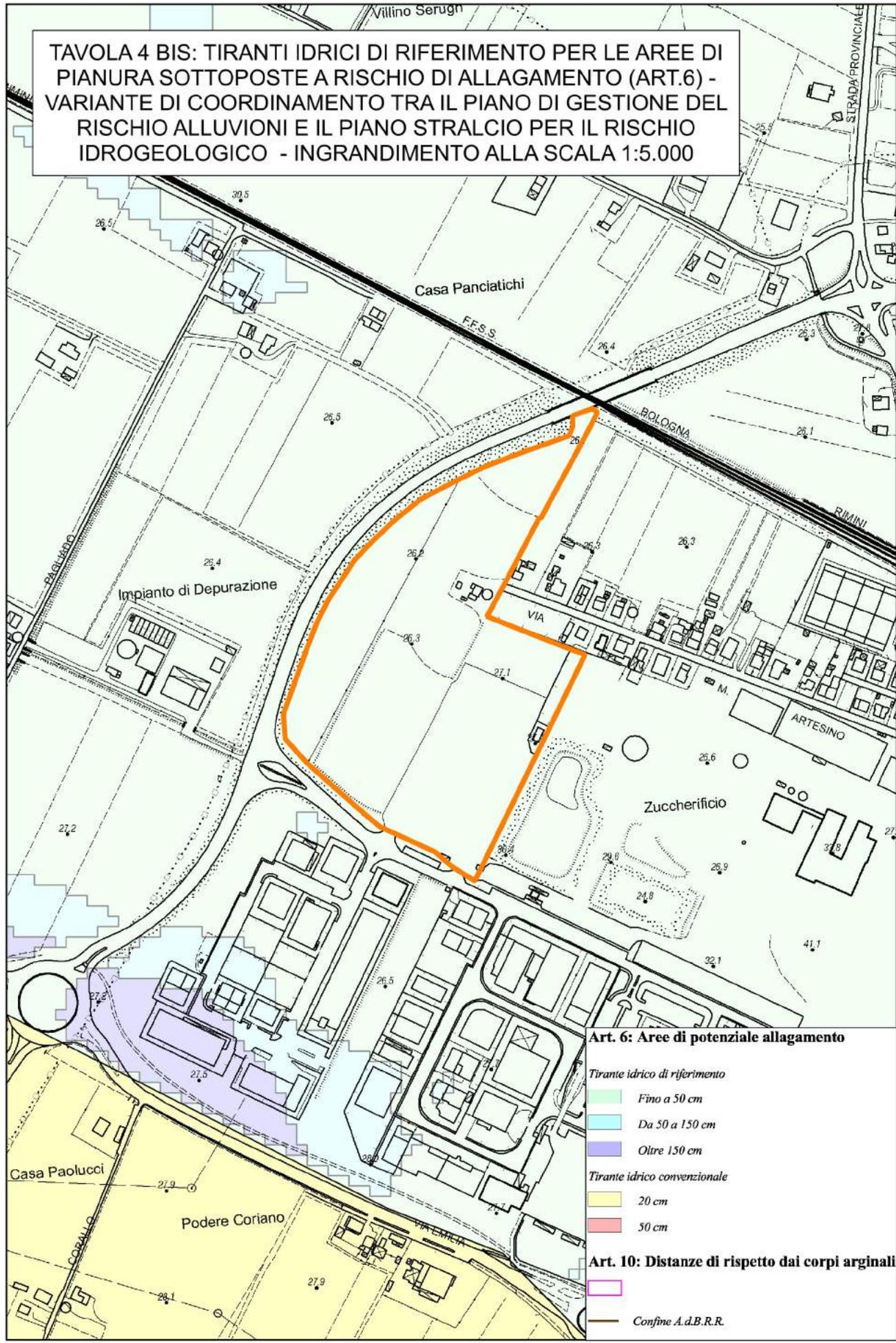
Titolo III - "Aree a rischio di frana" (invariato)

- Limite Unità Idromorfologiche Elementari
- Art. 13 - R1 (rischio moderato)
- Art. 13 - R2 (rischio medio)
- Art. 13 - R3 (rischio elevato)
- Art. 13 - R4 (rischio molto elevato)

Titolo IV - "Costa"

- Art. 15 - P3 (alluvioni frequenti)
- Art. 15 - P2 (alluvioni poco frequenti)
- Art. 15 - P1 (alluvioni rare)

TAVOLA 4 BIS: TIRANTI IDRICI DI RIFERIMENTO PER LE AREE DI PIANURA SOTTOPOSTE A RISCHIO DI ALLAGAMENTO (ART.6) - VARIANTE DI COORDINAMENTO TRA IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI E IL PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO - INGRANDIMENTO ALLA SCALA 1:5.000



Art. 6: Aree di potenziale allagamento

- Tirante idrico di riferimento*
- Fino a 50 cm
 - Da 50 a 150 cm
 - Oltre 150 cm

- Tirante idrico convenzionale*
- 20 cm
 - 50 cm

Art. 10: Distanze di rispetto dai corpi arginali

-
- Confine A.d.B.R.R.

TAVOLA 4 TER: CLASSI DI TIRANTI IDRICI DI RIFERIMENTO PER LE AREE DI PIANURA SOTTOPOSTE A RISCHIO DI ALLAGAMENTO (ART.6) - VARIANTE DI COORDINAMENTO TRA IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI E IL PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO - SCALA 1:2.500 (ESTRATTO DEM ALLEGATO ALLA DIRETTIVA IDRAULICA)

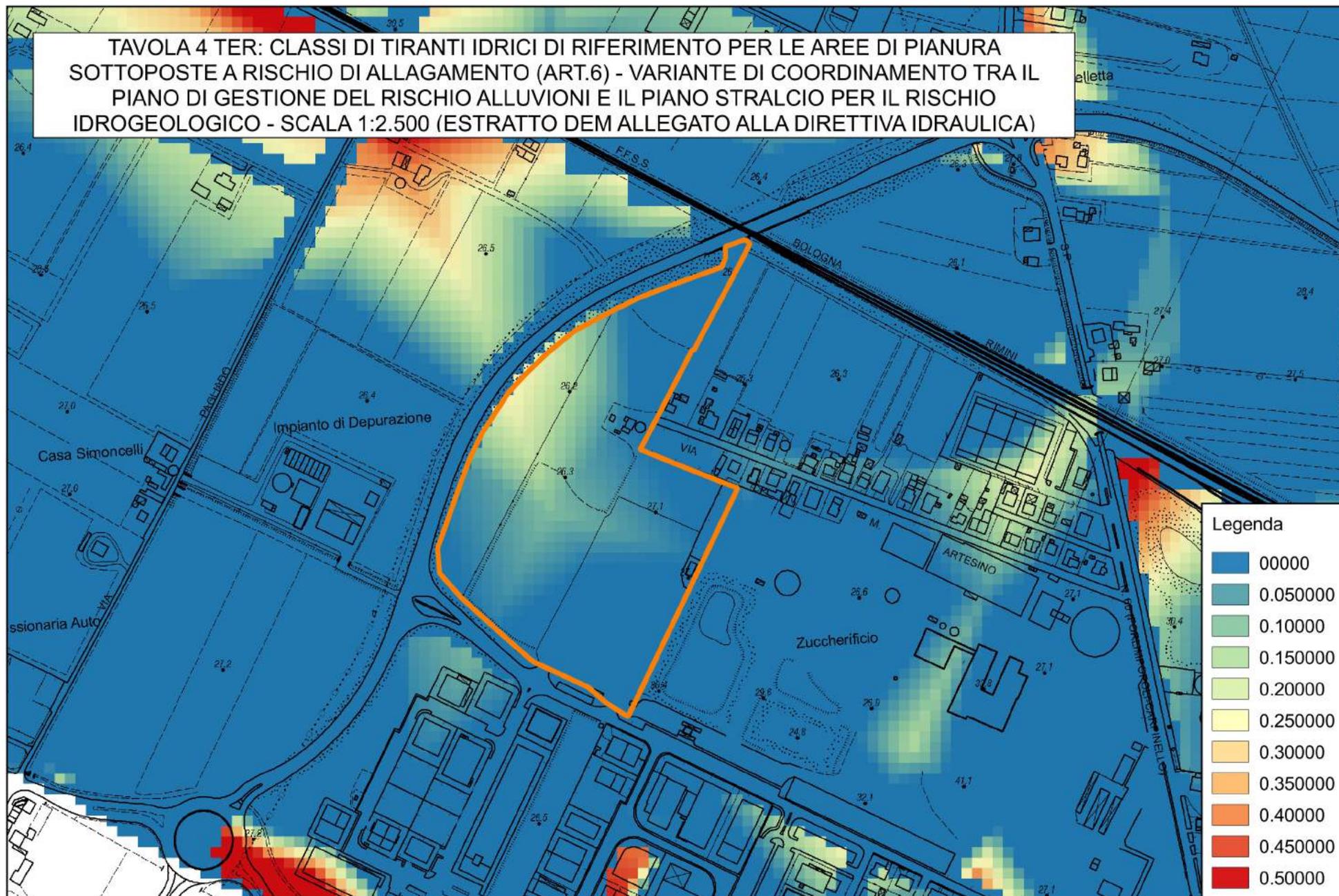


TAVOLA 5: PLANIMETRIA GENERALE DELL'INTERVENTO, IN
SCALA 1:2.000, CON INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DI
ESECUZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE E DISPONIBILI

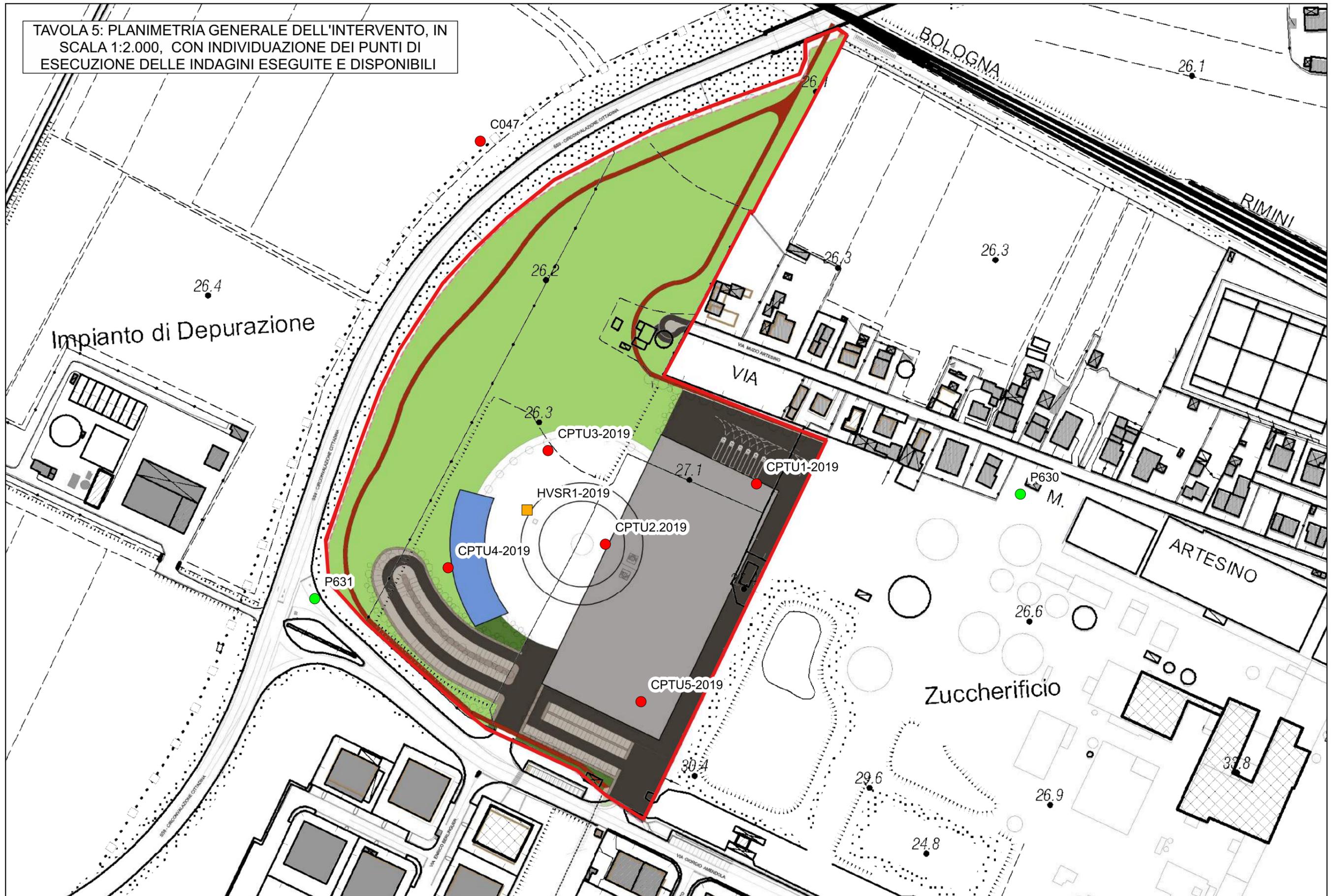
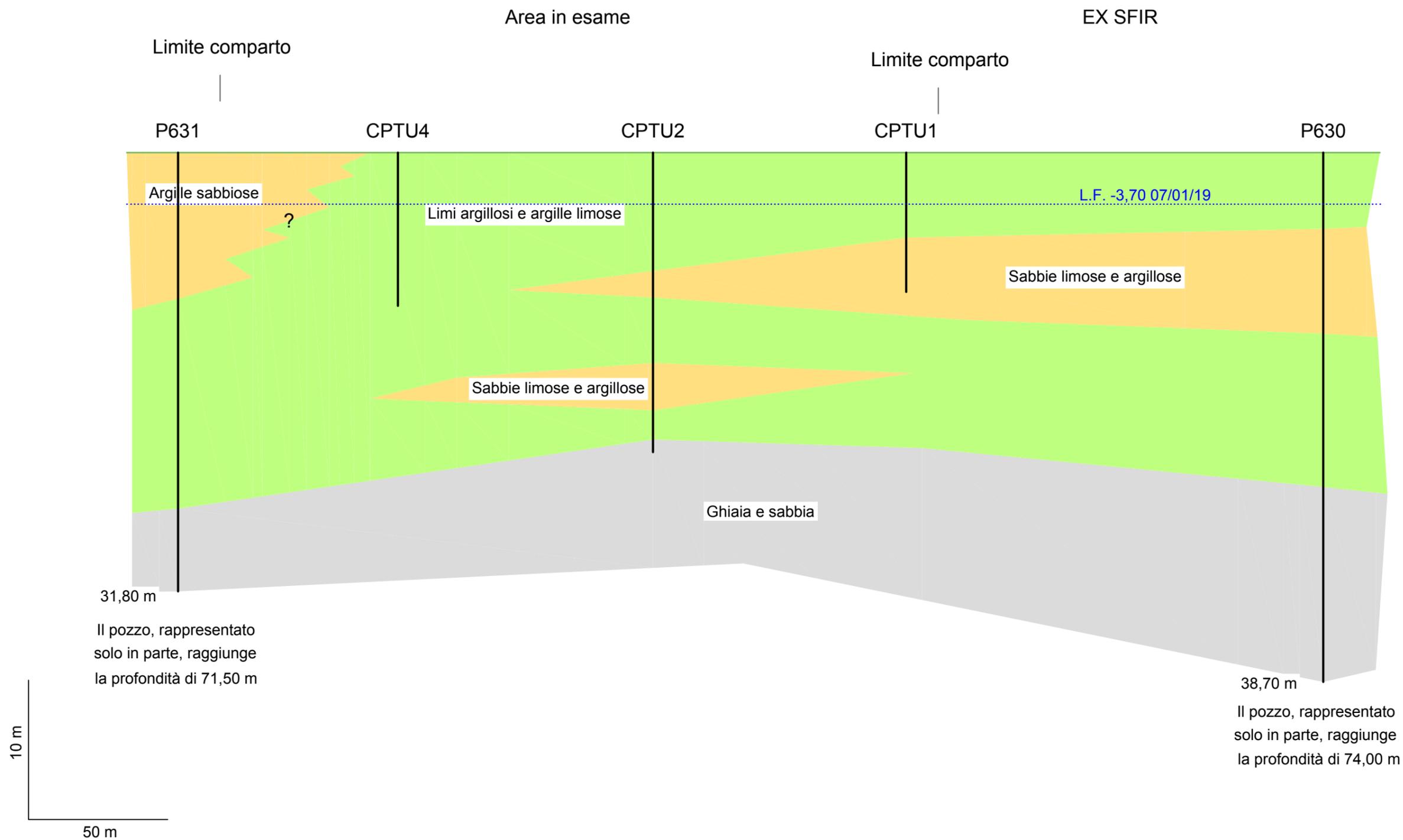


TAVOLA 6: SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA - SCALA GRAFICA



ESITO DELLE INDAGINI ESEGUITE

Comune Forlimpopoli
 Via Via Amendola
 Localita' Forlimpopoli
 Committente Pride
 Data 07-gen-19

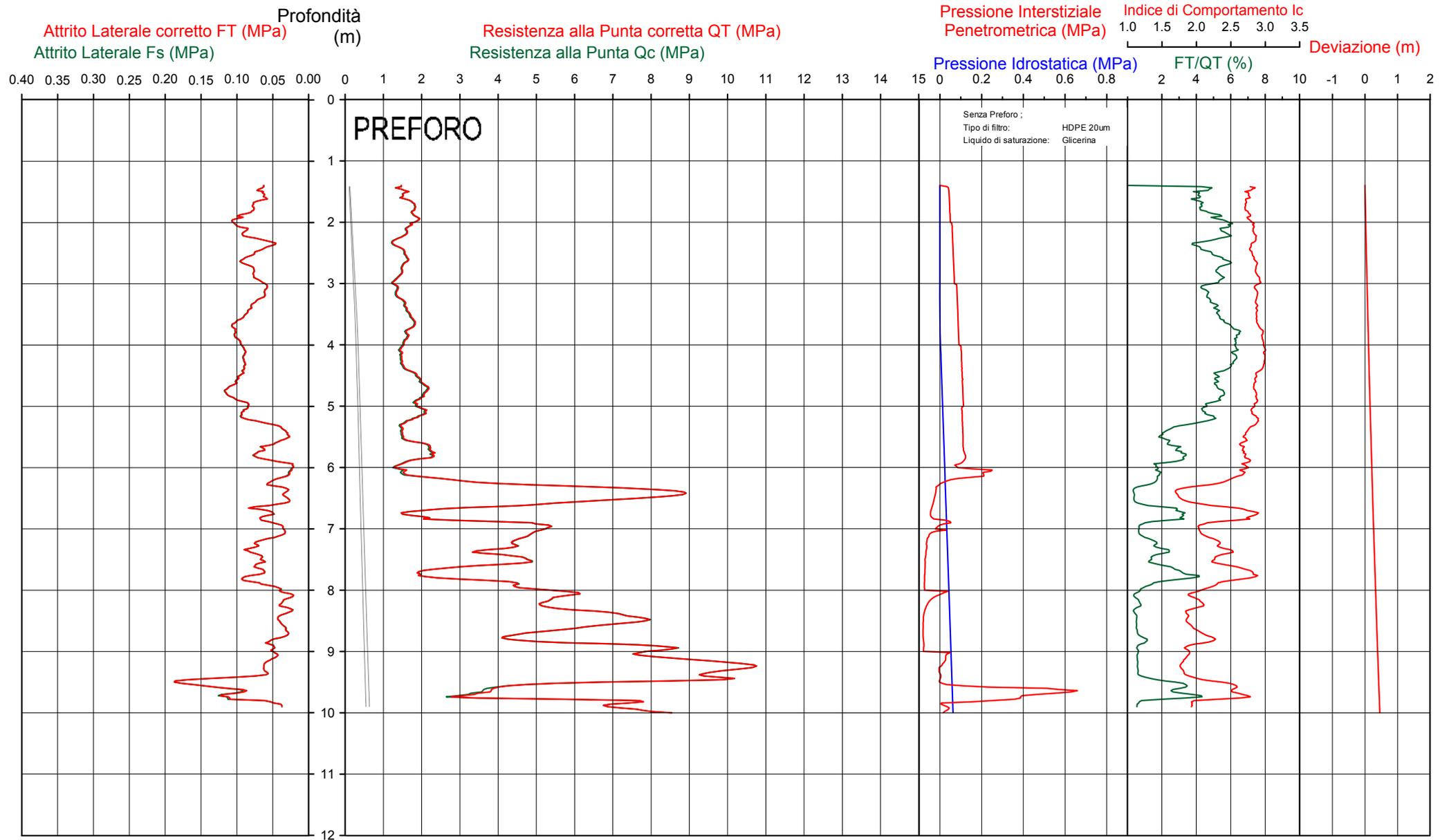
Falda 3.70 m
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707
 Azzeramento Inizio prova
 Ultimo taratura guadagno 15-ott-2018
 Ultimo taratura per deriva termica 15-ott-2018



Società di
 Geologia
 Territoriale

S.G.T. sas
 di Van Zutphen Albert & C.
 www.geo55.com

CPTU 1



CPTU

1

Data
 Cantiere / Via
 Località
 Comune
 Profondità falda idrica m.

7 gennaio 2019
 Via Amendola
 Forlimpopoli
 Forlimpopoli
 3.70



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas.
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs 1 - 9
 176

qt	Qc1N kN/m ² Boulinger 2004	ft daN/cm ²	FT/Qnet %	lc Robertson	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm ²	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm ²	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
16.9	28.8	0.81	4.9	2.77	limo argilloso-argilla limosa	2.20						0.96	10.47	96.8	163
13.5	22.9	0.63	4.7	2.83	limo argilloso-argilla limosa	2.40						0.82	7.62	77.3	150
14.6	22.7	0.72	5.1	2.86	limo argilloso-argilla limosa	3.30						0.87	6.72	83.5	159
17.1	22.9	0.90	5.5	2.88	limo argilloso-argilla limosa	3.70						0.96	5.64	96.8	173
15.5	19.6	0.94	6.4	2.97	argilla-argilla limosa	4.40		H2O				0.90	5.26	86.5	174
18.9	22.9	0.96	5.3	2.87	limo argilloso-argilla limosa	4.60						1.03	5.40	107.4	181
21.2	25.2	1.11	5.4	2.85	limo argilloso-argilla limosa	4.80						1.11	6.11	120.4	189
17.7	20.5	0.68	3.9	2.81	limo argilloso-argilla limosa	5.60						0.99	5.41	102.8	166
22.5	25.0	0.65	3.0	2.68	limo argilloso-argilla limosa	5.80						1.15	5.63	132.0	175
16.4	18.1	0.36	2.3	2.71	limo argilloso-argilla limosa	6.10						0.94	4.92	74.3	149
32.2	34.4	0.45	1.6	2.42	sabbia limosa-limo sabbioso	6.30				31.8	34.5	.	.	118.4	173
64.0	66.5	0.41	1.0	1.99	sabbia-sabbia limosa	6.70				53.6	37.7	.	.	206.6	186
24.2	25.2	0.58	2.9	2.68	limo argilloso-argilla limosa	6.90						1.21	3.78	138.3	175
45.3	45.8	0.60	1.4	2.26	sabbia limosa-limo sabbioso	7.60				41.3	35.9	.	.	160.7	191
22.0	21.8	0.73	3.6	2.77	limo argilloso-argilla limosa	7.80						1.14	4.87	128.2	182
43.6	42.8	0.63	1.6	2.30	sabbia limosa-limo sabbioso	8.00				39.0	35.6	.	.	161.4	193
61.7	59.8	0.34	0.6	1.95	sabbia-sabbia limosa	8.70				50.0	37.1	.	.	189.5	184
51.9	49.3	0.46	0.9	2.14	sabbia limosa-limo sabbioso	8.90				43.6	36.2	.	.	166.9	189
91.7	87.3	0.55	0.6	1.83	sabbia-sabbia limosa	9.40				62.5	38.9	.	.	282.7	209
54.2	50.1	1.25	2.7	2.43	sabbia limosa-limo sabbioso	9.80				44.2	36.3	.	.	288.8	226
71.6	65.9	0.43	0.6	1.93	sabbia-sabbia limosa					53.2	37.6	.	.	220.7	197

Comune Forlimpopoli
 Via Via Amendola
 Localita' Forlimpopoli
 Committente Pride
 Data 07-gen-19

Numero prova 1
 Quota falda 3.70

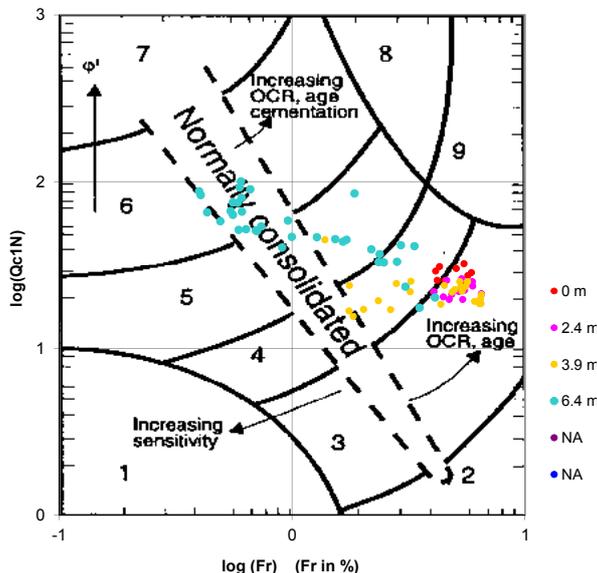


Società di
 Geologia
 Territoriale

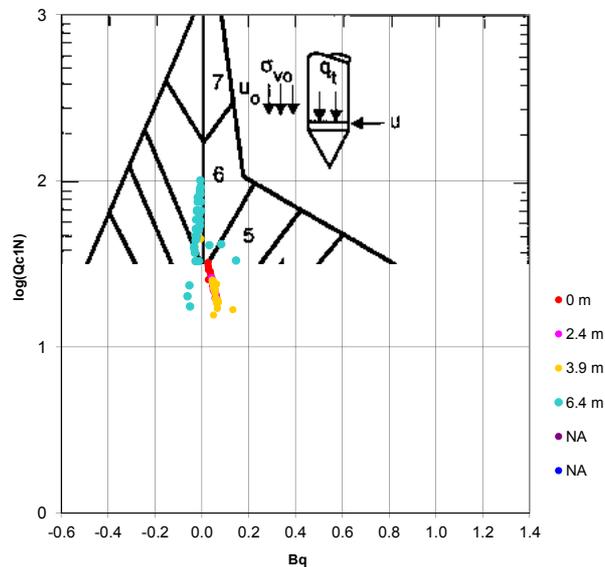
S.G.T. sas.
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

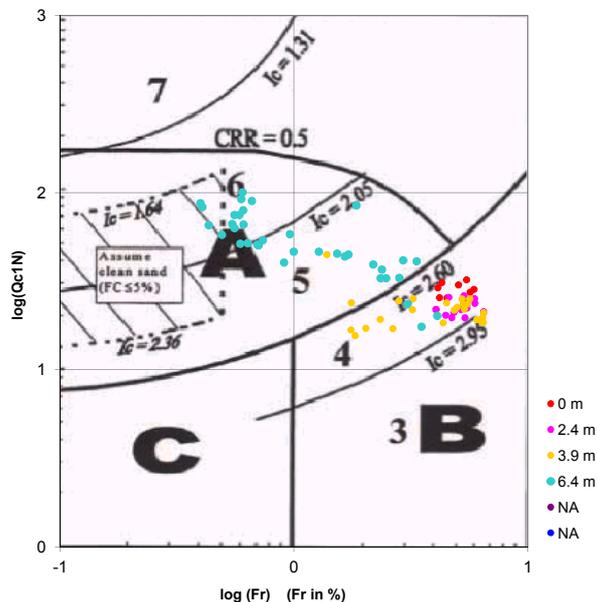
Cross-plot Qc1N verso Fr
 (Robertson 1990)



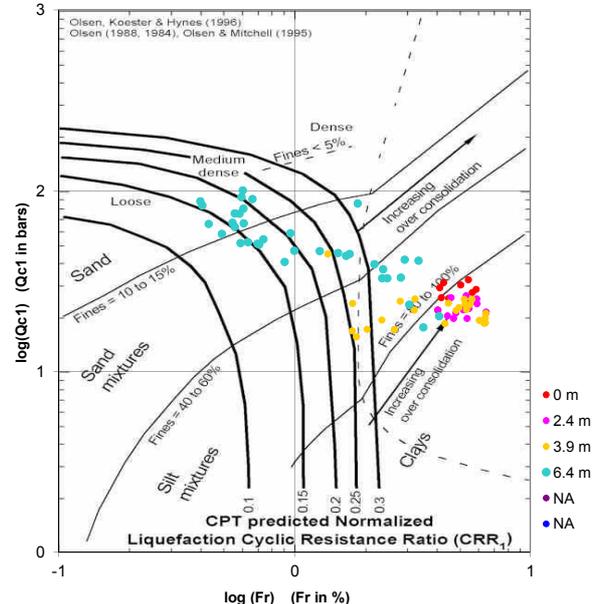
Cross-plot Qc1N verso Bq
 (Robertson 1990)



Cross-plot Qc1N verso Fr
 per la verifica della liquefazione
 secondo Robertson 1996



Cross-plot Qc1N verso Fr
 per la verifica della liquefazione
 secondo Olsen 1996



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Forlimpopoli
Via Amendola
Forlimpopoli
Pride
07-gen-19

Falda

foro chiuso in superficie

Sigla della Punta
Azzeramento

Tecnopenta 100707
Inizio prova

Ultimo taratura guadagno

15-ott-2018

Ultimo taratura per deriva termica

15-ott-2018



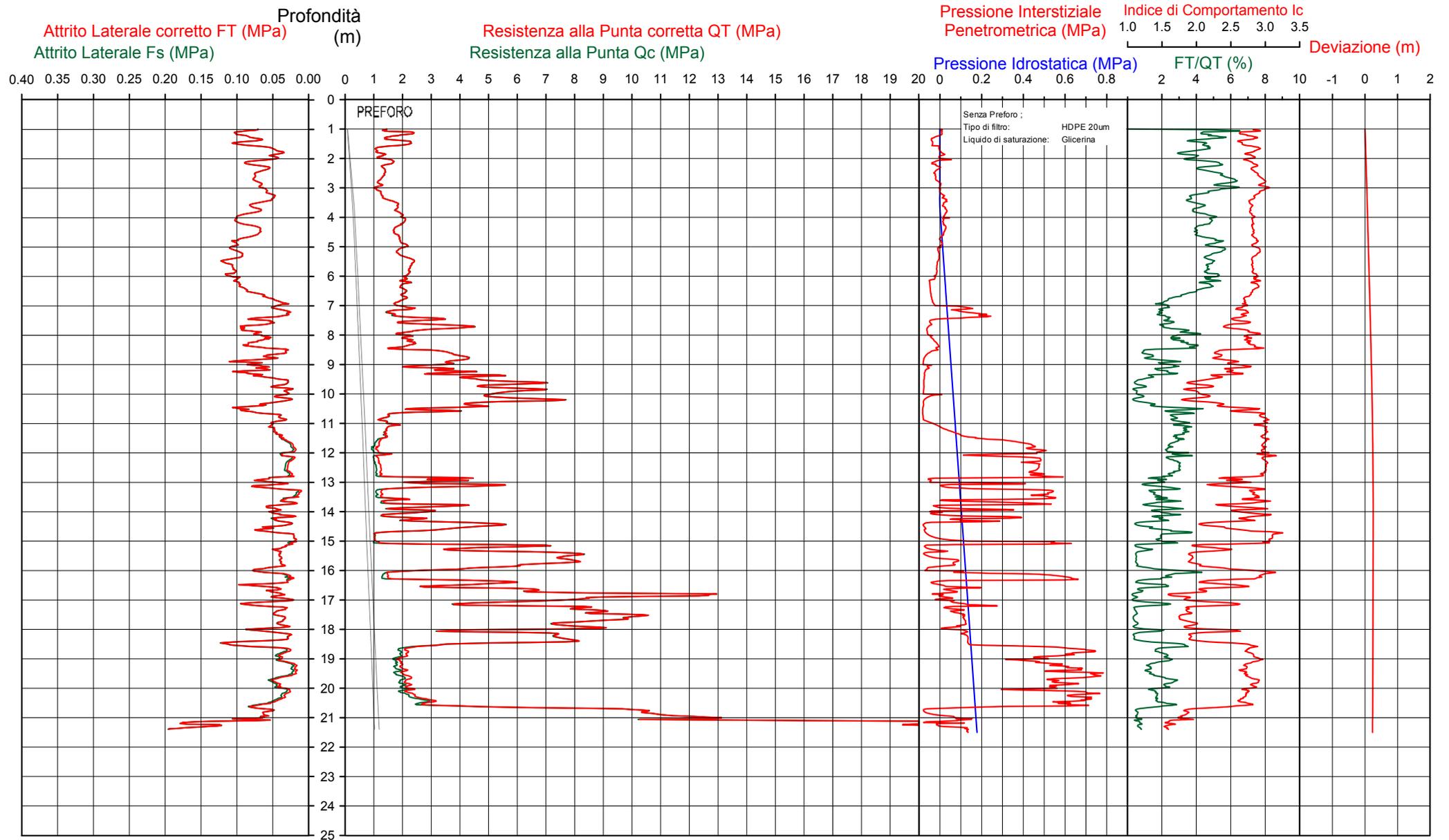
Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

CPTU

2



Data
 Cantiere / Via
 Località
 Comune
 Profondità falda idrica m.

7 gennaio 2019
 Via Amendola
 Forlimpopoli
 Forlimpopoli
 3.70 foro chiuso in superficie



qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm²	ft daN/cm²	FT/Qnet %	lc Robertson	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhaway & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm²	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
15.9	27.0	0.86	5.6	2.84	limo argilloso-argilla limosa	1.10						0.92	19.01	90.0	165
22.5	38.2	1.00	4.5	2.66	limo argilloso-argilla limosa	1.20			Solido-plastica (Duro)			1.15	24.44	129.2	176
16.2	27.6	0.76	4.8	2.78	limo argilloso-argilla limosa	1.40			Plastica			0.93	15.05	92.9	161
20.3	34.5	0.90	4.5	2.70	limo argilloso-argilla limosa	1.60			Solido-plastica (Duro)			1.08	18.90	116.7	170
11.8	20.1	0.45	4.0	2.83	limo argilloso-argilla limosa	2.00			Plastica			0.74	7.53	68.4	140
16.2	27.5	0.76	4.8	2.78	limo argilloso-argilla limosa	2.20			Plastica			0.93	9.65	92.6	160
13.4	22.5	0.69	5.3	2.87	limo argilloso-argilla limosa	2.70			Plastica			0.81	6.65	76.0	153
11.6	18.1	0.67	6.1	2.98	argilla-argilla limosa	3.10			Plastica			0.73	5.05	65.0	152
13.1	18.8	0.52	4.2	2.86	limo argilloso-argilla limosa	3.40			Plastica			0.80	4.81	75.5	150
18.9	23.3	0.86	4.7	2.83	limo argilloso-argilla limosa	5.30		H2O	Plastica			1.03	5.16	108.3	176
21.4	23.3	0.95	4.7	2.82	limo argilloso-argilla limosa	6.80			Solido-plastica (Duro)			1.12	5.24	123.1	186
18.7	19.1	0.38	2.2	2.69	limo argilloso-argilla limosa	7.40			Plastica			1.03	4.05	82.1	158
32.1	32.1	0.74	2.4	2.54	sabbia limosa-limo sabbioso	7.50			Sciolta	29.5	34.2			152.3	191
20.1	20.0	0.51	2.8	2.73	limo argilloso-argilla limosa	7.60			Solido-plastica (Duro)			1.07	4.19	107.9	169
37.4	36.9	0.83	2.3	2.48	sabbia limosa-limo sabbioso	7.80			Sciolta	34.1	34.8			173.7	200
21.7	20.8	0.69	3.5	2.78	limo argilloso-argilla limosa	8.50			Solido-plastica (Duro)			1.13	4.75	126.1	180
37.9	35.6	0.60	1.7	2.38	sabbia limosa-limo sabbioso	9.00			Sciolta	32.9	34.7			143.0	188
23.9	21.9	0.66	3.0	2.72	limo argilloso-argilla limosa	9.10			Solido-plastica (Duro)			1.20	4.34	138.8	183
39.7	36.5	0.69	1.9	2.42	sabbia limosa-limo sabbioso	9.50			Sciolta	33.7	34.8			160.1	196
55.8	50.7	0.38	0.8	2.06	sabbia limosa-limo sabbioso	10.40			Mediamente Addensata	44.6	36.4			175.0	187
33.8	29.4	0.92	3.2	2.64	limo argilloso-argilla limosa	10.60			Semi solida (Molto duro)			1.45	5.84	197.6	207
16.4	13.7	0.51	3.5	2.93	limo argilloso-argilla limosa	10.80			Plastica			0.94	2.86	95.4	167
14.4	11.7	0.45	3.6	2.99	argilla-argilla limosa				Plastica			0.86	1.89	84.0	161

CPTU

2

Data
 Cantiere / Via
 Località
 Comune
 Profondità falda idrica m.

7 gennaio 2019
 Via Amendola
 Forlimpopoli
 Forlimpopoli
 3.70

foro chiuso in superficie



**Società di
 Geologia
 Territoriale**

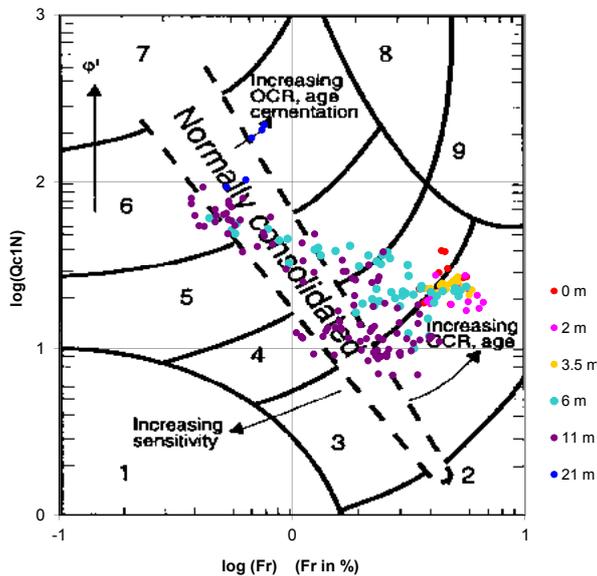
S.G.T. sas.
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

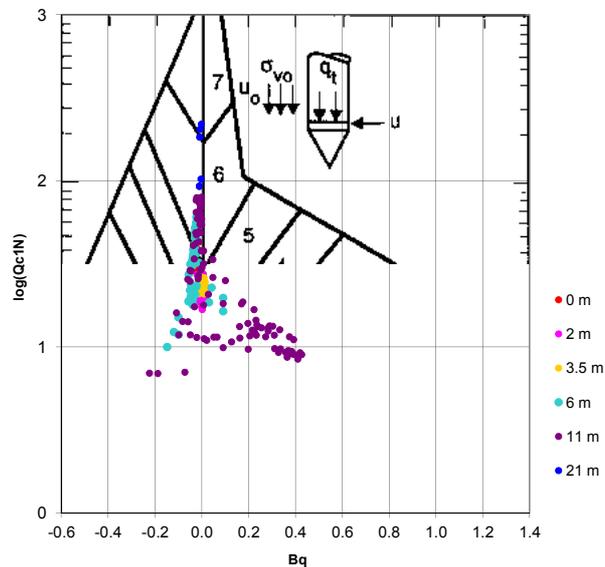
Vs 1 - 21
 176

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm ²	ft	FT/Qnet daN/cm ² %	lc	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N Robertson	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
131.5	102.8	0.78	0.6	1.78	sabbia-sabbia limosa	21.10			Addensata	67.9	39.1	.	.	406.5	241
225.4	202.9	1.61	0.7	1.59	sabbia-sabbia limosa				Molto addensato	>90	41.7	.	.	703.8	281

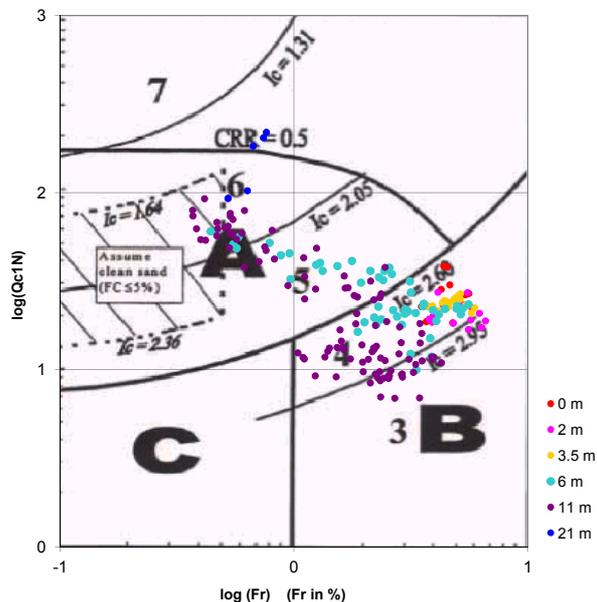
Cross-plot Qc1N verso Fr
 (Robertson 1990)



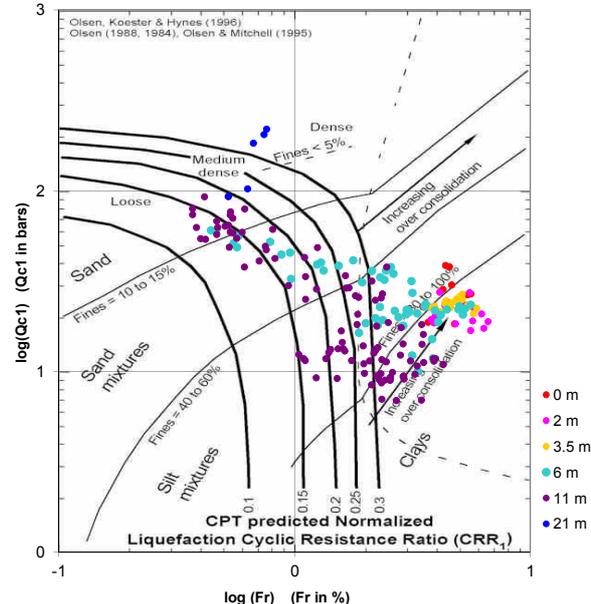
Cross-plot Qc1N verso Bq
 (Robertson 1990)



Cross-plot Qc1N verso Fr
 per la verifica della liquefazione
 secondo Robertson 1996



Cross-plot Qc1N verso Fr
 per la verifica della liquefazione
 secondo Olsen 1996



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Forlimpopoli
 Via Via Amendola
 Localita' Forlimpopoli
 Committente Pride
 Data 07-gen-19

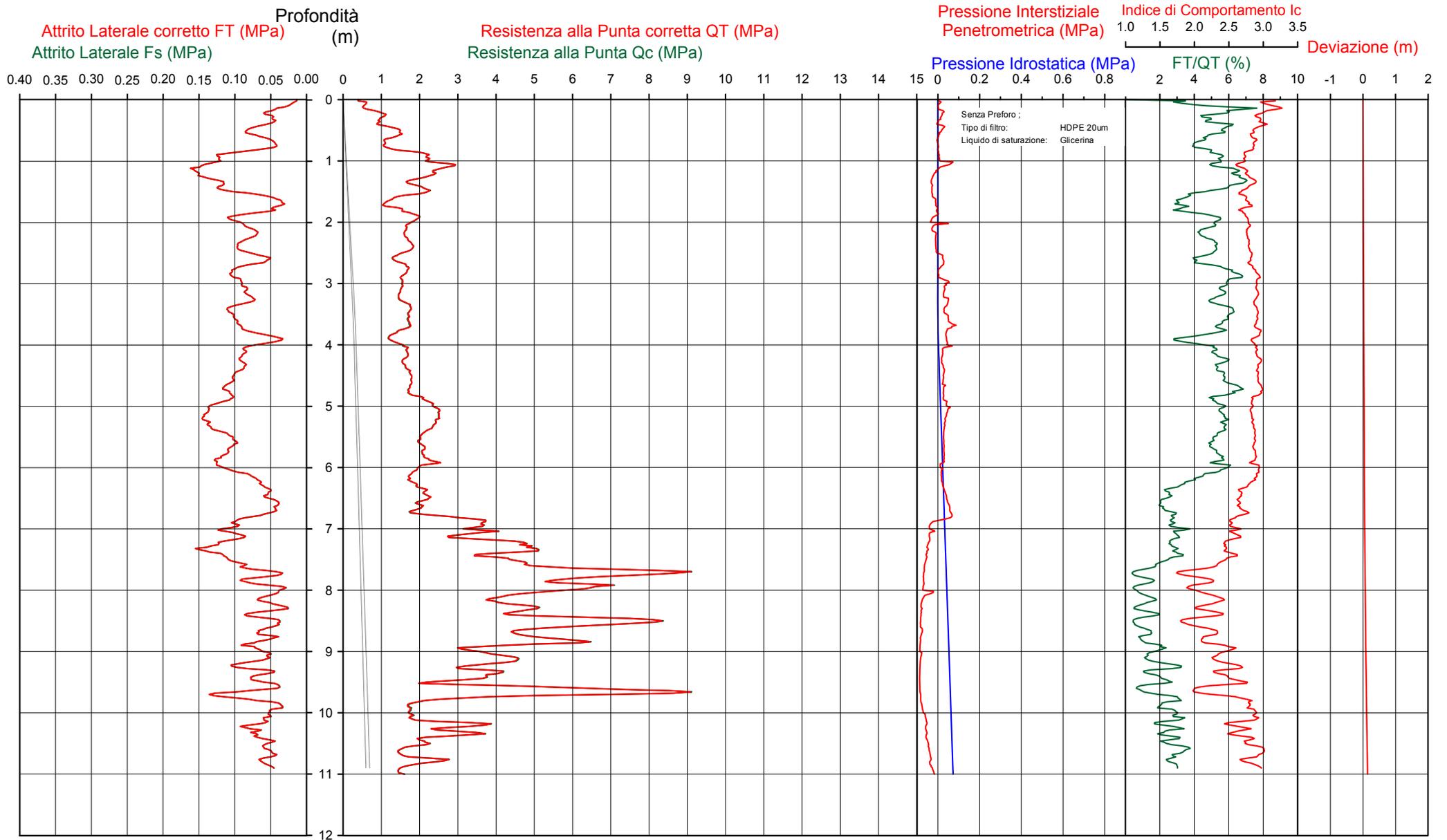
Falda foro chiuso a 2.30m
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707
 Azzeramento Inizio prova
 Ultimo taratura guadagno 15-ott-2018
 Ultimo taratura per deriva termica 15-ott-2018



Società di
 Geologia
 Territoriale

S.G.T. sas
 di Van Zutphen Albert & C.
 www.geo55.com

CPTU 3



CPTU

3

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

7 gennaio 2019
Via Amendola
Forlimpopoli
Forlimpopoli
3.70

foro chiuso a 2.30m



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs11
177

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm ²	ft	FT/Qnet daN/cm ² %	lc	Litologia Robertson 1990 Robertson	basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ Kulhaway & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
6.2	10.6	0.32	5.0	3.11	argilla-argilla limosa		0.20	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.44	68.14	41.1	123
12.7	21.6	0.64	5.0	2.88	limo argilloso-argilla limosa		0.90	=====		Plastica	.	.	0.78	24.32	72.7	150
21.6	36.6	1.23	5.7	2.75	limo argilloso-argilla limosa		1.60	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.12	21.80	121.8	180
12.5	21.2	0.39	3.2	2.76	limo argilloso-argilla limosa		1.80	=====		Plastica	.	.	0.77	8.47	72.8	138
16.4	25.1	0.87	5.5	2.85	limo argilloso-argilla limosa		3.80	=====		Plastica	.	.	0.94	7.91	93.1	167
13.2	17.0	0.49	3.9	2.88	limo argilloso-argilla limosa		4.00	=====	H2O	Plastica	.	.	0.80	3.99	76.4	151
17.0	20.8	0.97	6.0	2.93	limo argilloso-argilla limosa		4.80	=====		Plastica	.	.	0.96	4.97	95.7	178
23.4	26.8	1.30	5.8	2.85	limo argilloso-argilla limosa		5.40	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.18	5.52	132.4	198
21.1	23.3	1.12	5.6	2.88	limo argilloso-argilla limosa		6.00	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.11	5.20	119.8	192
18.2	19.6	0.79	4.6	2.88	limo argilloso-argilla limosa		6.30	=====		Plastica	.	.	1.01	4.44	104.8	176
21.0	22.0	0.50	2.5	2.68	limo argilloso-argilla limosa		6.80	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.11	4.80	104.0	168
34.8	35.3	1.00	3.0	2.57	sabbia limosa-limo sabbioso		7.20	=====		Sciolta	32.7	34.6	.	.	204.6	203
45.4	45.1	1.19	2.7	2.45	sabbia limosa-limo sabbioso		7.60	=====		Mediamente Addensata	40.7	35.8	.	.	240.1	217
66.9	65.4	0.60	1.0	2.03	sabbia-sabbia limosa		8.00	=====		Mediamente Addensata	53.0	37.6	.	.	216.4	201
44.7	42.8	0.53	1.3	2.25	sabbia limosa-limo sabbioso		8.40	=====		Mediamente Addensata	39.0	35.6	.	.	152.8	188
70.1	66.9	0.49	0.8	1.97	sabbia-sabbia limosa		8.60	=====		Mediamente Addensata	53.8	37.7	.	.	219.8	199
51.0	47.9	0.64	1.3	2.23	sabbia limosa-limo sabbioso		8.90	=====		Mediamente Addensata	42.7	36.1	.	.	176.7	199
39.1	35.9	0.65	1.8	2.41	sabbia limosa-limo sabbioso		9.20	=====		Sciolta	33.2	34.8	.	.	152.3	194
34.3	31.0	0.73	2.3	2.53	sabbia limosa-limo sabbioso		9.50	=====		Sciolta	28.3	34.1	.	.	159.2	195
61.8	56.6	0.71	1.3	2.18	sabbia limosa-limo sabbioso		9.70	=====		Mediamente Addensata	48.2	36.9	.	.	211.4	207
32.8	29.1	0.98	3.3	2.67	limo argilloso-argilla limosa		9.80	=====		Semi solida (Molto duro)	.	.	1.43	5.52	191.4	208
17.6	15.1	0.47	3.0	2.85	limo argilloso-argilla limosa			=====		Plastica	.	.	0.98	2.93	102.5	167

CPTU

3

Data
 Cantiere / Via
 Località
 Comune
 Profondità falda idrica m.

7 gennaio 2019
 Via Amendola
 Forlimpopoli
 Forlimpopoli
 3.70

foro chiuso a 2.30m



**Società di
 Geologia
 Territoriale**

S.G.T. sas.
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs11
 177

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm ²	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
	daN/cm ²	daN/cm ²	%	Robertson		m						daN/cm ²	SGT	daN/cm ²	
						10.10									
27.3	23.4	0.66	2.7	2.68	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)			1.30	4.91	143.7	188
						10.50									
18.3	15.1	0.54	3.4	2.89	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			1.01	2.71	106.5	173

Comune Forlimpopoli
 Via Via Amendola
 Localita' Forlimpopoli
 Committente Pride
 Data 07-gen-19

Numero prova 3
 Quota falda 3.70

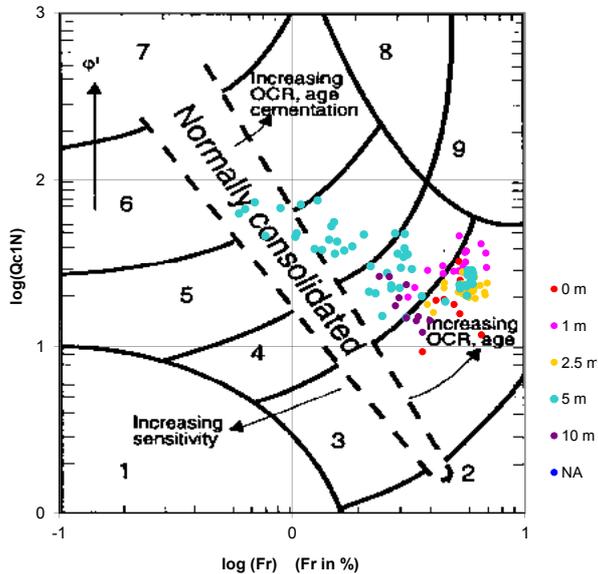


Società di
 Geologia
 Territoriale

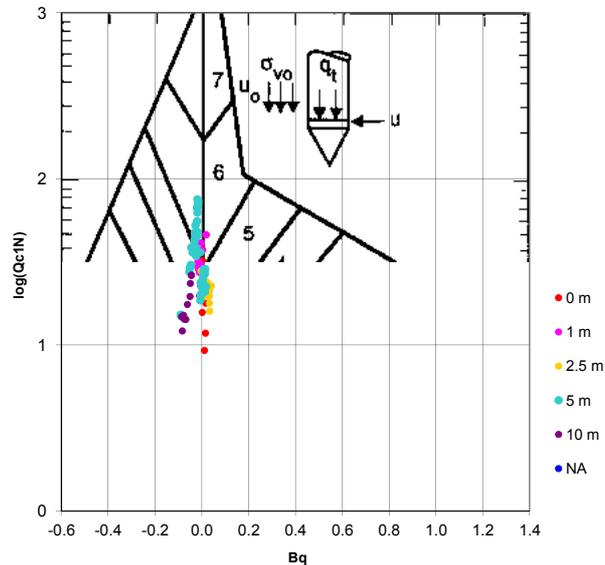
S.G.T. sas.
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

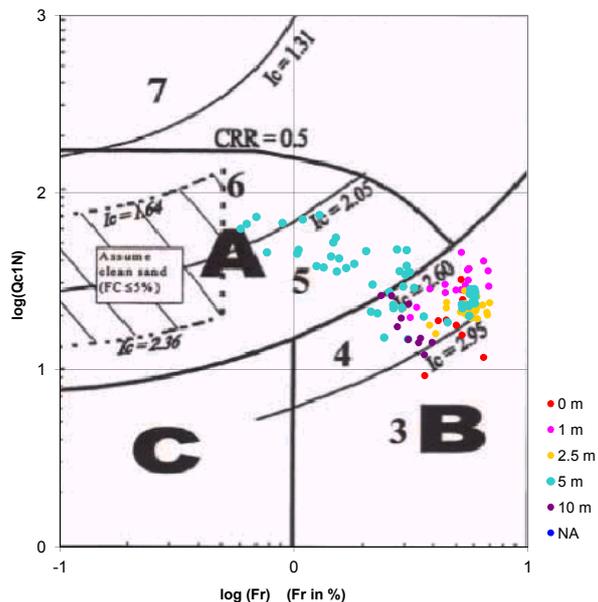
Cross-plot Qc1N verso Fr
 (Robertson 1990)



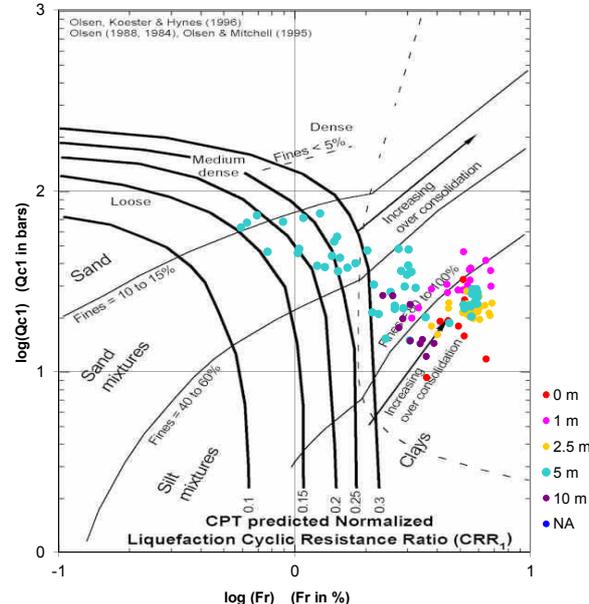
Cross-plot Qc1N verso Bq
 (Robertson 1990)



Cross-plot Qc1N verso Fr
 per la verifica della liquefazione
 secondo Robertson 1996



Cross-plot Qc1N verso Fr
 per la verifica della liquefazione
 secondo Olsen 1996



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa - sabbia densa
6	Sabbia - sabbia limosa
5	Sabbia limosa - limo sabbioso
4	Limo argilloso - argilla limosa
3	Argilla limoso - argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Forlimpopoli
 Via Via Amendola
 Localita' Forlimpopoli
 Committente Pride
 Data 07-gen-19

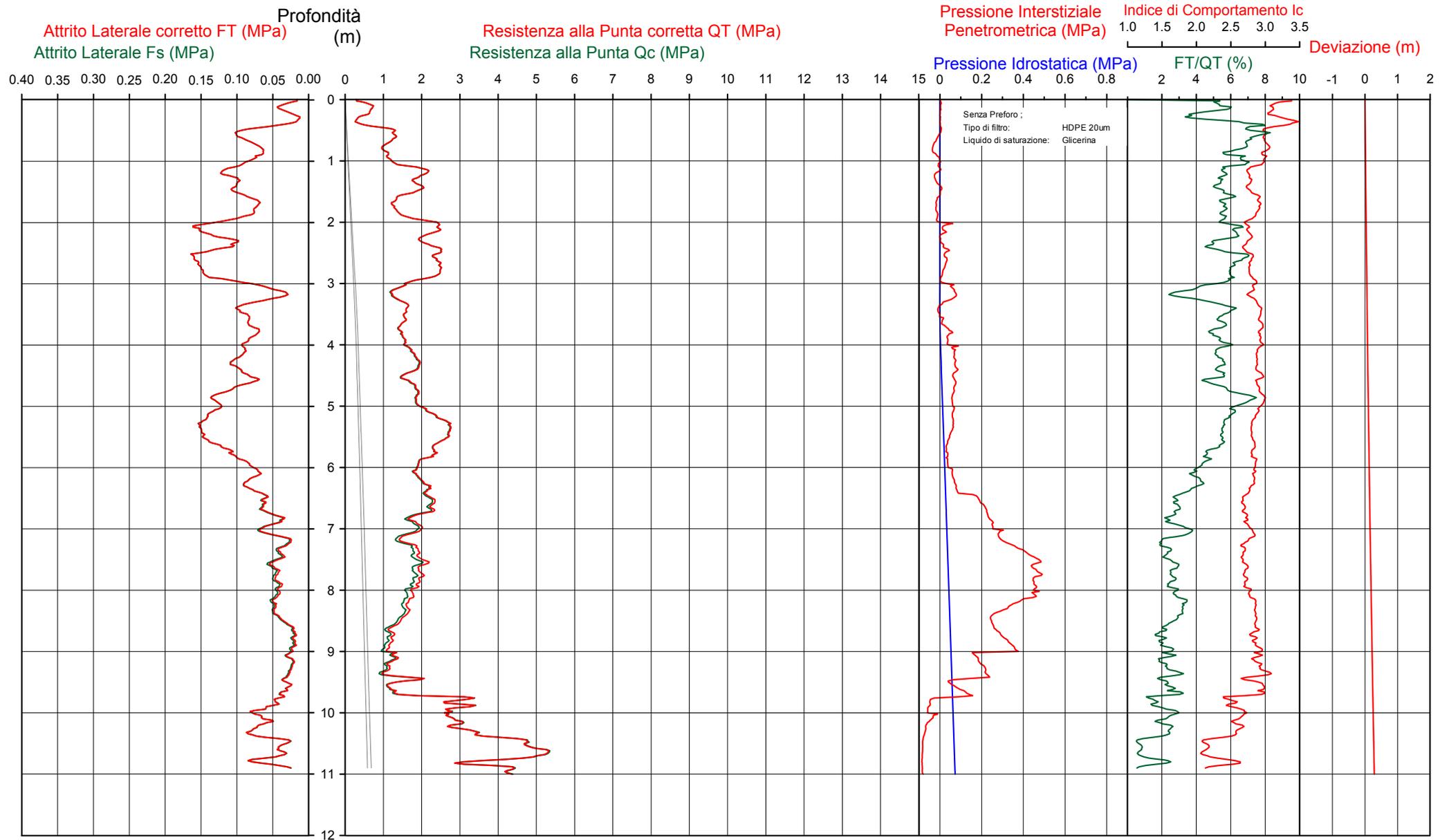
Falda misurato a 6.50m
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707
 Azzeramento Inizio prova
 Ultimo taratura guadagno 15-ott-2018
 Ultimo taratura per deriva termica 15-ott-2018



Società di
 Geologia
 Territoriale

S.G.T. sas
 di Van Zutphen Albert & C.
 www.geo55.com

CPTU 4



CPTU

4

Data
 Cantiere / Via
 Località
 Comune
 Profondità falda idrica m.

7 gennaio 2019
 Via Amendola
 Forlimpopoli
 Forlimpopoli
 3.70

misurato a 6.50m



Società di
 Geologia
 Territoriale

S. G. T. sas.
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs11
167

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm ²	ft	FT/Qnet daN/cm ² %	lc Robertson	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhaway & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
6.1	10.4	0.33	5.4	3.14	argilla-argilla limosa	0.20	=====		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.44	66.98	41.3	125
4.0	6.8	0.19	5.0	3.27	argilla-argilla limosa	0.40	=====		Fluido-plastica (Molto Soffice)	.	.	0.30	20.92	26.5	108
11.2	19.0	0.78	7.0	3.01	argilla-argilla limosa	1.00	=====		Plastica	.	.	0.71	18.16	61.9	155
18.1	30.7	1.02	5.8	2.81	limo argilloso-argilla limosa	1.60	=====		Plastica	.	.	1.00	14.35	102.1	172
13.4	22.7	0.75	5.7	2.90	limo argilloso-argilla limosa	1.90	=====		Plastica	.	.	0.81	9.11	75.4	156
22.6	35.8	1.34	6.0	2.77	limo argilloso-argilla limosa	3.00	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.16	10.10	127.4	188
13.6	19.6	0.49	3.7	2.81	limo argilloso-argilla limosa	3.30	=====		Plastica	.	.	0.82	5.62	78.7	148
15.4	20.2	0.84	5.7	2.93	limo argilloso-argilla limosa	4.00	=====	H2O	Plastica	.	.	0.90	5.53	87.0	170
18.1	21.8	1.02	5.9	2.91	limo argilloso-argilla limosa	5.00	=====		Plastica	.	.	1.00	5.01	101.9	181
24.8	27.7	1.35	5.7	2.83	limo argilloso-argilla limosa	5.80	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.22	5.54	140.3	202
19.4	20.9	0.81	4.4	2.85	limo argilloso-argilla limosa	6.20	=====		Plastica	.	.	1.05	5.00	111.6	179
22.1	23.2	0.71	3.4	2.73	limo argilloso-argilla limosa	6.70	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.14	4.84	128.9	179
18.8	19.2	0.51	2.9	2.76	limo argilloso-argilla limosa	7.10	=====		Plastica	.	.	1.03	4.34	106.4	166
14.5	14.6	0.29	2.2	2.78	limo argilloso-argilla limosa	7.20	=====		Plastica	.	.	0.86	3.10	64.2	146
19.3	18.9	0.41	2.3	2.70	limo argilloso-argilla limosa	8.00	=====		Plastica	.	.	1.05	3.60	88.3	162
16.4	15.6	0.44	3.0	2.84	limo argilloso-argilla limosa	8.50	=====		Plastica	.	.	0.94	3.43	95.1	161
12.0	11.0	0.23	2.3	2.89	limo argilloso-argilla limosa	9.40	=====		Plastica	.	.	0.75	2.46	54.2	139
17.3	15.5	0.33	2.2	2.77	limo argilloso-argilla limosa	9.50	=====		Plastica	.	.	0.97	3.05	76.3	157
12.3	10.8	0.31	3.0	2.97	argilla-argilla limosa	9.70	=====		Plastica	.	.	0.76	2.00	70.5	146
28.3	25.2	0.57	2.2	2.58	sabbia limosa-limo sabbioso		=====		Sciolta	21.4	33.1	.	.	124.7	183

CPTU

4

Data
 Cantiere / Via
 Località
 Comune
 Profondità falda idrica m.

7 gennaio 2019
 Via Amendola
 Forlimpopoli
 Forlimpopoli
 3.70

misurato a 6.50m



**Società di
 Geologia
 Territoriale**

S.G.T. sas.
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs11
167

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm²	ft	FT/Qnet daN/cm² %	lc	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N Robertson	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm²	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm²	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
						10.10	====								
31.9	28.0	0.70	2.4	2.57	sabbia limosa-limo sabbioso		====	Sciolta	25.0	33.6	.	.		149.2	193
						10.40	====								
49.4	43.7	0.36	0.8	2.13	sabbia limosa-limo sabbioso		====	Mediamente Addensata	39.7	35.7	.	.		154.8	184
						10.70	====								
38.9	33.7	0.57	1.6	2.40	sabbia limosa-limo sabbioso		====	Sciolta	31.1	34.5	.	.		145.8	191

Comune Forlimpopoli
 Via Via Amendola
 Localita' Forlimpopoli
 Committente Pride
 Data 07-gen-19

Numero prova 4
 Quota falda 3.70

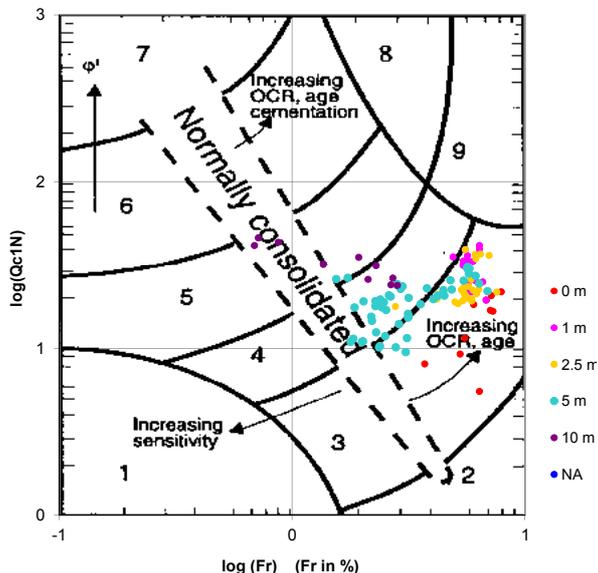


Società di
 Geologia
 Territoriale

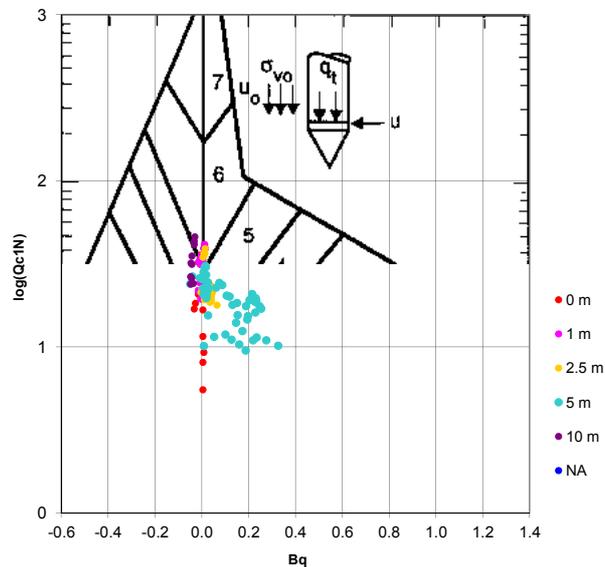
S.G.T. sas.
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

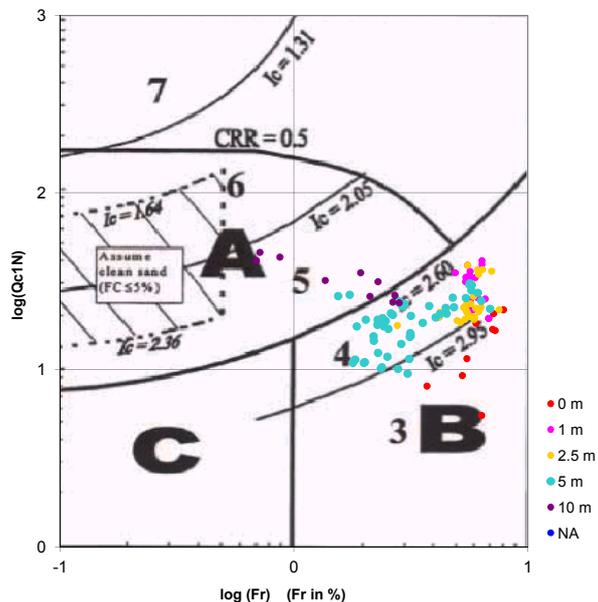
Cross-plot Qc1N verso Fr
 (Robertson 1990)



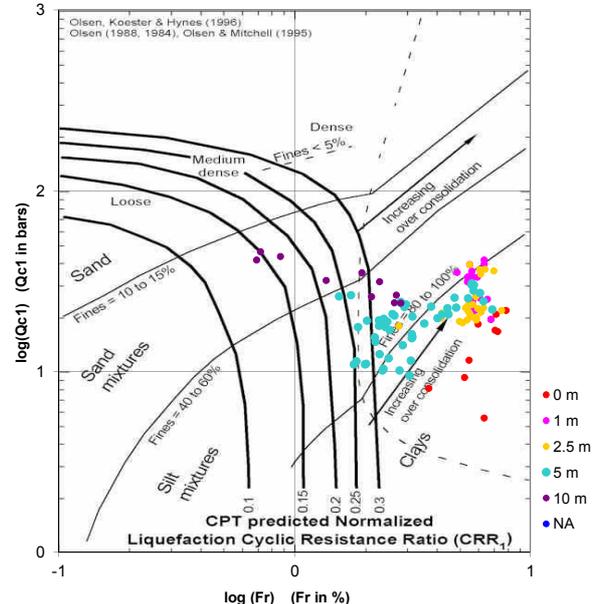
Cross-plot Qc1N verso Bq
 (Robertson 1990)



Cross-plot Qc1N verso Fr
 per la verifica della liquefazione
 secondo Robertson 1996



Cross-plot Qc1N verso Fr
 per la verifica della liquefazione
 secondo Olsen 1996



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa - sabbia densa
6	Sabbia - sabbia limosa
5	Sabbia limosa - limo sabbioso
4	Limo argilloso - argilla limosa
3	Argilla limoso - argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Forlimpopoli
 Via Via Amendola
 Localita' Forlimpopoli
 Committente Pride
 Data 07-gen-19

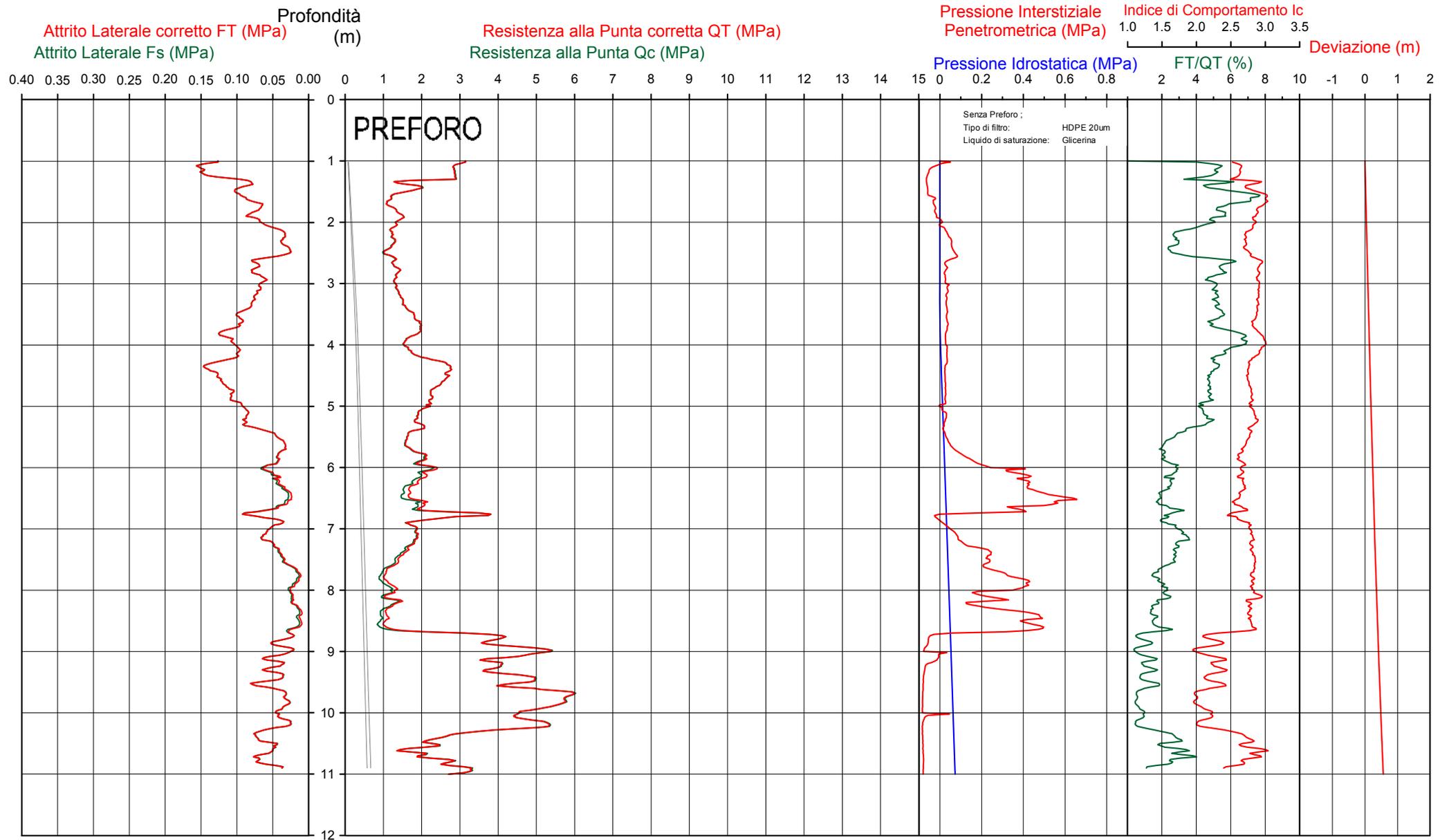
Falda foro chiuso a 0.50m
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707
 Azzeramento Inizio prova
 Ultimo taratura guadagno 15-ott-2018
 Ultimo taratura per deriva termica 15-ott-2018



Società di
 Geologia
 Territoriale

S.G.T. sas
 di Van Zutphen Albert & C.
 www.geo55.com

CPTU 5



Data
 Cantiere / Via
 Località
 Comune
 Profondità falda idrica m.

7 gennaio 2019
 Via Amendola
 Forlimpopoli
 Forlimpopoli
 3.70

foro chiuso a 0.50m



qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm²	ft daN/cm²	FT/Qnet %	lc Robertson	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
28.9	49.1	1.40	4.9	2.61	limo argilloso-argilla limosa	1.30		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.34	31.85	165.4	193	
17.0	28.9	0.90	5.5	2.81	limo argilloso-argilla limosa	1.50		Plastica	.	.	0.96	13.70	96.4	167	
11.9	20.3	0.86	7.3	3.00	argilla-argilla limosa	1.70		Plastica	.	.	0.75	9.76	65.5	158	
12.7	21.6	0.50	4.0	2.80	limo argilloso-argilla limosa	2.60		Plastica	.	.	0.78	7.14	73.6	142	
13.9	20.9	0.72	5.4	2.90	limo argilloso-argilla limosa	3.40		Plastica	.	.	0.84	5.27	79.0	159	
18.8	24.6	1.00	5.5	2.86	limo argilloso-argilla limosa	3.80		Plastica	.	.	1.03	6.00	106.4	180	
17.0	21.5	1.05	6.5	2.95	limo argilloso-argilla limosa	4.20		Plastica	.	.	0.96	5.58	94.9	180	
24.5	29.1	1.18	5.0	2.77	limo argilloso-argilla limosa	5.00		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.22	7.10	140.3	195	
19.3	22.2	0.87	4.8	2.85	limo argilloso-argilla limosa	5.30		Plastica	.	.	1.05	5.41	110.6	180	
17.7	19.9	0.46	2.7	2.73	limo argilloso-argilla limosa	5.80		Plastica	.	.	0.99	5.13	93.4	158	
21.0	22.9	0.49	2.4	2.65	limo argilloso-argilla limosa	6.20		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.11	5.09	100.9	165	
17.4	18.6	0.32	1.9	2.66	limo argilloso-argilla limosa	6.50		Plastica	.	.	0.98	4.38	70.8	150	
20.2	21.4	0.28	1.5	2.55	sabbia limosa-limo sabbioso	6.60		Sciolta	16.1	32.2	.	.	72.7	152	
19.9	21.0	0.47	2.5	2.69	limo argilloso-argilla limosa	6.70		Plastica	.	.	1.07	4.57	97.6	164	
33.2	34.5	0.80	2.5	2.53	sabbia limosa-limo sabbioso	6.80		Sciolta	31.9	34.5	.	.	163.8	194	
20.7	21.5	0.43	2.2	2.66	limo argilloso-argilla limosa	6.90		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.09	4.64	92.5	164	
16.7	17.0	0.46	3.0	2.81	limo argilloso-argilla limosa	7.60		Plastica	.	.	0.95	3.88	96.8	160	
12.1	11.7	0.17	1.6	2.80	limo argilloso-argilla limosa	8.70		Plastica	.	.	0.75	2.22	44.9	131	
38.9	37.1	0.37	1.0	2.24	sabbia limosa-limo sabbioso	8.90		Sciolta	34.3	34.9	.	.	126.3	175	
48.9	46.5	0.34	0.8	2.10	sabbia limosa-limo sabbioso	9.10		Mediamente Addensata	41.7	36.0	.	.	153.3	179	
42.4	39.6	0.51	1.3	2.29	sabbia limosa-limo sabbioso	9.60		Mediamente Addensata	36.4	35.2	.	.	145.8	187	
56.8	52.7	0.32	0.6	2.01	sabbia-sabbia limosa	9.90		Mediamente Addensata	45.8	36.5	.	.	174.8	183	
46.5	42.4	0.41	0.9	2.19	sabbia limosa-limo sabbioso	10.10		Mediamente Addensata	38.7	35.5	.	.	149.5	185	
48.2	43.7	0.39	0.9	2.15	sabbia limosa-limo sabbioso	10.30		Mediamente Addensata	39.7	35.7	.	.	154.5	184	
22.6	19.6	0.63	3.1	2.78	limo argilloso-argilla limosa	10.80		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.16	4.62	132.2	181	
28.4	24.5	0.49	1.9	2.56	sabbia limosa-limo sabbioso			Sciolta	20.5	33.0	.	.	115.8	180	

Comune Forlimpopoli
 Via Via Amendola
 Localita' Forlimpopoli
 Committente Pride
 Data 07-gen-19

Numero prova 5
 Quota falda 3.70

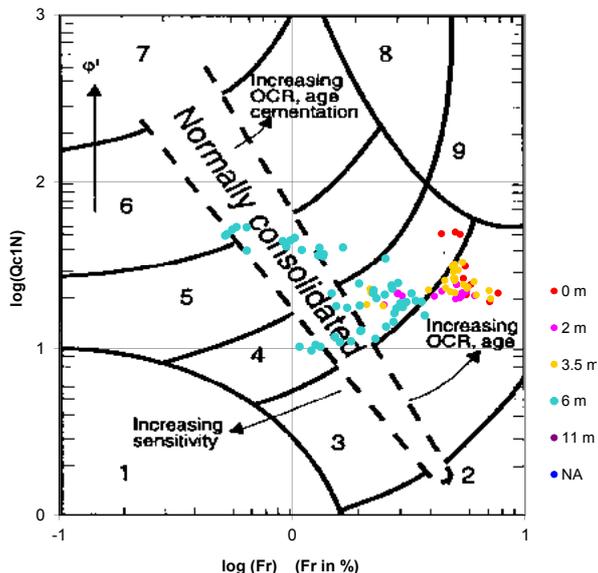


Società di
 Geologia
 Territoriale

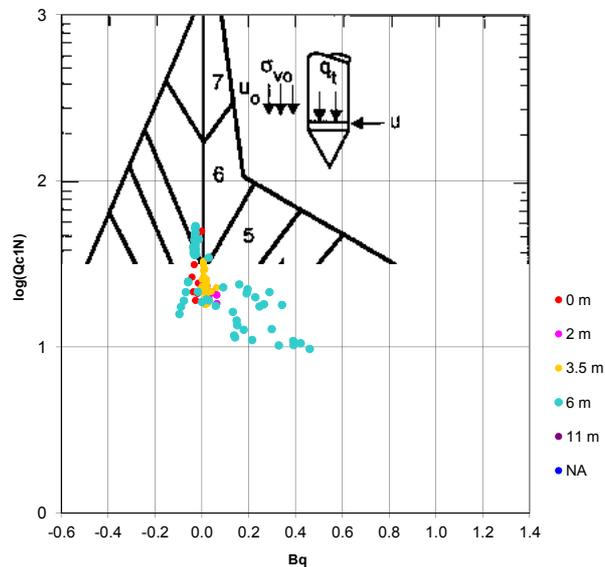
S.G.T. sas.
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

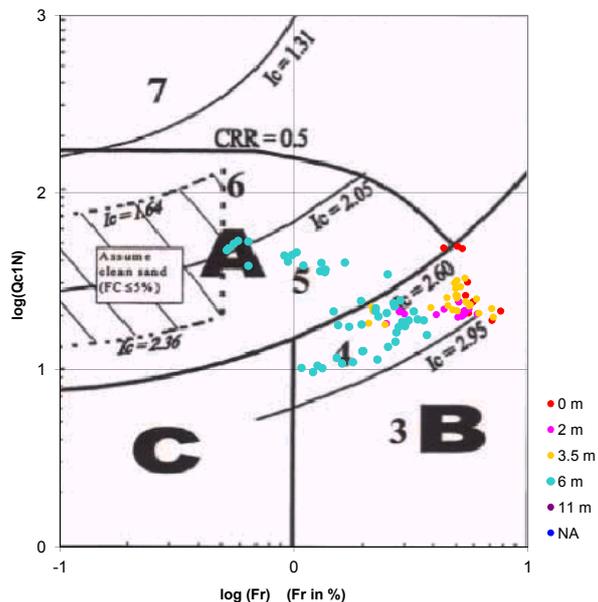
Cross-plot Qc1N verso Fr
 (Robertson 1990)



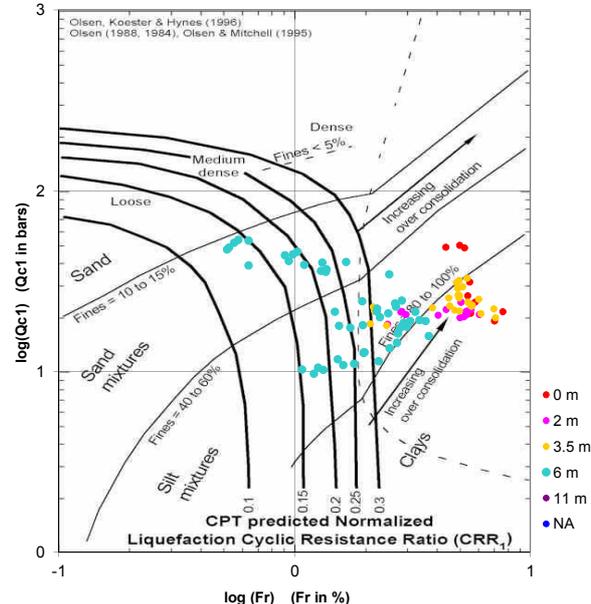
Cross-plot Qc1N verso Bq
 (Robertson 1990)



Cross-plot Qc1N verso Fr
 per la verifica della liquefazione
 secondo Robertson 1996



Cross-plot Qc1N verso Fr
 per la verifica della liquefazione
 secondo Olsen 1996



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

ESITI DELLE INDAGINI DISPONIBILI

P631

REGIONE EMILIA - ROMAGNA

Ufficio Regionale del Genio Civile di Forlì

Pratica N. 1258

SCHEMA DA RITORNARE AL GENIO CIVILE

Ditta S.F.I.R. S.p.A. SOCIETA' FONDIARIA INDUSTRIALE ROMAGNOLA

residente a FORLIMPOPOLI Via Togliatti, n° 9

Perforazione pozzo ad uso INDUSTRIALE in Comune di FORLIMPOPOLI

Frazione // Località FORLIMPOPOLI mapp. N. XII

Data di ultimazione dei lavori:

Ditta perforatrice: S.p.A. SUCCESSORI ING. A. BONARIVA - BOLOGNA - Via Zano... 19 -

CARATTERISTICHE DEL POZZO:

avanpozzo (si o no) NO
Ø interno tubi mm. 450 fino a mt. 39,00
" " " " 253 " " " 71,30
profondità mt. 71,30

CARATTERISTICHE del GRUPPO MOTORE POMPA

livello statico mt. 23,65 (10 -2 - 77)
tipo della pompa BPH 313/4B sommersa
prevalenza max. della pompa mt. 53,5
tipo del motore 7A 133/2
potenza del motore CV = 17,5

PORTATA: lt/sec. 16,6

SUPERFICIE IRRIGATA:

ha // arc // ca //

FABBISOGNO (alimento) industriale, xxxxxx

Prove eseguite nel 1968 hanno dato la portata di circa lt./sec. 6,5. Non sono più state eseguite altre prove. Funzionante nei mesi compresi fra agosto e novembre.

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

Data 14 febbraio 1977

STRATIGRAFIA REALE DEL TERRENO

Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE ATTRAVERSATE, specificando se il tubo è fenestrato in corrispondenza

Table with 3 columns: depth (da mt.), depth (a mt.), and soil description. Rows include various soil types like Argilla sabbiosa marrone, Argilla sabbiosa variegata, Argilla grigio cenere, Ghiaia piatta grigio chiara, Ghiaietto grigio con sabbia fine, Argilla gialla compatta, Ghiaia e ghiaietto grigio con sabbia gialla, Sabbia fine gialla grigio con ghiaietto, Sabbia gialla leggermente argillosa, Argilla azzurra compatta, Argilla grigia molto sabbiosa, Ghiaia grigia con sabbia fine. Tubo fenestrato, Argilla grigia sabbiosa con detriti, Ghiaietto azzurro (acquifero). Tubo fenestrato, Ghiaia grig. azz. (acquifero). da mt. 58,78 a mt. 61,78, Ghiaia con lignite e argilla azzurra, Ghiaietto grigio (acquifero). Tubo fenestrato da mt. 64,21 a mt. 66,78, Argilla grigia plastica.

Firma

Handwritten signature and stamp

S.P.A. SUCCESSORI ING. A. BONARIVA BOLOGNA

POZZO N. 6 ESEGUITO PER CONTO DEL Spett.

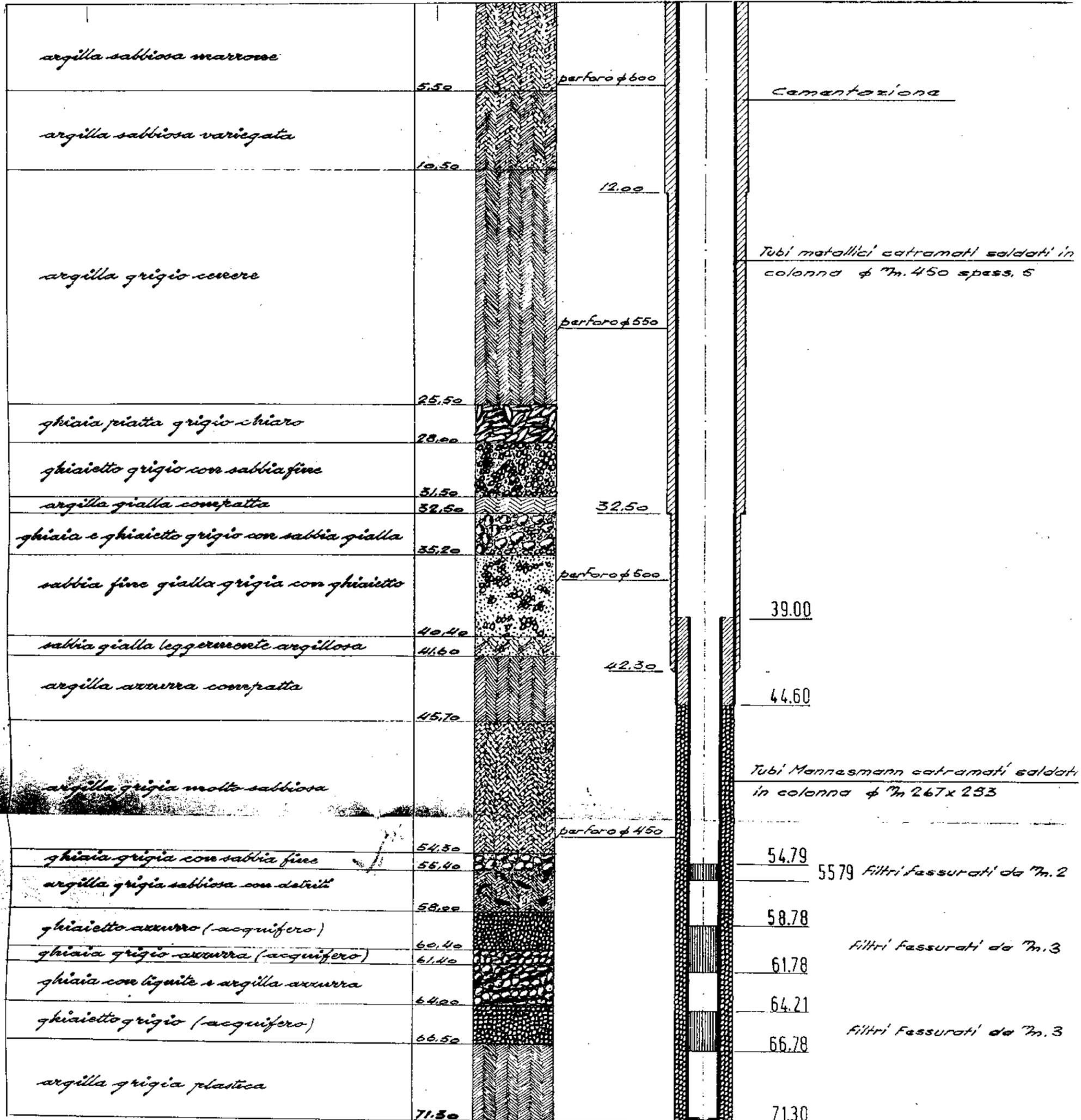
S.F.I.R. Forlimpopoli SEZIONE STRATIGRAFICA

P631

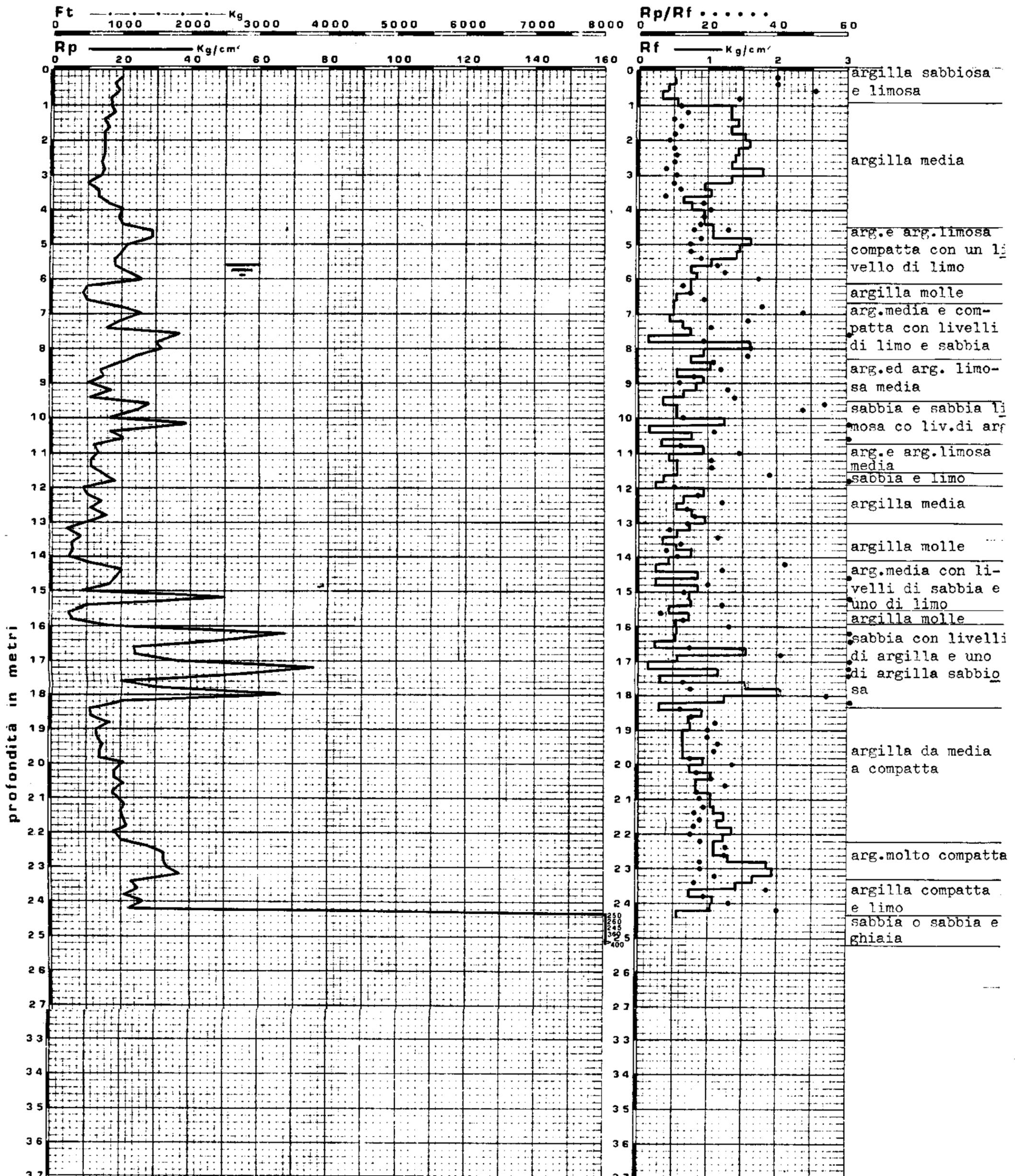
LOCALITÀ: FORLIMPOPOLI (Via per Carpinello)

Interno Zuccherificio - estremo Nord Est.

POZZO TIPO *drandant*



255020 C047



REGIONE EMILIA - ROMAGNA

Ufficio Regionale del Genio Civile di Forlì



Pratica N. 1209.....

SCHEDA DA RITORNARE AL GENIO CIVILE

Ditta S.F.I.R. S.p.A. SOCIETA' FONTANARIA INDUSTRIALE ROMAGNOLA
 residente a FOLLIGNO, Via Tocchetti n° 9
 Perforazione pozzo ad uso INDUSTRIALE in Comune di FOLLIGNO
 profondità m. // Località FOLLIGNO mapp. N. //
 Data di ultimazione dei lavori: //
 Ditta perforatrice: S.F.I.R. S.p.A. - VIA TOCCHETTI, 9 - FOLLIGNO (FC) - TEL. 0544/411111

P630
255020

CARATTERISTICHE DEL POZZO:

avanpozzo (si o no) //
 Ø interno tubi mm. 450 fino a mt. 35,25
 " " " " 255 " " 74,00
 profondità mt. 74,00

CARATTERISTICHE del GRUPPO MOTORE POMPA

livello statico mt. 21,67 (10-2-77)
 tipo della pompa BPH 384/4 sommersa
 prevalenza max. della pompa mt. 65
 tipo del motore K.S.B. NA 413 ad immersione
 potenza del motore CV = 41

PORTATA: lt./sec. 33,3

SUPERFICIE IRRIGATA:

ha // are // ca //

FABBISOGNO (agricolo, industriale, zootecnico)

Prove eseguite nel 1968 hanno dato la portata di circa lt./sec. 8,66. Non sono più state eseguite altre prove. Funzionante nei mesi compresi tra agosto e novembre. La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera.

Data 10 - 2 - 1977

STRATIGRAFIA REALE DEL TERRENO

Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE ATTRAVERSALE, specificando se il tubo è fenestrato in corrispondenza

da mt. 0,00	a mt. 5,50	- Argilla giallo grigio leggermente sabbiosa
" " 5,50	" " 13,00	- Sabbia gialla finissima argillosa
da mt. 13,00	a mt. 24,00	- Argilla grigio cenere con setti limosi
" " 24,00	" " 24,80	- <u>Sabbia</u> grigia grossa (acquifera)
da mt. 24,80	a mt. 25,50	- Argilla grigio <u>scuro</u> molto sabbiosa
" " 25,50	" " 30,00	- Ghiaia grigia con poca sabbia
da mt. 30,00	a mt. 32,50	- Argilla grigia con macchie ruggine
" " 32,50	" " 38,70	- Ghiaia grigia e ruggine con sabbia fine (acquifera)
da mt. 38,70	a mt. 54,00	- Argilla grigio azzurro molto sabbiosa
" " 54,00	" " 57,00	- Sabbia grigia fine leggerm. argillosa
da mt. 57,00	a mt. 64,00	- Ghiaia grigia con ghiaietto e sabbia fine (acquifera). Fenestrato da mt. 58,98 a mt. 64,60
da mt. 64,00	a mt. 74,00	- Argilla grigio giallo con noduli azzurri e calcinelli
da mt.	a mt.

Firma S.F.I.R. S.p.A.
 Tuccillo
[Signature]

8,66 120

POZZO N. 5 ESEGUITO PER CONTO DEL Spett.

S.F.I.R. Forlìmpopoli

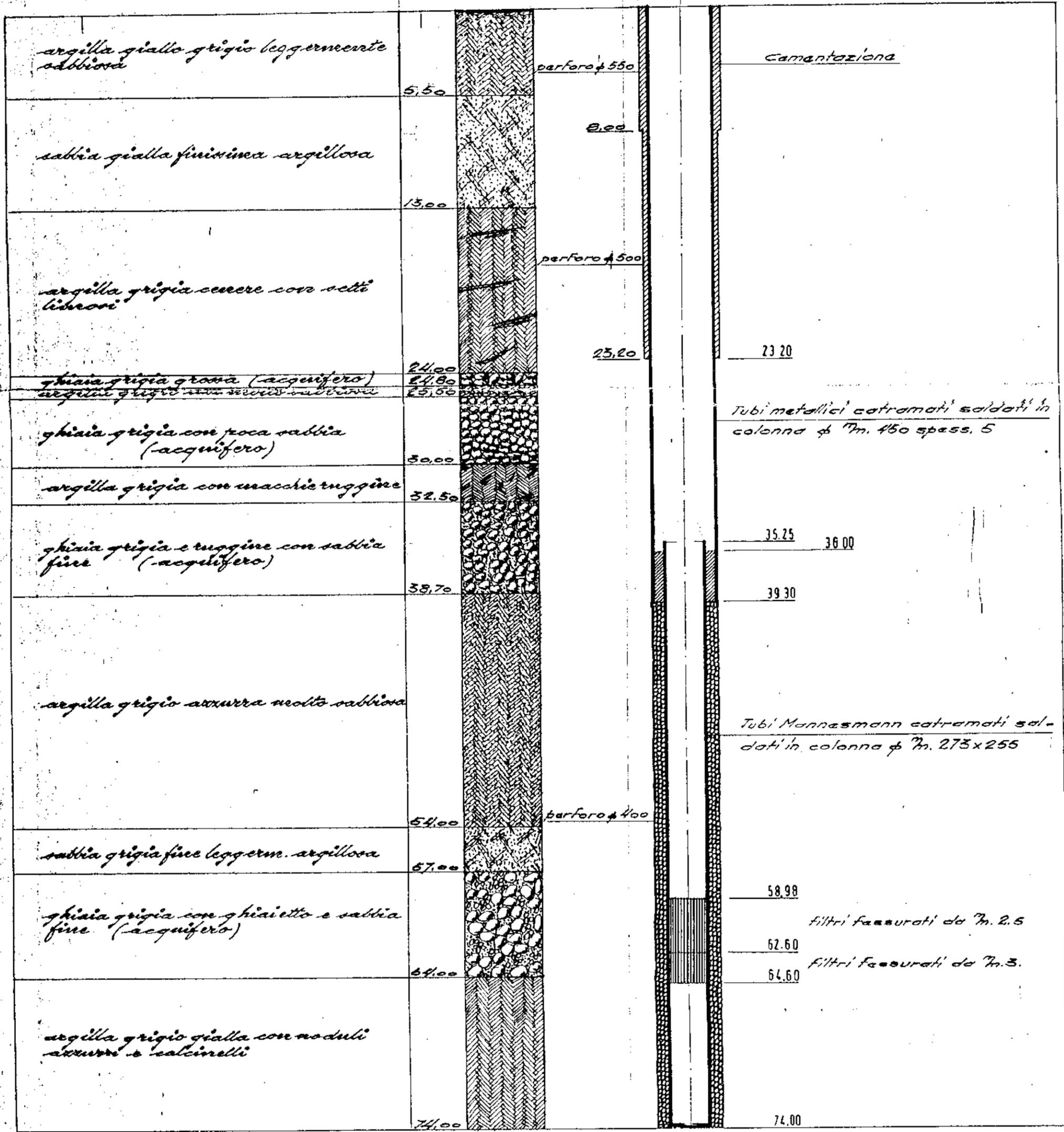
SEZIONE STRATIGRAFICA

P630

LOCALITÀ: FORLIMPOPOLI

Interno stabilimento estremo ovest (presso la 1450)

POZZO TIPO *drainante*



ESITO DELL'INDAGINE GEOFISICA

COMUNE di FORLIMPOPOLI

(Provincia di Forlì-Cesena)

MISURA DIGITALE DEL RUMORE SISMICO

VIA AMENDOLA



Committente: PRIDE

Gennaio, 2019



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com



Misure digitali del rumore sismico HVSR

Per la valutazione dell'amplificazione sismica di risonanza del substrato di interesse e della Vs30 si è utilizzato il TROMINO, uno strumento in grado di misurare i microtremori.

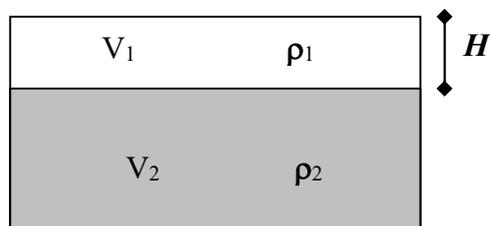
Il tremore sismico, comunemente definito "rumore sismico", esiste ovunque sulla superficie della terra. Esso è principalmente costituito da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Il rumore sismico è prodotto essenzialmente dal vento o dalle onde marine. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione della velocità di queste ultime.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo da rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoschi e Igaraschi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando lo schema della figura sottostante in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizioni di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4 * H}$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi dello spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando la sopra riportata equazione.



L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) in contenuto di frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

Un aspetto assai importante è che il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore.

Questo risulta molto importante a livello ingegneristico perché se un edificio ha frequenze proprie di vibrazione uguali a quelle del substrato su cui è fondato, durante un sisma, si assiste al fenomeno dell'accoppiamento delle vibrazioni. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.

La calibrazione delle misure dei microtremori è stata eseguita in base alle indagini geognostiche eseguite sul sito di indagine ed ai dati reperiti sulla zona in esame.

La prova eseguita impiegando la suddetta metodologia dei microtremori ha evidenziato, utilizzando l'inversione H/V con il metodo proposto da Nakamura, secondo la teoria descritta da Aki (1964) e Ben-Menahem & Sing (1981), i seguenti valori della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità:

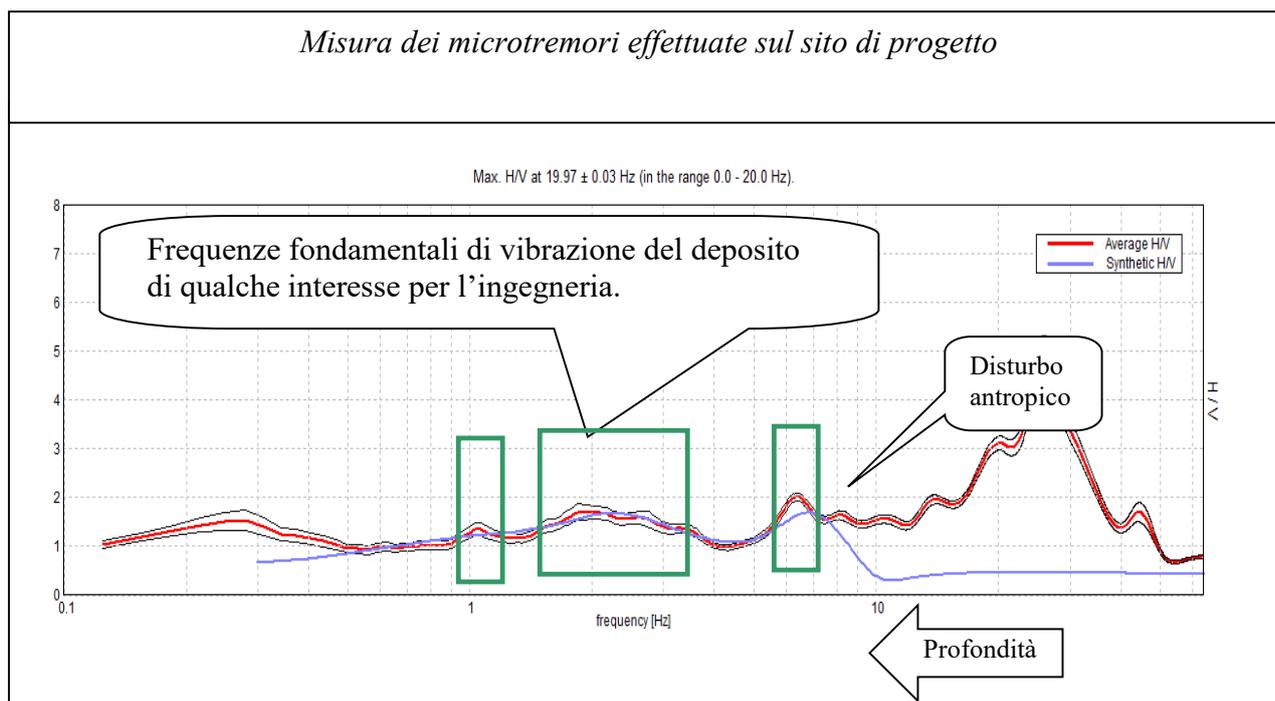
Valori di Vs30	
T 1	224 m/s

L'analisi delle frequenze fondamentali di amplificazione del sito evidenzia l'amplificazione di risonanza tipica del terreno e, di conseguenza, l'altezza critica degli edifici che in caso di sisma possono entrare in risonanza con il terreno.

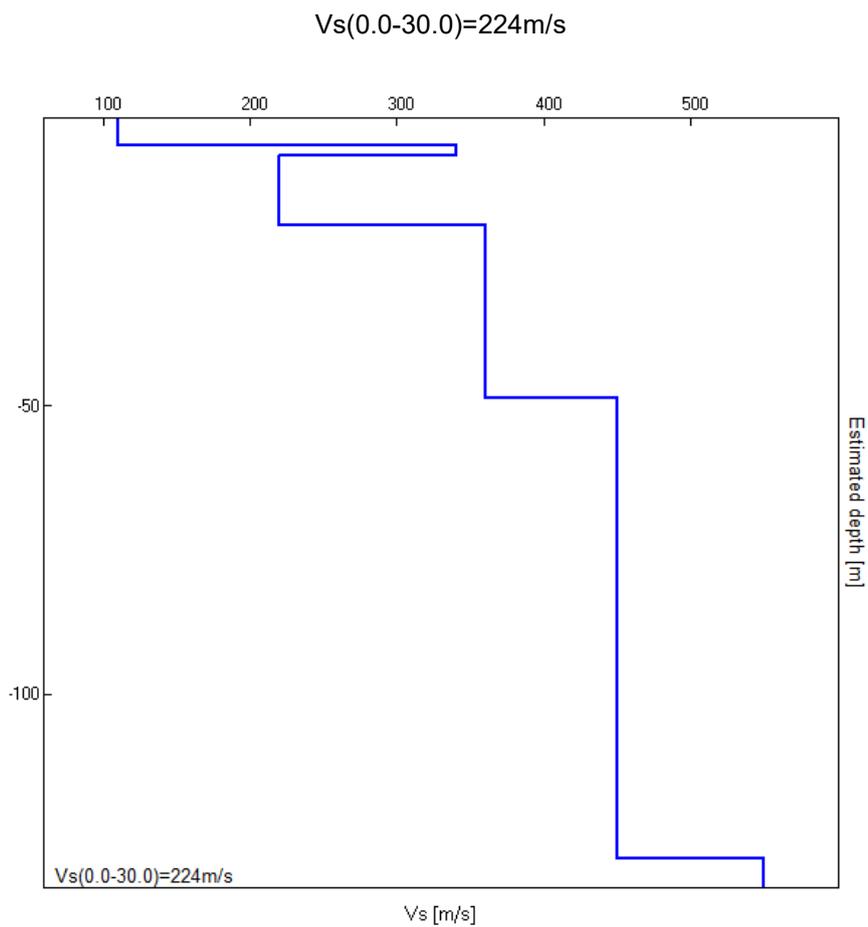
Nel caso specifico è possibile individuare una frequenza tipica, significativa da un punto di vista dell'ingegneria, per il deposito esaminato

Frequenze e periodo di risonanza del deposito, significative per l'ingegneria		
	Frequenza	Periodo
T1	6.52 Hz	0.15 sec
T1	1.76÷2.8 Hz	0.56÷0.35 sec
T1	1.04 Hz	0.96 sec

La progettazione e le verifiche del modello sismico delle opere in progetto potranno essere utilmente confrontate con la frequenza fondamentale del sito indagato.



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.60	4.60	110	0.40
6.60	2.00	340	0.40
18.60	12.00	220	0.40
48.60	30.00	360	0.40
128.60	80.00	450	0.35
inf.	inf.	550	0.35



VALORI DI $V_{s,30}$ CARATTERISTICI DEL SITO: CATEGORIA DEL SUOLO

Il D.M. 17-01-2018, Norme tecniche per le costruzioni, stabilisce delle categorie del suolo ai fini di valutare l'amplificazione sismica del sito in esame.

Considerando la geologia della zona e facendo riferimento al suddetto D.M., in base alla velocità nei primi trenta metri di profondità del substrato indagato, ricavato dall'interpretazione delle misure HVSR, si può affermare che il sottosuolo del sito di interesse appartiene alla categoria **C**.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente a quelle definite per le categorie C o D, con spessore del substrato non superiore a 30 m.</i>

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall'espressione

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



DICHIARAZIONE DI FATTIBILITA' GEOTECNICA

OGGETTO: proposta di ACCORDO OPERATIVO SCHEDA 17 relativo all'intervento da realizzarsi nell'area sita in Comune di Forlimpopoli (FC) compresa tra Via Togliatti e Via Amendola (c.d. Area EX SFIR) di proprietà della Società S.F.I.R. S.r.l. in liquidazione.

Il sottoscritto Ing. Arch. Alberto Arvalli in qualità di tecnico incaricato della progettazione di cui all'oggetto,

PRESA VISIONE

della relazione geologica con indicazioni geotecniche allegata alla presente dichiarazione,

DICHIARA

la fattibilità dal punto di vista geotecnico a riguardo dell'intervento in esame sulla base delle risultanze della suddetta relazione. Si ritengono sufficientemente esaustivi i parametri geotecnici desunti nella relazione geologico – tecnica e compatibili con le strutture previste sulla base dei carichi ammissibili e cedimenti assoluti previsti.

Padova, 10 Aprile 2021

Ing. Arch Alberto Arvalli