



MAURIZIO MAGGI ARCHITETTO – VIA VITTORIO VENETO 27 40131 BOLOGNA – TEL 335 322271



COMUNE DI SALA BOLOGNESE

VARIANTE AL POC CON VALENZA DI PUA
COMPARTO AC_2 (ex C1.8–B1)
FRAZIONE BAGNO DI PIANO, VIA PALAZZAZZO



PROPRIETA'
DOMUS HOLDING S.r.l.
Bologna, Via dei Poeti 1/2

PROGETTO
Arch. MAURIZIO MAGGI

CONSULENTE INCARICATO
Dott. Geol. LUCA GRILLINI

Oggetto tavola

**RELAZIONE GEOLOGICA
E SULLA QUALITA' DEI SUOLI**

Elaborato **AR14m**

Data **Gennaio 2022**

Scala **—**

COMUNE DI SALA BOLOGNESE

Città Metropolitana di Bologna

VARIANTE AL POC CON VALENZA DI PUA DEL COMPARTO C1.8 RELAZIONE GEOLOGICA E SULLA QUALITA' DEI SUOLI

Committente

DOMUS HOLDING s.r.l.

Via dei Poeti, 1/2

40124 - BOLOGNA

Consulente incaricato

Dott. Geol. LUCA GRILLINI



Gennaio 2022

Dott. Geol. Luca Grillini
GEOLOGIA–GEOTECNICA–STUDI DI IMPATTO AMBIENTALE–PROGETTI PER IL TERRITORIO
Via Stoppato,16–40128 Bologna–tel. e fax 051.322400 e–mail: lucagrillini@libero.it

INDICE

1.	Introduzione	Pag. 2
2.	Ubicazione dell'area	Pag. 2
3.	Inquadramento progettuale	Pag. 7
4.	Inquadramento geologico	Pag. 10
5.	Geomorfologia	Pag. 13
6.	Schematizzazione litostratigrafica	Pag. 17
7.	Caratterizzazione geotecnica	Pag. 21
7.1.	Determinazione dei valori caratteristici e di progetto	Pag. 21
7.2.	Schematizzazione geotecnica	Pag. 24
8.	Subsidenza	Pag. 31
9.	Caratterizzazione sismica	Pag. 34
10.	Analisi sismica di III° Livello	Pag. 46
11.	Potenzialità di liquefazione	Pag. 73
12.	Acque superficiali	Pag. 75
13.	Acque sotterranee	Pag. 77
14.	Analisi della qualità dei suoli	Pag. 89
14.1.	Ricostruzione storica dell'area	Pag. 89
14.2.	Indagine sulla qualità dei suoli	Pag. 92
15.	Gestione delle terre di scavo	Pag. 98
16.	Conclusioni	Pag. 99

ELENCO DEGLI ALLEGATI

- All. 1 : Tabulati delle prove penetrometriche statiche
- All. 2 : Tabulati delle elaborazioni statistiche dei dati delle prove penetrometriche
- All. 3 : Stima della velocità di propagazione delle onde di taglio S e misura delle principali frequenze di risonanza dei terreni
- All. 4 : Documentazione inerente le trincee di esplorazione
- All. 5 : Certificati di analisi dei campioni di suolo

1. INTRODUZIONE

La presente relazione viene svolta in accordo con i contenuti del Decreto Ministeriale 17/01/2018 (G.U. n° 8 del 20/02/2018, Suppl. ord. n° 42) “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.

L’oggetto della relazione consiste nella determinazione del Modello Geologico di un’area ad uso residenziale in località Il Palazzazzo di Bagno di Piano in Comune di Sala Bolognese, oggetto di una Variante al P.O.C. con valenza di P.U.A..

Il comparto in esame, denominato C1.8, corrisponde ad un Ambito AC_2 “Aree edificabili sulla base di piani urbanistici approvati” (art. 39 del R.U.E.).

La relazione viene eseguita sulla base di una metodologia di indagine avente lo scopo di raccogliere tutti i dati qualitativi e quantitativi necessari, secondo il seguente schema :

- definizione dell’inquadramento geologico e geomorfologico;
- individuazione delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche locali;
- stima della subsidenza e del rischio sismico;
- determinazione delle caratteristiche dell’idrologia superficiale e sotterranea.

2. UBICAZIONE DELL’AREA

L’area in esame (si veda la fig. 1) è situata in località Bagno di Piano in Comune di Sala Bolognese. Essa è compresa nell’elemento n° 202164 “Padulle” della Carta Tecnica Regionale della Regione Emilia Romagna (si veda la fig. 2).

Nella fig. 3 viene fornita la delimitazione del sito sulla base della foto aerea del sito Google Maps.

L’area dell’intervento corrisponde catastalmente ai terreni censiti al Catasto Terreni del Comune di Sala Bolognese al Foglio 14, mappali 197, 198, 199, 203, 204, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 237, 238, 241, 242, 243, 244, 245, 246 (si veda la fig. 4).

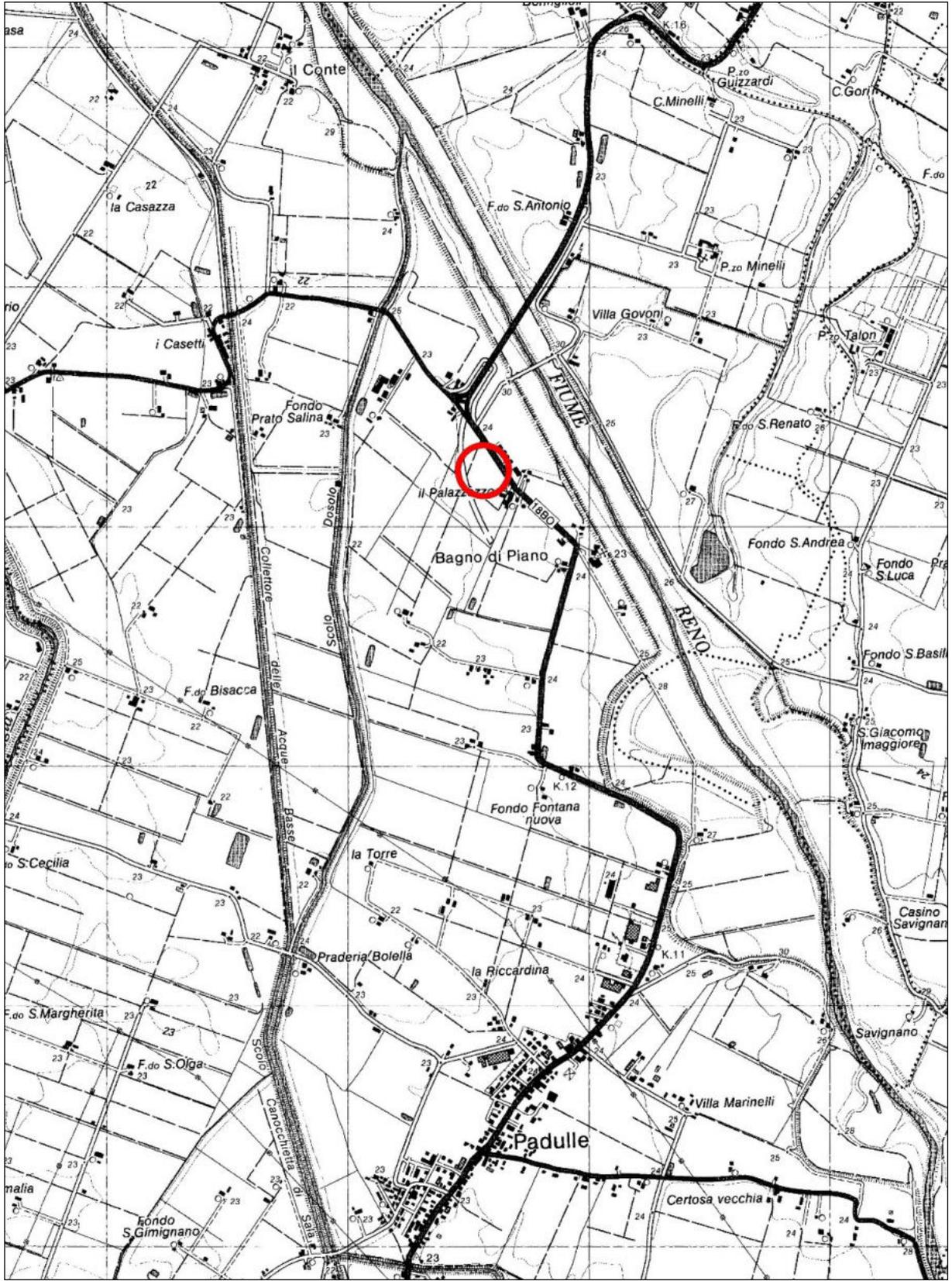


Fig. 1 : Corografia

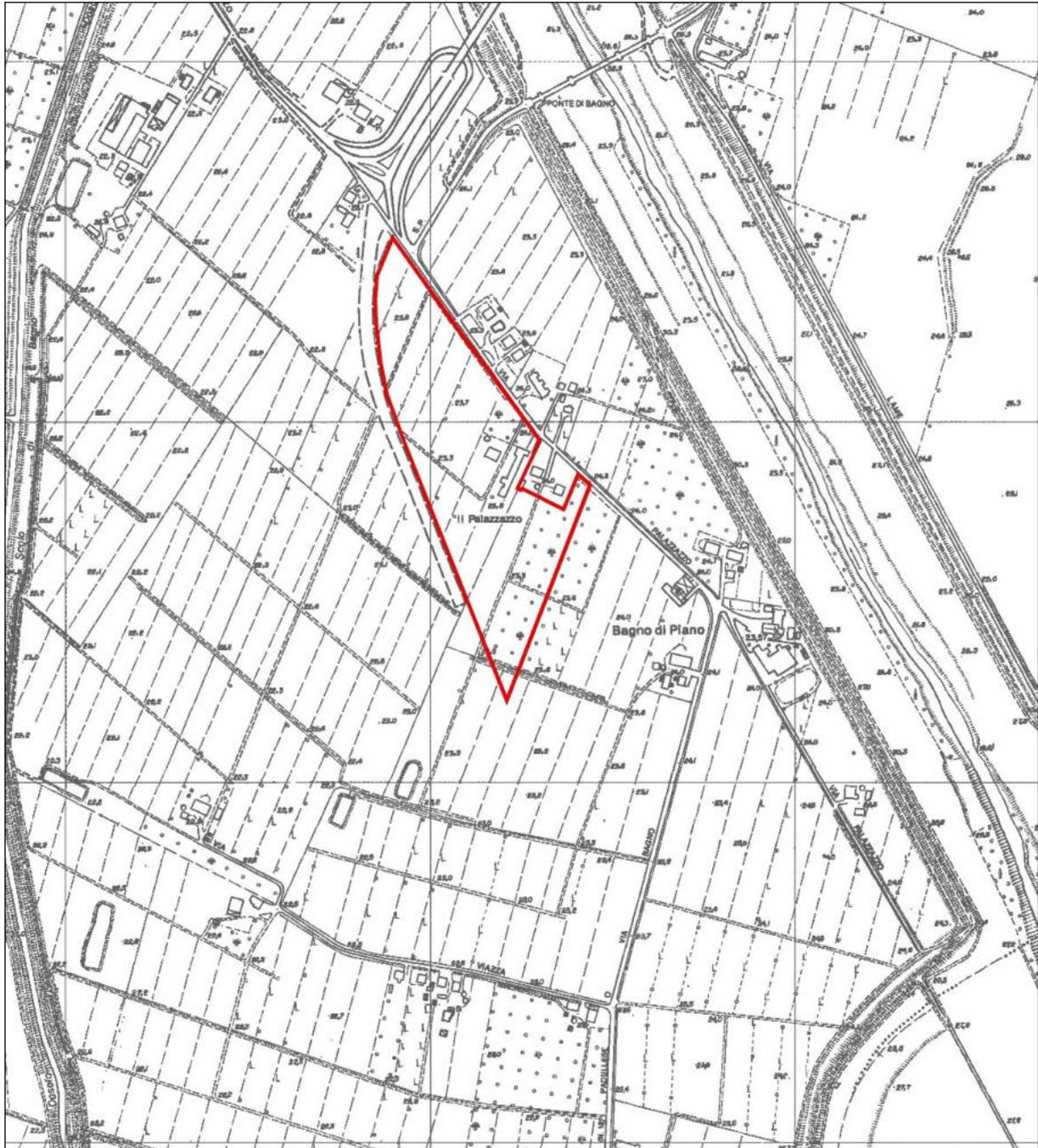


Fig. 2 : Ubicazione dell'area di intervento sulla Carta Tecnica Regionale



Fig. 3 : Foto aerea (tratta dal sito Google Maps)

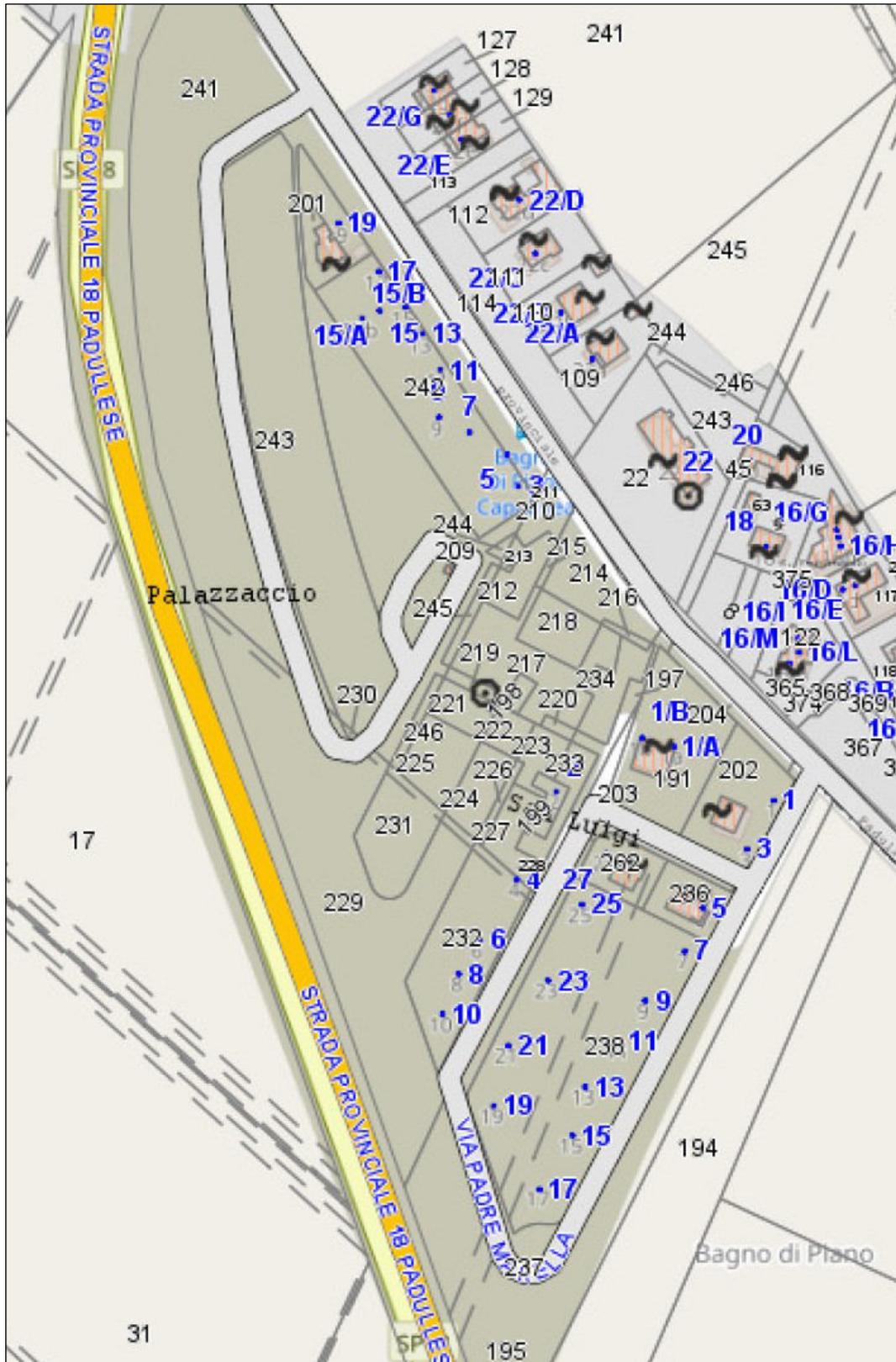


Fig. 4 : Planimetria catastale (tratta dal WebSIT del Comune di Sala Bolognese)

3. INQUADRAMENTO PROGETTUALE

Il progetto in esame corrisponde all'attuazione di una porzione dell'ambito AC_2 individuato dal P.S.C. e dal R.U.E. del Comune di Sala Bolognese (si veda la fig. 5).

In particolare la presente proposta di P.O.C. costituisce la Variante del Piano Particolareggiato approvato nel 2005 e solo in parte attuato mediante l'edificazione di alcuni lotti, individuati nella planimetria di fig. 6.

Tutti i lotti di intervento avranno una destinazione residenziale, ad eccezione del lotto B1/2 (in fregio alla piazza), nel quale si prevederà una superficie ad uso commerciale.

I parametri urbanistici ed edilizi sono riassunti di seguito.

Superfici totali

Superficie Totale intervento* :	70.242,00 mq
*Aree Extra standard (verde pubblico) :	19.970,00 mq
Tot. Urbanizzazione Primaria :	26.474,00 mq
di cui per:	
Verde :	11.847,00 mq
Strade :	8.189,00 mq
Percorsi ciclopedonali :	4.268,00 mq
Parcheggi :	2.170,00 mq
TOT Urb. Primaria :	26.474,00 mq

*Verde Pubblico Totale : $19.970+11.847 = 31.817$ mq

Superfici Utili totali

Superficie utile totale realizzabile originariamente (C1.8 + B1) :	7.001 mq
A detrarre delocalizzazione CE di mq. 1.000, SU realizzabile :	6.001 mq
SU di progetto mq. $2.810+3.188$:	5.998 mq
SU già realizzata con vecchio piano (Lotti 5-B6 e B17) :	266 mq
SU rimanente da realizzare ($6.001-266$) :	5.735 mq

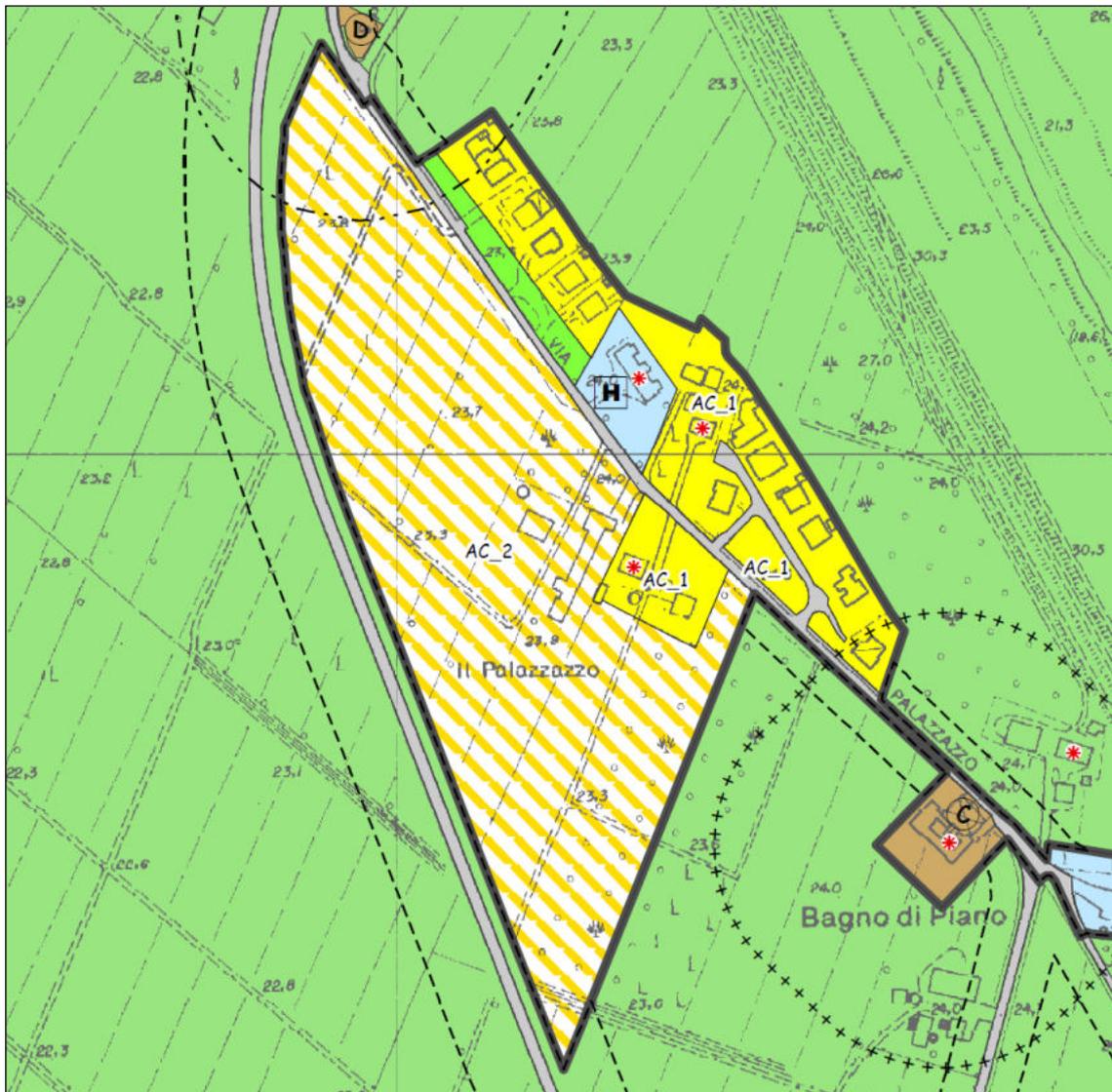


Fig. 5 : Stralcio della tavola RUE.SB/Tb “Classificazione del territorio urbanizzato e del territorio rurale” (dal R.U.E. dell’Associazione Terre d’Acqua)

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La formazione della pianura bolognese, nella quale è situato il territorio in esame, è legata all'evoluzione tettonico-sedimentaria del bacino padano.

Le prospezioni geofisiche ed i sondaggi effettuati dall'Agip per la ricerca di idrocarburi hanno individuato nel sottosuolo padano strutture profonde (si veda la fig. 7), sviluppatesi in un lasso di tempo compreso tra il Miocene superiore ed il Pleistocene, geneticamente connesse alla tettonica di embricazione che ha caratterizzato l'evoluzione strutturale dell'Appennino. I fronti dei sovrascorrimenti sepolti, che interessano le stesse unità litologiche per lo più di origine marina che è possibile osservare in affioramento nel margine collinare, sono marcati da pronunciate pieghe anticlinaliche asimmetriche, vergenti a N-NE, con asse orientato mediamente NW-SE, fra le quali si segnalano le pieghe della cosiddetta Dorsale Ferrarese.

L'indagine geofisica ha inoltre evidenziato la presenza di un importante sistema di faglie che esplica tuttora la sua attività a carattere compressivo, noto in letteratura come "sovrascorrimento pedeappenninico": esso costituisce l'elemento morfo-strutturale di separazione tra la fascia collinare in sollevamento e l'antistante pianura interessata dalla subsidenza. Il significato cinematico attribuito a tale lineamento concorda con il generale sovrascorrimento degli elementi appenninici al di sopra di quelli padani summenzionati.

La pianura bolognese è quindi compresa tra il sistema tettonico del "sovrascorrimento pedeappenninico" ed il fianco meridionale delle pieghe della Dorsale Ferrarese.

Il colmamento del bacino bolognese si è realizzato principalmente in seguito all'attività sedimentaria dei corsi d'acqua appenninici: procedendo dal basso verso l'alto si rinvencono dapprima sedimenti di origine marina, successivamente sedimenti transizionali (lagunari e costieri) ed infine depositi di origine francamente continentale che costituiscono le alluvioni quaternarie. Le variazioni di spessore e dei caratteri deposizionali, registrate dalla successione litostratigrafica, sono riconducibili a fenomeni tettonici e glacio-eustatici che hanno controllato la sedimentazione all'interno del bacino e hanno condizionato la potenzialità deposizionale dei vari corsi d'acqua. Il riempimento del bacino marino ed il successivo passaggio alla sedimentazione continentale non si sono verificati in maniera continua e progressiva, ma sono stati il risultato di eventi tettonico-sedimentari parossistici, separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive.

Facendo riferimento alla sezione di fig. 8 ed alla successione geologico-stratigrafica riportata nella pubblicazione da cui è tratta, lo schema di riferimento per la pianura bolognese è costituito dalla successione di tre diverse sequenze deposizionali:

- Supersintema del Pliocene medio-superiore: costituisce la base dei gruppi acquiferi del bolognese (età da 3,6 a 2,2 milioni di anni) (in rosa nella sezione)
- Supersintema del Quaternario marino: caratterizzato dalla presenza di 4 complessi acquiferi, depositatisi nel periodo compreso tra 2,2 e 0,65 milioni di anni (in verde e blu nella sezione)
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, che rappresenta la *successione quaternaria continentale* (in arancio nella sezione). Questa è litologicamente caratterizzata da ghiaie con scarse sabbie e peliti. In particolare è possibile riconoscere la presenza di due orizzonti pelitici di spessore

significativo (superiore ai 20 metri), che consentono di effettuare una distinzione in 3 megasequenze ghiaiose all'interno della successione in esame; i livelli pelitici sono i seguenti:

- orizzonte inferiore: segnalato alla profondità di 280 m dal p.c., con spessore di 20÷25 m;
- orizzonte superiore : denominato Unità di Fossolo, è situato ad una profondità di circa 120÷140 m dal p.c., con spessori variabili tra 20 m e 30 m (identificato con la lettera G nella sezione di fig. 8).

Allo stato attuale la scarsità dei dati relativi all'orizzonte inferiore suggerisce di utilizzare solamente il livello superiore come *marker* stratigrafico; è così possibile distinguere due unità principali (si veda la fig. 9):

- **Unità Alluvionale Inferiore**, posta al di sotto dell'Unità di Fossolo e spessa oltre 200 m in corrispondenza del F. Reno;
- **Unità di Borgo Panigale**, posta al di sopra dell'orizzonte pelitico e caratterizzata da un tenore in ghiaie più elevato di quello dell'unità inferiore.

L'Unità di Borgo Panigale può essere a sua volta suddivisa in 4 cicli di 30-40 m di spessore, nei quali le ghiaie sono separate da orizzonti limosi ed argillosi dello spessore di 5-10 metri. I cicli sono indicati dal basso verso l'alto come Unità BP1, BP2, BP3 e BP4; il ciclo più recente (BP4) è definito come Unità di Castenaso (UC).

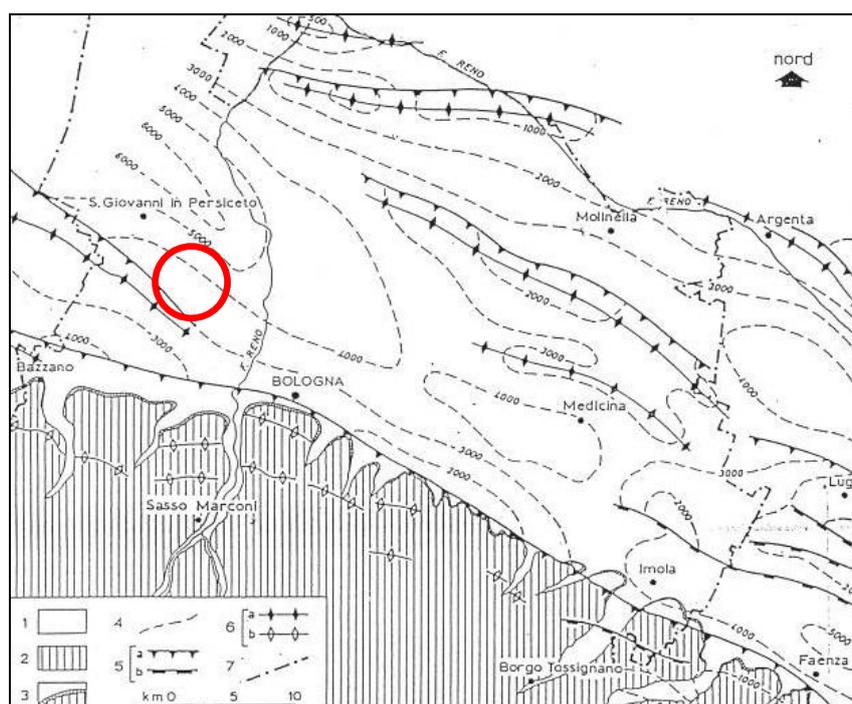


Fig. 7 : Schema morfo-strutturale della pianura bolognese (da Pieri e Groppi, 1981, modif.)

1. zona di pianura : depositi di conoide ed alluvioni fluviali (Olocene-Pleistocene)
2. zona collinare : depositi eterogenei di età dal Miocene al Pleistocene
3. margine della zona collinare
4. isoipse della base del Pliocene
5. faglie dirette sepolte (a) e faglie inverse sepolte (b)
6. assi di anticinali sepolte (a) e affioranti (b)
7. confine di provincia

 ubicazione dell'area

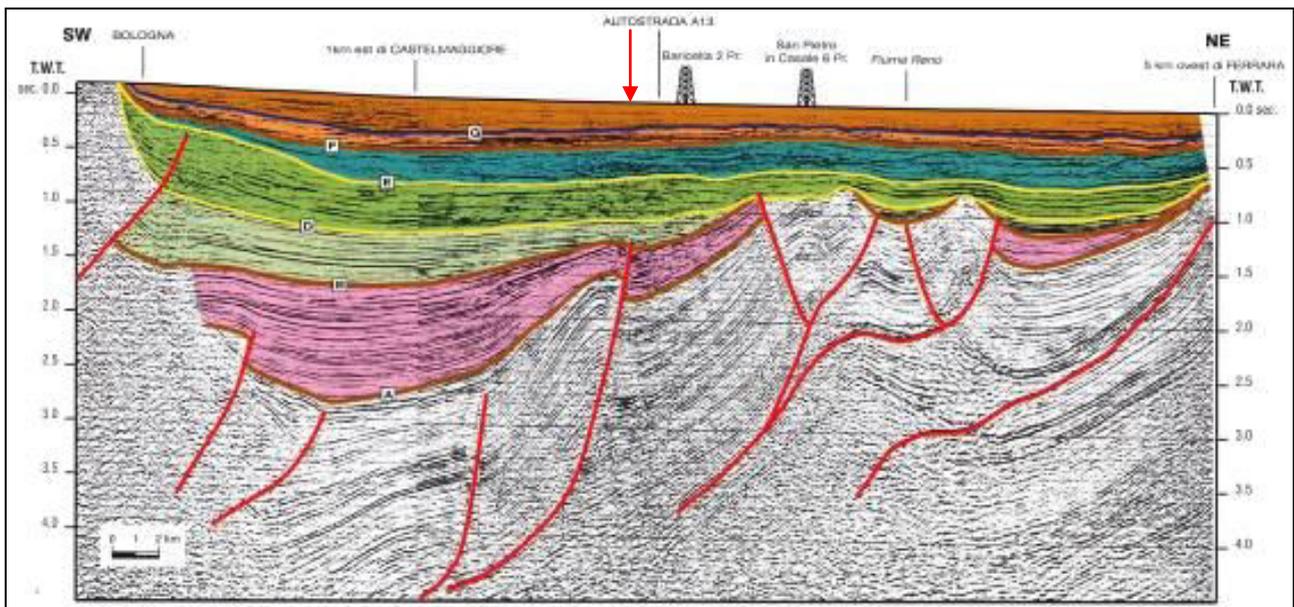


Fig. 8 : Profilo sismico interpretato (cortesia AGIP, tratto da Regione Emilia Romagna – ENI – AGIP, 1998 : Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna, a cura di G. Di Dio)

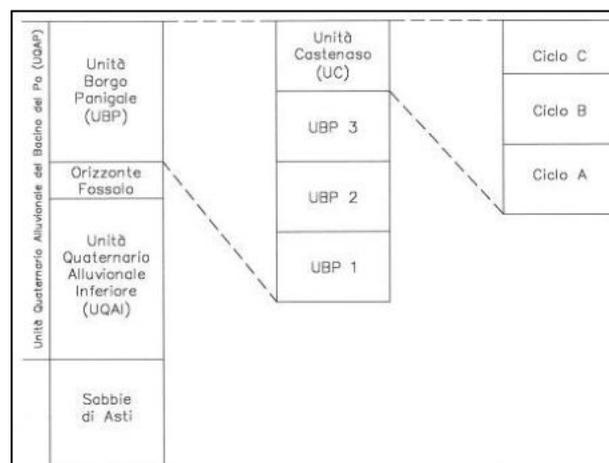


Fig. 9 : Successione geologico-stratigrafica del Quaternario continentale (da Amorosi A. e Farina M. : “Stratigrafia della successione quaternaria continentale della pianura bolognese mediante correlazioni di dati di pozzo”, in Atti del 1° Congresso Europeo di cartografia geologica regionale - Bologna, giugno 1994 - Vol. 5)

L’orizzonte pelitico che corrisponde alla porzione superiore dell’Unità BP3, su cui poggia l’Unità UC “di Castenaso”, è posto alla profondità di circa 40 m dal p.c. e mostra uno spessore variabile tra 12 e 20 m. L’Unità di Castenaso è suddivisibile a sua volta in 3 cicli (dal basso: A, B e C). I singoli cicli presentano una base netta, spesso erosiva sui depositi sottostanti, caratterizzata dal passaggio rapido dai sedimenti fini (argille e limi), che costituiscono la porzione sommitale del ciclo sottostante, ai depositi prevalentemente grossolani (ghiaie e sabbie), che rappresentano la porzione basale del ciclo superiore.

L’alternanza di livelli grossolani e fini all’interno dell’Unità di Castenaso riflette lo sviluppo delle fasi di progradazione e di arretramento dei sistemi di conoide alluvionale in cui sono stati depositati tali materiali.

L’esame della fig. 10 evidenzia il risultato delle diverse fasi sedimentarie, le quali comportano la

deposizione di materiali grossolani o fini a seconda della diversa energia deposizionale: nelle zone prossime alla fascia collinare si sviluppano prevalentemente i depositi grossolani (ghiaie e sabbie) delle conoidi pedeappenniniche, mentre proseguendo verso nord le lenti grossolane si trovano immerse in una massa prevalentemente costituita da sedimenti fini (argille e limi).

L'area di studio (la cui posizione indicativa è stata identificata con una freccia rossa nella fig. 10) è posta in corrispondenza di una zona caratterizzata dalla presenza di rilevanti spessori di materiali sedimentari di origine continentale, costituita dai depositi prevalentemente limoso-argillosi della zona di piana alluvionale.

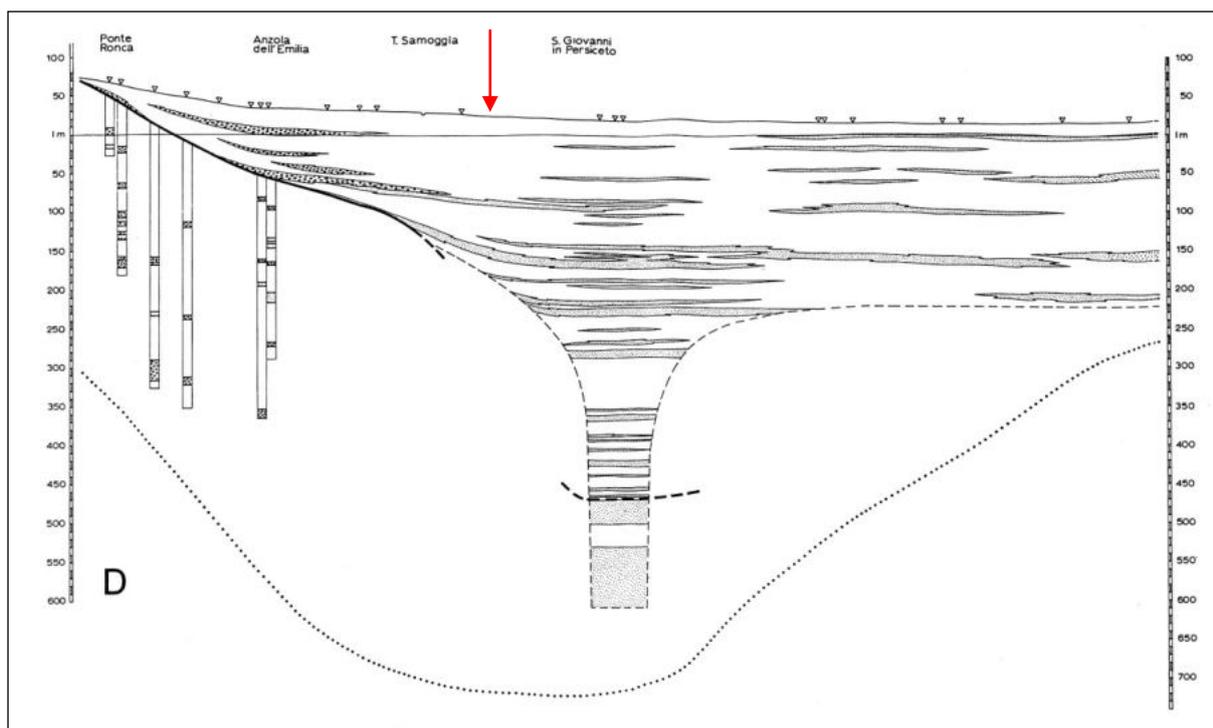


Fig. 10 : Sezione geologica longitudinale (sud-nord) da F. Francavilla et alii : *“Caratteri idrogeologici, strutturali e paleoecologico-stratigrafici del conoide del fiume Reno (Bologna)”* IRSA-CNR, 1980

5. GEOMORFOLOGIA

Osservando la distribuzione dei depositi quaternari, sulla base delle loro differenti caratteristiche sedimentologiche, morfologiche e tessiturali è possibile suddividere la pianura bolognese in tre fasce (alta, media e bassa), procedendo da sud verso nord.

La brusca variazione dei parametri idrodinamici, al passaggio tra la fascia collinare e quella di pianura, costringe i corsi d'acqua ad adattarsi a nuove condizioni di equilibrio; queste vengono raggiunte mediante il rilascio dei clasti causato dalla minor capacità di trasporto della corrente. Le modalità di questo processo si riflettono sulla distribuzione granulometrica dei sedimenti depositati: i primi a venire rilasciati sono i più grossolani, mentre quelli a tessitura fine vengono trasportati in zone più a valle.

In maniera del tutto analoga a quanto avviene attualmente, nelle aree di alta pianura, situate immediatamente a ridosso degli sbocchi vallivi in pianura, si verificava quindi l'accumulo di

materiali detritici grossolani (sabbie e ghiaie), sotto forma di corpi lenticolari, sovrapposti e giustapposti, costituenti le conoidi alluvionali pedecollinari. Le intercalazioni di depositi argillosi e limosi, sempre presenti, sono riconducibili a riempimenti delle aree di interconoide da parte di correnti fluviali a bassa energia di trasporto. Le modalità deposizionali potevano essere complicate da migrazioni laterali del corso d'acqua che determinavano lo spostamento della porzione attiva della conoide; in altri casi un aumento della capacità erosiva poteva provocare l'asportazione di materiale già deposto con conseguente formazione di incisioni all'interno della conoide.

La media e la bassa pianura sono invece caratterizzate dalla presenza dei dossi fluviali: strutture sviluppate in senso longitudinale, anche per distanze di parecchi chilometri, che si dipartono dalle porzioni distali delle conoidi e che si sono originate in seguito alla deposizione di sedimenti all'interno del canale fluviale.

I dossi corrispondono a momenti della vita del fiume caratterizzati da condizioni di energia di trasporto medio-elevata e rappresentano dei corpi prismatici allungati costituiti da materiali generalmente a tessitura sabbiosa o sabbioso limosa.

In occasione di un eccessivo accrescimento in altezza del dosso e/o di momenti di piena fluviale, potevano verificarsi rotte e diversioni del corso d'acqua, con abbandono del precedente alveo fluviale ed impostazione di una nuova direttrice di scorrimento in aree topograficamente più favorevoli. La formazione dei canali di rotta, essendo legata a momenti di elevata energia di trasporto della corrente, determinava generalmente la deposizione di materiali a tessitura media o medio-fine.

Gli spazi tra i dossi venivano progressivamente colmati mediante tracimazioni periodiche del corso d'acqua dalla struttura sopraelevata del dosso, con conseguente deposizione di materiali a tessitura fine (limi e argille), corrispondenti alle caratteristiche di energia bassa o bassissima della corrente di trasporto fluviale. Le aree di pianura alluvionale venivano così interessate dalla presenza di vaste zone paludose, che fungevano da punto di recapito delle acque della rete idrica superficiale. Le acque si accumulavano in tali zone poiché non trovavano una ulteriore via di sfogo, sia in senso verticale, a causa della presenza di livelli superficiali impermeabili (argille e limi), che in senso orizzontale, in quanto esse corrispondevano alle aree topograficamente meno elevate. L'ampiezza delle aree paludose non era fissa, ma variava in funzione delle portate di afflusso idrico e dell'evaporazione.

A partire dall'epoca romana i fenomeni descritti hanno subito delle modificazioni dovute alla realizzazione di opere di regimazione dei corsi d'acqua e di bonifica delle aree depresse. I corsi d'acqua artificiali hanno dato luogo a strutture morfologiche simili a quelle originatesi in seguito alla libera diversione dei fiumi, ma di dimensioni inferiori, mentre la morfologia degli alvei precedentemente attivi si è generalmente ben conservata.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area di intervento è situata nella bassa pianura; in particolare l'esame della fig. 11 consente di osservare come essa si trovi in corrispondenza del dosso fluviale del F. Reno.

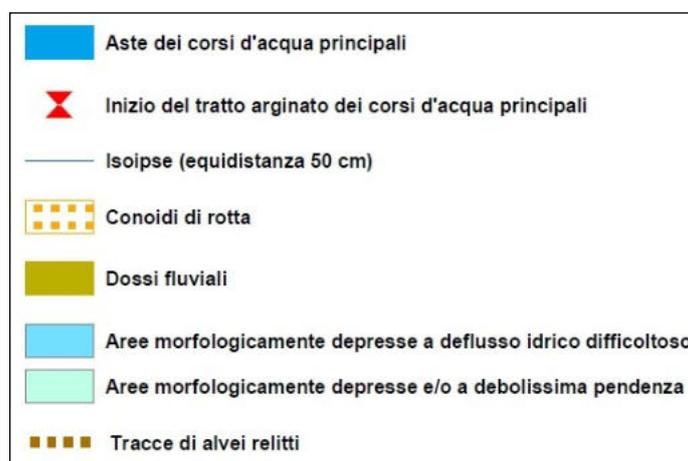
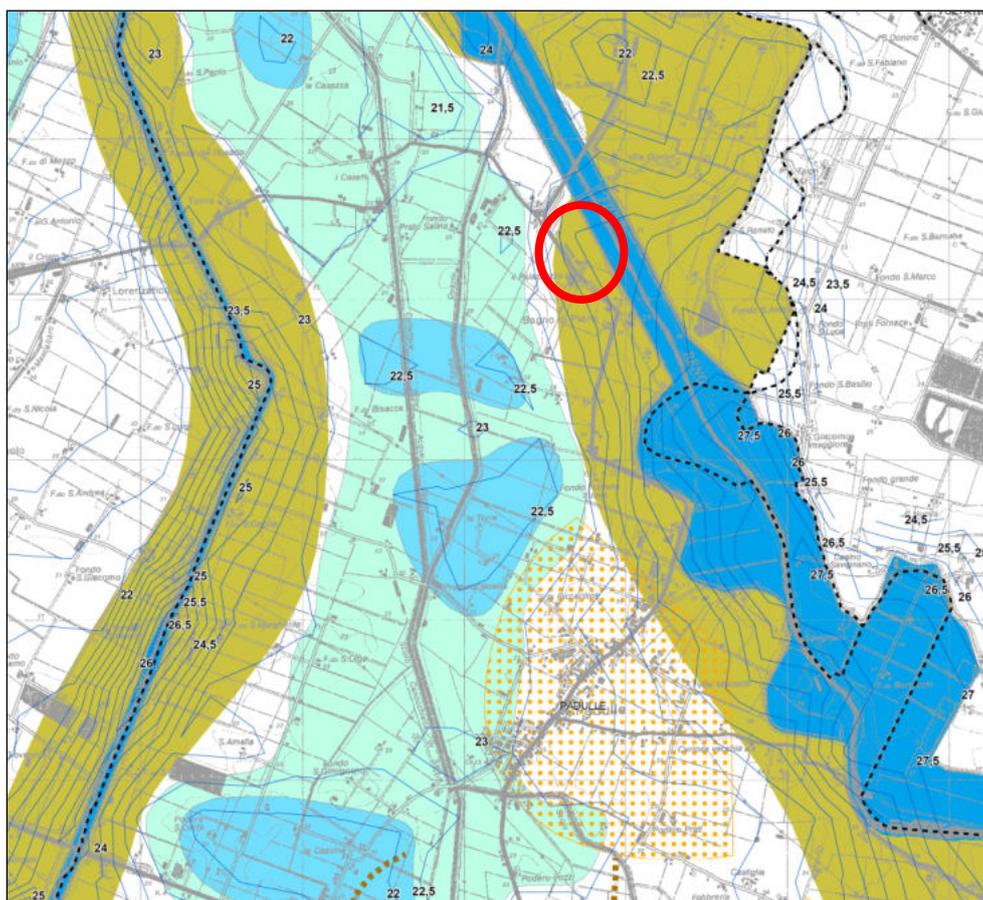


Fig. 11 : Geomorfologia (tratta dalla Tav. QC6.t2 del P.S.C. dell'Associazione Terre d'Acqua)

L'analisi geomorfologica storica del F. Reno ha consentito di individuarne diversi tracciati, più o meno importanti, più o meno stabili nel tempo. Nella fig. 12 sono state riportate le principali variazioni del reticolo idrografico principale individuate nella zona della pianura bolognese.

In particolare uno dei più antichi tracciati del F. Reno conosciuti è quello più orientale che da Casalecchio costeggiava Bologna verso est, di età genericamente **pre-romana** (Primo conoide di Reno in fig. 12), per poi scorrere verso le terre basse di Minerbio e Baricella per innestarsi in un alveo antico del Po a sud di Ferrara (denominato in seguito Po di Primaro).

Il corso attivo invece nell'**età romana classica** (Secondo conoide di Reno in fig. 12) è quello ormai ben conosciuto che da Borgo Panigale passava da Pescarola e Corticella, dove riceveva in destra il T. Savena, toccava Castel Maggiore, Stiatico, S. Giorgio di Piano, S. Pietro in Casale, S. Vincenzo, Poggio Renatico e Coronella, confluendo in Po tra Cassana e Ferrara se e quando riusciva ad arrivarci poiché di frequente le sue acque ristagnavano in una vasta area valliva posta tra il bolognese ed il ferrarese. Tale corso del Reno cessò l'attività tra il **IV ed il VI secolo d.C.**; in questo periodo il tracciato subì una diversione, utilizzando un nuovo percorso passante per Trebbo, Castel d'Argile e Poggetto, che restò attivo per tutto l'alto medioevo, fino almeno alla fine del X secolo. Verso la **metà del secolo XI**, il fiume iniziò a fluire più a ovest, a sinistra del percorso altomedievale, in direzione di Cento (Terzo conoide di Reno in fig. 12).

Da allora, la storia del Reno è puntellata di episodi di rotte catastrofiche e di variazioni di percorsi, sia naturali che di origine antropica. Il Reno continuò fino a tutto l'Ottocento a procurare disastri alle coltivazioni ed alle popolazioni, con continue piene e sfondamenti degli argini, i quali erano soggetti a continui rialzi, fino a giungere ad altezza di oltre 13 m in corrispondenza di Beccaria Nuova, contro i 3 m originari previsti dal progetto.

L'esame di fig. 12 evidenzia come l'area di studio sia situata nella zona della 3^a Conoide del F. Reno.

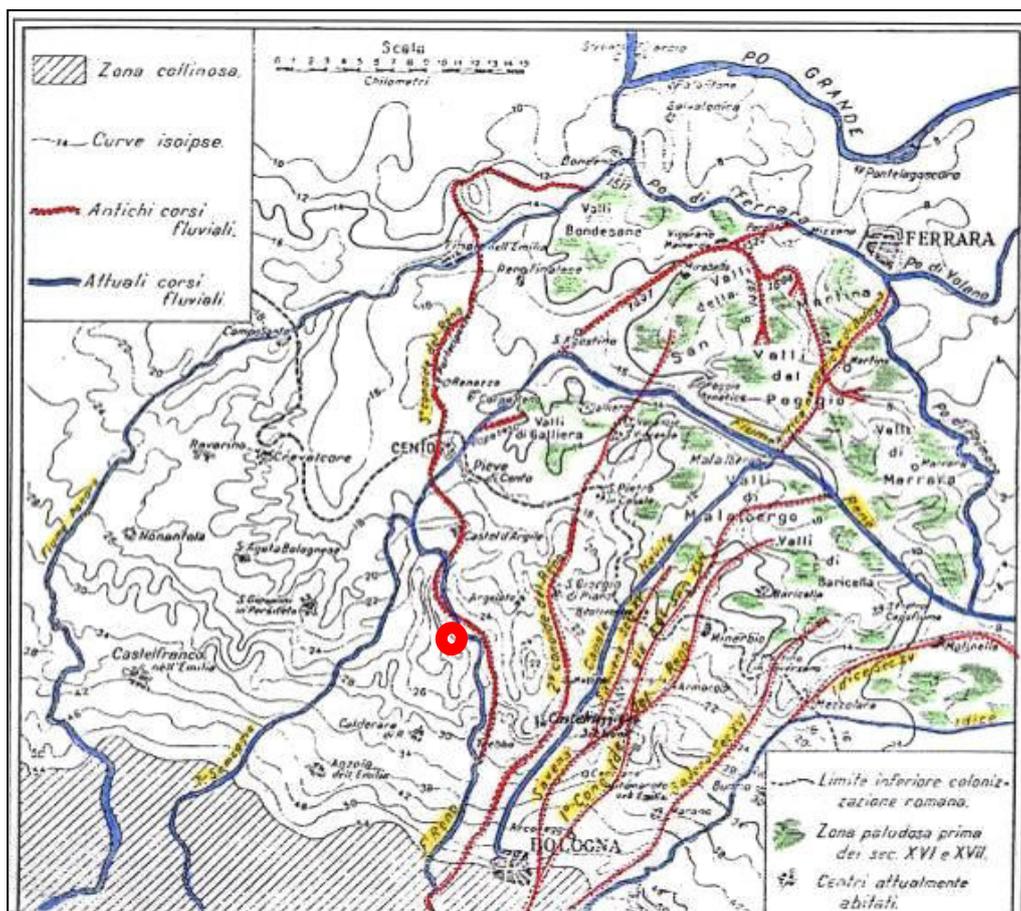


Fig. 12 : Variazioni idrografiche della pianura bolognese fra il Panaro e l'Idice durante i secoli XII÷XVIII (estratto di A.M. Belli da Lorenzo Cremonini : Castel Maggiore, com'era, com'è)

6. SCHEMATIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

Le caratteristiche litostratigrafiche locali sono state individuate mediante l'esecuzione di un'indagine geognostica effettuata appositamente nel sito nel 2003, la quale è consistita nella realizzazione di 2 prove penetrometriche statiche (CPT1 e 2), spinte fino alla massima profondità di 14 m dal p.c..

Sono state inoltre esaminate le prove penetrometriche effettuate nei dintorni dell'area nel 1983, tratte dal sito del Servizio Geologico, Sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna.

L'ubicazione delle prove è riportata nella fig. 13. I tabulati dei dati derivati dall'esecuzione delle prove penetrometriche sono forniti in all. 1.

La schematizzazione litostratigrafica delle prove CPT 1 e 2 è stata ottenuta mediante l'interpretazione delle prove, svolta applicando il metodo di Begemann (1965), il quale considera il rapporto tra q_c (resistenza alla punta del penetrometro statico) ed f_s (resistenza di attrito laterale) come parametro indicativo delle variazioni litologiche.

Nella fig. 14 sono riportate le colonne stratigrafiche delle prove CPT eseguite nel sito, desunte dall'interpretazione secondo Begemann e nella fig. 15 esse sono state messe a confronto tra di loro.

L'esame di tali elaborati consente di sottolineare la presenza di una sostanziale uniformità litostratigrafica nel sito:

- nella prova CPT 1 si evidenzia infatti la presenza superficiale di livelli argilloso-limosi fino alla profondità di circa 2 m, ai quali fa seguito un'alternanza di livelli argillosi e limoso sabbiosi fino alla profondità di 5,4 m; successivamente si incontra uno strato di argilla organica fino a 10,4 m, a cui fanno seguito depositi argillosi e limosi fino alla massima profondità indagata;
- nella prova CPT 2 si osserva la presenza di un livello superficiale di limo sabbioso/sabbia limosa fino a -1,4 m, che passa ad argille/limi fino a 3,0 ed all'alternanza di argille/limi e limi sabbiosi/sabbie limose fino a -5,6 m. Successivamente si rinviene fino a -9,6 m lo strato di argilla organica evidenziato anche nella CPT 1, che passa inferiormente ad argille/limi.

La presenza prevalente di livelli argillosi e limosi è confermata anche dall'esame delle prove penetrometriche eseguite nel 1983 ad est dell'area del comparto.

Al termine delle prove è stata individuata la presenza di un livello di falda a profondità comprese tra 1,8 m e 2,4 m dal p.c..

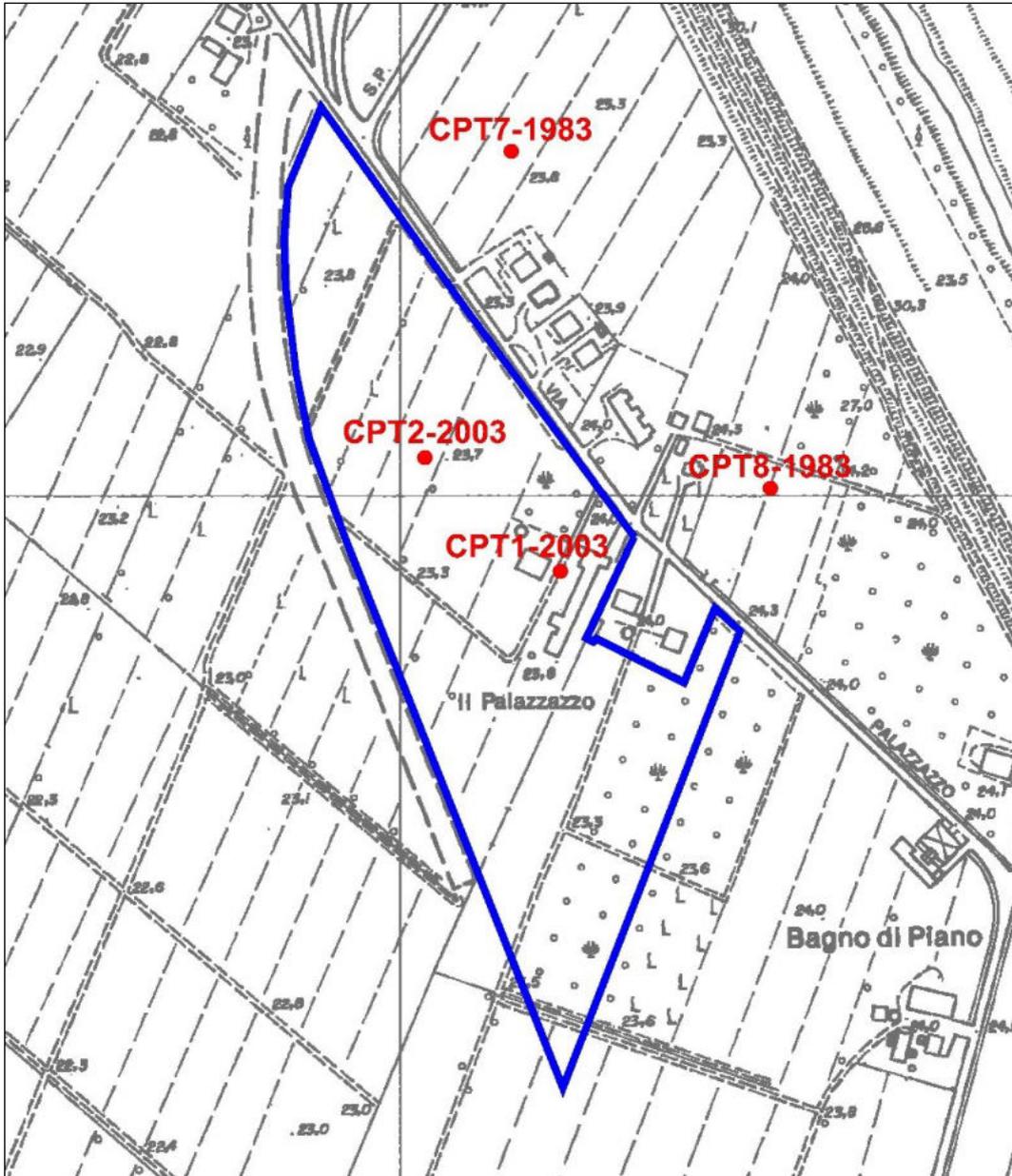


Fig. 13 : Ubicazione delle prove geognostiche

PROVA CPT 1-2003				
Prof.	Qc	Qc/fs	Litologia (Begemann)	
0,2				
0,4	33	25	A/L	Argilla/Limo
0,6	30	28	A/L	
0,8	28	26	A/L	
1,0	26	21	A/L	
1,2	24	24	A/L	
1,4	15	16	A/L	
1,6	20	27	A/L	
1,8	12	20	A/L	
2,0	10	21	A/L	
2,2	9	34	LS/SL	
2,4	8	24	A/L	
2,6	7	35	LS/SL	
2,8	4	20	A/L	
3,0	3	22	A/L	
3,2	2	10	T/AO	
3,4	3	45	LS/SL	
3,6	4	30	A/L	
3,8	2	30	A/L	
4,0	2	7	T/AO	
4,2	5	15	T/AO	
4,4	8	30	A/L	
4,6	7	35	LS/SL	
4,8	6	30	A/L	
5,0	3	22	A/L	
5,2	3	11	T/AO	
5,4	12	60	LS/SL	
5,6	4	15	T/AO	
5,8	4	20	A/L	
6,0	4	20	A/L	
6,2	3	11	T/AO	
6,4	2	15	T/AO	
6,6	2	15	T/AO	
6,8	2	15	T/AO	
7,0	2	15	T/AO	
7,2	3	22	A/L	
7,4	2	15	T/AO	
7,6	4	20	A/L	
7,8	3	15	T/AO	
8,0	5	15	T/AO	
8,2	6	15	T/AO	
8,4	7	21	A/L	
8,6	5	12	T/AO	
8,8	6	18	A/L	
9,0	11	21	A/L	
9,2	7	13	T/AO	
9,4	9	12	T/AO	
9,6	10	12	T/AO	
9,8	11	14	T/AO	
10,0	8	11	T/AO	
10,2	12	15	T/AO	
10,4	16	15	T/AO	
10,6	21	17	A/L	
10,8	24	19	A/L	
11,0	24	16	A/L	
11,2	23	18	A/L	
11,4	24	18	A/L	
11,6	23	17	A/L	
11,8	21	21	A/L	
12,0	22	24	A/L	
12,2	27	24	A/L	
12,4	30	24	A/L	
12,6	25	20	A/L	
12,8	15	16	A/L	
13,0	11	18	A/L	
13,2	13	22	A/L	
13,4	15	20	A/L	
13,6	16	22	A/L	
13,8	15	19	A/L	
14,0	15			

PROVA CPT 2-2003				
Prof.	Qc	Qc/fs	Litologia (Begemann)	
0,2				
0,4	35	29	A/L	Limo sabbioso /Sabbia limosa
0,6	42	35	LS/SL	
0,8	48	42	LS/SL	
1,0	63	47	LS/SL	
1,2	50	37	LS/SL	
1,4	36	39	LS/SL	
1,6	28	32	LS/SL	
1,8	13	28	A/L	Argilla/Limo
2,0	10	30	A/L	
2,2	8	30	A/L	
2,4	7	26	A/L	
2,6	4	20	A/L	
2,8	4	30	A/L	
3,0	5	25	A/L	
3,2	13	49	LS/SL	Argilla/Limo con Limo sabbioso / Sabbia limosa
3,4	3	15	T/AO	
3,6	3	15	T/AO	
3,8	4	20	A/L	
4,0	4	20	A/L	
4,2	7	35	LS/SL	
4,4	7	21	A/L	
4,6	5	19	A/L	
4,8	5	19	A/L	
5,0	8	30	A/L	
5,2	10	50	LS/SL	
5,4	6	30	A/L	
5,6	4	20	A/L	
5,8	2	7	T/AO	Argilla organica
6,0	3	15	T/AO	
6,2	4	12	T/AO	
6,4	3	15	T/AO	
6,6	5	37	LS/SL	
6,8	9	27	A/L	
7,0	4	12	T/AO	
7,2	4	15	T/AO	
7,4	4	12	T/AO	
7,6	6	13	T/AO	
7,8	9	17	A/L	
8,0	8	13	T/AO	
8,2	8	15	T/AO	
8,4	8	15	T/AO	
8,6	8	12	T/AO	
8,8	11	14	T/AO	
9,0	15	14	T/AO	
9,2	17	15	T/AO	
9,4	21	16	A/L	
9,6	20	14	T/AO	
9,8	21	17	A/L	Argilla/Limo
10,0	24	16	A/L	
10,2	22	16	A/L	
10,4	22	16	A/L	
10,6	25	16	A/L	
10,8	23	14	T/AO	
11,0	23	16	A/L	
11,2	25	18	A/L	
11,4	22	16	A/L	
11,6	23	18	A/L	
11,8	24	20	A/L	
12,0	27	18	A/L	
12,2	23	18	A/L	
12,4	18	30	A/L	
12,6	13	19	A/L	
12,8	10	30	A/L	
13,0	8	13	T/AO	
13,2	9	27	A/L	
13,4	12	18	A/L	
13,6	11	21	A/L	
13,8	7	21	A/L	
14,0	13			

Qc/fs	Litologia (Begemann)	
<15	T/AO	
15-30	A/L	
30-60	LS/SL	
60-120	S	
>120	S/GH	

Fig. 14 : Schematizzazione litostratigrafica delle prove CPT

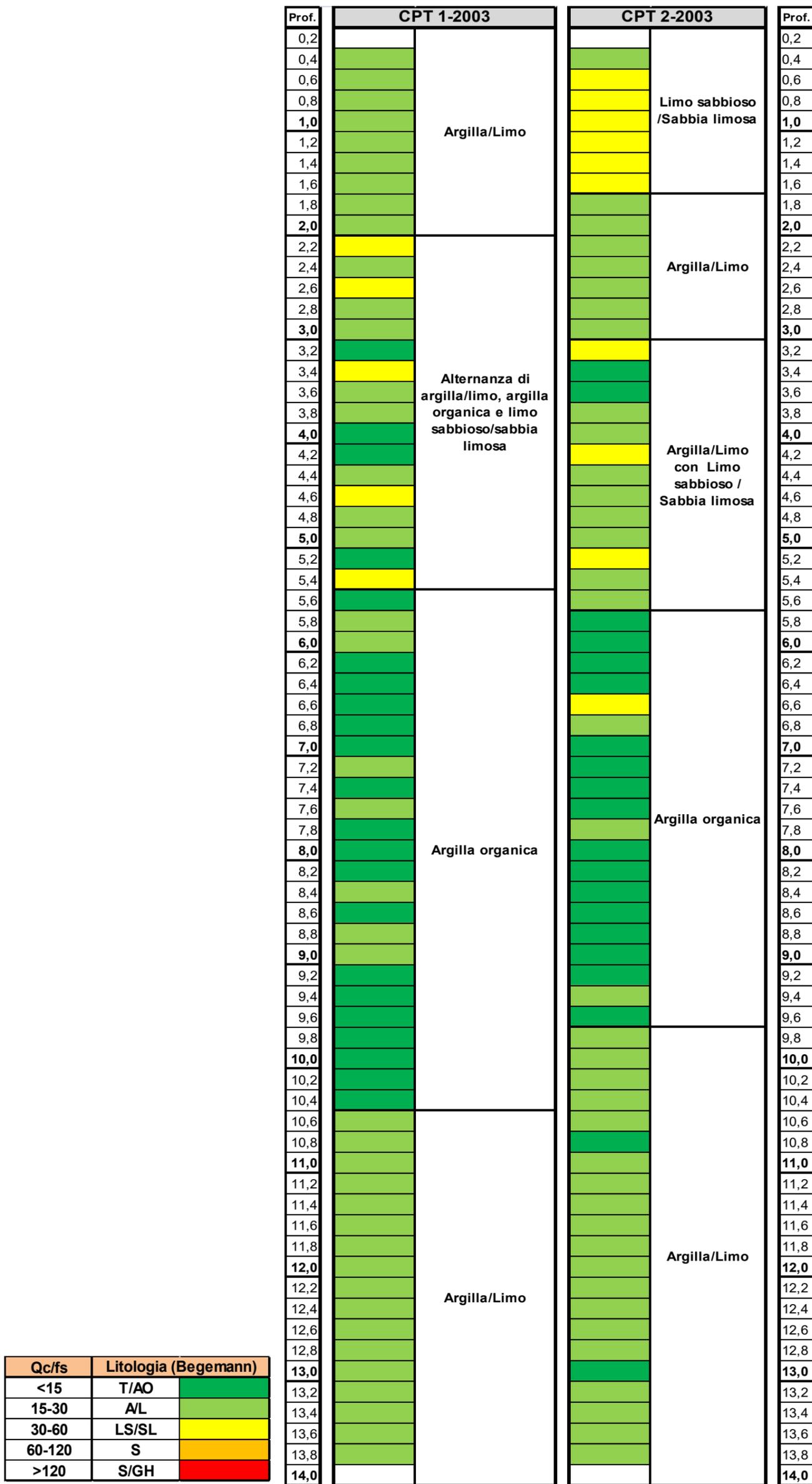


Fig. 15 : Colonne stratigrafiche derivanti dall'interpretazione delle prove CPT

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

7.1. Determinazione dei valori caratteristici e di progetto

La determinazione dei valori dei parametri geotecnici è stata sviluppata secondo le indicazioni introdotte dal D.M. 17/01/2018 (G.U. n° 8 del 20/02/2018, Suppl. ord. n° 42) "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni". In particolare, per la stima del valore caratteristico e di progetto dei parametri geotecnici di cui al punto 6.2.2. del D.M. 17/01/2018 si è proceduto come segue:

- interpretazione dei dati derivanti dall'indagine geognostica, allo scopo di determinare i valori nominali dei parametri di resistenza al taglio e di deformabilità dei terreni di fondazione;
- i valori così ottenuti sono stati elaborati statisticamente utilizzando i fogli di calcolo *Val_car.xls* e *Val_car2(pochi dati).xls* (forniti dal Dott. Geol. Luca Nori nel Corso di Aggiornamento Professionale del 27/03/2009 organizzato dall'Ordine dei Geologi della Regione Emilia-Romagna), allo scopo di determinare il **valore caratteristico** dei diversi parametri geotecnici;
- mediante gli stessi fogli di calcolo ed applicando i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno indicati nella tab. 6.2.II del D.M. sono stati ottenuti i **valori di progetto** dei diversi parametri.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_r	γ_r	1,0	1,0

Per quanto concerne le **modalità di determinazione del valore caratteristico**, si è fatto riferimento ai contenuti del D.M. 17/01/2018 e dell'Eurocodice 7 ("*Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules, Final draft pr EN 1997-1, 2004, CEN*"), che costituisce la normativa che ha introdotto il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.

In particolare, al punto 2.4.5.2 (2)P, l'Eurocodice 7 specifica che "*...Il valore caratteristico di un parametro di un terreno o di una roccia deve essere scelto in base ad una valutazione cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite...*".

Al punto 2.4.5.2 (11) viene stabilito che "*...Qualora si adottino metodi statistici, il valore caratteristico dovrebbe essere ricavato in maniera tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli, che determinano la manifestazione dello stato limite in esame, non sia maggiore del 5%. A tal riguardo, una stima cautelativa del valore medio è costituita dalla selezione del valore medio dell'insieme limitato dei valori dei parametri geotecnici, con un livello di confidenza del 95%; nel caso sia prevista la rottura locale, una stima cautelativa del valore minimo corrisponde al 5° percentile...*".

Il D.M. 17/01/2018 recepisce genericamente tale indicazione, indicando al punto 6.2.2. che "*...per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato...*".

In merito alla definizione di valore medio si è fatto riferimento alla pubblicazione di R. Carbone e C.M. Tucci "D.M. 14 gennaio 2008, Eurocodice 7 : una metodologia per la scelta dei parametri geotecnici caratteristici", nella quale si citano 3 tipologie di valori medi : il valore medio statistico (che costituisce la media dei valori), il valore medio spaziale (media dei valori di un determinato parametro relativamente ad un determinato volume di terreno) ed il valore medio probabilistico (valore, scelto in un campo di incertezza, tale per cui per lo stato limite da analizzare si ha una probabilità stabilita, per esempio il 5%, che il valore più adeguato alla situazione che si sta analizzando sia inferiore a tale valore probabilistico medio). Utilizzando un metodo statistico per la determinazione del valore caratteristico si considera pertanto il valore medio probabilistico.

I fogli di calcolo utilizzati nel presente lavoro sono stati elaborati dal Dott. Nori applicando le relazioni statistiche per la determinazione della media, distinguendo tra il caso di disponibilità di un set limitato di dati od al contrario di dati più numerosi. Il Dott. Nori (in "Introduzione operativa al concetto dei valori caratteristici secondo l'Eurocodice 7 (norma europea prEN1997-1", 2009) considera un numero di dati inferiore a 5 come un dataset limitato.

Nell'all. 2 sono riportati i tabulati dei fogli di calcolo Val_car.xls e Val_car2(pochi dati).xls utilizzati per la determinazione dei valori caratteristici e di progetto della coesione non drenata.

Le procedure di calcolo utilizzate nei fogli di calcolo sono sintetizzate di seguito.

Foglio di calcolo		Val_car.xls
Numerosità dei dati		Molti dati (n > 6)
Tipo di rottura	Grande	Metodologia di calcolo Distribuzione di Student (t di Student) (W.S. Gosset, 1908) $x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0,95} \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$ X _k = valore caratteristico desiderato X = valore medio della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione valore della distribuzione di student ad n-1 gradi di libertà t = con probabilità u = 95% (vale a dire 1-α = 0,95 o alternativamente, α = 0,05) S = deviazione standard del campione n = numero di dati
Valore	Medio	
Parametro	Angolo di attrito interno Coesione	
Tipo di rottura	Piccola	Metodologia di calcolo $X_k = X - 1,645 * S$ in EXCEL : INV.NORM (0,05 ; X ; S) in EXCEL : INV.LOGNORM (0,05 ; X ; S)
Valore	Minimo	
Parametro	Angolo di attrito interno (distribuzione normale)	
	Coesione (distribuzione lognormale)	

Foglio di calcolo		Val_car2(pochidati).xls
Numerosità dei dati		Pochi dati (n ≤ 5)
Tipo di rottura	Grande	Metodologia di calcolo
Valore	Medio	
Parametro	Angolo di attrito interno (distribuzione normale)	$X_k = \bar{x} - 1.645 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$ $\sigma = \text{coefficiente di variazione (per sabbie e ghiaie = 10)}$
	Coesione (distribuzione lognormale)	Metodo di Cox $L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} \pm z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\frac{S^2}{n} + \frac{S^4}{2(n-1)}}$ $Y = \text{valore medio del dataset con distribuzione lognormale}$ $z = \text{distribuzione normale standardizzata}$ $t = \text{valore della distribuzione di student ad n-1 gradi di libertà}$
Tipo di rottura	Piccola	Metodologia di calcolo
Valore	Minimo	
Parametro	Angolo di attrito interno (distribuzione normale)	$X_k = X - 1,645 * \sigma$ in EXCEL : INV.NORM (0,05 ; X ; σ)
	Coesione (distribuzione lognormale)	$X_k = X - 1,645 * S$ in EXCEL : INV.LOGNORM (0,05 ; X ; S)

Di seguito vengono riassunte le metodologie applicate nell'**interpretazione dei dati derivanti dalle prove geognostiche** al fine di determinare i valori dei parametri geotecnici inerenti i terreni segnalati nel sito.

A partire dai dati di resistenza alla punta del penetrometro statico q_c sono stati ottenuti i valori di coesione non drenata C_u , applicando la seguente relazione, derivata dalla teoria della capacità portante proposta da Terzaghi (1943) :

$$C_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k}$$

dove :

C_u = coesione non drenata

q_c = resistenza alla punta del penetrometro statico

σ_{v0} = tensione verticale efficace alla profondità della misura di q_c

N_k = coefficiente del penetrometro, che nel caso del penetrometro meccanico è pari a 20 (si veda Dott. Ing. Facciorusso, Corso di geotecnica per Ingegneri Edili dell'Università degli Studi di Firenze, 2012-2013). Si tenga conto che in letteratura (Lunne & Kleven, 1981 e Jamiolkoski et alii, 1982) per argille da poco a mediamente consistenti vengono riportati valori del coefficiente N_k compresi tra 9 e 26, mentre per argille consolidate fessurate Terzaghi et alii (1996) indicano valori compresi tra 11 e 30. Mayne & Kemper (1988), sulla base di correlazioni con risultati di prove di compressioni triassiali, indicano un valore compreso tra 6 e 30.

Per ottenere i valori indicativi dei moduli di deformazione edometrica E_{ed} sono segnalate in letteratura molte relazioni in funzione del valore di q_c (resistenza alla punta del penetrometro statico) a partire da quella di Buisman (1940); la più utilizzata è quella proposta da Mitchell &

Gardner (1975), che si basa sulla seguente espressione :

$$E_{ed} = 1 / m_v = \alpha_m * q_c$$

dove :

m_v = coefficiente di compressibilità volumetrica

α_m = coefficiente per la determinazione del modulo edometrico

Nel presente lavoro sono stati utilizzati i seguenti valori di α_m :

- per valori di q_c inferiori a 15 kg/cm² : $\alpha_m = 3$
- per valori di q_c compresi tra 16 e 24 kg/cm² : $\alpha_m = 2,5$
- per valori di q_c superiori a 25 kg/cm² : $\alpha_m = 2$

Dal valore del Modulo Edometrico E_{ed} è stato ottenuto il Modulo Elastico E' applicando un coefficiente ricavato dalla seguente relazione, basata sul valore del coefficiente di Poisson ν :

$\begin{aligned} \text{Modulo Edometrico } E_{ed} &= E' * (1 - \nu) / (1 - \nu - 2\nu^2) \\ \text{Considerando } \nu &= 0,30 \\ \text{Modulo Edometrico } E' &= E_{ed} / 1,605 \end{aligned}$

7.2. Schematizzazione geotecnica

I valori dei principali parametri geotecnici in condizioni non drenate dei terreni presenti in corrispondenza dell'area di intervento sono stati ricavati applicando le metodologie precedentemente illustrate e riferite ai dati desunti dall'interpretazione delle prove penetrometriche statiche CPT.

Allo scopo di esaminare la situazione esistente nel sito, sono stati innanzi tutto messi a confronto i valori di resistenza alla punta q_c ottenuti nelle prove CPT; nel grafico di fig. 16 è riportato l'involuppo di tali valori, dal cui esame è possibile individuare il seguente andamento in profondità dei valori di q_c :

- dalla superficie fino alla profondità di 2 m circa nella prova CPT 1 si hanno valori decrescenti da 30 a 10 kg/cm², mentre la CPT 2 mostra valori dell'ordine di 40-60 kg/cm² che in seguito decrescono fino a 10 kg/cm²;
- da 2 m a 9 m di profondità i valori di resistenza risultano molto bassi in ambedue le prove, essendo mediamente pari a 5 kg/cm²;
- da 9 m a 13 m si osserva un aumento dei valori, che si attestano sui 20-25 kg/cm²;
- l'ultimo strato indagato evidenzia valori dell'ordine di 10-15 kg/cm².

In conclusione, si può affermare che le due prove hanno evidenziato una distribuzione dei valori sostanzialmente simile, con la presenza di un significativo livello di bassa consistenza segnalato tra 2 e 9 m dal p.c..

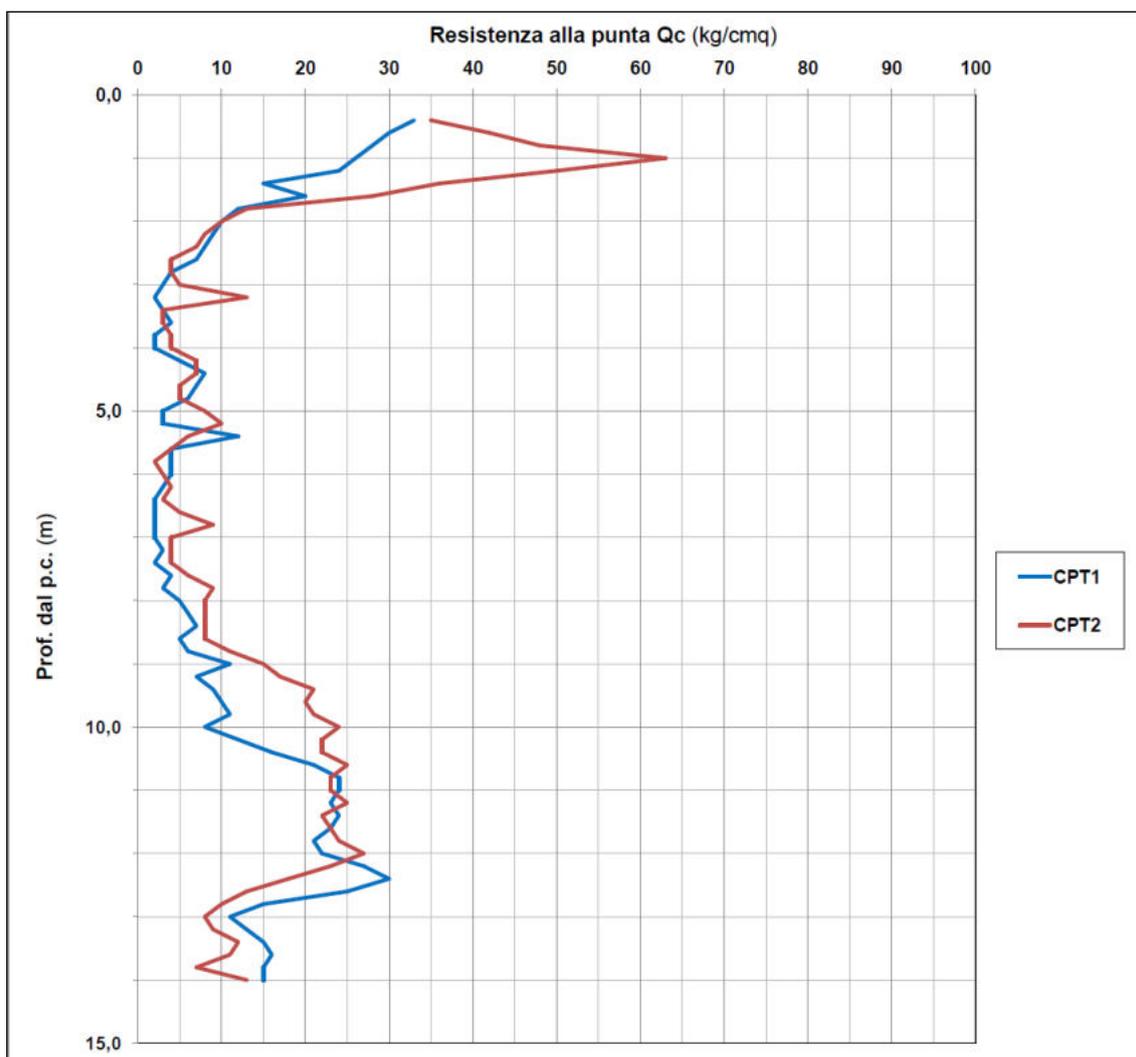


Fig. 16 : Involuppo dei valori di resistenza alla punta q_c delle prove CPT

Sulla base della distribuzione dei valori dei parametri geotecnici ricavati dall'interpretazione delle prove geotecniche svolte nel sito in esame, è stato possibile individuare la presenza di **4 Unità Geotecniche**, le cui principali caratteristiche sono riassunte nella tabella di fig. 17.

Tali Unità sono state distinte in gruppi aventi diversi range dei valori di resistenza alla punta del penetrometro statico q_c , a cui corrispondono diversi gruppi di valori di coesione non drenata c_u e del modulo edometrico E_{ed} .

In sostanza le Unità 2, 3 e 4 (che rappresentano la gran parte delle successioni rinvenute) sono riconducibili a terre aventi tessitura prevalentemente fine (argille e limi), mentre l'Unità 1 (segnalata solamente nello spessore superficiale della CPT 2) è costituita da limi sabbiosi e sabbie limose.

Nella fig. 19 vengono forniti i tabulati riassuntivi dei valori dei parametri caratteristici e di progetto ottenuti per le due prove, con l'indicazione della Unità Geotecnica di riferimento e della litologia desunta dall'interpretazione delle prove CPT secondo la metodologia di Begemann (1965).

Nella tabella di fig. 18 si riporta la legenda dei simboli utilizzati nella fig. 19.

Nella fig. 20 si riporta la distribuzione verticale delle diverse Unità Geotecniche nelle prove CPT prese in considerazione. L'esame di tale elaborato sottolinea la sostanziale uniformità tra le due prove analizzate.

Unità Geotecniche : parametri geotecnici							
N°	γ_k / γ_d	Cu_k	Cu_d	Qc_m	$E_{k/d}$	$E'_{k/d}$	Litologia
1	1,85	0,15 ÷ 0,40	0,10 ÷ 0,30	< 10	10 ÷ 30	< 20	Argilla Organica e alternanza con Argilla/limo
2	1,85	0,40 ÷ 0,70	0,30 ÷ 0,45	10 ÷ 20	30 ÷ 40	20 ÷ 30	Argilla organica e Argilla/Limo
3	1,85	1,00 ÷ 1,20	0,70 ÷ 0,80	20 ÷ 30	50 ÷ 60	30 ÷ 40	Argilla/Limo
4	1,85	> 1,50	> 1,2	> 40	> 80	> 50	Limo Sabbioso / Sabbia Limosa

Legenda Parametri geotecnici	
N°	N° Unità Geotecnica
$\gamma_{k/d}$	Peso dell'unità di volume (valore caratteristico e di progetto) (t/mq)
Cu_k	Coesione non drenata (valore caratteristico) (kg/cmq)
Cu_d	Coesione non drenata (valore di progetto) (kg/cmq)
Qc_m	Valore medio della resistenza alla punta del penetrometro statico (kg/cmq)
$E_{k/d}$	Modulo di deformazione (valore caratteristico e di progetto) (kg/cmq)
$E'_{k/d}$	Modulo elastico (valore caratteristico e di progetto) (kg/cmq)

Fig. 17 : Tabella delle caratteristiche delle Unità Geotecniche

Legenda CPT	
Qc	Resistenza alla punta del penetrometro statico (kg/cmq)
σ_v	Tensione verticale (kg/cmq)
Cu	Coesione non drenata (valore puntuale) (kg/cmq)
Legenda Parametri geotecnici	
N°	N° Unità Geotecnica
$\gamma_{k/d}$	Peso dell'unità di volume (valore caratteristico e di progetto) (t/mq)
Cu_k	Coesione non drenata (valore caratteristico) (kg/cmq)
Cu_d	Coesione non drenata (valore di progetto) (kg/cmq)
Qc_m	Valore medio della resistenza alla punta del penetrometro statico (kg/cmq)
E_{k/d}	Modulo di deformazione (valore caratteristico e di progetto) (kg/cmq)
E'_{k/d}	Modulo elastico (valore caratteristico e di progetto) (kg/cmq)

Fig. 18 : Legenda dei simboli utilizzati nelle tabelle di fig. 19

N°	Prof. (m)	CPT 1-2003			Parametri geotecnici						Unità Geotecnica	LITOLOGIA (Begemann, 1974)
		Qc	σ_v	Cu	$\gamma_{k/d}$	Cu _k	Cu _d	Qc _m	E _{k/d}	E' _{k/d}		
1	0,2		0,04	0,00	1,85	1,01	0,72	25	50	31	3	Argilla/Limo
	0,4	33	0,07	1,65								
	0,6	30	0,11	1,50								
	0,8	28	0,15	1,40								
	1,0	26	0,19	1,30								
	1,2	24	0,22	1,20								
	1,4	15	0,26	0,75								
	1,6	20	0,30	1,00								
2	1,8	12	0,33	0,60	1,85	0,36	0,25	9	28	17	1	Alternanza di argilla/limo, argilla organica e limo sabbioso/sabbia limosa
	2,0	10	0,37	0,50								
	2,2	9	0,41	0,45								
	2,4	8	0,44	0,40								
	2,6	7	0,48	0,35								
3	2,8	4	0,52	0,20	1,85	0,17	0,12	4	12	8	1	Argilla organica
	3,0	3	0,56	0,15								
	3,2	2	0,59	0,10								
	3,4	3	0,63	0,15								
	3,6	4	0,67	0,20								
	3,8	2	0,70	0,10								
	4,0	2	0,74	0,10								
	4,2	5	0,78	0,25								
	4,4	8	0,81	0,40								
	4,6	7	0,85	0,35								
	4,8	6	0,89	0,30								
	5,0	3	0,93	0,15								
	5,2	3	0,96	0,15								
	5,4	12	1,00	0,60								
	5,6	4	1,04	0,19								
	5,8	4	1,07	0,19								
	6,0	4	1,11	0,19								
	6,2	3	1,15	0,14								
	6,4	2	1,18	0,09								
	6,6	2	1,22	0,09								
6,8	2	1,26	0,09									
7,0	2	1,30	0,09									
7,2	3	1,33	0,14									
7,4	2	1,37	0,09									
7,6	4	1,41	0,19									
7,8	3	1,44	0,14									
8,0	5	1,48	0,24									
8,2	6	1,52	0,29									
8,4	7	1,55	0,34									
8,6	5	1,59	0,24									
8,8	6	1,63	0,29									
4	9,0	11	1,67	0,54	1,85	0,42	0,30	11	32	20	2	
	9,2	7	1,70	0,34								
	9,4	9	1,74	0,44								
	9,6	10	1,78	0,49								
	9,8	11	1,81	0,54								
	10,0	8	1,85	0,39								
	10,2	12	1,89	0,59								
10,4	16	1,92	0,79									
5	10,6	21	1,96	1,04	1,85	1,11	0,80	24	60	37	3	Argilla/Limo
	10,8	24	2,00	1,19								
	11,0	24	2,04	1,19								
	11,2	23	2,07	1,14								
	11,4	24	2,11	1,19								
	11,6	23	2,15	1,14								
	11,8	21	2,18	1,04								
	12,0	22	2,22	1,09								
	12,2	27	2,26	1,34								
	12,4	30	2,29	1,49								
12,6	25	2,33	1,24									
6	12,8	15	2,37	0,74	1,85	0,63	0,45	14	43	27	2	
	13,0	11	2,41	0,54								
	13,2	13	2,44	0,64								
	13,4	15	2,48	0,74								
	13,6	16	2,52	0,79								
	13,8	15	2,55	0,74								
14,0	15	2,59	0,74									

Fig. 19 : Tabella riassuntiva della schematizzazione geotecnica delle prove CPT

N°	Prof. (m)	CPT 2-2003			Parametri geotecnici						Unità' Geotecnica	LITOLOGIA (Begemann, 1974)
		Qc	σ_v	Cu	$\gamma_{k/d}$	Cu _k	Cu _d	Qc _m	E _{k/d}	E' _{k/d}		
1	0,2		0,04	0,00	1,85	1,69	1,21	43	86	54	4	Limo sabbioso /Sabbia limosa
	0,4	35	0,07	1,75								
	0,6	42	0,11	2,10								
	0,8	48	0,15	2,40								
	1,0	63	0,19	3,15								
	1,2	50	0,22	2,50								
	1,4	36	0,26	1,80								
	1,6	28	0,30	1,40								
2	1,8	13	0,33	0,65	1,85	0,26	0,19	6	18	11	1	Argilla/Limo
	2,0	10	0,37	0,50								
	2,2	8	0,41	0,40								
	2,4	7	0,44	0,35								
	2,6	4	0,48	0,20								
	2,8	4	0,52	0,20								
	3,0	5	0,56	0,25								
	3,2	13	0,59	0,65								
	3,4	3	0,63	0,15								
	3,6	3	0,67	0,15								
	3,8	4	0,70	0,20								
	4,0	4	0,74	0,20								
	4,2	7	0,78	0,35								
	4,4	7	0,81	0,35								
	4,6	5	0,85	0,25								
	4,8	5	0,89	0,25								
	5,0	8	0,93	0,40								
	5,2	10	0,96	0,50								
	5,4	6	1,00	0,30								
	5,6	4	1,04	0,19								
	5,8	2	1,07	0,09								
	6,0	3	1,11	0,14								
	6,2	4	1,15	0,19								
	6,4	3	1,18	0,14								
	6,6	5	1,22	0,24								
	6,8	9	1,26	0,44								
	7,0	4	1,30	0,19								
	7,2	4	1,33	0,19								
7,4	4	1,37	0,19									
7,6	6	1,41	0,29									
7,8	9	1,44	0,44									
8,0	8	1,48	0,39									
8,2	8	1,52	0,39									
8,4	8	1,55	0,39									
8,6	8	1,59	0,39									
3	8,8	11	1,63	0,54	1,85	0,98	0,70	21	53	33	3	Argilla/Limo
	9,0	15	1,67	0,74								
	9,2	17	1,70	0,84								
	9,4	21	1,74	1,04								
	9,6	20	1,78	0,99								
	9,8	21	1,81	1,04								
	10,0	24	1,85	1,19								
	10,2	22	1,89	1,09								
	10,4	22	1,92	1,09								
	10,6	25	1,96	1,24								
	10,8	23	2,00	1,14								
	11,0	23	2,04	1,14								
	11,2	25	2,07	1,24								
	11,4	22	2,11	1,09								
	11,6	23	2,15	1,14								
	11,8	24	2,18	1,19								
12,0	27	2,22	1,34									
12,2	23	2,26	1,14									
12,4	18	2,29	0,89									
4	12,6	13	2,33	0,64	1,85	0,43	0,30	10	31	19	1	Argilla organica
	12,8	10	2,37	0,49								
	13,0	8	2,41	0,39								
	13,2	9	2,44	0,44								
	13,4	12	2,48	0,59								
	13,6	11	2,52	0,54								
	13,8	7	2,55	0,34								
	14,0	13	2,59	0,64								

Fig. 19 (continua) : Tabella riassuntiva della schematizzazione geotecnica delle prove CPT

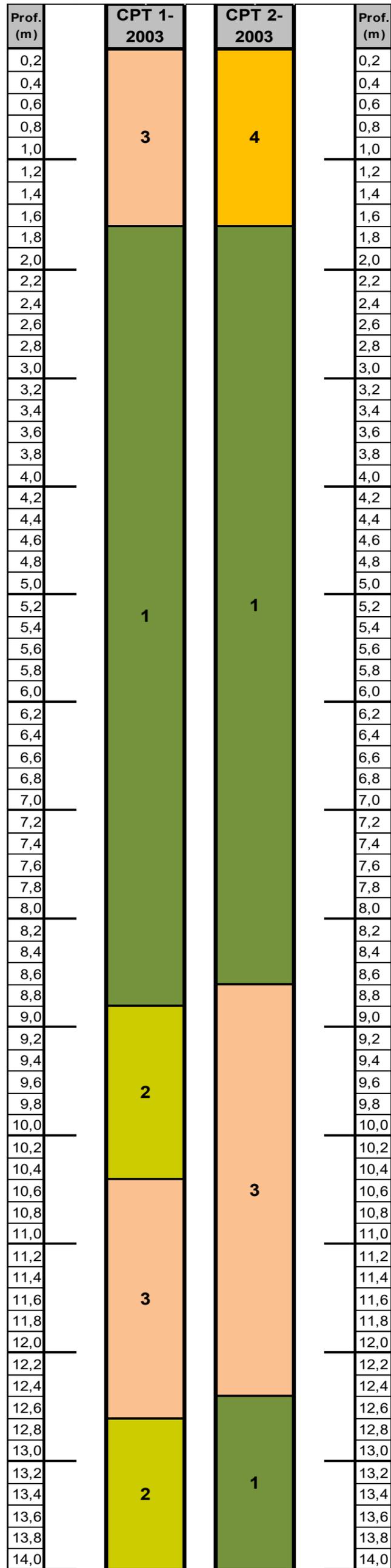


Fig. 20 : Confronto tra le colonne geotecniche delle prove CPT

8. SUBSIDENZA

La zona del bolognese è interessata da un accentuato fenomeno di subsidenza, l'origine del quale è legata a due cause principali, i cui effetti si sovrappongono:

- cause naturali, da connettere all'evoluzione geologica del territorio in senso geodinamico;
- interventi antropici, da mettere soprattutto in relazione all'estrazione di fluidi dal sottosuolo.

Per la pianura bolognese è stato calcolato un tasso di subsidenza per cause naturali dell'ordine di 1-2 mm/anno, mentre dal 1950 ai giorni nostri sono stati misurati abbassamenti del piano campagna superiori al metro e mezzo.

La situazione della Bassa bolognese è assai meno preoccupante, in quanto vengono segnalati valori di abbassamento dell'ordine di 3-4 mm/anno, ampiamente compatibili con quelli relativi alle sole cause naturali.

Fanno eccezione le zone poste in corrispondenza dell'asse della dorsale del Fiume Reno; le livellazioni topografiche svolte negli ultimi 25 anni dall'ex Ufficio Speciale del Genio Civile per il Reno, dal Comune di Bologna e dall'Autorità di Bacino forniscono dati significativi:

- il punto di maggior abbassamento è situato in corrispondenza del Ponte di Bonconvento ed è pari a 2,6 m in 25 anni (circa 10 cm/anno);
- nel tratto compreso tra Trebbo di Reno e Bagno di Piano si sono manifestati gli abbassamenti più rilevanti, pari ad oltre 1 m (circa 4 cm/anno);
- nel periodo precedente (1953-1971) l'abbassamento medio annuo del territorio era stato di circa 3 cm/anno (55 cm in 20 anni).

L'esame delle cartografie riportate nel sito di ARPAE evidenzia come il fenomeno della subsidenza nell'area in esame sia sostanzialmente in diminuzione; in particolare si fa riferimento ai risultati dei monitoraggi svolti nel periodo 1992-2000, 2002-2006, 2006-2011 e 2011-2016 (si vedano le figg. 21÷24).

L'esame di tali cartografie evidenzia come nell'area di studio si passi da valori di abbassamento medio di 30/35 mm/anno nel periodo 1992-2000 a valori in leggera diminuzione nel periodo successivo (con dati di 22,5 mm/anno nel periodo 2002-2006 e di 25/27,5 mm negli anni 2006-2011), fino ad annullarsi quasi completamente nel periodo 2011-2016, con valori di 10 mm/anno.

Il fenomeno della subsidenza, pur essendo particolarmente rilevante nella zona del bolognese, appare quindi in costante diminuzione; si sottolinea comunque che tale fenomeno, proprio per la sua dimensione "regionale", non incide negativamente sull'intervento di progetto.

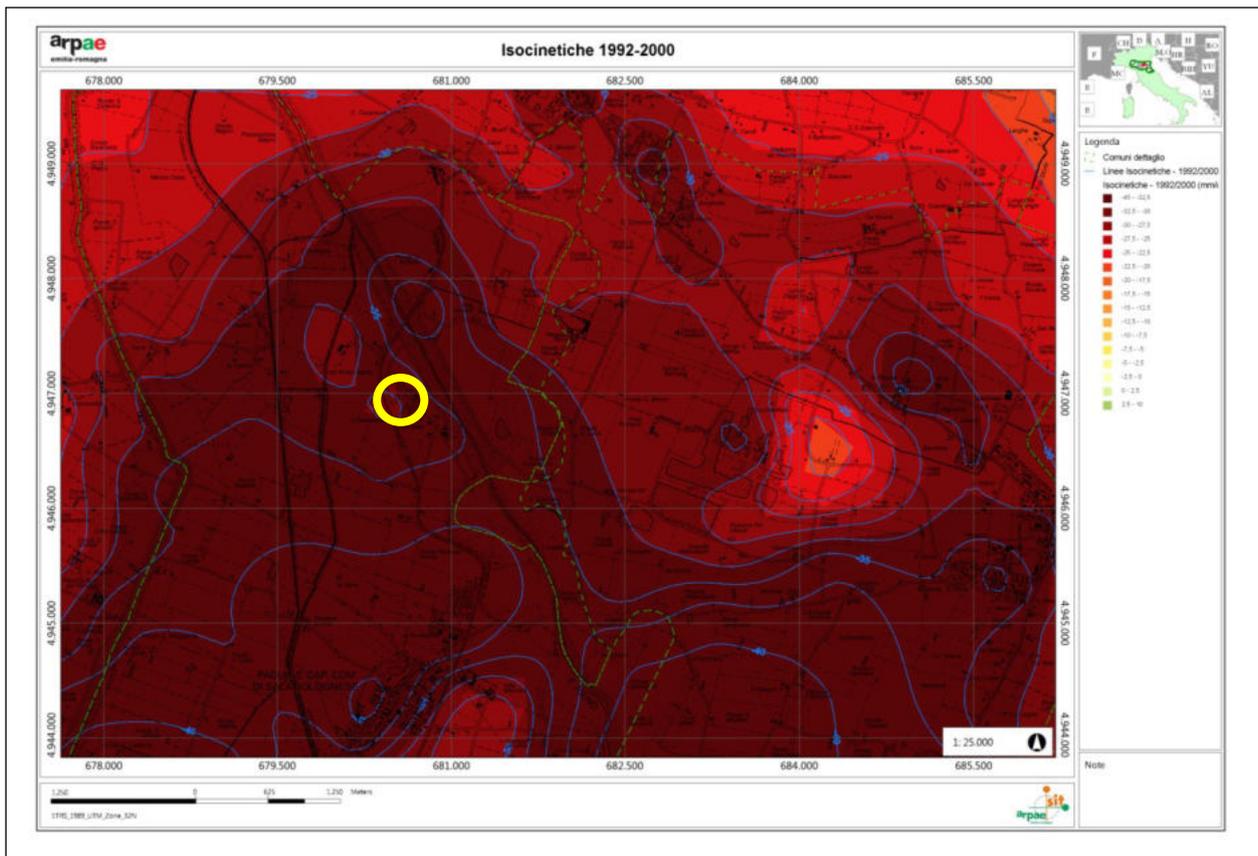


Fig. 21 : Carta delle isocinetiche – periodo 1992-2000 (mm/anno) (dal sito ARPAE)

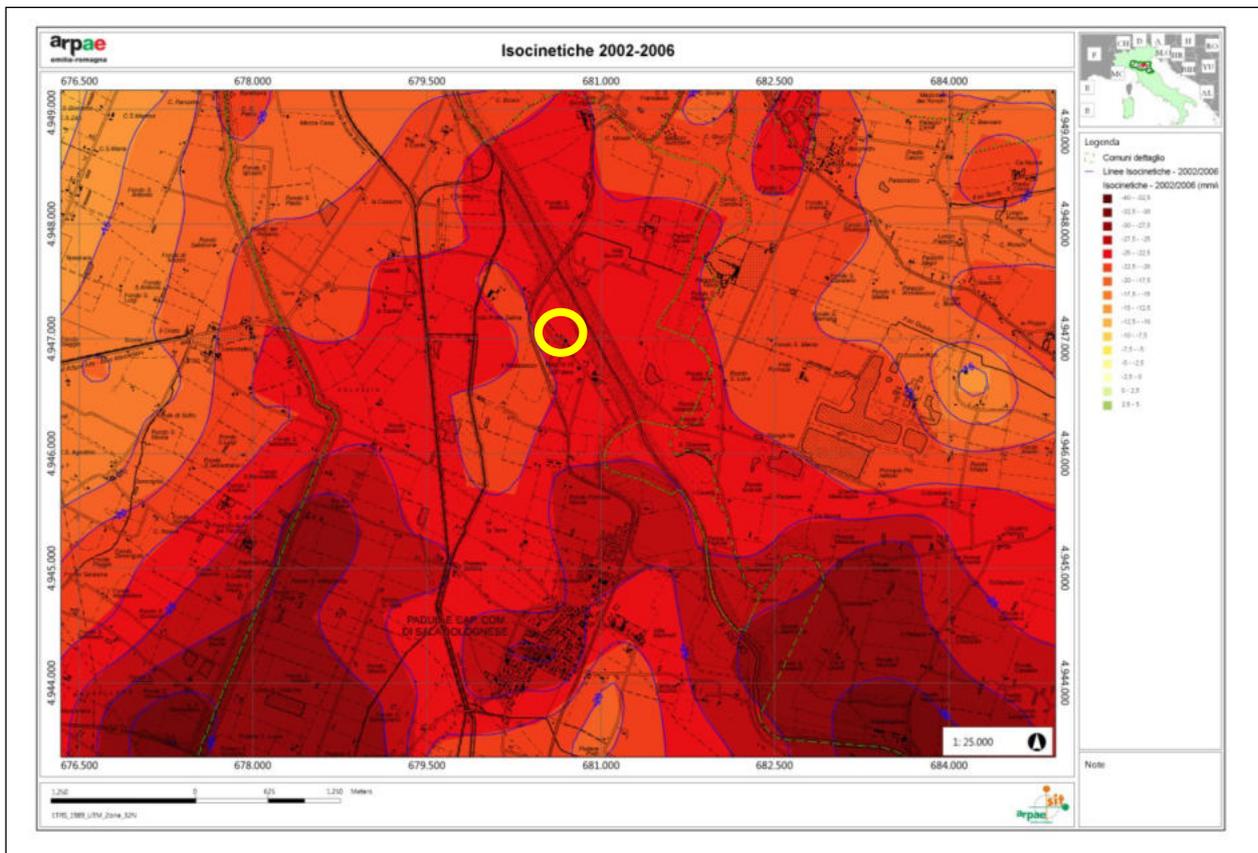


Fig. 22 : Carta delle isocinetiche – periodo 2002-2006 (mm/anno) (dal sito ARPAE)

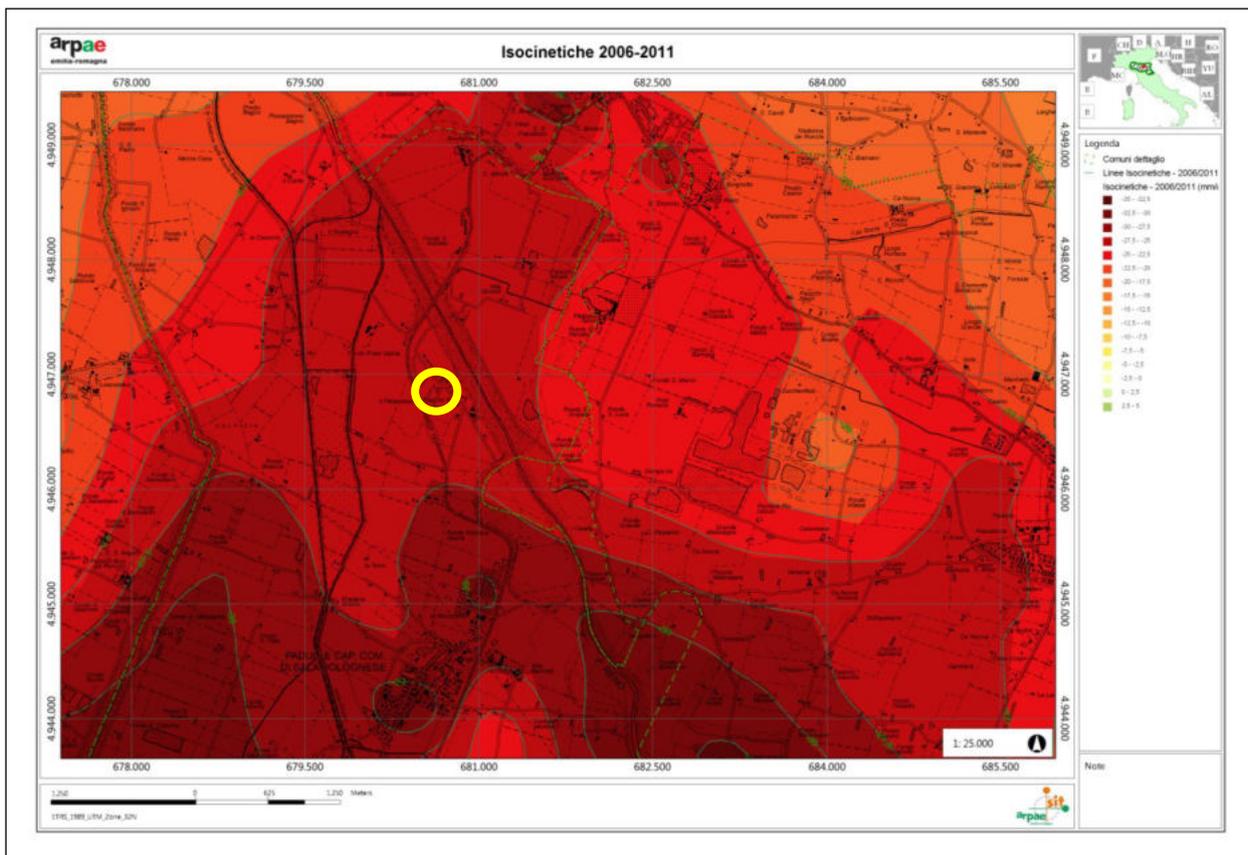


Fig. 23 : Carta delle isocinetiche – periodo 2006-2011 (mm/anno) (dal sito ARPAE)

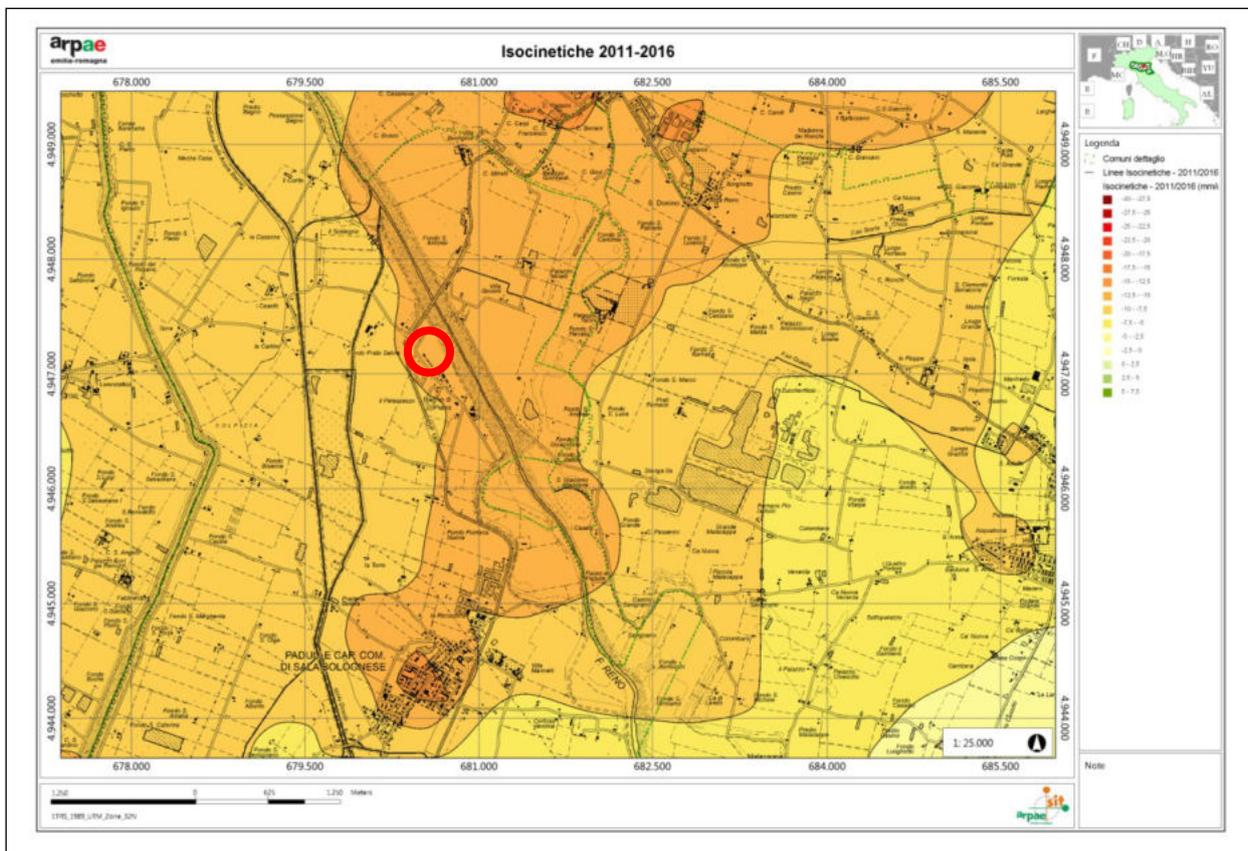


Fig. 24 : Carta delle isocinetiche – periodo 2011-2016 (mm/anno) (dal sito ARPAE)

9. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Sulla base della normativa vigente in materia fino a poco tempo fa (L. 2/2/1974, n° 64; D.M. 3/3/1975; Del. Reg. del 24/3/1983), il Comune di Sala Bolognese non compariva nell'elenco delle località sismiche di I^a e di II^a categoria (si veda la fig. 25).

L'esame della carta degli epicentri, distinti per classi di magnitudo, verificatisi nel territorio emiliano-romagnolo a partire dal 1000 (si veda la fig. 26) evidenzia infatti la sostanziale mancanza di fenomeni sismici di una particolare gravità nell'area del bolognese.

Al contrario, in ampi settori della regione si sono verificati terremoti di Magnitudo $M_w \geq 5,5$ che hanno causato effetti di intensità $I_{MCS} \geq VIII$ grado (MCS = scala Mercalli-Cancagni-Sieberg).

In particolare, la Romagna è il settore più interessato dal verificarsi di forti terremoti, ma anche il crinale appenninico tosco-emiliano tra le province di Parma e Modena, il margine appenninico tra Parma e Bologna e la pianura tra Reggio Emilia, Ferrara e Ravenna (zona delle Pieghe Ferraresi) sono stati più volte interessati da eventi di Magnitudo $M_w \geq 5,5$, che hanno provocato effetti $I_{MCS} \geq VIII$. Rispetto alla realtà nazionale, la sismicità di queste aree può essere considerata di medio grado. L'Emilia-Romagna ha risentito anche di forti terremoti di aree sismogenetiche extra-regionali, capaci di generare terremoti $M_w > 6$ (si veda la tabella in fig. 27), come il margine sud-alpino, la Garfagnana e il Mugello.

La maggior parte dei terremoti emiliano-romagnoli sembra generarsi mediamente a una profondità compresa tra 10 e 35 km. I terremoti a profondità maggiore di 35 km sono rari e, in genere, causa di effetti minori in superficie, probabilmente proprio per l'elevata profondità. I terremoti a profondità minore di 10 km, sebbene poco frequenti e generalmente di magnitudo non elevata, possono causare localmente effetti dannosi, come nel caso del terremoto dell'Appennino forlivese del 26 gennaio 2003, proprio a causa della scarsa profondità.

Nell'ambito del Rapporto Conclusivo per la redazione della mappa di pericolosità sismica, redatto dall'Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia (INGV, 2004) è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9, che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale, e nella quale le zone sorgenti sono state ridisegnate rispetto alle precedenti zonazioni in relazione alle sorgenti sismogenetiche, derivanti dallo studio della sismicità storica e strumentale, ricomprendendo cautelativamente le aree circostanti sulle quali si possono sviluppare effetti di propagazione della pericolosità sismica. Il territorio nazionale risulta suddiviso in 42 zone-sorgente (si veda la fig. 28) ed il territorio comunale di Sala Bolognese (si veda la fig. 29) ricade all'interno della Zona sismogenetica 912, denominata "Dorsale Ferrarese", che rappresenta la fascia più esterna della zona in compressione dell'arco appenninico settentrionale, con la presenza di alcune importanti linee sismotettoniche ed all'interno della quale, al di sotto di spesse coltri di sedimenti alluvionali, sono presenti imponenti strutture compressive. Nella tabella di fig. 30 vengono riportati i valori di magnitudo massima calcolati per le varie zone presenti nella Città Metropolitana di Bologna.

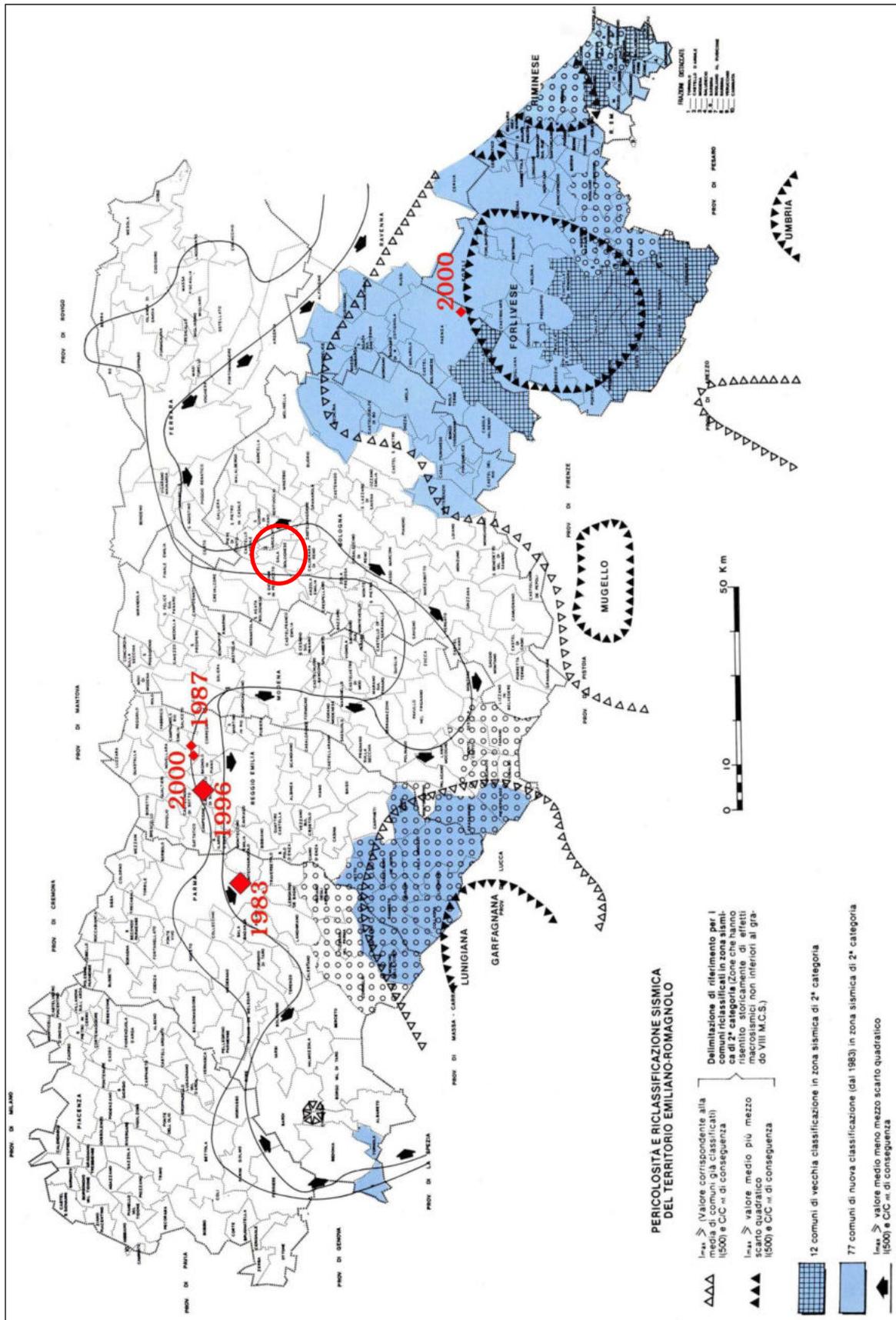


Fig. 25 : Pericolosità e riclassificazione sismica del territorio emiliano-romagnolo

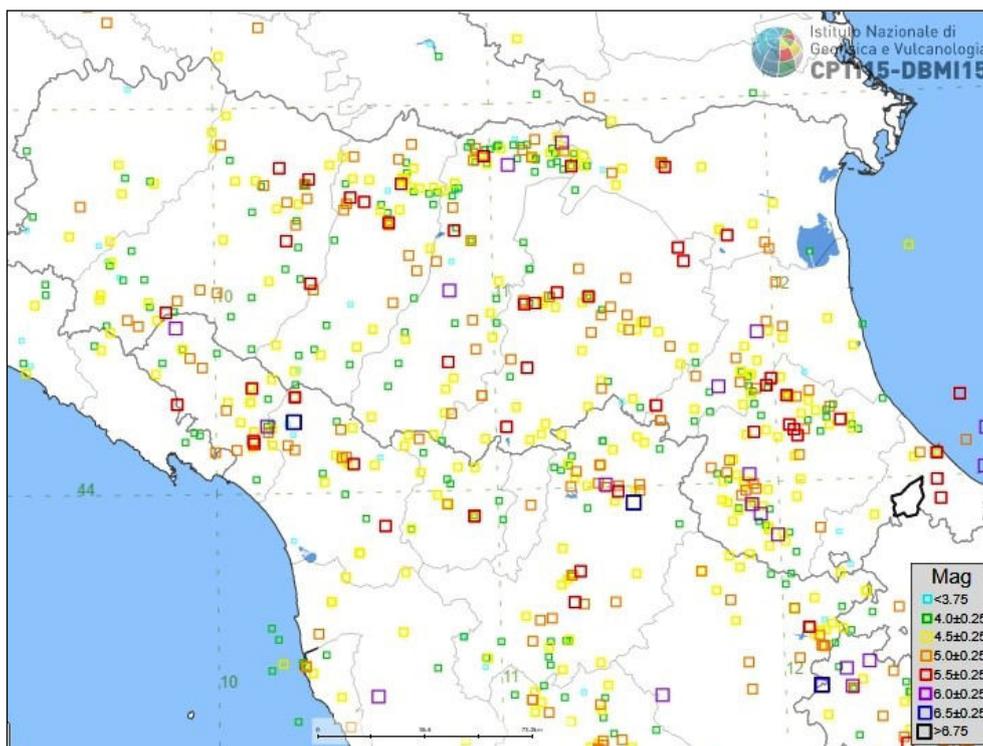


Fig. 26 : Mappa degli epicentri e relativa magnitudo dei principali terremoti della Regione Emilia-Romagna dal Catalogo CPT15 (da Rovida A. et alii, The italian earthquake catalogue CPT15, 2020 e Italian parametric earthquake catalogue CPT15, 2021)

I principali terremoti, intensità massima risentita \geq VIII (scala MSC) e/o magnitudo momento $M_W \geq 5.5$, che hanno interessato l'Emilia-Romagna; tratto, con modifiche, da DBMI11 (Locati et al., 2011) e da Galli et al. (2012)

Anno	Mese	Giorno	Zona epicentrale*	Magnitudo (M_W)	Intensità max in Emilia-Romagna	Intensità epicentrale** (Io)
1117	1	3	Pianura veronese	6.7	8	9
1222	12	25	Basso bresciano	5.8	6	8-9
1279	4	30	Rocca San Casciano (FC)	5.6	7-8	7-8
1428	7	3	Predappio (FC)	5.5	8	8
1438	6	11	Pianura parmense	5.6	8	8
1483	8	11	Romagna meridionale (pianura FC)	5.7	8-9	8
1501	6	5	Margine appenninico modenese	6	9	9
1505	1	3	Margine appenninico bolognese	5.6	8	8
1542	6	13	Mugello	5.9	6	9
1570	11	17	Ferrara	5.5	8	7-8
1584	9	10	Appennino romagnolo (FC)	5.8	9	9
1624	3	19	Argenta (FE)	5.5	8-9	7-8
1661	3	22	Appennino romagnolo (FC)	6.1	10	9
1672	4	14	Colline riminesi	5.6	8	8
1688	4	11	Romagna (pianura RA)	5.8	9	8-9
1695	2	25	Asolano	6.5	6-7	10
1725	10	29	Appennino romagnolo (RA)	5.4	8	8
1768	10	19	Appennino romagnolo (FC)	5.9	9	9
1781	4	4	Margine appenninico faentino	5.9	9-10	9-10
1781	7	17	Pianura romagnola (FC-RA)	5.6	8	8
1786	12	25	Colline riminesi	5.6	8	8
1796	10	22	Pianura bolognese orientale	5.6	7	7
1831	9	11	Pianura reggiana	5.5	7-8	7-8
1832	3	13	Pianura reggiana	5.5	7-8	7-8
1834	2	14	Alta Lunigiana	5.8	8	9
1870	10	30	Margine appenninico romagnolo (FC)	5.6	8	8
1875	3	17	Alto Adriatico (Rimini-Cesenatico)	5.9	8	-
1909	1	13	Pianura bolognese orientale	5.5	6-7	6-7
1916	5	17	Alto Adriatico (riminese)	6.0	8	-
1916	8	16	Alto Adriatico (riminese)	6.1	8	-
1918	11	10	Appennino romagnolo (FC)	5.9	9	9
1919	6	29	Mugello	6.3	9	10
1920	9	7	Garfagnana	6.5	9	10
1971	7	15	Margine appenninico parmense	5.6	8	8
2012	5	20	Finale E.-Mirandola (MO)	6.1 ($M_L=5.9$)	7-8	7-8
2012	5	29	Medolla (MO)	6.0 ($M_L=5.8$)		

Fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Dipartimento della Protezione Civile, Regione Emilia Romagna
 Note:
 * Zona epicentrale = area situata nell'intorno dell'epicentro (punto della superficie terrestre situato sulla verticale dell'ipocentro, che è, invece, il punto delle crosta terrestre in cui si è verificata la rottura che ha generato le onde sismiche)
 ** Intensità epicentrale = stima degli effetti del terremoto osservata in corrispondenza dell'epicentro

Fig. 27

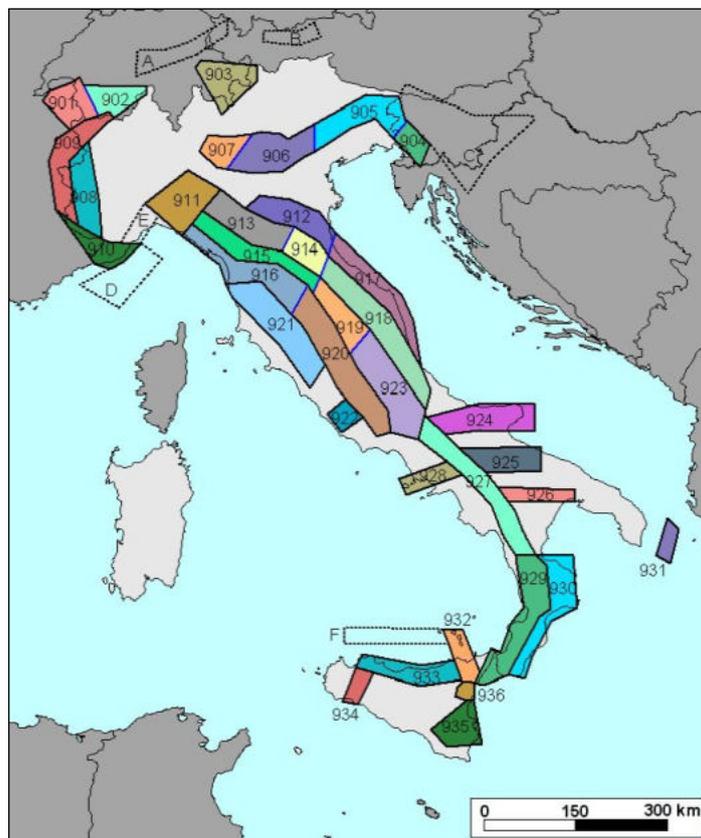


Fig. 28 : Zonazione sismogenetica ZS9 (da INGV, 2004)

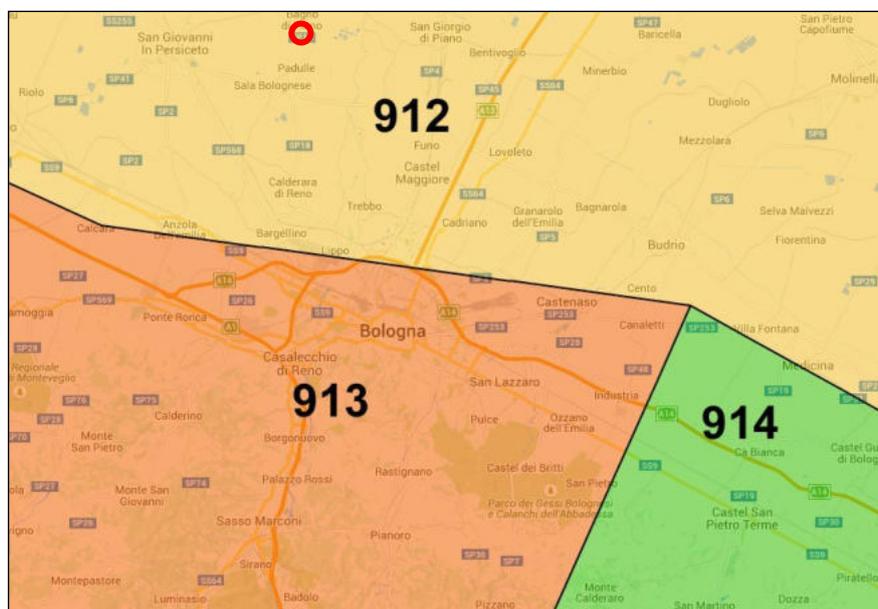


Fig. 29 : Dettaglio della zonizzazione sismogenetica

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Appennino Emiliano-Romagn.	913		5.85	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Forlivese	914		5.97	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14

Fig. 30 : Valori di magnitudo massima (M_w Max) in colonna 8 (da INGV, 2004)

Con O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 venne definita una nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, riportata nella fig. 31, espressa in termini di accelerazione massima al suolo a_{max} con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/sec; cat. A), nella quale viene adottata una suddivisione con intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a 0,025.

In corrispondenza del Comune di Sala Bolognese è segnalato un valore di accelerazione massima al suolo a_{max} compreso tra 0,150 g e 0,175g.

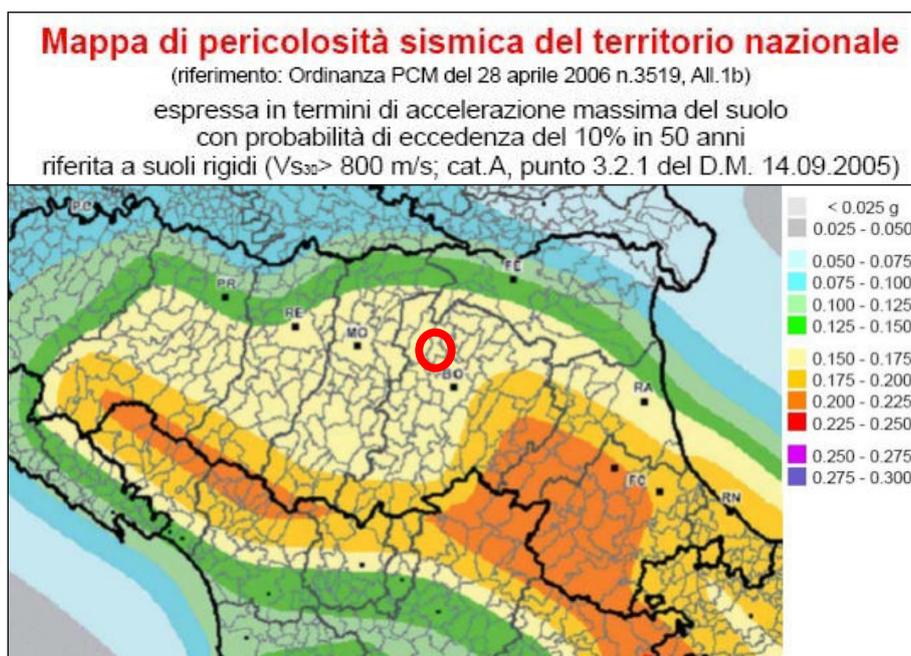


Fig. 31 : Mappa di pericolosità sismica (stralcio da INGV)

L'OPCM 3274/2003 stabilisce all'art. 2 che "...le regioni provvedono, ai sensi dell'art. 94, comma 2, lettera a), del decreto legislativo n° 112 del 1998, e sulla base dei criteri generali di cui all'allegato 1, all'individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche. In zona 4 e' lasciata facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica...".

Con Delibera di Giunta Regionale n° 1164 del 23/07/2018 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia-Romagna", ha approvato l'aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia-Romagna; secondo tale normativa, il Comune di Sala Bolognese rientra in zona 3 (si veda la fig. 32).

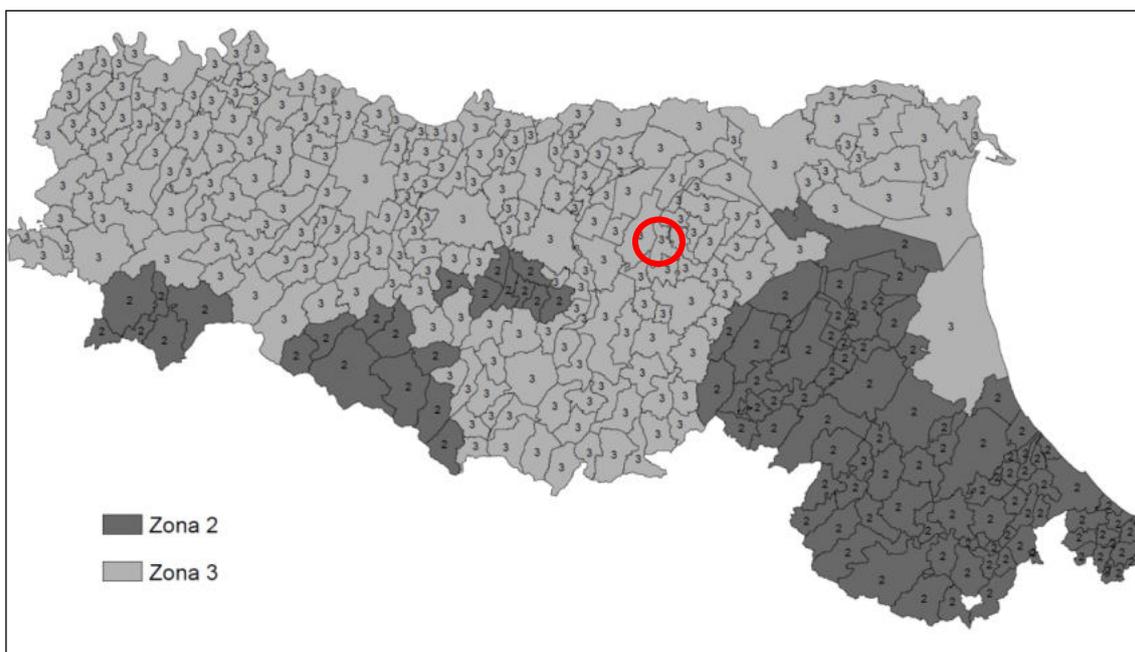


Fig. 32 : Nuova classificazione dei comuni sismici

Ai fini della definizione dell'**azione sismica di progetto**, si rende necessario valutare la categoria di sottosuolo di riferimento, la quale è riportata nella tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018.

Nel caso in esame è stata eseguita presso l'area interessata un'indagine geofisica a cura della società Geotea s.r.l., la quale è stata costituita dall'esecuzione di una prova in array con tecnica *MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)* e di una misura a stazione singola con tecnica *HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)* (si veda la documentazione in all. 3).

Sulla base dei risultati ottenuti e dell'interpretazione dei dati acquisiti, il modello di sottosuolo proposto per il sito in studio, in termini di profilo verticale di V_s , è riportato nella fig. 33, mentre nella fig. 34 viene fornito il modello di velocità delle onde di taglio S (modello medio sotto il profilo effettuato) derivato da fit congiunto tecnica MASW e tecnica H/V.

L'analisi congiunta MASW-HVSR ha pertanto permesso sia di ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde S nel sito in esame che di individuare la presenza di contrasti di impedenza-rigidezza nel sottosuolo medesimo; il valore di V_{s30} è risultato pari a **205 m/s**.

Pertanto, unicamente in riferimento ai valori riportati nelle tabelle ed al valore di V_{s30} ottenuto, ai sensi della tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018 è possibile collocare il sottosuolo dell'area investigata in **classe C**, nella quale rientrano 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".

Profondità base strato (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1.00	1.00	135
5.00	4.00	120
9.00	4.00	170
17.00	8.00	215
62.00	45.00	290
inf.	inf.	480

Fig. 33 : Modello di sottosuolo proposto per il sito

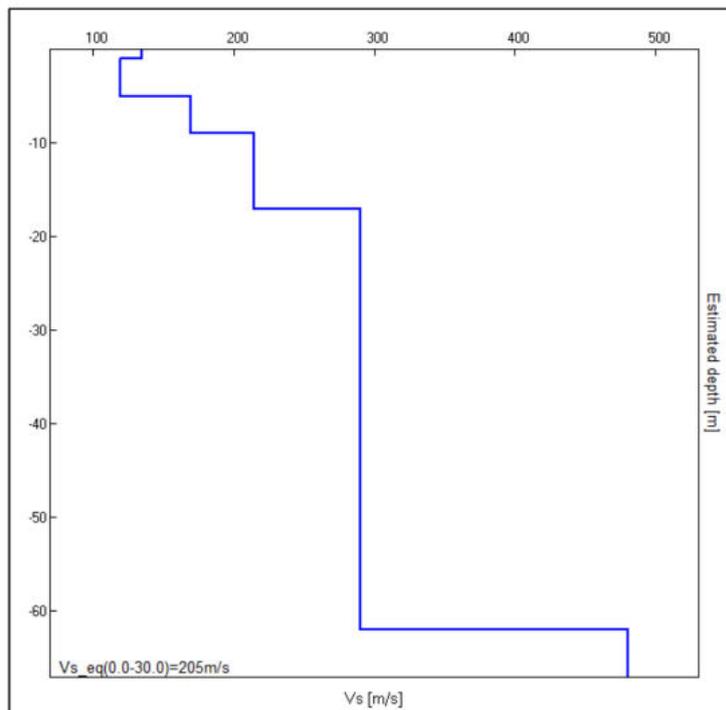


Fig. 34 : Modello di velocità delle onde di taglio S (modello medio sotto il profilo effettuato) derivato da fit congiunto tecnica MASW e tecnica H/V

Ai fini della definizione dell'azione sismica è inoltre necessario definire il valore dei seguenti parametri :

- Vita nominale di progetto V_N : definita come “..il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali...”. Nel caso in esame, in accordo con le indicazioni della tab. 2.4.I del D.M. 17/01/2018, l'opera rientra tra le “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”, alle quali corrisponde un valore minimo di V_N pari a 50 anni;
- Classe d'uso : facendo riferimento al paragrafo 2.4.2. del D.M., l'opera rientra nella Classe II, alla quale appartengono “Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di

emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti”;

- Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R : tale parametro si ricava moltiplicando la Vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , indicato nella tab. 2.4.II in funzione della diversa Classe d'uso. Nel caso in esame, considerando un valore di C_U pari a 1,0 (corrispondente alla Classe II) il valore di V_R risulta pari a 50 anni.

E' inoltre necessario valutare le condizioni topografiche esistenti, le quali sono riassunte nella Tab. 3.2.III del D.M.. Nel caso in esame si è in presenza di una superficie assimilabile a quella pianeggiante (Categoria T1), a cui corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1 (si veda la Tab. 3.2.V del D.M.).

Per quanto concerne l'amplificazione stratigrafica, per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_o e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV del D.M..

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione :

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove :

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui alle tab. 3.2.IV e 3.2.V

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

L'azione del sisma si traduce in accelerazioni nel sottosuolo (effetto cinematico) e nella fondazione, per l'azione delle forze d'inerzia generate nella struttura in elevazione (effetto inerziale). Nell'analisi pseudo-statica, modellando l'azione sismica attraverso la sola componente orizzontale, tali effetti possono essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati K_{hi} (effetto inerziale) e K_{hk} (effetto cinematico), il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

La normativa specifica che il valore del coefficiente sismico cinematico K_{hk} può essere valutato facendo riferimento ai valori del coefficiente K_h specificato per i pendii; in particolare si ha :

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$
$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h.$$

dove :

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; tali valori sono riportati nella tab. 7.11.I.

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito

g = accelerazione di gravità

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Nel caso in esame si ha :

Verifiche SLU

$$K_h = 0,24 \times 2,290/9,81 = 0,056$$

$$K_v = 0,056/2 = 0,028$$

Verifiche SLD

$$K_h = 0,20 \times 0,868/9,81 = 0,018$$

$$K_v = 0,018/2 = 0,009$$

Nelle verifiche delle fondazioni superficiali, l'effetto inerziale produce variazioni dei **coefficienti di capacità portante** del carico limite delle fondazioni superficiali in funzione del coefficiente sismico K_h e viene portato in conto impiegando la relazione di Paolucci & Pecker (1997) :

Verifiche SLU

$$z_c = 1 - 0,32 k_h = 1 - 0,32 \times 0,056 = 0,982$$

Verifiche SLD

$$z_c = 1 - 0,32 k_h = 1 - 0,32 \times 0,018 = 0,994$$

Nel Corso di Aggiornamento Professionale del 27/03/2009 organizzato dall'Ordine dei Geologi della Regione Emilia-Romagna il Dott. Geol. Luca Nori ha fornito il foglio di calcolo "Spettri elastici_DM2008_v04_8". Tale software fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale. Mediante questo programma è possibile, inserendo le coordinate e le caratteristiche progettuali del sito, visualizzare e stampare grafici e tabelle relativi al computo dell'azione sismica di progetto. Applicando i valori dei coefficienti e dei parametri calcolati in precedenza, sono stati ottenuti gli andamenti degli spettri elastici normalizzati orizzontali e verticali, dai quali si ottiene il valore di a_g per i diversi stati limiti esaminati.

Nelle figg. 36 e 37 vengono fornite le videate del suddetto software.

Dall'esame degli spettri e dei dati ottenuti applicando le diverse relazioni descritte in normativa, sono stati ottenuti i dati riportati nella tabella di fig. 35 relativi agli Stati Limiti Ultimi e di Danno (SLU e SLD) e da applicare nelle verifiche delle opere di progetto in condizioni sismiche.

Parametri sismici generali		
Categoria sottosuolo	C	
Categoria topografica	T1	
Vita Nominale V_N	≥50 anni	
Classe d'uso	II	
Coefficiente d'uso CU	1,0	
Periodo di riferimento V_R	50 anni	
Parametri sismici di dettaglio	Stato limite SLV	Stato limite SLD
Probabilità di superamento P_{VR}	10%	63%
T_r	475 anni	50 anni
a_g	0,161g	0,059g
F_0	2,56	2,52
T_c^*	0,28	0,27
S_S	1,45	1,50
C_C	1,60	1,62
S_T	1,00	1,00
a_{max}	2,290	0,868
K_h	0,056	0,018
K_v	0,028	0,009
z_c	0,982	0,994

Fig. 35 : Parametri sismici (Procedura semplificata)

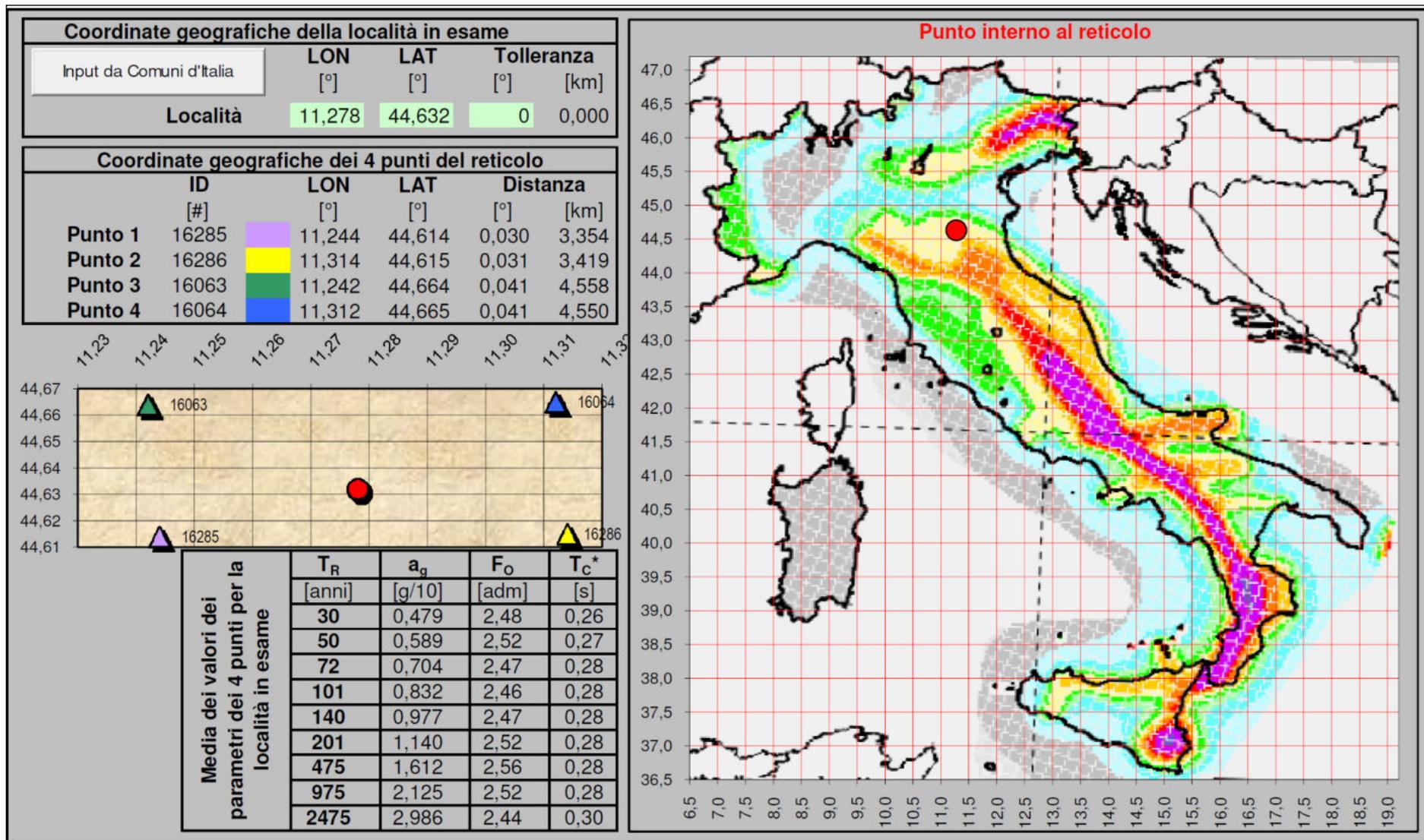


Fig. 36 : Videata tratta dal software "Spettri elastici_DM2008_v04_8"

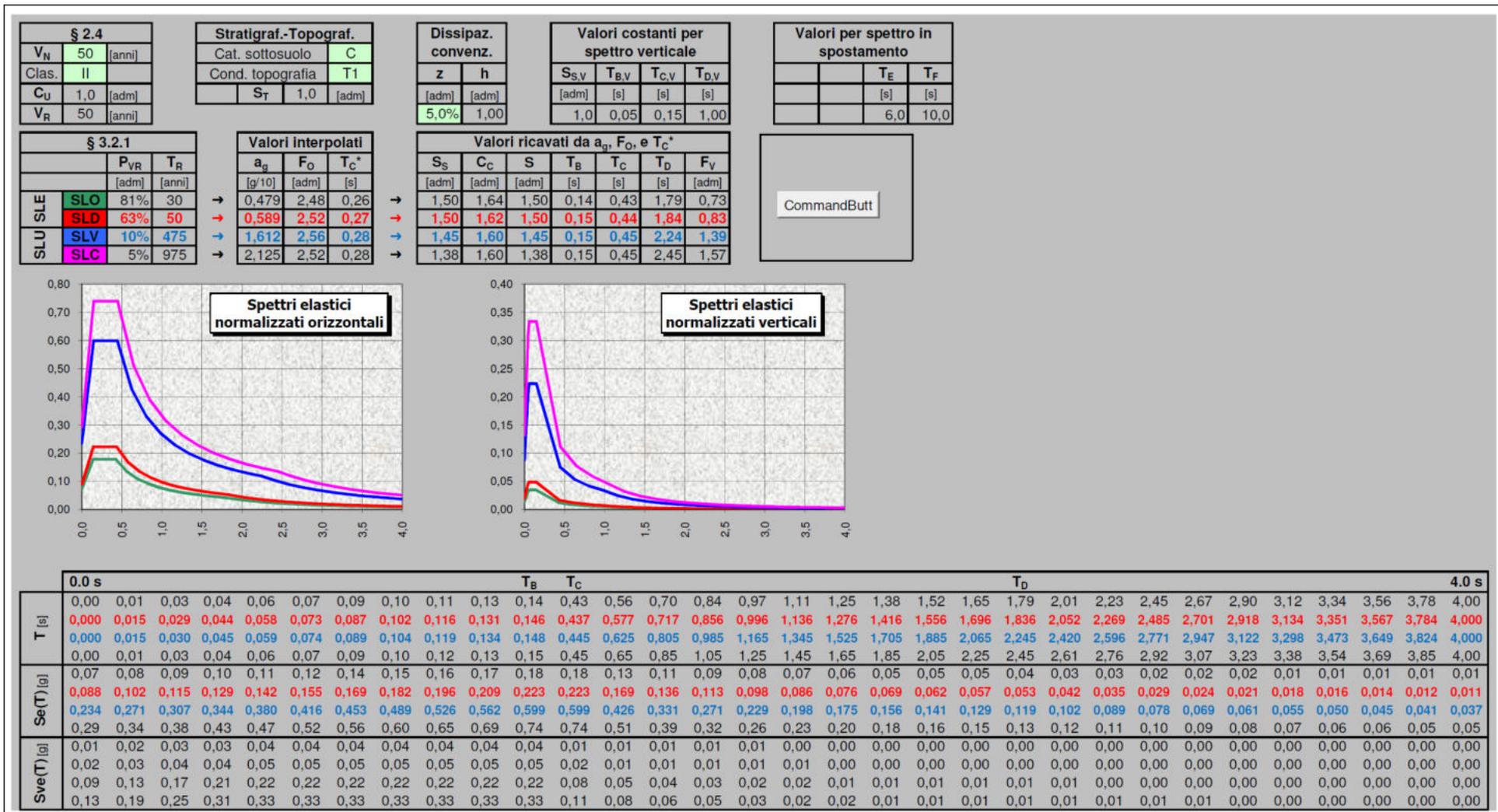


Fig. 37 : Videata tratta dal software "Spettri elastici_DM2008_v04_8"

10. ANALISI SISMICA DI III° LIVELLO

Nell'ambito del Piano Territoriale Metropolitan (P.T.M.), approvato con Delibera del Consiglio della Città Metropolitana di Bologna n° 16 del 12/05/2021 è stata elaborata la Tav. 4 "Carta di area vasta delle aree suscettibili di effetti locali" (si veda la fig. 38), che in corrispondenza dell'area in esame individua la presenza di una zona "L - Zona di attenzione per instabilità da liquefazione/densificazione", per la quale il P.T.M. prescrive che "...per gli interventi ammessi in relazione a tali aree dovranno essere effettuati studi di terzo livello, con valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, verifica della presenza di caratteri predisponenti la liquefazione e/o la densificazione e relativa stima del potenziale di liquefazione/densificazione e dei cedimenti attesi.

La normativa prevede pertanto l'esecuzione di approfondimenti di III° Livello, le cui modalità di svolgimento sono descritte nella recente D.G.R. n° 564/2021, nella quale si specifica che "...le aree da indagare con un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) sono riferite agli ambiti (individuati sempre dalla cartografia della pericolosità sismica locale di area vasta di prima fase) che presentano le seguenti situazioni:

- c) 1. aree suscettibili di liquefazione o densificazione;
- c) 2. aree di versante instabili e potenzialmente instabili;
- c) 3. aree con rapide variazioni della profondità del bedrock sismico, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, nelle quali il modello geologico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali;
- c) 4. aree suscettibili di effetti differenziali (zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse, zone di faglia attiva e capace, zone con cavità sepolte).

In accordo con l'art. 4.2.1. dell'all. A della citata Delibera, nell'ambito della verifica di III° Livello è necessario produrre gli spettri di risposta, per un periodo di ritorno $T_R = 475$ anni con smorzamento $\zeta = 5\%$ e le mappe di amplificazione in termini di PGA, SA1, SA2, SA3, SA4, SI1, SI2, SI3 e dello scuotimento in accelerazione (cm/s^2) atteso al sito per gli intervalli di periodi $0,1\text{s} \leq T \leq 0,5$ (HSM), $0,4\text{s} \leq T \leq 0,8\text{s}$ (H_{0408}), $0,7\text{s} \leq T \leq 1,1\text{s}$ (H_{0711}) e $0,5\text{s} \leq T \leq 1,5\text{s}$ (H_{0515}).

RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO (Art. 28)	
Aree suscettibili di effetti locali	
	S - Substrato rigido affiorante/subaffiorante Substrato lapideo o ben cementato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3m). Inclinazione del pendio $\leq 15^\circ$
	SP - Substrato rigido affiorante/subaffiorante $15^\circ < i < 50^\circ$ Substrato lapideo o ben cementato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3m). Inclinazione del pendio $15^\circ < i < 50^\circ$
	N - Substrato non rigido affiorante/subaffiorante Substrato prevalentemente pelitico o poco consolidato o alterato o fratturato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3m). Inclinazione del pendio $\leq 15^\circ$
	NP - Substrato non rigido affiorante/subaffiorante $15^\circ < i < 50^\circ$ Substrato prevalentemente pelitico o poco consolidato o alterato o fratturato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3m). Inclinazione del pendio $15^\circ < i < 50^\circ$
	AV - Detriti s.l. $i \leq 15^\circ$ Corpi detritici di varia origine (alluvionale, eluvio-colluviale, coltri di alterazione, ecc.), generalmente a granulometria mista. Spessore della coltre H \geq 3m. Inclinazione della superficie topografica $\leq 15^\circ$
	B - Depositi di margine appenninico-padano Depositi prevalentemente grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose) di conoide alluvionale, di spessore H>5m, sepolti (profondità >3m da p.c.) e depositi di interconoide
	C - Sedimenti prevalentemente fini di pianura Depositi coesivi prevalenti (limi, limi argillosi, argille)
	P50 - Substrato affiorante/subaffiorante $i \geq 50^\circ$ Substrato affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3 m). Inclinazione del pendio $i \geq 50^\circ$
	F - Zona di attenzione per instabilità di versante $\leq 15^\circ$ Corpo di frana (attiva, quiescente e stabilizzata). Spessore della coltre H \geq 3m. Inclinazione della superficie topografica $\leq 15^\circ$
	FP - Zona di attenzione per instabilità di versante $i > 15^\circ$ Corpo di frana (attiva, quiescente e stabilizzata), accumuli detritici di versante s.l., depositi alluvionali e riporti antropici. Spessore della coltre H \geq 3m. Inclinazione della superficie topografica $i > 15^\circ$
	D - Zona di intensa fratturazione/cataclastica Fascia di territorio con rocce intensamente fratturate a cavallo di una faglia
	G - Zona di attenzione per cavità sotterranee Zone in cui possono essere presenti cavità ipogee, anche estese, riempite o meno (depositi evaporitici messiniani, sabbiosi plio-quaternari, ecc.)
	R - Zona di attenzione per accumuli di origine antropica Riempimenti di ex cave riempite, discariche, depositi di terre di scavo, terreni di riporto
	L - Zona di attenzione per instabilità da liquefazione/densificazione Successioni di pianura con intervalli granulari (limi sabbiosi, sabbie, sabbie ghiaiose), almeno metrici, nei primi 20 m da p.c.

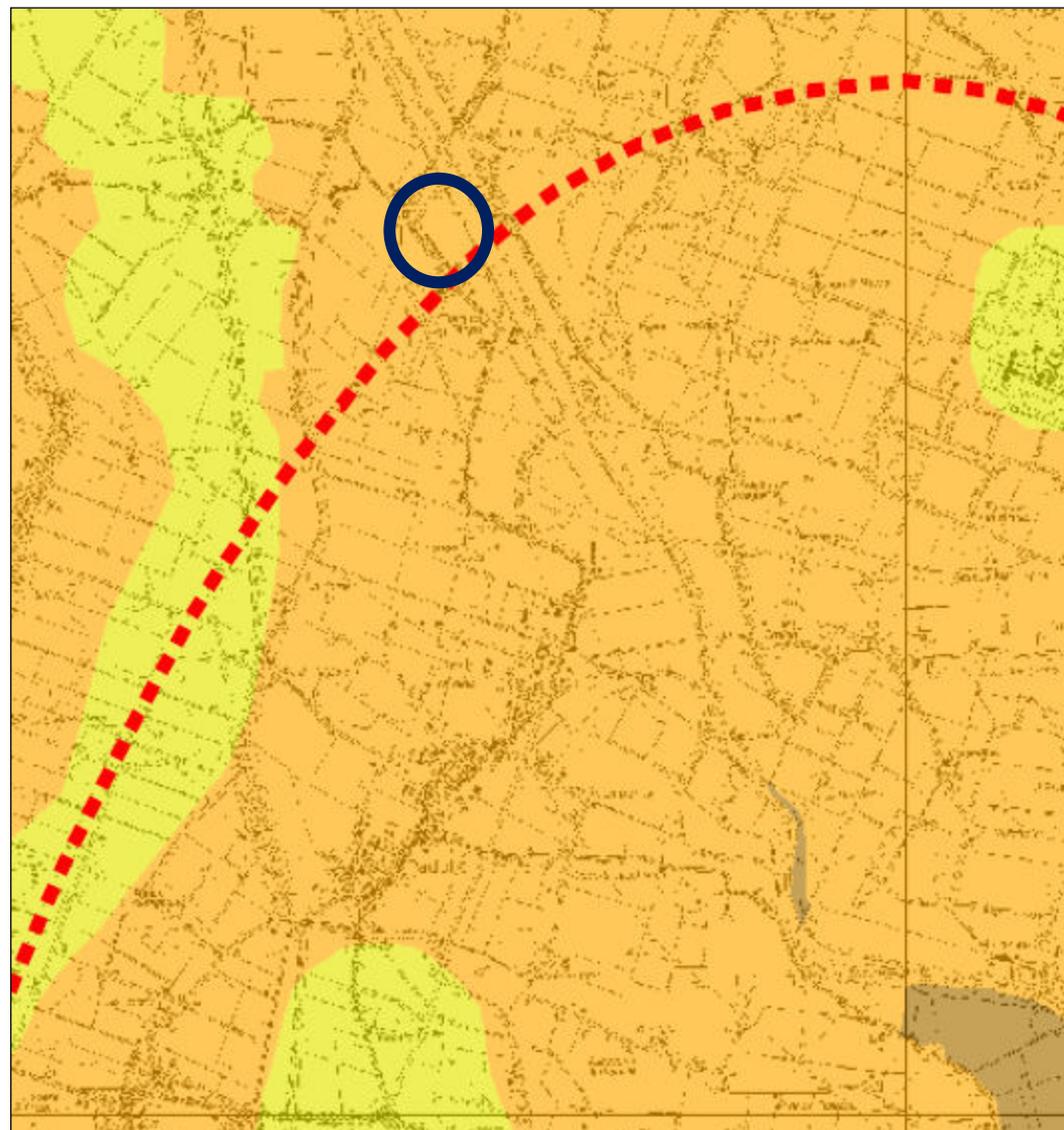


Fig. 38 : Stralcio della tav. 4 “Carta di area vasta delle aree suscettibili di effetti locali” del P.T.M.

10.1. Risposta Sismica Locale

La Risposta Sismica Locale (RSL) può essere definita come la modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito. La RSL si può quantificare determinando il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Se questo rapporto è maggiore di 1, si parla di amplificazione locale.

La valutazione degli effetti sismici locali di un'area si articola fundamentalmente in tre fasi:

- individuazione delle condizioni locali e determinazione dei parametri geotecnici da utilizzare nelle analisi di RSL; a tale scopo sono stati utilizzati i dati bibliografici e quelli derivanti dall'indagine geognostica condotta nel sito, costituita dalla esecuzione di prove penetrometriche statiche (CPT), sondaggi meccanici e dell'indagine sismica;
- determinazione del moto sismico di riferimento su roccia da utilizzare nelle analisi di RSL; in accordo con i contenuti della D.G.R. n° 630/2019 sono stati utilizzati gli accelerogrammi di riferimento validi per il Comune di Sala Bolognese reperiti presso il sito www.regione.emilia-romagna.it/geologia/sismica;
- definizione del modello da impiegare nelle analisi; la scelta del modello è da rapportare alla complessità della situazione specifica, alla precisione e affidabilità richiesta, ai risultati e alle risorse economiche. Nel caso in esame è stato utilizzato il codice di calcolo EERA, prodotto dal Department of Civil Engineering della University of Southern California.

Il software EERA rientra nei modelli monodimensionali (1-D), i quali rappresentano i modelli più semplici e comunemente utilizzati; essi si basano su una serie di ipotesi e di semplificazioni introdotte nella caratterizzazione geometrica e meccanica del deposito e nelle leggi di propagazione delle onde sismiche e di comportamento dei terreni. In particolare si assume che:

- il bedrock sia orizzontale e indefinitamente esteso;
- il deposito sia omogeneo o al più stratificato orizzontalmente;
- la sollecitazione sismica sia costituita da sole onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale (SH) incidenti il bedrock con direzione di propagazione verticale.

I programmi di calcolo 1-D sono validi per modellare situazioni piano-parallele ad uno o più strati, considerando una colonna verticale monodimensionale ed ipotizzando lateralmente omogenea la stratigrafia presente ai lati della verticale di analisi. Per tali situazioni è lecito pertanto considerare la sola dimensione della profondità, trascurando le altre due dimensioni. Le situazioni riconducibili ad uno schema monodimensionale, potrebbero essere costituite dalle aree centrali di estese valli alluvionali superficiali (con rapporto $H/L < 0,25$ ove H è la profondità massima ed L è la distanza dal centro ad uno dei due bordi, nell'ipotesi di valle simmetrica). Si ritiene quindi che il caso in esame possa essere assimilato a tale tipologia e pertanto sia ragionevole utilizzare un modello monodimensionale.

EERA (Bardet et alii, 2000) è l'acronimo per Equivalent-linear Earthquake site Response Analysis. Esso rappresenta una moderna applicazione dei concetti di analisi lineare equivalente della risposta di sito, i quali furono implementati per la prima volta in un codice di calcolo da Schnabel et alii nel 1972, mediante la creazione del codice SHAKE; tale codice ha subito aggiornamenti nel tempo fino a giungere alla versione SHAKE91, realizzata da Idriss e Sun nel 1992.

L'analisi lineare equivalente consiste nell'esecuzione di una sequenza di analisi lineari complete con aggiornamento successivo dei parametri di rigidità e smorzamento, che dipendono dallo stato di deformazione del terreno, fino al soddisfacimento di un prefissato criterio di convergenza.

Dati di input

I dati di input necessari per il corretto funzionamento del software EERA sono i seguenti:

- definizione del moto di ingresso (Foglio Earthquake) : a tale scopo è necessario inserire i dati degli accelerogrammi di riferimento, i quali sono forniti nel sito della Regione Emilia-Romagna citato in precedenza. In particolare sono stati utilizzati i seguenti file:
 - 000046xa_037050SalaBolognese.xy (si veda la fig. 39)
 - 000126xa_037050SalaBolognese.xy (si veda la fig. 40)
 - 000354xa_037050SalaBolognese.xy (si veda la fig. 41)

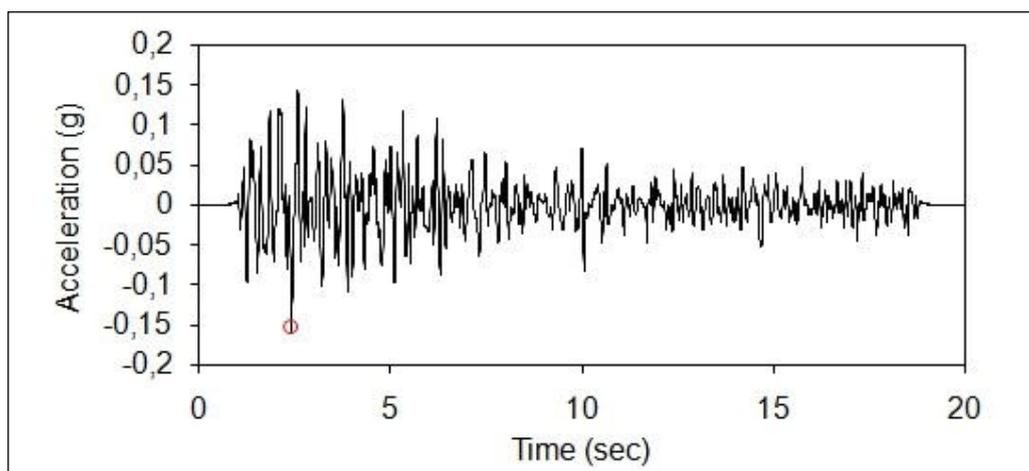


Fig. 39 : Accelerogramma tratto dal file 000046xa_037050SalaBolognese.xy

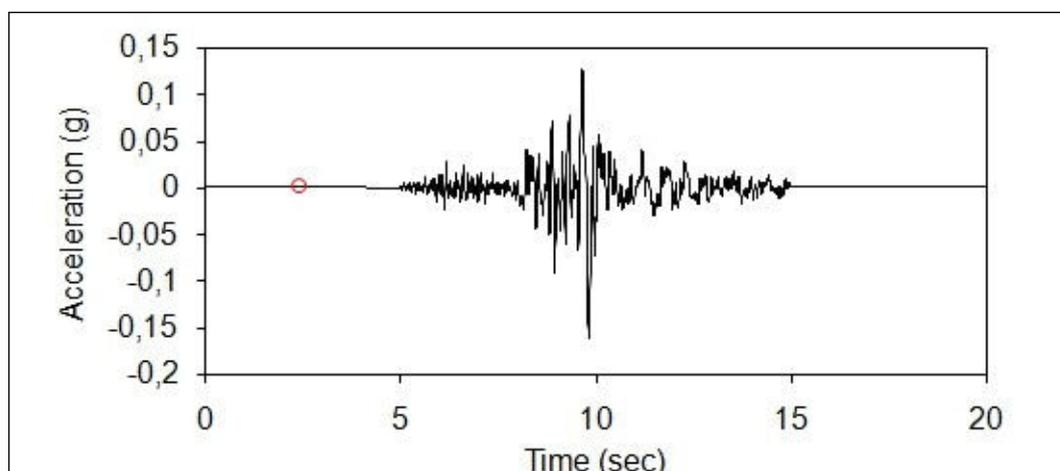


Fig. 40 : Accelerogramma tratto dal file 000126xa_037050SalaBolognese.xy

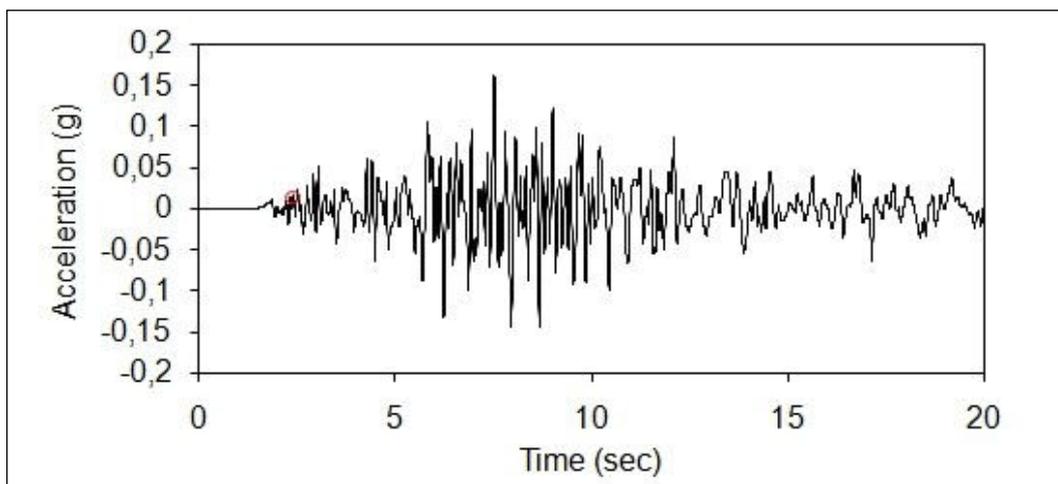


Fig. 41 : Accelerogramma tratto dal file 000354xa_037050SalaBolognese.xy

- Definizione del profilo stratigrafico e delle proprietà geotecniche e sismiche dei diversi strati (Foglio Profil). In particolare è necessario fornire i dati relativi ai seguenti elementi : N° e spessore degli strati, Litologia (argilla, sabbia e ghiaia), Densità totale, Velocità delle onde Vs.

Per quanto concerne la definizione litostratigrafica e sismica dei terreni si è proceduto applicando il seguente schema metodologico:

- sono state esaminate le sezioni geologiche tratte dai siti cartografici del Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna (si vedano le figg. 42÷44), unitamente ai tabulati delle prove penetrometriche eseguite nel sito;
- è stato considerato il profilo sismico ottenuto mediante tecnologia MASW e Re.Mi. (si veda l'all. 3); tali prove hanno consentito di determinare l'andamento dei valori di Vs in corrispondenza dell'area di intervento (si veda la fig. 33);
- è stato ricostruito l'andamento delle onde Vs fino al bedrock-like, sulla base della metodologia indicata al punto 4.1.2 della D.G.R. n° 564/2021; in fig. 45 è riportato il grafico ottenuto, unitamente alla stratigrafia di riferimento.



Fig. 42 : Tracce delle sezioni geologiche (dal sito Cartografia geologica del Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna)

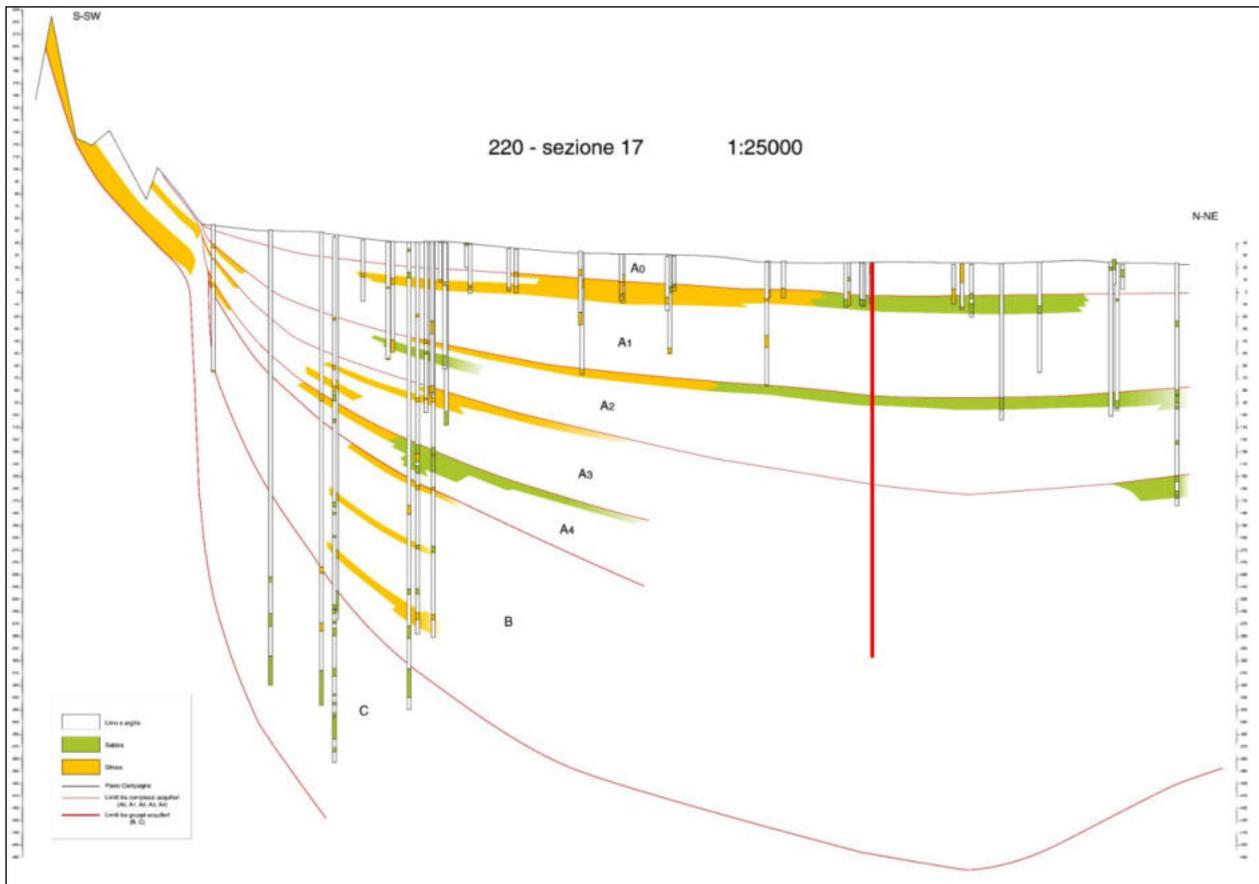


Fig. 43 : Sezione 44 (L17) (dal sito Cartografia geologica del Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna)

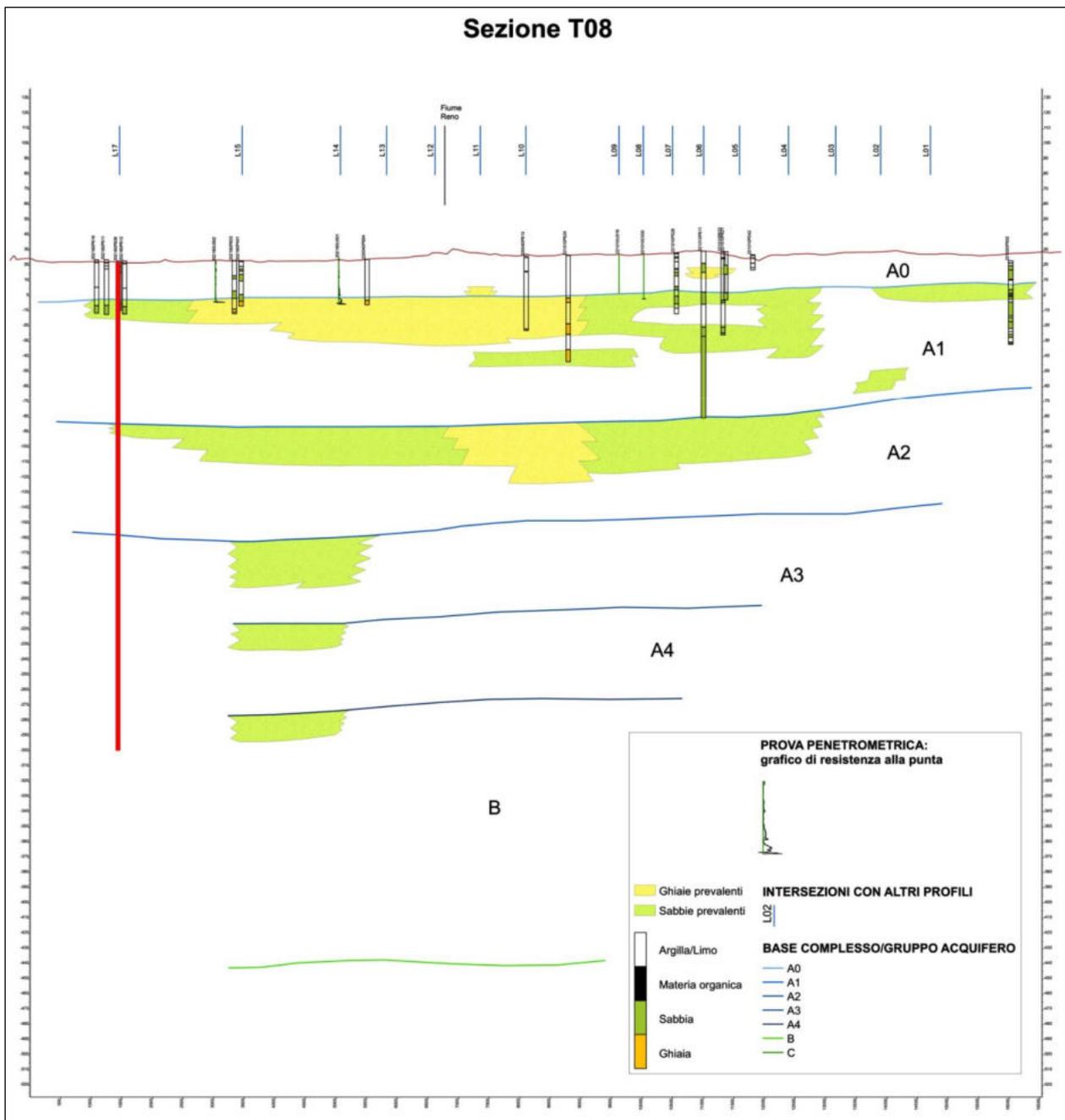


Fig. 44 : Sezione 122 (T08) (dal sito Cartografia geologica del Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna)

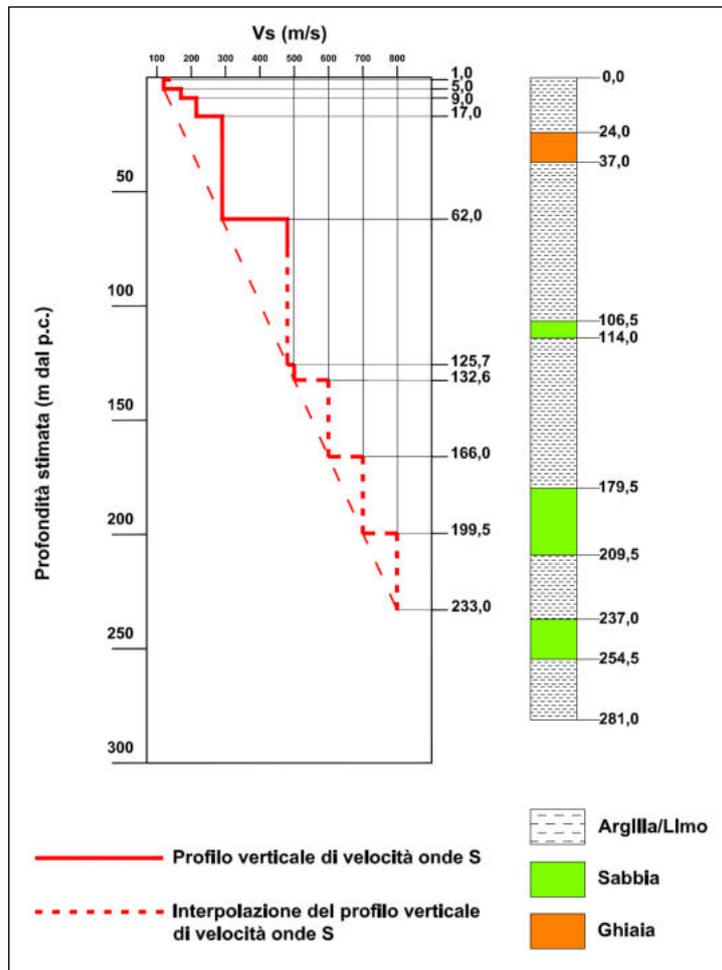


Fig. 45 : Diagramma di interpolazione delle V_s e stratigrafia di riferimento

Nella fig. 46 è riportata la videata della scheda Profil del software EERA, la quale riporta i dati inerenti la schematizzazione litostratigrafica e geotecnico-sismica dei terreni presenti nella zona esaminata. Nelle figg. 47÷49 sono forniti i grafici relativi ai moduli di taglio ed al fattore di smorzamento in funzione della deformazione tangenziale utilizzati per le diverse litologie presenti.

	Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus G_{max} (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m^3)	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table
Surface	1	1	1	1,0	34,63		18,64	135		W
	2	1	1	4,0	27,36		18,64	120		
	3	1	1	44,0	54,91		18,64	170		
	4	1	2	8,0	87,83		18,64	215		
	5	1	1	5,0	159,80		18,64	290		
	6	3	3	13,0	184,92		21,57	290		
	7	1	5	25,0	159,80		18,64	290		
	8	1	9	44,5	437,78		18,64	480		
	9	2	2	7,5	437,78		18,64	480		
	10	1	3	11,7	460,57		19,61	480		
	11	1	2	7,0	475,025482		18,64	500		
	12	1	7	33,3	684,04		18,64	600		
	13	1	3	13,5	931,05		18,64	700		
	14	2	4	20,0	979,50		19,61	700		
	15	2	2	10,0	1279,35		19,61	800		
Bedrock	16	1	5	23,5	1216,07		18,64	800	Outcrop	

Fig. 46 : Videata della scheda Profil

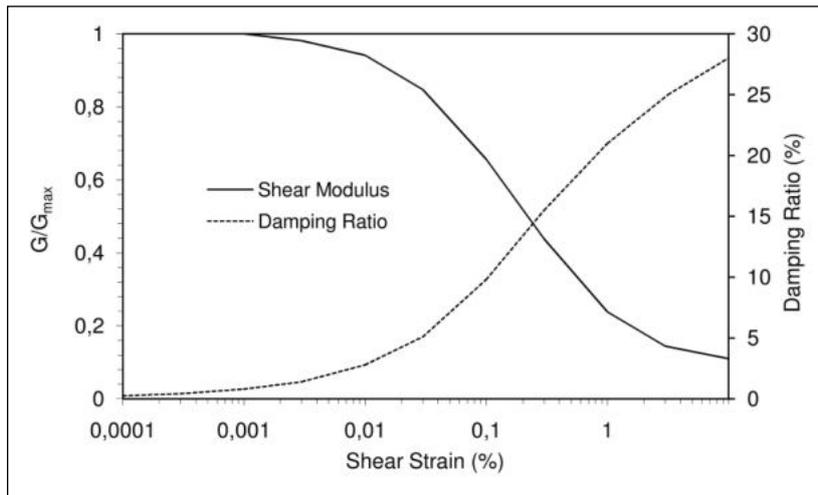


Fig. 47 : Diagramma valido per le argille

Andamento del Modulo di taglio G/G_{max} : da Seed & Sun (1989)

Andamento del Fattore di Smorzamento (Damping Ratio) : da Idriss (1990)

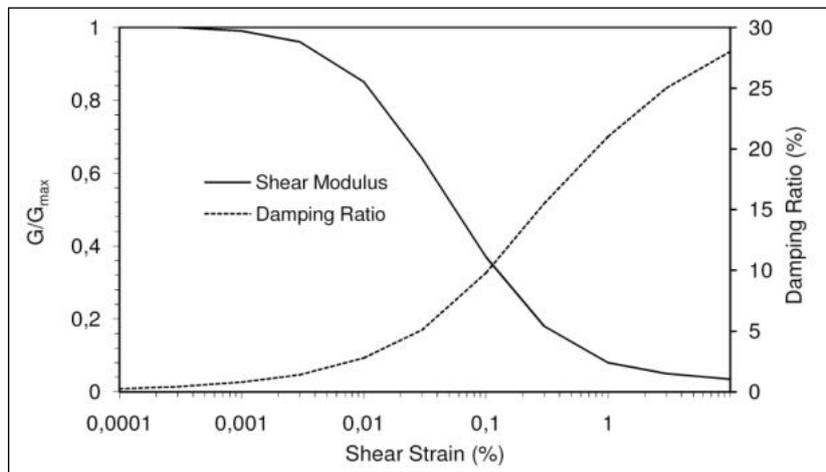


Fig. 48 : Diagramma valido per le sabbie

Andamento del Modulo di taglio G/G_{max} : da Seed & Idriss (1970)

Andamento del Fattore di Smorzamento (Damping Ratio) : da Idriss (1990)

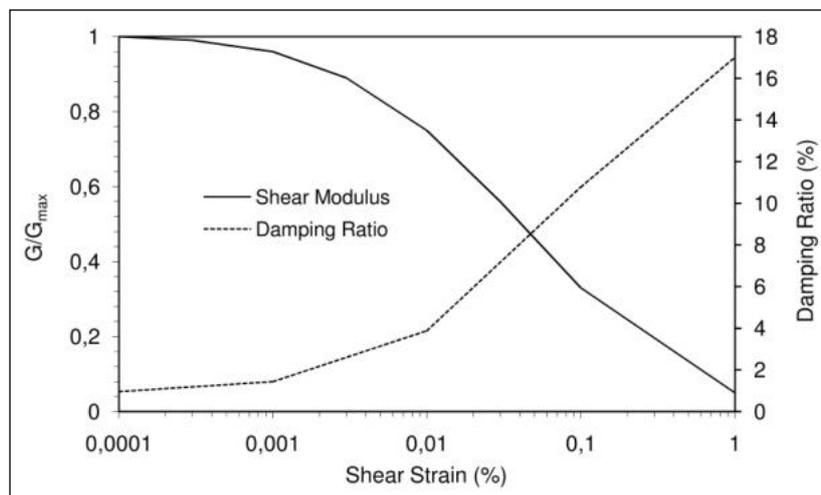


Fig. 49 : Diagramma valido per le ghiaie

Andamento del Modulo di taglio G/G_{max} : da Rollins et alii (1998)

Andamento del Fattore di Smorzamento (Damping Ratio) : da Rollins et alii (1998)

Risultati

Lo svolgimento delle verifiche di Risposta Sismica Locale mediante l'uso del software EERA ha consentito di ottenere per i due Stati Limite esaminati (SLV e SLD) i valori di accelerazione massima al suolo riportati nella seguente tabella, nella quale sono forniti i valori riferiti ai 3 accelerogrammi di riferimento ed al valore medio ottenuto.

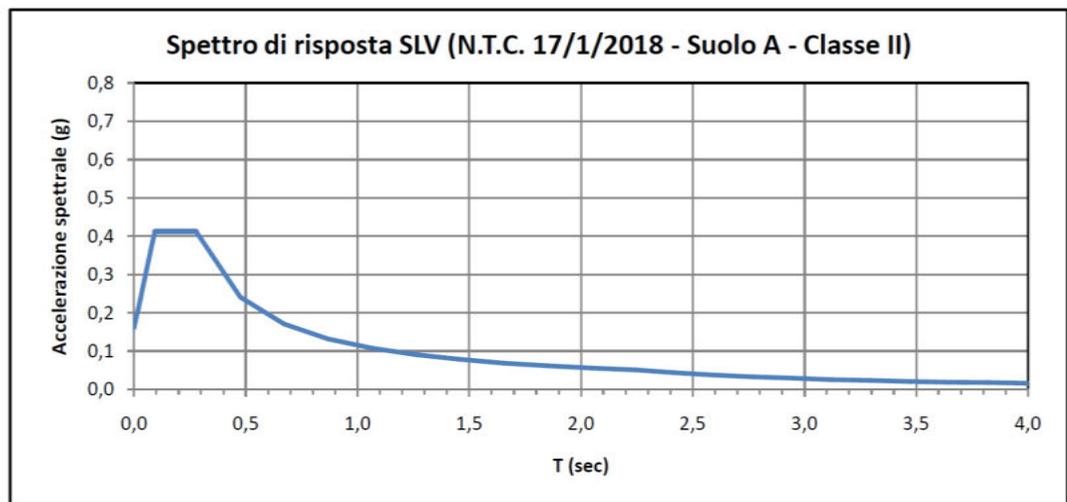
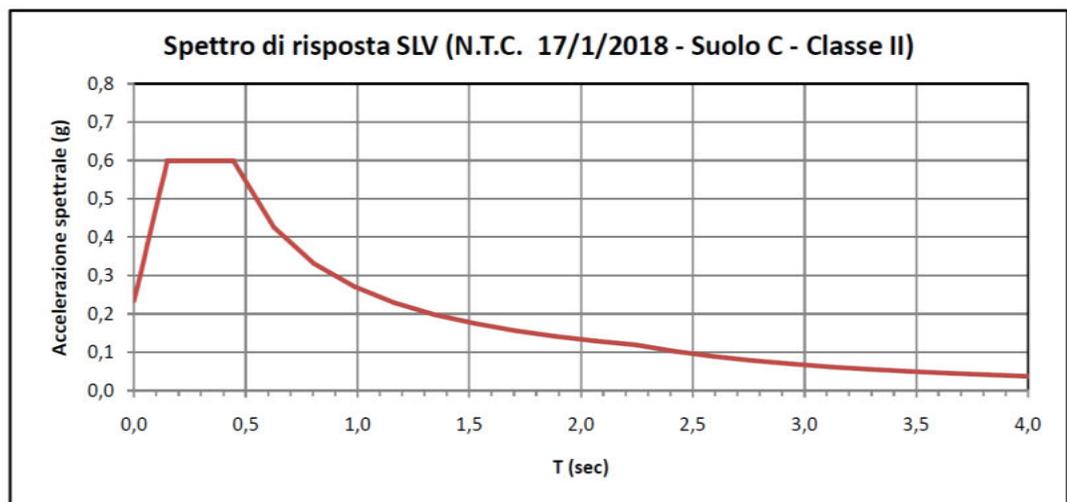
Stato Limite	Accel. 046 (g)	Accel. 126 (g)	Accel. 354 (g)	Valore medio (g)
SLV	0,198	0,219	0,228	0,215
SLD	0,087	0,097	0,106	0,097

Di seguito vengono forniti i grafici degli spettri di risposta ottenuti nelle elaborazioni svolte per i due Stati Limite Ultimi esaminati (SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita e SLD = Stato Limite di Danno).

In particolare sono riportati :

- Spettri di risposta per i suoli A e C, applicando l'approccio semplificato. Nella fig. 50 sono forniti gli spettri SLV e nella fig. 54 quelli SLD;
- Spettri di risposta ottenuti con EERA, unitamente allo spettro medio da essi risultante. Nella fig. 51 è riportato il grafico per gli spettri SLV ed in fig. 55 quello degli spettri SLD;
- Spettri medi ottenuti con EERA normalizzati applicando la metodologia descritta nell'Appendice 1 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n° 55/2018, messi a confronto con gli spettri derivanti dalla NTC per il suolo di tipo C e con la media degli spettri di riferimento utilizzati. Nella fig. 52 è riportato il grafico riferito agli spettri SLV ed in fig. 56 quello degli spettri SLD;
- Tabulati dei dati dei diversi spettri di risposta ottenuti; nella fig. 53 è fornito quello degli spettri SLV ed in fig. 57 quello degli spettri SLD.

SUOLO C	
T (s)	Se(T) (g)
0,000	0,234
0,015	0,271
0,030	0,307
0,045	0,344
0,059	0,380
0,074	0,416
0,089	0,453
0,104	0,489
0,119	0,526
0,134	0,562
0,148	0,599
0,445	0,599
0,625	0,426
0,805	0,331
0,985	0,271
1,165	0,229
1,345	0,198
1,525	0,175
1,705	0,156
1,885	0,141
2,065	0,129
2,245	0,119
2,420	0,102
2,596	0,089
2,771	0,078
2,947	0,069
3,122	0,061
3,298	0,055
3,473	0,050
3,649	0,045
3,824	0,041
4,000	0,037



SUOLO A	
T (s)	Se(T) (g)
0,000	0,161
0,009	0,186
0,019	0,211
0,028	0,236
0,037	0,262
0,046	0,287
0,056	0,312
0,065	0,337
0,074	0,362
0,083	0,387
0,093	0,412
0,278	0,412
0,475	0,241
0,671	0,171
0,868	0,132
1,065	0,108
1,261	0,091
1,458	0,079
1,655	0,069
1,851	0,062
2,048	0,056
2,245	0,051
2,420	0,044
2,596	0,038
2,771	0,033
2,947	0,030
3,122	0,026
3,298	0,024
3,473	0,021
3,649	0,019
3,824	0,018
4,000	0,016

Fig. 50 : Spettri di risposta SLV per i suoli A e C da approccio semplificato

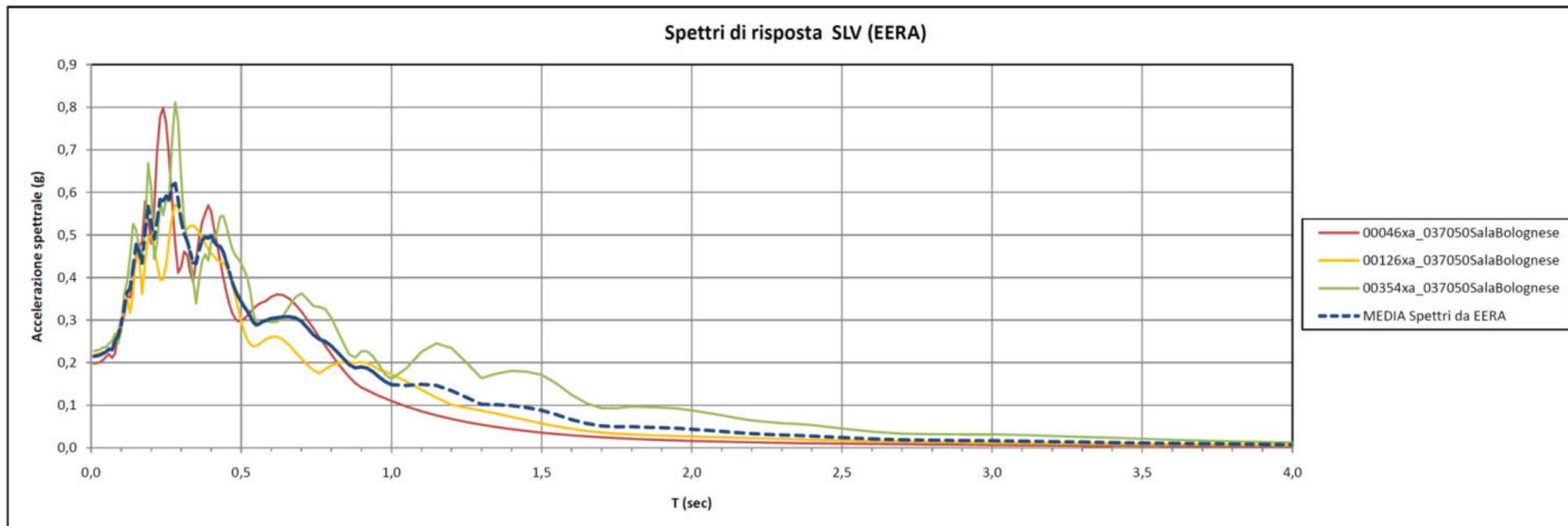


Fig. 51 : Spettri di risposta SLV ottenuti mediante l'uso del software EERA

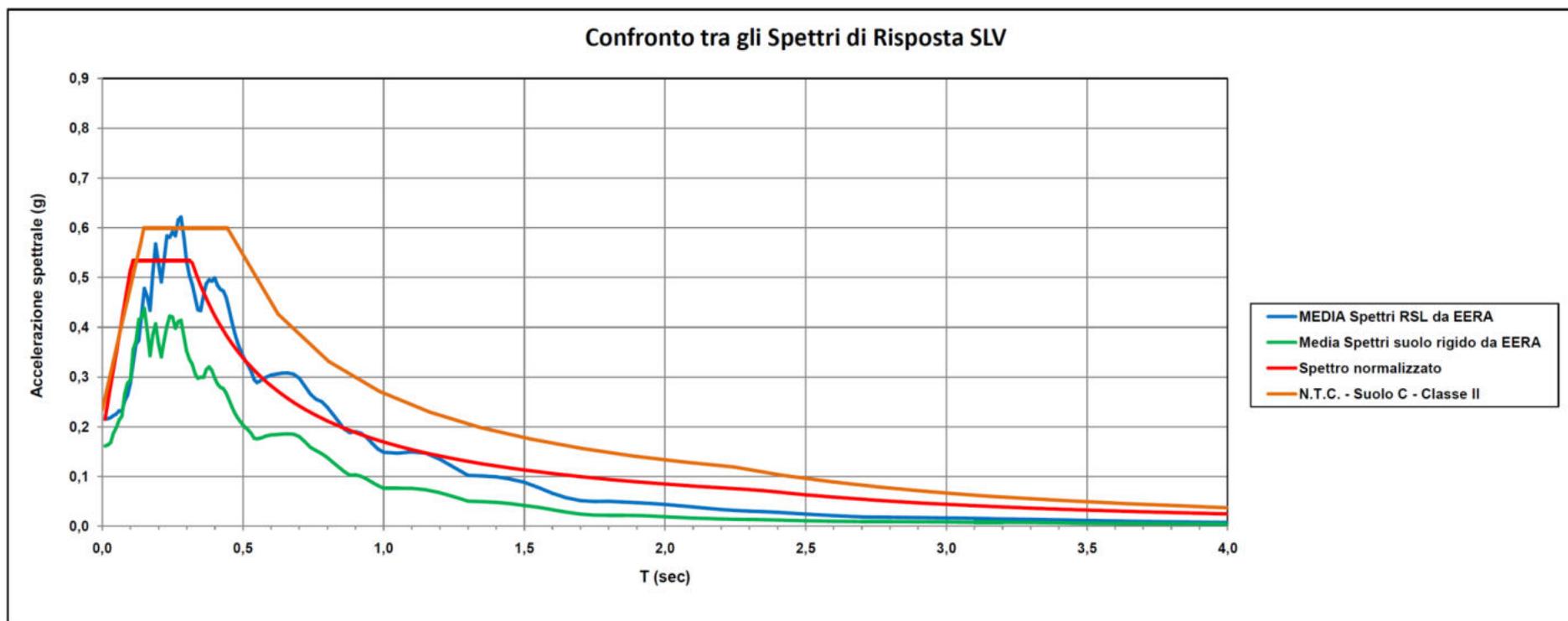
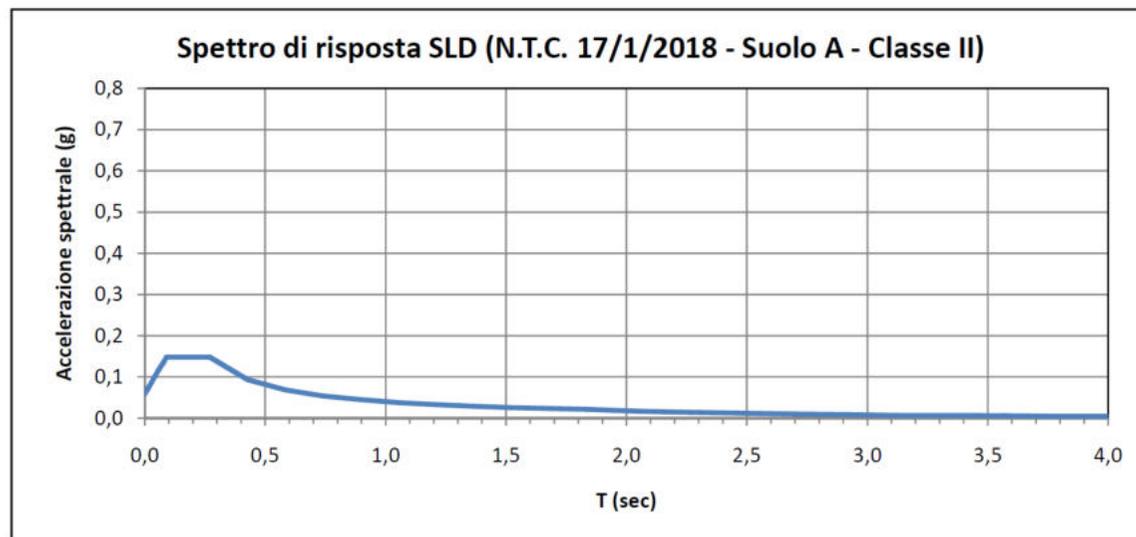
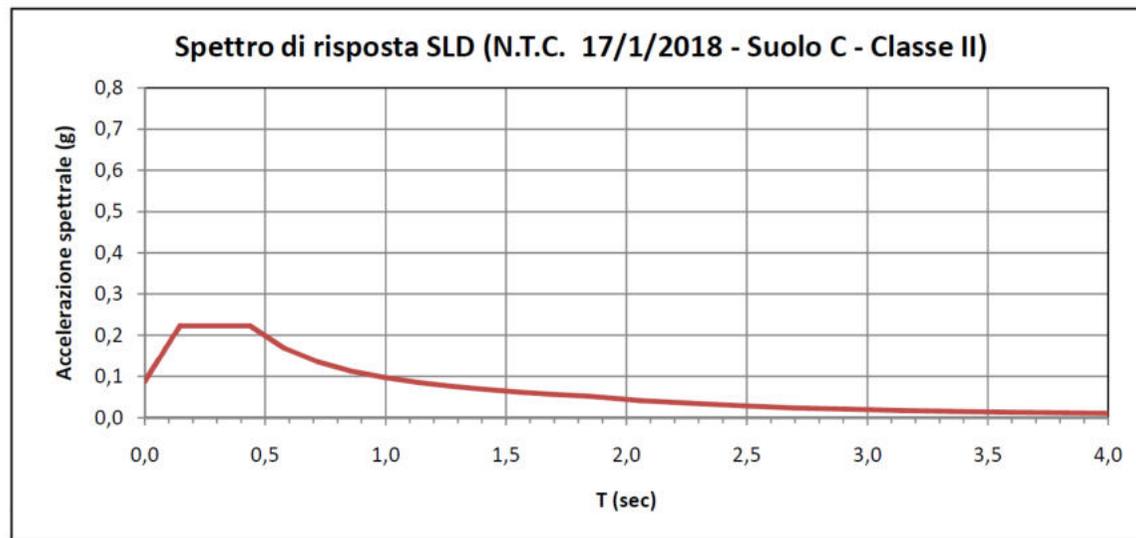


Fig. 52 : Confronto tra gli spettri di risposta SLV

da elaborazione EERA : foglio SPECTRA - assoluta acc.		da elaborazione EERA : foglio SPECTRA - assoluta acc.		da elaborazione EERA : foglio SPECTRA - assoluta acc.		Media Spettri RSL da EERA		Spettro pseudo-velocità SV		Parametri sismici per la definizione dello spettro normalizzato				Spettro Normalizzato da Ord. 55/2016				
Periodo (sec)	00046xa_0370505 alablognese	Periodo (sec)	00126xa_0370505 alablognese	Periodo (sec)	00354xa_0370505 alablognese	Periodo (sec)	MEDIA Spettri RSL da EERA	Periodo (sec)	SV - SA(T)/(T*xi)	T _C	2*xi*(SV ₀ /SA ₀)	All. 1 App. 1 Ord. 55/2016	0,32	Periodo (sec)	Spettro normalizzato			
0,01	0,198	0,01	0,219	0,01	0,228	0,01	0,215	0,01	0,000	T _B	T _C / 3	N.T.C. 2018 : 3.2.6	0,11	T _A	0,01	0,215		
0,02	0,199	0,02	0,220	0,02	0,228	0,02	0,216	0,02	0,001	T _D	4,0 * (R _{max} /g) + 1,6	N.T.C. 2018 : 3.2.7	2,33	R _{max}	(Se/SA ₀ - 0,01/T _C) * (SA ₀ / (1 - 0,01/T _C))	All. 1 App. 1 Ord. 55/2016	0,182	
0,03	0,202	0,03	0,222	0,03	0,231	0,03	0,218	0,03	0,001	a ₀	Se (t=0,01s)		0,215	F ₀	SA ₀ /R _{max}	All. 1 App. 1 Ord. 55/2016	2,939	2,939
0,04	0,206	0,04	0,224	0,04	0,235	0,04	0,222	0,04	0,001	SA ₀	$\frac{1}{T \Delta T} \int_{T-\Delta T}^{T+\Delta T} S_d(T) dT$	All. 1 App. 1 Ord. 55/2016	0,534	SV ₀	$\frac{1}{0,4 \cdot T} \int_{T-0,2T}^{T+0,2T} S_V(T) dT$	All. 1 App. 1 Ord. 55/2016	0,027	0,027
0,05	0,214	0,05	0,225	0,05	0,237	0,05	0,227	0,05	0,002	S ₀	Coeff. amplificazione stratigrafica	All. 1 App. 1 Ord. 55/2016	1,00	S _T	Coeff. amplificazione topografica	All. 1 App. 1 Ord. 55/2016	1,00	1,00
0,06	0,220	0,06	0,230	0,06	0,245	0,06	0,232	0,06	0,002	η	Fattore per Coeff. smorzamento	All. 1 App. 1 Ord. 55/2016	1,00	Determinazione dello spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico Se (N.T.C. 2018 - 3.2.2)				
0,07	0,211	0,07	0,230	0,07	0,250	0,07	0,231	0,07	0,003	0 ≤ T < T _B	S _v (T) = a ₀ · S · η · E ₀ · [$\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot E_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$			T _B ≤ T < T _C	S _v (T) = a ₀ · S · η · E ₀			
0,08	0,221	0,08	0,265	0,08	0,268	0,08	0,252	0,08	0,003	T _C ≤ T < T _D	S _v (T) = a ₀ · S · η · E ₀ · $\left(\frac{T_C}{T} \right)$			T _D ≤ T	S _v (T) = a ₀ · S · η · E ₀ · $\left(\frac{T_C - T}{T_C - T_D} \right)$			
0,09	0,267	0,09	0,275	0,09	0,245	0,09	0,263	0,09	0,004									
0,10	0,302	0,10	0,287	0,10	0,274	0,10	0,288	0,10	0,005									
0,11	0,309	0,11	0,321	0,11	0,358	0,11	0,329	0,11	0,006									
0,12	0,355	0,12	0,350	0,12	0,391	0,12	0,365	0,12	0,007									
0,13	0,355	0,13	0,317	0,13	0,449	0,13	0,374	0,13	0,008									
0,14	0,385	0,14	0,362	0,14	0,525	0,14	0,424	0,14	0,009									
0,15	0,450	0,15	0,471	0,15	0,513	0,15	0,478	0,15	0,011									
0,16	0,473	0,16	0,444	0,16	0,468	0,16	0,461	0,16	0,012									
0,17	0,484	0,17	0,362	0,17	0,456	0,17	0,434	0,17	0,012									
0,18	0,579	0,18	0,436	0,18	0,513	0,18	0,509	0,18	0,015									
0,19	0,540	0,19	0,494	0,19	0,668	0,19	0,567	0,19	0,017									
0,20	0,480	0,20	0,497	0,20	0,610	0,20	0,529	0,20	0,017									
0,21	0,557	0,21	0,471	0,21	0,444	0,21	0,491	0,21	0,018									
0,22	0,696	0,22	0,433	0,22	0,480	0,22	0,536	0,22	0,021									
0,23	0,778	0,23	0,394	0,23	0,578	0,23	0,584	0,23	0,021									
0,24	0,799	0,24	0,396	0,24	0,547	0,24	0,581	0,24	0,022									
0,25	0,763	0,25	0,430	0,25	0,582	0,25	0,592	0,25	0,024									
0,26	0,682	0,26	0,489	0,26	0,579	0,26	0,583	0,26	0,024									
0,27	0,579	0,27	0,543	0,27	0,725	0,27	0,615	0,27	0,026									
0,28	0,481	0,28	0,571	0,28	0,811	0,28	0,621	0,28	0,026									
0,29	0,412	0,29	0,568	0,29	0,768	0,29	0,582	0,29	0,027									
0,30	0,426	0,30	0,540	0,30	0,633	0,30	0,633	0,30	0,025									
0,31	0,461	0,31	0,517	0,31	0,530	0,31	0,503	0,31	0,025									
0,32	0,452	0,32	0,515	0,32	0,490	0,32	0,486	0,32	0,025									
0,33	0,414	0,33	0,521	0,33	0,447	0,33	0,460	0,33	0,024									
0,34	0,389	0,34	0,522	0,34	0,394	0,34	0,435	0,34	0,024									
0,35	0,444	0,35	0,516	0,35	0,339	0,35	0,433	0,35	0,024									
0,36	0,493	0,36	0,505	0,36	0,397	0,36	0,465	0,36	0,024									
0,37	0,531	0,37	0,493	0,37	0,440	0,37	0,488	0,37	0,029									
0,38	0,551	0,38	0,480	0,38	0,454	0,38	0,495	0,38	0,030									
0,39	0,569	0,39	0,468	0,39	0,440	0,39	0,492	0,39	0,031									
0,40	0,555	0,40	0,456	0,40	0,484	0,40	0,499	0,40	0,032									
0,41	0,512	0,41	0,450	0,41	0,490	0,41	0,484	0,41	0,032									
0,42	0,477	0,42	0,441	0,42	0,509	0,42	0,473	0,42	0,032									
0,43	0,439	0,43	0,437	0,43	0,543	0,43	0,473	0,43	0,032									
0,44	0,402	0,44	0,435	0,44	0,545	0,44	0,461	0,44	0,032									
0,45	0,368	0,45	0,425	0,45	0,522	0,45	0,438	0,45	0,031									
0,46	0,339	0,46	0,408	0,46	0,493	0,46	0,413	0,46	0,030									
0,47	0,317	0,47	0,384	0,47	0,468	0,47	0,390	0,47	0,029									
0,48	0,303	0,48	0,356	0,48	0,452	0,48	0,371	0,48	0,028									
0,49	0,297	0,49	0,326	0,49	0,444	0,49	0,356	0,49	0,028									
0,50	0,298	0,50	0,297	0,50	0,433	0,50	0,343	0,50	0,027									
0,51	0,303	0,51	0,273	0,51	0,419	0,51	0,332	0,51	0,027									
0,52	0,311	0,52	0,254	0,52	0,400	0,52	0,322	0,52	0,027									
0,53	0,319	0,53	0,243	0,53	0,368	0,53	0,310	0,53	0,026									
0,54	0,327	0,54	0,239	0,54	0,318	0,54	0,295	0,54	0,025									
0,55	0,333	0,55	0,240	0,55	0,293	0,55	0,289	0,55	0,025									
0,56	0,338	0,56	0,244	0,56	0,292	0,56	0,291	0,56	0,026									
0,57	0,342	0,57	0,249	0,57	0,297	0,57	0,296	0,57	0,027									
0,58	0,344	0,58	0,254	0,58	0,299	0,58	0,299	0,58	0,028									
0,60	0,355	0,60	0,261	0,60	0,295	0,60	0,304	0,60	0,028									
0,62	0,360	0,62	0,261	0,62	0,296	0,62	0,306	0,62	0,030									
0,64	0,358	0,64	0,254	0,64	0,311	0,64	0,308	0,64	0,031									
0,66	0,350	0,66	0,241	0,66	0,333	0,66	0,308	0,66	0,032									
0,68	0,337	0,68	0,225	0,68	0,354	0,68	0,305	0,68	0,033									
0,70	0,320	0,70	0,210	0,70	0,363	0,70	0,298	0,70	0,033									
0,72	0,301	0,72	0,195	0,72	0,349	0,72	0,282	0,72	0,032									
0,74	0,281	0,74	0,182	0,74	0,333	0,74	0,265	0,74	0,031									
0,76	0,260	0,76	0,174	0,76	0,331	0,76	0,255	0,76	0,031									
0,78	0,239	0,78	0,185	0,78	0,326	0,78	0,250	0,78	0,031									
0,80	0,219	0,80	0,193	0,80	0,305	0,80	0,239	0,80	0,030									
0,82	0,200	0,82	0,199	0,82	0,276	0,82	0,225	0,82	0,029									
0,84	0,182	0,84	0,201	0,84	0,246	0,84	0,210	0,84	0,028									

SUOLO C	
T (s)	Se(T) (g)
0,000	0,088
0,015	0,102
0,029	0,115
0,044	0,129
0,058	0,142
0,073	0,155
0,087	0,169
0,102	0,182
0,116	0,196
0,131	0,209
0,146	0,223
0,437	0,223
0,577	0,169
0,717	0,136
0,856	0,113
0,996	0,098
1,136	0,086
1,276	0,076
1,416	0,069
1,556	0,062
1,696	0,057
1,836	0,053
2,052	0,042
2,269	0,035
2,485	0,029
2,701	0,024
2,918	0,021
3,134	0,018
3,351	0,016
3,567	0,014
3,784	0,012
4,000	0,011



SUOLO A	
T (s)	Se(T) (g)
0,000	0,059
0,009	0,068
0,018	0,077
0,027	0,086
0,036	0,095
0,045	0,104
0,054	0,113
0,063	0,122
0,072	0,130
0,081	0,139
0,090	0,148
0,270	0,148
0,427	0,094
0,583	0,069
0,740	0,054
0,896	0,045
1,053	0,038
1,209	0,033
1,366	0,029
1,523	0,026
1,679	0,024
1,836	0,022
2,052	0,017
2,269	0,014
2,485	0,012
2,701	0,010
2,918	0,009
3,134	0,007
3,351	0,007
3,567	0,006
3,784	0,005
4,000	0,005

Fig. 54 : Spettri di risposta SLD per i suoli A e C da approccio semplificato

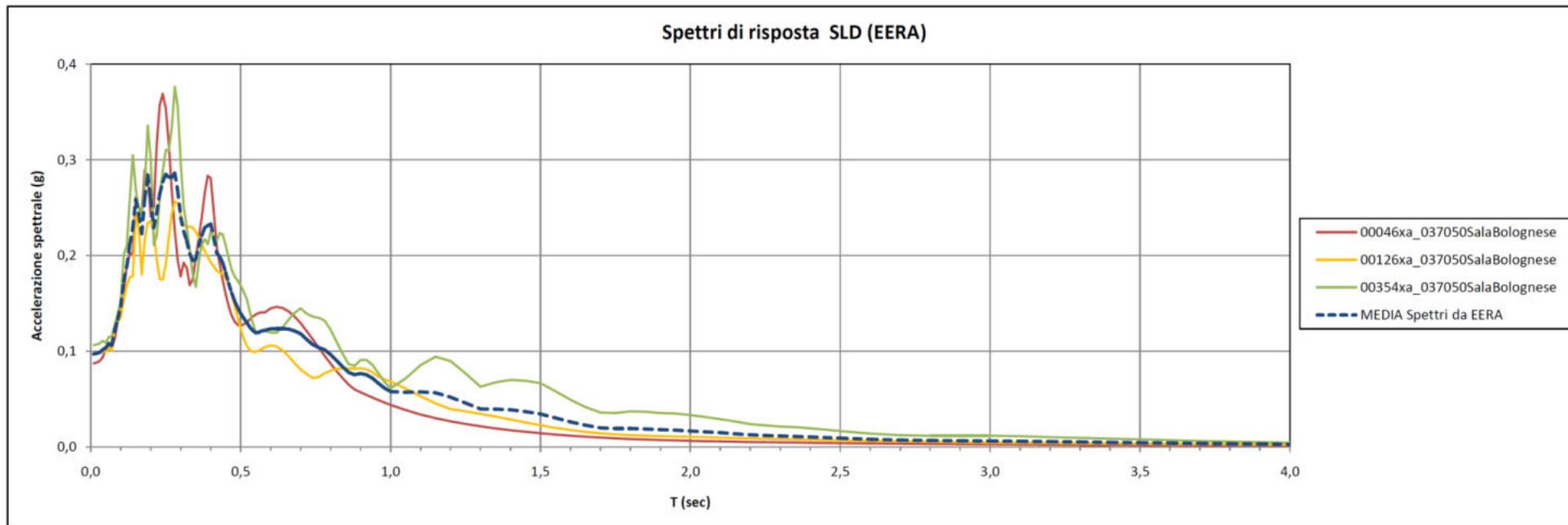


Fig. 55 : Spettri di risposta SLD ottenuti mediante l'uso del software EERA

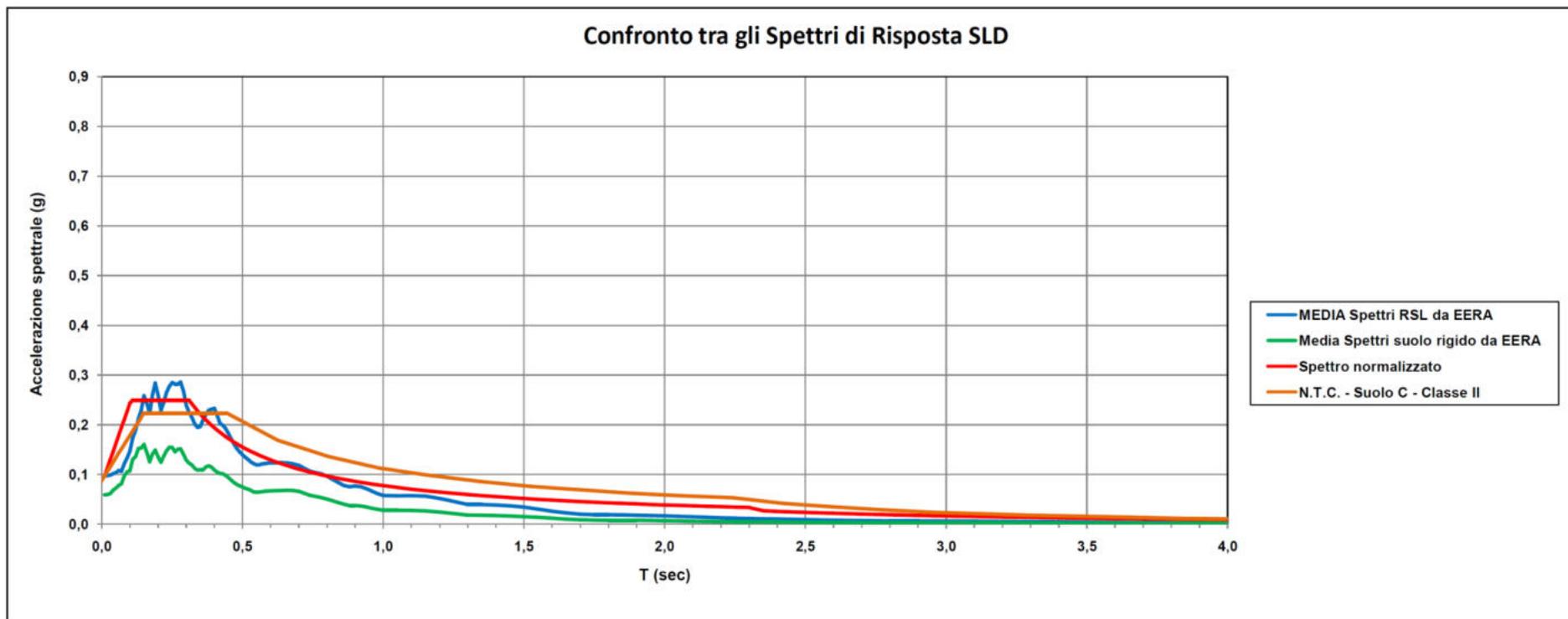


Fig. 56 : Confronto tra gli spettri di risposta SLD

da elaborazione EERA : foglio SPECTRA - absolute acc.		da elaborazione EERA : foglio SPECTRA - absolute acc.		da elaborazione EERA : foglio SPECTRA - absolute acc.		Media Spettri RSL da EERA		Spettro pseudo-velocità SV		Spettro Normalizzato da Ord. 55/2016	
Periodo (sec)	00046xa_0370505 alabolognese	Periodo (sec)	00126xa_0370505 alabolognese	Periodo (sec)	00354xa_0370505 alabolognese	Periodo (sec)	Media Spettri RSL da EERA	Periodo (sec)	SV = SA(T)/(T*2x)	Periodo (sec)	Spettro normalizzato
0.01	0.087	0.01	0.097	0.01	0.106	0.01	0.097	0.01	0.000	0.01	0.097
0.02	0.088	0.02	0.098	0.02	0.107	0.02	0.098	0.02	0.000	0.02	0.113
0.03	0.090	0.03	0.099	0.03	0.108	0.03	0.099	0.03	0.000	0.03	0.130
0.04	0.094	0.04	0.100	0.04	0.111	0.04	0.102	0.04	0.001	0.04	0.146
0.05	0.103	0.05	0.099	0.05	0.109	0.05	0.104	0.05	0.001	0.05	0.162
0.06	0.105	0.06	0.104	0.06	0.115	0.06	0.108	0.06	0.001	0.06	0.178
0.07	0.103	0.07	0.101	0.07	0.116	0.07	0.106	0.07	0.001	0.07	0.195
0.08	0.113	0.08	0.126	0.08	0.127	0.08	0.122	0.08	0.002	0.08	0.211
0.09	0.131	0.09	0.130	0.09	0.140	0.09	0.134	0.09	0.002	0.09	0.227
0.10	0.154	0.10	0.136	0.10	0.151	0.10	0.147	0.10	0.002	0.10	0.243
0.11	0.165	0.11	0.154	0.11	0.201	0.11	0.173	0.11	0.003	0.11	0.249
0.12	0.189	0.12	0.169	0.12	0.210	0.12	0.189	0.12	0.004	0.12	0.249
0.13	0.201	0.13	0.177	0.13	0.258	0.13	0.212	0.13	0.004	0.13	0.249
0.14	0.203	0.14	0.179	0.14	0.305	0.14	0.258	0.14	0.005	0.14	0.249
0.15	0.261	0.15	0.245	0.15	0.269	0.15	0.258	0.15	0.006	0.15	0.249
0.16	0.250	0.16	0.229	0.16	0.249	0.16	0.243	0.16	0.006	0.16	0.249
0.17	0.245	0.17	0.180	0.17	0.243	0.17	0.223	0.17	0.006	0.17	0.249
0.18	0.289	0.18	0.218	0.18	0.272	0.18	0.260	0.18	0.007	0.18	0.249
0.19	0.282	0.19	0.234	0.19	0.336	0.19	0.284	0.19	0.009	0.19	0.249
0.20	0.241	0.20	0.236	0.20	0.300	0.20	0.259	0.20	0.008	0.20	0.249
0.21	0.251	0.21	0.225	0.21	0.211	0.21	0.229	0.21	0.008	0.21	0.249
0.22	0.317	0.22	0.196	0.22	0.221	0.22	0.245	0.22	0.008	0.22	0.249
0.23	0.357	0.23	0.176	0.23	0.261	0.23	0.265	0.23	0.010	0.23	0.249
0.24	0.369	0.24	0.175	0.24	0.287	0.24	0.277	0.24	0.011	0.24	0.249
0.25	0.354	0.25	0.190	0.25	0.310	0.25	0.285	0.25	0.011	0.25	0.249
0.26	0.317	0.26	0.218	0.26	0.310	0.26	0.282	0.26	0.012	0.26	0.249
0.27	0.269	0.27	0.243	0.27	0.333	0.27	0.282	0.27	0.012	0.27	0.249
0.28	0.226	0.28	0.256	0.28	0.376	0.28	0.276	0.28	0.013	0.28	0.249
0.29	0.195	0.29	0.254	0.29	0.355	0.29	0.268	0.29	0.012	0.29	0.249
0.30	0.178	0.30	0.243	0.30	0.297	0.30	0.259	0.30	0.011	0.30	0.249
0.31	0.192	0.31	0.232	0.31	0.251	0.31	0.225	0.31	0.011	0.31	0.249
0.32	0.187	0.32	0.229	0.32	0.229	0.32	0.215	0.32	0.011	0.32	0.249
0.33	0.169	0.33	0.230	0.33	0.206	0.33	0.202	0.33	0.011	0.33	0.249
0.34	0.175	0.34	0.229	0.34	0.180	0.34	0.195	0.34	0.011	0.34	0.249
0.35	0.197	0.35	0.225	0.35	0.187	0.35	0.196	0.35	0.011	0.35	0.249
0.36	0.218	0.36	0.219	0.36	0.193	0.36	0.210	0.36	0.012	0.36	0.249
0.37	0.239	0.37	0.212	0.37	0.212	0.37	0.221	0.37	0.013	0.37	0.249
0.38	0.266	0.38	0.205	0.38	0.217	0.38	0.229	0.38	0.014	0.38	0.249
0.39	0.283	0.39	0.198	0.39	0.212	0.39	0.231	0.39	0.014	0.39	0.249
0.40	0.281	0.40	0.193	0.40	0.225	0.40	0.233	0.40	0.015	0.40	0.249
0.41	0.247	0.41	0.189	0.41	0.220	0.41	0.218	0.41	0.014	0.41	0.249
0.42	0.208	0.42	0.184	0.42	0.215	0.42	0.203	0.42	0.014	0.42	0.249
0.43	0.191	0.43	0.182	0.43	0.224	0.43	0.199	0.43	0.014	0.43	0.249
0.44	0.174	0.44	0.181	0.44	0.222	0.44	0.192	0.44	0.013	0.44	0.249
0.45	0.159	0.45	0.177	0.45	0.210	0.45	0.182	0.45	0.013	0.45	0.249
0.46	0.147	0.46	0.169	0.46	0.197	0.46	0.171	0.46	0.013	0.46	0.249
0.47	0.137	0.47	0.159	0.47	0.185	0.47	0.161	0.47	0.012	0.47	0.249
0.48	0.131	0.48	0.148	0.48	0.178	0.48	0.152	0.48	0.012	0.48	0.249
0.49	0.127	0.49	0.135	0.49	0.174	0.49	0.145	0.49	0.011	0.49	0.249
0.50	0.127	0.50	0.123	0.50	0.168	0.50	0.140	0.50	0.011	0.50	0.249
0.51	0.128	0.51	0.113	0.51	0.162	0.51	0.134	0.51	0.011	0.51	0.249
0.52	0.130	0.52	0.106	0.52	0.154	0.52	0.130	0.52	0.011	0.52	0.249
0.53	0.133	0.53	0.101	0.53	0.142	0.53	0.125	0.53	0.011	0.53	0.249
0.54	0.136	0.54	0.099	0.54	0.130	0.54	0.122	0.54	0.010	0.54	0.249
0.55	0.138	0.55	0.099	0.55	0.120	0.55	0.119	0.55	0.010	0.55	0.249
0.56	0.140	0.56	0.101	0.56	0.119	0.56	0.120	0.56	0.011	0.56	0.249
0.57	0.141	0.57	0.102	0.57	0.121	0.57	0.121	0.57	0.011	0.57	0.249
0.58	0.140	0.58	0.104	0.58	0.121	0.58	0.122	0.58	0.011	0.58	0.249
0.60	0.145	0.60	0.106	0.60	0.120	0.60	0.123	0.60	0.012	0.60	0.249
0.62	0.146	0.62	0.105	0.62	0.119	0.62	0.124	0.62	0.012	0.62	0.249
0.64	0.145	0.64	0.101	0.64	0.125	0.64	0.124	0.64	0.013	0.64	0.249
0.66	0.141	0.66	0.095	0.66	0.133	0.66	0.123	0.66	0.013	0.66	0.249
0.68	0.136	0.68	0.088	0.68	0.140	0.68	0.121	0.68	0.013	0.68	0.249
0.70	0.129	0.70	0.081	0.70	0.145	0.70	0.118	0.70	0.013	0.70	0.249
0.72	0.121	0.72	0.076	0.72	0.139	0.72	0.112	0.72	0.013	0.72	0.249
0.74	0.113	0.74	0.072	0.74	0.136	0.74	0.107	0.74	0.013	0.74	0.249
0.76	0.104	0.76	0.073	0.76	0.135	0.76	0.104	0.76	0.013	0.76	0.249
0.78	0.095	0.78	0.077	0.78	0.132	0.78	0.101	0.78	0.013	0.78	0.249
0.80	0.087	0.80	0.080	0.80	0.122	0.80	0.096	0.80	0.012	0.80	0.249
0.82	0.079	0.82	0.081	0.82	0.110	0.82	0.090	0.82	0.012	0.82	0.249
0.84	0.072	0.84	0.082	0.84	0.097	0.84	0.084	0.84	0.011	0.84	0.249
0.86	0.065	0.86	0.082	0.86	0.087	0.86	0.078	0.86	0.011	0.86	0.249
0.88	0.060	0.88	0.082	0.88	0.085	0.88	0.075	0.88	0.011	0.88	0.249
0.90	0.057	0.90	0.082	0.90	0.091	0.90	0.077	0.90	0.011	0.90	0.249
0.92	0.054	0.92	0.081	0.92	0.091	0.92	0.075	0.92	0.011	0.92	0.249
0.94	0.051	0.94	0.078	0.94	0.085	0.94	0.072	0.94	0.011	0.94	0.249
0.96	0.049	0.96	0.073	0.96	0.077	0.96	0.066	0.96	0.010	0.96	0.249
0.98	0.046	0.98	0.070	0.98	0.068	0.98	0.061	0.98	0.010	0.98	0.249
1.00	0.044	1.00	0.068	1.00	0.061	1.00	0.058	1.00	0.009	1.00	0.249
1.05	0.039	1.05	0.061	1.05	0.072	1.05	0.057	1.05	0.010	1.05	0.249
1.10	0.034	1.10	0.053	1.10	0.085	1.10	0.057	1.10	0.010	1.10	0.249
1.15	0.030	1.15	0.045	1.15	0.094	1.15	0.057	1.15	0.010	1.15	0.249
1.20	0.027	1.20	0.040	1.20	0.090	1.20	0.052	1.20	0.010	1.20	0.249
1.25	0.024	1.25	0.037	1.25	0.077	1.25	0.046	1.25	0.009	1.25	0.249
1.30	0.022	1.30	0.035	1.30	0.063	1.30	0.040	1.30	0.008	1.30	0.249
1.35	0.019	1.35	0.032	1.35	0.067	1.35	0.039	1.35	0.008	1.35	0.249
1.40	0.017	1.40	0.029	1.40	0.070	1.40	0.039	1.40	0.009	1.40	0.249
1.45	0.016	1.45	0.026	1.45	0.069	1.45	0.037	1.45	0.009	1.45	0.249
1.50	0.014	1.50	0.023	1.50	0.067	1.50	0.034	1.50	0.008	1.50	0.249
1.55	0.013	1.55	0.020	1.55	0.058	1.55	0.030	1.55	0.007	1.55	0.249
1.60	0.012	1.60	0.018	1.60	0.049	1.60	0.026	1.60	0.007	1.60	0.249
1.65	0.011	1.65	0.016	1.65	0.042	1.65	0.023	1.65	0.006	1.65	0.249
1.70	0.010	1.70	0.014	1.70	0.036	1.70	0.020	1.70	0.005	1.70	0.249
1.75	0.009	1.75	0.013	1.75	0.035	1.75	0.019	1.75	0.005	1.75	0.249
1.80	0.008	1.80	0.012	1.80	0.037	1.80	0.019	1.80	0.006	1.80	0.249
1.85	0.008	1.85	0.012	1.85	0.037	1.85	0.019	1.85	0.006	1.85	0.249
1.90	0.007	1.90	0.011	1.90	0.035	1.90	0.018	1.90	0.005	1.90	0.249
1.95	0.007	1.95	0.011	1.95	0.035	1.95	0.017	1.95	0.005	1.95	0.249
2.00	0.006	2.00	0.010	2.00	0.033	2.00	0.017	2.00	0.005	2.00	0.249
2.05	0.006	2.05	0.010	2.05	0.031	2.05	0.016	2.05	0.005	2.05	0.249
2.10	0.006	2.10	0.010	2.10	0.029	2.10	0.015	2.10	0.005	2.10	0.249

Parametri sismici da Analisi III° Livello

Nella fig. 58 si forniscono i valori dei parametri sismici da utilizzare nelle verifiche geotecniche, ottenuti applicando i risultati dell'Analisi di III° Livello.

Parametri sismici generali		
Categoria sottosuolo	C	
Categoria topografica	T1	
Vita Nominale V_N	≥50 anni	
Classe d'uso	II	
Coefficiente d'uso CU	1,0	
Periodo di riferimento V_R	50 anni	
Parametri sismici di dettaglio	Stato limite SLV	Stato limite SLD
Probabilità di superamento P_{VR}	10%	63%
T_r	475 anni	50 anni
a_g	0,215g	0,097g
F_0	2,48	2,57
S_S	1,38	1,55
S_T	1,00	1,00
a_{max}	2,911	1,475
K_h	0,083	0,030
K_v	0,0415	0,015
z_c	0,973	0,990

Fig. 58 : Parametri sismici (da Analisi sismica di III° Livello)

In accordo con l'art. 4.2.1. dell'allegato A della D.G.R. n° 564/2021, vengono illustrate le modalità di determinazione dei seguenti parametri, considerando un periodo di ritorno $T_R = 475$ anni con smorzamento $\zeta = 5\%$:

- Fattore di amplificazione F_{PGA} , rappresentato dal rapporto tra **PGA** (accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ alla superficie del sito) e **PGA₀** (accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ al suolo di riferimento);

Facendo riferimento ai valori di accelerazione massima definiti per il Comune di Pianoro negli SLV e SLD, si ottengono i seguenti valori del Fattore di Amplificazione della PGA F_{PGA} :

Condizione	PGA	PGA ₀	F _{PGA}
SLV	0,215	0,161	1,335
SLD	0,097	0,059	1,644

- Fattore di amplificazione **FA**, dato dal rapporto tra **SA** (integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T: SA1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, SA2 per $0,4s \leq T \leq 0,8s$, SA3 per $0,7s \leq T \leq 1,1s$, SA4 per $0,5s \leq T \leq 1,5s$) e **SA₀** (integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento). Nella fig. 59 è riportata la tabella inerente gli spettri di risposta in accelerazione al suolo alla superficie del suolo (SA) ed al suolo di riferimento (SA₀), mentre nelle figg. 60÷63 sono forniti i grafici riferiti ai diversi intervalli di periodi considerati e nelle figg. 64 e 65 i valori del Fattore di amplificazione FA;
- Fattore di amplificazione **FH**, espresso dal rapporto tra **SI** (integrale dello spettro di risposta in velocità o corrispondente grandezza di Intensità di Housner alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T: SI1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, SI2 per $0,5s \leq T \leq 1,0s$, SI3 per $0,5s \leq T \leq 1,5s$) e **SI₀** (integrale dello spettro di risposta in velocità -Intensità di Housner- al suolo di riferimento). Nella fig. 66 è riportata la tabella inerente gli spettri di risposta in velocità alla superficie del sito (SI) ed al suolo di riferimento (SI₀), mentre nelle figg. 67÷69 sono forniti i grafici riferiti ai diversi intervalli di periodi considerati e nelle figg. 70 e 71 i valori del Fattore di amplificazione FH;
- Scuotimento in accelerazione (cm/s²) atteso al sito per gli intervalli di periodi $0,1s \leq T \leq 0,5s$, $0,4s \leq T \leq 0,8s$, $0,7s \leq T \leq 1,1s$ e $0,5s \leq T \leq 1,5s$ (H_{SM} e H_{0408} , H_{0711} , H_{0515}).

Period (sec)	Pseudo Absolute Acceleration (cm/s)			Spettro mediato del terremoto atteso sul sito (1 outcrop)	SA
	1 OUTCROP 046	1 OUTCROP 126	1 OUTCROP 354		
0,01	0,20	0,22	0,23	0,21	0,0021
0,02	0,20	0,22	0,23	0,22	0,0022
0,03	0,20	0,22	0,23	0,22	0,0022
0,04	0,21	0,22	0,24	0,22	0,0022
0,05	0,21	0,23	0,24	0,23	0,0023
0,06	0,22	0,23	0,25	0,23	0,0023
0,07	0,21	0,23	0,25	0,23	0,0023
0,08	0,22	0,26	0,27	0,25	0,0025
0,09	0,27	0,27	0,25	0,26	0,0026
0,10	0,30	0,29	0,27	0,29	0,0029
0,11	0,31	0,32	0,36	0,33	0,0033
0,12	0,35	0,35	0,39	0,36	0,0036
0,13	0,35	0,31	0,45	0,37	0,0037
0,14	0,38	0,36	0,53	0,42	0,0042
0,15	0,45	0,47	0,51	0,48	0,0048
0,16	0,47	0,44	0,46	0,46	0,0046
0,17	0,48	0,36	0,46	0,43	0,0043
0,18	0,58	0,43	0,51	0,51	0,0051
0,19	0,54	0,49	0,66	0,56	0,0056
0,20	0,48	0,50	0,61	0,53	0,0053
0,21	0,55	0,47	0,44	0,49	0,0049
0,22	0,69	0,43	0,48	0,53	0,0053
0,23	0,78	0,39	0,58	0,58	0,0058
0,24	0,80	0,39	0,54	0,58	0,0058
0,25	0,76	0,43	0,58	0,59	0,0059
0,26	0,68	0,49	0,58	0,58	0,0058
0,27	0,58	0,54	0,72	0,61	0,0061
0,28	0,48	0,57	0,81	0,62	0,0062
0,29	0,41	0,56	0,76	0,58	0,0058
0,30	0,42	0,54	0,63	0,53	0,0053
0,31	0,46	0,51	0,53	0,50	0,0050
0,32	0,45	0,51	0,49	0,48	0,0048
0,33	0,41	0,52	0,44	0,46	0,0046
0,34	0,39	0,52	0,39	0,43	0,0043
0,35	0,44	0,51	0,34	0,43	0,0043
0,36	0,49	0,50	0,39	0,46	0,0046
0,37	0,53	0,49	0,44	0,49	0,0049
0,38	0,55	0,48	0,45	0,49	0,0049
0,39	0,57	0,47	0,44	0,49	0,0049
0,40	0,55	0,46	0,48	0,50	0,0050
0,41	0,51	0,45	0,49	0,48	0,0048
0,42	0,47	0,44	0,51	0,47	0,0047
0,43	0,44	0,43	0,54	0,47	0,0047
0,44	0,40	0,43	0,54	0,46	0,0046
0,45	0,37	0,42	0,52	0,44	0,0044
0,46	0,34	0,41	0,49	0,41	0,0041
0,47	0,32	0,38	0,47	0,39	0,0039
0,48	0,30	0,35	0,45	0,37	0,0037
0,49	0,30	0,32	0,44	0,35	0,0035
0,50	0,30	0,30	0,43	0,34	0,0034
0,51	0,30	0,27	0,42	0,33	0,0033
0,52	0,31	0,25	0,40	0,32	0,0032
0,53	0,32	0,24	0,37	0,31	0,0031
0,54	0,33	0,24	0,32	0,29	0,0029
0,55	0,33	0,24	0,29	0,29	0,0029
0,56	0,34	0,24	0,29	0,29	0,0029
0,57	0,34	0,25	0,30	0,29	0,0029
0,58	0,34	0,25	0,30	0,30	0,0030
0,60	0,35	0,26	0,29	0,30	0,0060
0,62	0,36	0,26	0,29	0,30	0,0061
0,64	0,36	0,25	0,31	0,31	0,0061
0,66	0,35	0,24	0,33	0,31	0,0061
0,68	0,33	0,22	0,35	0,30	0,0061
0,70	0,32	0,21	0,36	0,30	0,0059
0,72	0,30	0,19	0,35	0,28	0,0056
0,74	0,28	0,18	0,33	0,26	0,0053
0,76	0,26	0,17	0,33	0,25	0,0051
0,78	0,24	0,18	0,32	0,25	0,0050
0,80	0,22	0,19	0,30	0,24	0,0047
0,82	0,20	0,20	0,27	0,22	0,0045
0,84	0,18	0,20	0,24	0,21	0,0042
0,86	0,17	0,20	0,22	0,19	0,0039
0,88	0,15	0,20	0,21	0,19	0,0037
0,90	0,14	0,20	0,23	0,19	0,0038
0,92	0,13	0,20	0,23	0,19	0,0037
0,94	0,13	0,19	0,21	0,18	0,0035
0,96	0,12	0,18	0,19	0,16	0,0033
0,98	0,11	0,18	0,17	0,15	0,0031
1,00	0,11	0,17	0,16	0,15	0,0029
1,05	0,10	0,15	0,19	0,15	0,0073
1,10	0,09	0,14	0,22	0,15	0,0074
1,15	0,08	0,12	0,24	0,15	0,0073
1,20	0,07	0,10	0,23	0,13	0,0067
1,25	0,06	0,09	0,20	0,12	0,0059
1,30	0,05	0,09	0,16	0,10	0,0050
1,35	0,05	0,08	0,17	0,10	0,0050
1,40	0,04	0,07	0,18	0,10	0,0049
1,45	0,04	0,06	0,18	0,09	0,0047
1,50	0,03	0,06	0,17	0,09	0,0043

Period (sec)	Pseudo Absolute Acceleration (cm/s)			Spettro mediato del terremoto su suolo di tipo A (51 outcrop)	SA ₀
	51 OUTCROP 046	51 OUTCROP 126	51 OUTCROP 354		
0,01	0,16	0,16	0,16	0,16	0,0016
0,02	0,16	0,16	0,16	0,16	0,0016
0,03	0,17	0,16	0,17	0,17	0,0017
0,04	0,20	0,17	0,19	0,19	0,0019
0,05	0,25	0,17	0,17	0,20	0,0020
0,06	0,22	0,20	0,21	0,21	0,0021
0,07	0,27	0,18	0,21	0,22	0,0022
0,08	0,29	0,26	0,24	0,27	0,0027
0,09	0,30	0,26	0,30	0,29	0,0029
0,10	0,33	0,26	0,29	0,29	0,0029
0,11	0,37	0,32	0,37	0,35	0,0035
0,12	0,39	0,35	0,38	0,37	0,0037
0,13	0,41	0,34	0,49	0,41	0,0041
0,14	0,37	0,34	0,55	0,42	0,0042
0,15	0,45	0,39	0,47	0,44	0,0044
0,16	0,41	0,37	0,39	0,39	0,0039
0,17	0,38	0,29	0,34	0,34	0,0034
0,18	0,43	0,34	0,38	0,38	0,0038
0,19	0,40	0,33	0,48	0,40	0,0040
0,20	0,33	0,34	0,43	0,37	0,0037
0,21	0,38	0,33	0,31	0,34	0,0034
0,22	0,48	0,31	0,33	0,37	0,0037
0,23	0,54	0,28	0,38	0,40	0,0040
0,24	0,56	0,28	0,43	0,42	0,0042
0,25	0,53	0,30	0,43	0,42	0,0042
0,26	0,47	0,34	0,38	0,40	0,0040
0,27	0,39	0,37	0,46	0,41	0,0041
0,28	0,33	0,39	0,51	0,41	0,0041
0,29	0,28	0,38	0,48	0,38	0,0038
0,30	0,29	0,36	0,40	0,35	0,0035
0,31	0,31	0,35	0,34	0,33	0,0033
0,32	0,30	0,35	0,33	0,32	0,0032
0,33	0,27	0,35	0,30	0,30	0,0030
0,34	0,26	0,35	0,28	0,30	0,0030
0,35	0,30	0,34	0,26	0,30	0,0030
0,36	0,32	0,33	0,24	0,30	0,0030
0,37	0,34	0,32	0,28	0,31	0,0031
0,38	0,36	0,31	0,29	0,32	0,0032
0,39	0,36	0,30	0,28	0,31	0,0031
0,40	0,35	0,29	0,26	0,30	0,0030
0,41	0,33	0,28	0,25	0,28	0,0028
0,42	0,30	0,27	0,26	0,28	0,0028
0,43	0,28	0,26	0,28	0,28	0,0028
0,44	0,26	0,26	0,29	0,27	0,0027
0,45	0,23	0,25	0,28	0,25	0,0025
0,46	0,22	0,24	0,27	0,24	0,0024
0,47	0,20	0,22	0,26	0,23	0,0023
0,48	0,19	0,20	0,25	0,22	0,0022
0,49	0,19	0,19	0,25	0,21	0,0021
0,50	0,19	0,17	0,25	0,20	0,0020
0,51	0,19	0,15	0,24	0,20	0,0020
0,52	0,20	0,14	0,23	0,19	0,0019
0,53	0,20	0,14	0,21	0,18	0,0018
0,54	0,20	0,14	0,19	0,18	0,0018
0,55	0,21	0,14	0,18	0,17	0,0017
0,56	0,21	0,14	0,18	0,18	0,0018
0,57	0,21	0,14	0,18	0,18	0,0018
0,58	0,21	0,15	0,18	0,18	0,0018
0,60	0,22	0,15	0,18	0,18	0,0036
0,62	0,22	0,15	0,18	0,18	0,0037
0,64	0,22	0,14	0,19	0,18	0,0037
0,66	0,21	0,14	0,21	0,18	0,0037
0,68	0,20	0,13	0,22	0,18	0,0037
0,70	0,19	0,12	0,23	0,18	0,0036
0,72	0,18	0,11	0,22	0,17	0,0034
0,74	0,16	0,10	0,20	0,16	0,0031
0,76	0,15	0,11	0,19	0,15	0,0030
0,78	0,14	0,11	0,19	0,14	0,0029
0,80	0,13	0,11	0,18	0,14	0,0027
0,82	0,11	0,11	0,16	0,13	0,0026
0,84	0,10	0,11	0,14	0,12	0,0024
0,86	0,09	0,11	0,12	0,11	0,0022
0,88	0,09	0,11	0,11	0,10	0,0020
0,90	0,08	0,11	0,12	0,10	0,0020
0,92	0,08	0,10	0,12	0,10	0,0020
0,94	0,07	0,10	0,11	0,09	0,0019
0,96	0,07	0,09	0,10	0,09	0,0017
0,98	0,07	0,09	0,09	0,08	0,0016
1,00	0,06	0,09	0,08	0,08	0,0015
1,05	0,05	0,08	0,09	0,08	0,0038
1,10	0,05	0,07	0,11	0,08	0,0038
1,15	0,04	0,06	0,12	0,07	0,0036
1,20	0,04	0,05	0,11	0,07	0,0033
1,25	0,03	0,05	0,09	0,06	0,0029
1,30	0,03	0,05	0,07	0,05	0,0025
1,35	0,03	0,04	0,08	0,05	0,0024
1,40	0,02	0,04	0,08	0,05	0,0024
1,45	0,02	0,03	0,08	0,04	0,0022
1,50	0,02	0,03	0,07	0,04	0,0020

Fig. 59 : Tabella inerente gli spettri di risposta in accelerazione al suolo alla superficie del suolo (SA) ed al suolo di riferimento (SA₀)

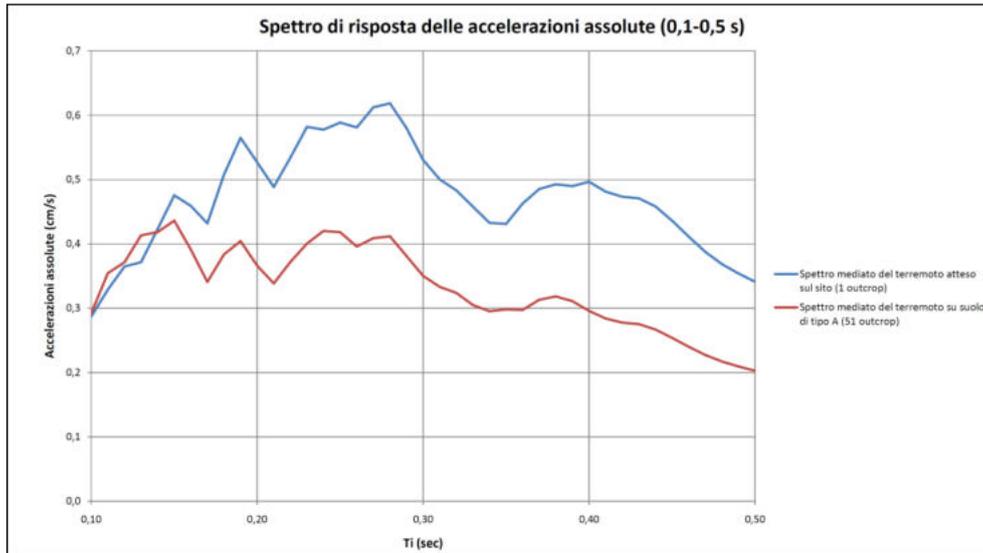


Fig. 60 : Spettro di risposta delle accelerazioni assolute (SA1 : $0,1s \leq T \leq 0,5s$)

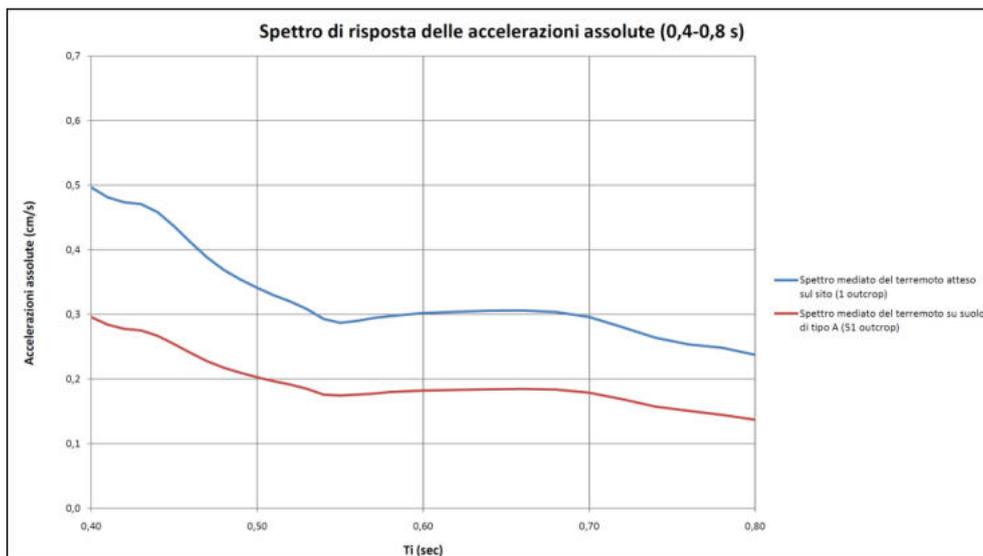


Fig. 61 : Spettro di risposta delle accelerazioni assolute (SA2 : $0,4s \leq T \leq 0,8s$)

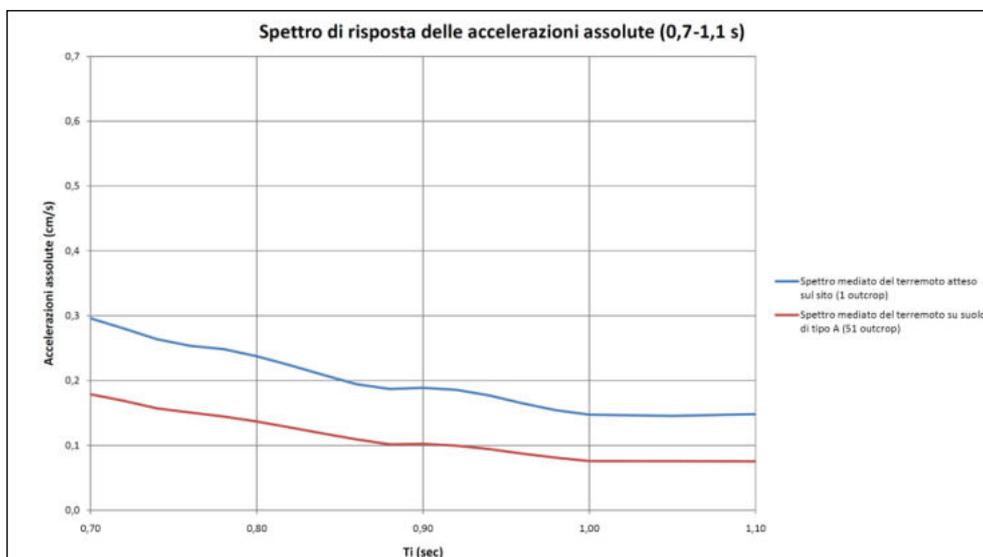


Fig. 62 : Spettro di risposta delle accelerazioni assolute (SA3 : $0,7s \leq T \leq 1,1s$)

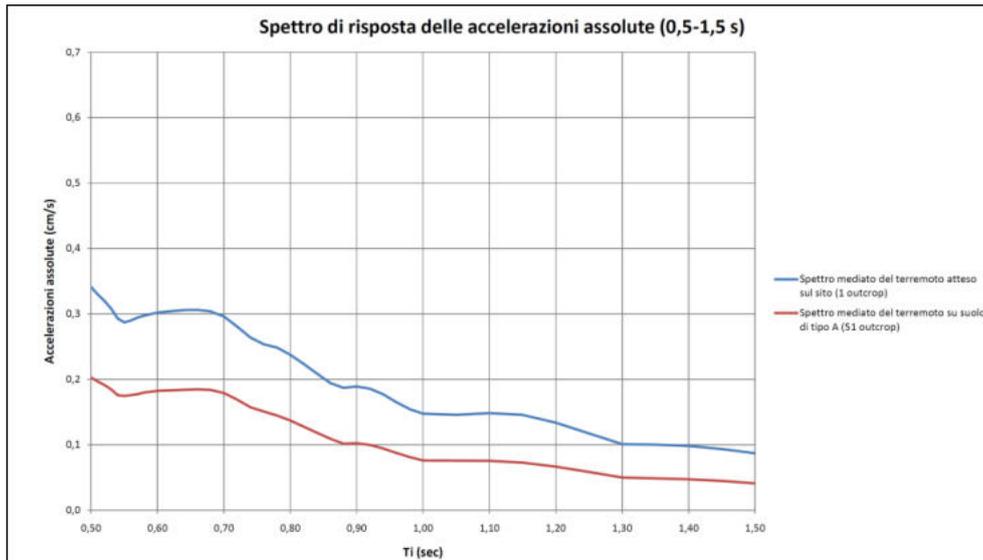


Fig. 63 : Spettro di risposta delle accelerazioni assolute (SA4 : 0,5s≤T≤1,5s)

Bagno di Piano - Comparto C1.8				
T ₀	0,1-0,5 s	0,4-0,8 s	0,7-1,1 s	0,5-1,5 s
SA	0,19	0,13	0,07	0,18
SA ₀	0,14	0,08	0,04	0,10
FA	1,42	1,68	1,76	1,80

Fig. 64 : Prospetto riassuntivo dei valori del Fattore di Amplificazione FA

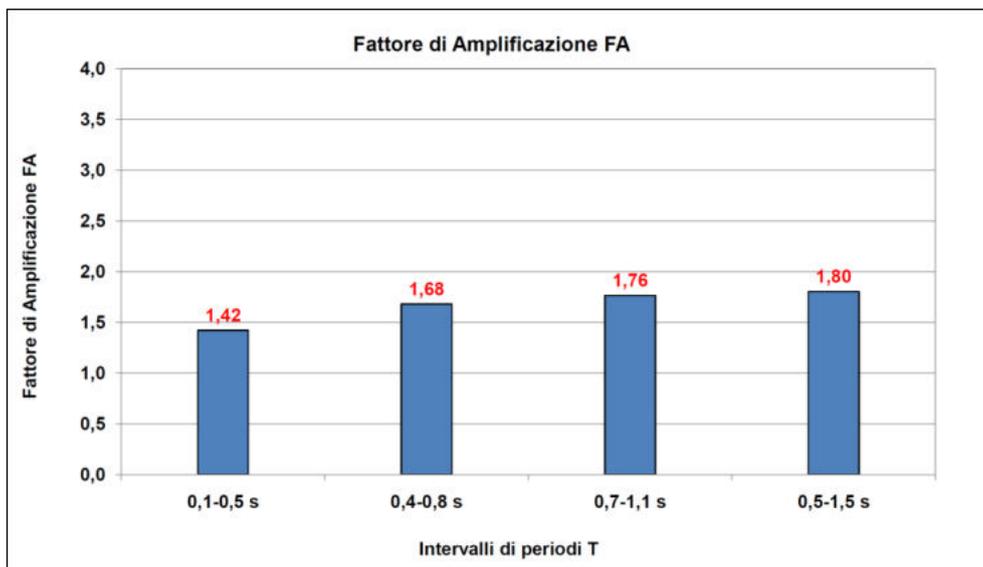


Fig. 65 : Valori del Fattore di Amplificazione FA

	1 outcrop 046	SI ₀₄₆	1 outcrop 126	SI ₁₂₆	1 outcrop 354	SI ₃₅₄	SI ₀ (1 outcrop)		51 outcrop 046	SI ₀	51 outcrop 126	SI ₀	51 outcrop 354	SI ₀	SI ₀ (51 outcrop)	
0,01	0,31	0,0031	0,34	0,0034	0,36	0,0036	0,34	0,0034	0,01	0,25	0,0025	0,25	0,0025	0,25	0,0025	0,0025
0,02	0,62	0,0062	0,69	0,0069	0,71	0,0071	0,67	0,0067	0,02	0,51	0,0051	0,51	0,0051	0,51	0,0051	0,0051
0,03	0,94	0,0094	1,04	0,0104	1,08	0,0108	1,02	0,0102	0,03	0,80	0,0080	0,77	0,0077	0,79	0,0079	0,0078
0,04	1,29	0,0129	1,40	0,0140	1,47	0,0147	1,39	0,0139	0,04	1,27	0,0127	1,06	0,0106	1,17	0,0117	0,0116
0,05	1,67	0,0167	1,76	0,0176	1,85	0,0185	1,76	0,0176	0,05	1,93	0,0193	1,34	0,0134	1,36	0,0136	0,0154
0,06	2,06	0,0206	2,16	0,0216	2,30	0,0230	2,17	0,0217	0,06	2,10	0,0210	1,92	0,0192	1,98	0,0198	0,0200
0,07	2,31	0,0231	2,51	0,0251	2,74	0,0274	2,52	0,0252	0,07	2,93	0,0293	2,00	0,0200	2,27	0,0227	0,0240
0,08	2,76	0,0276	3,31	0,0331	3,34	0,0334	3,14	0,0314	0,08	3,60	0,0360	3,31	0,0331	3,03	0,0303	0,0331
0,09	3,76	0,0376	3,85	0,0385	3,45	0,0345	3,69	0,0369	0,09	4,22	0,0422	3,66	0,0366	4,21	0,0421	0,0403
0,10	4,69	0,0469	4,47	0,0447	4,29	0,0429	4,48	0,0448	0,10	5,08	0,0508	4,02	0,0402	4,59	0,0459	0,0456
0,11	5,29	0,0529	5,51	0,0551	6,14	0,0614	5,65	0,0565	0,11	6,41	0,0641	5,46	0,0546	6,39	0,0639	0,0609
0,12	6,63	0,0663	6,55	0,0655	7,32	0,0732	6,83	0,0683	0,12	7,21	0,0721	6,54	0,0654	7,12	0,0712	0,0696
0,13	7,15	0,0715	6,38	0,0638	9,09	0,0909	7,54	0,0754	0,13	8,35	0,0835	6,88	0,0688	9,94	0,0994	0,0839
0,14	8,37	0,0837	7,91	0,0791	11,48	0,1148	9,25	0,0925	0,14	8,02	0,0802	7,33	0,0733	12,07	0,1207	0,0914
0,15	10,45	0,1045	10,98	0,1098	11,98	0,1198	11,14	0,1114	0,15	10,47	0,1047	9,11	0,0911	11,05	0,1105	0,1021
0,16	11,72	0,1172	11,09	0,1109	11,60	0,1160	11,47	0,1147	0,16	10,16	0,1016	9,34	0,0934	9,81	0,0981	0,0977
0,17	12,76	0,1276	9,56	0,0956	12,08	0,1208	11,47	0,1147	0,17	10,19	0,1019	7,81	0,0781	9,15	0,0915	0,0905
0,18	16,22	0,1622	12,19	0,1219	14,38	0,1438	14,26	0,1426	0,18	11,96	0,1196	9,57	0,0957	10,81	0,1081	0,1078
0,19	15,97	0,1597	14,63	0,1463	19,67	0,1967	16,76	0,1676	0,19	11,92	0,1192	9,76	0,0976	14,32	0,1432	0,1200
0,20	14,92	0,1492	15,49	0,1549	18,95	0,1895	16,45	0,1645	0,20	10,26	0,1026	10,56	0,1056	13,48	0,1348	0,1144
0,21	18,19	0,1819	15,40	0,1540	14,46	0,1446	16,02	0,1602	0,21	12,41	0,1241	10,84	0,1084	10,06	0,1006	0,1110
0,22	23,78	0,2378	14,82	0,1482	16,44	0,1644	18,35	0,1835	0,22	16,47	0,1647	10,54	0,1054	11,31	0,1131	0,1277
0,23	27,86	0,2786	14,13	0,1413	20,69	0,2069	20,89	0,2089	0,23	19,45	0,1945	10,04	0,1004	13,66	0,1366	0,1438
0,24	29,80	0,2980	14,79	0,1479	20,37	0,2037	21,65	0,2165	0,24	20,89	0,2089	10,38	0,1038	15,97	0,1597	0,1575
0,25	29,61	0,2961	16,70	0,1670	22,62	0,2262	22,98	0,2298	0,25	20,72	0,2072	11,61	0,1161	16,63	0,1663	0,1632
0,26	27,58	0,2758	19,79	0,1979	23,39	0,2339	23,58	0,2358	0,26	19,11	0,1911	13,72	0,1372	15,39	0,1539	0,1607
0,27	24,27	0,2427	22,78	0,2278	30,39	0,3039	25,82	0,2582	0,27	16,53	0,1653	15,77	0,1577	19,42	0,1942	0,1724
0,28	20,95	0,2095	24,88	0,2488	35,31	0,3531	27,05	0,2705	0,28	14,59	0,1459	17,07	0,1707	22,35	0,2235	0,1800
0,29	18,57	0,1857	25,58	0,2558	34,61	0,3461	26,25	0,2625	0,29	12,63	0,1263	17,32	0,1732	21,81	0,2181	0,1725
0,30	19,87	0,1987	25,17	0,2517	29,49	0,2949	24,84	0,2484	0,30	13,78	0,1378	16,88	0,1688	18,55	0,1855	0,1640
0,31	22,20	0,2220	24,92	0,2492	25,51	0,2551	24,21	0,2421	0,31	15,08	0,1508	16,72	0,1672	16,59	0,1659	0,1613
0,32	22,49	0,2249	25,59	0,2559	24,34	0,2434	24,14	0,2414	0,32	15,03	0,1503	17,25	0,1725	16,24	0,1624	0,1617
0,33	21,20	0,2120	26,71	0,2671	22,86	0,2286	23,59	0,2359	0,33	13,88	0,1388	18,01	0,1801	15,24	0,1524	0,1571
0,34	20,58	0,2058	27,58	0,2758	20,77	0,2077	22,98	0,2298	0,34	13,87	0,1387	18,50	0,1850	14,67	0,1467	0,1568
0,35	24,13	0,2413	28,07	0,2807	18,46	0,1846	23,55	0,2355	0,35	16,15	0,1615	18,66	0,1866	14,06	0,1406	0,1629
0,36	27,58	0,2758	28,28	0,2828	22,18	0,2218	26,01	0,2601	0,36	17,83	0,1783	18,61	0,1861	13,71	0,1371	0,1672
0,37	30,50	0,3050	28,33	0,2833	25,28	0,2528	28,04	0,2804	0,37	19,79	0,1979	18,45	0,1845	16,02	0,1602	0,1809
0,38	32,53	0,3253	28,32	0,2832	26,84	0,2684	29,23	0,2923	0,38	21,11	0,2111	18,23	0,1823	17,32	0,1732	0,1889
0,39	34,47	0,3447	28,33	0,2833	26,67	0,2667	29,82	0,2982	0,39	21,69	0,2169	18,02	0,1802	17,11	0,1711	0,1894
0,40	34,51	0,3451	28,44	0,2844	30,08	0,3008	31,01	0,3101	0,40	21,59	0,2159	17,84	0,1784	16,00	0,1600	0,1848
0,41	32,56	0,3256	28,63	0,2863	31,22	0,3122	30,80	0,3080	0,41	20,95	0,2095	17,72	0,1772	15,88	0,1588	0,1818
0,42	31,11	0,3111	28,79	0,2879	33,23	0,3323	31,04	0,3104	0,42	19,96	0,1996	17,60	0,1760	17,06	0,1706	0,1821
0,43	29,34	0,2934	29,19	0,2919	36,30	0,3630	31,61	0,3161	0,43	18,77	0,1877	17,76	0,1776	18,91	0,1891	0,1848
0,44	27,46	0,2746	29,74	0,2974	37,26	0,3726	31,48	0,3148	0,44	17,53	0,1753	17,84	0,1784	19,63	0,1963	0,1834
0,45	25,68	0,2568	29,76	0,2976	36,51	0,3651	30,65	0,3065	0,45	16,39	0,1639	17,65	0,1765	19,50	0,1950	0,1785
0,46	24,19	0,2419	29,18	0,2918	35,27	0,3527	29,55	0,2955	0,46	15,48	0,1548	17,13	0,1713	19,14	0,1914	0,1725
0,47	23,14	0,2314	28,07	0,2807	34,15	0,3415	28,46	0,2846	0,47	14,87	0,1487	16,35	0,1635	18,84	0,1884	0,1669
0,48	22,61	0,2261	26,56	0,2656	33,71	0,3371	27,63	0,2763	0,48	14,60	0,1460	15,35	0,1535	18,89	0,1889	0,1628
0,49	22,64	0,2264	24,83	0,2483	33,78	0,3378	27,08	0,2708	0,49	14,64	0,1464	14,26	0,1426	19,19	0,1919	0,1603
0,50	23,15	0,2315	23,11	0,2311	33,64	0,3364	26,63	0,2663	0,50	14,94	0,1494	13,22	0,1322	19,32	0,1932	0,1583
0,51	24,02	0,2402	21,60	0,2160	33,14	0,3314	26,26	0,2626	0,51	15,43	0,1543	12,34	0,1234	19,20	0,1920	0,1566
0,52	25,10	0,2510	20,53	0,2053	32,28	0,3228	25,97	0,2597	0,52	16,02	0,1602	11,76	0,1176	18,82	0,1882	0,1553
0,53	26,26	0,2626	20,00	0,2000	30,24	0,3024	25,50	0,2550	0,53	16,63	0,1663	11,52	0,1152	17,73	0,1773	0,1529
0,54	27,41	0,2741	20,02	0,2002	26,70	0,2670	24,71	0,2471	0,54	17,22	0,1722	11,60	0,1160	15,63	0,1563	0,1482
0,55	28,48	0,2848	20,47	0,2047	24,99	0,2499	24,65	0,2465	0,55	17,74	0,1774	11,91	0,1191	15,30	0,1530	0,1498
0,56	29,44	0,2944	21,18	0,2118	25,40	0,2540	25,34	0,2534	0,56	18,14	0,1814	12,36	0,1236	15,59	0,1559	0,1536
0,57	30,28	0,3028	22,01	0,2201	26,29	0,2629	26,19	0,2619	0,57	18,42	0,1842	12,85	0,1285	16,06	0,1606	0,1578
0,58	31,01	0,3101	22,86	0,2286	26,90	0,2690	26,92	0,2692	0,58	19,15	0,1915	13,33	0,1333	16,35	0,1635	0,1628
0,60	33,05	0,3305	24,30	0,2430	27,52	0,2752	28,29	0,2829	0,60	20,39	0,2039	14,10	0,1410	16,71	0,1671	0,1707
0,62	34,66	0,3466	25,11	0,2511	28,50	0,2850	29,43	0,2943	0,62	21,21	0,2121	14,46	0,1446	17,52	0,1752	0,1733
0,64	35,58	0,3558	25,19	0,2519	30,89	0,3089	30,55	0,3055	0,64	21,62	0,2162	14,38	0,1438	19,14	0,1914	0,1838
0,66	35,84	0,3584	24,68	0,2468	34,10	0,3410	31,54	0,3154	0,66	21,66	0,2166	14,01	0,1401	21,39	0,2139	0,1804
0,68	35,54	0,3554	23,82	0,2382	37,39	0,3739	32,25	0,3225	0,68	21,38	0,2138	13,57	0,1357	23,57	0,2357	0,1901
0,70	34,76	0,3476	22,83	0,2283	39,44	0,3944	32,35	0,3235	0,70	20,81	0,2081	13,07	0,1307	24,76	0,2476	0,1910
0,72	33,61	0,3361	21,84	0,2184	39,07	0,3907	31,51	0,3151	0,72	20,01	0,2001	12,55	0,1255	24,34	0,2434	0,1897
0,74	32,19	0,3219	20,98	0,2098	38,26	0,3826	30,48	0,3048	0,74	19,06	0,1906	12,07	0,1207	23,35	0,2335	0,1863
0,76	30,61	0,3061	20,60	0,2060	39,02	0,3902	30,08	0,3008	0,76	17,99	0,1799	12,54	0,1254	23,12	0,2312	0,1857
0,78	28,93	0,2893	22,45	0,2245	39,42	0,3942	30,26									

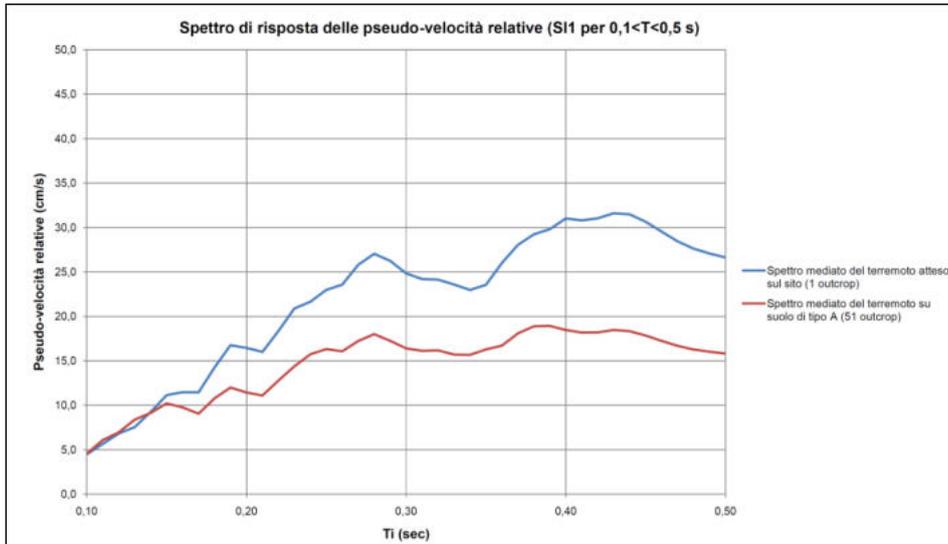


Fig. 67 : Spettro di risposta delle pseudo-velocità relative (SI1 : 0,1s≤T≤0,5s)

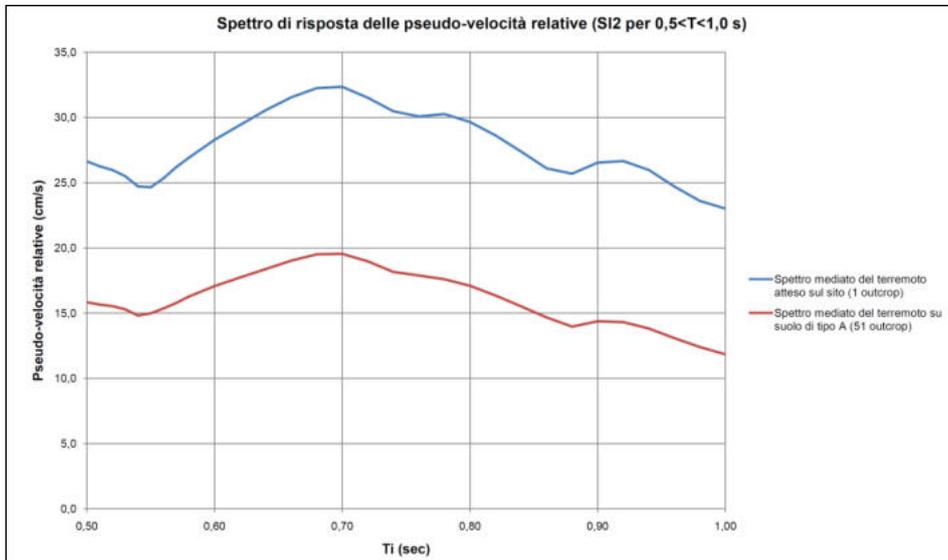


Fig. 68 : Spettro di risposta delle pseudo-velocità relative (SI2 : 0,5s≤T≤1,0s)

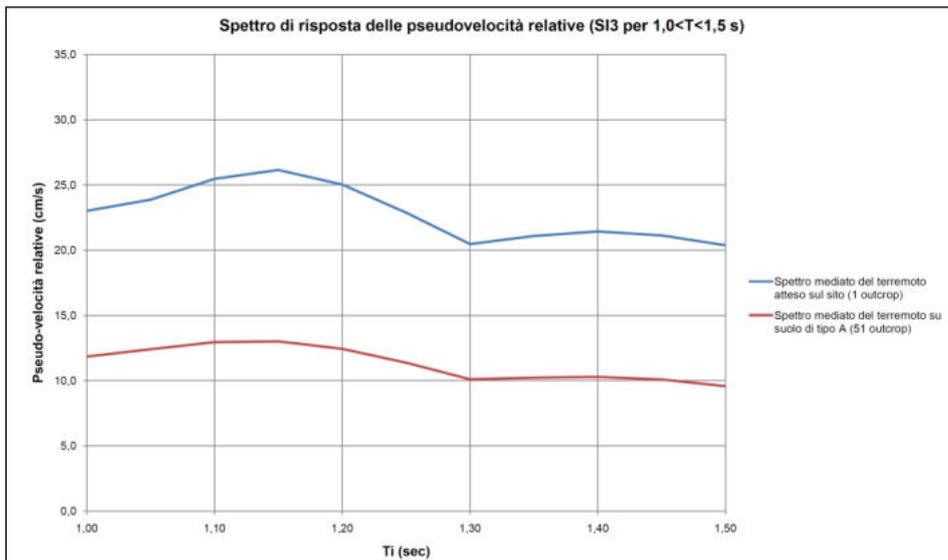


Fig. 69 : Spettro di risposta delle pseudo-velocità relative (SI3 : 1,0s≤T≤1,5s)

SI	T	FH ₀₄₆	FH ₁₂₆	FH ₃₅₄	FH
SI1	0,1<T<0,5	1,45	1,50	1,56	1,51
SI2	0,5<T<1,0	1,67	1,78	1,72	1,72
SI3	1,0<T<1,5	1,77	1,91	2,19	1,95

Fig. 70 : Prospetto riassuntivo dei valori del Fattore di Amplificazione FH

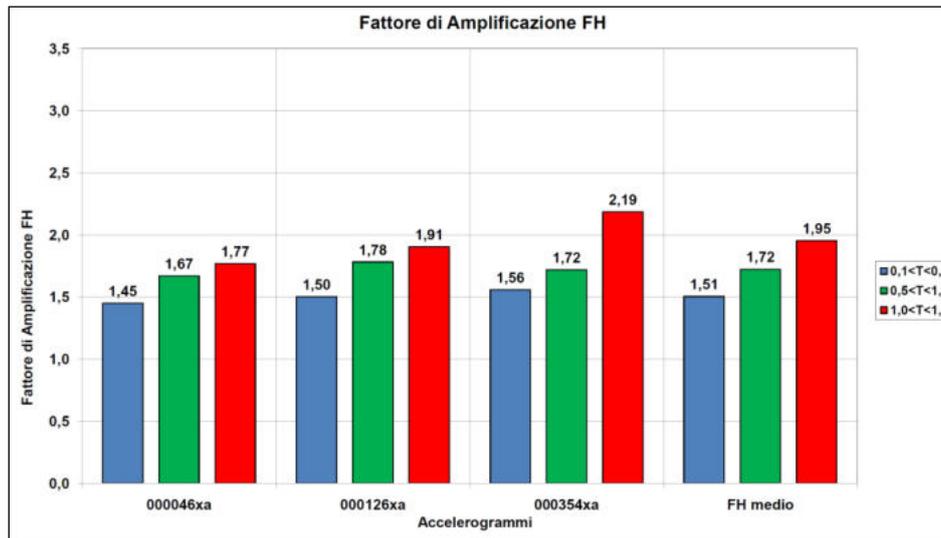


Fig. 71 : Valori del Fattore di Amplificazione FH

Il **parametro H_{SM}** rappresenta il valore della pericolosità sismica derivante dagli studi di Microzonazione sismica ed esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s^2); si ottiene dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASI_{UHS} , valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi $0,1s \leq T \leq 0,5s$), diviso per ΔT (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi.

$$H_{SM} = \frac{ASI_{UHS}}{\Delta T} \times FA$$

I valori di $ASI_{UHS}/\Delta T$, calcolati per ogni punto della griglia INGV, sono riportati nel file all_4_coord.kmz (cartella Allegato_4.zip) disponibile nella pagina web dedicata agli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli; nel caso in esame il valore risulta pari a 350-370 cm/s^2 (si veda il dettaglio cartografico in fig. 72).

In particolare, l'esame dei dati riferiti ai 4 nodi di riferimento del territorio di Sala Bolognese (si veda la fig. 73) consente di determinare un valore medio del rapporto $ASI_{UHS}/\Delta T$ pari a 352,85.

Considerando i valori di FA calcolati per i quattro intervalli di periodi indicati nella D.G.R. n° 564/2021 (si veda la fig. 64), si ottengono i valori di H_{SM} , H_{0408} , H_{0711} e H_{0515} illustrati nella tabella di fig. 74.

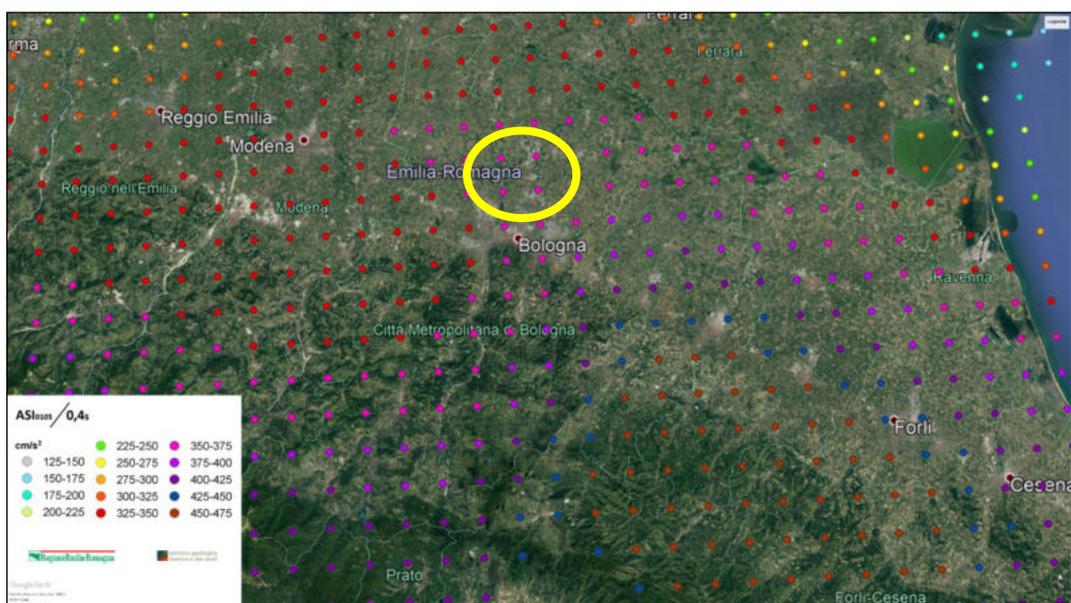


Fig. 72 : Distribuzione dei valori del rapporto ASI₀₁₀₅/0,4s (da Google Earth)

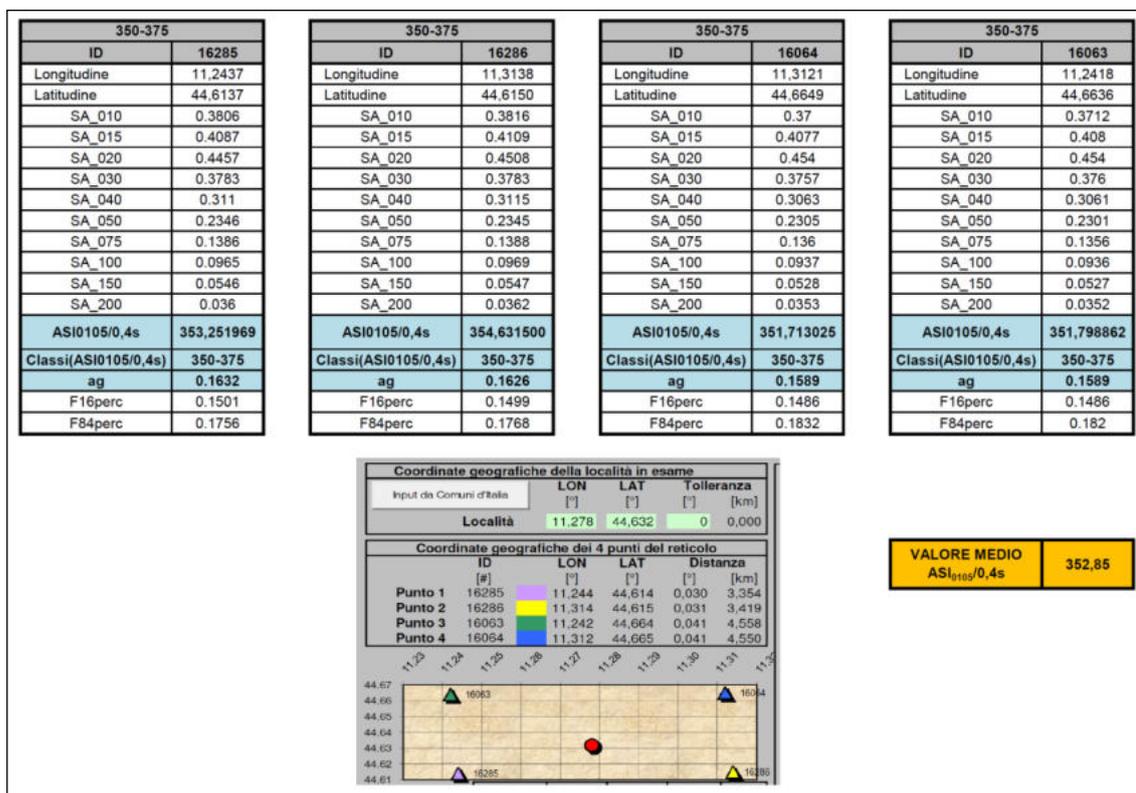


Fig. 73 : Determinazione del valore di ASI₀₁₀₅/0,4s

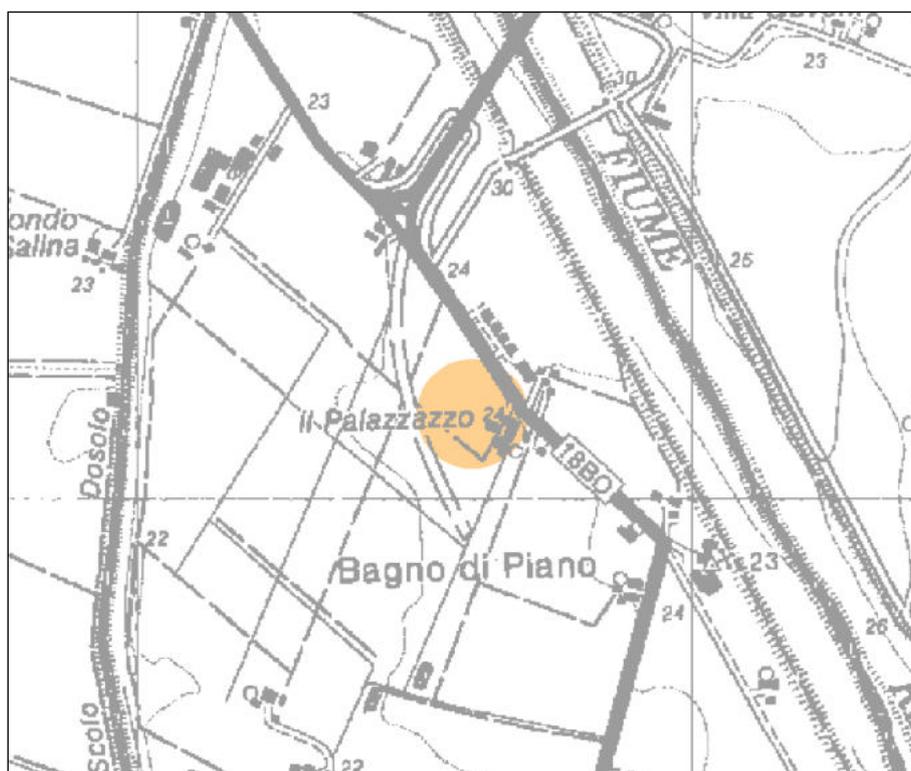
T	FA	ASI _{UHS} / ΔT	H	
0,1 - 0,5	1,420	352,85	H _{SM}	501,05
0,4 - 0,8	1,680	352,85	H ₀₄₀₈	592,79
0,7 - 1,1	1,760	352,85	H ₀₇₁₁	621,02
0,5 - 1,5	1,800	352,85	H ₀₅₁₅	635,13

Fig. 74 : Determinazione dei valori di H_{SM}, H₀₄₀₈, H₀₇₁₁ e H₀₅₁₅

11. POTENZIALITÀ DI LIQUEFAZIONE

Nella tavola di Pericolosità sismica locale – effetti di sito del P.S.C. dell'Associazione terre d'Acqua (si veda la fig. 75) nell'area di intervento viene stimata una "liquefazione molto probabile".

In realtà l'indagine geognostica ha evidenziato la presenza prevalente di depositi argillosi e limosi, i quali non sono suscettibili di generare il fenomeno di liquefazione, che coinvolge esclusivamente depositi di natura sabbiosa.



Probabilità' di liquefazione dei terreni (metodo Robertson - Wride)

 Liquefazione molto probabile ($FS < 1$)

 Liquefazione possibile ($1 \leq FS < 1,25$)

 Liquefazione assente ($FS \geq 1,25$)

Fig. 75 : Stralcio della tavola QC.6/t7b Pericolosità sismica locale – effetti di sito (dal P.S.C. dell'Associazione Terre d'Acqua)

Nell'All. A3-A1 della D.G.R. 564/2021 sono infatti illustrati i casi nei quali si può omettere la verifica a liquefazione; in particolare si afferma che "...la probabilità che si manifestino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se è verificata almeno una delle seguenti condizioni:

1. Magnitudo attesa inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field minore di 0.1g;
3. Terreni sabbiosi con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità $I_P > 10\%$;

- $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$ oppure $q_{c1N} > 120$ oppure $V_{S1} > 200$ m/s;
- $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 160$ oppure $V_{S1} > 220$ m/s

$(N_1)_{60}$, q_{c1N} , V_{S1} sono i valori normalizzati dell'indice N_{SPT} della Standard Penetration Test, della resistenza di punta q_c della prova CPT e della velocità di propagazione delle onde di taglio da prove geofisiche.

In prima approssimazione tali valori possono essere calcolati con le seguenti equazioni:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} \cdot \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5}$$

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{p_a} \cdot \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5}$$

$$V_{S1} = V_S \cdot \left(\frac{p_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.25}$$

essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_{v0} la pressione efficace litostatica verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna per oltre il 50% al fuso indicato in fig. 1a nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in fig. 1b per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.

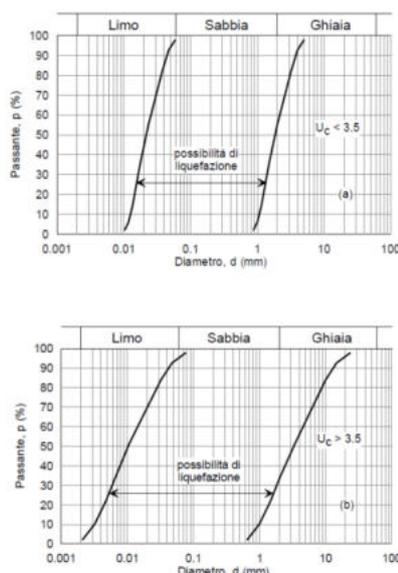


Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità a liquefazione di terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (AGI, 2005)

5. *Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna...*

Nel caso in esame, poiché si rientra nel caso 4 (distribuzione granulometrica esterna ai fusi indicati nella figura, in quanto i depositi presenti sono di natura argillosa e limosa) si può omettere la verifica a liquefazione.

12. ACQUE SUPERFICIALI

La ricostruzione delle caratteristiche delle acque superficiali nel sito ed in suo intorno significativo è stata svolta esaminando i contenuti dei principali strumenti di pianificazione territoriale di settore.

L'esame della fig. 76 evidenzia come l'area sia situata all'interno del bacino idrografico del Canale Emissario delle Acque Basse Bagnetto. A circa 200 m ad est si sviluppa l'argine maestro in sinistra idraulica del F. Reno, mentre a circa 500 m ad ovest è presente il tracciato dello Scolo Dosolo.

Nella fig. 77 si evidenzia come l'area sia di poco esterna ad una vasta zona caratterizzata da emergenze idrauliche definite dal Consorzio di Bonifica Reno Palata, costituite dalla "riduzione degli effetti negativi dei fenomeni di subsidenza presenti nella zona mediante interventi specifici" e dallo "studio del regime idraulico dello Scolo Dosolo per verificare le disfunzioni dovute alla subsidenza".

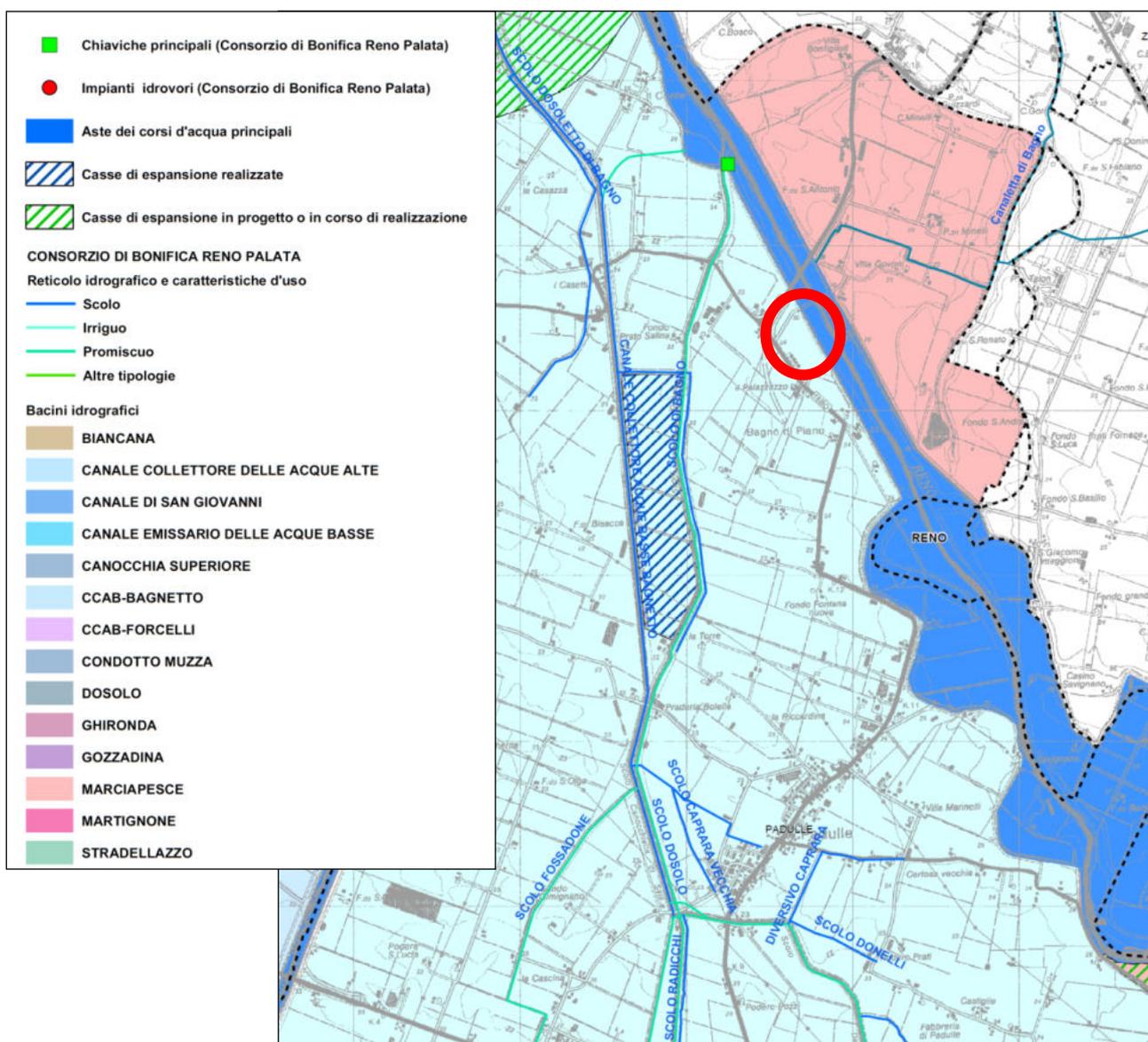
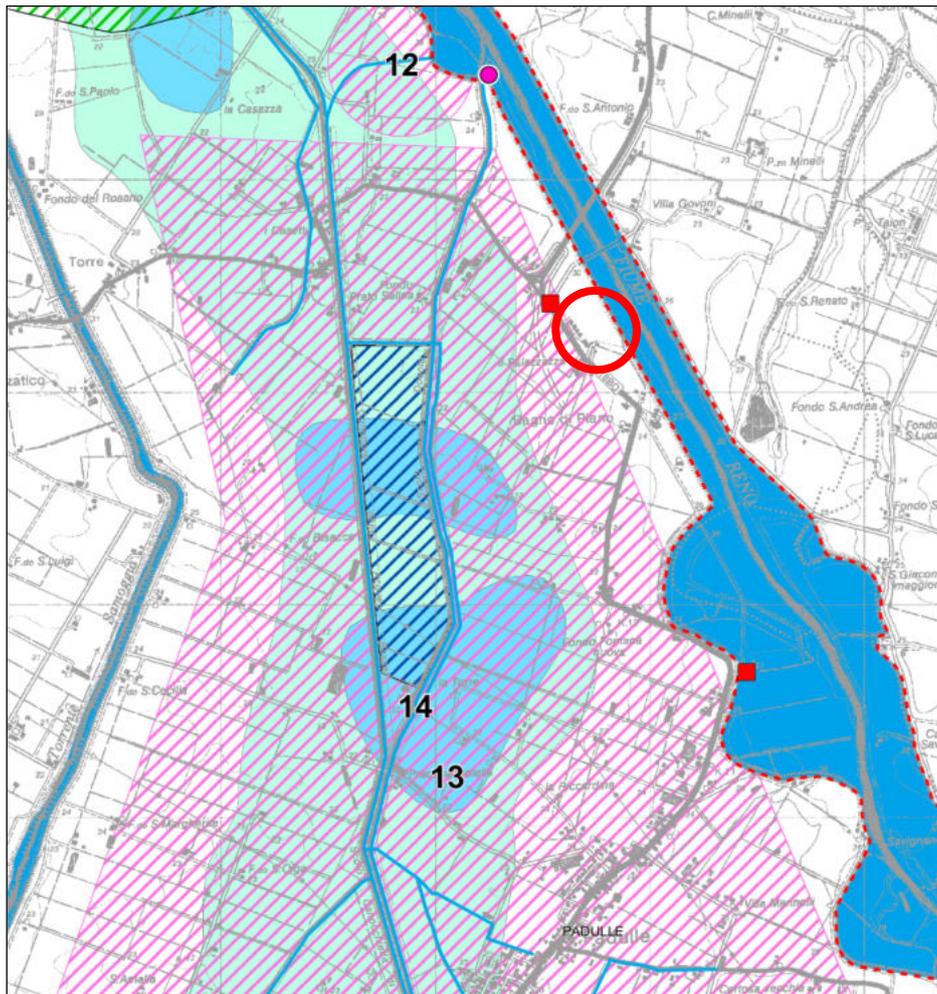


Fig. 76 : Idrografia (tratta dalla Tav. QC6.t4 del P.S.C. dell'Associazione Terre d'Acqua)



- Aste dei corsi d'acqua principali
- Reticolo idrografico - Bonifica Reno Palata
- Depuratori
- Casse di espansione realizzate
- Casse di espansione in progetto o in corso di realizzazione
- Chiaviche principali (Consorzio di Bonifica Reno Palata)
- Impianti idrovori (Consorzio di Bonifica Reno Palata)
- Aree morfologicamente depresse a deflusso idrico difficoltoso
- Aree morfologicamente depresse e/o a debolissima pendenza
- Linea di possibile sormonto arginale per piene con tempo di ritorno di 100 anni.
- Emergenze idrauliche (Consorzio di Bonifica Reno Palata)
 - 12. Completamento dei lavori di realizzazione del Nuovo Impianto Idrovoro "Il Conte".
 - 13. Riduzione degli effetti negativi dei fenomeni di subsidenza presenti nella zona mediante interventi specifici.
 - 14. Studio del regime idraulico dello Scolo Dosolo per verificare le disfunzioni dovute alla subsidenza.

Fig. 77 : Criticità idrauliche (tratta dalla Tav. QC6.t5 del P.S.C. dell'Associazione Terre d'Acqua)

13. ACQUE SOTTERRANEE

Recenti studi (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998: “*Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*”. A cura di G. Di Dio) hanno individuato nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola tre Gruppi Acquiferi separati da barriere di permeabilità di estensione regionale, che diventano sempre più importanti procedendo verso nord. Tali Gruppi sono stati informalmente denominati A, B, C (a partire dal piano campagna).

Il Gruppo A è attualmente sfruttato in modo intensivo, il Gruppo B è sfruttato solo localmente, il Gruppo C, isolato rispetto alla superficie per gran parte della sua estensione, è raramente sfruttato. L'esame della cartografia riportata nello studio citato in precedenza e della quale sono forniti stralci significativi nelle figg. 78÷83 consente di verificare gli spessori e l'importanza dei diversi acquiferi nell'area di studio.

Il Gruppo acquifero A è segnalato fino alla profondità di circa 250 m dal p.c. ed è caratterizzato dalla presenza di alcuni strati di ghiaia e sabbia dello spessore variabile tra 20 m e 50 m l'uno, separati da livelli di argilla e limi.

I depositi di questo acquifero sono riconducibili ad un'età compresa tra 350.000-450.000 anni e l'attuale. L'esame della carta delle isopache dei depositi poroso-permeabili appartenenti a questo acquifero (corrispondente alla tav. 2 del suddetto studio) evidenzia come tale gruppo si sia sviluppato in maniera significativa in corrispondenza del dosso dell'attuale percorso del F. Reno lungo un'asse passante a sud di Ferrara, con andamento nordovest-sudest. L'area in esame è situata al margine orientale di tale zona, nella quale è stato individuato il minore spessore cumulativo dei livelli porosi e permeabili di tale gruppo acquifero.

L'esame della fig. 78 consente di evidenziare come il piano basale dell'acquifero A sia segnalato a profondità dell'ordine di 250 m circa dal p.c., mentre dall'osservazione della fig. 79 si può individuare lo spessore del corpo permeabile, che risulta di circa 80 metri.

Il Gruppo acquifero B, anch'esso costituito dall'alternanza di livelli di ghiaia e sabbia, più potenti, e di argilla e limo, è presente fino alla profondità di oltre 400 m dal p.c..

I depositi di questo acquifero sono riconducibili ad un'età compresa tra 650.000 e 350.000-450.000 anni. Gli acquiferi principali si sviluppano ad ovest dell'Autostrada Bologna-Padova, in corrispondenza dell'area deposizionale del Reno, con spessori minori di quelli visti per il gruppo acquifero A; anche in questo caso si nota la netta distinzione tra sedimenti del F. Reno e quelli del Sistema Savena-Idice, che si sviluppano verso nord-est in direzione di Quarto Inferiore. L'area del pozzo è posto nella zona interposta tra i due citati sistemi idrogeologici.

L'esame della fig. 80 consente di evidenziare come il piano basale dell'acquifero B sia segnalato a profondità dell'ordine di oltre 400 m circa dal p.c., mentre dall'osservazione della fig. 81 lo spessore del corpo permeabile risulta di circa 20 metri.

Il Gruppo acquifero C, possiede uno spessore significativo ed è posto superiormente al limite tra acqua dolce e acqua salmastra, che viene convenzionalmente considerato come la base del sistema degli acquiferi sfruttabili.

Contrariamente a quanto visto per i due Gruppi precedenti, gli acquiferi in questo caso si

sviluppano maggiormente nella zona occidentale della pianura bolognese, verso S. Giovanni in Persiceto; il sistema deposizionale del Fiume Reno non appare ancora in funzione o per lo meno i suoi effetti sono obliterati dalla presenza della zona deposizionale con provenienza occidentale.

L'esame della fig. 82 consente infatti di osservare l'estensione della zona di massima profondità dei depositi permeabili e di evidenziare come il piano basale dell'acquifero C sia segnalato a profondità dell'ordine di 450 m circa dal p.c., mentre dall'osservazione della fig. 83 lo spessore del corpo permeabile risulta pari a circa 80 metri.

In fig. 84 viene riportata una sezione geologica profonda, tratta dagli elaborati del Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia Romagna, nella quale sono evidenziati gli andamenti in profondità dei 3 corpi acquiferi A, B e C.

Analizzando in dettaglio la struttura geologica in verticale, sono state identificate le seguenti unità idrogeologiche all'interno dei 3 Gruppi acquiferi citati (si veda lo schema di fig. 85):

- Acquifero A1
- Acquitrando ALFA
- Acquifero A2, A3, A4 (denominato A234)
- Acquitrando DELTA
- Acquifero B
- Acquitrando EPSILON
- Acquifero C

Acquifero A1

Rappresenta l'acquifero posto più in superficie. Presenta una geometria cuneiforme, mostrando spessori minimi di 24-28 m verso il margine collinare e massimi di 65-70 m a nord. Tale acquifero contiene un articolato complesso di falde superficiali ed è ben documentato anche per quanto riguarda i valori di permeabilità.

Acquitrando ALFA

Questo acquitrando costituisce un elemento di suddivisione all'interno del Gruppo Acquifero A. Presenta spessori molto variabili, pari a 1-3 m nelle zone più prossime all'apice di conoide, aumentando rapidamente a 8-12 m in corrispondenza dei campi pozzo "Borgo Panigale" e "Tiro a Segno" gestiti da Hera S.p.A.; spessori maggiori (12-15 m) si segnalano ancora più a nord. I depositi sono prevalentemente limoso-argillosi, con locali intercalazioni grossolane. L'acquitrando ALFA ha la funzione di separare le falde superficiali da quelle profonde, le quali hanno condizioni piezometriche tra loro differenziate e stato chimico differente. Le falde superficiali sono direttamente connesse a ricarica diretta e a fenomeni di contaminazione, mentre le condizioni delle falde profonde sono strettamente in relazione con le attività di prelievo idrico.

Acquifero A2+A3+A4 (A234)

La restante parte dell'acquifero A, costituita dalle sottounità A2, A3 e A4, viene considerata come una unica unità geologica, pur presentando all'interno due acquitardi, denominati BETA e GAMMA, di rango analogo all'acquitrando ALFA. Lo spessore complessivo varia da 40 a 160 m, aumentando omogeneamente verso nord. La falda contenuta (falda profonda), presenta livelli piezometrici molto diversi.

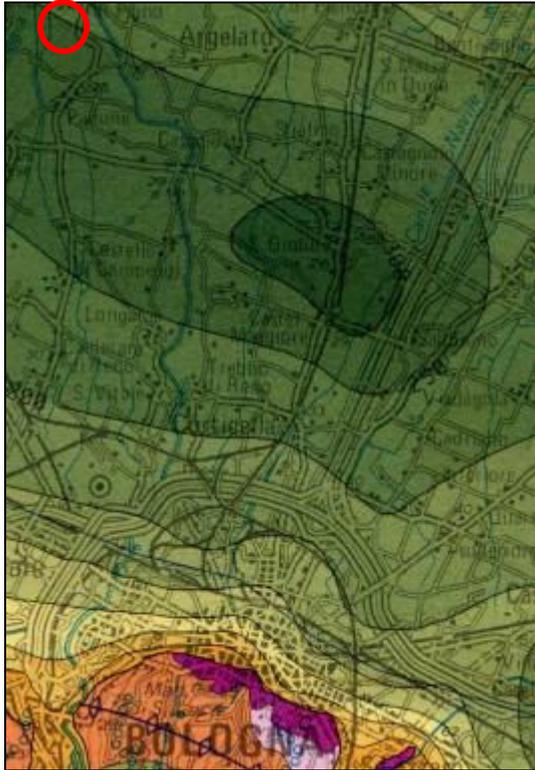


Fig. 78 : Acquifero A : profondità del piano basale

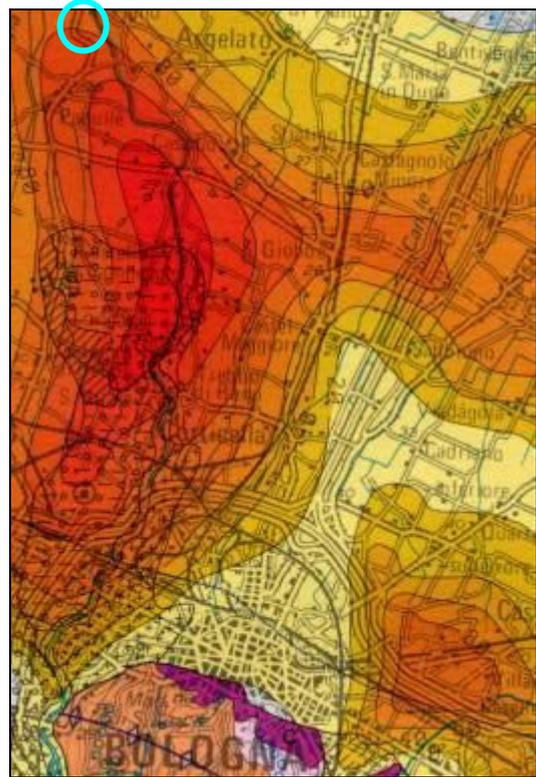


Fig. 79 : Acquifero A : spessore del corpo permeabile

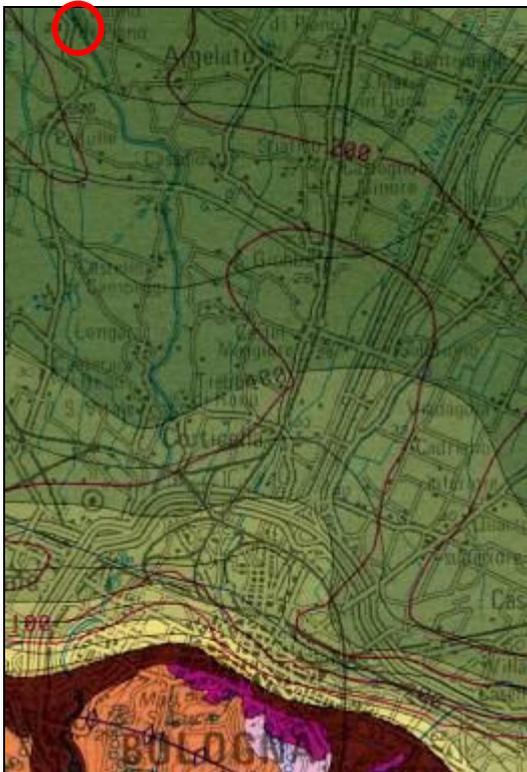


Fig. 80 : Acquifero B : profondità del piano basale

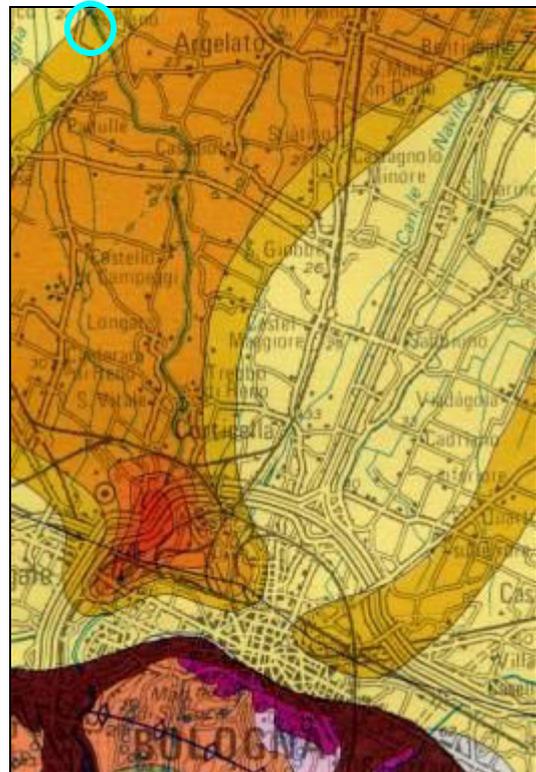


Fig. 81 : Acquifero B : spessore del corpo permeabile

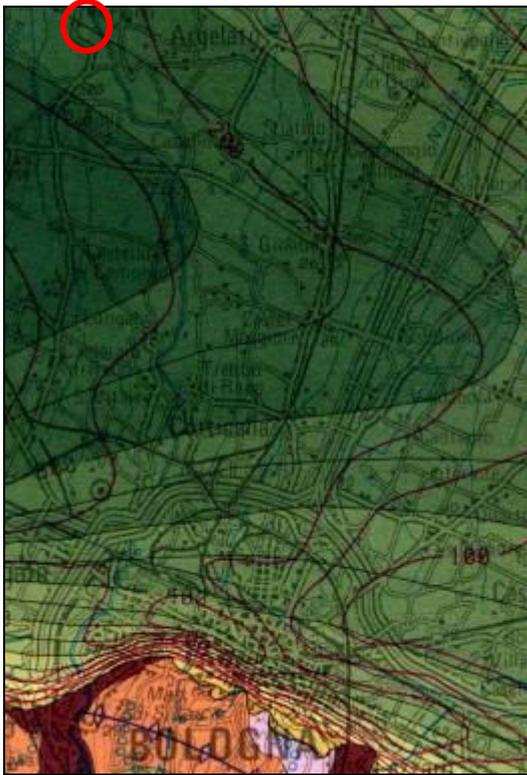


Fig. 82 : Acquifero C : profondità del piano basale

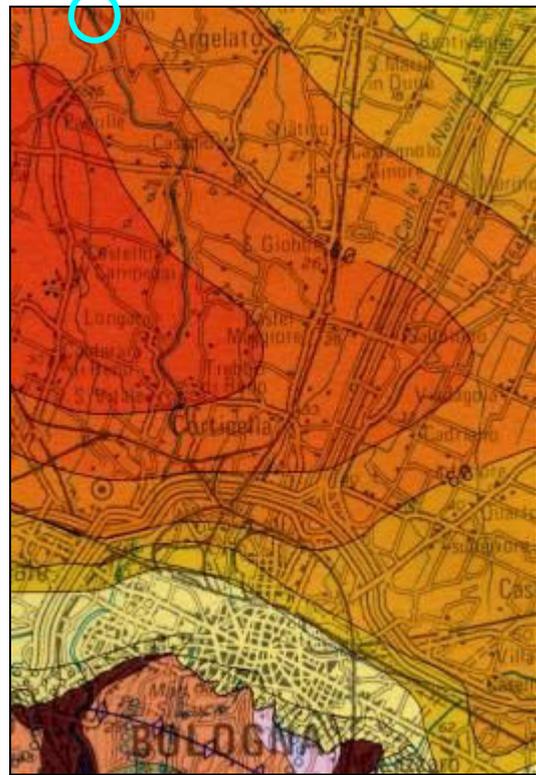


Fig. 83 : Acquifero C : spessore del corpo permeabile

Acquitardo DELTA

Corrisponde all'acquitardo compreso tra gli acquiferi A e B. Sulla base di 105 dati log, è stata determinata la geometria del tetto e della base. Lo spessore è compreso tra 20 e 25 m (23 m in corrispondenza dei campi pozzo "Borgo Panigale" e "Tiro a Segno"). I depositi sono prevalentemente limoso-argillosi, con locali intercalazioni grossolane.

Acquifero B

L'acquifero B è stato descritto grazie alle conoscenze concentrate quasi esclusivamente intorno ai principali centri di pompaggio. Lo spessore complessivo varia da 15 m a 150 m (valore medio pari a circa 90 metri), aumentando omogeneamente verso nord. Una marcata riduzione dello spessore totale dell'acquifero (da ubicarsi nel centro storico di Bologna) è connessa a motivi di attività tettonica. Il Gruppo Acquifero B è sede di una falda confinata (falda profonda).

Acquitardo EPSILON

Corrisponde all'acquitardo compreso tra gli acquiferi B e C. Lo spessore è variabile tra 15 e 25 m nell'area in esame. I depositi sono prevalentemente limoso-argillosi, con locali intercalazioni grossolane.

Acquifero C

La sua geometria è difficilmente descrivibile sulla sola base dei dati disponibili. Il Gruppo Acquifero C e' sede di una falda confinata.

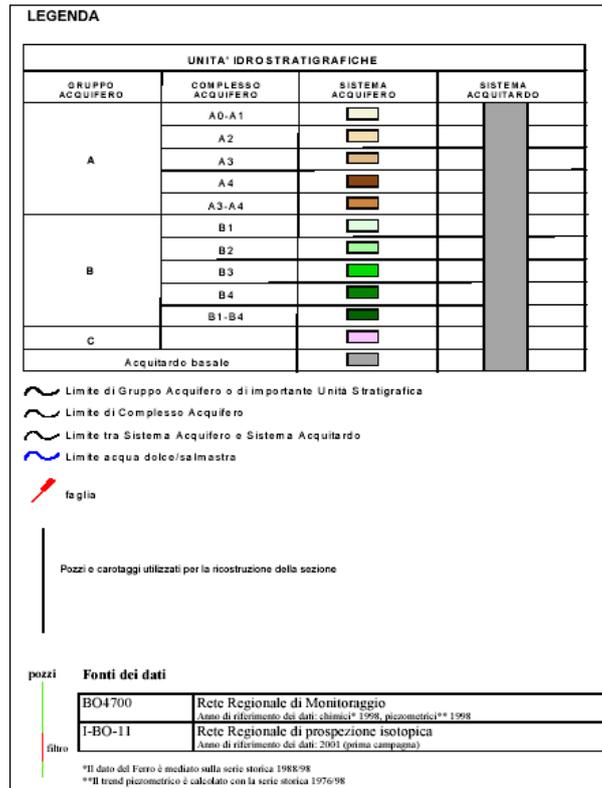
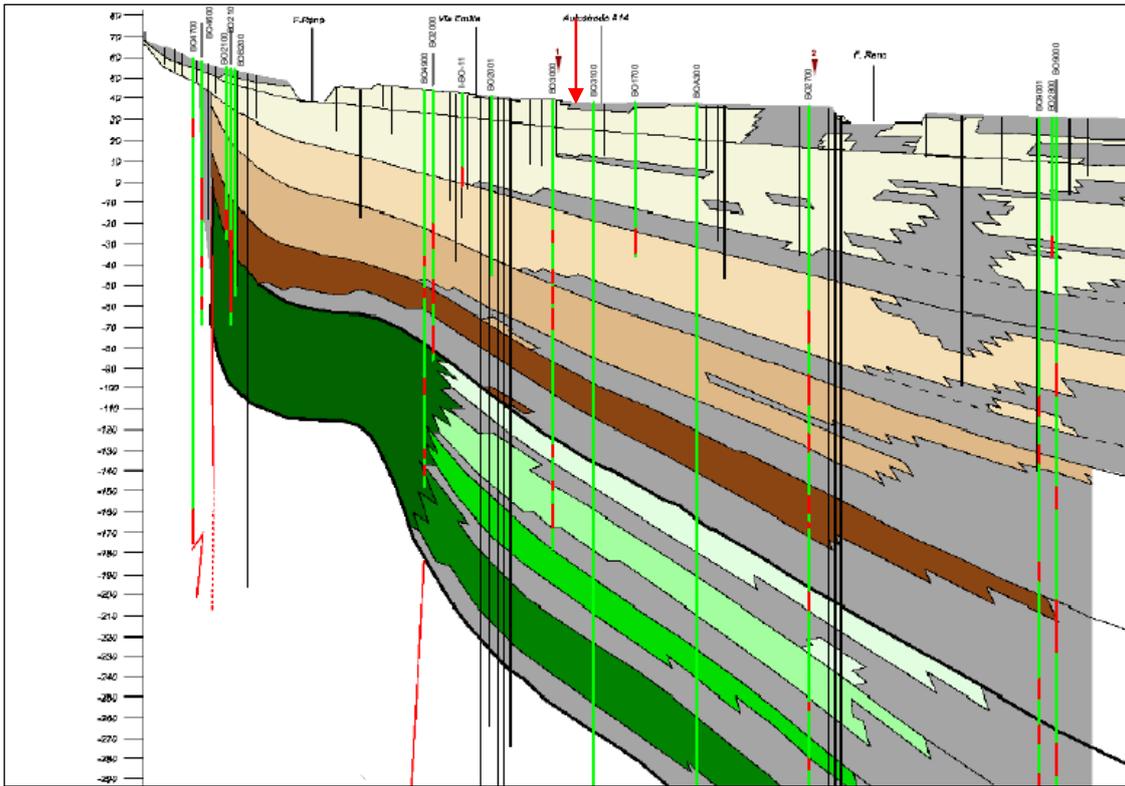


Fig. 84 : Sezione geologica profonda (tratta dal Piano di Tutela delle Acque)

Acquiferi			Acquitardi	Falde
A	A1	A1c		Sup3 - Sup4
		A1b		Sup2
		A1a		Sup1
			Alfa	
	A2			Profonda
	A3			
	A4			
			Delta	
B				
			Epsilon	
C				

Fig. 85 : Quadro riassuntivo della struttura geologica ed idrogeologica (dal sito dell'Unità Ambiente del Comune di Bologna)

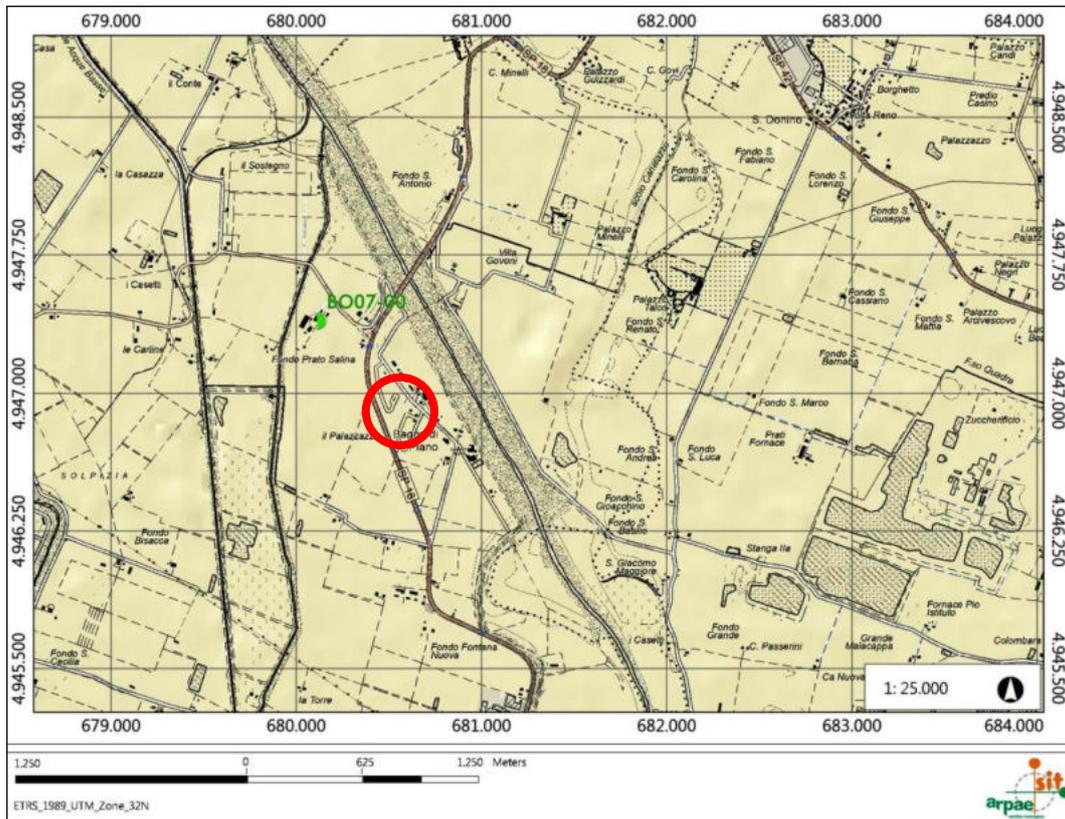
La determinazione delle caratteristiche idrogeologiche locali è stata eseguita esaminando i dati presenti nel sito E-Water di ARPAE e nei diversi Report annuali prodotti da ARPAE inerenti il monitoraggio delle acque sotterranee eseguiti in corrispondenza dei punti di controllo della rete di monitoraggio regionale.

Nella fig. 86 è riportata l'ubicazione del punto di controllo della rete di monitoraggio più vicino all'area di intervento; si tratta del pozzo BO 07, che illustra l'andamento della falda profonda (si vedano le caratteristiche nella tabella di fig. 86).

Per quanto riguarda la falda profonda, nelle tabelle di fig. 87 e 88 e nei grafici delle figg. 89÷92 sono riportati i dati del livello piezometrico rilevati nel pozzo BO 07 nei periodi 1976÷2007 e 2010÷2019; l'esame di tali elaborati evidenziano come i livelli tendono ad innalzarsi dal 2012 al 2018 (a circa 12 m s.l.m., corrispondenti ad una profondità da circa 10 m), per poi calare nel periodo più recente, fino ad una quota di circa 2 m s.l.m., equivalente ad una profondità di circa 21 m dal p.c..

Per quanto riguarda la falda superficiale, l'esame delle cartografie fornite nel Quadro Conoscitivo del P.S.C. dell'Associazione Terre d'Acqua (si vedano le figg. 93 e 94) evidenzia un andamento da sud-est verso nord-ovest, con una quota di 18,5/19,0 m s.l.m., corrispondente ad una profondità di circa 3,5 m dal p.c..

Le misure del livello di falda effettuate nell'ambito dell'esecuzione delle prove penetrometriche hanno evidenziato valori più superficiali, variabili tra -1,8 m e -2,4 m dal p.c..



Codice RER	XUTM-ETRS89 (fuso 32)	YUTM-ETRS89 (fuso 32)	Tipologia pozzo	Quota PC (m)	Profondità (m)	Nome Corpo idrico sotterraneo
BO-E7-00	680195	4947592	Freatico	22,5	125,09	Pianura Alluvionale Appenninica - confinato superiore

Fig. 86 : Ubicazione del pozzo della rete di controllo ARPAE BO 07

Data	Piezometria (m s.l.m.)	Soggiacenza (m dal p.c.)
15/06/76	6,26	16,24
06/10/76	5,35	17,15
28/01/77	5,68	16,82
05/05/77	5,69	16,81
27/07/77	4,38	18,12
08/12/77	4,50	18,00
21/02/78	4,83	17,67
21/04/78	4,93	17,57
30/06/78	4,58	17,92
10/10/78	3,88	18,62
16/01/79	3,87	18,63
02/04/79	3,93	18,57
15/07/79	3,08	19,42
08/10/79	2,72	19,78
21/01/80	2,95	19,55
16/04/80	2,94	19,56
19/07/80	2,90	19,60
23/10/80	1,38	21,12
22/01/81	2,09	20,41
22/04/81	1,82	20,68
01/07/81	2,07	20,43
14/10/81	0,87	21,63
12/01/82	1,81	20,69
26/04/82	2,20	20,30
15/07/82	1,01	21,49
12/10/82	0,64	21,86
13/01/83	1,50	21,00
14/04/83	1,46	21,04
12/07/83	0,53	21,97
07/10/83	-0,22	22,72
20/01/84	0,10	22,40
13/04/84	0,53	21,97
02/07/84	0,55	21,95
04/10/84	0,03	22,47
12/02/85	1,11	21,39
23/04/85	-2,28	24,78
12/07/85	1,73	20,77
14/10/85	0,03	22,47
14/01/86	1,22	21,28
23/04/86	1,99	20,51
16/07/86	1,37	21,13
10/10/86	0,80	21,70
05/02/87	0,94	21,56
09/04/87	1,77	20,73
07/07/87	1,09	21,41
24/11/87	0,57	21,93
23/02/88	1,68	20,82
05/05/88	1,93	20,57
27/07/88	0,76	21,74
02/11/88	-0,03	22,53
07/02/89	-0,23	22,73

08/05/89	-0,38	22,88
18/07/89	-0,74	23,24
04/11/89	-0,81	23,31
21/02/90	-0,19	22,69
02/05/90	-0,02	22,52
20/07/90	-1,17	23,67
11/10/90	-1,39	23,89
15/06/91	-0,30	22,80
02/08/91	-0,93	23,43
08/10/91	-0,76	23,26
07/12/91	-0,47	22,97
03/03/92	-1,05	23,55
08/05/92	-1,33	23,83
08/07/92	-1,64	24,14
20/10/92	-0,43	22,93
07/05/93	-0,33	22,83
03/07/93	-0,52	23,02
14/09/93	-1,04	23,54
12/11/93	-0,43	22,93
20/04/94	-0,35	22,85
15/06/94	-0,03	22,53
01/09/94	-1,06	23,56
07/11/94	-1,39	23,89
29/04/95	0,50	22,00
04/07/95	-0,14	22,64
11/09/95	-0,05	22,55
07/11/95	0,67	21,83
27/06/96	0,11	22,39
24/08/96	-0,20	22,70
21/10/96	0,52	21,98
02/12/96	0,97	21,53
23/06/97	1,46	21,04
01/08/97	0,62	21,88
18/10/97	0,73	21,77
09/12/97	1,57	20,93
16/06/98	0,21	22,29
02/08/98	-0,07	22,57
10/10/98	0,75	21,75
16/01/99	0,43	22,07
03/06/02	1,68	20,82
19/12/02	2,13	20,37
22/04/03	5,25	17,25
29/10/03	1,02	21,48
03/05/04	2,48	20,02
14/10/04	0,78	21,72
28/04/05	1,99	20,51
29/03/06	1,93	20,57
28/09/06	0,63	21,87
28/03/07	0,74	21,76
11/12/07	-0,93	23,43

Fig. 87 : Livelli piezometrici del pozzo BO07 nel periodo 1976-2007 (da sito E-Water)

Codice RER	Data	Quota PC (m)	Piezometria (m s.l.m.)	Soggiacenza (m dal p.c.)
BO 07	13/04/2010	22,50	2,95	19,55
BO 07	23/09/2010	22,50	2,61	19,89
BO 07	29/03/2011	22,50	5,40	17,10
BO 07	01/12/2011	22,50	3,05	19,45
BO 07	29/03/2012	22,50	5,68	16,82
BO 07	06/11/2012	22,50	5,13	17,37
BO 07	28/03/2013	22,50	15,16	7,34
BO 07	10/10/2013	22,50	12,28	10,22
BO 07	29/05/2014	22,50	10,11	12,39
BO 07	26/11/2014	22,50	9,73	12,77
BO 07	31/03/2015	22,50	16,32	6,18
BO 07	06/10/2015	22,50	8,55	13,95
BO 07	24/03/2016	22,50	12,13	10,37
BO 07	29/09/2016	22,50	10,73	11,77
BO 07	17/10/2017	22,50	6,63	15,87
BO 07	28/03/2018	22,50	9,33	13,17
BO 07	07/12/2018	22,50	3,03	19,47
BO 07	29/03/2019	22,50	3,42	19,08
BO 07	11/11/2019	22,50	1,93	20,57

Fig. 88 : Livelli piezometrici del pozzo BO07 nel periodo 2010-2019 (da Report ARPAE)

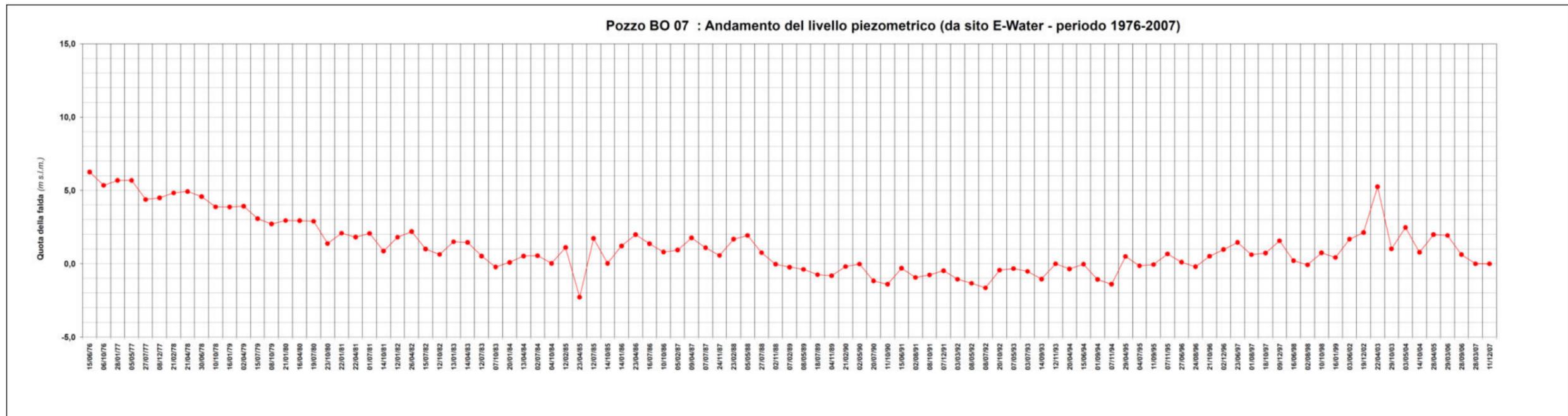


Fig. 89 : Andamento del livello piezometrico del Pozzo BO07 nel periodo 1976-2007 (quota della falda)

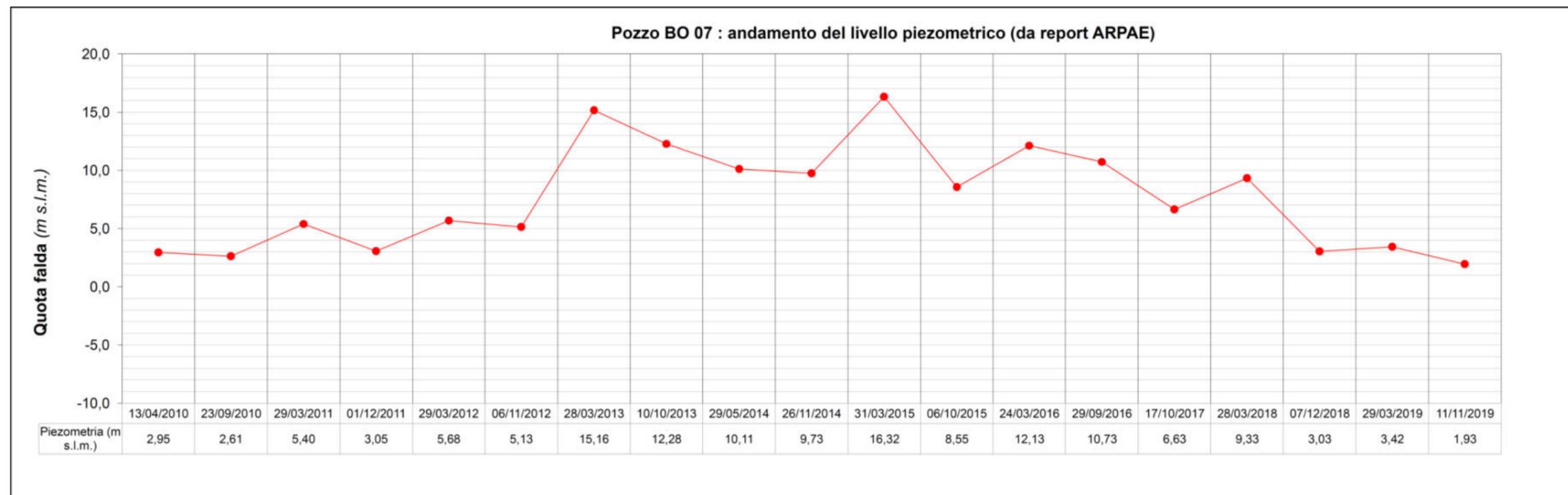


Fig. 90 : Andamento del livello piezometrico del Pozzo BO07 nel periodo 2010-2019 (quota della falda)

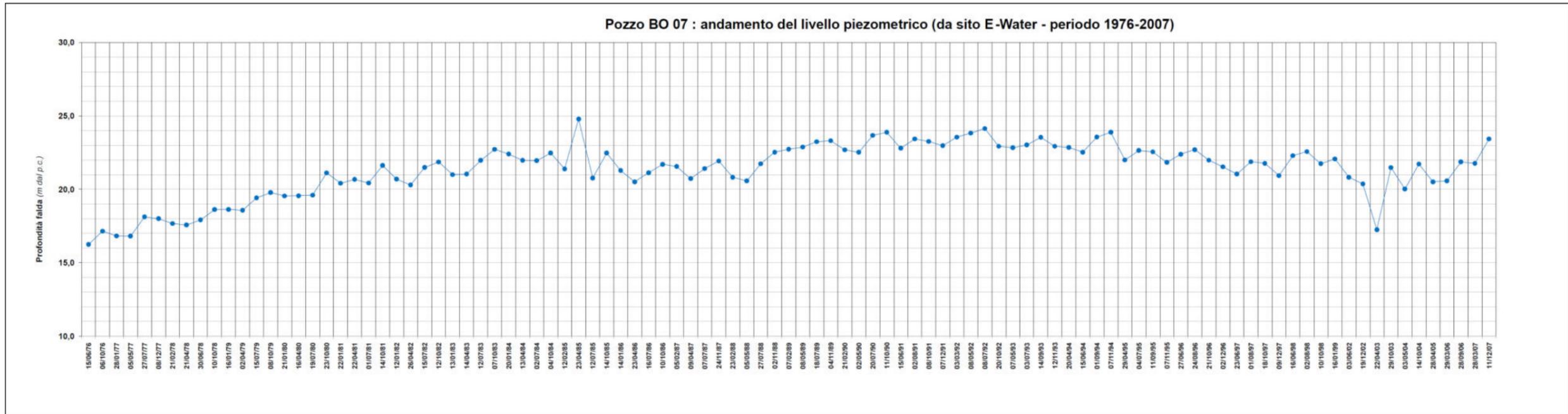


Fig. 91 : Andamento del livello piezometrico del Pozzo BO07 nel periodo 1976-2007 (profondità della falda)

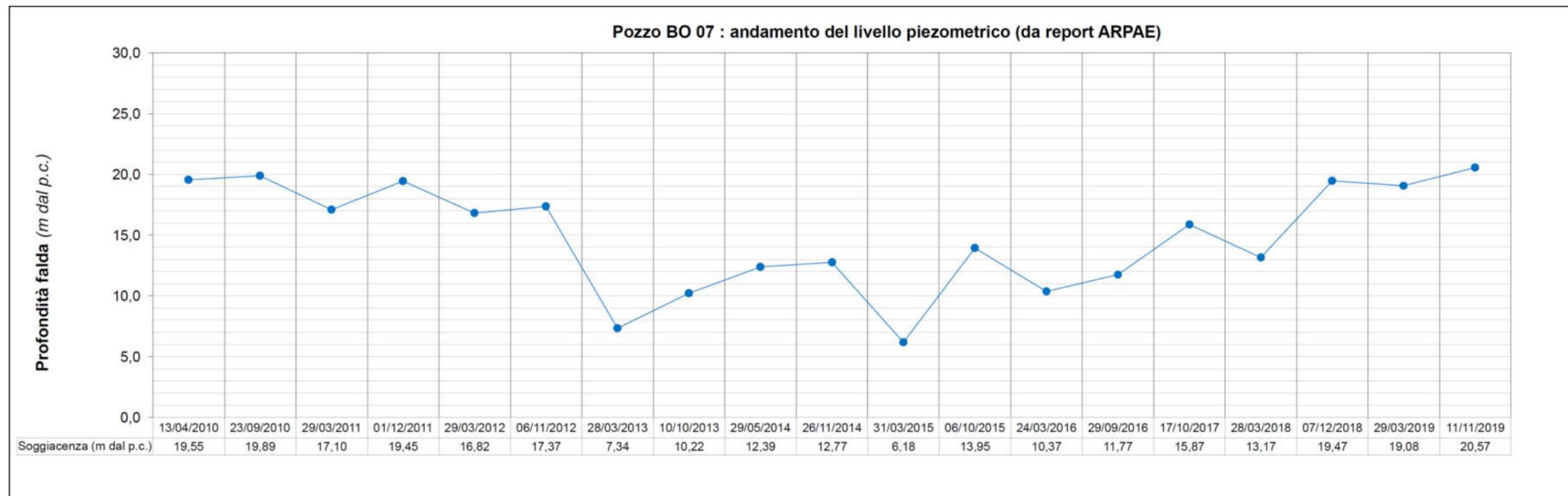


Fig. 92 : Andamento del livello piezometrico del Pozzo BO07 nel periodo 2010-2019 (profondità della falda)

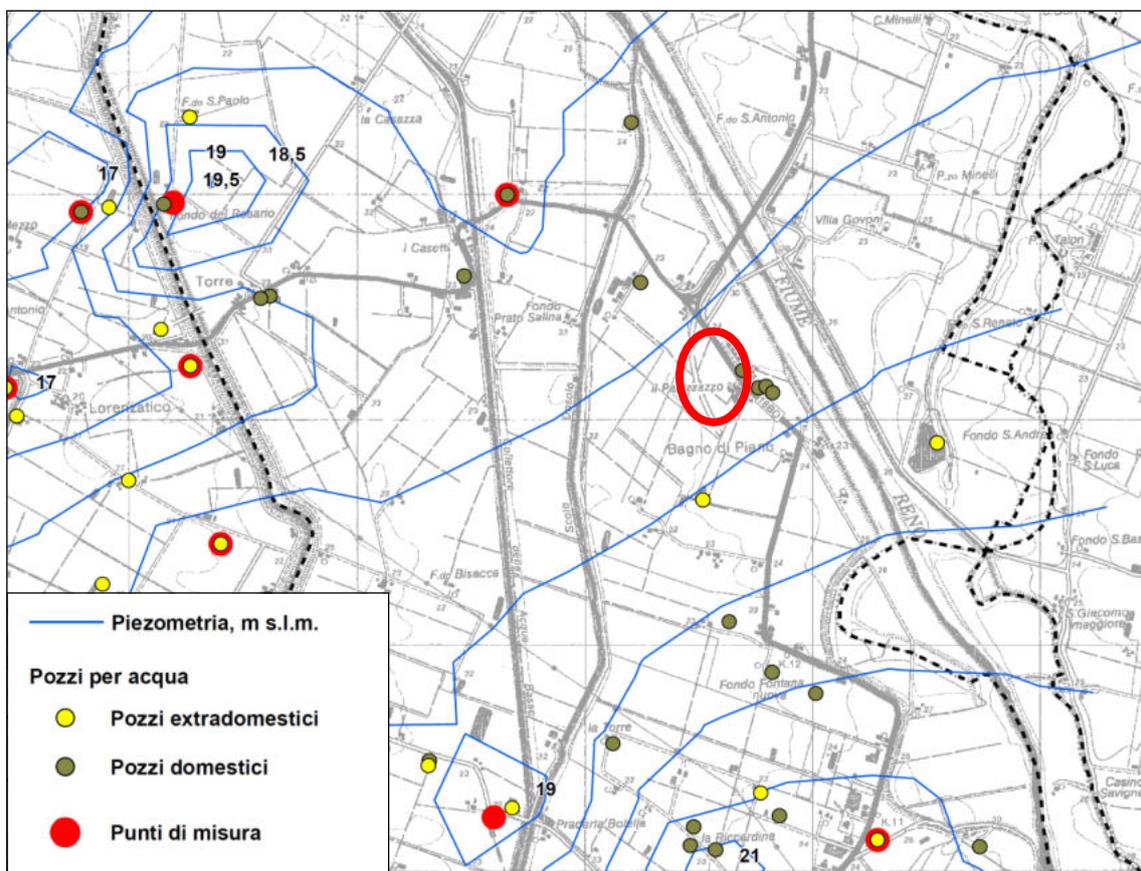


Fig. 93 : Stralcio della tav. QC6/t8.b “Piezometria della falda acquifera superficiale”
(dal P.S.C. dell’Associazione Terre d’Acqua)

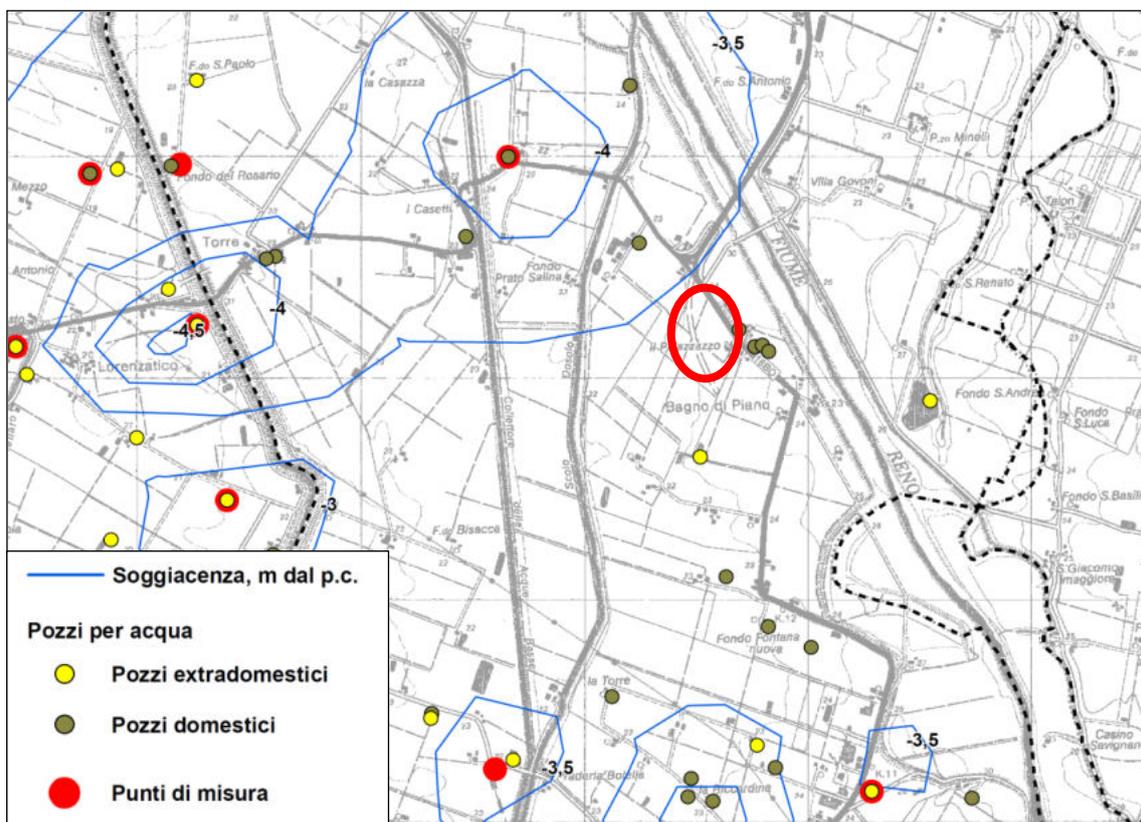


Fig. 94 : Stralcio della tav. QC6/t9.b “Soggiacenza della falda acquifera superficiale”
(dal P.S.C. dell’Associazione Terre d’Acqua)

14. ANALISI DELLA QUALITÀ DEI SUOLI

14.1 Ricostruzione storica dell'area

Allo scopo di individuare la presenza nel passato di attività antropiche in grado di provocare potenziali fenomeni di contaminazione dei suoli è stata effettuata la ricostruzione storica del sito, mediante l'esame della documentazione fotografica reperita nei siti della Regione Emilia-Romagna e del Geoportale Nazionale del MITE.

Nel 1943 (si veda la fig. 95) l'area del Comparto appare interessata prevalentemente da attività agricole e dalla presenza di un nucleo residenziale, ben visibile nella fotografia del 1954 (si veda la fig. 96).

Nel periodo successivo esaminato si nota la prosecuzione delle attività agricole e la costruzione di fabbricati residenziali a nord della viabilità di confine del lotto (si veda la situazione nel 1988 in fig. 97, nel 1994 in fig. 98 e nel 2000 in fig. 99).

Nella fotografia del 2006 (si veda la fig. 100) si può osservare l'esecuzione dei lavori inerenti le opere di urbanizzazione previste dal Piano Particolareggiato del 2005, che nel 2008 (si veda la fig. 101) appaiono conclusi.

Tale situazione si è stabilizzata negli anni seguenti (si vedano le fotografie del 2011 in fig. 102, del 2014 in fig. 103, del 2017 in fig. 104 e del 2018 in fig. 105) e corrisponde allo stato attuale, come si è potuto verificare nel corso dei sopralluoghi effettuati dallo scrivente.

In conclusione l'area è stata interessata fino al 2006 da attività di tipo agricolo ed è stata successivamente oggetto della realizzazione delle opere di urbanizzazione previste dal Piano Particolareggiato del 2005.

Si può quindi affermare che nel sito non siano state presenti attività antropiche in grado di indurre potenziali fenomeni di contaminazione dei suoli.

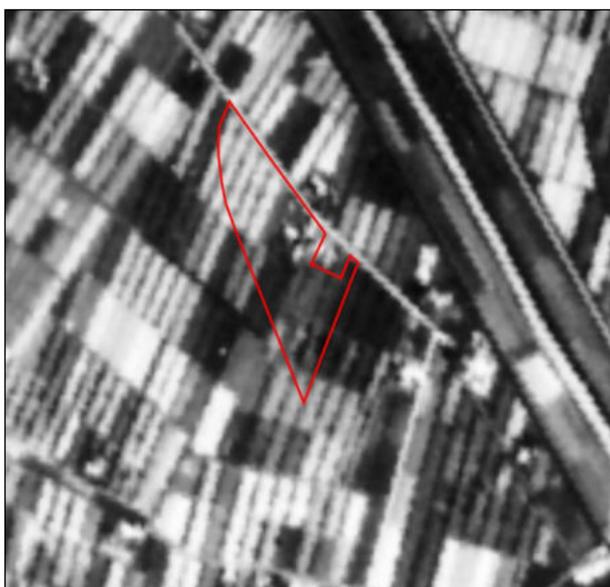


Fig. 95 : Foto aerea RAF del 1943

(da Geoportale della Regione Emilia-Romagna)

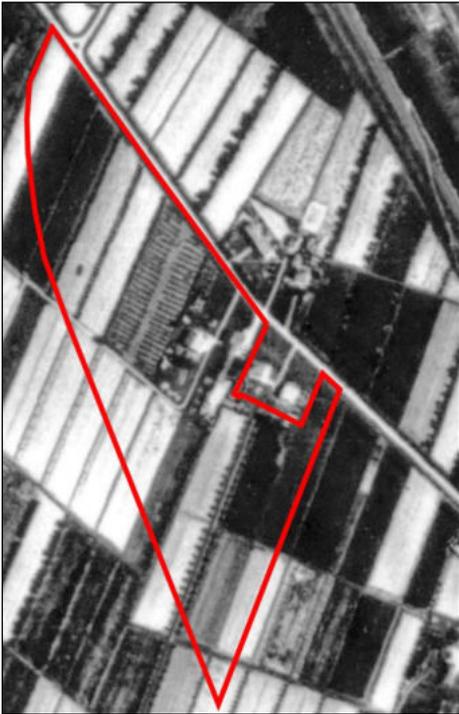


Fig. 96 : Foto aerea IGMI GAI del 1954
(da Geoportale della Regione Emilia-Romagna)



Fig. 97 : Foto aerea del 1988
(dal Geoportale Nazionale)

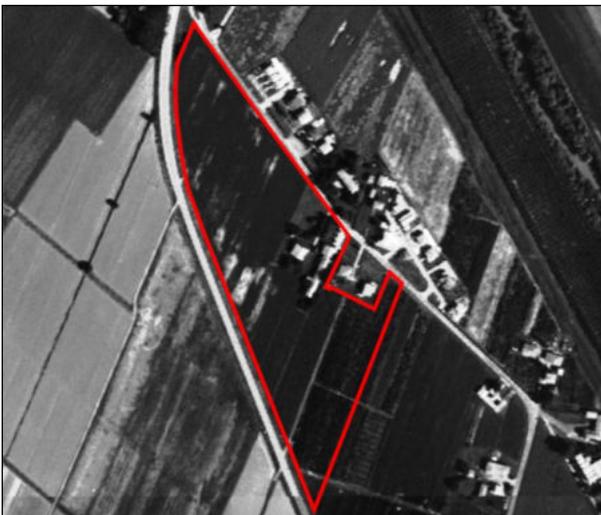


Fig. 98 : Foto aerea del 1994
(dal Geoportale Nazionale)



Fig. 99 : Foto aerea del 2000
(dal Geoportale Nazionale)



Fig. 100 : Foto aerea del 2006
(dal Geoportale Nazionale)



Fig. 101 : Foto aerea del 2008
(dal sito Moka della Regione Emilia-Romagna)



Fig. 102 : Foto aerea del 2011
(dal sito Moka della Regione Emilia-Romagna)



Fig. 103 : Foto aerea del 2014
(dal sito Moka della Regione Emilia-Romagna)



Fig. 104 : Foto aerea del 2017
(dal sito Moka della Regione Emilia-Romagna)



Fig. 105 : Foto aerea del 2018
(dal sito Moka della Regione Emilia-Romagna)

14.2 Indagine sulla qualità dei suoli

Allo scopo di determinare il grado di qualità dei suoli presenti nel sito si è fatto riferimento sia ai contenuti del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. che a quelli del D.P.R. 120/2017 *"Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del D.L. 12/09/2014, n° 133, convertito, con modificazioni, dalla L. 11/11/2014, n° 164"*.

Quest'ultima norma individua le modalità di gestione delle terre di scavo in qualità di sottoprodotti, ai sensi dell'art. 184bis del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., definendo in particolare 3 tipologie di cantieri di produzione delle terre (piccoli cantieri, grandi cantieri soggetti o non soggetti alla procedura di VIA od AIA) per ognuna delle quali determina le procedure di verifica della sussistenza della qualifica di sottoprodotto, escludendo pertanto le terre oggetto dello scavo dalla gestione dei rifiuti di cui al Titolo IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Nel caso in esame, allo stato attuale non sono definiti con precisione i quantitativi oggetto dello scavo, ma si ritiene che essi siano dell'ordine di circa 7.500 mc; pertanto si rientra nel caso dei cantieri di grandi dimensioni, che però non sono soggetti alla procedura di VIA od AIA e quindi vengono assimilati ai cantieri di piccole dimensioni, regolamentati dagli artt. 20 e 21 del D.P.R. 120/2017.

Per quanto riguarda la verifica delle caratteristiche qualitative del terreno naturale, il numero dei punti di prelievo dei campioni rappresentativi di terreno è stato stabilito in accordo con la tabella 2.1 dell'All. 2 del D.P.R. 120/2017; considerando una superficie di intervento pari a circa 7.700 mq si ottiene un numero di 5 punti.

Dimensione dell'area	Punti di prelievo
Inferiore a 2.500 metri quadri	3
Tra 2.500 e 10.000 metri quadri	3 + 1 ogni 2.500 metri quadri
Oltre i 10.000 metri quadri	7 + 1 ogni 5.000 metri quadri

Tabella 2.1

Nel caso in esame il volume presunto complessivo di scavo risulta dell'ordine di 7.500 mc; valutazioni quantitative più precise potranno essere svolte nell'ambito delle fasi più avanzate di progettazione, sulla base delle indicazioni a carattere geotecnico e strutturale.

L'esame dei contenuti di tale documento evidenzia che ai volumi previsti corrisponde un numero di campioni da analizzare pari a 5; in realtà nella norma si fa riferimento ai punti di prelievo, in corrispondenza di ognuno dei quali per scavi di profondità inferiore a 2 m è necessario prelevare 2 campioni.

In considerazione della natura dei terreni interessati, che non sono mai stati interessati da attività antropiche tali da poter indurre una contaminazione dei suoli, appare però ragionevole prelevare in corrispondenza di ogni punto di prelievo un campione rappresentativo, costituito dalla miscelazione di almeno tre aliquote di terreno prelevate a profondità differenti.

Allo scopo di determinare le caratteristiche litostratigrafiche superficiali del sito di intervento e di individuare il grado di qualità dei terreni presenti è stata pertanto condotta un'indagine costituita dalla realizzazione di 5 trincee di esplorazione (T1÷T5) mediante l'uso di un escavatore idraulico a braccio rovescio Kubota U20-3 α .

L'ubicazione delle trincee è riportata nelle figg. 106 e 107 ed in all. 4 viene fornita la documentazione delle prove, dalla cui esecuzione è stato possibile individuare le caratteristiche litostratigrafiche illustrate nelle colonne riportate in fig. 108.

L'esame di tali elaborati consente di verificare come dal punto di vista litostratigrafico la porzione più superficiale dei terreni presenti nel sito mostrino una sostanziale uniformità, essendo caratterizzati dalla presenza di livelli argilloso sabbiosi in tutte le prove effettuate, fatta eccezione per la prova T1, in corrispondenza della quale è presente un livello di limo leggermente argilloso.

In corrispondenza di ogni trincea è stato prelevato un campione medio rappresentativo delle caratteristiche dei terreni presenti nel sito, ottenuto mediante miscelazione di almeno 3 aliquote prelevate a profondità differenti.

Per quanto riguarda la verifica delle caratteristiche qualitative dei terreni, l'art. 20 del D.P.R. 120/2017 indica che il produttore deve dimostrare :

a) che non siano superati i valori di Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) della Tab. 1 dell'All. 5 del Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. al fine di verificare la conformità qualitativa dei terreni in funzione della tipologia di uso del sito. Nel caso in esame si deve fare riferimento ai valori di CSC indicati nella Colonna A (siti a verde/residenziale).

Deve essere pertanto eseguita l'analisi del terreno sulla sostanza secca ed i parametri analizzati sono quelli definiti nell'all. 4 del D.P.R. 120/2017 : arsenico, cadmio, cobalto, cromo totale ed esavalente, nichel, piombo, rame, zinco, mercurio, Idrocarburi pesanti, amianto, BTEX (Composti organici aromatici), IPA (idrocarburi policiclici aromatici), ai quali viene aggiunto il parametro Idrocarburi Leggeri C<12, previsto dal *"Regolamento per la gestione dei materiali naturali derivanti da attività di scavo e dei materiali inerti generati da attività di demolizione e costruzione"*, approvato dal Consiglio Comunale di Bologna con Delibera n° 106/2009 del 06/04/2009.

b) che le terre e rocce da scavo non costituiscano fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee.

In analogia con quanto prescritto per il materiale di riporto (art. 4 comma 3 del D.P.R. 120/2017) deve essere eseguito un test di cessione al fine di accertare il rispetto delle CSC di cui alla Tab. 2 dell'All. 5 del Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i..

Tali tipologie di analisi potranno essere utilizzate anche nella eventuale successiva fase di elaborazione della documentazione inerente la gestione delle terre in qualità di sottoprodotti ai sensi del D.P.R. 120/2017.

I campioni sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio chimico presso i Laboratori Chimici Stante s.r.l. di Bologna.

In all. 5 sono riportati i certificati di analisi del terreno e nelle tabelle di fig. 109 sono forniti i risultati delle analisi, dal cui esame si evince come tutti i parametri analizzati mostrino valori ampiamente inferiori alle CSC considerate in ambedue le tipologie di analisi svolte.

Si può quindi affermare che il terreno presente nel sito risulta conforme ai criteri qualitativi prescritti del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. per quanto riguarda i siti ad uso verde e/o residenziale



Fig. 106 : Ubicazione delle trincee di esplorazione su fotografia aerea del 2018
(dal sito Moka della Regione Emilia-Romagna)

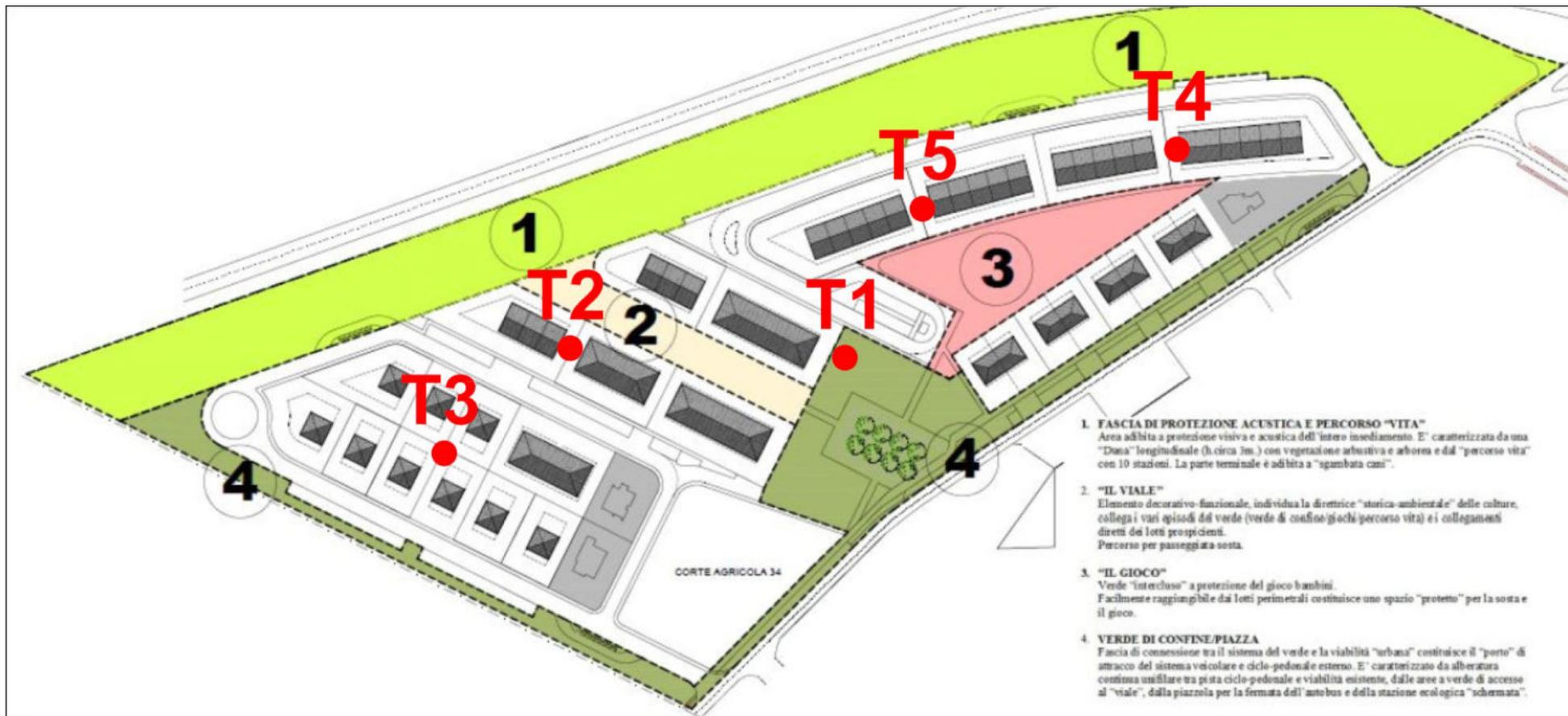


Fig. 107 : Ubicazione delle trincee di esplorazione sulla base del progetto proposto

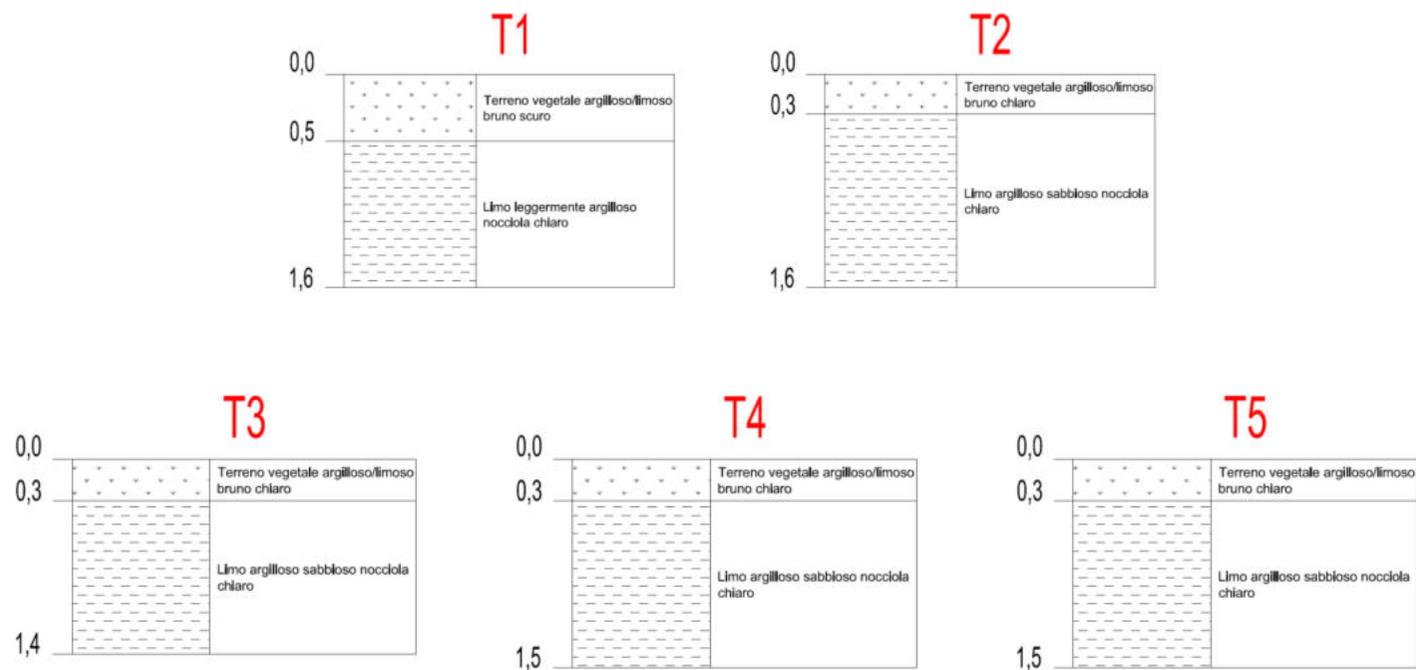


Fig. 108 : Stratigrafie delle trincee di esplorazione

ANALISI SULLA SOSTANZA SECCA						
Parametri	T1	T2	T3	T4	T5	CSC A (mg/kg)
Arsenico	4,3	3,6	4,5	4,9	4,5	20
Cadmio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2
Cobalto	9,4	11,5	12,9	12,2	12,5	20
Cromo totale	34,6	36,6	41,9	43,0	41,1	150
Cromo VI	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	2
Mercurio	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1
Nichel	39,0	44,8	50,8	50,4	49,0	120
Piombo	11,3	12,2	14,1	13,1	12,6	100
Rame	26,8	30,0	40,8	32,9	32,0	120
Zinco	61,4	67,0	81,4	73,7	72,8	150
Benzene	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,1
Etilbenzene	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
Stirene	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
Toluene	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
Xilene	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,5
Sommatoria BTEX	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1
Benzo (a) antracene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,5
Benzo (k) fluorantene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,5
Benzo (g,h,i) perilene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Benzo (a) pirene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Benzo (b) fluorantene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,5
Pirene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	5
Dibenzo (a,e) pirene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Dibenzo (a,h) pirene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Dibenzo (a,l) pirene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Dibenzo (a,i) pirene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Dibenzo (a,h) antracene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Indenopirene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
Crisene	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
Sommatoria IPA	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	<0,09	10
Idrocarburi Leggeri (C≤12)	<1	<1	<1	<1	<1	10
Idrocarburi Pesanti (C≥12)	<5	9	7	8	<5	50
Amianto	<100	<100	<100	<100	<100	1.000

<0,01	Valore inferiore a Limite Rilevabilità
1,6	Valore inferiore a CSC Colonna A
2,5	Valore superiore a CSC Colonna A

TEST DI CESSIONE						
SOSTANZA	T1	T2	T3	T4	T5	Tab. 2 (mg/l)
Arsenico	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
Bario	0,0146	0,0083	0,0079	0,0081	0,0070	-
Berillio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004
Cadmio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005
Cobalto	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05
Cromo totale	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,05
Rame	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	1,00
Mercurio	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001
Nichel	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,02
Piombo	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,01
Selenio	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
Vanadio	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Zinco	0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	3,00
Cloruri	<12,5	<12,5	<12,5	<12,5	<12,5	-
Fluoruri	<0,25	<0,25	0,37	<0,25	0,91	1,50
Solfati	21,66	<12,5	36,05	41,53	<12,5	250,0
Cianuri	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
Nitrati	<5	<5	<5	<5	<5	-
Amianto	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-
COD	<15	<15	<15	<15	<15	-
PH	9,2	9,0	8,7	8,8	8,8	-

<0,01	Valore inferiore a Limite Rilevabilità
1,6	Valore inferiore a CSC Tab. 2
50,0	Valore superiore a CSC Tab. 2

Fig. 109 : Tabella riassuntiva dei risultati delle analisi di laboratorio chimico dei campioni di terreno

15. GESTIONE DELLE TERRE DI SCAVO

La realizzazione di un progetto edificatorio quale quello proposto comporta l'esecuzione di scavi connessi alla formazione delle strutture di fondazione dei fabbricati, dei sottoservizi e dei pacchetti dei sottofondi delle viabilità.

Tali interventi comporteranno la produzione di terre di scavo, la cui gestione deve essere svolta ai sensi del citato D.P.R. 120/2017. Tale norma individua le modalità di gestione delle terre di scavo in qualità di sottoprodotti, ai sensi dell'art. 184bis del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., definendo in particolare 3 tipologie di cantieri di produzione delle terre (piccoli cantieri, grandi cantieri soggetti o non soggetti alla procedura di V.I.A. od A.I.A.) per ognuna delle quali determina le procedure di verifica della sussistenza della qualifica di sottoprodotto, escludendo pertanto le terre oggetto dello scavo dalla gestione dei rifiuti di cui al Titolo IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Nel caso in esame, i volumi di scavo risultano pari a circa 7.500 mc e pertanto si rientra nel caso dei grandi cantieri, ma poiché l'intervento non è tra quelli soggetti alla procedura di V.I.A. od A.I.A., l'intervento viene assimilato a quelli dei cantieri di piccole dimensioni, regolamentati dagli artt. 20 e 21 del D.P.R. 120/2017.

Allo scopo di verificare la possibilità di gestire le terre di scavo in qualità di sottoprodotti e non come rifiuti, sarà necessario ottemperare ai criteri indicati nell'art. 4 del D.P.R. 120/2017, di seguito riassunti:

- a) *sono generate durante la realizzazione di un'opera di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;*
- b) *il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di cui all'articolo 21, e si realizza:*
 - 1) *nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;*
 - 2) *in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;*
- c) *sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*
- d) *soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b).*

Nel caso in esame si può affermare che i criteri potranno essere soddisfatti in quanto:

- a) le terre di scavo sono prodotte in un intervento edilizio, il cui scopo primario non è pertanto quello di produrre tali materiali;
- b) le terre di scavo verranno verosimilmente utilizzate in un intervento di recupero ambientale di un sito oggetto di attività estrattive, che sarà individuato al momento opportuno;
- c) le terre sono idonee al diretto utilizzo, senza richiedere particolari trattamenti;
- d) le analisi descritte in precedenza consentiranno di verificare la rispondenza dei terreni ai requisiti di qualità ambientale prescritti per l'utilizzo previsto.

Una volta verificato il soddisfacimento dei criteri di cui sopra, si potrà avviare la procedura descritta nell'art. 21 del D.P.R. 120/2017, che può essere così riassunta:

- almeno 15 giorni prima dell'avvio dei lavori di scavo dovrà essere trasmessa la Dichiarazione di Utilizzo, compilata secondo l'all. 6 del D.P.R. 120/2017, agli Enti indicati dalla normativa (ARPAE e Comune del sito di produzione delle terre). In tale Dichiarazione devono essere forniti dati inerenti il produttore, il sito di produzione e quello di destinazione, unitamente alle quantità dei terreni oggetti dell'utilizzo come sottoprodotto ed alla tempistica dell'intervento;
- prima dello scadere dei tempi indicati nella citata Dichiarazione dovrà essere trasmessa agli Enti (ARPAE, Comune del sito di produzione e di utilizzo) la Dichiarazione di Avvenuto Utilizzo di cui all'art. 7 del D.P.R. 120/2017, in accordo con il modulo riportato nell'all. 8 della citata normativa. In tale documento dovranno essere riportati i quantitativi dei terreni oggetto di utilizzo e le modalità di utilizzo degli stessi.

16. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato determinato il Modello Geologico di un'area ad uso residenziale in località Il Palazzazzo di Bagno di Piano in Comune di Sala Bolognese, oggetto di una Variante al P.O.C. con valenza di P.U.A.

Il comparto in esame, denominato C1.8, corrisponde ad un Ambito AC_2 "Aree edificabili sulla base di piani urbanistici approvati" (art. 39 del R.U.E.).

In sintesi lo studio ha consentito di verificare quanto segue.

- definizione dell'inquadramento geologico e geomorfologico: l'area è situata in corrispondenza della zona di interconoide compresa tra la conoide del F. Reno ad est e quella del T. Samoggia ad ovest, nella bassa pianura bolognese ed è caratterizzata dalla presenza dei terreni prevalentemente argilloso-limosi di piana alluvionale;
- individuazione delle caratteristiche litostratigrafiche locali; a tale scopo sono stati esaminati i risultati di indagini geognostiche effettuate nel sito e nei suoi immediati dintorni. Sulla base dell'interpretazione dei dati risultanti delle suddette indagini, è stato definito lo schema litostratigrafico di riferimento, che consiste essenzialmente nella presenza di terreni a tessitura prevalentemente fine (argille e limi);
- determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni: l'interpretazione e l'elaborazione statistica dei dati delle prove in situ ha consentito di determinare i valori dei principali parametri geotecnici da utilizzare nelle verifiche di stabilità delle strutture di progetto;
- stima della subsidenza e del rischio sismico: l'area è situata all'interno della pianura bolognese, interessata da un rilevante fenomeno di subsidenza, che nell'area di intervento mostra valori relativamente significativi, ma in costante diminuzione. Per quanto riguarda il rischio sismico,

l'area rientra in una zona 3 ai sensi della normativa vigente. Le analisi in situ effettuate hanno consentito di verificare la presenza di una categoria C di suolo di fondazione;

- analisi sismica di III° Livello, il cui svolgimento ha permesso di determinare i valori dei parametri sismici da utilizzare nelle verifiche geotecniche. E' stato inoltre verificato come il rischio di liquefazione risulti sostanzialmente nullo;
- definizione delle caratteristiche dell'idrologia superficiale, che hanno consentito di individuare le caratteristiche del reticolo idrografico principale, rappresentato dal F. Reno e del T. Samoggia;
- determinazione delle caratteristiche dell'idrologia sotterranea: l'area di intervento è caratterizzata dalla presenza di una falda freatica superficiale alla profondità di 1,8/2,4 m dal p.c. e della falda profonda in pressione, il cui livello piezometrico è stato rilevato alla profondità di circa 21 m dal p.c.;
- analisi della qualità dei suoli: mediante l'esecuzione di un'indagine sulla qualità dei suoli è stata verificata la loro conformità con i criteri qualitativi indicati nel D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. in riferimento ai siti ad uso residenziale. Sono state inoltre individuate le corrette modalità di gestione delle terre di scavo in qualità di sottoprodotto ai sensi del D.P.R. 120/2017.

L'analisi svolta ha pertanto consentito di verificare l'idoneità dell'intervento dal punto di vista geologico.

Bologna, gennaio 2022



ELENCO DEGLI ALLEGATI

All. 1 : Tabulati delle prove penetrometriche statiche

All. 2 : Tabulati delle elaborazioni statistiche dei dati delle prove penetrometriche

All. 3 : Stima della velocità di propagazione delle onde di taglio S e misura delle principali frequenze di risonanza dei terreni

All. 4 : Documentazione inerente le trincee di esplorazione

All. 5 : Certificati di analisi dei campioni di suolo

All. 1

Tabulati delle prove penetrometriche statiche



ROGETTI s.r.l.

di Paolo Cestari & C.
Sede legale: Via Duca d'Este, 6
41036 MEDOLLA (MO)
Tel 0535.47170
Fax 0535.49364
E-mail: soc.geoprogetti@libero.it
P. IVA 01754860367

Diagramma prova penetrometrica statica

COMMITTENTE: ARCH. MAGGI

CANTIERE : BAGNO DI PIANO BO

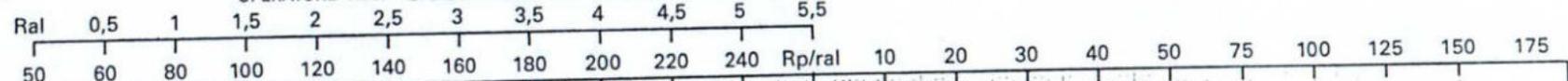
DATA PROVA : 18-09-2003

OPERATORE RES: Geol. PAOLO CESTARI

Rp resistenza di punta (Kg/cmq) ———
Ral resistenza attrito laterale (Kg/cmq) - - - -
Rp/Ral rapporto Begemann ———

H20 - 1.80 m. da p.c.

C.P.T. N° **1**



DIRETTORE DEL LABORATORIO



di Paolo Cestari & C.
Sede legale: Via Duca d'Este, 6
41036 MEDOLLA (MO)
Tel 0535.47170
Fax 0535.49364
E-mail: soc.geoprogetti@libero.it
P. IVA 01754860367

Diagramma prova penetrometrica statica

COMMITTENTE: ARCH. MAGGI

CANTIERE : BAGNO DI PIANO BO

DATA PROVA : 18-09-2003

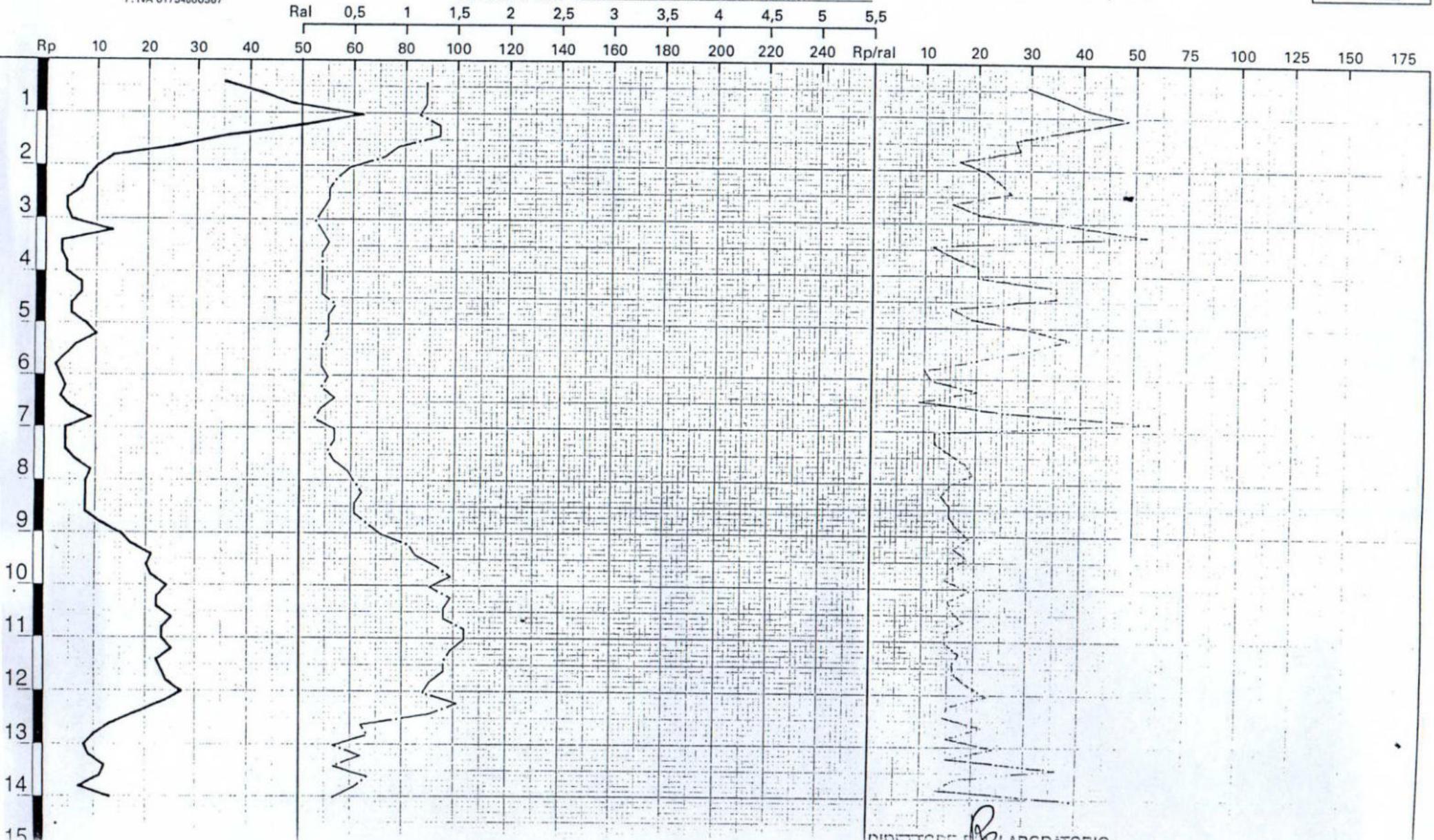
OPERATORE RES: Geol. PAOLO CESTARI

Rp resistenza di punta (Kg/cmq) ———
Ral resistenza attrito laterale (Kg/cmq) - - - - -
Rp/Ral rapporto Begemann ———

H20 - 2.40 m. da p.c.

C.P.T.

N° 2



DIRETTORE DEL LABORATORIO

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (R_p / R_L)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = R _p / R _L	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
F < 15	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 < F ≤ 30	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 < F ≤ 60	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
F > 60	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di R_p e di FR = (R_L / R_p) % :

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

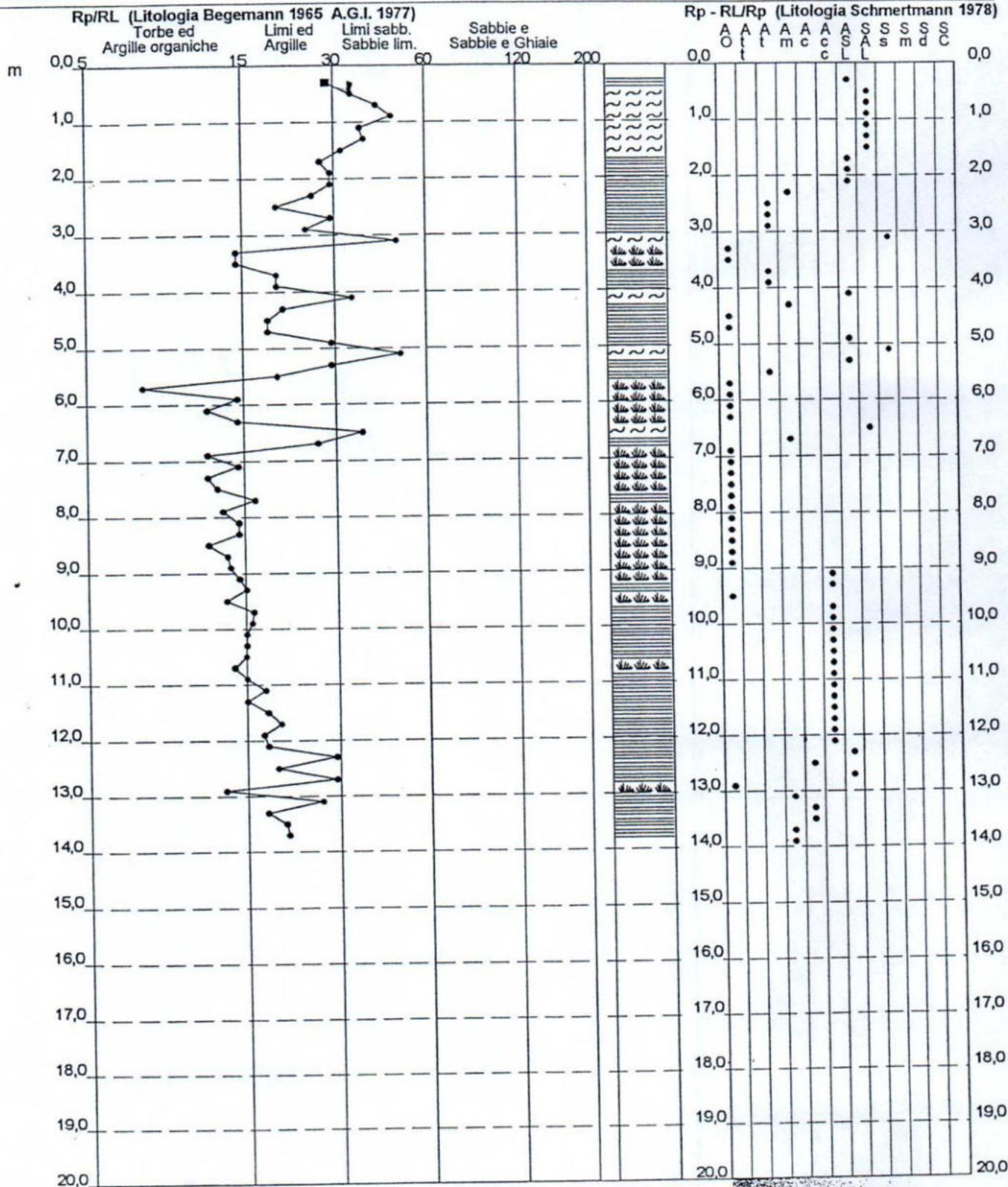
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 2

2.010496-044

- committente : ARCH. MAGGI
 - lavoro : PIANO PARTICOLAREGGIATO
 - località : BAGNO DI PIANO BO
 - note :

- data : 18/09/2003
 - quota inizio : P.C.
 - prof. falda : -2,40 m da quota inizio
 - scala vert. : 1 : 100



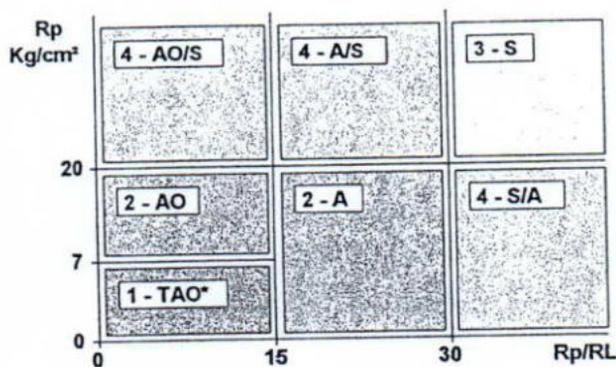
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto R_p / R_L (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(R_p / R_L) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(R_p / R_L) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

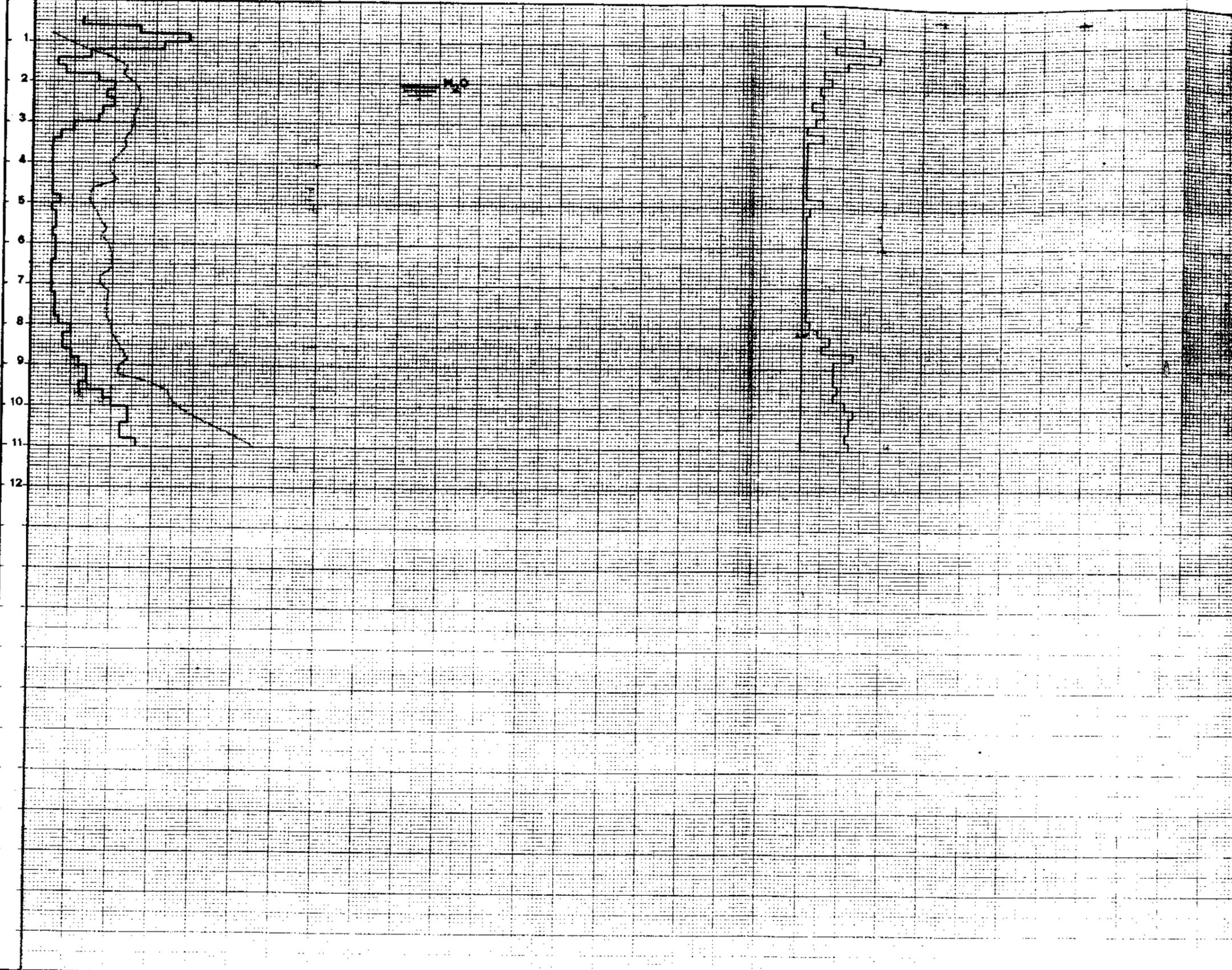
PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - R_p - natura] (Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}] (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p $I_p = \text{ind.plast.}$]
 Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - R_p]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente) (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - R_p - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati) [correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari) (g = acc.gravità) (Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

DATA: 19 - 7 - 1983

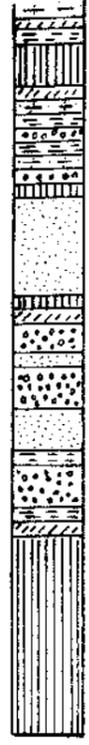
Profondità (m)	rt	Resistenza laterale totale (kg)														
		1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	
	ral	Resistenza di attrito locale (kg/cm ²)														
	rp	Resistenza alla punta (kg/cm ²)														
		10	20	30	40	50	60									

202120 C9



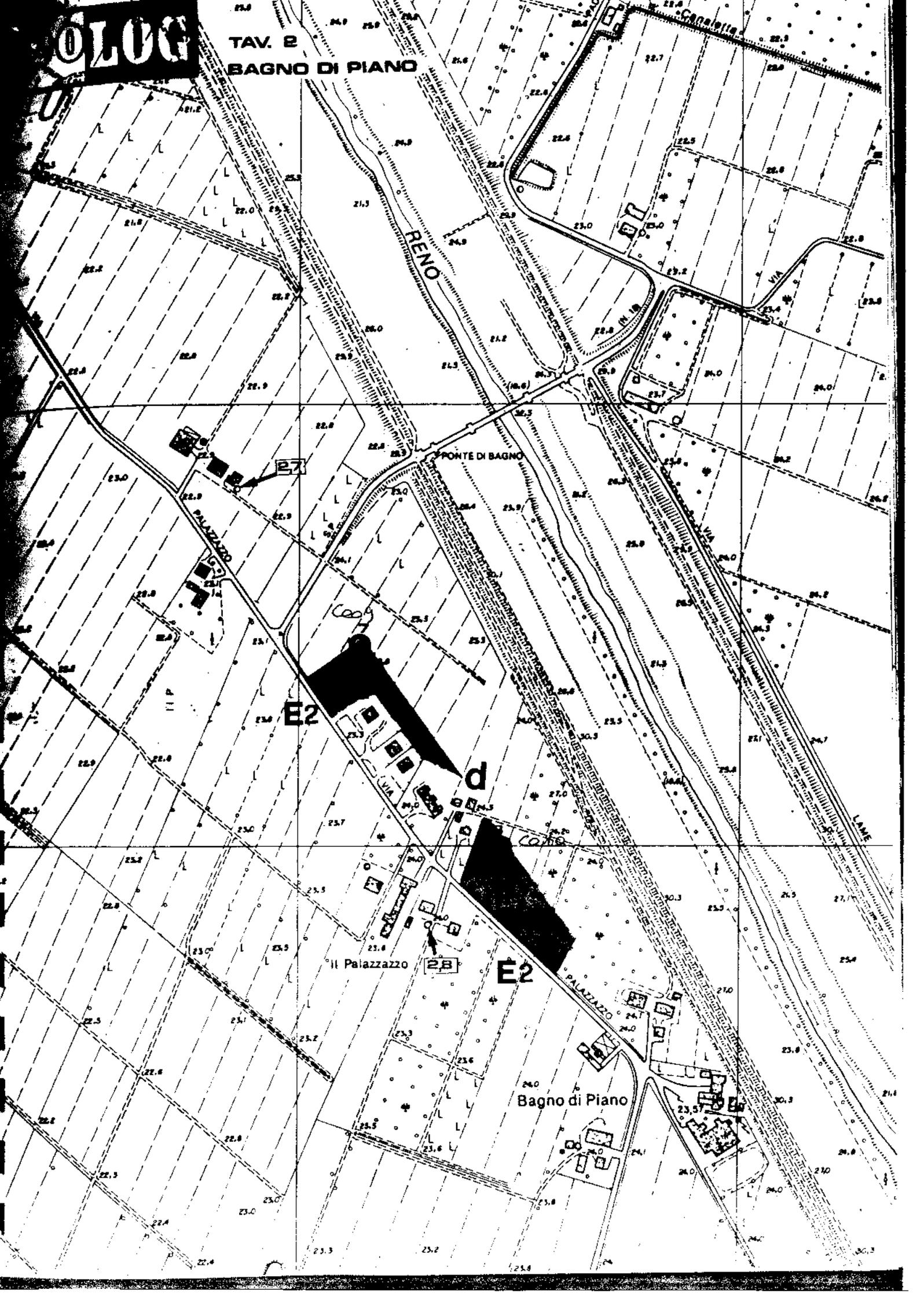
Classificazione dei terreni secondo le teorie di Begemann

Torbe	Argille molli	Argille	Argille limacciose	Limati argillosi	Limati sabbiosi	Sabbie limose	Sabbie fini	Sabbie grossolane	Ghiaie e sabbie
-------	---------------	---------	--------------------	------------------	-----------------	---------------	-------------	-------------------	-----------------



COLORE

**TAV. 2
BAGNO DI PIANO**

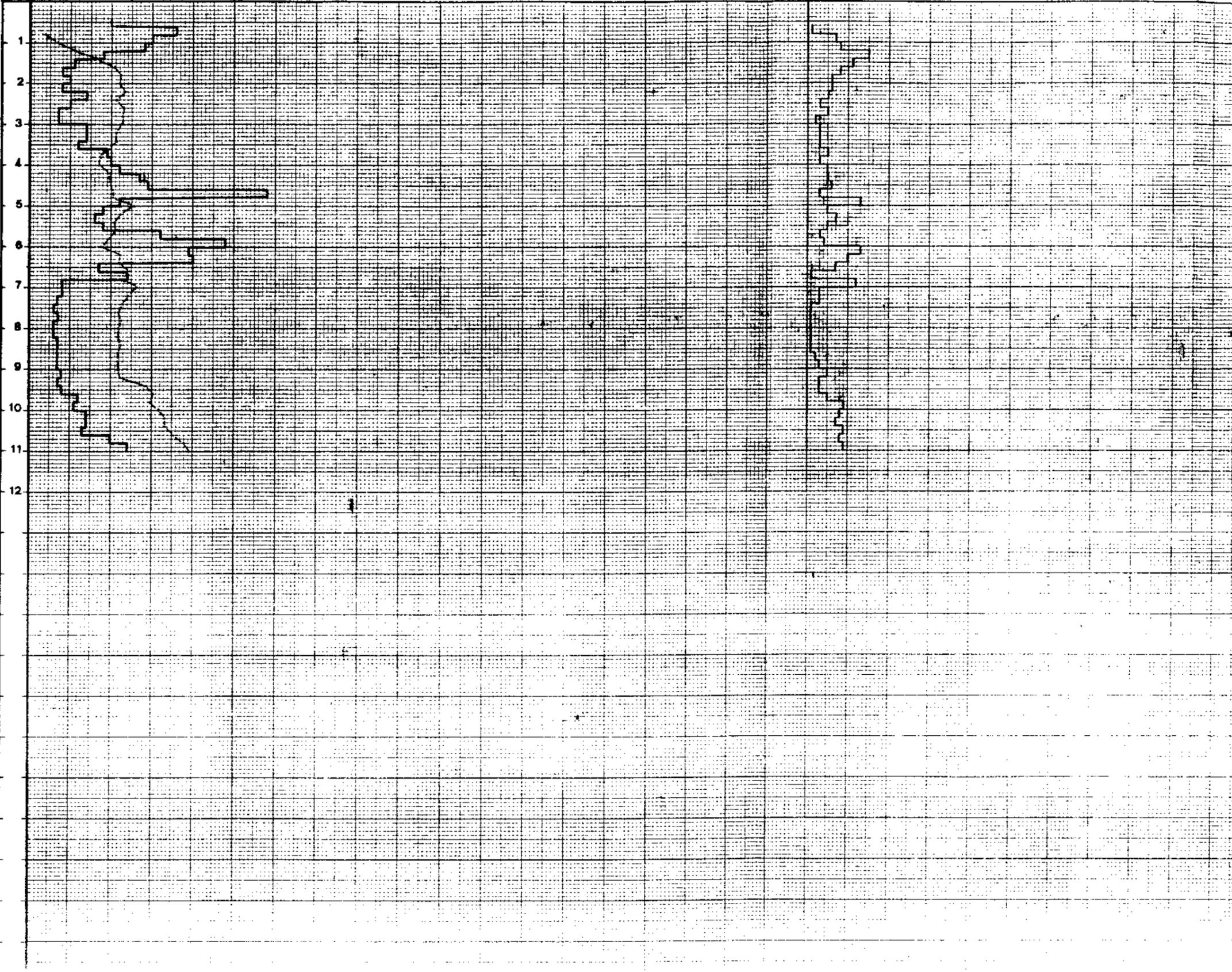


DATA: 19 - 7 - 1983

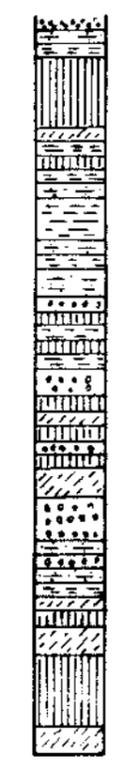
Classificazione dei terreni secondo la teoria di Begemann

Profondità (m)	rit	Resistenza laterale totale (kg)														
		1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	14000	
	ral	Resistenza di attrito locale (kg/cmq)														
	rp	Resistenza alla punta (kg/cmq)														
		10	20	30	40	50										

202120 C10

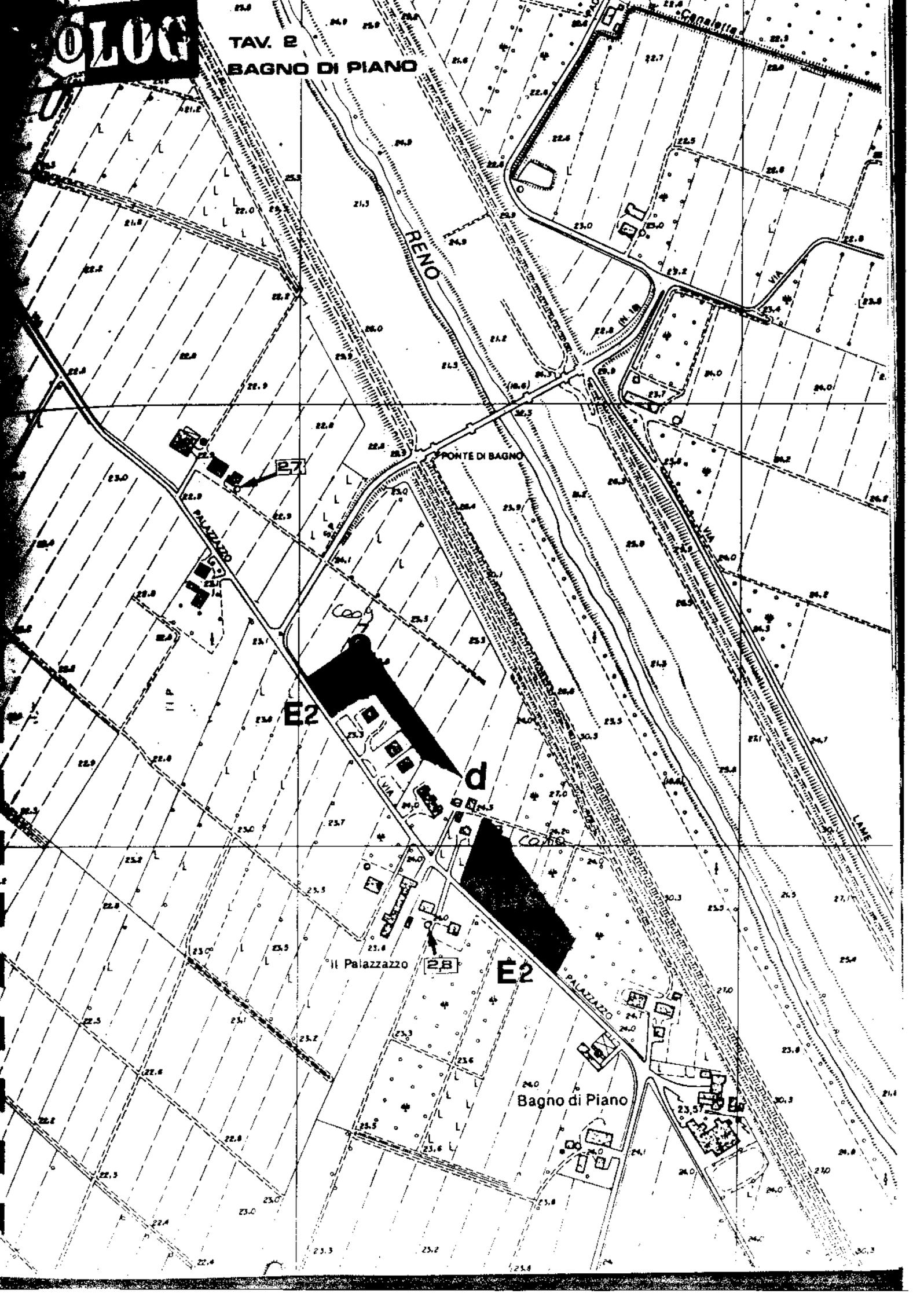


Torbe	Argille molli	Argille	Argille limose	Limi argillosi	Limi sabbiosi	Sabbie limose	Sabbie fini	Sabbie grosse	Ghiaie e sabbie
-------	---------------	---------	----------------	----------------	---------------	---------------	-------------	---------------	-----------------



COLORE

**TAV. 2
BAGNO DI PIANO**



All. 2

**Tabulati delle elaborazioni statistiche dei dati
delle prove penetrometriche**

5° percentile distribuzione della media
 N.B.: calcola il valore caratteristico quando la **superficie di rottura è grande**
 Rientrano in tale categoria : Platee di grandi dimensioni, plinti e travi collegate rigidamente, versanti naturali o fronti di scavo artificiali di elevata estensione, opere di contenimento, muri e diaframmi di altezza notevole, fondazioni su pali, per quanto riguarda la portata laterale

Parametro **cu** f per Φ, c per c', cu per Cu, a per altri

Dati	Media dati X	Xk	Valore caratteristico
1,65	1,26	1,01	
1,50	Dev. Stand. S		
1,40	0,31		
1,30	n° dati	0,72	Valore di progetto
1,20	7		
0,75			
1,00			

μ= media della popolazione

$$\mu = t(n-1) \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) + \bar{x}$$

t(n-1)	1,9432	Student 2 code
--------	--------	----------------

CPT 1-2003 : STRATO 1 (0,2-1,6)

5° percentile distribuzione della media
 N.B.: calcola il valore caratteristico quando la **superficie di rottura è grande**
 Rientrano in tale categoria : Platee di grandi dimensioni, plinti e travi collegate rigidamente, versanti naturali o fronti di scavo artificiali di elevata estensione, opere di contenimento, muri e diaframmi di altezza notevole, fondazioni su pali, per quanto riguarda la portata laterale

Parametro **cu** f per Φ, c per c', cu per Cu, a per altri

Dati	Media dati X	Xk	Valore caratteristico
0,60	0,46	0,36	
0,50	Dev. Stand. S		
0,45	0,10		
0,40	n° dati	0,25	Valore di progetto
0,35	5		

μ= media della popolazione

$$\mu = t(n-1) \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) + \bar{x}$$

t(n-1)	2,1318	Student 2 code
--------	--------	----------------

CPT 1-2003 : STRATO 2 (1,8-2,6)

5° percentile distribuzione della media
 N.B.: calcola il valore caratteristico quando la **superficie di rottura è grande**
 Rientrano in tale categoria : Platee di grandi dimensioni, plinti e travi collegate rigidamente, versanti naturali o fronti di scavo artificiali di elevata estensione, opere di contenimento, muri e diaframmi di altezza notevole, fondazioni su pali, per quanto riguarda la portata laterale

Parametro **cu** f per Φ, c per c', cu per Cu, a per altri

Dati	Media dati X	Xk	Valore caratteristico
0,20	0,20	0,17	
0,15	Dev. Stand. S		
0,10	0,11		
0,15	n° dati	0,12	Valore di progetto
0,20	31		
0,10			
0,10			
0,25			
0,40			
0,35			
0,30			
0,15			
0,15			
0,60			
0,19			
0,19			
0,19			
0,14			
0,09			
0,09			
0,09			
0,14			
0,09			
0,19			
0,14			
0,24			
0,29			
0,34			
0,24			
0,29			

μ= media della popolazione

$$\mu = t(n-1) \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) + \bar{x}$$

t(n-1)	1,6973	Student 2 code
--------	--------	----------------

CPT 1-2003 : STRATO 3 (2,8-8,8)

5° percentile distribuzione della media
 N.B.: calcola il valore caratteristico quando la **superficie di rottura è grande**
 Rientrano in tale categoria : Platee di grandi dimensioni, plinti e travi collegate rigidamente, versanti naturali o fronti di scavo artificiali di elevata estensione, opere di contenimento, muri e diaframmi di altezza notevole, fondazioni su pali, per quanto riguarda la portata laterale

Parametro **cu** f per Φ, c per c', cu per Cu, a per altri

Dati	Media dati X	Xk	Valore caratteristico
0,54	0,52	0,42	
0,34	Dev. Stand. S		
0,44	0,14		
0,49	n° dati	0,30	Valore di progetto
0,54	8		
0,39			
0,59			
0,79			

μ= media della popolazione

$$\mu = t(n-1) \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right) + \bar{x}$$

t(n-1)	1,8946	Student 2 code
--------	--------	----------------

CPT 1-2003 : STRATO 4 (9,0-10,4)

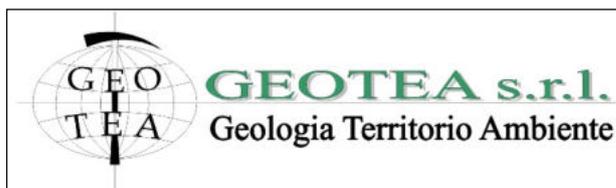
All. 3

**Stima della velocità di propagazione delle onde di taglio S e
misura delle principali frequenze di risonanza dei terreni**

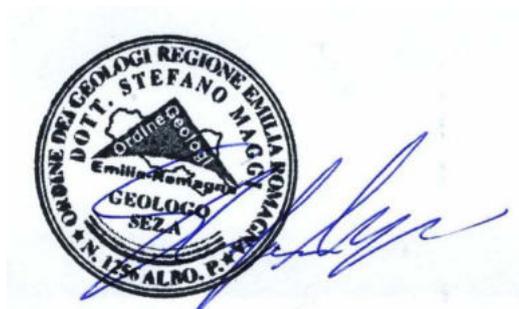
COMUNE DI SALA BOLOGNESE

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA

Determinazione della categoria di suolo di fondazione eseguita sulla base della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S ($V_{s,eq}$) dei terreni costituenti l'area sita presso Bagno di Piano.



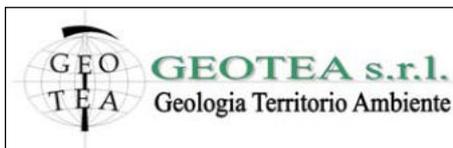
GEOTEA SRL
Via della Tecnica 57/A4
40068 San Lazzaro di Savena (BO)
Tel 0516255377 – Cell 349 7846581
Fax 0514998378
E-mail geotea.srl@database.it



Committente: **GRILLINI GEOL. LUCA**

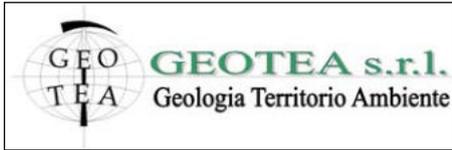
Dott. Geol. Stefano Maggi

Data indagine 13/09/2021
Commessa 21.420



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita presso Bagno di Piano – Sala Bolognese (BO).

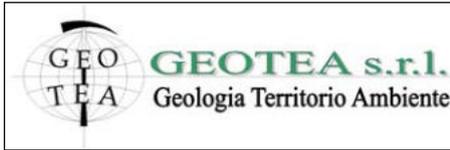
SOMMARIO.....		
2	IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO _____	3
3	PREMESSE _____	4
4	DESCRIZIONE DELLE INDAGINI _____	5
4.1	Introduzione generale _____	5
4.2	Tecnica MASW _____	6
4.3	Tecnica Re.Mi. _____	6
4.4	Misura a stazione singola H/V: procedura e strumentazione utilizzata _____	7
5	Risultati indagine _____	8
5.1	TECNICA IN ARRAY _____	8
5.2	TECNICA HVSR _____	9
6	MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO _____	11
7	CONCLUSIONI _____	12



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita presso Bagno di Piano – Sala Bolognese (BO).

2 IDENTIFICAZIONE DEL DOCUMENTO

- Il presente documento viene identificato con il numero 21.420 rev. n° 0;
- Le indagini e il lavoro svolto sono stati coordinati dal Dott. Geol. Stefano Maggi;
- Il presente documento è stato redatto dal Dott. Geol. Stefano Maggi in data 17/09/2021;
- Il documento si compone di n° 12 fogli



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita presso Bagno di Piano – Sala Bolognese (BO).

3 PREMESSE

Presso l'area sita località Bagno di Piano nel comune di Sala Bolognese (BO), in data 13/09/2021 è stata effettuata un'indagine geofisica mediante prova in array con tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), Re.Mi. (*Refraction Microtremor*) e misura a stazione singola con tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) al fine di ottenere la classificazione del tipo di suolo presente nel sito, sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio S (V_s ,eq), in ottemperanza a quanto riportato nel decreto del Ministero delle Infrastrutture, 17 gennaio 2018.

La presente indagine geofisica è consistita in:

- N. 1 profilo sismico in array con tecnica MASW-ReMi.
- N. 1 misura a stazione singola con tecnica HVSR (HVSR1)

Per quanto riguarda la prova in array l'acquisizione è stata effettuata mediante sismografo digitale modello ECHO 24 canali 24 bit. La misura a stazione singola è stata eseguita con tromografo digitale modello Tromino® Engy.

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è "GRILLA"© Release 2010 ver. 6.0 beta (All rights reserved).

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita presso Bagno di Piano – Sala Bolognese (BO).

4 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI

4.1 Introduzione generale

Esistono diversi tipi di onde superficiali, oltre alle già citate onde di *Rayleigh* ($P+S_v$), si conoscono le onde di *Love* (Sh) e le onde di *Lamb*. Le onde di *Rayleigh* rappresentano la componente principale delle onde superficiali e sono generate dall'interazione tra onde di compressione (o di volume) P e onde di taglio verticali S_v ogniqualevolta si è in presenza di una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. Le onde R si propagano alla superficie libera (vedi Fig. 1) con un moto ellittico retrogrado (moto antiorario) che si inverte alla profondità di $\lambda/2\pi$ (dove λ è la lunghezza d'onda). L'ampiezza di tale spostamento decresce secondo una legge esponenziale, pertanto diviene rapidamente trascurabile con la profondità.

L'utilizzo delle onde superficiali di tipo *Rayleigh* per la costruzione di un profilo di velocità delle onde di taglio V_s è giustificato da una serie di fattori:

- ❑ La percentuale di energia convertita in onde R è nettamente predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione di onde P (7%) e onde S (26%);
- ❑ il metodo d'analisi basato sulle onde R non è limitato, al contrario del metodo basato sulla rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
- ❑ buona risoluzione, a differenza della tecnica a riflessione;
- ❑ la propagazione delle onde di *Rayleigh*, anche se influenzata dalla V_p (velocità delle onde di compressione P) e dalla densità del mezzo, è funzione innanzitutto della V_s che rappresenta appunto il parametro fondamentale per la caratterizzazione geotecnica di un sito;
- ❑ la tecnica in questione è inoltre particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi.

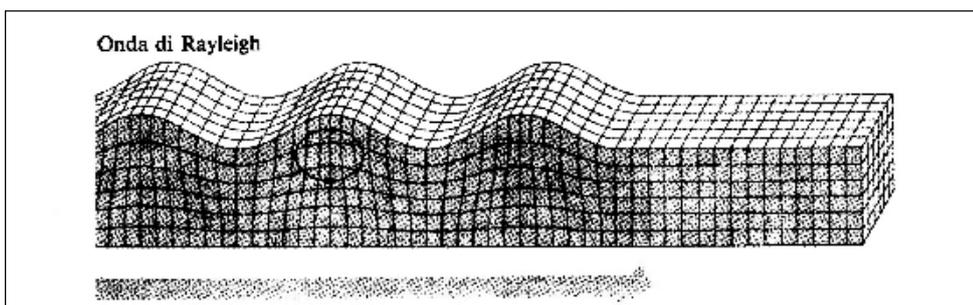


Figura 1 - Modalità di propagazione delle onde R

Tenuto conto dei fattori sopraelencati, l'elemento fondamentale che permette l'impiego di tecniche basate sulle onde superficiali e le onde *Rayleigh*, è una caratteristica chiamata *dispersione*. La dispersione è una proprietà delle onde superficiali che consiste nella deformazione di un treno d'onde dovuta alla variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza. Per le onde R questa variazione si manifesta solo all'interno di un mezzo stratificato. In altre parole, ipotizzando una variazione di densità del terreno in senso verticale, ciascuna

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita presso Bagno di Piano – Sala Bolognese (BO).

componente di frequenza dell'onda superficiale si propaga con una differente velocità (velocità di fase), e quindi con una diversa lunghezza d'onda; questa proprietà si chiama appunto dispersione.

La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda λ (e quindi per una certa frequenza ν) è influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino ad una profondità di $\lambda/2$ (anche se recenti studi hanno posto questo limite a $\lambda/2.5$). Inoltre, la velocità delle onde R (V_r) è pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio (V_s). Secondo quanto detto appare chiaro come la costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s , ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di *Rayleigh*, sia una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

4.2 Tecnica MASW

La procedura MASW si può sintetizzare in tre stadi successivi e distinti:

- acquisizione delle onde superficiali (*ground roll*);
- costruzione della curva di dispersione : grafico velocità di fase V_r – frequenza ν ;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale della V_s .

La prima fase viene effettuata direttamente in campagna generando un treno di onde superficiali mediante l'utilizzo di una sorgente sismica attiva, quale generalmente una mazza battente, e uno stendimento lineare di geofoni ricevitori (vedi Fig. 2). L'indagine svolta nel presente lavoro è stata condotta utilizzando la strumentazione DOLANG JEA 24 descritta nelle premesse.

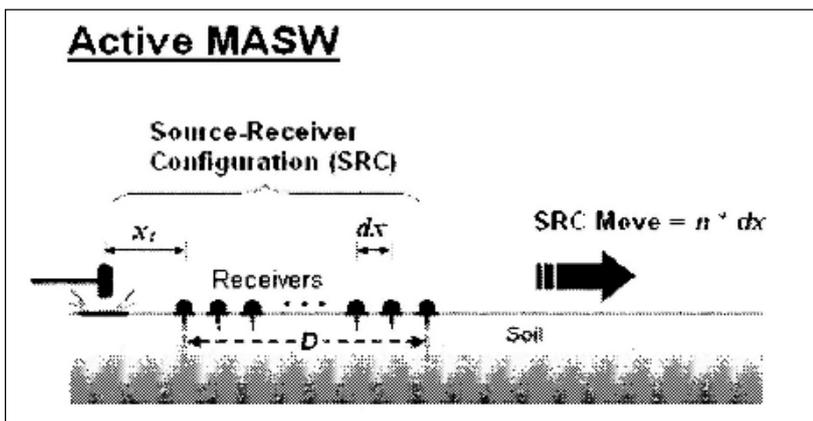


Figura 2 - MASW : stendimento lineare e sorgente attiva

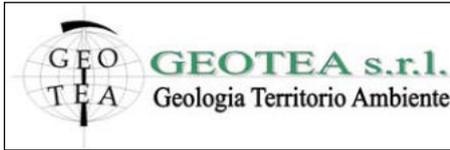
Mediante il software si procede alla lettura dei dati acquisiti (*common-shot gather*) e al calcolo dello spettro di velocità di fase (trasformata di Fourier) dal quale è possibile estrarre la curva di dispersione sperimentale.

Si procede quindi alla definizione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio S .

L'elaborazione dei dati acquisiti, avvenuta mediante software Grilla, è riportata in dettaglio nel rapporto d'indagine allegato alla presente relazione.

4.3 Tecnica Re.Mi.

A differenza del convenzionale metodo MASW, il quale prevede l'utilizzo di una sorgente sismica attiva (es:



Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita presso Bagno di Piano – Sala Bolognese (BO).

mazza battente), la tecnica Re.Mi. utilizza onde di superficie generate passivamente dall'ambiente circostante. L'origine di questo cosiddetto "rumore di fondo" è sia di tipo naturale (onde oceaniche di marea, perturbazioni atmosferiche) sia di tipo antropico (traffico veicolare, industrie, ferrovie, etc...).

L'utilizzo di profili di geofoni a geometria lineare, genera il problema della sovrastima della velocità di fase (velocità apparente) nello spettro di velocità che si ottiene dall'elaborazione dei dati. La velocità apparente nello spettro deriva dal fatto che la direzione di propagazione delle onde (rumore di fondo) non necessariamente è parallela allo stendimento di geofoni. Per questo motivo la pratica comune prevede che il picking sulla curva di dispersione sperimentale venga eseguito non in corrispondenza del massimo di energia, ma in corrispondenza del bordo inferiore.

Il metodo Re.Mi. eseguito nel presente studio ha sfruttato la stessa geometria di profilo utilizzata per il metodo MASW. Solitamente il campionamento complessivo è della durata di qualche minuto.

4.4 Misura a stazione singola H/V: procedura e strumentazione utilizzata

Il metodo *HVSR* (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) proposto da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente modificato da Nakamura (1989), si basa sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontale (H) e verticale (V) del rumore sismico registrato in un sito. Il rumore sismico è presente ovunque ed è generato sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) che dall'attività antropica. Il rumore sismico è indicato spesso come microtremore poiché è caratterizzato da oscillazioni molto deboli (dell'ordine dei $\mu\text{m/s}$). I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma soprattutto da onde superficiali, la cui velocità è comunque prossima a quella delle onde S (Mulargia et al., 2007). La tecnica di misura del rumore sismico richiede tempi di registrazione pari a 14-30 minuti e necessita di sensori tridirezionali da sismologia con messa in bolla, digitalizzatore 24 bit con elevata dinamica, elevato guadagno ed elevata frequenza di campionamento nativo, con minimizzazione del rumore elettro/meccanico.

L'acquisizione è stata eseguita utilizzando un tromografo digitale, "TROMINO ENGY" (*Micromed S.p.A.*) dotato di 3 canali velocimetrici (N-S, E-W, Up-Down) ad alto guadagno per l'acquisizione del microtremore sismico ambientale (fino a ~ 1.5 mm/s); il sistema opera nell'intervallo di frequenze 0.1–1024 Hz. L'elaborazione dei dati di rumore sismico acquisiti è avvenuta mediante software *Grilla*.

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSr per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita presso Bagno di Piano – Sala Bolognese (BO).

5 RISULTATI INDAGINE

5.1 TECNICA IN ARRAY

Strumentazione utilizzata.....Sismografo digitale 24 canali – 24 bit modello ECHO
 Numero di geofoni verticali (frq. Propria 4.5 Hz).....12
 Spaziatura tra i geofoni.....3.00 m
 Frequenza di campionamento.....2.090 Hz (MASW) – 156 Hz (Re.Mi.)
 Lunghezza traccia acquisita.....1 sec (MASW) – 120 sec (Re.Mi.)
 Sorgente.....mazza 8 kg e rumore ambientale

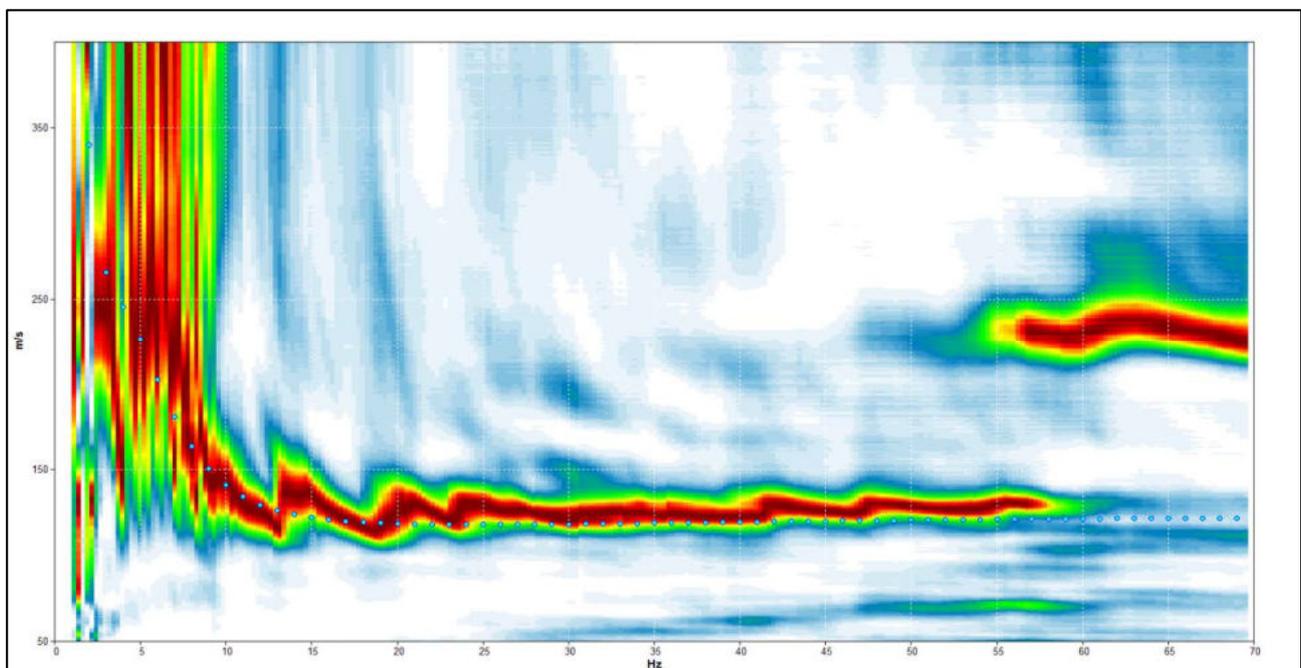


Figura 3 - Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh per il profilo sismico eseguito in array con tecnica MASW-Re.Mi. mediante sismografo digitale Dolang. In blu il modo fondamentale della curva di dispersione teorica per il modello di sottosuolo proposto per il sito.

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita presso Bagno di Piano – Sala Bolognese (BO).

5.2 TECNICA HVSR

Strumento: TROMINO MODELLO ENGY

Data registrazione: 13/09/2021

Durata registrazione: 0h20'00".

Freq. campionamento: 512 Hz

Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

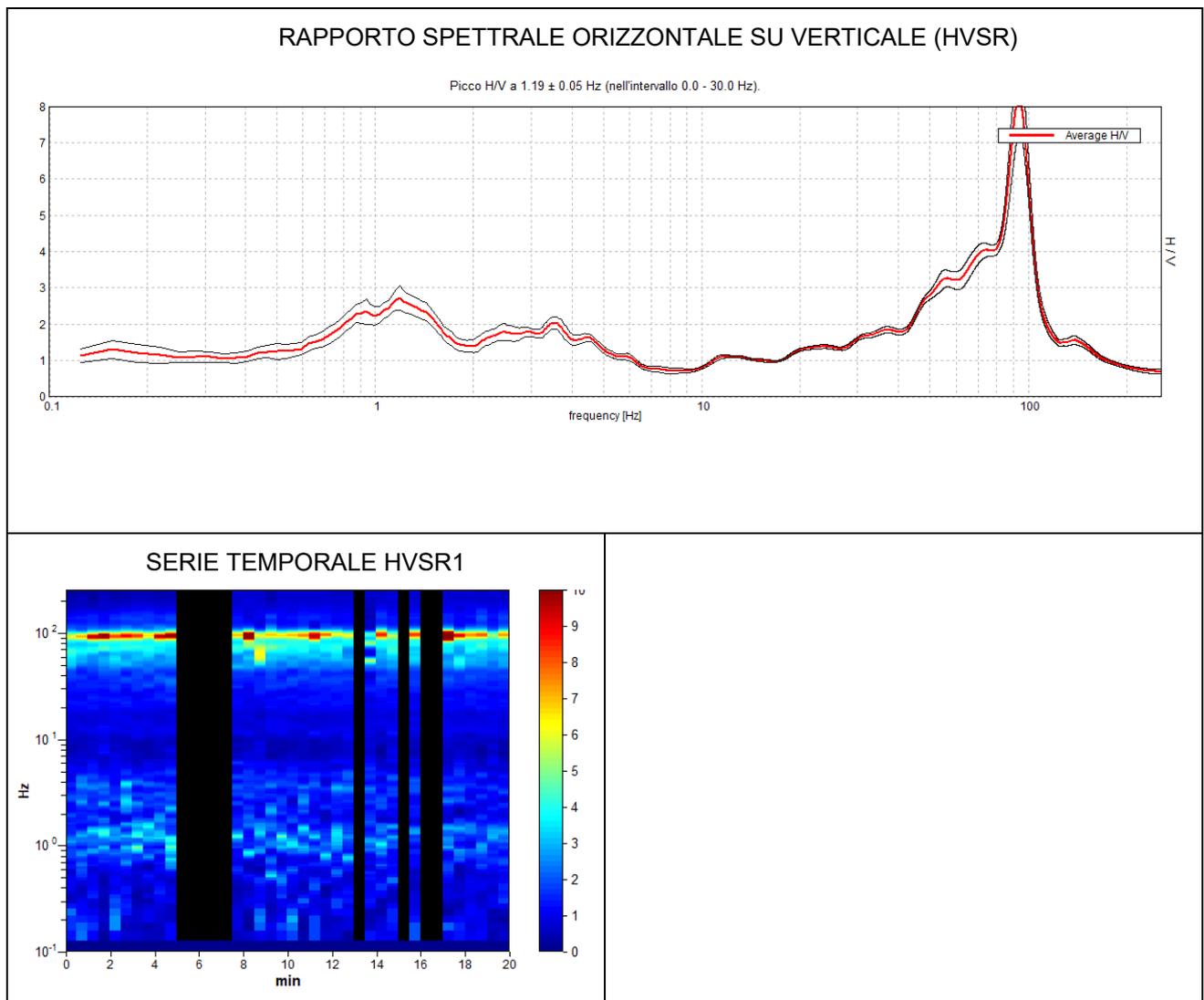


Figura 4 - Curva H/V (HVSR) registrata nel sito in esame e serie temporale considerata nell'analisi.

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita presso Bagno di Piano – Sala Bolognese (BO).

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI HVSR1

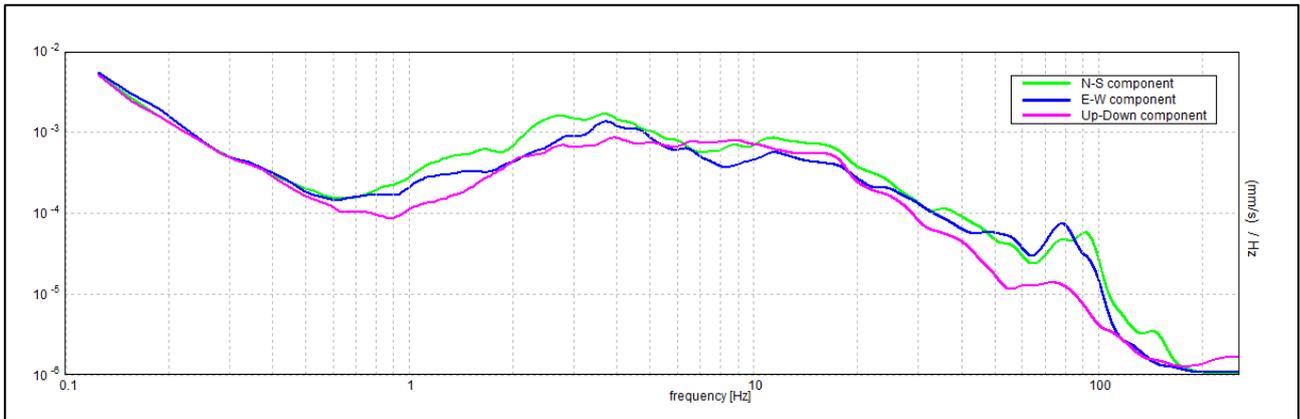


Figura 5 - spettri delle 3 componenti del moto in velocità registrate nel sito

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

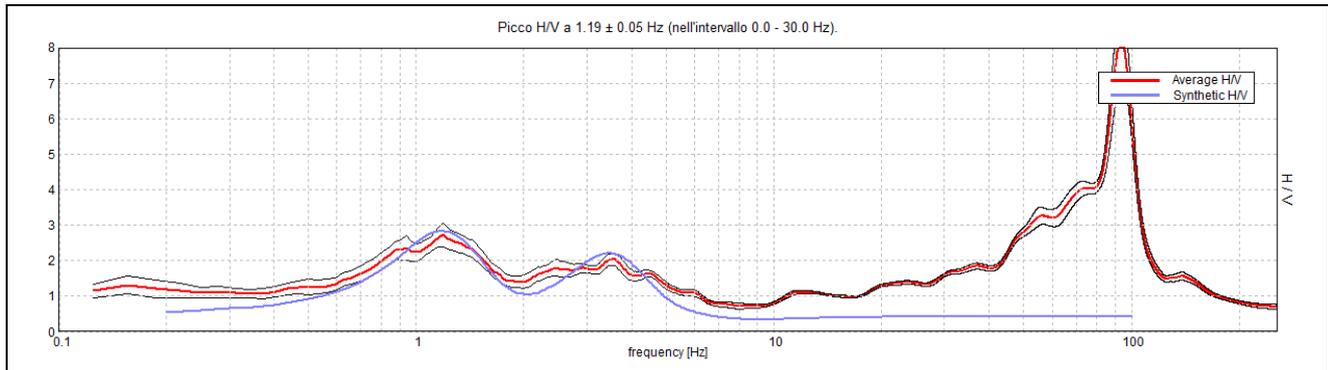


Figura 6 - confronto tra curva HVSR1 sperimentale registrata nel sito (scelta per il fit congiunto con prova MASW-Re.Mi.) e curva teorica (blu) relativa al modello di sottosuolo proposto per il sito.

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita presso Bagno di Piano – Sala Bolognese (BO).

6 MODELLO DI SOTTOSUOLO PROPOSTO PER IL SITO

Sulla base dei risultati ottenuti e dell'interpretazione dei dati acquisiti il modello di sottosuolo proposto per il sito in studio, in termini di profilo verticale di Vs, è il seguente (il modello è stato ottenuto mediante fit congiunto tra prova **MASW-Re.Mi.** e misura **HVSR1**):

Profondità base strato (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1.00	1.00	135
5.00	4.00	120
9.00	4.00	170
17.00	8.00	215
62.00	45.00	290
inf.	inf.	480

Tabella 1 – Modello di sottosuolo proposto per il sito

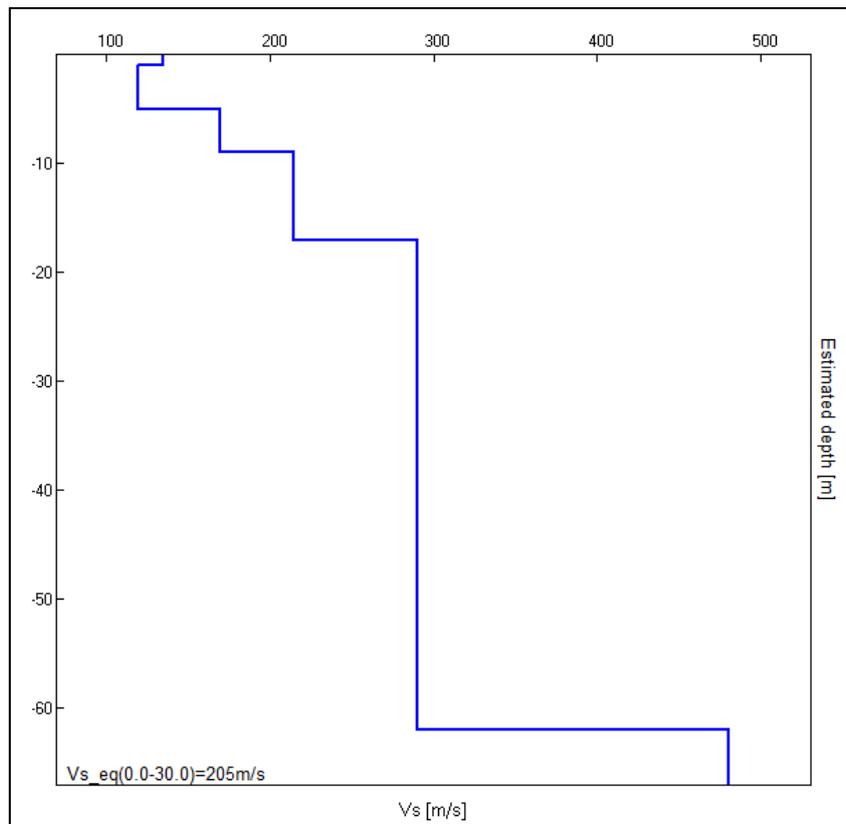


Figura 7 - Modello di velocità delle onde di taglio S (modello medio sotto il profilo effettuato)

Indagine geofisica effettuata mediante tecnica MASW-Re.Mi. e HVSR per la determinazione della categoria di suolo di fondazione dell'area sita presso Bagno di Piano – Sala Bolognese (BO).

7 CONCLUSIONI

L'analisi congiunta MASW-Re.Mi.-HVSR ha permesso sia di ricostruire il profilo verticale di velocità delle onde S nel sito in esame, sia di individuare la presenza di contrasti d'impedenza-rigidezza nel sottosuolo medesimo.

Vs,eq=Vs30 [m/s] da quota piano campagna su cui è stata eseguita l'indagine geofisica.....205

La curva HVSR indica la presenza di una modesta amplificazione locale del moto del suolo per risonanza stratigrafica a medio contrasto d'impedenza con picco a circa 1 Hz. Una seconda amplificazione locale, di entità ancora più modesta, si registra a circa 3.5 Hz.

La normativa applicata nel presente lavoro è il DM 17 gennaio 2018.

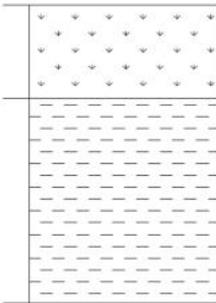
San Lazzaro di Savena, 17/09/2021



All. 4

Documentazione inerente le trincee di esplorazione

T1

0,0		
0,5		Terreno vegetale argilloso/limoso bruno scuro
1,6		Limo leggermente argilloso nocciola chiaro



T1 : Vista della prova



T1 : Vista dello scavo

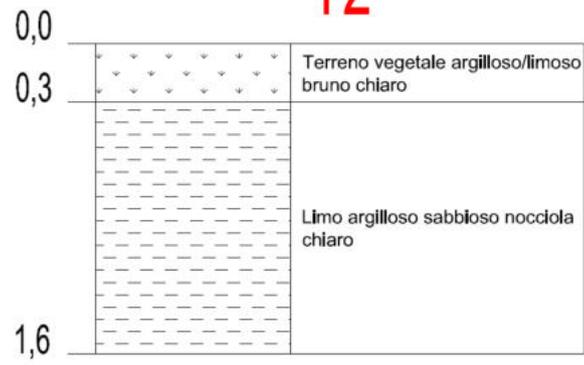


T1 : Vista del cumulo di limo



T1 : Quartatura del campione

T2



T2 : Vista della prova



T2 : Vista dello scavo

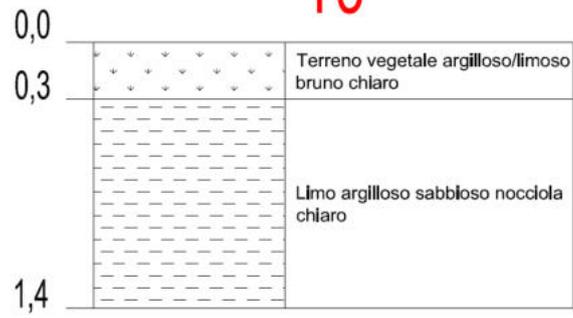


T2 : Vista del cumulo di limo



T2 : Quartatura del campione

T3



T3 : Vista della prova



T3 : Vista dello scavo

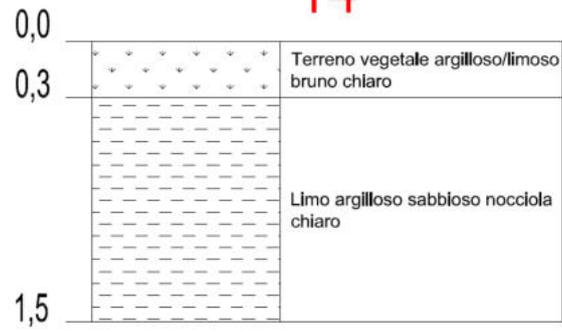


T3 : Vista del cumulo di limo



T3 : Quartatura del campione

T4



T4 : Vista della prova



T4 : Vista dello scavo

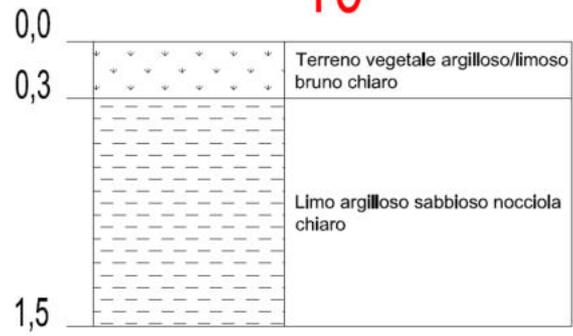


T4 : Vista del cumulo di limo



T4 : Quartatura del campione

T5



T5 : Vista della prova



T5 : Vista dello scavo



T5 : Vista del cumulo di limo



T5 : Quartatura del campione

All. 5

Certificati di analisi dei campioni di suolo



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

RAPPORTO DI PROVA



Tipologia del campione: **SUOLO**

Etichettatura e sigilli: **T1**

Numero del rapporto di prova: **21BO16091**

Committente: **Studio di Geologia Dott. Grillini Luca
via Stoppato Alessandro, 16
40128 Bologna (BO)**

Produttore del campione: **DOMUS HOLDING S.r.l.
Comparto C.1.8. di Bagno di Piano
40010 Sala Bolognese (BO)**

Data di ricevimento del campione: **19/10/2021**

Data inizio analisi: **19/10/2021**

Data fine analisi: **26/10/2021**

Data di campionamento: **19/10/2021**

Campionamento a cura di: **Dott. Geol. Luca Grillini**

Luogo di campionamento: **Comparto C.1.8. di Bagno di Piano - Sala Bolognese (BO)**

Verbale di campionamento: **A cura del prelevatore**

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 1 di 6

Firmato digitalmente da

Francesco Stante

O = Ordine Interregionale dei Chimici
Emilia-Romagna
C = IT



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16091** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Parametro	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
<i>Metodo</i>				
Residuo secco a 105 °C ISO 11465:1993 p.to 7.2	% m/m	89,5	±9,1	
Scheletro DM 13/09/1999 SO GU n° 248 21/10/1999 Met. II.1	g/kg	< 1		
Arsenico EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	4,3	±2,4	< 20
Cadmio EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	< 0,5		< 2
Cobalto EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	9,4	±3,3	< 20
Cromo EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	34,6	±21,9	< 150
Cromo VI EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992	mg/kg s.s.	< 0,4		< 2
Mercurio EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	< 0,5		< 1
Nichel EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	39,0	±23,5	< 120
Piombo EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	11,3	±6,5	< 100
Rame EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	26,8	±16,7	< 120
Zinco EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	61,4	±8,2	< 150
Idrocarburi leggeri (C<12) EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 1		< 10
Idrocarburi (C12 - C40) ISPRA Man 75 2011	mg/kg s.s.	< 5		< 50
* Amianto (fibre libere) DM 06/09/1994 ALLEGATO 1	mg/kg s.s.	< 100		< 1000
Benzene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,1
Etilbenzene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Stirene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Toluene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Xilene (somma di isomeri) EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,04		< 0,5

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 2 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16091** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
m+p-Xilene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		
o-Xilene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		
Sommatoria organici aromatici EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,1		
Benzo(a)antracene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Benzo(k)fluorantene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Benzo(g,h,i)perilene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Benzo(a)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Benzo(b)fluorantene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 5
Dibenzo(a,e)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,h)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,l)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,i)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,h)antracene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Indeno(1,2,3-c,d)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Crisene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 5
Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 34) EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,09		< 10

Limiti: » D.Lgs 152/2006

Limiti definiti dal D.Lgs. 152/2006 Parte IV - Titolo V - All. 5 - Tab. 1 - Col. A (siti ad uso verde pubblico privato e residenziale)

Il simbolo "<" riportato nei limiti sopra elencati va inteso come "inferiore o uguale".

21BO16091/01

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 3 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16091** del **26/10/2021**

Risultati analitici

21BO16091/01

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
PREPARAZIONE ELUATO SECONDO UNI EN 12457-2:2004				
Massa campione di Laboratorio UNI EN 12457-2:2004	kg	> 2,1		
Frazione maggiore di 4 mm UNI EN 12457-2:2004	%	100		
Frazione non macinabile UNI EN 12457-2:2004	%	< 1		
Massa grezza pesata UNI EN 12457-2:2004	kg	0,106	±0,005	
Umidità UNI EN 12457-2:2004	%	10,5	±1,1	
Data effettuazione eluato UNI EN 12457-2:2004	data	20/10/2021		
Volume di liscivante UNI EN 12457-2:2004	l	0,939	±0,094	
pH fine eluizione. UNI EN 12457-2:2004	upH	9,22	±0,23	
Conducibilità. UNI EN 27888:1995	microS/cm	87,8	±7,0	
Temperatura UNI EN 12457-2:2004	°C	20,0	±2,0	
Data ultima prova in bianco UNI EN 12457-2:2004	data	20/10/2021		
PROVE SU ELUATO DA TEST DI CESSIONE IN ACQUA DEIONIZZATA (DM 05/02/98-DM186/06)				
Arsenico. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,010
Bario. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	0,0146	±0,0028	
Berillio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,004
Cadmio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,005
Cobalto. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,005		< 0,050
Cromo totale. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,050

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 4 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16091** del **26/10/2021**

Risultati analitici

21BO16091/01

Parametro	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
<i>Metodo</i>				
Rame.	mg/l	< 0,001		< 1,000
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Mercurio.	mg/l	< 0,0001		< 0,001
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Nichel.	mg/l	< 0,001		< 0,020
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Piombo.	mg/l	< 0,005		< 0,010
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Selenio.	mg/l	< 0,001		< 0,010
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Vanadio.	mg/l	< 0,010		
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Zinco.	mg/l	0,010	±0,002	< 3
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Cloruri.	mg/l	< 12,5		
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
Fluoruri.	mg/l	< 0,25		< 1,5
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
Solfati.	mg/l	21,66	±2,60	< 250
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
* Cianuri.	mg/l	< 0,01		< 0,050
UNI EN 12457-2:2004+UNI EN 16192:2012+EN ISO 14403:2002				
Nitrati.	mg/l	< 5		
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
* Amianto.	mg/l	< 0,1		
D.Lgs. 17/03/95 All. B				
* Richiesta chimica di ossigeno (COD)	mg/l	< 15		
UNI EN 12457-2:2004 + ISO 15705:2002				
pH.	upH	9,2	±0,2	
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + ISO 10523:2008				

Limiti: » D.Lgs 152/2006

Lim.: Limiti definiti dal D.Lgs 152/2006 titolo V all. 5 tabella 2.

Il simbolo "<" riportato nei limiti sopra elencati va inteso come "inferiore o uguale".

(*): Prova non accreditata da ACCREDIA

L'incertezza è espressa nelle unità di misura del parametro a cui si riferiscono. Il fattore di copertura è pari a k=2 con un intervallo di probabilità del 95%.

GIUDIZI DI CONFORMITA':

Visti i risultati delle analisi effettuate sui parametri richiesti dal committente (ottenuti sul passante al setaccio a 2mm e riportati sul campione) e limitatamente agli stessi si può affermare che il terreno corrispondente al campione ricevuto mostra livelli di inquinamento CONFORMI ai limiti definiti dal D.Lgs. 152/2006 Parte IV - Titolo V - All. 5 - Tab. 1 -

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 5 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16091** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Col. A (siti ad uso verde pubblico privato e residenziale).

In base ai risultati ottenuti dalle analisi del test di cessione effettuato come da D.M. 5-2-98 ALL. 3 risulta CONFORME ai limiti definiti dal D.Lgs 152/2006 titolo V all. 5 tabella 2 (acque sotterranee).

Il giudizio di conformità è reso considerando l'incertezza di misura come previsto dalla Tabella 1 della Linea Guida ILAC-G8:09/2019 ed utilizzata in base all'approccio della regola decisionale binaria (senza guard band).

NOTE RELATIVE ALL'INCERTEZZA DI MISURA:

Ai dati non è stato applicato il recupero in quanto sia in sede di validazione che durante i controlli qualità lo stesso si è mantenuto almeno nel range 70 - 130%.

Qualora l'attività di campionamento sia effettuata dal Laboratorio e sia sotto accreditamento, l'incertezza riportata sul rapporto di prova si riferisce alla sola fase analitica.

NOTE RELATIVE AL CAMPIONAMENTO:

L'attività di campionamento è intesa accreditata solo qualora questa sia associata ad una o più prove accreditate, salvo l'attività di campionamento non preveda attività di misura in campo sotto accreditamento.

Qualora il campionamento sia effettuato dal Cliente, i risultati si riferiscono alla porzione di campione così come consegnata dal Cliente in Laboratorio.

IL LABORATORIO NON E' RESPONSABILE DELLE SEGUENTI INFORMAZIONI FORNITE DAL CLIENTE:

- 1) Descrizione "Etichettatura e Sigilli" ove diverso da "Nessuna etichettatura e nessun sigillo";
- 2) Codice CER (in caso di campione costituito da Rifiuto);
- 3) Data di campionamento;
- 4) Verbale di campionamento (qualora redatto e fornito dal Cliente);
- 5) Identificazione del campionatore (qualora diverso dal personale di Laboratorio);
- 6) Metodo di campionamento (qualora il campionamento sia effettuato da personale diverso dal Laboratorio);
- 7) Luogo di campionamento (qualora il campionamento sia effettuato da personale diverso dal Laboratorio).

Il Responsabile di Laboratorio

Dott.Chim. Francesco Stante

Fine del rapporto di prova n° **21BO16091**

Bologna lì: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 6 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

RAPPORTO DI PROVA



Tipologia del campione: **SUOLO**

Etichettatura e sigilli: **T2**

Numero del rapporto di prova: **21BO16092**

Committente: **Studio di Geologia Dott. Grillini Luca
via Stoppato Alessandro, 16
40128 Bologna (BO)**

Produttore del campione: **DOMUS HOLDING S.r.l.
Comparto C.1.8. di Bagno di Piano
40010 Sala Bolognese (BO)**

Data di ricevimento del campione: **19/10/2021**

Data inizio analisi: **19/10/2021**

Data fine analisi: **26/10/2021**

Data di campionamento: **19/10/2021**

Campionamento a cura di: **Dott. Geol. Luca Grillini**

Luogo di campionamento: **Comparto C.1.8. di Bagno di Piano - Sala Bolognese (BO)**

Verbale di campionamento: **A cura del prelevatore**

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 1 di 6

Firmato digitalmente da

Francesco Stante

O = Ordine Interregionale dei Chimici
Emilia-Romagna
C = IT



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16092** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Parametro	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
<i>Metodo</i>				
Residuo secco a 105 °C ISO 11465:1993 p.to 7.2	% m/m	89,0	±9,1	
Scheletro DM 13/09/1999 SO GU n° 248 21/10/1999 Met. II.1	g/kg	< 1		
Arsenico EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	3,6	±2,0	< 20
Cadmio EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	< 0,5		< 2
Cobalto EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	11,5	±4,0	< 20
Cromo EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	36,6	±23,2	< 150
Cromo VI EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992	mg/kg s.s.	< 0,4		< 2
Mercurio EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	< 0,5		< 1
Nichel EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	44,8	±27,0	< 120
Piombo EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	12,2	±7,0	< 100
Rame EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	30,0	±18,6	< 120
Zinco EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	67,0	±9,0	< 150
Idrocarburi leggeri (C<12) EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 1		< 10
Idrocarburi (C12 - C40) ISPRA Man 75 2011	mg/kg s.s.	9	±4	< 50
* Amianto (fibre libere) DM 06/09/1994 ALLEGATO 1	mg/kg s.s.	< 100		< 1000
Benzene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,1
Etilbenzene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Stirene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Toluene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Xilene (somma di isomeri) EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,04		< 0,5

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 2 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16092** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
m+p-Xilene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		
o-Xilene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		
Sommatoria organici aromatici EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,1		
Benzo(a)antracene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Benzo(k)fluorantene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Benzo(g,h,i)perilene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Benzo(a)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Benzo(b)fluorantene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 5
Dibenzo(a,e)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,h)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,l)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,i)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,h)antracene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Indeno(1,2,3-c,d)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Crisene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 5
Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 34) EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,09		< 10

Limiti: » D.Lgs 152/2006

Limiti definiti dal D.Lgs. 152/2006 Parte IV - Titolo V - All. 5 - Tab. 1 - Col. A (siti ad uso verde pubblico privato e residenziale)

Il simbolo "<" riportato nei limiti sopra elencati va inteso come "inferiore o uguale".

21BO16092/01

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 3 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16092** del **26/10/2021**

Risultati analitici

21BO16092/01

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
PREPARAZIONE ELUATO SECONDO UNI EN 12457-2:2004				
Massa campione di Laboratorio UNI EN 12457-2:2004	kg	> 2,1		
Frazione maggiore di 4 mm UNI EN 12457-2:2004	%	100		
Frazione non macinabile UNI EN 12457-2:2004	%	< 1		
Massa grezza pesata UNI EN 12457-2:2004	kg	0,106	±0,005	
Umidità UNI EN 12457-2:2004	%	11,0	±1,1	
Data effettuazione eluato UNI EN 12457-2:2004	data	20/10/2021		
Volume di liscivante UNI EN 12457-2:2004	l	0,943	±0,094	
pH fine eluizione. UNI EN 12457-2:2004	upH	8,97	±0,22	
Conducibilità. UNI EN 27888:1995	microS/cm	< 80		
Temperatura UNI EN 12457-2:2004	°C	20,0	±2,0	
Data ultima prova in bianco UNI EN 12457-2:2004	data	20/10/2021		
PROVE SU ELUATO DA TEST DI CESSIONE IN ACQUA DEIONIZZATA (DM 05/02/98-DM186/06)				
Arsenico. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,010
Bario. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	0,0083	±0,0016	
Berillio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,004
Cadmio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,005
Cobalto. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,005		< 0,050
Cromo totale. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,050

Bologna lì: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 4 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16092** del **26/10/2021**

Risultati analitici

21BO16092/01

Parametro	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
<i>Metodo</i>				
Rame.	mg/l	< 0,001		< 1,000
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Mercurio.	mg/l	< 0,0001		< 0,001
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Nichel.	mg/l	< 0,001		< 0,020
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Piombo.	mg/l	< 0,005		< 0,010
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Selenio.	mg/l	< 0,001		< 0,010
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Vanadio.	mg/l	< 0,010		
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Zinco.	mg/l	< 0,005		< 3
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Cloruri.	mg/l	< 12,5		
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
Fluoruri.	mg/l	< 0,25		< 1,5
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
Solfati.	mg/l	< 12,5		< 250
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
* Cianuri.	mg/l	< 0,01		< 0,050
UNI EN 12457-2:2004+UNI EN 16192:2012+EN ISO 14403:2002				
Nitrati.	mg/l	< 5		
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
* Amianto.	mg/l	< 0,1		
D.Lgs. 17/03/95 All. B				
* Richiesta chimica di ossigeno (COD)	mg/l	< 15		
UNI EN 12457-2:2004 + ISO 15705:2002				
pH.	upH	9,0	±0,2	
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + ISO 10523:2008				

Limiti: » D.Lgs 152/2006

Lim.: Limiti definiti dal D.Lgs 152/2006 titolo V all. 5 tabella 2.

Il simbolo "<" riportato nei limiti sopra elencati va inteso come "inferiore o uguale".

(*): Prova non accreditata da ACCREDIA

L'incertezza è espressa nelle unità di misura del parametro a cui si riferiscono. Il fattore di copertura è pari a k=2 con un intervallo di probabilità del 95%.

GIUDIZI DI CONFORMITA':

Visti i risultati delle analisi effettuate sui parametri richiesti dal committente (ottenuti sul passante al setaccio a 2mm e riportati sul campione) e limitatamente agli stessi si può affermare che il terreno corrispondente al campione ricevuto mostra livelli di inquinamento CONFORMI ai limiti definiti dal D.Lgs. 152/2006 Parte IV - Titolo V - All. 5 - Tab. 1 -

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 5 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16092** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Col. A (siti ad uso verde pubblico privato e residenziale).

In base ai risultati ottenuti dalle analisi del test di cessione effettuato come da D.M. 5-2-98 ALL. 3 risulta CONFORME ai limiti definiti dal D.Lgs 152/2006 titolo V all. 5 tabella 2 (acque sotterranee).

Il giudizio di conformità è reso considerando l'incertezza di misura come previsto dalla Tabella 1 della Linea Guida ILAC-G8:09/2019 ed utilizzata in base all'approccio della regola decisionale binaria (senza guard band).

NOTE RELATIVE ALL'INCERTEZZA DI MISURA:

Ai dati non è stato applicato il recupero in quanto sia in sede di validazione che durante i controlli qualità lo stesso si è mantenuto almeno nel range 70 - 130%.

Qualora l'attività di campionamento sia effettuata dal Laboratorio e sia sotto accreditamento, l'incertezza riportata sul rapporto di prova si riferisce alla sola fase analitica.

NOTE RELATIVE AL CAMPIONAMENTO:

L'attività di campionamento è intesa accreditata solo qualora questa sia associata ad una o più prove accreditate, salvo l'attività di campionamento non preveda attività di misura in campo sotto accreditamento.

Qualora il campionamento sia effettuato dal Cliente, i risultati si riferiscono alla porzione di campione così come consegnata dal Cliente in Laboratorio.

IL LABORATORIO NON E' RESPONSABILE DELLE SEGUENTI INFORMAZIONI FORNITE DAL CLIENTE:

- 1) Descrizione "Etichettatura e Sigilli" ove diverso da "Nessuna etichettatura e nessun sigillo";
- 2) Codice CER (in caso di campione costituito da Rifiuto);
- 3) Data di campionamento;
- 4) Verbale di campionamento (qualora redatto e fornito dal Cliente);
- 5) Identificazione del campionatore (qualora diverso dal personale di Laboratorio);
- 6) Metodo di campionamento (qualora il campionamento sia effettuato da personale diverso dal Laboratorio);
- 7) Luogo di campionamento (qualora il campionamento sia effettuato da personale diverso dal Laboratorio).

Il Responsabile di Laboratorio

Dott.Chim. Francesco Stante

Fine del rapporto di prova n° **21BO16092**

Bologna lì: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 6 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

RAPPORTO DI PROVA



Tipologia del campione: **SUOLO**

Etichettatura e sigilli: **T3**

Numero del rapporto di prova: **21BO16093**

Committente: **Studio di Geologia Dott. Grillini Luca
via Stoppato Alessandro, 16
40128 Bologna (BO)**

Produttore del campione: **DOMUS HOLDING S.r.l.
Comparto C.1.8. di Bagno di Piano
40010 Sala Bolognese (BO)**

Data di ricevimento del campione: **19/10/2021**

Data inizio analisi: **19/10/2021**

Data fine analisi: **26/10/2021**

Data di campionamento: **19/10/2021**

Campionamento a cura di: **Dott. Geol. Luca Grillini**

Luogo di campionamento: **Comparto C.1.8. di Bagno di Piano - Sala Bolognese (BO)**

Verbale di campionamento: **A cura del prelevatore**

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 1 di 6

Firmato digitalmente da

Francesco Stante

O = Ordine Interregionale dei Chimici
Emilia-Romagna
C = IT



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16093** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Parametro	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
<i>Metodo</i>				
Residuo secco a 105 °C ISO 11465:1993 p.to 7.2	% m/m	88,8	±9,1	
Scheletro DM 13/09/1999 SO GU n° 248 21/10/1999 Met. II.1	g/kg	< 1		
Arsenico EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	4,5	±2,5	< 20
Cadmio EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	< 0,5		< 2
Cobalto EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	12,9	±4,5	< 20
Cromo EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	41,9	±26,5	< 150
Cromo VI EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992	mg/kg s.s.	< 0,4		< 2
Mercurio EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	< 0,5		< 1
Nichel EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	50,8	±6,8	< 120
Piombo EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	14,1	±8,1	< 100
Rame EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	40,8	±25,4	< 120
Zinco EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	81,4	±10,9	< 150
Idrocarburi leggeri (C<12) EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 1		< 10
Idrocarburi (C12 - C40) ISPRA Man 75 2011	mg/kg s.s.	7	±3	< 50
* Amianto (fibre libere) DM 06/09/1994 ALLEGATO 1	mg/kg s.s.	< 100		< 1000
Benzene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,1
Etilbenzene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Stirene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Toluene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Xilene (somma di isomeri) EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,04		< 0,5

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 2 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16093** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
m+p-Xilene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		
o-Xilene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		
Sommatoria organici aromatici EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,1		
Benzo(a)antracene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Benzo(k)fluorantene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Benzo(g,h,i)perilene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Benzo(a)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Benzo(b)fluorantene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 5
Dibenzo(a,e)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,h)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,l)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,i)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,h)antracene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Indeno(1,2,3-c,d)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Crisene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 5
Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 34) EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,09		< 10

Limiti: » D.Lgs 152/2006

Limiti definiti dal D.Lgs. 152/2006 Parte IV - Titolo V - All. 5 - Tab. 1 - Col. A (siti ad uso verde pubblico privato e residenziale)

Il simbolo "<" riportato nei limiti sopra elencati va inteso come "inferiore o uguale".

21BO16093/01

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 3 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16093** del **26/10/2021**

Risultati analitici

21BO16093/01

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
PREPARAZIONE ELUATO SECONDO UNI EN 12457-2:2004				
Massa campione di Laboratorio UNI EN 12457-2:2004	kg	> 2,1		
Frazione maggiore di 4 mm UNI EN 12457-2:2004	%	100		
Frazione non macinabile UNI EN 12457-2:2004	%	< 1		
Massa grezza pesata UNI EN 12457-2:2004	kg	0,106	±0,005	
Umidità UNI EN 12457-2:2004	%	11,2	±1,1	
Data effettuazione eluato UNI EN 12457-2:2004	data	20/10/2021		
Volume di liscivante UNI EN 12457-2:2004	l	0,930	±0,093	
pH fine eluizione. UNI EN 12457-2:2004	upH	8,65	±0,22	
Conducibilità. UNI EN 27888:1995	microS/cm	133,3	±10,7	
Temperatura UNI EN 12457-2:2004	°C	20,0	±2,0	
Data ultima prova in bianco UNI EN 12457-2:2004	data	20/10/2021		
PROVE SU ELUATO DA TEST DI CESSIONE IN ACQUA DEIONIZZATA (DM 05/02/98-DM186/06)				
Arsenico. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,010
Bario. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	0,0079	±0,0015	
Berillio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,004
Cadmio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,005
Cobalto. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,005		< 0,050
Cromo totale. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,050

Bologna lì: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 4 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16093** del **26/10/2021**

Risultati analitici

21BO16093/01

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
Rame. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 1,000
Mercurio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,0001		< 0,001
Nichel. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,020
Piombo. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,005		< 0,010
Selenio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,010
Vanadio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,010		
Zinco. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,005		< 3
Cloruri. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009	mg/l	< 12,5		
Fluoruri. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009	mg/l	0,37	±0,08	< 1,5
Solfati. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009	mg/l	36,05	±4,33	< 250
* Cianuri. UNI EN 12457-2:2004+UNI EN 16192:2012+EN ISO 14403:2002	mg/l	< 0,01		< 0,050
Nitrati. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009	mg/l	< 5		
* Amianto. D.Lgs. 17/03/95 All. B	mg/l	< 0,1		
* Richiesta chimica di ossigeno (COD) UNI EN 12457-2:2004 + ISO 15705:2002	mg/l	< 15		
pH. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + ISO 10523:2008	upH	8,7	±0,2	

Limiti: » D.Lgs 152/2006

Lim.: Limiti definiti dal D.Lgs 152/2006 titolo V all. 5 tabella 2.

Il simbolo "<" riportato nei limiti sopra elencati va inteso come "inferiore o uguale".

(*): Prova non accreditata da ACCREDIA

L'incertezza è espressa nelle unità di misura del parametro a cui si riferiscono. Il fattore di copertura è pari a k=2 con un intervallo di probabilità del 95%.

GIUDIZI DI CONFORMITA':

Visti i risultati delle analisi effettuate sui parametri richiesti dal committente (ottenuti sul passante al setaccio a 2mm e riportati sul campione) e limitatamente agli stessi si può affermare che il terreno corrispondente al campione ricevuto mostra livelli di inquinamento CONFORMI ai limiti definiti dal D.Lgs. 152/2006 Parte IV - Titolo V - All. 5 - Tab. 1 -

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 5 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16093** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Col. A (siti ad uso verde pubblico privato e residenziale).

In base ai risultati ottenuti dalle analisi del test di cessione effettuato come da D.M. 5-2-98 ALL. 3 risulta CONFORME ai limiti definiti dal D.Lgs 152/2006 titolo V all. 5 tabella 2 (acque sotterranee).

Il giudizio di conformità è reso considerando l'incertezza di misura come previsto dalla Tabella 1 della Linea Guida ILAC-G8:09/2019 ed utilizzata in base all'approccio della regola decisionale binaria (senza guard band).

NOTE RELATIVE ALL'INCERTEZZA DI MISURA:

Ai dati non è stato applicato il recupero in quanto sia in sede di validazione che durante i controlli qualità lo stesso si è mantenuto almeno nel range 70 - 130%.

Qualora l'attività di campionamento sia effettuata dal Laboratorio e sia sotto accreditamento, l'incertezza riportata sul rapporto di prova si riferisce alla sola fase analitica.

NOTE RELATIVE AL CAMPIONAMENTO:

L'attività di campionamento è intesa accreditata solo qualora questa sia associata ad una o più prove accreditate, salvo l'attività di campionamento non preveda attività di misura in campo sotto accreditamento.

Qualora il campionamento sia effettuato dal Cliente, i risultati si riferiscono alla porzione di campione così come consegnata dal Cliente in Laboratorio.

IL LABORATORIO NON E' RESPONSABILE DELLE SEGUENTI INFORMAZIONI FORNITE DAL CLIENTE:

- 1) Descrizione "Etichettatura e Sigilli" ove diverso da "Nessuna etichettatura e nessun sigillo";
- 2) Codice CER (in caso di campione costituito da Rifiuto);
- 3) Data di campionamento;
- 4) Verbale di campionamento (qualora redatto e fornito dal Cliente);
- 5) Identificazione del campionatore (qualora diverso dal personale di Laboratorio);
- 6) Metodo di campionamento (qualora il campionamento sia effettuato da personale diverso dal Laboratorio);
- 7) Luogo di campionamento (qualora il campionamento sia effettuato da personale diverso dal Laboratorio).

Il Responsabile di Laboratorio

Dott.Chim. Francesco Stante

Fine del rapporto di prova n° **21BO16093**

Bologna lì: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 6 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

RAPPORTO DI PROVA



Tipologia del campione: **SUOLO**

Etichettatura e sigilli: **T4**

Numero del rapporto di prova: **21BO16094**

Committente: **Studio di Geologia Dott. Grillini Luca
via Stoppato Alessandro, 16
40128 Bologna (BO)**

Produttore del campione: **DOMUS HOLDING S.r.l.
Comparto C.1.8. di Bagno di Piano
40010 Sala Bolognese (BO)**

Data di ricevimento del campione: **19/10/2021**

Data inizio analisi: **19/10/2021**

Data fine analisi: **26/10/2021**

Data di campionamento: **19/10/2021**

Campionamento a cura di: **Dott. Geol. Luca Grillini**

Luogo di campionamento: **Comparto C.1.8. di Bagno di Piano - Sala Bolognese (BO)**

Verbale di campionamento: **A cura del prelevatore**

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 1 di 6

Firmato digitalmente da

Francesco Stante

O = Ordine Interregionale dei Chimici
Emilia-Romagna
C = IT



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16094** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Parametro	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
<i>Metodo</i>				
Residuo secco a 105 °C ISO 11465:1993 p.to 7.2	% m/m	88,6	±9,0	
Scheletro DM 13/09/1999 SO GU n° 248 21/10/1999 Met. II.1	g/kg	< 1		
Arsenico EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	4,9	±2,7	< 20
Cadmio EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	< 0,5		< 2
Cobalto EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	12,2	±4,2	< 20
Cromo EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	43,0	±27,3	< 150
Cromo VI EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992	mg/kg s.s.	< 0,4		< 2
Mercurio EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	< 0,5		< 1
Nichel EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	50,4	±6,8	< 120
Piombo EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	13,1	±7,6	< 100
Rame EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	32,9	±20,5	< 120
Zinco EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	73,7	±9,9	< 150
Idrocarburi leggeri (C<12) EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 1		< 10
Idrocarburi (C12 - C40) ISPRA Man 75 2011	mg/kg s.s.	8	±4	< 50
* Amianto (fibre libere) DM 06/09/1994 ALLEGATO 1	mg/kg s.s.	< 100		< 1000
Benzene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,1
Etilbenzene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Stirene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Toluene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Xilene (somma di isomeri) EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,04		< 0,5

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 2 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16094** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
m+p-Xilene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		
o-Xilene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		
Sommatoria organici aromatici EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,1		
Benzo(a)antracene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Benzo(k)fluorantene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Benzo(g,h,i)perilene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Benzo(a)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Benzo(b)fluorantene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 5
Dibenzo(a,e)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,h)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,l)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,i)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,h)antracene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Indeno(1,2,3-c,d)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Crisene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 5
Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 34) EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,09		< 10

Limiti: » D.Lgs 152/2006

Limiti definiti dal D.Lgs. 152/2006 Parte IV - Titolo V - All. 5 - Tab. 1 - Col. A (siti ad uso verde pubblico privato e residenziale)

Il simbolo "<" riportato nei limiti sopra elencati va inteso come "inferiore o uguale".

21BO16094/01

Bologna lì: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 3 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16094** del **26/10/2021**

Risultati analitici

21BO16094/01

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
PREPARAZIONE ELUATO SECONDO UNI EN 12457-2:2004				
Massa campione di Laboratorio UNI EN 12457-2:2004	kg	> 2,1		
Frazione maggiore di 4 mm UNI EN 12457-2:2004	%	100		
Frazione non macinabile UNI EN 12457-2:2004	%	< 1		
Massa grezza pesata UNI EN 12457-2:2004	kg	0,106	±0,005	
Umidità UNI EN 12457-2:2004	%	11,4	±1,1	
Data effettuazione eluato UNI EN 12457-2:2004	data	20/10/2021		
Volume di liscivante UNI EN 12457-2:2004	l	0,929	±0,093	
pH fine eluizione. UNI EN 12457-2:2004	upH	8,83	±0,22	
Conducibilità. UNI EN 27888:1995	microS/cm	< 80		
Temperatura UNI EN 12457-2:2004	°C	20,0	±2,0	
Data ultima prova in bianco UNI EN 12457-2:2004	data	20/10/2021		
PROVE SU ELUATO DA TEST DI CESSIONE IN ACQUA DEIONIZZATA (DM 05/02/98-DM186/06)				
Arsenico. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,010
Bario. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	0,0081	±0,0016	
Berillio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,004
Cadmio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,005
Cobalto. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,005		< 0,050
Cromo totale. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,050

Bologna lì: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 4 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16094** del **26/10/2021**

Risultati analitici

21BO16094/01

Parametro	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
<i>Metodo</i>				
Rame.	mg/l	< 0,001		< 1,000
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Mercurio.	mg/l	< 0,0001		< 0,001
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Nichel.	mg/l	< 0,001		< 0,020
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Piombo.	mg/l	< 0,005		< 0,010
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Selenio.	mg/l	< 0,001		< 0,010
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Vanadio.	mg/l	< 0,010		
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Zinco.	mg/l	< 0,005		< 3
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005				
Cloruri.	mg/l	< 12,5		
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
Fluoruri.	mg/l	< 0,25		< 1,5
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
Solfati.	mg/l	41,53	±4,98	< 250
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
* Cianuri.	mg/l	< 0,01		< 0,050
UNI EN 12457-2:2004+UNI EN 16192:2012+EN ISO 14403:2002				
Nitrati.	mg/l	< 5		
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009				
* Amianto.	mg/l	< 0,1		
D.Lgs. 17/03/95 All. B				
* Richiesta chimica di ossigeno (COD)	mg/l	< 15		
UNI EN 12457-2:2004 + ISO 15705:2002				
pH.	upH	8,8	±0,2	
UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + ISO 10523:2008				

Limiti: » D.Lgs 152/2006

Lim.: Limiti definiti dal D.Lgs 152/2006 titolo V all. 5 tabella 2.

Il simbolo "<" riportato nei limiti sopra elencati va inteso come "inferiore o uguale".

(*): Prova non accreditata da ACCREDIA

L'incertezza è espressa nelle unità di misura del parametro a cui si riferiscono. Il fattore di copertura è pari a k=2 con un intervallo di probabilità del 95%.

GIUDIZI DI CONFORMITA':

Visti i risultati delle analisi effettuate sui parametri richiesti dal committente (ottenuti sul passante al setaccio a 2mm e riportati sul campione) e limitatamente agli stessi si può affermare che il terreno corrispondente al campione ricevuto mostra livelli di inquinamento CONFORMI ai limiti definiti dal D.Lgs. 152/2006 Parte IV - Titolo V - All. 5 - Tab. 1 -

Bologna li: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 5 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16094** del **26/10/2021**

Risultati analitici

Col. A (siti ad uso verde pubblico privato e residenziale).

In base ai risultati ottenuti dalle analisi del test di cessione effettuato come da D.M. 5-2-98 ALL. 3 risulta CONFORME ai limiti definiti dal D.Lgs 152/2006 titolo V all. 5 tabella 2 (acque sotterranee).

Il giudizio di conformità è reso considerando l'incertezza di misura come previsto dalla Tabella 1 della Linea Guida ILAC-G8:09/2019 ed utilizzata in base all'approccio della regola decisionale binaria (senza guard band).

NOTE RELATIVE ALL'INCERTEZZA DI MISURA:

Ai dati non è stato applicato il recupero in quanto sia in sede di validazione che durante i controlli qualità lo stesso si è mantenuto almeno nel range 70 - 130%.

Qualora l'attività di campionamento sia effettuata dal Laboratorio e sia sotto accreditamento, l'incertezza riportata sul rapporto di prova si riferisce alla sola fase analitica.

NOTE RELATIVE AL CAMPIONAMENTO:

L'attività di campionamento è intesa accreditata solo qualora questa sia associata ad una o più prove accreditate, salvo l'attività di campionamento non preveda attività di misura in campo sotto accreditamento.

Qualora il campionamento sia effettuato dal Cliente, i risultati si riferiscono alla porzione di campione così come consegnata dal Cliente in Laboratorio.

IL LABORATORIO NON E' RESPONSABILE DELLE SEGUENTI INFORMAZIONI FORNITE DAL CLIENTE:

- 1) Descrizione "Etichettatura e Sigilli" ove diverso da "Nessuna etichettatura e nessun sigillo";
- 2) Codice CER (in caso di campione costituito da Rifiuto);
- 3) Data di campionamento;
- 4) Verbale di campionamento (qualora redatto e fornito dal Cliente);
- 5) Identificazione del campionatore (qualora diverso dal personale di Laboratorio);
- 6) Metodo di campionamento (qualora il campionamento sia effettuato da personale diverso dal Laboratorio);
- 7) Luogo di campionamento (qualora il campionamento sia effettuato da personale diverso dal Laboratorio).

Il Responsabile di Laboratorio

Dott.Chim. Francesco Stante

Fine del rapporto di prova n° **21BO16094**

Bologna lì: 26/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 6 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

RAPPORTO DI PROVA



Tipologia del campione: **SUOLO**

Etichettatura e sigilli: **T5**

Numero del rapporto di prova: **21BO16095**

Committente: **Studio di Geologia Dott. Grillini Luca
via Stoppato Alessandro, 16
40128 Bologna (BO)**

Produttore del campione: **DOMUS HOLDING S.r.l.
Comparto C.1.8. di Bagno di Piano
40010 Sala Bolognese (BO)**

Data di ricevimento del campione: **19/10/2021**

Data inizio analisi: **19/10/2021**

Data fine analisi: **26/10/2021**

Data di campionamento: **19/10/2021**

Campionamento a cura di: **Dott. Geol. Luca Grillini**

Luogo di campionamento: **Comparto C.1.8. di Bagno di Piano - Sala Bolognese (BO)**

Verbale di campionamento: **A cura del prelevatore**

Bologna li: 28/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 1 di 6

Firmato digitalmente da

Francesco Stante

O = Ordine Interregionale dei Chimici
Emilia-Romagna
C = IT



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16095** del **28/10/2021**

Risultati analitici

Parametro	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
<i>Metodo</i>				
Residuo secco a 105 °C ISO 11465:1993 p.to 7.2	% m/m	90,1	±9,2	
Scheletro DM 13/09/1999 SO GU n° 248 21/10/1999 Met. II.1	g/kg	< 1		
Arsenico EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	4,5	±2,5	< 20
Cadmio EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	< 0,5		< 2
Cobalto EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	12,5	±4,3	< 20
Cromo EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	41,1	±26,0	< 150
Cromo VI EPA 3060A 1996 + EPA 7196A 1992	mg/kg s.s.	< 0,4		< 2
Mercurio EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	< 0,5		< 1
Nichel EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	49,0	±29,6	< 120
Piombo EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	12,6	±7,3	< 100
Rame EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	32,0	±19,9	< 120
Zinco EPA 3051A 2007 + EPA 6010D 2018	mg/kg s.s.	72,8	±9,8	< 150
Idrocarburi leggeri (C<12) EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 1		< 10
Idrocarburi (C12 - C40) ISPRA Man 75 2011	mg/kg s.s.	< 5		< 50
* Amianto (fibre libere) DM 06/09/1994 ALLEGATO 1	mg/kg s.s.	< 100		< 1000
Benzene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,1
Etilbenzene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Stirene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Toluene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		< 0,5
Xilene (somma di isomeri) EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,04		< 0,5

Bologna li: 28/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 2 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16095** del **28/10/2021**

Risultati analitici

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
m+p-Xilene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		
o-Xilene EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,02		
Sommatoria organici aromatici EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	mg/kg s.s.	< 0,1		
Benzo(a)antracene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Benzo(k)fluorantene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Benzo(g,h,i)perilene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Benzo(a)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Benzo(b)fluorantene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,5
Pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 5
Dibenzo(a,e)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,h)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,l)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,i)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Dibenzo(a,h)antracene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Indeno(1,2,3-c,d)pirene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 0,1
Crisene EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,01		< 5
Sommatoria policiclici aromatici (da 25 a 34) EPA 3546 2007 + EPA 8270E 2018	mg/kg s.s.	< 0,09		< 10

Limiti: » D.Lgs 152/2006

Limiti definiti dal D.Lgs. 152/2006 Parte IV - Titolo V - All. 5 - Tab. 1 - Col. A (siti ad uso verde pubblico privato e residenziale)

Il simbolo "<" riportato nei limiti sopra elencati va inteso come "inferiore o uguale".

21BO16095/01

Bologna li: 28/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 3 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16095** del **28/10/2021**

Risultati analitici

21BO16095/01

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
PREPARAZIONE ELUATO SECONDO UNI EN 12457-2:2004				
Massa campione di Laboratorio UNI EN 12457-2:2004	kg	> 2,1		
Frazione maggiore di 4 mm UNI EN 12457-2:2004	%	100		
Frazione non macinabile UNI EN 12457-2:2004	%	< 1		
Massa grezza pesata UNI EN 12457-2:2004	kg	0,106	±0,005	
Umidità UNI EN 12457-2:2004	%	9,9	±1,0	
Data effettuazione eluato UNI EN 12457-2:2004	data	20/10/2021		
Volume di liscivante UNI EN 12457-2:2004	l	0,946	±0,095	
pH fine eluizione. UNI EN 12457-2:2004	upH	8,76	±0,22	
Conducibilità. UNI EN 27888:1995	microS/cm	134,3	±10,7	
Temperatura UNI EN 12457-2:2004	°C	20,0	±2,0	
Data ultima prova in bianco UNI EN 12457-2:2004	data	20/10/2021		
PROVE SU ELUATO DA TEST DI CESSIONE IN ACQUA DEIONIZZATA (DM 05/02/98-DM186/06)				
Arsenico. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,010
Bario. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	0,0070	±0,0014	
Berillio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,004
Cadmio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,005
Cobalto. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,005		< 0,050
Cromo totale. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,050

Bologna li: 28/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 4 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16095** del **28/10/2021**

Risultati analitici

21BO16095/01

Parametro <i>Metodo</i>	U.M.	Risultato	Incertezza	Limiti
Rame. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 1,000
Mercurio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,0001		< 0,001
Nichel. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,020
Piombo. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,005		< 0,010
Selenio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,001		< 0,010
Vanadio. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,010		
Zinco. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 17294-2:2005	mg/l	< 0,005		< 3
Cloruri. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009	mg/l	< 12,5		
Fluoruri. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009	mg/l	0,91	±0,18	< 1,5
Solfati. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + UNI EN ISO 10304-1:2009	mg/l	< 12,5		< 250
* Cianuri. UNI EN 12457-2:2004+UNI EN 16192:2012+EN ISO 14403:2002	mg/l	< 0,01		< 0,050
Nitrati. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1:2009	mg/l	< 5		
* Amianto. D.Lgs. 17/03/95 All. B	mg/l	< 0,1		
* Richiesta chimica di ossigeno (COD) UNI EN 12457-2:2004 + ISO 15705:2002	mg/l	< 15		
pH. UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 16192:2012 + ISO 10523:2008	upH	8,8	±0,2	

Limiti: » D.Lgs 152/2006

Lim.: Limiti definiti dal D.Lgs 152/2006 titolo V all. 5 tabella 2.

Il simbolo "<" riportato nei limiti sopra elencati va inteso come "inferiore o uguale".

(*): Prova non accreditata da ACCREDIA

L'incertezza è espressa nelle unità di misura del parametro a cui si riferiscono. Il fattore di copertura è pari a k=2 con un intervallo di probabilità del 95%.

GIUDIZI DI CONFORMITA':

Visti i risultati delle analisi effettuate sui parametri richiesti dal committente (ottenuti sul passante al setaccio a 2mm e riportati sul campione) e limitatamente agli stessi si può affermare che il terreno corrispondente al campione ricevuto mostra livelli di inquinamento CONFORMI ai limiti definiti dal D.Lgs. 152/2006 Parte IV - Titolo V - All. 5 - Tab. 1 -

Bologna li: 28/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 5 di 6



LAB N° 1051 L



LABORATORI CHIMICI "STANTE" srl

sede amministrativa e laboratorio centro nord: Via del Chiù, 68-70 - 40133 BOLOGNA - C.F. e P.IVA: 02579611209
- Tel. 051-384086 - Fax 051-384088 - Email: info@labstante.com - www.labstante.it -



**AZIENDA CON SISTEMA DI QUALITA' CERTIFICATO EN ISO 9001:2015
E SISTEMA AMBIENTALE CERTIFICATO EN ISO 14001:2015**

segue Rapporto di prova n°: **21BO16095** del **28/10/2021**

Risultati analitici

Col. A (siti ad uso verde pubblico privato e residenziale).

In base ai risultati ottenuti dalle analisi del test di cessione effettuato come da D.M. 5-2-98 ALL. 3 risulta CONFORME ai limiti definiti dal D.Lgs 152/2006 titolo V all. 5 tabella 2 (acque sotterranee).

Il giudizio di conformità è reso considerando l'incertezza di misura come previsto dalla Tabella 1 della Linea Guida ILAC-G8:09/2019 ed utilizzata in base all'approccio della regola decisionale binaria (senza guard band).

NOTE RELATIVE ALL'INCERTEZZA DI MISURA:

Ai dati non è stato applicato il recupero in quanto sia in sede di validazione che durante i controlli qualità lo stesso si è mantenuto almeno nel range 70 - 130%.

Qualora l'attività di campionamento sia effettuata dal Laboratorio e sia sotto accreditamento, l'incertezza riportata sul rapporto di prova si riferisce alla sola fase analitica.

NOTE RELATIVE AL CAMPIONAMENTO:

L'attività di campionamento è intesa accreditata solo qualora questa sia associata ad una o più prove accreditate, salvo l'attività di campionamento non preveda attività di misura in campo sotto accreditamento.

Qualora il campionamento sia effettuato dal Cliente, i risultati si riferiscono alla porzione di campione così come consegnata dal Cliente in Laboratorio.

IL LABORATORIO NON E' RESPONSABILE DELLE SEGUENTI INFORMAZIONI FORNITE DAL CLIENTE:

- 1) Descrizione "Etichettatura e Sigilli" ove diverso da "Nessuna etichettatura e nessun sigillo";
- 2) Codice CER (in caso di campione costituito da Rifiuto);
- 3) Data di campionamento;
- 4) Verbale di campionamento (qualora redatto e fornito dal Cliente);
- 5) Identificazione del campionatore (qualora diverso dal personale di Laboratorio);
- 6) Metodo di campionamento (qualora il campionamento sia effettuato da personale diverso dal Laboratorio);
- 7) Luogo di campionamento (qualora il campionamento sia effettuato da personale diverso dal Laboratorio).

Il Responsabile di Laboratorio

Dott.Chim. Francesco Stante

Fine del rapporto di prova n° **21BO16095**

Bologna lì: 28/10/2021

Il presente Rapporto di Prova si riferisce esclusivamente ai campioni sottoposti a prove ed è valido per tutti i casi previsti dalla legge come da R.D. 1/3/28 n. 842, art 16. Questo Rapporto di Prova non può essere riprodotto parzialmente salvo approvazione scritta del Laboratorio. Analisi eseguite presso la sede di Bologna

Pagina 6 di 6



LAB N° 1051 L