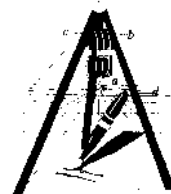


Studio di Geologia
DOTT. GIAN FRANCO RUFFINI
DOTT. LEONARDO RUFFINI
57023 Cecina (Livorno)
Viale G. Falcone, 11 - Tel. (0586) 66.12.47



*INDAGINI GEOLOGICO TECNICHE DI SUPPORTO
AL PIANO ATTUATIVO RELATIVO L'AREA POSTA IN LOCALITA' CAPANNILE
CON DESTINAZIONE AD ATTIVITA' COMMERCIALE ED ARTIGIANALE
UTOE n° 1C3 SCHEDA NORMATIVA 4 del R.U.*

COMUNE DI BIBBONA

Committente: G.E.A. S.r.l.

Giugno 2022

Il Geologo

Studio di Geologia
DOTT. GIAN FRANCO RUFFINI
DOTT. LEONARDO RUFFINI
57023 Cecina (Livorno)
Viale G. Falcone, 11 - Tel. (0586) 66.12.47

***Indagini geologico tecniche di supporto al Piano Attuativo
relativo l'area posta in Località Capannile
con destinazione ad attività commerciale e artigianale
UTOE n° 1C3 - Scheda normativa 4 del R.U.***

COMUNE DI BIBBONA

INDICE

Premessa	pag. 2
Inquadramento geologico	pag. 3
Inquadramento morfologico	pag. 3
Inquadramento litotecnico	pag. 4
Idrogeologia della zona	pag. 4
Pericolosità del Regolamento Urbanistico	pag. 5
Fattibilità degli interventi	pag. 6
Metodologia di indagine	pag. 7
Inquadramento litologico	pag. 8
Caratterizzazione geotecnica	pag. 9
Risultati dell'indagine sismica	pag. 10
Inquadramento geotecnico	pag. 11

Premessa

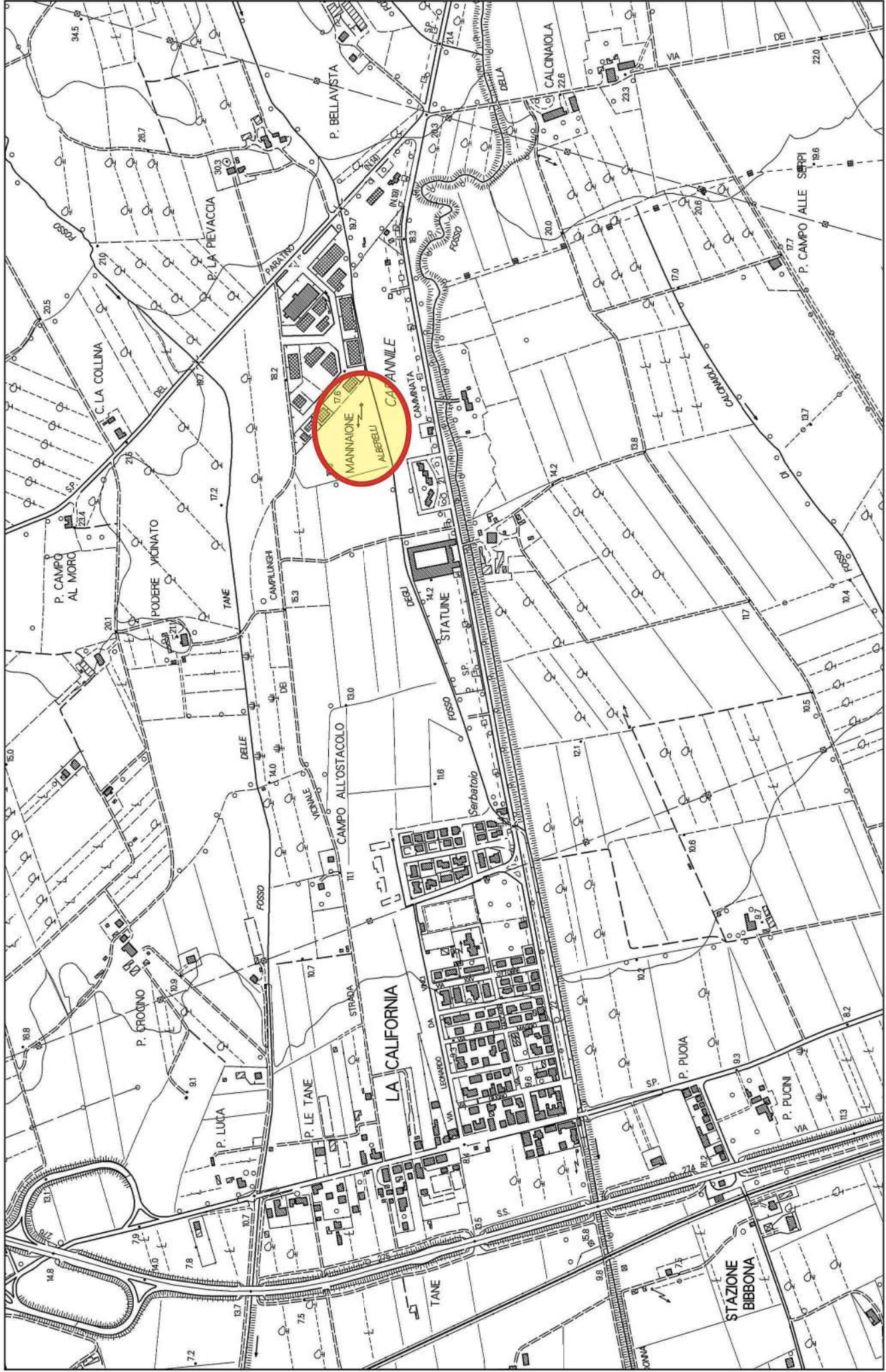
Su incarico della Committenza è stata eseguita la presente indagine, a carattere geologico e geotecnico, su un'area posta in Località Capannile, laterale la Provinciale della Camminata, dove è prevista l'attuazione della previsione finalizzata ad attività commerciale e artigianale.

L'area è posta nel settore centro-settentrionale del territorio comunale di Bibbona (**fig. 1**), in posizione intermedia tra la frazione La California ad ovest e il capoluogo a est, alla terminazione sud-occidentale dell'area artigianale denominata Mannaione (**fig. 2**), coincidente con la **scheda 4 dell'UTOE 1C3** del Regolamento Urbanistico (**fig. 3**). La previsione urbanistica definisce la presenza di una SUL massima pari a 3.700 mq con destinazione commerciale e artigianale, in continuità con la citata esistente area artigianale denominata Mannaione nord.

Lo studio in parola è di supporto al Piano Attuativo relativo la scheda. Le modalità esecutive secondo le quali l'indagine deve essere redatta sono disciplinate dal Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della L.R. 65/2014, emanato con DPGR n° 5/R del 30.01.2020. Secondo tali Direttive le indagini geologico tecniche da prodursi a sostegno di un Piano Urbanistico Attuativo si configurano con quelle esposte al punto 4 dell'Allegato A.

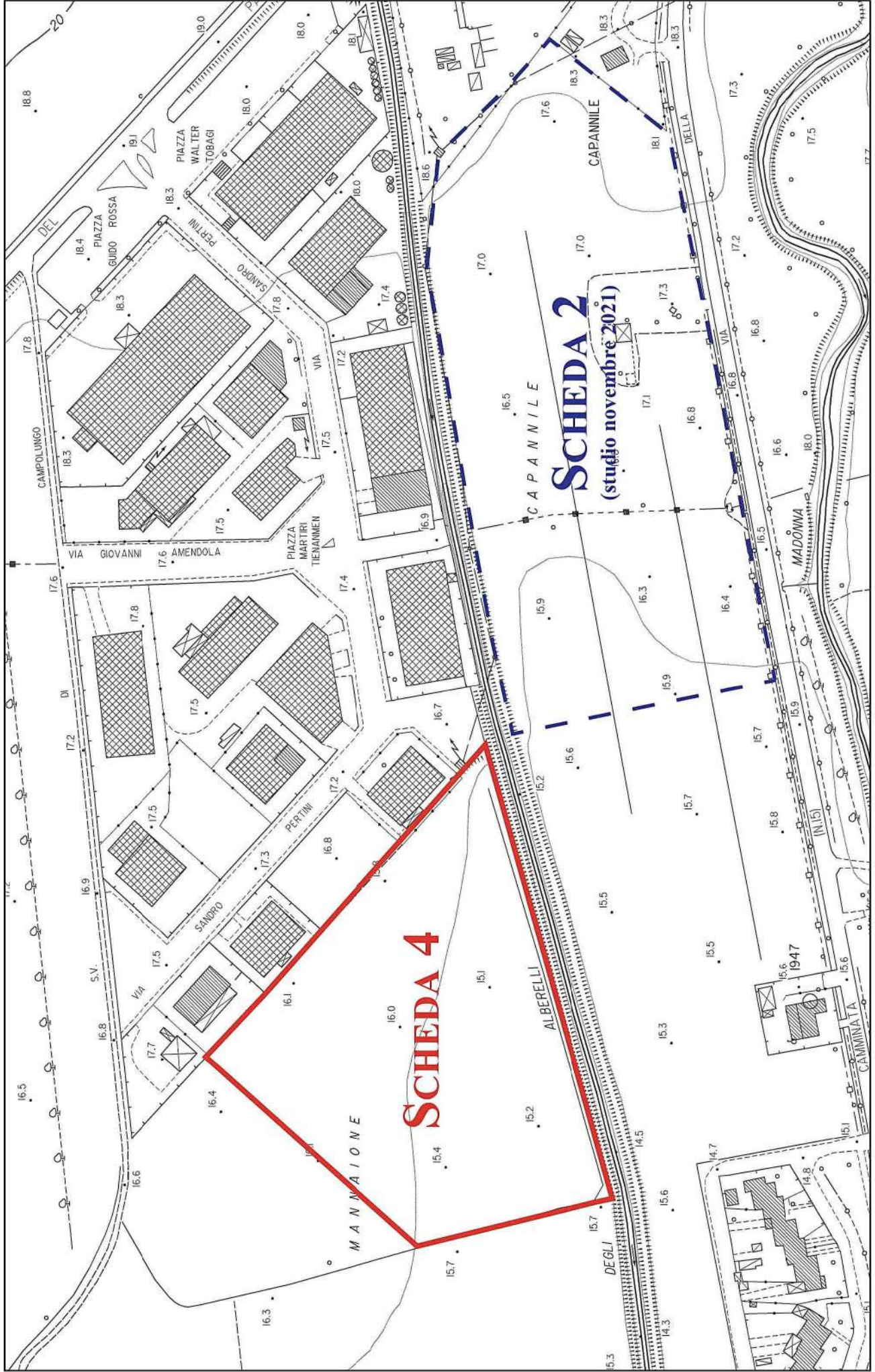
L'indagine si compone dei seguenti elaborati:

- relazione geologica;
- carta geologica;
- carta litotecnica e dei dati di base allegata al Regolamento Urbanistico;
- carta delle problematiche idrogeologiche allegata al Regolamento Urbanistico;
- carta della pericolosità geomorfologica allegata al Regolamento Urbanistico;
- carta della pericolosità idraulica allegata al Regolamento Urbanistico;
- carta della pericolosità idraulica ai sensi della Direttiva P.G.R.A. del 2015;
- carta dei battenti idraulici allegata al Regolamento Urbanistico;
- carta della pericolosità sismica allegata al Regolamento Urbanistico;
- carta della fattibilità geologica e sismica allegata al Regolamento Urbanistico;
- carta della fattibilità idraulica allegata al Regolamento Urbanistico;
- ubicazione delle indagini geognostiche effettuate;
- sezioni litologiche e litotecniche.



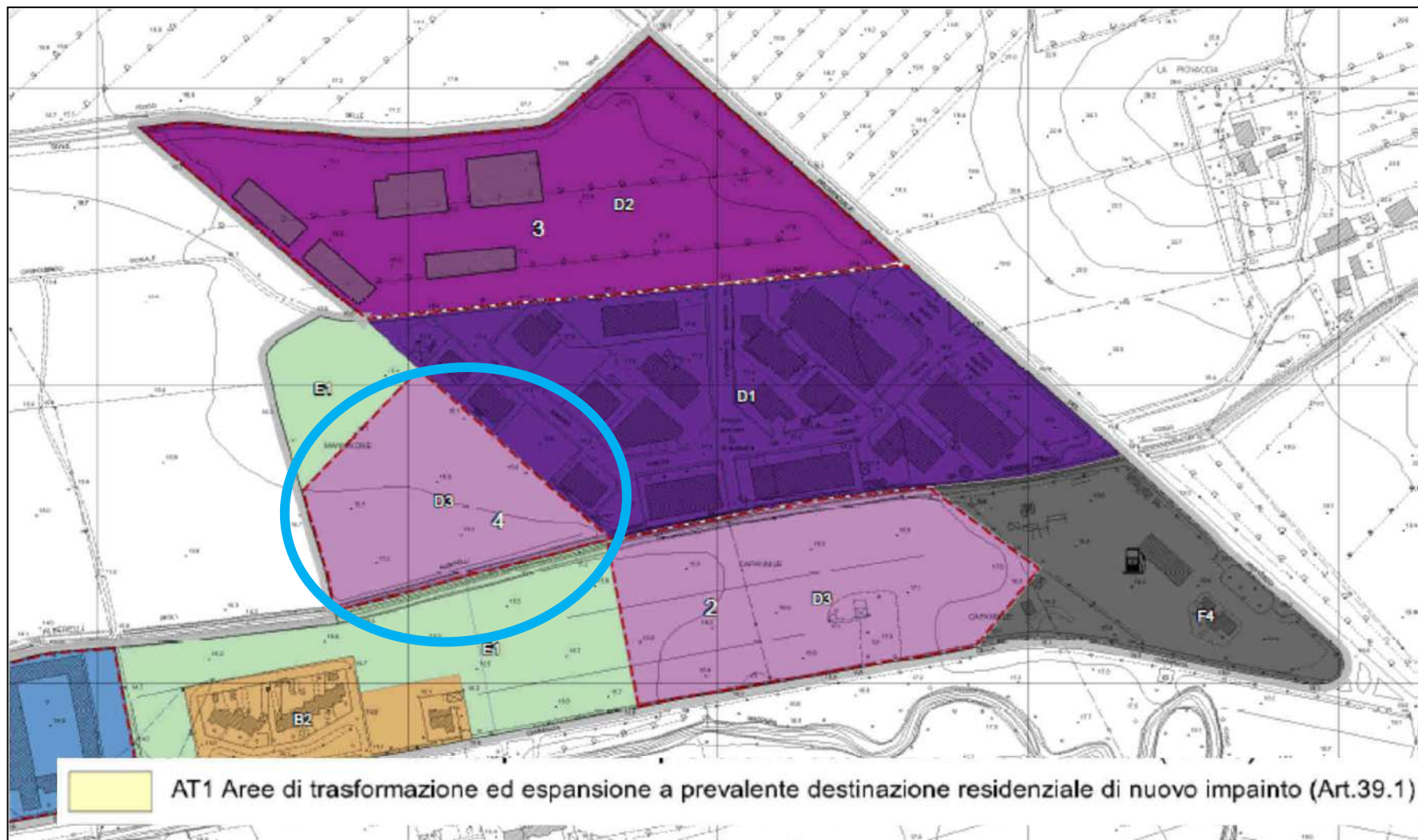
UBICAZIONE DELL'AREA IN OGGETTO

fig. 1 scala 1:10.000



COROGRAFIA DELL'AREA IN OGGETTO

fig. 2 scala 1:2.000



SISTEMI INSEDIATIVI - Tavola 4 della Variante quinquennale al Regolamento Urbanistico

UTOE 1C3 Scheda urbanistica 2 - Area D3 aree produttive per nuovi insediamenti

fig. 3 scala 1: 4.000

Inquadramento geologico

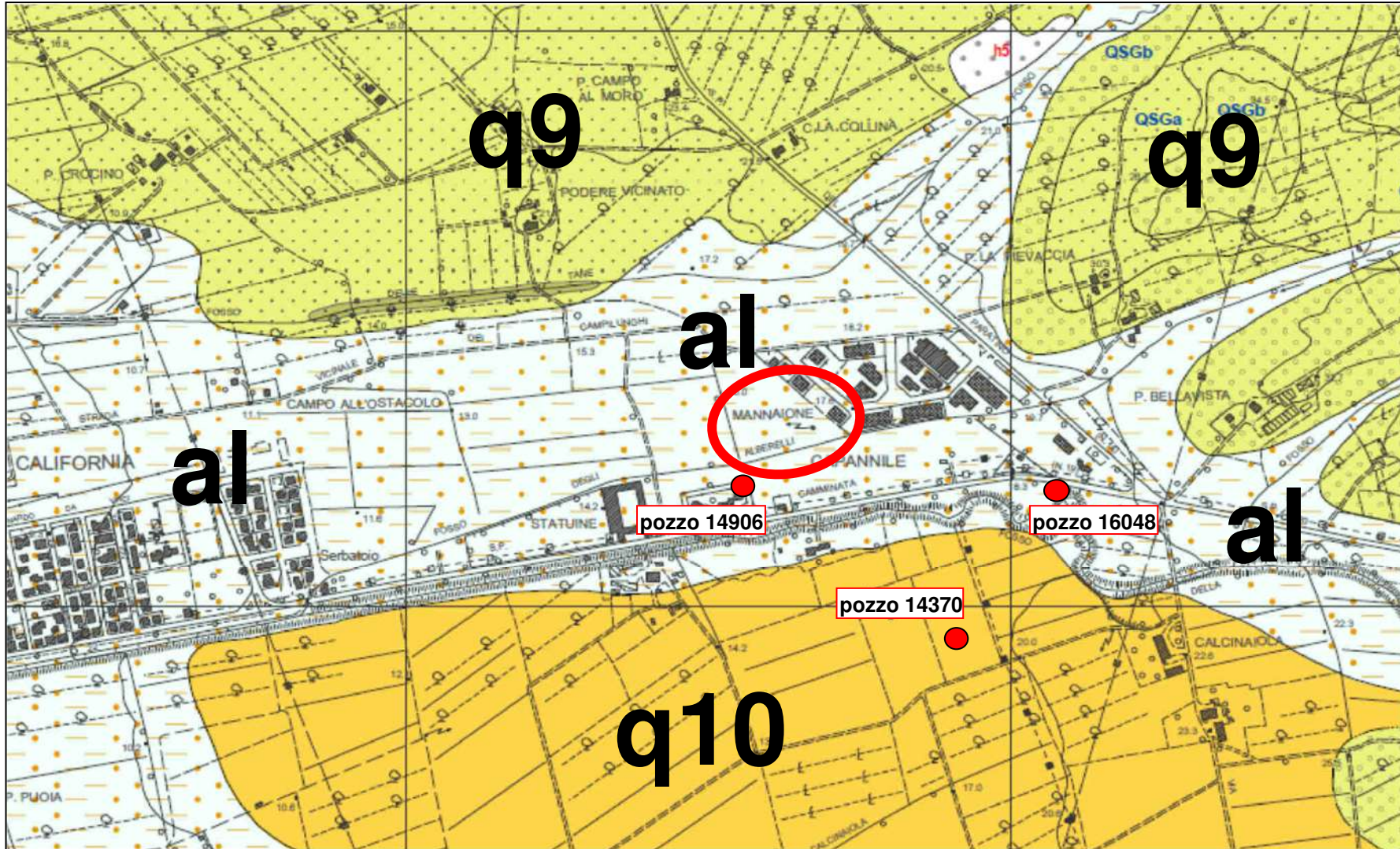
L'area in parola è posta alla terminazione meridionale dell'area urbanizzata del Mannaione, delimitata ad est dai capannoni posti sul lato occidentale di Via Sandro Pertini, da un'area agricola ad ovest e a nord e dal Fosso degli Alberelli che ne segna il confine a sud (**fig. 2**).

In **fig. 4** è riportata la geologia della zona. Il substrato è costituito da sedimenti quaternari di natura limo sabbiosa, riconducibili alle **alluvioni recenti**. Si tratta di sedimenti legati all'attività d'erosione dei vari corsi d'acqua presenti, prima in tempi antichi e dopo durante le opere di bonifica idraulica. Nella fattispecie questi sono rappresentati dal Fosso della Madonna, dal Fosso delle Tane e dal Fosso degli Alberelli. Poco a sud è individuabile la formazione delle **ghiaie e sabbie di Quadrelle** che costituisce la base delle alluvioni precedenti. La formazione si presenta costituita da sabbia mista a ghiaia, di elaborazione fluviale, la cui sedimentazione, è dovuta allo sbocco nella pianura costiera di alcuni paleo-torrenti dalle colline più interne.

Inquadramento morfologico

La zona è pianeggiante, monotona, compresa tra le quote di 15.2 e 16.4 m s.l.m., rispettivamente al limite meridionale e settentrionale. La naturale vergenza sia verso il Fosso degli Alberelli a sud sia in direzione perpendicolare (est-ovest) verso la costa ad ovest è quindi valutabile nell'1%. La monotonia è interrotta da alcuni corsi d'acqua, diretti preferenzialmente est-ovest.

La rete scolante principale è rappresentata dal Fosso degli Alberelli, che con un alveo arginato delimita il margine meridionale della Scheda in esame, e dal Fosso della Madonna che defluisce circa 100 metri a sud, sul lato meridionale della Provinciale della Camminata. Entrambi sono caratterizzati da un alveo rettilineo e arginato (il Fosso della Madonna risulta rettilineo proprio a partire dalla Località Capannile in direzione ovest), di chiara origine antropica. Poche centinaia di metri ad ovest dell'area il Fosso degli Alberelli confluisce poi nel Fosso della Madonna. L'idrografia minore è costituita da una serie di fosse campestri, anch'esse di origine antropica, dirette est-ovest, delimitanti i vari appezzamenti impiegati nell'attività agricola.



GEOLOGIA DELLA ZONA (da CARG Regione Toscana)

- al** = alluvioni recenti (olocene)
- q10** = sabbie e ghiaie di Quadrella (pleistocene sup.)
- t** = depositi di colmata (olocene)
- q9** = sabbie rosso arancio di Donoratico (pleistocene sup.)

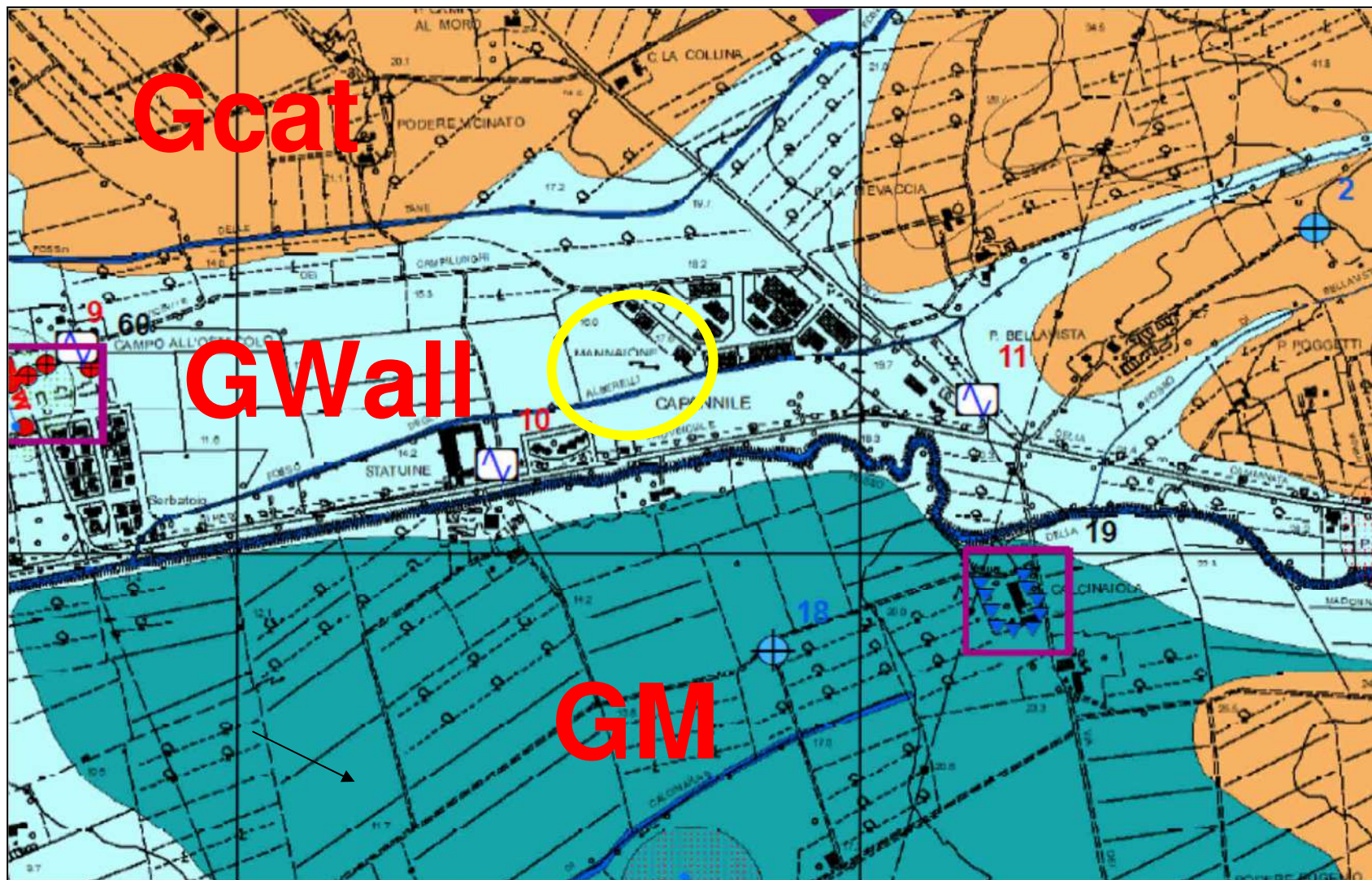
fig. 4 scala 1:10.000

Inquadramento litotecnico

Il litotipo costituente il substrato del settore coincide con un **sedimento incoerente sabbioso limoso**. Questo s'identifica in un litotipo prevalentemente granulare, composto da ghiaie, sabbie e limi con subordinati livelli di argilla, associato ai depositi alluvionali recenti. Come indicato nella carta litotecnica del Regolamento Urbanistico (**fig. 5**), la preminente frazione granulare identifica un sedimento da scarsamente a mediamente addensato, mentre i livelli a preminente frazione coesiva corrispondono a litotipi da scarsamente a moderatamente consistenti.

Idrogeologia della zona

Le formazioni affioranti presentano, per la propria costituzione litologica, una buona permeabilità per porosità e costituiscono un valido acquifero esteso su un ampio territorio. L'acquifero è prevalentemente di tipo freatico. La presenza di lenti di limo argilloso intercalate alle ghiaie e alle sabbie può determinare l'esistenza di falde sovrapposte con locali caratteri di artesianità. Nella zona sono presenti numerosi pozzi, sia ad uso irriguo sia ad uso idropotabile. Essi attingono da una falda posta mediamente a 20/30 metri dal p.c. La zona è inoltre sede di una falda freatica superficiale, fortemente influenzata dal periodo stagionale e direttamente collegata alle precipitazioni. Durante l'esecuzione delle penetrometrie all'interno della proprietà, realizzate durante il periodo di fine primavera, è stata rilevata presenza di acqua nella verticale DPSH1 a partire da circa 6.00 metri di profondità da p.c.; in occasione della verticale DPSH2 non è stata invece rilevata alcuna presenza di acqua per l'intera profondità investigata (circa 10.0 metri da p.c.). Il dato relativo l'assenza di acqua nella verticale è concorde con quanto investigato attraverso le indagini eseguite a fine novembre 2021 nella limitrofa Scheda 2 del R.U. (fig. 2), a supporto del relativo Piano Attuativo; nell'occasione sono state eseguite 4 verticali penetrometriche, spinte fino a 12.0 metri di profondità dal p.c., senza mai aver riscontrato presenza di acqua. In occasione delle indagini del novembre 2021 è stato inoltre misurato il livello piezometrico all'interno del pozzo romano di grande diametro posto in adiacenza alla Provinciale: l'acqua è risultata depressa di 7.00 metri da p.c., associabile quindi ad una falda artesiana, più profonda del livello di argille rinvenuto con le penetrometrie da circa 6.50 metri fino ai 12.00 metri dal p.c. indagati.



Gcat

GWall

GM

CARTA LITOTECNICA E DEI DATI DI BASE (da Regolamento Urbanitico)

GWall - Ghiaie, sabbie e limi dei depositi alluvionali attuali, recenti e di conoide.
 Da scarsamente a moderatamente addensati, da scarsamente a moderatamente consis

fig. 5 scala 1:10.000

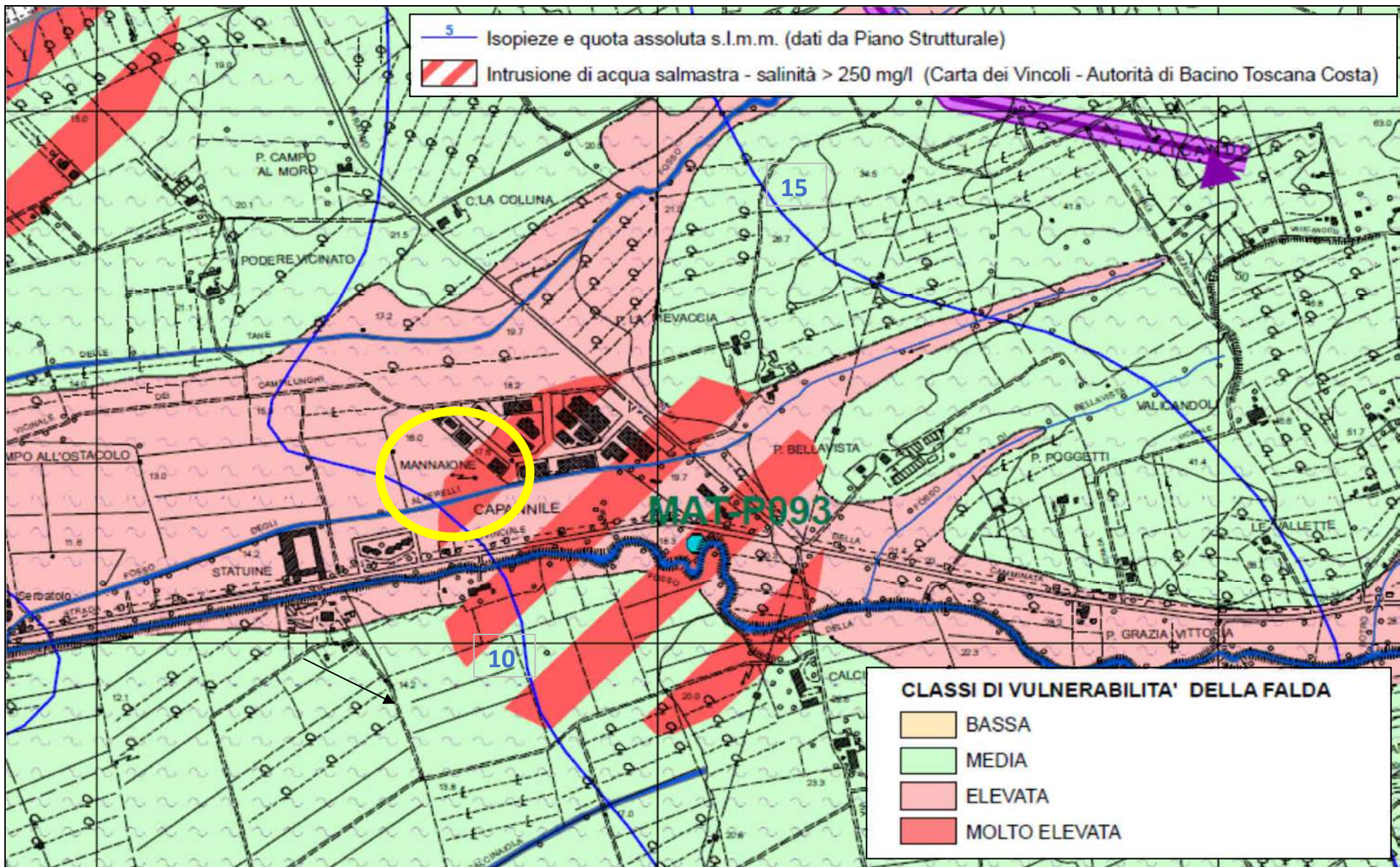
La quota misurata nel pozzo coincide con l'isopieza della **fig. 6**, stralcio del tematismo allegato al Regolamento Urbanistico; il dato è conforme con le misurazioni eseguite nei pozzi ad uso domestico, irriguo e potabile presenti nel settore, compreso il pozzo monitorato Arpat Capannile ID 16048 posto in adiacenza a sud-est della Scheda 2 (fig. 6). Si può quindi dedurre come la falda freatica sia fortemente influenzata dagli eventi meteorici, consistenti nelle stagioni piovose, come possa presentare parziali caratteri di confinamento e una distribuzione laterale con soluzione di continuità, con l'acquifero concentrato nei modesti livelli granulari e viceversa scarso e/o assente in corrispondenza dei livelli coesivi, mentre la falda da cui attingono i pozzi presenti nel settore sia quella di tipo confinato, posta al di sotto dell'orizzonte coesivo costituito dalle argille brune.

In funzione della presenza e dell'emungimento dal pozzo idropotabile gestito da ASA, prossimo il vertice sud-est della Scheda 2, nel settore è segnalata la presenza di una zona caratterizzata dall'intrusione di acqua salmastra, con salinità > 250 mg/l, rientrando quindi nella Carta dei Vincoli dell'Autorità di Bacino Toscana Costa (**fig. 6**).

Pericolosità del Regolamento Urbanistico vigente

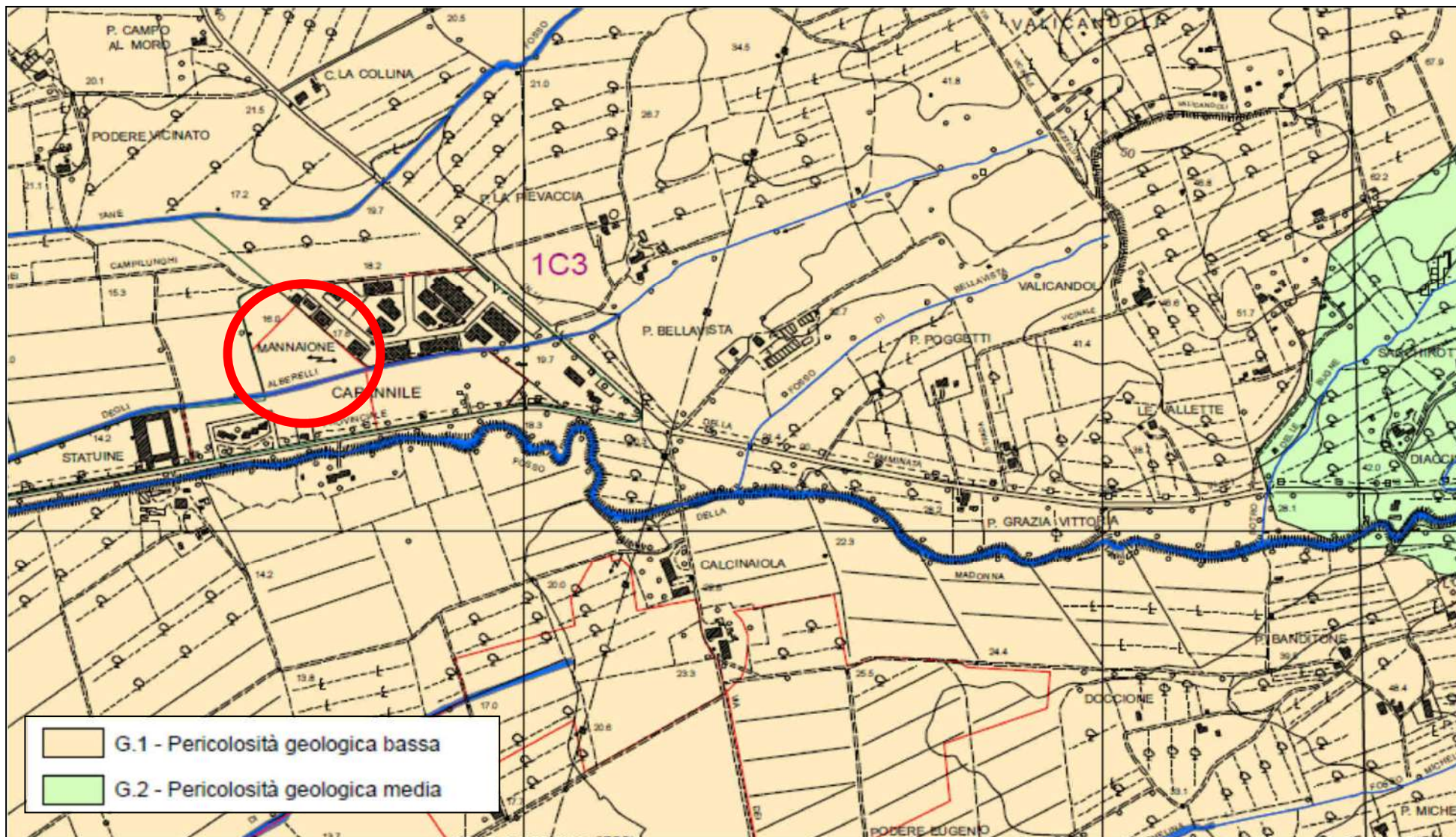
La zona riflette una manifesta stabilità. A conferma nella Carta della Pericolosità allegata al terzo Regolamento Urbanistico comunale (**fig. 7**), redatto ai sensi del DPGR 53/R/2011, il settore è classificato a **pericolosità bassa (classe G1)**. L'area è pertanto esterna alla perimetrazione introdotta dal PAI (Piano Assetto Idrogeologico) del Bacino Toscana Costa, approvato con D.C.R. 13/2005 per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica (PFE e PFME). La classificazione originaria dell'area, associata agli studi del primo Regolamento Urbanistico (2010), portava il settore a essere censito a pericolosità geomorfologica media (classe G.2a).

La **figura 8** articola il territorio nelle classi di pericolosità idraulica. L'area in parola è contraddistinta in parte da una **pericolosità media** e in parte **elevata (classi I.2 e I.3)**. Per un'ampia porzione (centrale e meridionale) il settore è dunque interno al perimetro delle aree definite a pericolosità idraulica dalla Direttiva PGRA (p2, **fig. 9**). L'area della Scheda è quindi soggetta ad episodi esondativi. A conferma nella **fig. 10** è riportato uno stralcio della carta dei battenti idraulici in possibile esondazione,



CARTA DELLE PROBLEMATICHE IDROGEOLOGICHE (da Regolamento Urbanitico)

fig. 6 scala 1:10.000

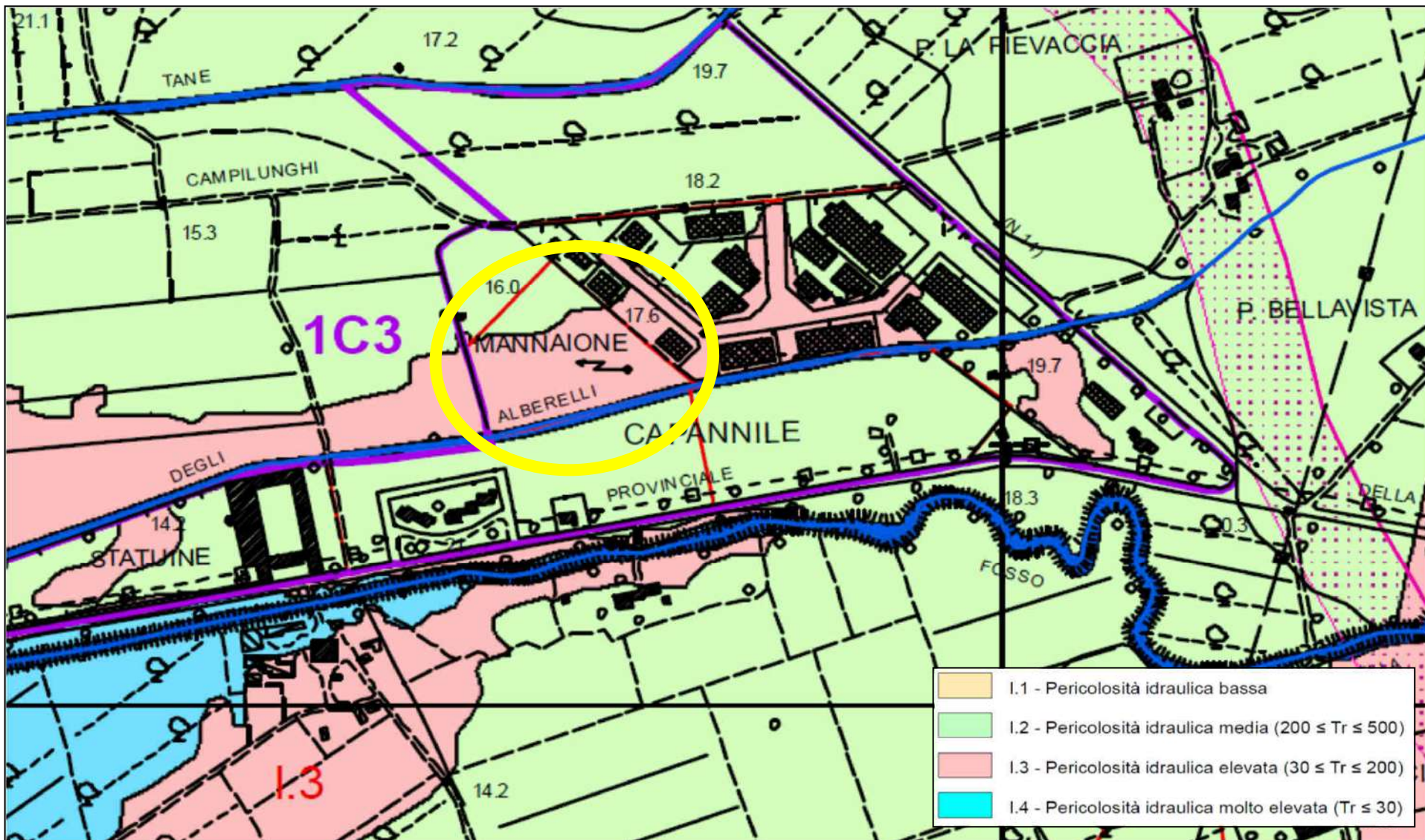


CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

allegata al vigente Regolamento Urbanistico vigente

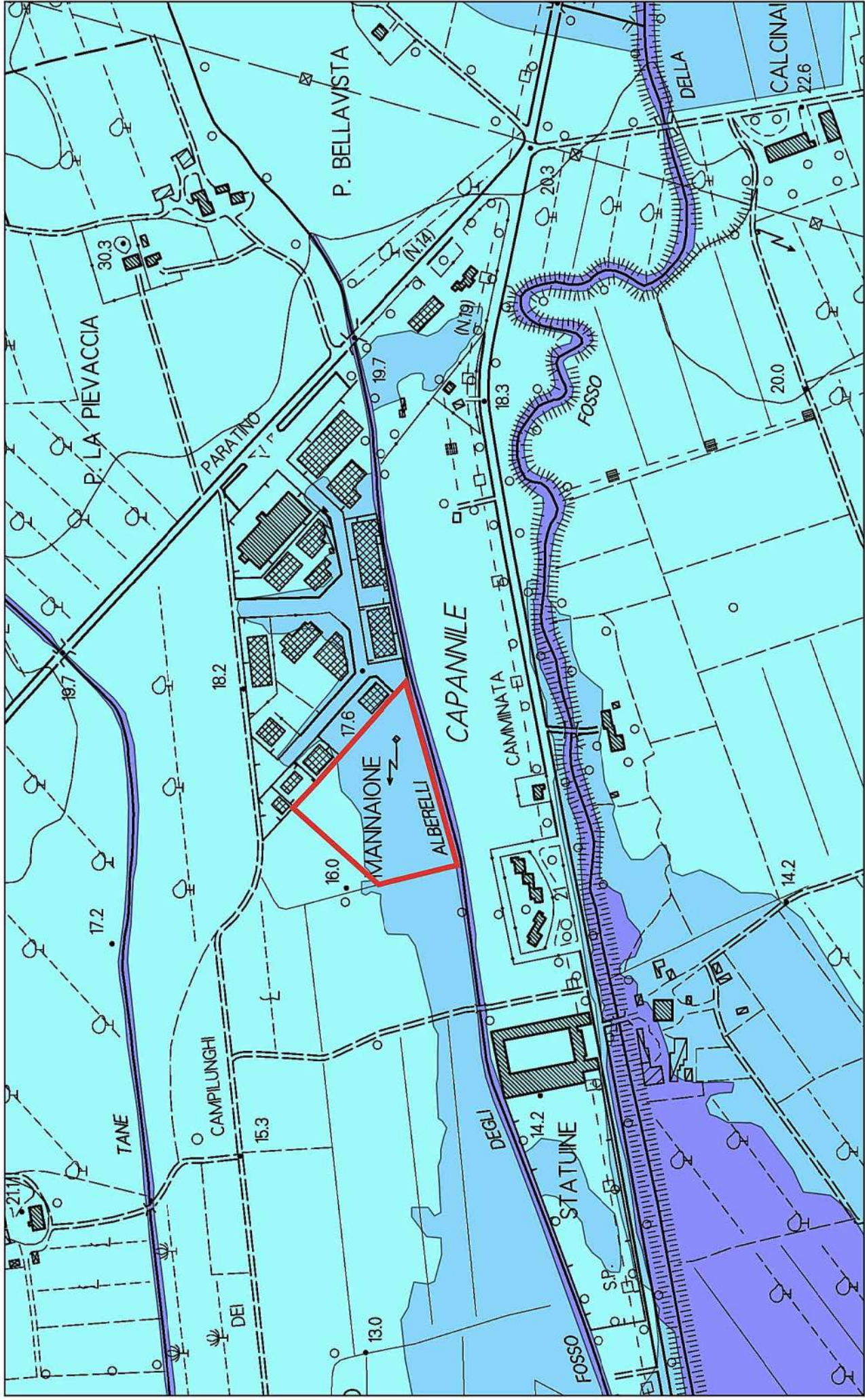
fig. 7

scala 1:10.000



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA allegata al vigente Regolamento Urbanistico

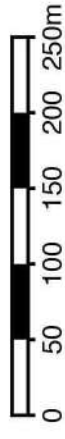
fig. 8 scala 1:5.000

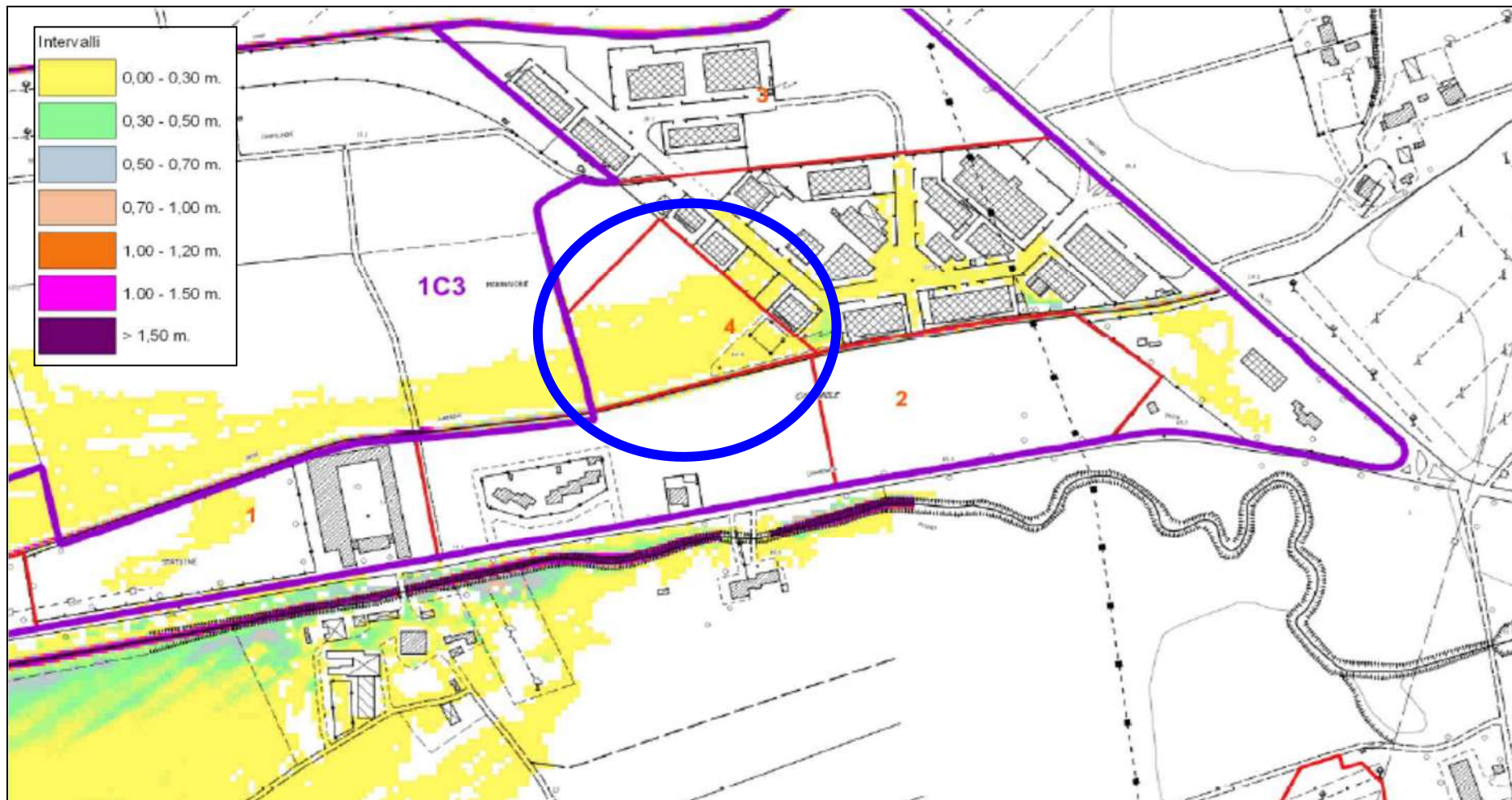


PERICOLOSITA' IDRAULICA AI SENSI DELLA DIRETTIVA P.G.R.A.

P1 - pericolosità bassa (alluvioni rare e di estrema intensità)
 P2 - pericolosità media (alluvioni poco frequenti)
 P3 - pericolosità elevata (alluvioni frequenti)

fig. 9 scala 1:5.000





CARTA DEI BATTENTI IDRAULICI $T_r = 200$ anni

allegata al vigente Regolamento Urbanistico - Tavola G.QC 6b

Aree esondate ed altezze in esondazione per $T_r = 200$ anni allo stato attuale

fig. 10 scala 1:5.000

conseguente i risultati dello studio idrologico idraulico redatto dall'Ing. Chiavaccini nel contesto della Variante quinquennale al R.U. del 2016. L'area in parola risulta soggetta ad alluvioni con battenti compresi tra 0 e 30 cm.

Nel tematismo allegato al Regolamento Urbanistico la **pericolosità sismica locale** è ritenuta **media (S.2, fig. 11)**. L'attribuzione si associa alla presenza di depositi granulari e/o coesivi in zone suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tuttavia in quelli previsti per la classe di pericolosità S.3). Anche la pericolosità sismica locale è stata modificata nella Variante quinquennale al RU; all'interno del primo R.U. il settore era infatti censito a pericolosità elevata.

In conclusione, in base agli studi geologici, idraulici ed idrogeologici, oltre che sismici, successivi alla redazione del primo Regolamento Urbanistico, all'intero settore di cui fa parte la Scheda normativa 4 in oggetto è stata assegnata una sicurezza sia dal punto di vista geologico che sismico migliore rispetto a quanto indicato dalle iniziali previsioni urbanistiche, mentre, in attesa di uno specifico studio idraulico relativo l'area in oggetto, la sicurezza idraulica soggetta ad grado di pericolosità elevato.

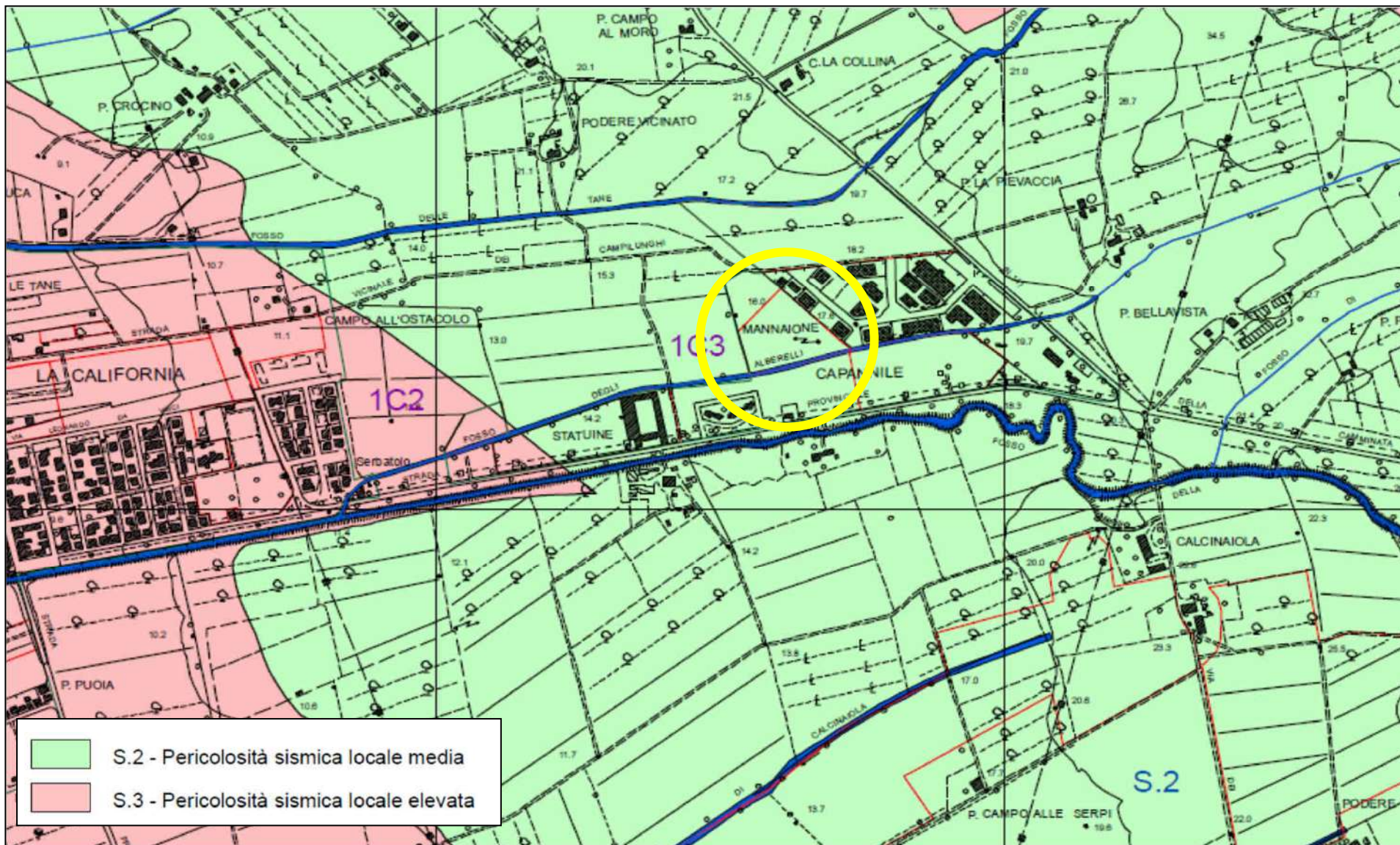
Nella **fig. 6** è riportato uno stralcio della carta della *vulnerabilità della falda*; questa è ritenuta elevata (**classe V.3**). Indipendentemente da questo il rischio risulta comunque minimo dal momento che gli interventi previsti non si riflettono in alcuna possibilità di interferenza con la falda.

Fattibilità degli interventi

Come si ricava dalla Scheda allegata al Regolamento Urbanistico, gli interventi previsti all'interno del Comparto sono:

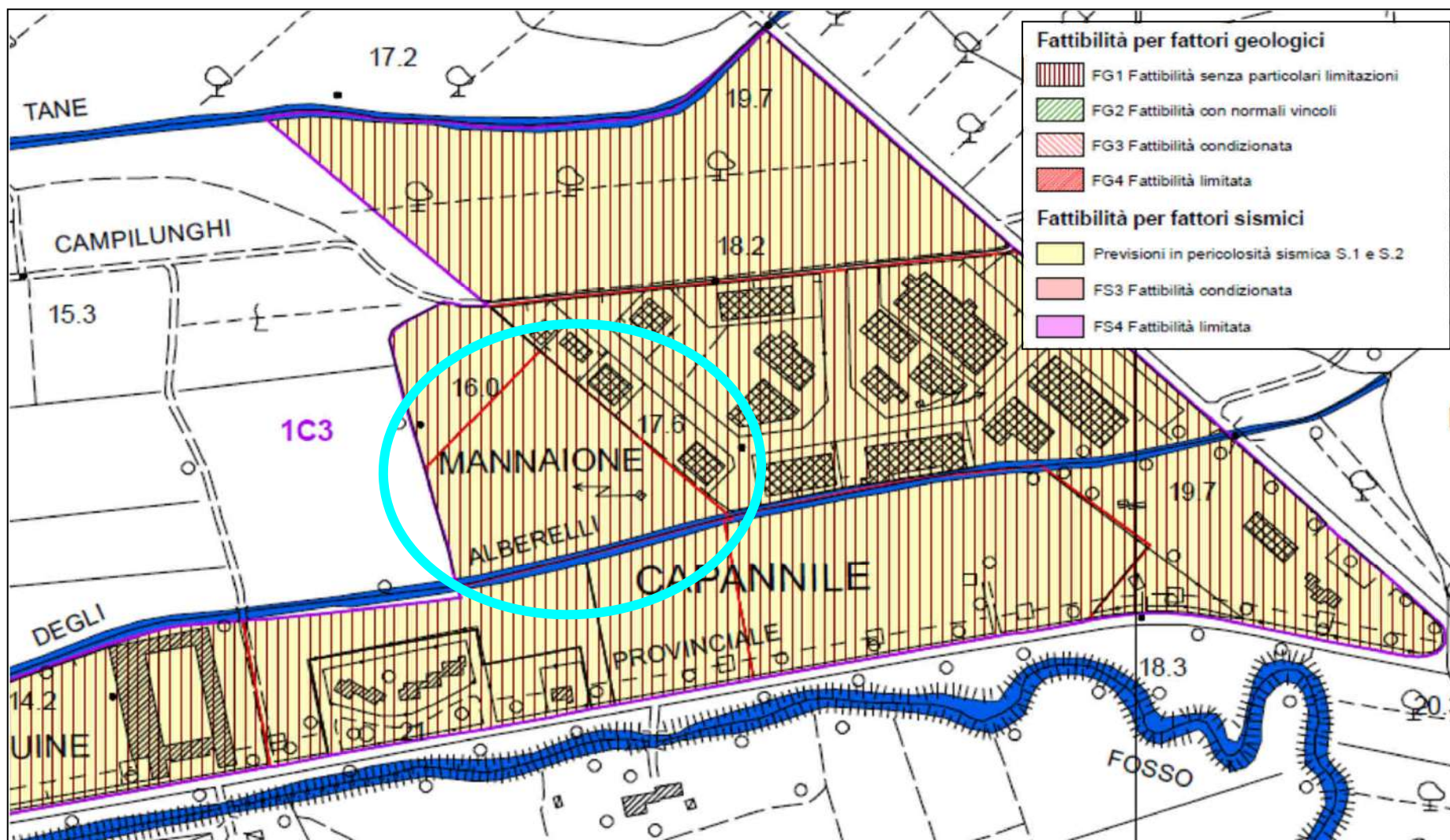
- nuova edificazione per attività produttive (AP), urbane (AU) e commerciali
- aree a verde
- standard urbanistici (parcheggi)

La fattibilità degli interventi associati alla previsione urbanistica è indicata sia nella tabella di pag. 26 della Relazione geologica di supporto alla Variante quinquennale al Regolamento Urbanistico (allegata e reiterata di seguito), sia nella scheda normativa ed è illustrata nei tematismi allegati al R.U. rappresentati nelle **figg. 12 e 13**, relativi



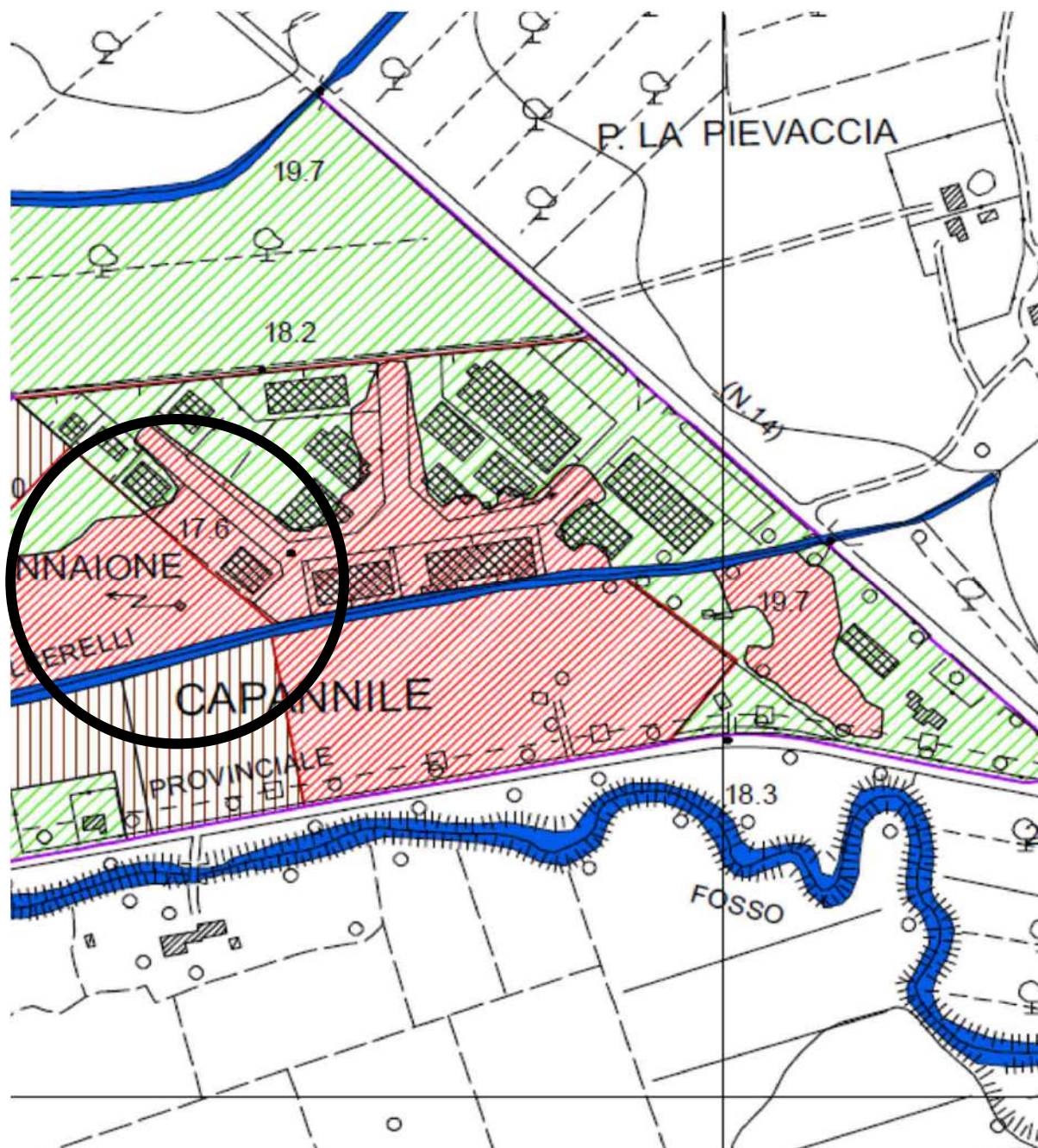
CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA allegata al vigente Regolamento Urbanistico

fig. 11 scala 1:10.000



CARTA DELLA FATTIBILITA' PER FATTORI GEOLOGICI E SISMICI
allegata al vigente Regolamento Urbanistico

fig. 12 scala 1:4.000



CARTA DELLA FATTIBILITA' PER FATTORI IDRAULICI

allegata al Regolamento Urbanistico

	FI1- Fattibilità senza particolari limitazioni. Interventi in pericolosità bassa. Interventi a bassa vulnerabilità in pericolosità media, elevata e molto elevata
	FI2- Fattibilità con normali vincoli da precisare a livello di progetto. Interventi in pericolosità media $200 \leq TR \leq 500$. Interventi di scarsa incidenza in pericolosità elevata ($30 \leq TR \leq 200$)
	FI3- Fattibilità condizionata. Previsioni in pericolosità elevata ($30 \leq TR \leq 200$) riguardanti interventi sul patrimonio edilizio esistente e le infrastrutture esistenti in aree edificate. Interventi di scarsa incidenza in pericolosità elevata al di fuori delle aree edificate
	FI4a - Fattibilità limitata. Previsioni in pericolosità elevata ($30 \leq TR \leq 200$)
	FI4a* - Fattibilità limitata. Previsioni di significativa estensione in pericolosità elevata ($30 \leq TR \leq 200$)
	FI4b - Fattibilità limitata. Previsioni in pericolosità molto elevata ($TR \leq 30$). Interventi interessati dalle disposizioni della L.R.T. n. 21/2012

rispettivamente la “fattibilità per fattori geologici e sismici” e la “fattibilità per fattori idraulici”.

	Per. Geologica (G1)	Per. Idraulica (I2)	Per. Idraulica (I3)	Per. sismica (S2)
D3 – area del Capannile sud-est Scheda 2	FG1	FI2a	FI4a	-

La fattibilità è ritenuta **senza particolari limitazioni (FG1)** per gli aspetti geomorfologici e **non è definita** per gli aspetti sismici. Nel contesto della formazione della documentazione a supporto del titolo abilitativo all’attività edilizia dei vari interventi dovranno essere realizzate indagini geognostiche e geologico-tecniche ai sensi del D.M. 17.01.2018 e del DPGR 1/R/2022 e attuata *una campagna di indagini geofisiche che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti, al fine di valutare l’entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra alluvioni e bedrock sismico.*

I maggiori condizionamenti sono associati alla fattibilità idraulica, definita **limitata (FI4a)**. Come indicato nelle norme della Variante quinquennale *le previsioni urbanistiche definite a fattibilità FI4a possono essere attuate a condizione che sia garantita la messa in sicurezza rispetto ad eventi con tempo di ritorno 200 anni, conseguita tramite la realizzazione di opere anche non strutturali, con compensazione volumetrica valutata sul battente idraulico atteso.* Tale condizione viene meno relativamente la scheda in parola dal momento che alla Scheda 4 Area Capannile viene associata la **Nota 1** che specifica che “la previsione D3 Capannile è condizionata alla realizzazione delle opere di messa in sicurezza idraulica identificati nell’adeguamento riguardanti gli argini del Fosso degli Alberelli”. Nella Scheda normativa si indica inoltre che dal momento che *“l’intervento è condizionato alla realizzazione anche contestuale delle opere strutturali, l’agibilità potrà essere concessa ad opere collaudate.”*

Relativamente alla descrizione degli interventi di messa in sicurezza idraulica si rimanda allo studio idrologico-idraulico di dettaglio redatto dall’Ing. De Vitis.

Metodologia d’indagine

La natura litologica del substrato è nota attraverso la stratigrafia dei vari pozzi presenti nel settore; al riguardo si allega quella del pozzo ID 14906 posto circa 50 metri

a sud-ovest e quella del pozzo ID 14370 posto 380 metri a sud (**fig. 4**), entrambe riprese dal data-base della Provincia di Livorno. La stratigrafia del pozzo romano interno la Scheda 2 e quella del pozzo ASA ID 16048 risultano infatti non conosciute. Il contesto litologico dell'area di studio è poi noto per i molteplici studi geologici e geognostici eseguiti nel corso degli anni.

Nel contesto delle indagini del novembre 2021 per il Piano Attuativo relativo la Scheda 2, sono state eseguite quattro penetrometrie dinamiche (**fig. 14b**). In occasione delle verticali DPSH2 e DPSH3 è stato infatti tentato inutilmente l'ancoraggio con le eliche per eseguire le penetrometrie in modalità statica. Sono state inoltre eseguite due indagini sismiche di tipo MASW nella porzione orientale e occidentale del Comparto e altrettante indagini sismiche di tipo passivo HVSR (**fig. 14 b**).

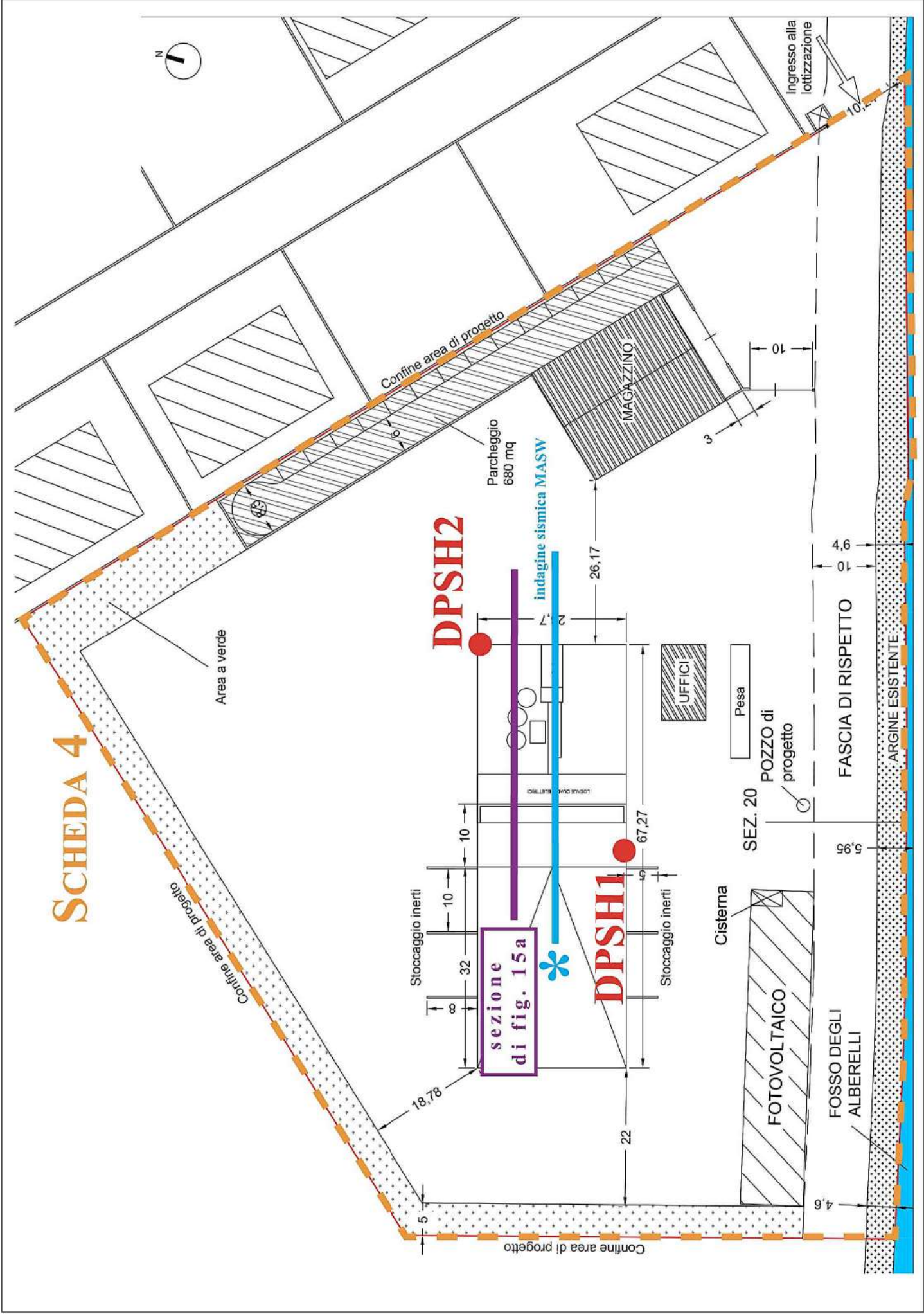
A supporto della presente indagine, per confermare l'omogeneità litologica del substrato e le proprietà meccaniche dei litotipi presenti sono state eseguite due nuove penetrometrie dinamiche (**fig. 14a**). Sia per le prove della Scheda 2 che della Scheda 4 in parola è stato utilizzato un penetrometro DPSH (*definito super pesante secondo la classificazione ISSMFE 1988*) con massa battente di 63.5 kg, altezza di caduta costante di 75 cm e con punta conica a recupero. I diagrammi relativi tutte le verticali sono allegati. A supporto del futuro progetto esecutivo dovranno essere svolte ulteriori indagini geognostiche di dettaglio, sulla base di quanto indicato dalla Normativa vigente, che andranno ad implementare i dati disponibili descritti.

Per fornire informazioni sulla *identificazione della categoria di sottosuolo* (punto 3.2.2 del D.M. 17.01.2018, *Norme Tecniche per le Costruzioni*) è stata eseguita una nuova indagine sismica di tipo MASW nella parte centrale del Comparto (**fig. 14a**). Come le precedenti interne la Scheda 2 l'indagine è stata eseguita dagli scriventi; i risultati sono allegati.

Inquadramento litologico

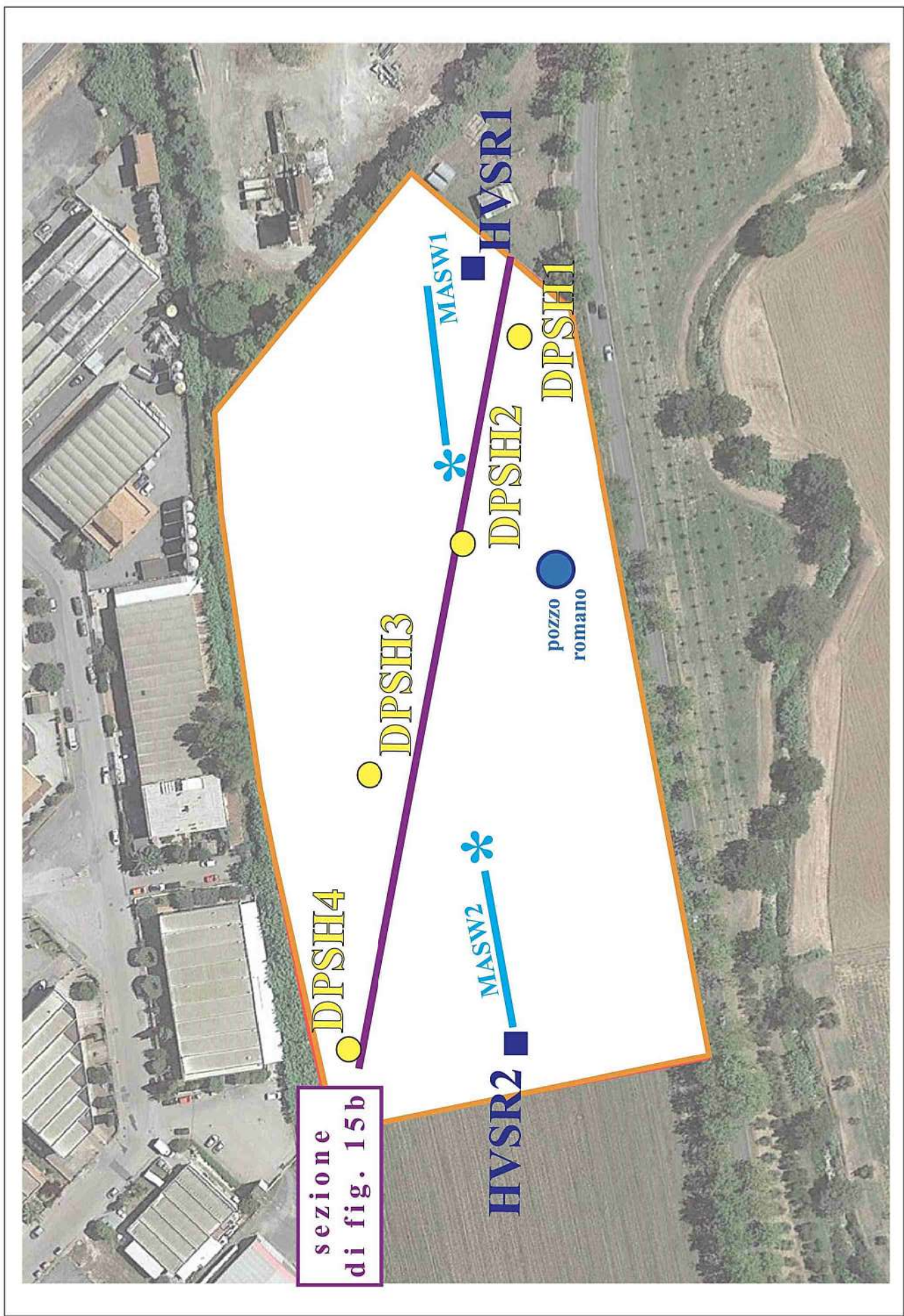
La stratigrafia dei due pozzi presi a riferimento è allegata; essa si mostra uniforme e evidenzia la presenza di un orizzonte superiore di depositi alluvionali a litologia variabile (sabbie, limi sabbiosi, limi argillosi e argille) di spessore 8.00/12.00 metri, sovrastante il

SCHEDA 4



IPOTESI DI PLANIVOLUMETRICO DELLA SCHEDA 4 IN OGGETTO CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

fig. 14a scala 1:750



UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE ALL'INTERNO DELLA LIMITROFA SCHEDA 2 (novembre 2021)

fig. 14b scala 1:1.500

substrato continentale quaternario, rappresentato da sabbie, conglomerati e subordinati livelli di arenaria, passanti poi ad un orizzonte di ghiaia con acqua che si sviluppa in profondità per circa 10.0 metri per poi passare al substrato profondo caratterizzato dalle argille consistenti.

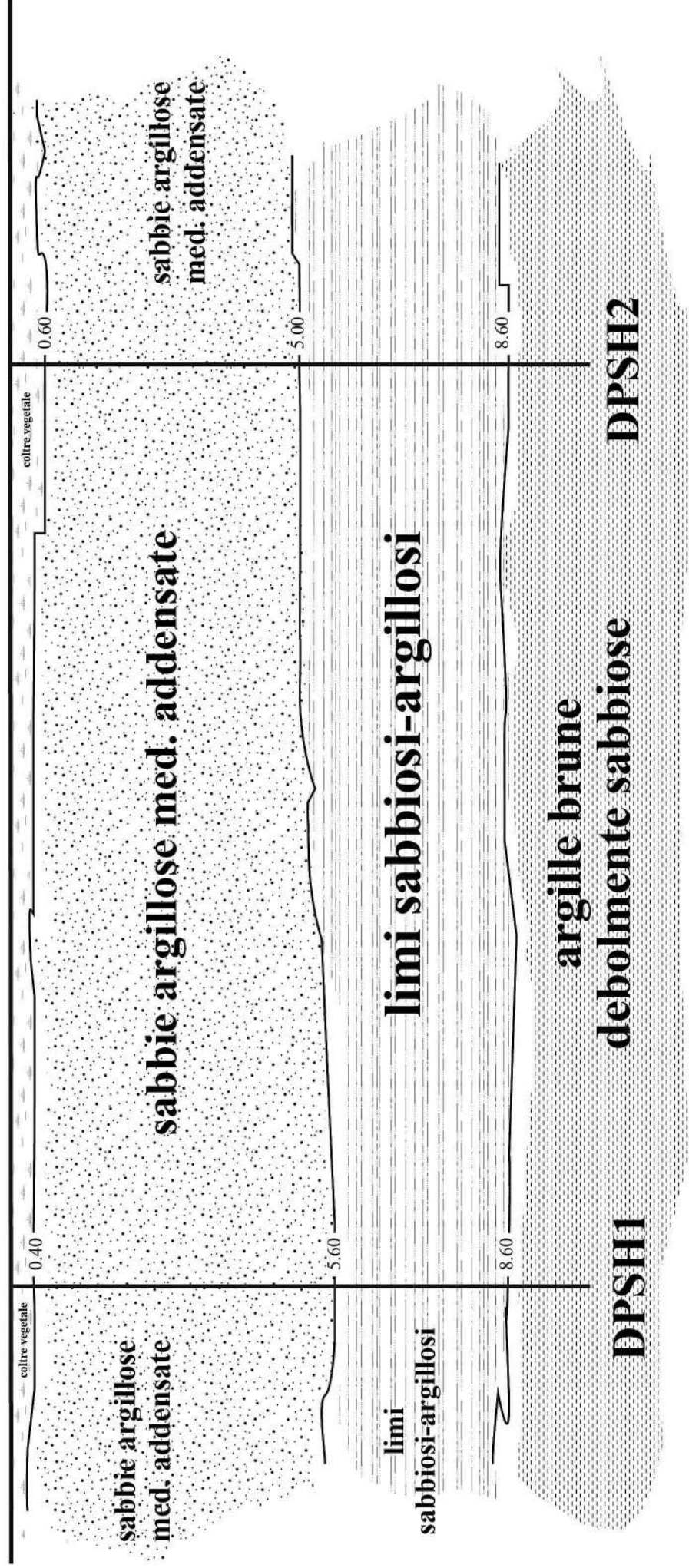
La stratigrafia di dettaglio è stata ricavata sulla base della diversa resistenza dinamica all'infissione della punta del penetrometro. Dal punto di vista litotecnico il substrato si mostra semplice, caratterizzato da uno spessore superiore a componente sabbiosa, con un medio grado di densità, passante alla profondità di circa 5.00/6.00 metri ad un orizzonte limo-sabbioso, rilevabile fino a circa 9.0 metri di profondità. Segue un orizzonte più marcatamente coesivo. Il substrato risulta quindi eterogeneo, composto da orizzonti a litologia variabile, tipico di un deposito alluvionale. I livelli mostrano però una decisa continuità laterale, come illustrato nello schema di **fig. 15a**, dove si osserva come sia evidente l'omogeneità orizzontale dei livelli litologici rinvenuti con le verticali. Nella **fig. 15b** è riportato il modello litologico ottenuto con le penetrometrie interne l'adiacente Scheda 2. Si rileva la netta analogia tra i due settori, coerentemente con l'adiacenza di ubicazione e con il quadro geologico generale, con la sola distinzione del minor spessore dell'orizzonte sabbioso superficiale, compensato dal maggior spessore del sottostante orizzonte di limi sabbioso-argillosi.

Le proprietà meccaniche dell'orizzonte granulare superficiale sono ottime, mentre quelle relative il livello limoso sabbioso sono medio-basse; tornano poi ad essere sicuramente valide quelle relative il substrato argilloso profondo.

Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica dei litotipi costituenti il substrato è stata effettuata mettendo in relazione il numero di colpi ottenuto dalle prove penetrometriche eseguite con la resistenza alla Prova di Penetrazione Standard (**SPT**). Da questa si ottengono poi i valori dei singoli parametri per correlazione con l'abbondante letteratura esistente. Il peso di volume e la coesione sono riferiti a Terzaghi & Peck (1948-1967). La densità relativa è rapportata alle Norme A.G.I. 1977. L'angolo d'attrito interno è riferito a Peck-Hanson-Thorburn (1953-1974).

Vista da sud

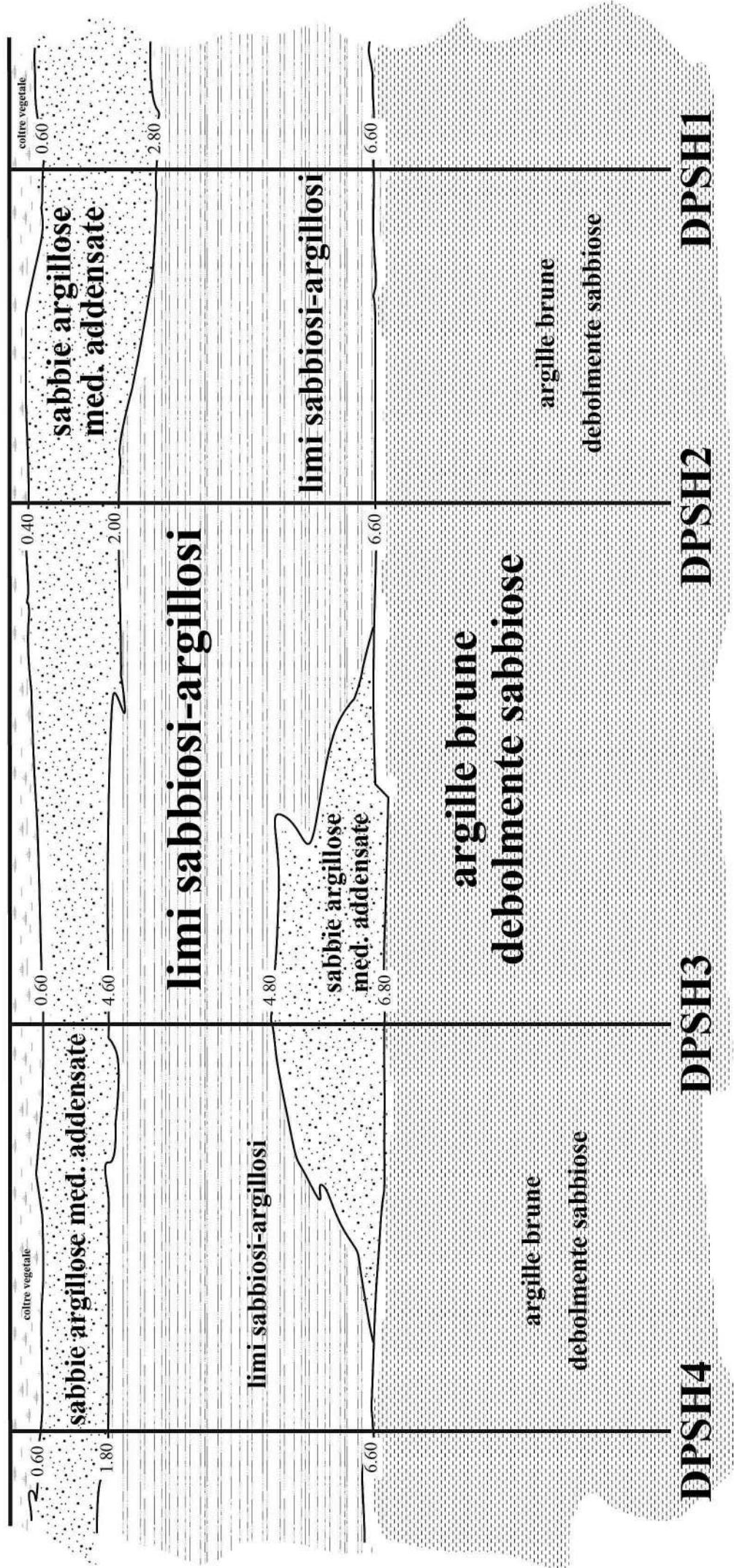


SEZIONE LITOLOGICA E LITOTECNICA

fig. 15a distanza scala 1:200

altezza scala 1:100

Vista da sud-ovest



SEZIONE LITOLOGICA E LITOTECNICA

fig. 15b
distanza fuori scala
altezza scala 1:100

I valori ottenuti, dettagliati negli allegati per ciascun penetrometria, essendo desunti per correlazione, hanno naturalmente un valore indicativo, affetto da un errore percentuale proporzionale al metodo d'indagine adottato.

Litologia	Sabbie argillose med. addensate	Limi sabbiosi-argillosi	Argille brune debolmente sabbiose
Numero medio di colpi	8 – 10	4 – 5	10 – 13
N _{SPT} corrispondente	12 – 15	7 – 8	16 – 19
Angolo di attrito interno	31° - 32°	5° - 10°	0°
Coesione	0.20 – 0.30 kg/cmq	0.44 – 0.50 kg/cmq	1.00 – 1.19 kg/cmq
Peso di volume	1.94 – 1.96 g/cmc	1.86 – 1.87 g/cmc	1.95 - 1.98 g/cmc

I valori dei parametri risultano analoghi a quelli relativi gli stessi orizzonti indagati nell'adiacente Scheda 2, come rilevabile dai relativi report allegati.

Risultati dell'indagine sismica

Con i dati ottenuti con l'indagine sismica di tipo MASW eseguita nella Scheda 4 in parola, per la zona di indagine (da piano campagna) si ha:

	MASW Scheda 4
V _{Seq} del modello medio	525 m/sec
-V _{Seq} del modello migliore	525 m/sec

Ai fini della classificazione nelle *categorie di suolo di fondazione* (D.M. 17.01.2018) è stata effettuata una valutazione del parametro V_{Seq} utilizzando una media ponderata dei valori delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri, rispetto agli spessori indagati. I valori medi calcolati conducono ad inserire il substrato indagato nel **campo B** ovvero (tabella 3.2. II NTC):

rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente (Vs) compresi tra 360 m/s e 800 m/s

A conferma della decisa uniformità litologica del settore si evidenzia come con le due indagini sismiche di tipo MASW eseguite nella Scheda 2 adiacente a sud-est si fossero ottenuti i risultati seguenti che avevano condotto allo stesso suolo di tipo B.

	Masw 1 – settore est	Masw 2 - settore ovest
V _{Seq} del modello medio	468 m/sec	406.358 m/sec
-V _{Seq} del modello migliore	466 m/sec	406.324 m/sec

Come già indicato, all'interno del perimetro dell'adiacente Scheda 2 sono state eseguite anche due indagini di tipo HVSR. In entrambe le tracce non si rilevano picchi H/V di particolare entità. Nella postazione 1 (settore est) l'unico picco H/V rilevato, posto a circa 0.38 Hz, è stazionario, leggermente direzionale ed ha forma molto blanda e ampiezza inferiore a 2.0; non soddisfacendo diversi criteri SESAME non riferisce di un picco chiaro e significativo. Per la postazione 2 (settore ovest) si evidenzia un picco H/V del tutto analogo, posto a 0.34 Hz. Nel grafico di pag. 7 della relazione tecnica è presente una sovrapposizione delle curve H/V delle 2 registrazioni nelle diverse postazioni, dove si nota come l'andamento sia del tutto analogo. Alla luce della documentata uniformità litologica del settore si può affermare come, anche nell'ambito dell'area in esame, non siano presenti passaggi stratigrafici caratterizzati da un significativo contrasto tra le velocità sismiche, e quindi come non siano da attendersi *fenomeni di amplificazione-risonanza significativi*, nemmeno a profondità importanti.

Inquadramento geotecnico

Al momento, coerentemente con il grado di progettazione previsto a livello di Piano Attuativo (planivolumetrico molto schematico e probabilmente soggetto a modifiche), non sono state eseguite valutazioni di carattere geotecnico. Come già indicato, precedentemente alla fase esecutiva dovranno essere eseguite le necessarie indagini geognostiche e geotecniche, secondo quanto indicato dal D.M. 17.01.2018 (*Norme Tecniche per le Costruzioni*) e quelle sismiche funzionali alla definizione dei dati relativi agli aspetti geodinamici e alla sismicità del sito. Questo in maniera da formulare le verifiche sulla sicurezza e sulle prestazioni dell'opera con relativa valutazione degli stati limite (capitolo 2 D.M. 17.01.2018). In tale fase si procederà alla definizione della *resistenza del terreno* (Rd) in condizioni statiche e dinamiche. Le future campagne geognostiche saranno inoltre finalizzate a confermare i dati disponibili, a definire la continuità laterale dei livelli indagati con le indagini esplicitate nella presente nota e a parametrizzare nel dettaglio i singoli siti di imposta fondale; infine, esse dovranno:

- evidenziare/confermare l'entità dello spessore alterato associato alla precedente attività agricola, che dovrà essere rimosso in quanto non adeguato a fungere da sito fondale;
- definire la tipologia fondazionale più idonea sulla base della soluzione architettonica indicata e, conseguentemente, quantificare le grandezze geotecniche in gioco;

Allegati

- Documentazione fotografica
- Stratigrafia dei pozzi ID 14906 e 14370 attinti dal database della Provincia di Livorno
- Diagrammi delle penetrometrie eseguite dagli scriventi all'interno del perimetro della Scheda 4 in oggetto (maggio 2022) e parametrizzazione conseguente
- Diagrammi delle penetrometrie eseguite dagli scriventi all'interno del perimetro dell'adiacente Scheda 2 (novembre 2021) e parametrizzazione conseguente
- Report e risultati dell'indagine sismica di tipo MASW eseguita nella Scheda 4 in parola (maggio 2022)
- Report e risultati delle due indagini sismiche di tipo MASW eseguite nell'adiacente Scheda 2 (novembre 2021)
- Report e risultati delle due indagini sismiche di tipo HVSR eseguite nell'adiacente Scheda 4 (novembre 2021)
- Tabella di fattibilità estratta dalla Relazione geologica allegata alla Variante quinquennale al R.U. (novembre 2016)

Cecina, 14.06.2022

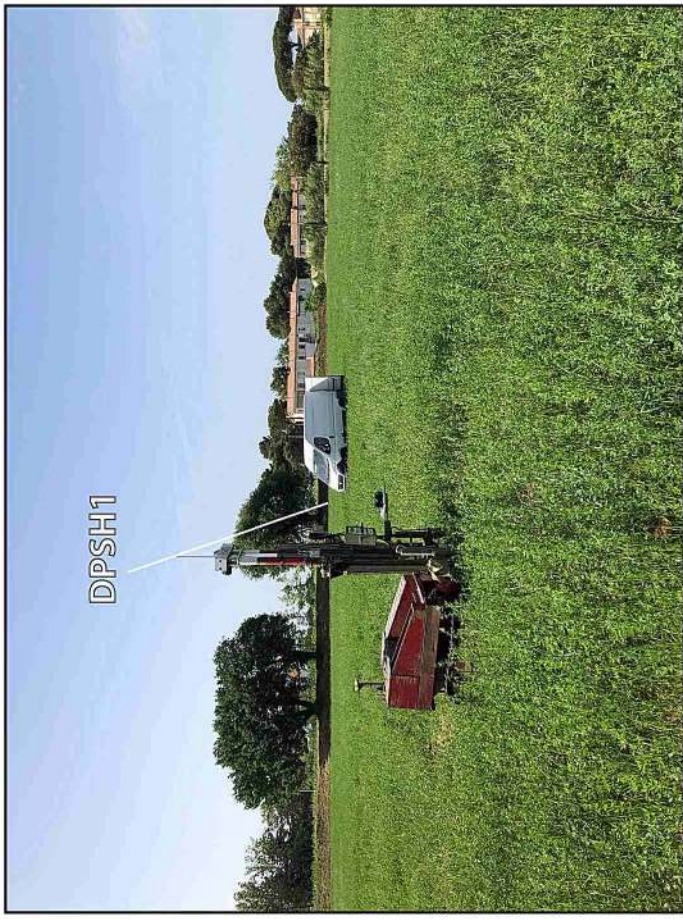


Foto 1-2: ubicazione prove penetrometriche dinamiche DPSH1 e DPSH2.

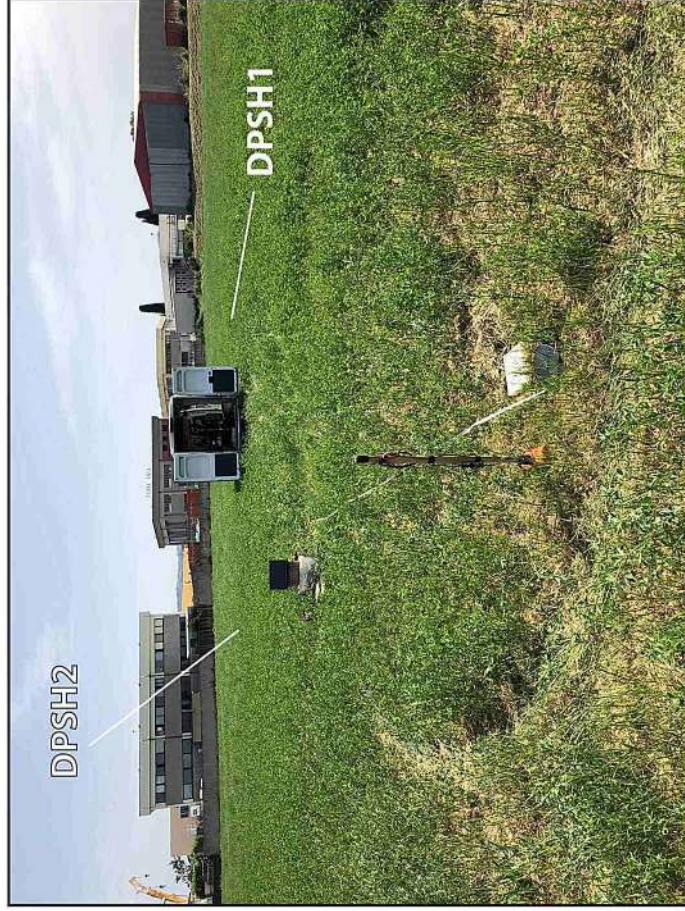




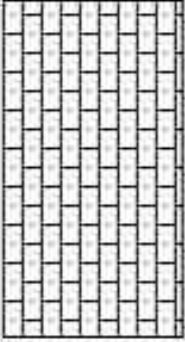
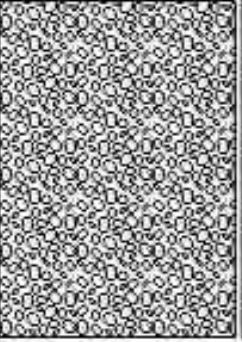

Foto 3: ubicazione indagine sismica MASW, vista da ovest.

Provincia di Livorno




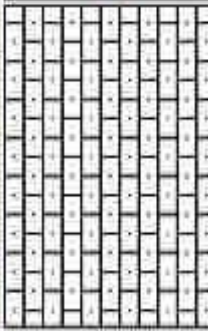

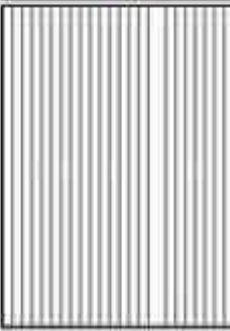
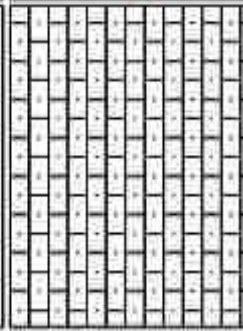
Unità di Servizio 3.1

Attenzione, per poter stampare la stratigrafia è necessario impostare l'opzione del browser: 'Print Background Color and images'

Stratigrafia del pozzo n.: 14906

Spessore	m	Strati	Descrizione
2	2.00		Terra vegetale
4	6.00		Argilla sabbiosa
6	12.00		Arenaria
6	20.00		Ghiaia con acqua
5	25.00		Argilla sabbiosa

Stratigrafia del pozzo n.: 14370

Spessore	m	Strati	Descrizione
4	4.00		Terreno vegetale
5	9.00		Argilla rossa
6	15.00		Sabbia
7	22.00		Arenaria con acqua
3	25.00		Sabbia
8	33.00		Argilla rosa
9	42.00		Arenaria con acqua

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	1
	Riferimento	Capannile

Committente	G.E.A. S.r.l.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	26/05/2022
Cantiere	Piano Attuativo Scheda 2	Pagina	1		
Località	Capannile, Comune di Bibbona (Li)	Elaborato		Falda	-5,60 m da p.c.

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²
0,20	1	3		22,3					
0,40	1	3		22,3					
0,60	1	8		59,6					
0,80	1	8		59,6					
1,00	2	7		48,3					
1,20	2	5		34,5					
1,40	2	5		34,5					
1,60	2	3		20,7					
1,80	2	4		27,6					
2,00	3	3		19,3					
2,20	3	4		25,7					
2,40	3	6		38,6					
2,60	3	8		51,5					
2,80	3	11		70,8					
3,00	4	10		60,2					
3,20	4	9		54,2					
3,40	4	9		54,2					
3,60	4	7		42,2					
3,80	4	12		72,3					
4,00	5	7		39,6					
4,20	5	4		22,7					
4,40	5	12		68,0					
4,60	5	6		34,0					
4,80	5	16		90,6					
5,00	6	14		74,8					
5,20	6	10		53,4					
5,40	6	15		80,1					
5,60	6	6		32,1					
5,80	6	3		16,0					
6,00	7	3		15,2					
6,20	7	3		15,2					
6,40	7	2		10,1					
6,60	7	3		15,2					
6,80	7	5		25,3					
7,00	8	5		24,0					
7,20	8	6		28,8					
7,40	8	6		28,8					
7,60	8	5		24,0					
7,80	8	8		38,4					
8,00	9	8		36,5					
8,20	9	8		36,5					
8,40	9	9		41,1					
8,60	9	8		36,5					
8,80	9	13		59,4					
9,00	10	12		52,3					
9,20	10	12		52,3					
9,40	10	14		61,0					
9,60	10	13		56,6					

H = profondità

L1 = asta

L2 = punta

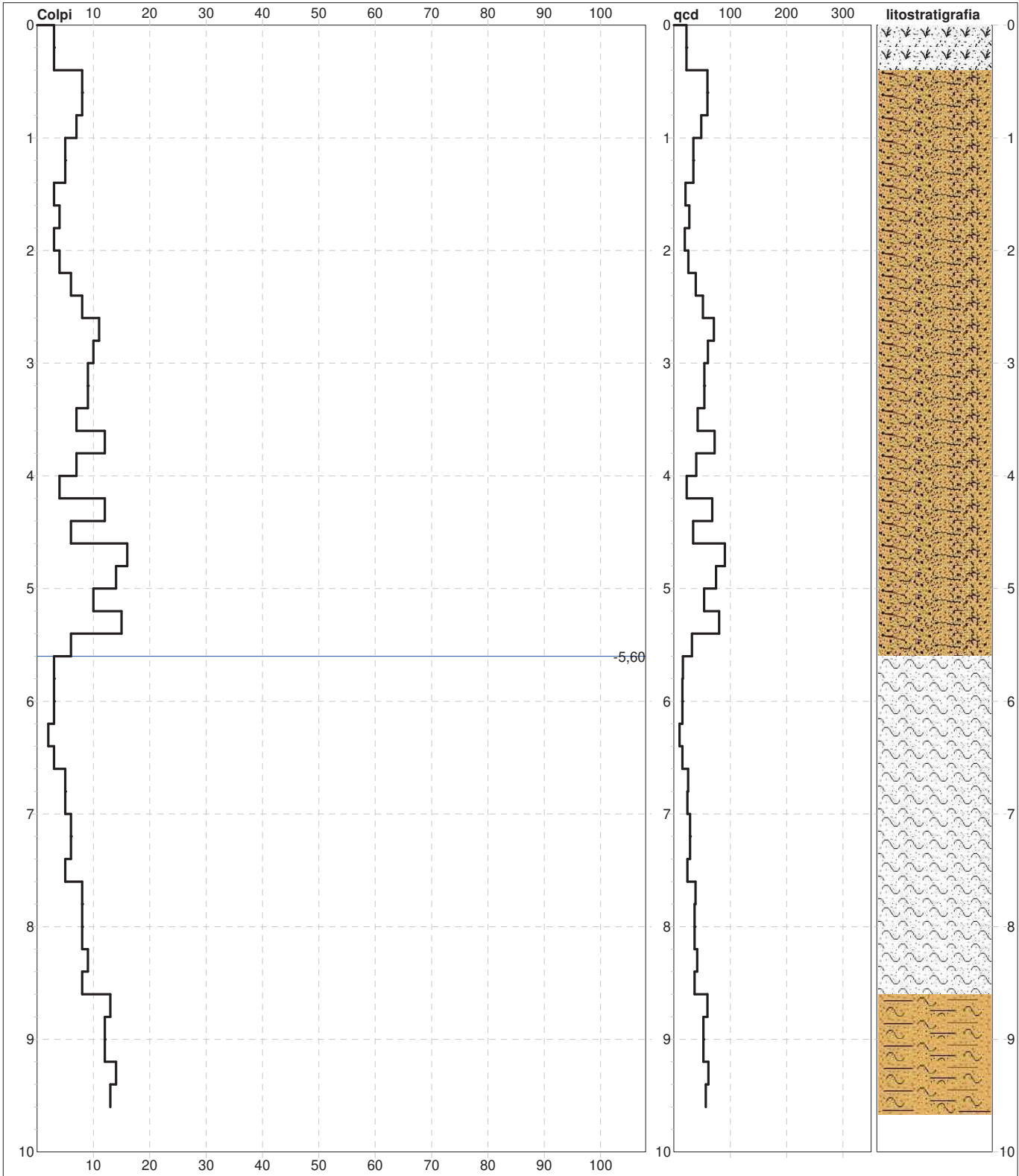
L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	1
Riferimento	Capannile

Committente	G.E.A. S.r.l.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	26/05/2022
Cantiere	Piano Attuativo Scheda 2	Scala:	1:50	Quota inizio: : p.c.	
Località	Capannile, Comune di Bibbona (Li)	Pagina	1	Falda	-5,60 m da p.c.
		Elaborato			



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)	sist.litologico: Personalizzata	preforo	m
63,50 kg	Responsabile:: Leonardo Ruffini	Corr.astine: :	kg/ml
0,75 m	Assistente::	Cod.ISTAT:	0
0,20 m			

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	1
	Riferimento	Capannile

Committente	G.E.A. S.r.l.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	26/05/2022
Cantiere	Piano Attuativo Scheda 2	Pagina	1		
Località	Capannile, Comune di Bibbona (Li)	Elaborato		Falda	-5,60 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,40	Media	3	1,52	5	22	11	37	136	1,12	Torbosa	Coltre vegetale
2	0,40 : 5,60	Media	8	1,52	12	49	44	142	88	2,44	Coes./Gran.	Sabbie argillose med. addensate
3	5,60 : 8,60	Media	5	1,52	8	26	24	156	63	1,31	Coes./Gran.	Limi sabbioso-argillosi
4	8,60 : 9,60	Media	13	1,52	19	56	39	107	174	2,82	Coesiva	Argille brune deb. sabbiose

NATURA COESIVA**NATURA GRANULARE**

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0,00 : 0,40	5	0,25	1,48	96	2,58	29	---	---	---	---	---	---	---
2	0,40 : 5,60	12	0,75	1,92	31	0,84	52	38	31	284	1,94	1,52	56	---
3	5,60 : 8,60	8	0,50	1,87	35	0,94	41	28	29	253	1,91	1,46	48	---
4	8,60 : 9,60	19	1,19	2,01	25	0,69	67	---	---	---	---	---	---	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	2
	Riferimento	Capannile

Committente	G.E.A. S.r.l.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	26/05/2022
Cantiere	Piano Attuativo Scheda 2	Pagina	1	Falda	Assente
Località	Capannile, Comune di Bibbona (Li)	Elaborato			

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm ²
0,20	1	6		44,7					
0,40	1	8		59,6					
0,60	1	9		67,0					
0,80	1	13		96,8					
1,00	2	10		69,0					
1,20	2	8		55,2					
1,40	2	6		41,4					
1,60	2	5		34,5					
1,80	2	7		48,3					
2,00	3	6		38,6					
2,20	3	9		57,9					
2,40	3	10		64,3					
2,60	3	8		51,5					
2,80	3	9		57,9					
3,00	4	9		54,2					
3,20	4	11		66,3					
3,40	4	24		144,6					
3,60	4	16		96,4					
3,80	4	15		90,4					
4,00	5	10		56,6					
4,20	5	9		51,0					
4,40	5	8		45,3					
4,60	5	5		28,3					
4,80	5	7		39,6					
5,00	6	6		32,1					
5,20	6	3		16,0					
5,40	6	4		21,4					
5,60	6	2		10,7					
5,80	6	3		16,0					
6,00	7	4		20,2					
6,20	7	3		15,2					
6,40	7	3		15,2					
6,60	7	2		10,1					
6,80	7	3		15,2					
7,00	8	5		24,0					
7,20	8	5		24,0					
7,40	8	4		19,2					
7,60	8	4		19,2					
7,80	8	7		33,6					
8,00	9	6		27,4					
8,20	9	7		32,0					
8,40	9	7		32,0					
8,60	9	6		27,4					
8,80	9	10		45,7					
9,00	10	10		43,6					
9,20	10	10		43,6					
9,40	10	11		47,9					
9,60	10	10		43,6					

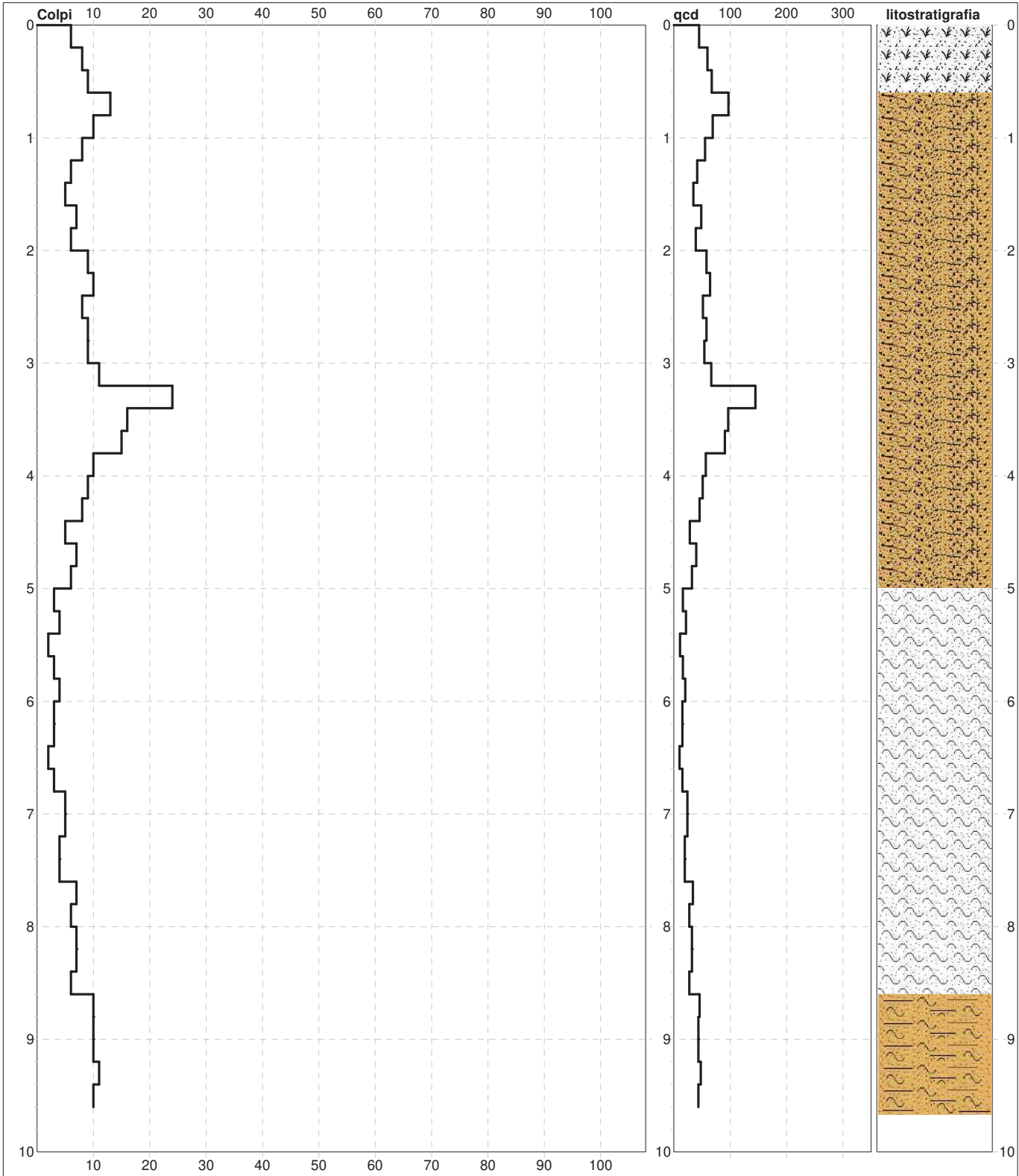
H = profondità
L1 = asta
L2 = punta
L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN	2
Riferimento	Capannile

Committente	G.E.A. S.r.l.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	26/05/2022
Cantiere	Piano Attuativo Scheda 2	Scala:	1:50	Quota inizio: : p.c.	
Località	Capannile, Comune di Bibbona (Li)	Pagina	1	Falda	Assente
		Elaborato			



Penetrometro: DPSH (S. Heavy) 63,50 kg 0,75 m 0,20 m	sist.litologico: Personalizzata Responsabile:: Leonardo Ruffini Assistente::	preforo m Corr.astine: : kg/ml Cod.ISTAT: 0
--	--	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA	DIN	2
	Riferimento	Capannile

Committente	G.E.A. S.r.l.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	26/05/2022
Cantiere	Piano Attuativo Scheda 2	Pagina	1	Falda	Assente
Località	Capannile, Comune di Bibbona (Li)	Elaborato			

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	qcd kg/cm ²	qc kg/cm ²	Vs m/sec	G kg/cm ²	Q kg/cm ²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,60	Media	8	1,52	12	57	29	67	176	2,86	Torbosa	Coltre vegetale
2	0,60 : 5,00	Media	10	1,52	15	60	56	145	105	3,00	Coes./Gran.	Sabbie argillose med. addensate
3	5,00 : 8,60	Media	4	1,52	7	21	20	151	57	1,05	Coes./Gran.	Limi sabbioso-argillosi
4	8,60 : 9,60	Media	10	1,52	16	45	31	95	169	2,24	Coesiva	Argille brune deb. sabbiose

NATURA COESIVA**NATURA GRANULARE**

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm ²	Ysat t/m ³	W %	e -	Mo kg/cm ²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm ²	Ysat t/m ³	Yd t/m ³	Mo kg/cm ²	Liq. -
1	0,00 : 0,60	12	0,60	1,72	50	1,35	48	---	---	---	---	---	---	---
2	0,60 : 5,00	15	0,94	1,96	29	0,77	59	43	32	307	1,96	1,54	63	---
3	5,00 : 8,60	7	0,44	1,86	36	0,97	39	25	29	245	1,90	1,45	45	---
4	8,60 : 9,60	16	1,00	1,97	28	0,75	61	---	---	---	---	---	---	---

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN DPSH1

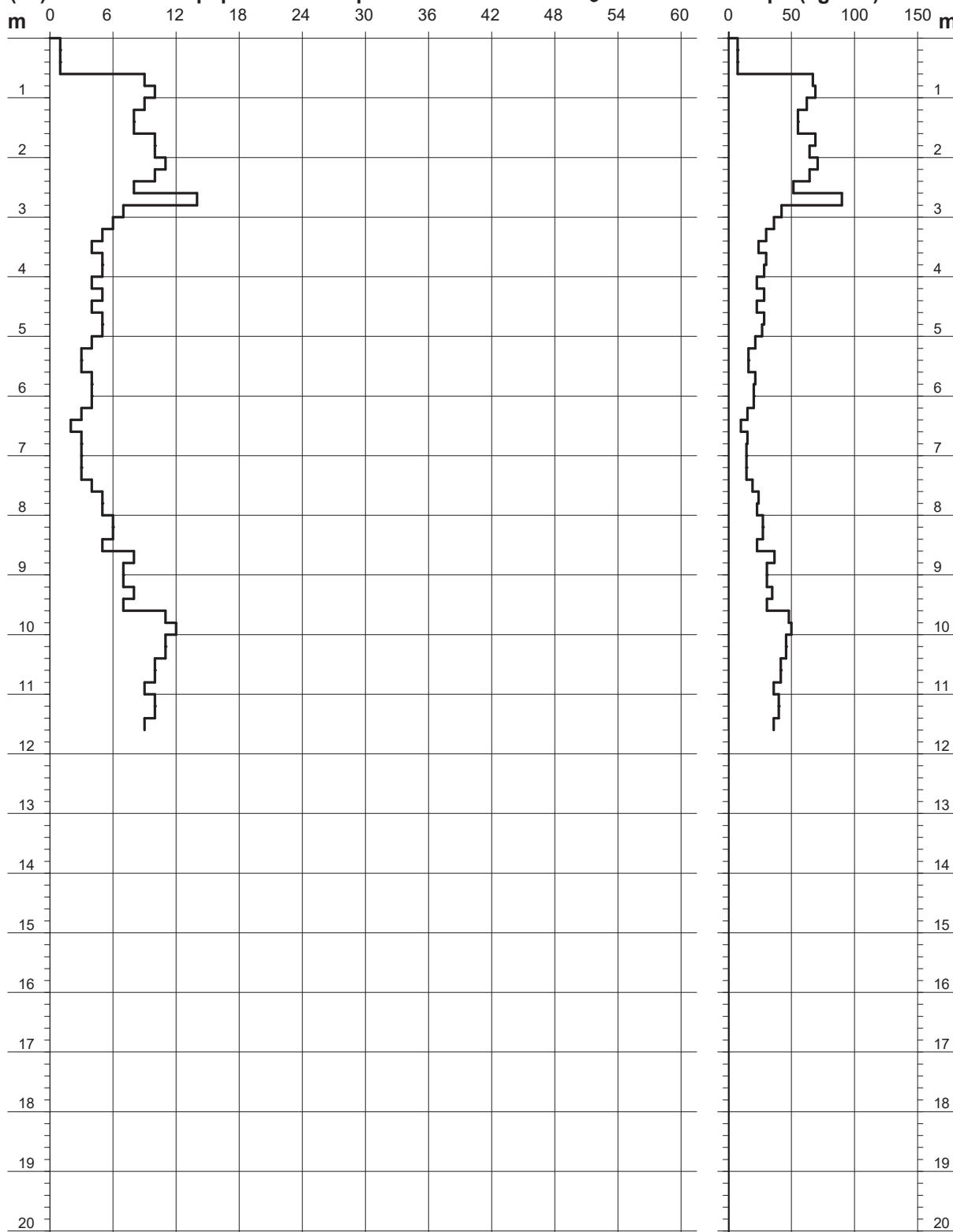
Scala 1: 100

- cantiere : G.E.A. s.r.l.
- lavoro : Piano Attuativo Scheda 2
- località : Loc. Capannile, Comune di Bibbona

- data prova : 19/11/2021
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 23/11/2021

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN DPSH2

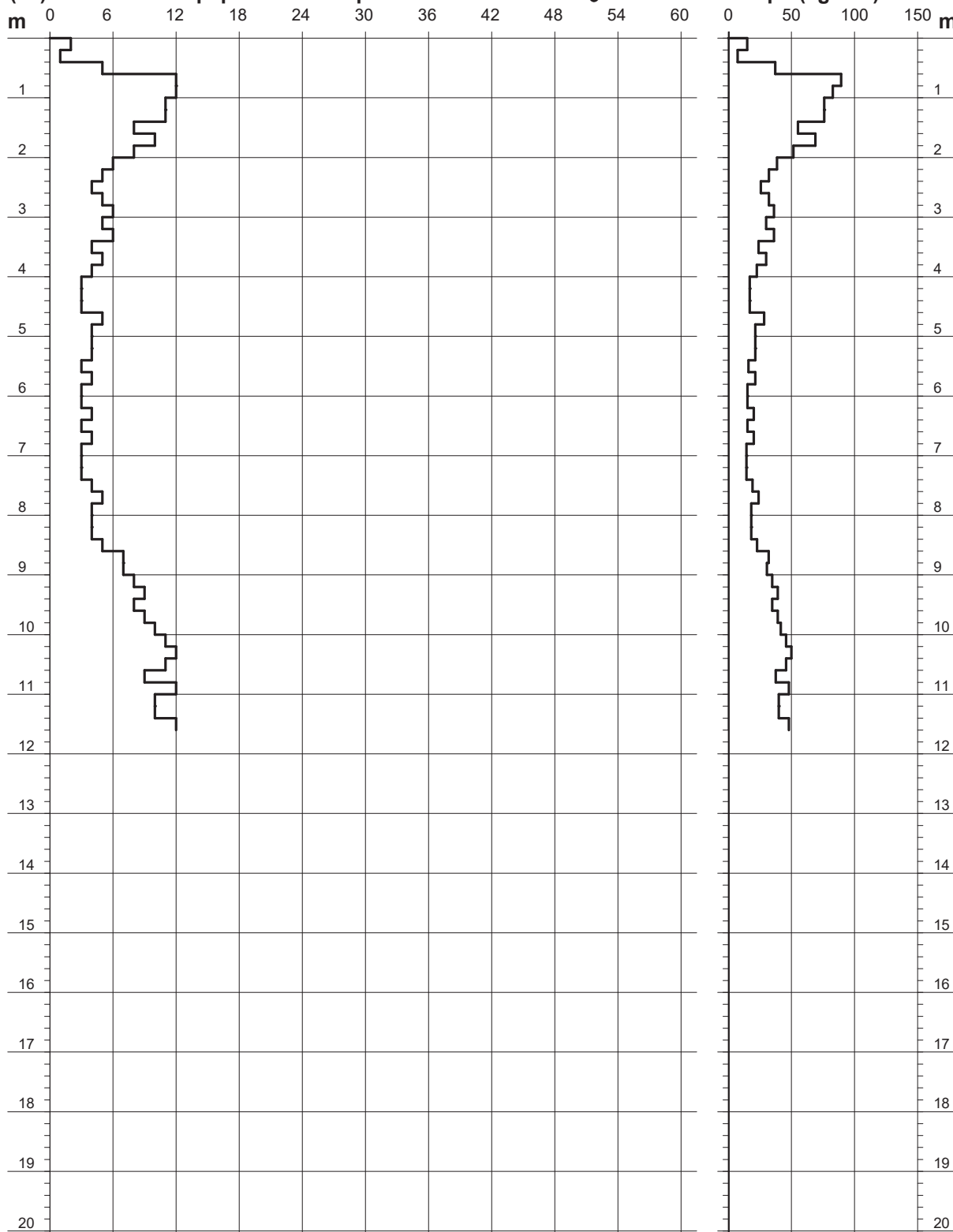
Scala 1: 100

- cantiere : G.E.A. s.r.l.
- lavoro : Piano Attuativo Scheda 2
- località : Loc. Capannile, Comune di Bibbona

- data prova : 19/11/2021
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 23/11/2021

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN DPSH3

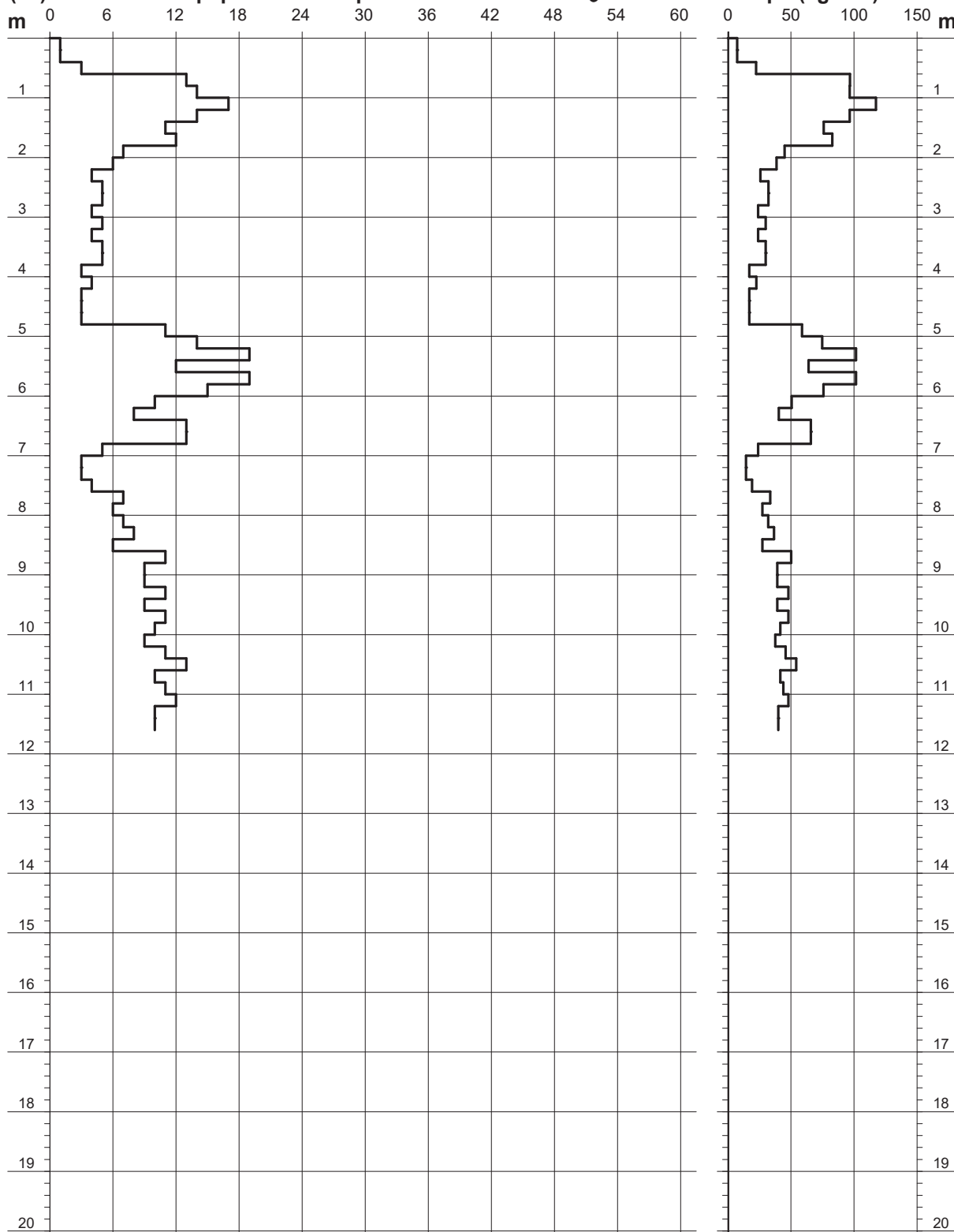
Scala 1: 100

- cantiere : G.E.A. s.r.l.
- lavoro : Piano Attuativo Scheda 2
- località : Loc. Capannile, Comune di Bibbona

- data prova : 19/11/2021
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 23/11/2021

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN DPSH4

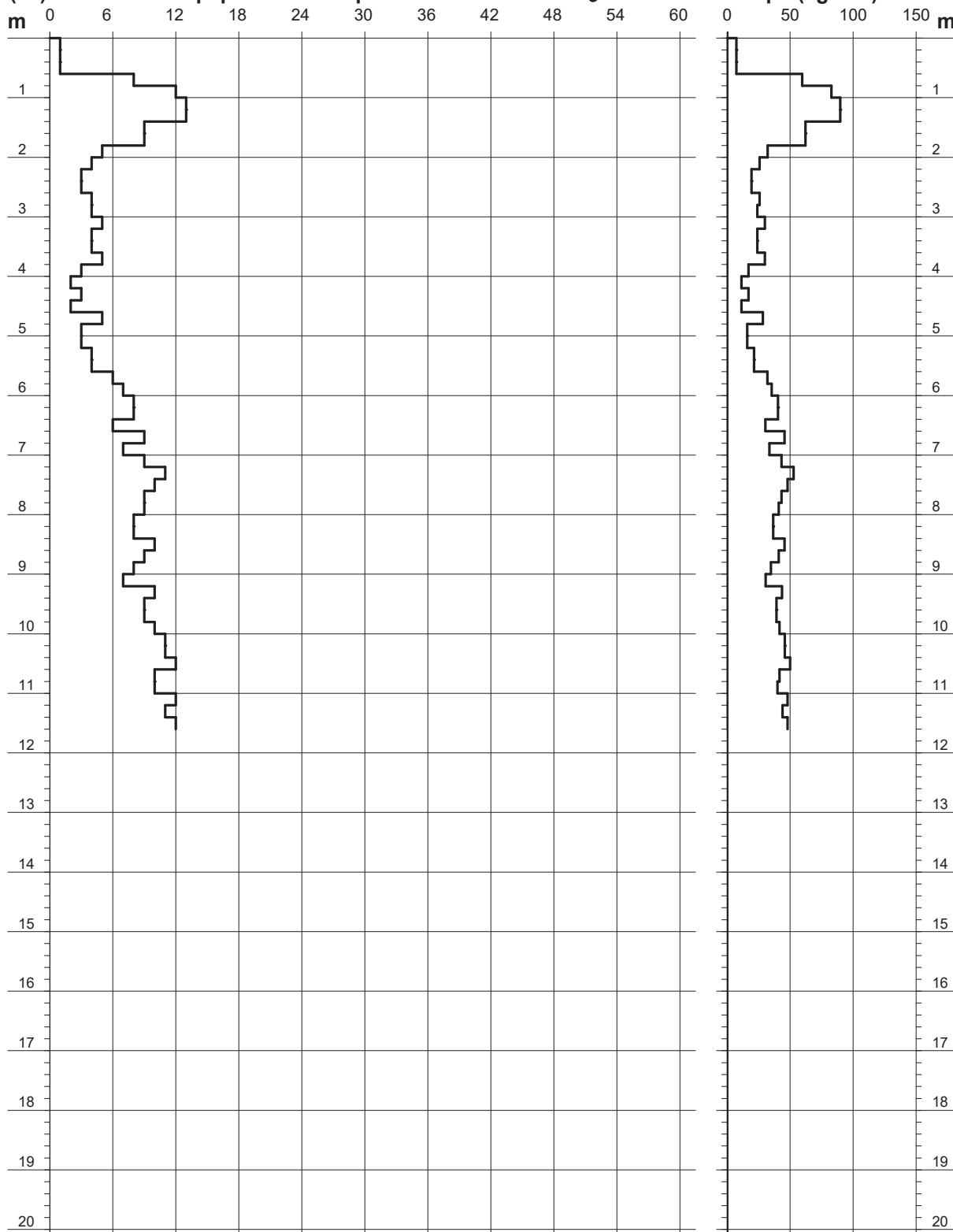
Scala 1: 100

- cantiere : G.E.A. s.r.l.
- lavoro : Piano Attuativo Scheda 2
- località : Loc. Capannile, Comune di Bibbona

- data prova : 19/11/2021
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 23/11/2021

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20$ cm



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN DPSH1

- cantiere : G.E.A. s.r.l.
 - lavoro : Piano Attuativo Scheda 2
 - località : Loc. Capannile, Comune di Bibbona

- data prova : 19/11/2021
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 23/11/2021

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,60	N	1,0	1	1	1,0	----	----	----	1	1,52	2
			Rpd	7,4	7	7	7,4	----	----	----			
2	0,60	2,80	N	9,7	8	14	8,9	1,7	8,0	11,5	10	1,52	15
			Rpd	65,3	52	90	58,4	10,4	54,9	75,7			
3	2,80	6,60	N	4,3	2	7	3,2	1,2	3,2	5,5	4	1,52	6
			Rpd	24,2	10	42	17,2	7,7	16,6	31,9			
4	6,60	11,60	N	7,3	3	12	5,2	2,9	4,4	10,2	7	1,52	11
			Rpd	31,6	14	50	23,0	11,1	20,4	42,7			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN DPSH1

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	coltre	2	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.60	2.80	sabbie argillose med. addens	15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	----	----	----	----
3	2.80	6.60	limi sabbiosi	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
4	6.60	11.60	argille debil. sabbiose brune	11	----	----	----	----	----	0.69	1.91	32	0.867

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN DPSH2

- cantiere : G.E.A. s.r.l.
 - lavoro : Piano Attuativo Scheda 2
 - località : Loc. Capannile, Comune di Bibbona
 - data prova : 19/11/2021
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 23/11/2021

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,40	N	1,5	1	2	1,3	----	----	----	2	1,52	3
			Rpd	11,2	7	15	9,3	----	----	----			
2	0,40	2,00	N	9,6	5	12	7,3	2,4	7,2	12,1	10	1,52	15
			Rpd	67,1	37	89	52,2	17,7	49,5	84,8			
3	2,00	6,60	N	4,2	3	6	3,6	1,0	3,1	5,2	4	1,52	6
			Rpd	24,1	15	39	19,6	7,5	16,6	31,6			
4	6,60	11,60	N	7,4	3	12	5,2	3,2	4,2	10,6	7	1,52	11
			Rpd	31,7	14	50	23,0	12,1	19,5	43,8			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN DPSH2

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.40	coltre	3	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.40	2.00	sabbie argillose med. addens	15	42.5	31.5	307	1.96	1.54	----	----	----	----
3	2.00	6.60	limi sabbiosi	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
4	6.60	11.60	argille debil. sabbiose brune	11	----	----	----	----	----	0.69	1.91	32	0.867

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrit o efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN DPSH3

- cantiere : G.E.A. s.r.l.
 - lavoro : Piano Attuativo Scheda 2
 - località : Loc. Capannile, Comune di Bibbona

- data prova : 19/11/2021
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 23/11/2021

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,60	N	1,7	1	3	1,3	----	----	----	2	1,52	3
			Rpd	12,4	7	22	9,9	----	----	----			
2	0,60	1,80	N	13,5	11	17	12,3	2,1	11,4	15,6	14	1,52	21
			Rpd	94,4	76	117	85,2	14,3	80,1	108,7			
3	1,80	4,80	N	4,4	3	7	3,7	1,2	3,2	5,6	4	1,52	6
			Rpd	26,9	17	45	21,9	8,4	18,5	35,2			
4	4,80	6,80	N	13,4	8	19	10,7	3,6	9,8	17,0	13	1,52	20
			Rpd	69,9	41	102	55,2	19,7	50,2	89,6			
5	6,80	11,60	N	8,5	3	13	5,8	2,8	5,7	11,4	8	1,52	12
			Rpd	36,9	14	54	25,6	10,9	25,9	47,8			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN DPSH3

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	coltre	3	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.60	1.80	sabbie argillose med. addens	21	51.5	33.3	353	2.00	1.60	----	----	----	----
3	1.80	4.80	limi sabbiosi	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
4	4.80	6.80	sabbie argillose med. addens	20	50.0	33.0	346	1.99	1.59	----	----	----	----
5	6.80	11.60	argille debil. sabbiose brune	12	----	----	----	----	----	0.75	1.92	31	0.842

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrit o efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN DPSH4

- cantiere : G.E.A. s.r.l.
 - lavoro : Piano Attuativo Scheda 2
 - località : Loc. Capannile, Comune di Bibbona
 - data prova : 19/11/2021
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 23/11/2021

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,60	N	1,0	1	1	1,0	----	----	----	1	1,52	2
			Rpd	7,4	7	7	7,4	----	----	----			
2	0,60	1,80	N	10,7	8	13	9,3	2,3	8,4	12,9	11	1,52	17
			Rpd	74,4	60	90	67,0	14,6	59,8	89,0			
3	1,80	6,60	N	4,4	2	8	3,2	1,7	2,7	6,0	4	1,52	6
			Rpd	24,7	11	41	18,0	8,2	16,5	32,9			
4	6,60	11,60	N	9,6	7	12	8,3	1,4	8,2	11,1	10	1,52	15
			Rpd	42,4	31	53	36,4	5,3	37,0	47,7			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN DPSH4

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	coltre	2	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.60	1.80	sabbie argillose med. addens	17	45.5	32.1	322	1.97	1.56	----	----	----	----
3	1.80	6.60	limi sabbiosi	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
4	6.60	11.60	argille debil. sabbiose brune	15	----	----	----	----	----	0.94	1.96	29	0.773

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

RISULTATI INDAGINE MASW
Piano Attuativo Scheda 4, UTOE 1C3, Loc. Capannile, Comune di Bibbona
G.E.A. S.r.l.

dispersion curve: number of frequency-velocity points=8
dataset: 2 metri.sgy
minimum offset (m): 2
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.131
Dispersion curve: picking 2 metri.cdp
Number of individuals: 30
Number of generations: 41

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 186 1 200 2 250 7 340
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 330 3 510 8 750 13 1100
Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.35

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -70.4479	-33.2567
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -60.5253	-33.2567
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -50.3796	-26.4154
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -52.0211	-21.9045
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -50.6248	-19.1221
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -44.8405	-14.1255
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -42.1012	-13.6121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -37.4567	-13.6121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -39.3708	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -38.0792	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -39.3543	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -41.5524	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -40.1089	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -42.8484	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -34.8247	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -40.6085	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -38.741	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -43.756	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -42.4118	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -45.8832	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -42.4049	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -37.3311	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -47.3395	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -39.7208	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -36.0714	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -37.1357	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -38.2189	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -35.962	-5.58393
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -28.2932	-5.58393
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -30.1231	-5.58393
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -28.055	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -34.36	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -32.6898	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -33.0895	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -35.8586	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -31.9937	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -31.2877	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -27.0807	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -24.9722	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -31.1723	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -36.7499	-3.9213

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -46.6221	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -51.9107	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -47.6864	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -45.1332	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -38.1292	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -33.8921	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -44.7137	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -40.595	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -37.4774	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -35.6602	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -32.0908	-3.9213

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 245 281 507 875

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35

Thickness (m): 1.6 3.2 13

Number of models considered to calculate the average model: 1

RESULTS winMASW Pro
#####

MEAN MODEL

VS (m/s): 245 281 507 875

Standard deviations (m/s): 0 0 0 0

Thickness (m): 1.6 3.2 12.5

Standard deviations (m): 0.0 0.0 0.0

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 510 585 1055 1821

Density (gr/cm3): 1.89 1.92 2.07 2.20

Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35

Young modulus (MPa): 306 410 1434 4547

Shear modulus (MPa): 114 152 531 1684

Lamè (MPa): 265 355 1238 3926

Bulk modulus (MPa): 340 456 1592 5049

Fundamental mode - Mean model

f(Hz) VR(m/s)

8.7693 680.9553

12.2546 552.7369

18.7895 412.55

24.0175 349.7683

28.6645 301.6765

35.3447 270.7776

45.2197 254.1725

57.9991 244.997

=====

BEST MODEL

Vs (m/s): 244.5932 280.9325 507.3697 875.1484

Thickness (m): 1.63404 3.16425 12.5169

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 509 585 1056 1822

Density (gr/cm3): 1.89 1.92 2.07 2.20

Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35

Young modulus (MPa): 306 410 1435 4548

Shear modulus (MPa): 113 152 531 1684

Lamè (MPa): 263 355 1242 3934

Bulk modulus (MPa): 339 456 1597 5057

Fundamental mode - Best model

F(Hz) VR(m/s)

8.7693 681.1562

12.2546 553.1108

18.7895 412.7536

24.0175 349.7724

28.6645 301.5278

35.3447 270.5788

45.2197 253.9372

57.9991 244.7111

=====

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 31 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 273 m/s

VS5 (best model): 273 m/s

VS20 (mean model): 438 m/s

VS20 (best model): 438 m/s

VS30 (mean model): 525 m/s

VS30 (best model): 525 m/s

Possible Soil Type: B

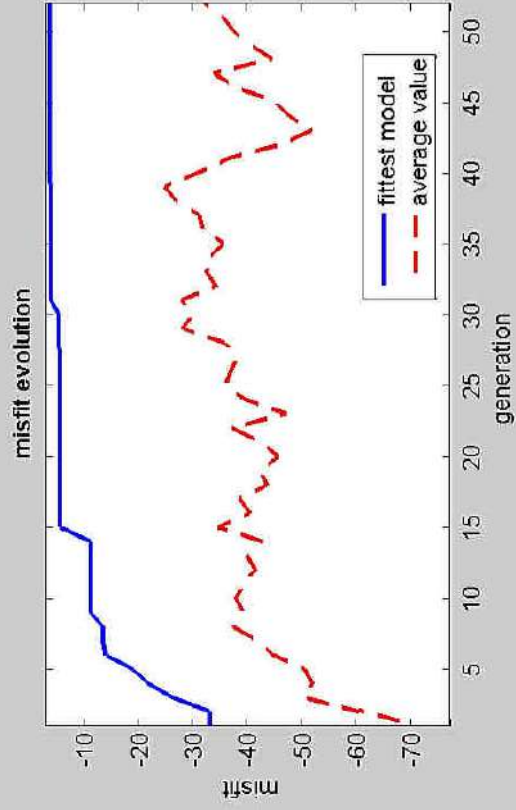
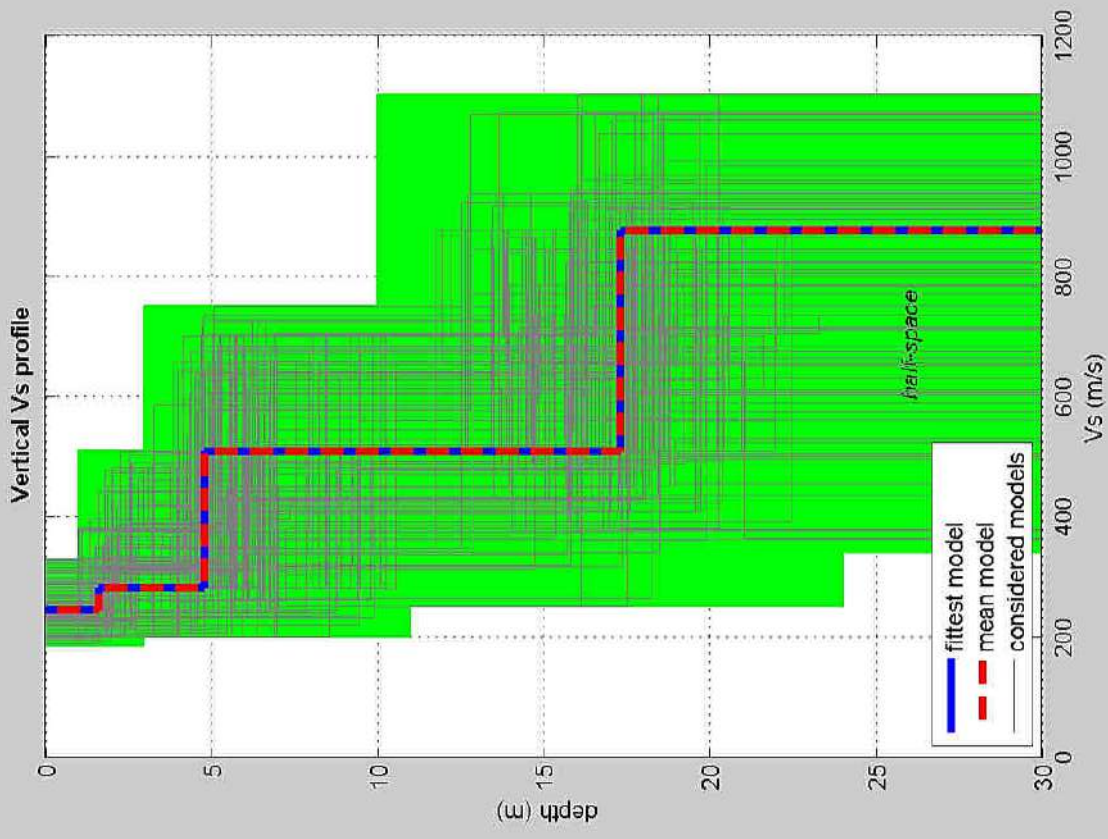
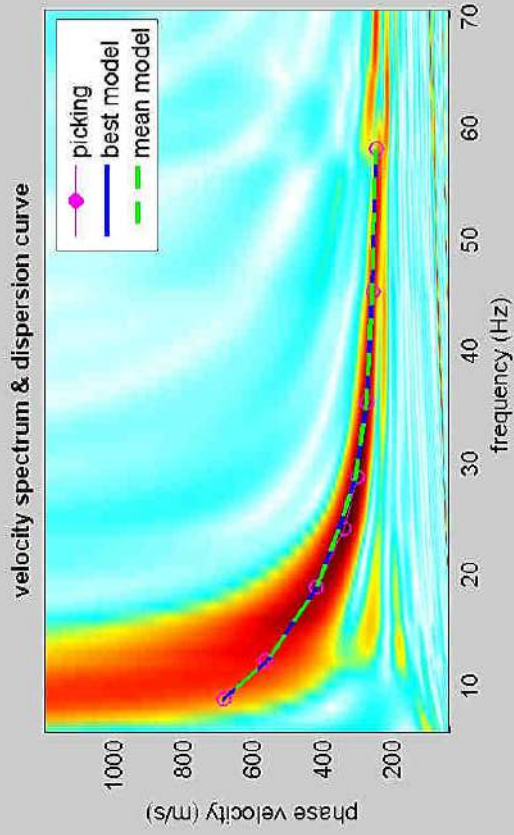
(based on the mean model)

winMASW 4.2 Pro

Surface Wave Analysis

via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it



dataset: 2 metri.sgy
 dispersion curve: picking 2 metri.cdp
 VS30 (best model): 525 m/s
 VS30 (mean model): 525 m/s



RISULTATI INDAGINE MASW1 - settore Est
Piano Attuativo Scheda 2, UTOE 1C3, Loc. Capannile, Comune di Bibbona (Li)
G.E.A. S.r.l.

dispersion curve: number of frequency-velocity points=7
dataset: 5 metri.sgy
minimum offset (m): 5
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.131
Dispersion curve: picking 5 metri.cdp
Number of individuals: 30
Number of generations: 41

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 186 1 200 3 250
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 340 4 430 6 830
Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -33.7018	-18.6743
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -34.9413	-18.6743
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -33.0535	-18.6743
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -34.3674	-18.6743
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -34.1646	-17.7609
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -34.8639	-17.7609
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -38.6845	-17.7609
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -36.1864	-17.7609
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -31.0322	-17.7609
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -27.5673	-17.7609
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -29.9097	-17.7609
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -32.0913	-17.7609
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -33.2036	-17.7609
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -34.4735	-17.7609
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -35.9605	-17.7283
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -35.088	-17.7283
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -32.1472	-17.7283
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -29.9822	-17.7283
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -32.2357	-17.7283
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -28.2022	-17.7283
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -29.4158	-17.666
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -31.9215	-17.666
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -31.3083	-17.666
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -30.1494	-17.666
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -30.41	-17.666
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -32.4205	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -30.3324	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -34.4724	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -34.021	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -35.0186	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -37.0678	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -30.895	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -31.5277	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -31.2779	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -31.7941	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -32.6708	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -31.2126	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -30.6559	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -31.3106	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -34.3641	-16.7542
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -34.0539	-16.5144

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -33.9073	-16.5144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -34.1166	-16.5144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -32.5218	-16.5144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -30.6678	-16.5144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -33.3983	-16.5144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -34.724	-16.5144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -35.0075	-16.5144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -31.0875	-16.5144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -30.1914	-16.5144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -29.1176	-16.5144
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -37.7772	-16.5144

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 273 279 710

Poisson: 0.35 0.35 0.35

Thickness (m): 4 6

Number of models considered to calculate the average model: 51

RESULTS winMASW Pro
#####

MEAN MODEL

VS (m/s): 269 282 711

Standard deviations (m/s): 8 12 32

Thickness (m): 4.0 6.0

Standard deviations (m): 0.1 0.1

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 560 587 1480

Density (gr/cm3): 1.91 1.92 2.15

Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08

Poisson: 0.35 0.35 0.35

Young modulus (MPa): 374 413 2933

Shear modulus (MPa): 138 153 1086

Lamè (MPa): 323 357 2535

Bulk modulus (MPa): 415 459 3259

Fundamental mode - Mean model

f(Hz) VR(m/s)

6.44577 593.4326

8.33364 567.2377

12.545 396.447

25.4697 260.1543

34.1829 255.3569

45.3649 253.1941

57.9991 252.2057

BEST MODEL

Vs (m/s): 272.7341 279.3113 710.1305

Thickness (m): 4 6

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 568 581 1478

Density (gr/cm3): 1.92 1.92 2.15

Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08

Poisson: 0.35 0.35 0.35

Young modulus (MPa): 386 404 2925

Shear modulus (MPa): 143 150 1083

Lamè (MPa): 333 350 2528

Bulk modulus (MPa): 428 449 3250

Fundamental mode - Best model

f(Hz) VR(m/s)

6.44577 592.3826

8.33364 566.2929

12.545 383.6354

25.4697 260.9803

34.1829 257.2878

45.3649 255.9384

57.9991 255.389

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 40 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 272 m/s

VS20 (mean model): 399 m/s

VS30 (mean model): 468 m/s

VS5 (best model): 274 m/s

VS20 (best model): 398 m/s

VS30 (best model): 466 m/s

Possible Soil Type: B

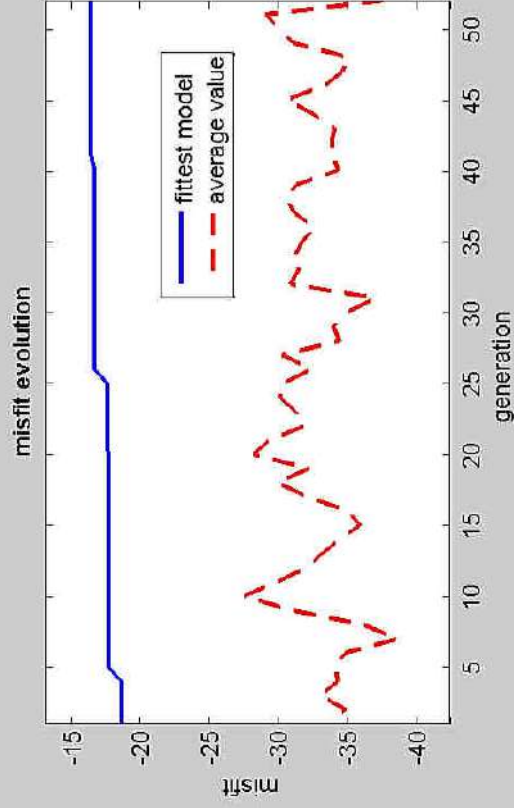
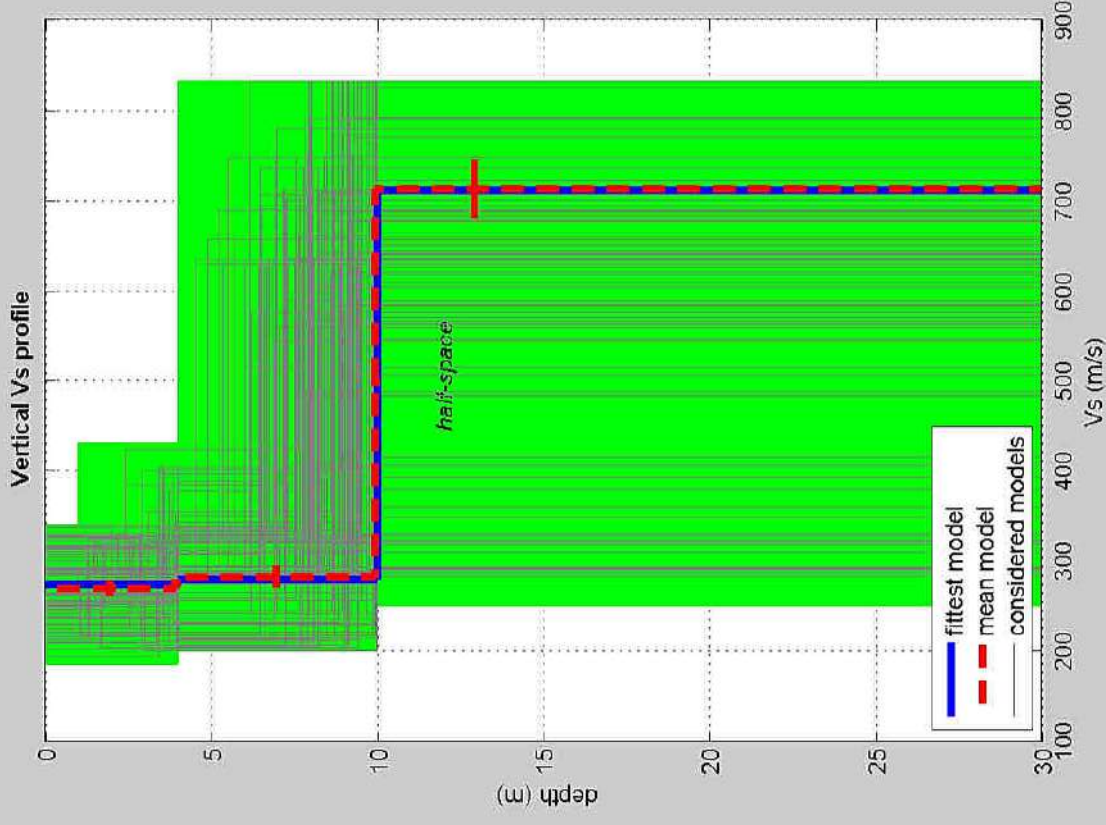
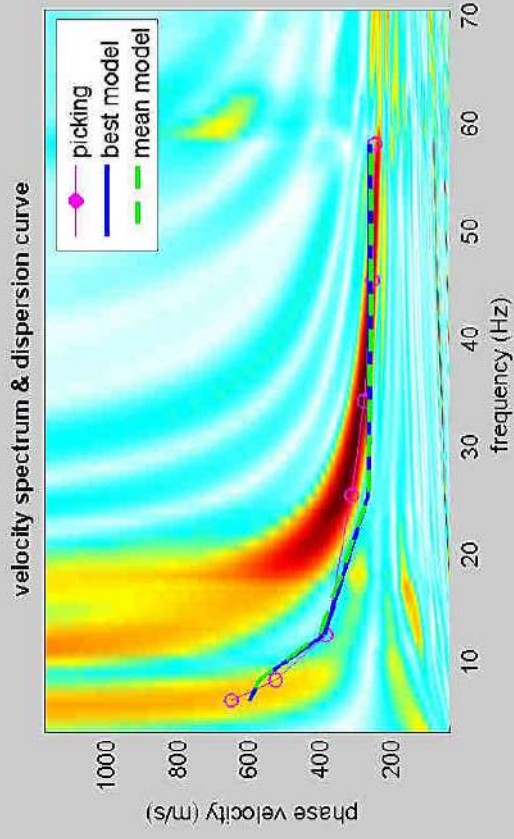
(based on the mean model)

winMASW 4.2 Pro

Surface Wave Analysis

via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it



dataset: 5 metri.sgy
 dispersion curve: picking 5 metri.cdp
 VS30 (best model): 466 m/s
 VS30 (mean model): 468 m/s



RISULTATI INDAGINE MASW2 - settore Ovest
Piano Attuativo Scheda 2, UTOE 1C3, Loc. Capannile, Comune di Bibbona (Li)
G.E.A. S.r.l.

dispersion curve: number of frequency-velocity points=8
dataset: 2 metri.sgy
minimum offset (m): 2
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.131
Dispersion curve: picking 2 metri.cdp
Number of individuals: 30
Number of generations: 41

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 186 1 200 2 250 7 340
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 330 3 510 8 750 13 1100
Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.35

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -70.4479	-33.2567
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -60.5253	-33.2567
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -50.3796	-26.4154
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -52.0211	-21.9045
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -50.6248	-19.1221
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -44.8405	-14.1255
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -42.1012	-13.6121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -37.4567	-13.6121
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -39.3708	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -38.0792	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -39.3543	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -41.5524	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -40.1089	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -42.8484	-11.3483
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -34.8247	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -40.6085	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -38.741	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -43.756	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -42.4118	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -45.8832	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -42.4049	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -37.3311	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -47.3395	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -39.7208	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -36.0714	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -37.1357	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -38.2189	-5.76497
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -35.962	-5.58393
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -28.2932	-5.58393
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -30.1231	-5.58393
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -28.055	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -34.36	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -32.6898	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -33.0895	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -35.8586	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -31.9937	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -31.2877	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -27.0807	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -24.9722	-4.07869
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -31.1723	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -36.7499	-3.9213

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -46.6221	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -51.9107	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -47.6864	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -45.1332	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -38.1292	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -33.8921	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -44.7137	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -40.595	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -37.4774	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -35.6602	-3.9213
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -32.0908	-3.9213

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 245 281 507 875

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35

Thickness (m): 1.6 3.2 13

Number of models considered to calculate the average model: 1

RESULTS winMASW Pro
#####

MEAN MODEL

VS (m/s): 245 281 507 875

Standard deviations (m/s): 0 0 0 0

Thickness (m): 1.6 3.2 12.5

Standard deviations (m): 0.0 0.0 0.0

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 510 585 1055 1821

Density (gr/cm3): 1.89 1.92 2.07 2.20

Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35

Young modulus (MPa): 306 410 1434 4547

Shear modulus (MPa): 114 152 531 1684

Lamè (MPa): 265 355 1238 3926

Bulk modulus (MPa): 340 456 1592 5049

Fundamental mode - Mean model

f(Hz) VR(m/s)

8.7693 680.9553

12.2546 552.7369

18.7895 412.55

24.0175 349.7683

28.6645 301.6765

35.3447 270.7776

45.2197 254.1725

57.9991 244.997

BEST MODEL

Vs (m/s): 244.5932 280.9325 507.3697 875.1484

Thickness (m): 1.63404 3.16425 12.5169

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s): 509 585 1056 1822

Density (gr/cm3): 1.89 1.92 2.07 2.20

Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.08

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35

Young modulus (MPa): 306 410 1435 4548

Shear modulus (MPa): 113 152 531 1684

Lamè (MPa): 263 355 1242 3934

Bulk modulus (MPa): 339 456 1597 5057

Fundamental mode - Best model

f(Hz) VR(m/s)

8.7693 681.1562

12.2546 553.1108

18.7895 412.7536

24.0175 349.7724

28.6645 301.5278

35.3447 270.5788

45.2197 253.9372

57.9991 244.7111

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 31 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 273 m/s

VSeq (mean model): 406.358 m/s

VS5 (best model): 273 m/s

VSeq (best model): 406.324 m/s

Possible Soil Type: B

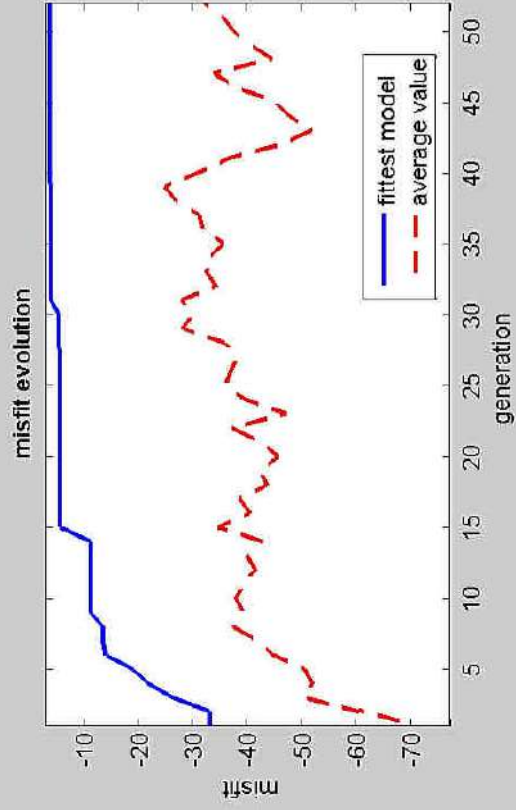
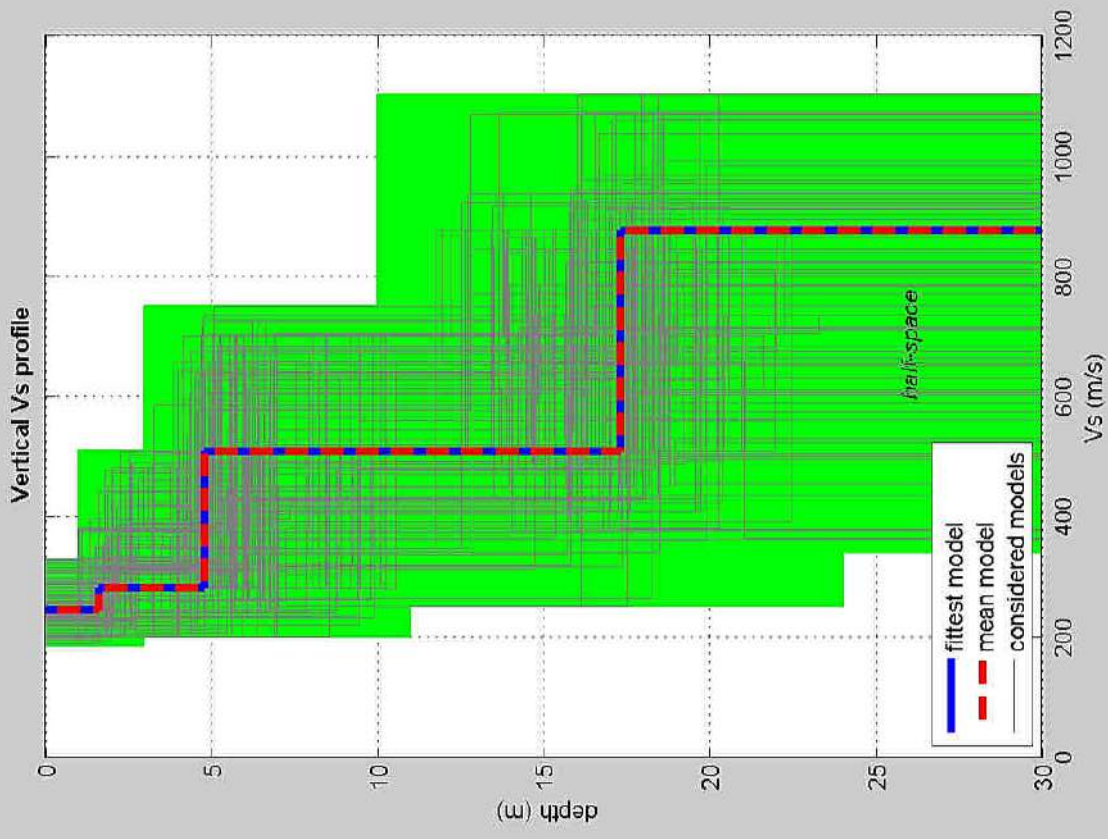
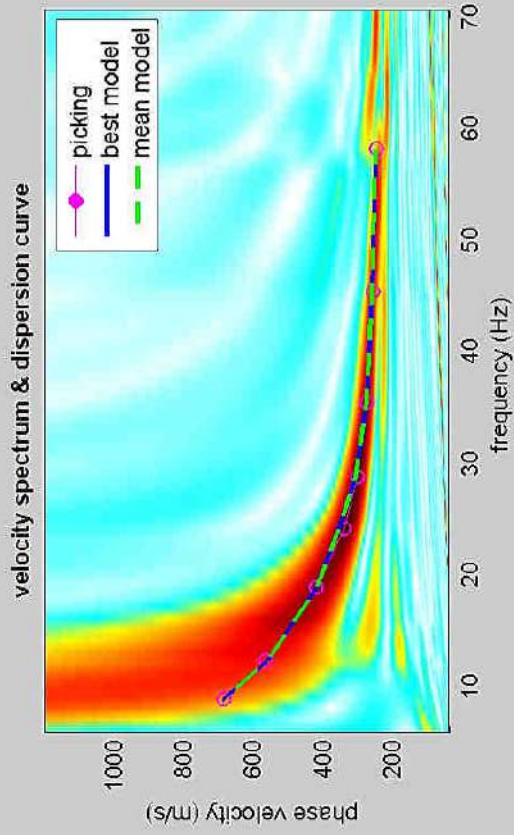
(based on the mean model)

winMASW 4.2 Pro

Surface Wave Analysis

via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it



dataset: 2 metri.sgy
 dispersion curve: picking 2 metri.cdp
 VS30 (best model): 525 m/s
 VS30 (mean model): 525 m/s





Andrea Casella Geologo

Piazza Berlinguer 38, 56017 Metato (San Giuliano Terme - PI)

INDAGINE GEOFISICA
IN SISMICA PASSIVA HVSR
SU UN'AREA POSTA IN LOC. "MANNAIONE"
PRESSO BIBBONA - LI

Comm.te: Studio Ruffini

NOVEMBRE 2021



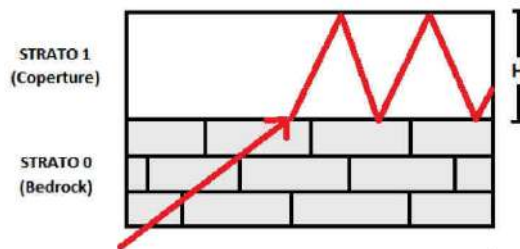
INDAGINE GEOFISICA IN SISMICA PASSIVA HVSR SU UN'AREA POSTA IN LOC. "MANNAIONE", PRESSO BIBBONA - LI.

GENERALITÀ

La sismica passiva studia il microtremore sismico ambientale (rumore sismico), sfruttando il fatto che il "rumore", pur non recando l'informazione relativa alla sua sorgente, risulta sensibile alla locale struttura presso la stazione di misura. La strumentazione per eseguire misure di sismica passiva può operare in spazi ridotti, non necessita di energizzazioni e permette di indagare profondità molto elevate; i tempi di esecuzione sono relativamente bassi.

Il rumore sismico ambientale deriva dalla composizione di molte sorgenti che agiscono in tempi diversi e in zone diverse. Nel campo del rumore sono rappresentate sia onde di volume (fronte d'onda sferico) sia onde di superficie (fronte d'onda cilindrico), ma le onde di superficie hanno carattere dominante, perché caratterizzate da minore attenuazione.

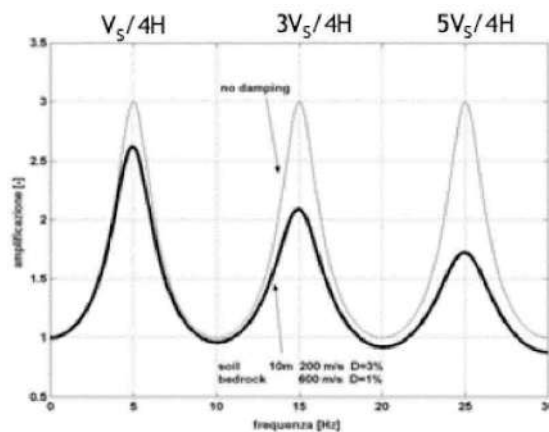
Quando fra 2 superfici esiste una variazione significativa dell'impedenza acustica si ha il fenomeno della *risonanza*, che deriva dall'"intrappolamento" di energia sismica (essenzialmente delle fasi SH) all'interno delle coperture, ovvero fra la superficie e un basamento rigido qui inteso come una formazione "caratterizzata da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti".



La frequenza fondamentale di risonanza f del sedimento è funzione dello spessore H e della velocità media V delle onde nel sedimento stesso :

$$f = n \frac{V_S}{4H} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

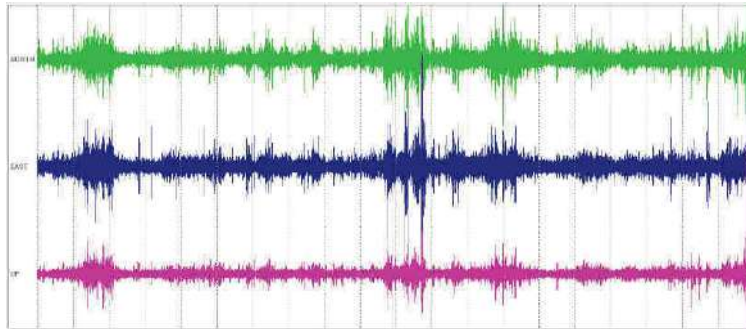
dove n indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.), V_S è la velocità delle onde di taglio nello strato oggetto di risonanza e H è lo spessore di detto strato.



Nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale. Conoscendo lo spessore H del sedimento è possibile avere informazioni sulla velocità media delle onde S ; viceversa, conoscendo la velocità media è possibile definire lo spessore H dello strato.

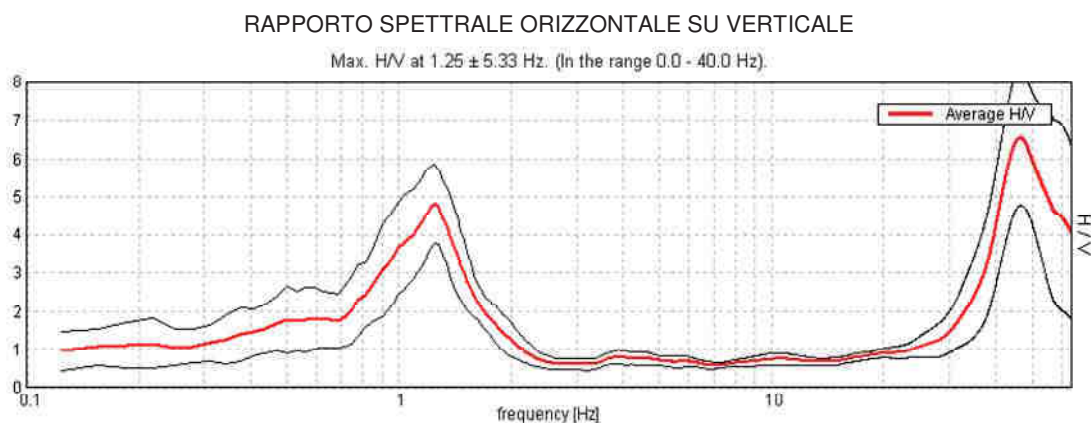
Le registrazioni in campagna vengono effettuate mediante un *tromografo*, che consiste in un'apparecchiatura che riunisce una terna di sensori velocimetrici orientati su tre direzioni ortogonali:

- 2 nella componente orizzontale dello spostamento (tra loro ortogonali) per misure su suoli ordinariamente corrispondenti alle direzioni NS ed EW;
- 1 nella componente verticale (up-down).



I diagrammi relativi a tali registrazioni vengono elaborati attraverso la determinazione dell'intensità del segnale in sottofinestre di determinata durata, e trasformati in spettri H/V .

Nella pratica si utilizza il rapporto H/V perché è un buon normalizzatore e un buon estimatore delle frequenze di risonanza dei terreni; i valori assoluti degli spettri orizzontali e verticali variano infatti con il livello assoluto del rumore ambientale, mentre la forma dello spettro e in particolare il rapporto tra le ampiezze orizzontale e verticale si mantiene più stabile, e per il suo carattere stocastico mostra caratteristiche correlabili con la struttura locale del suolo. Alle frequenze caratteristiche di vibrazione dei suoli corrisponde infatti un decremento del segnale della componente verticale, che determina un picco nel rapporto spettrale rappresentato dal grafico seguente.

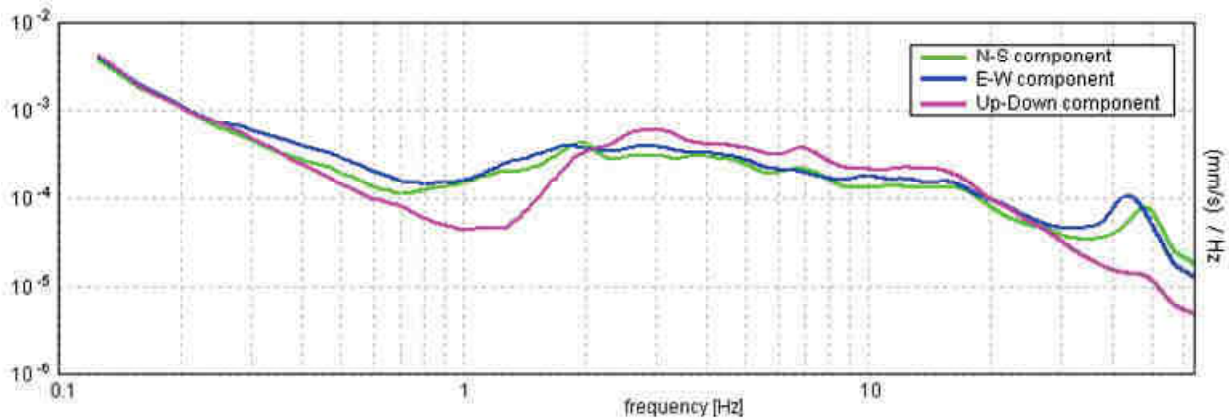


In un mezzo senza contrasti di impedenza (es. un ammasso roccioso sano) la curva H/V risulta teoricamente piatta e con valore medio tra 0,7 e 1,0 (in funzione del modulo μ).

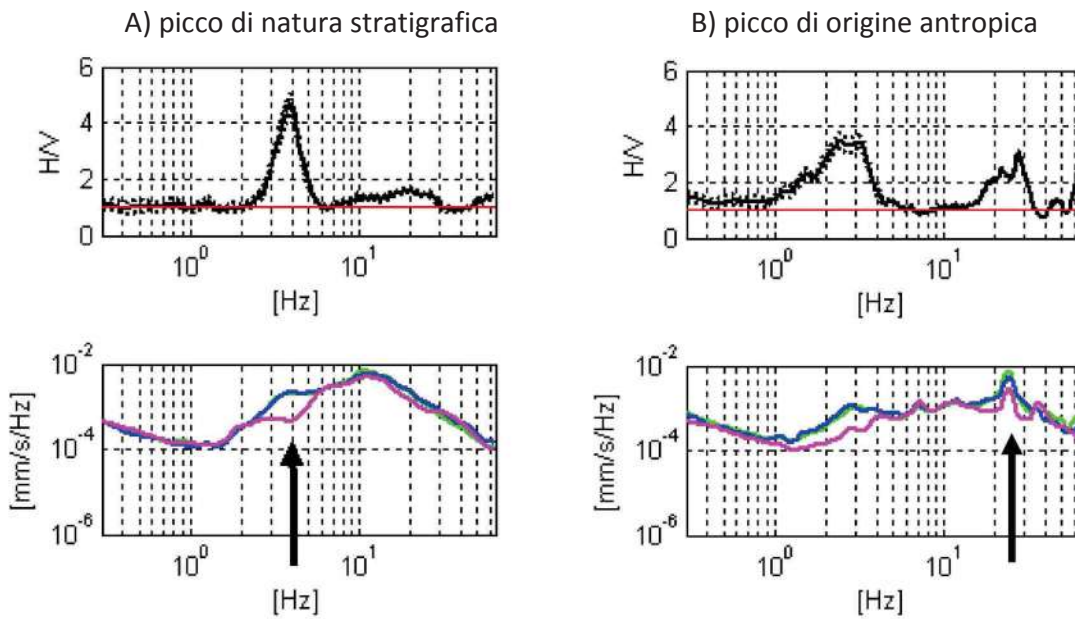
La presenza di un picco nella curva H/V può essere data da un fenomeno di *risonanza*, causato da una variazione di velocità delle onde sismiche nel terreno, e quindi da passaggi stratigrafici caratterizzati da un notevole contrasto tra le velocità sismiche stesse.

Dato che tali picchi su H/V possono essere dovuti anche ad artefatti e transienti, H/V deve essere sempre analizzato alla luce degli spettri delle singole componenti.

SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

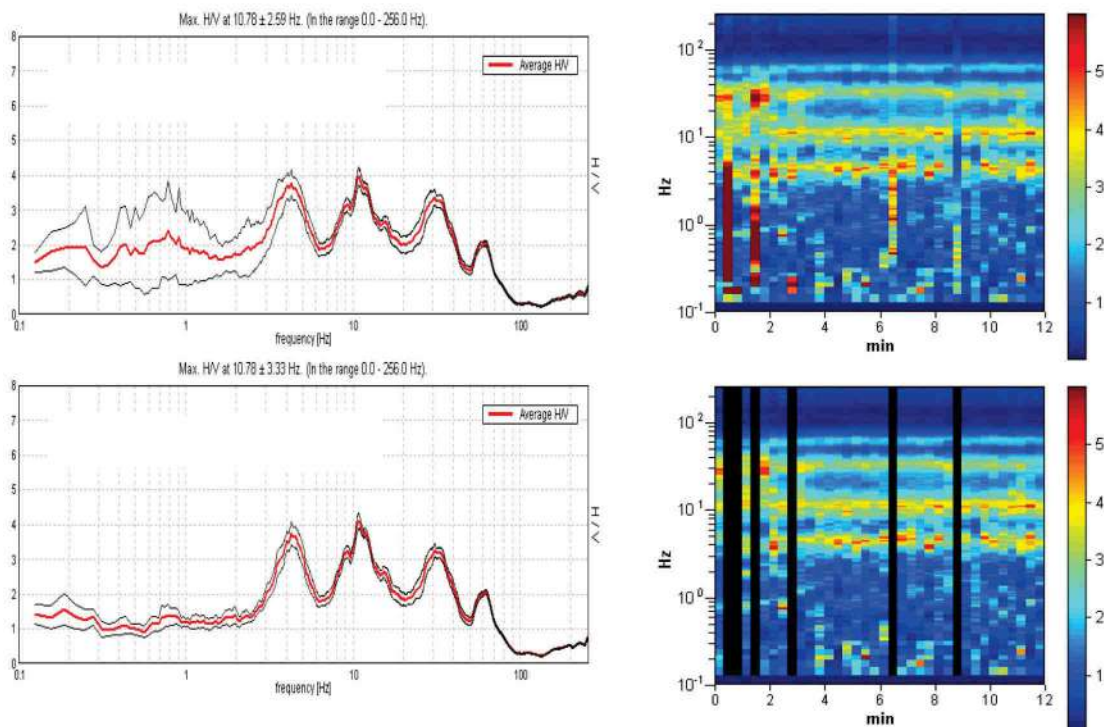


Un picco di natura stratigrafica (e non artefattuale) presenta un minimo locale della componente spettrale verticale, mentre i picchi H/V di origine antropica sono caratterizzati da picchi stretti di diversa ampiezza e analoga frequenza su tutte e 3 le componenti.

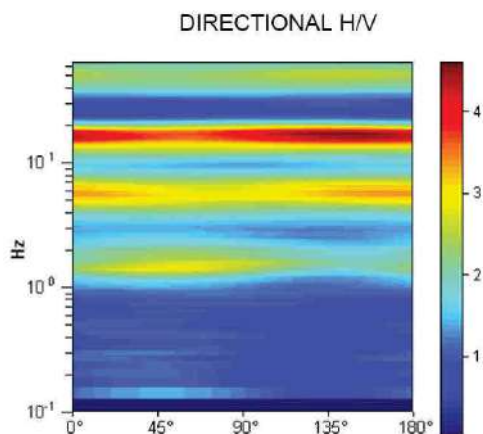


L'elaborazione degli spettri H/V comporta quindi un'analisi ragionata dei vari picchi, uno *smoothing* e una valutazione sugli spettri nelle varie "finestre" di tempo in cui è stata suddivisa l'acquisizione, in modo da poter eventualmente rimuovere gli intervalli di misura caratterizzati da disturbi.

Di solito è consigliabile effettuare le correzioni nel dominio delle frequenze, e non operare nel dominio del tempo, in quanto in tale contesto non è agevole identificare quali perturbazioni siano relative ad artefatti e transienti.



Altro aspetto importante da considerare è la *stabilità direzionale* del segnale, elemento a favore della valenza stratigrafica del picco analizzato.



PROSPEZIONE IN OGGETTO

La prospezione è stata effettuata mediante l'utilizzo di uno strumento TROMINO® della *Micromed Geophysics*, espressamente progettato per misure di microtremore.



TROMINO[®] è uno strumento efficiente per la misura del rumore sismico; presenta ridotte dimensioni e peso, e bassissimo consumo di energia. L'alta risoluzione dell'elettronica digitale impiegata consente di ottimizzare la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz; i sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit. Le caratteristiche progettuali consentono una accuratezza relativa maggiore di 10^{-4} sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz; l'assenza di cavi esterni consente inoltre di lasciare virtualmente imperturbato il campo d'onda presente nell'ambiente.

Lo strumento dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali. Il moto del terreno viene amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria digitale di tipo Flash.

I dati registrati da *TROMINO*[®] possono essere scaricati, organizzati, archiviati, visualizzati e analizzati tramite il programma *Grilla* fornito assieme allo strumento. Esso include inoltre procedure per l'analisi spettrale di base e per l'analisi *HVSR* anche secondo le direttive fornite dal progetto di ricerca europeo *SESAME*.

* * *

L'indagine si è articolata su 2 postazioni di misura. Alla presente relazione sono allegate le schede monografiche che indicano il dettaglio delle ubicazioni, con documentazione fotografica, descrizioni, coordinate, annotazioni.

Per ciascuna postazione di misura è stata effettuata una rilevazione del microtremore sismico ambientale con le seguenti modalità:

- durata dell'acquisizione pari a 20' ;
- suddivisione dell'acquisizione stessa in "finestre" temporali di 20" ;
- frequenza di campionamento pari a 128 Hz.

Lo strumento risulta distante da fonti di disturbo e/o rumore invalidanti.

CRITERI DI ANALISI DELLE MISURE

Il dato di campagna (vedere report allegato) è stato trattato con una procedura di analisi consistente in:

- postazione 1 - lisciamento "finestra triangolare" (8%) ;
 - analisi sul 95% del tracciato (selezione manuale)
 - analisi temporale nell'intervallo fra 0.0 e 64.0 Hz ;
 - analisi direzionale con step di 5° .
- postazione 2 - lisciamento "finestra triangolare" (8%) ;
 - analisi sull' 88% del tracciato (selezione manuale)
 - analisi temporale nell'intervallo fra 0.0 e 64.0 Hz ;
 - analisi direzionale con step di 5° .

Per entrambe le rilevazioni, una volta effettuata una prima elaborazione del dato è stata eseguita una selezione per eliminazione delle sottofinestre temporali contenenti sollecitazioni transienti.

CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE

Le misure sono soggette alle valutazioni sulla "robustezza" statistica del dato secondo i criteri del protocollo *SESAME*, automaticamente inserito nel report.

Nell' interpretare la tabella SESAME di significatività dei picchi H/V bisogna considerare che ogni sito può generare più di una risonanza, e che non esiste una risonanza fondamentale in assoluto.

- I primi 3 criteri della tabella dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti; se così non fosse, tipicamente è necessario rianalizzare la registrazione aumentando il parametro WINDOW SIZE.
- I secondi 6 criteri della tabella dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile (preferibilmente almeno 5 su 6) ma si ricordi che eventuali NO su tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Ad esempio una registrazione su roccia "sana" darebbe NO su tutti questi criteri.

Un'ulteriore classificazione dei risultati può essere effettuata tenendo conto dei criteri adottati nello studio di "Microzonazione Sismica per la ricostruzione dell'area Aquilana" a cura del Dipartimento della Protezione Civile, e finalizzati a una valutazione più generale, e più restrittiva, della qualità del dato acquisito, secondo i seguenti parametri:

- stazionarietà del segnale nel campo dello sviluppo temporale dello spettro
- isotropia del segnale nel campo dello sviluppo direzionale dello spettro
- presenza di rumore elettromagnetico, con particolare riferimento al campo di frequenza di eventuali picchi
- plausibilità fisica del picco
- robustezza statistica del picco (comprensiva dei primi 3 criteri SESAME)
- durata della misura.

Le misure sono classificabili:

- in CLASSE A di qualità quando soddisfano tutti i criteri, fatta eccezione per gli spettri piatti che ovviamente disattendono i criteri SESAME per assenza di picchi significativi;
- in CLASSE B quando ne disattendono almeno uno ma mantengono buona leggibilità;
- in CLASSE C quando contengono elementi di disturbo invalidanti ai fini della corretta interpretazione.

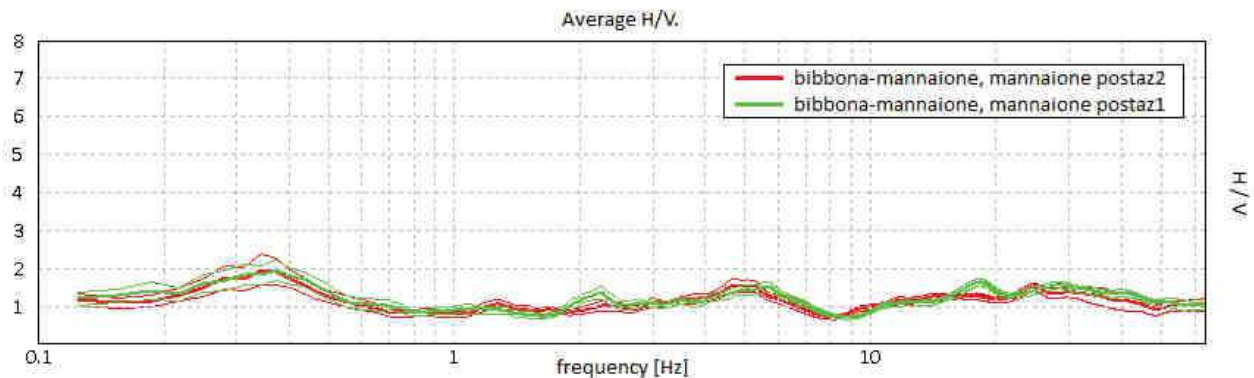
Nel primo caso le misure sono utilizzabili anche da sole, nel secondo caso sono utilizzabili con cautela e unitamente ad altre misure effettuate nell'ambito della lunghezza d'onda di interesse, nel terzo caso vanno scartate. Limitatamente ai primi due casi sono poi definite le sottoclassi 1 e 2 in base alla presenza o meno di un picco chiaro.

* * *

Nella postazione 1 l'unico "picco" H/V significativo di origine stratigrafica, stazionario, leggermente direzionale, è a 0.38 Hz, ha forma molto blanda e ampiezza inferiore a 2.0; esso non ottempera a diversi criteri SESAME.

Nella postazione 2 si evidenzia un "picco" H/V del tutto analogo, a 0,34 Hz.

Nel grafico sottostante son riunite le due curve H/V per confronto.



L'indagine in sismica passiva effettuata indica una sostanziale assenza di fenomeni di risonanza causati da variazioni di velocità delle onde sismiche nel terreno, e quindi di passaggi stratigrafici caratterizzati da un notevole contrasto tra le velocità sismiche.

ALLEGATI:

- scheda monografica relativa alla postazione di misura n. 1
- scheda monografica relativa alla postazione di misura n. 2
- report elaborazione dati postazione di misura n. 1
- report elaborazione dati postazione di misura n. 2

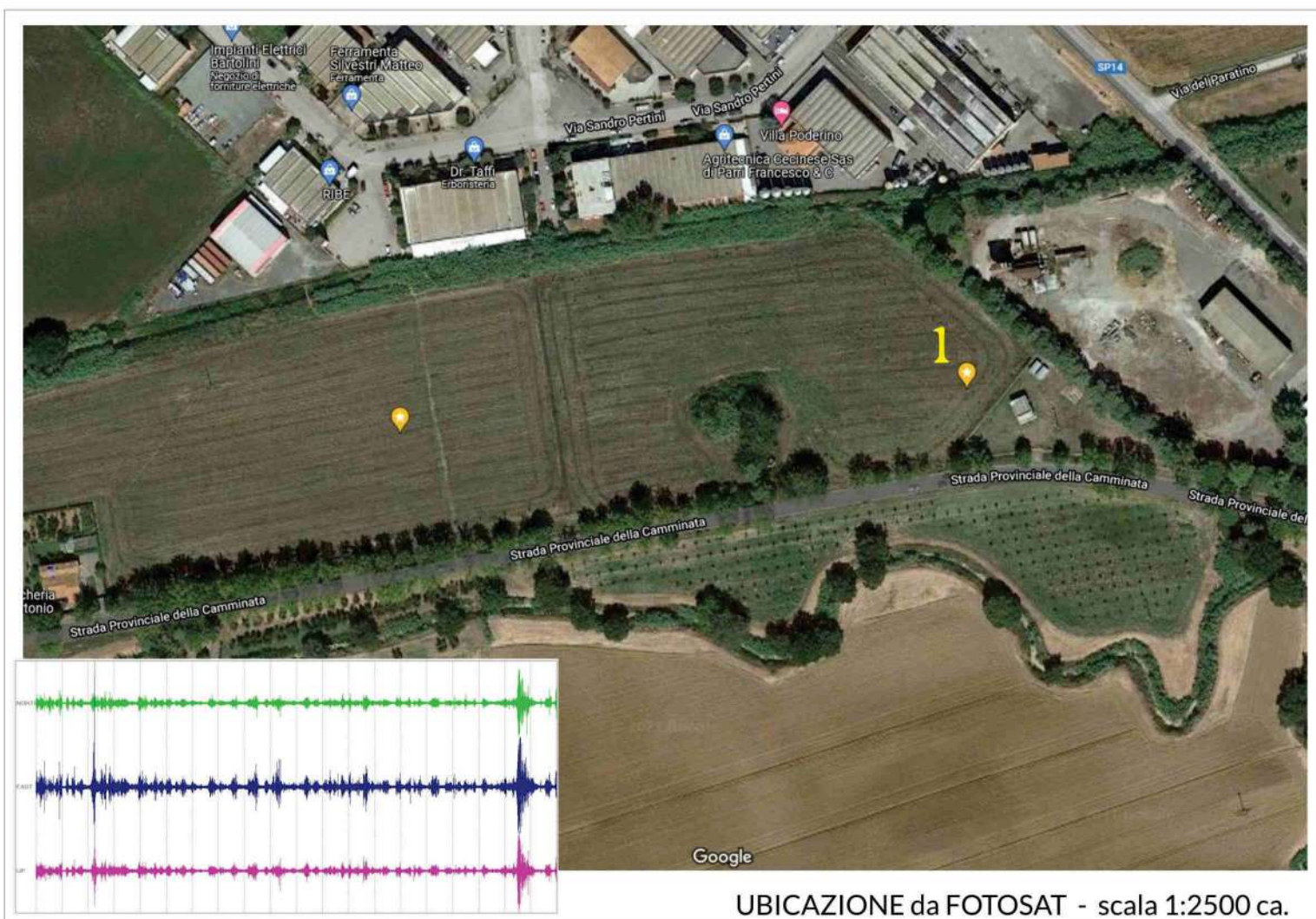
San Giuliano T.me, 11.11.2021



INDAGINE HVSR LOC. MANNAIONE- BIBBONA (LI) - POSTAZ. 1



documentazione fotografica



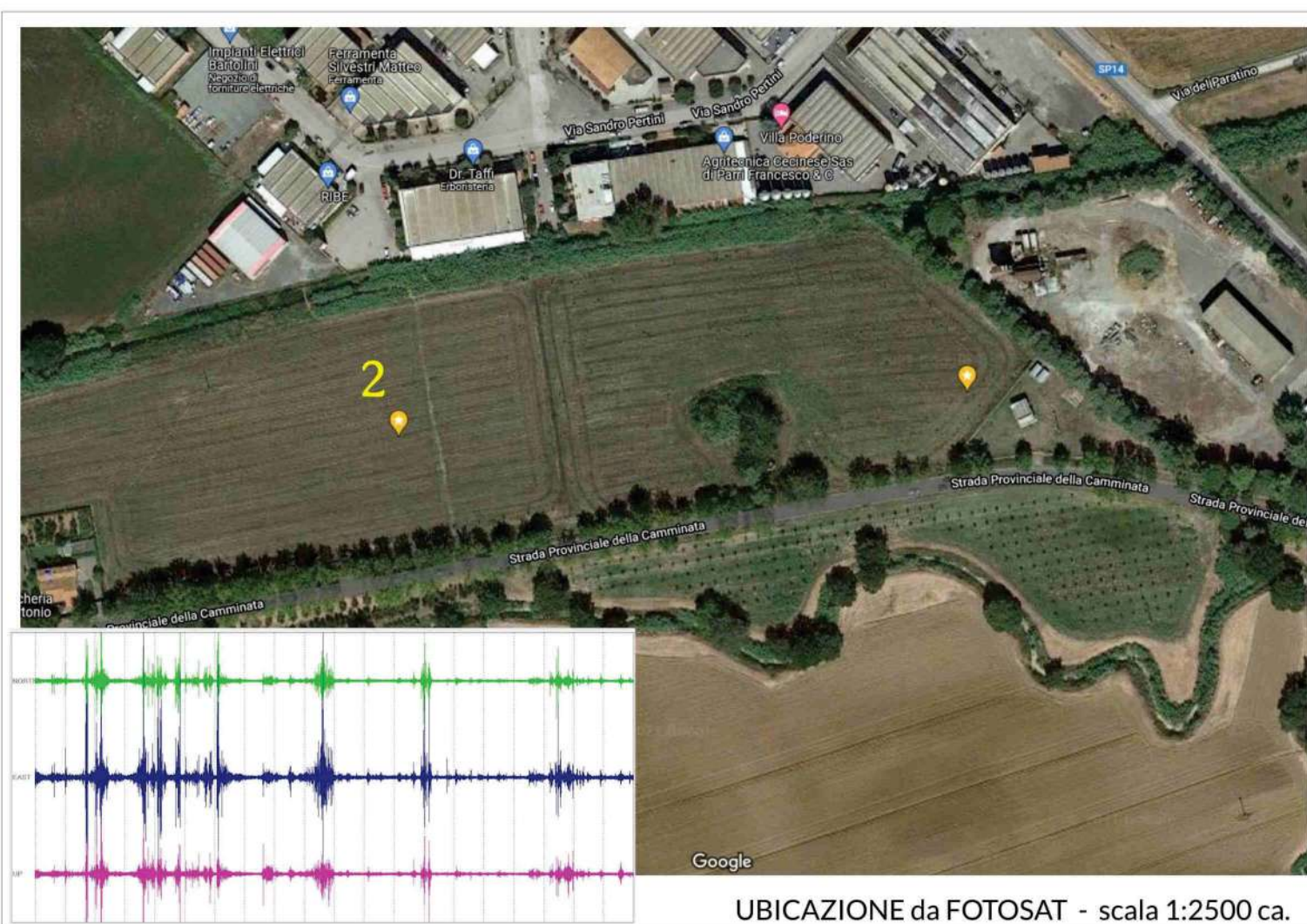
UBICAZIONE da FOTOSAT - scala 1:2500 ca.

coordinate	43° 16' 20.3" N 10° 33' 51.9" E
contesto globale	zona pianeggiante periferica
contesto locale	area a prato e vegetazione spontanea
condizioni climatiche	coperto, vento quasi assente
rumori/disturbi	traffico non particolarmente intenso dalla viabilità principale a S

INDAGINE HVSR LOC. MANNAIONE- BIBBONA (LI) - POSTAZ. 2



documentazione fotografica

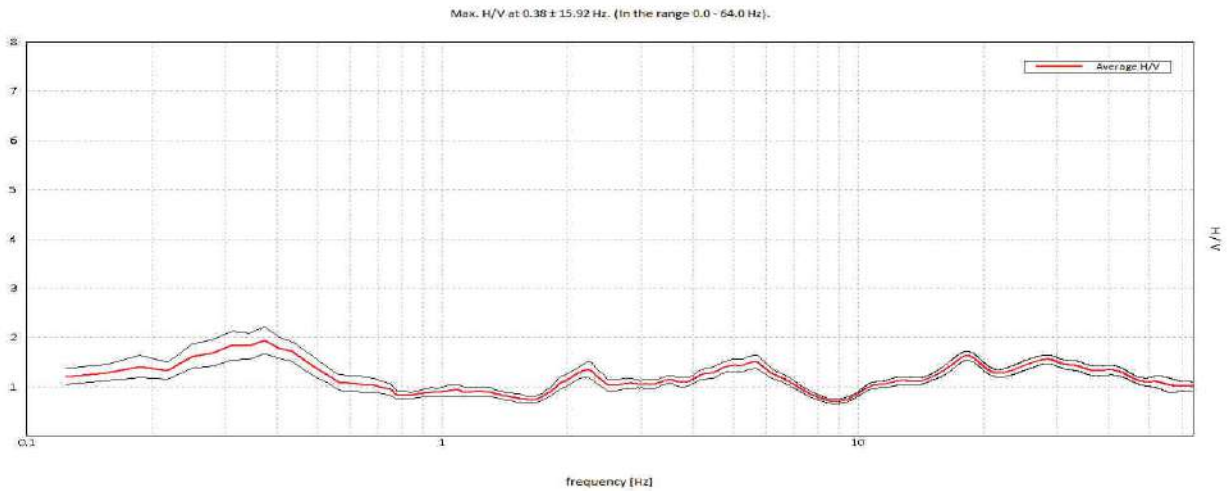


coordinate	43° 16' 19.8" N 10° 33' 42.0" E
contesto globale	zona pianeggiante periferica
contesto locale	area a prato e vegetazione spontanea
condizioni climatiche	coperto, vento quasi assente
rumori/disturbi	traffico non particolarmente intenso dalla viabilità principale a S

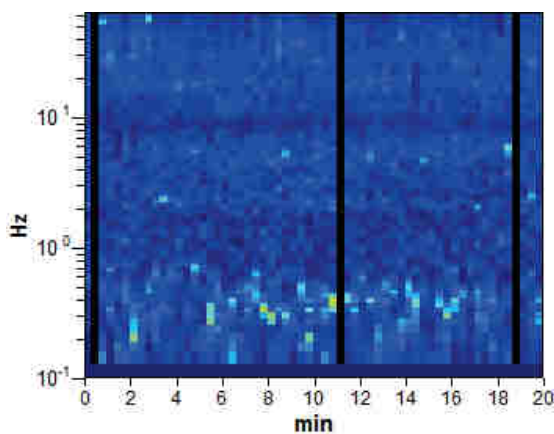
BIBBONA-MANNAIONE, POSTAZI

Strumento: TRZ-0158/01-11
 Formato dati: 16 bit Fondo scala [mV]: 51
 Inizio registrazione: 11/11/2021 14:00:28 Fine registrazione: 11/11/2021 14:20:27
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 8%

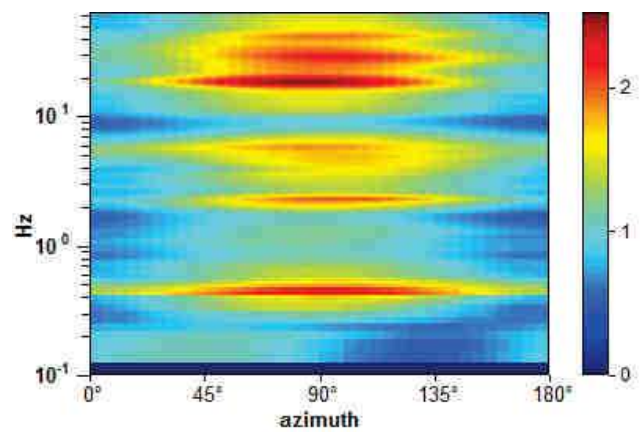
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



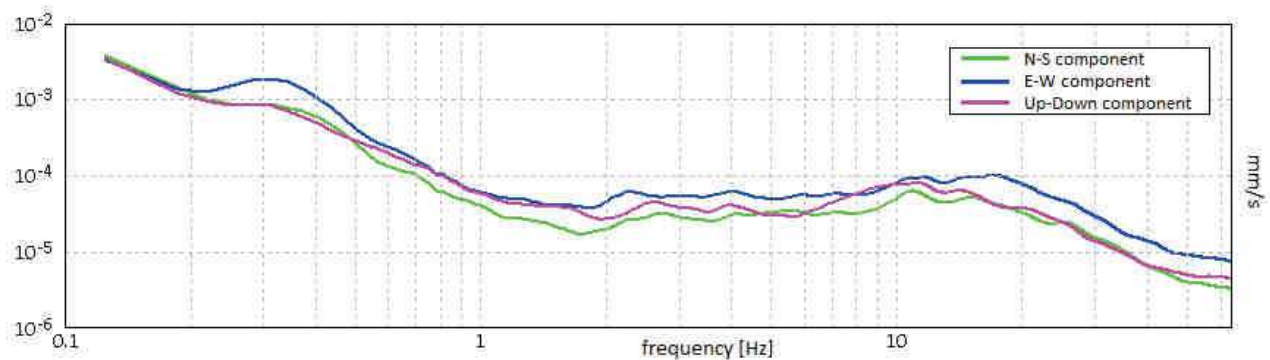
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 0.38 ± 15.92 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.38 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$427.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 19	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.94 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 42.44666 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$15.9175 < 0.075$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2771 < 2.5$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

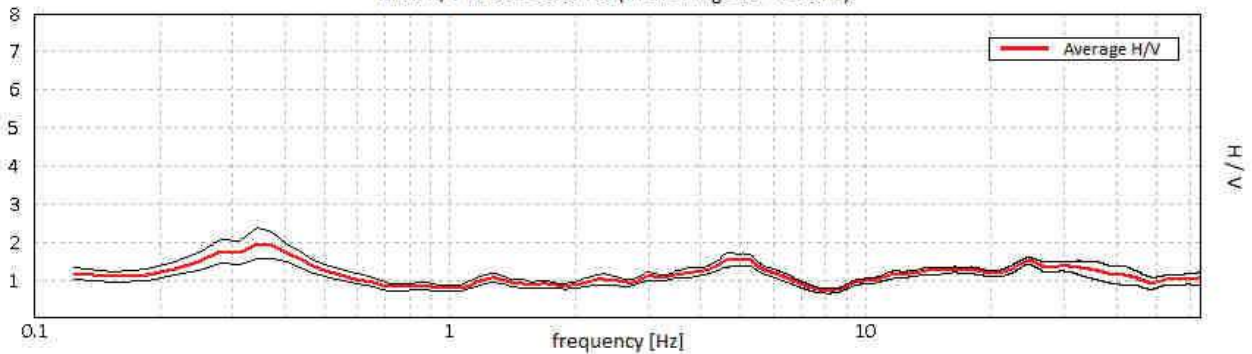
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

BIBBONA-MANNAIONE, POSTAZ. 2

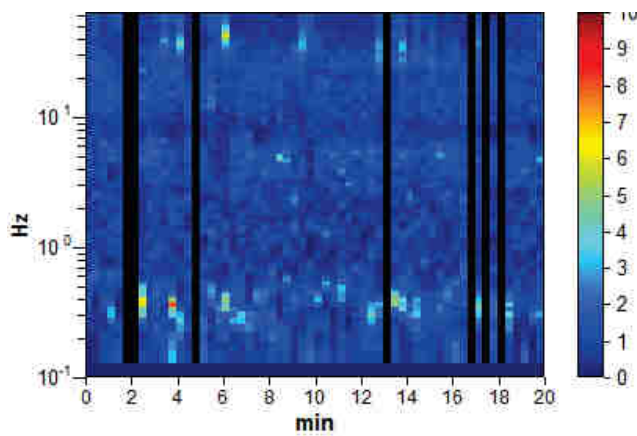
Strumento: TRZ-0158/01-11
 Formato dati: 16 bit Fondo scala [mV]: 51
 Inizio registrazione: 11/11/2021 14:33:15 Fine registrazione: 11/11/2021 14:53:14
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 8%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

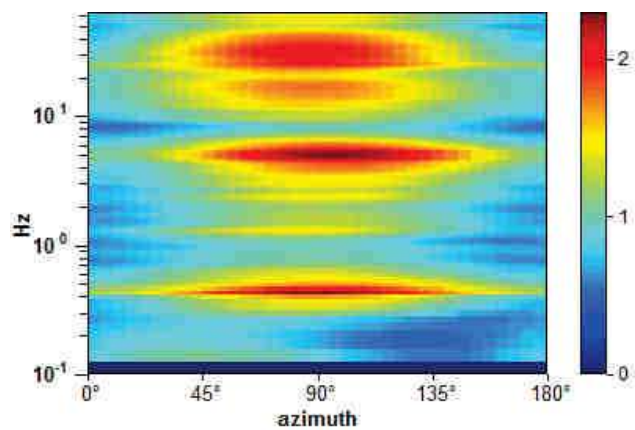
Max. H/V at 0.34 ± 0.07 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



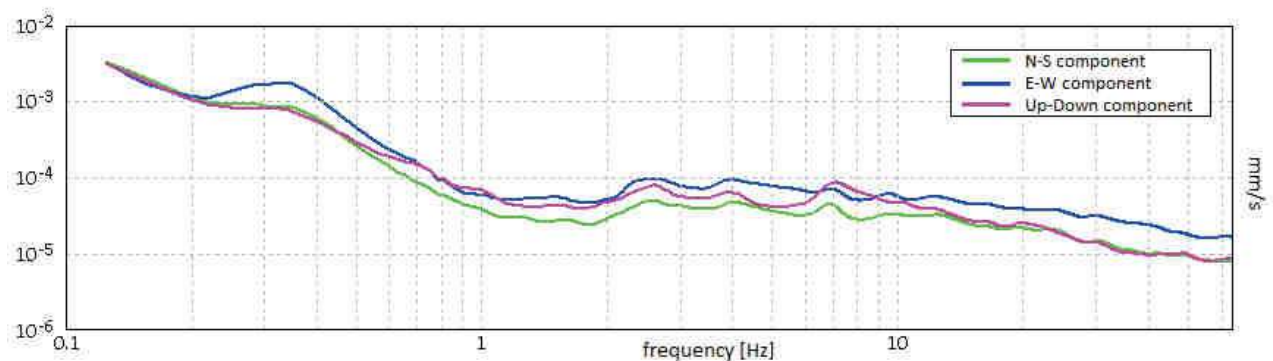
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 0.34 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.34 > 0.50$		NO
$n_c(f_0) > 200$	$364.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 18	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	0.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.96 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.20481 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0704 < 0.06875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4121 < 2.5$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

U.T.O.E. 1C3 Insediamenti localizzati delle attività											
Sc.1	RQ1: ExFabbrica ISAC. Cond. R.	FG1	-	FS3						FI2	FI4a
Sc.2	D3: Area del Capannile. Sud Est. Cond. R. - NOTA 1	FG1	-							FI4a	
Sc.3	D2: Area di Campolungo. Cond. R.	FG1	-							FI2	
Sc.4	D3 Area del Capannile. Cond. R.	FG1	-							FI2	FI4a

CONDIZIONAMENTI PER GLI ASPETTI DI RISCHIO IDRAULICO

Opere strutturali descritte in Allegato 4 alla RG: Progetti di messa in sicurezza idraulica.
Opere non strutturali
Sistemi di autosicurezza
Indicazione dei volumi idrici di compenso valutati sul battente atteso TR 200, da rivalutare in fase di attuazione della previsione (progetto definitivo): 1.050 mc.
NOTA: nel caso che in fase di attuazione della previsione risulti non possibile la messa in sicurezza tramite opere non strutturali, l'intervento è condizionato alla realizzazione anche contestuale delle opere strutturali, l'agibilità potrà essere concessa a opere collaudate.

Condizionamento R = Previsione coinvolgente un corso d'acqua condizionata al rispetto della sua zona di tutela assoluta.

NOTA 1 = D3 Capannile. Previsione condizionata all'adeguamento dell'argine del Fosso degli Alberelli.