


INDAGINE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA, MODELLAZIONE GEOTECNICA, MICROZONAZIONE SISMICA LOCALE, VERIFICA DELLA COMPATIBILITA' ED INVARIANZA IDRAULICA (L.R.22/2011 art. 10) PER IL PROGETTO DI UN PIANO DI LOTTIZZAZIONE (P.L. PIANE CHIENZI) DA REALIZZARE IN LOCALITA' PIANE CHIENZI.

contiene asseverazioni di compatibilità ed invarianza idraulica

Committente:

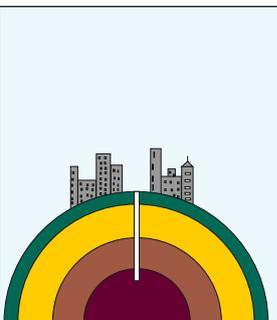
ditta TOD's spa

il geologo  
Dr. Massimo Basili  
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE



Porto Sant'Elpidio, 23 Ottobre 2024

Codice Fiscale B5L MSM 04D02 F044E



Studio Geologico Ambientale via Fratte, 73 63821 Porto Sant'Elpidio (FM) tel 0734.992797  
e-mail: [info@studiogeologiabasili.it](mailto:info@studiogeologiabasili.it) pec: [basili.geologo@pec.epap.it](mailto:basili.geologo@pec.epap.it)

"Indagine di fattibilità geologica, modellazione geotecnica, caratterizzazione sismica locale e verifica della *compatibilità ed invarianza idraulica* (L.R. 22/2011 art.10) per il progetto di un piano di lottizzazione (PL Piane Chienti) da realizzare in località Piane Chienti, nel comune di Montegranaro (FM).

Committente: *Tod's spa*

## INDICE

1.1	PREMESSA E METODOLOGIA DI ANALISI.....	pag. 2
1.2	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE.....	pag. 5
1.3	CARATTERISTICHE LITOTECNICHE E GEOMECCANICHE .....	pag. 7
1.4	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	pag. 12
1.5	VERIFICA DI COMPATIBILITA' IDRAULICA.....	pag. 13
1.6	INVARIANZA IDRAULICA.....	pag. 15
1.7	CARATTERISTICHE SISMICHE .....	pag. 16
1.8	FATTIBILITA' GEOLOGICA.....	pag. 24
1.9	CONCLUSIONI.....	pag. 26

La presente relazione è composta da n° 29 pagine e dai seguenti allegati:

### ALLEGATI:

TAV.A	CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE	scala 1:25 000
TAV.B	COROGRAFIA	scala 1:10 000
TAV.C	COROGRAFIA foto satellitare	
TAV.1	CARTA GEOLOGIA E GEOMORFOLOGICA	scala 1:5 000
TAV.2	PLANIMETRIA	scala 1:4 000
N° 7	STRATIGRAFIE reperite	
N° 15	RISULTANZE PROVE PENETROM DINAMICHE SUPER PESANTI (DPSH) effettuate e reperite	
TAV.3	CARTA IDROGEOLOGICA	scala 1:4 000
TAV.4	CARTA LITOLOGICO-TECNICA	scala 1:4 000
TAV.5	CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE	scala 1:4 000
TAV.6	CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	scala 1:4 000
TAV.7	CARTA MICROZONAZIONE SISMICA (N.T.C. D.M. 17 Gennaio 2018)	scala 1:4 000
TAV.8	CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA	scala 1:4 000
TAV.9a	SEZIONE GEOLOGICA e LITOLOGICO-TECNICA a-a'	scala 1:2000-1:200
TAV.9b	SEZIONE GEOLOGICA e LITOLOGICO-TECNICA b-b'	scala 1:2000-1:200
TAV.10	PLANIMETRIA aree inondabili e fasce di pertinenza fluviali	scala 1:5 000
TAV.11	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	

### APPENDICE

RISULTANZE INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

### ALLEGATI FUORI TESTO:

-ASSEVERAZIONE SULLA COMPATIBILITA' ED INVARIANZA IDRAULICA  
-COPIA DOCUMENTO DI IDENTITA'

## 1 PREMESSA E METODOLOGIA D'ANALISI DELL' AREA

Su richiesta della *ditta Tod's spa* è stata espletata la presente indagine di fattibilità geologica, modellazione geotecnica, microzonazione sismica locale e verifica della Compatibilità ed Invarianza Idraulica (*L.R. 22/2011 art.10*) per il progetto di un piano di lottizzazione (*PL Piane Chienti*) da realizzare in località Piane Chienti, nel comune di Montegranaro (FM).

Tale indagine è stata eseguita in stretta ottemperanza con quanto previsto dal D.M. 11.03.88, Legge 8.08.85 n.431, Legge Regionale 8.06.87 n.26 e dalla Legge 2.02.74 n.64, Legge 1150/42, Legge Regionale 34/92, Legge Regionale 16.08.2001 n.19-adempimenti art.2, comma 3 e successive, delibera di C.P. della Provincia di Fermo n.11 del 31/03/2015 (PTC), Circ. Regione Marche n.14-15 del 1990 e della Del. n.1287/97 e il Piano Regolatore Generale del comune di Montegranaro, che costituiscono la normativa tecnica esistente. Essa ha lo scopo di verificare la compatibilità, rispetto alla situazione geologica e geomorfologica locale, delle opere previste dal piano urbanistico, ed è stata estesa alla porzione di sottosuolo ritenuta significativa ai fini del progetto. Viste le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito, si è ritenuto utile estendere lo studio per un intorno ritenuto significativo, al fine di risalire alle caratteristiche litologiche e all'assetto geo-strutturale del territorio, unitamente all'individuazione dei processi morfogenetici che lo interessano. In particolare, l'analisi geomorfologica di dettaglio, espletata attraverso l'osservazione delle forme e gli eventuali depositi ad esse connessi, ha permesso di ricostruire il quadro morfogenetico dell'area in esame e di formulare delle ragionevoli previsioni sulle tendenze evolutive future in relazione sia alle caratteristiche lito-stratigrafiche, che alla dinamica geomorfologica.

Inoltre lo studio è stato condotto nel rispetto di quanto previsto dalla Legge Regionale Marche n.22 art. 10, comma 4, del 23 Novembre 2011 e secondo quanto dettato dai *“Criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni*

*territoriali*” (BUR Marche n.19 del 17/02/2014), facendo, inoltre riferimento, alle *linee guida* redatte dall’Autorità di Bacino della Regione Marche, nel Marzo 2014, recanti indicazioni e suggerimenti per la corretta stesura della V.C.I. e della V.I.I. L’analisi eseguita ha lo scopo di verificare la compatibilità, rispetto alla situazione attuale, relativa al rischio idraulico del sito, delle eventuali opere previste dal progetto di trasformazione dell’uso del suolo e dalle potenziali alterazioni del regime idraulico indotte dallo stesso sull’area circostante. Per l’espletamento dell’incarico ricevuto, lo studio morfologico è stato condotto con particolare riferimento alle forme ed ai processi legati al reticolo idrografico superficiale, agli aspetti geo-idrogeologici, considerando le forme antropiche presenti nell’intorno del sito analizzato, quali urbanizzazioni intensive, presenza di riporti ed alterazioni del reticolo di drenaggio esistente, vie di comunicazione ecc... Inoltre si è eseguita una ricerca storica, riguardo le problematiche connesse all’aspetto idraulico e nello specifico sulle eventuali esondazioni verificatesi in passato nell’area oggetto di studio, attraverso una ricerca bibliografica dei dati esistenti (*cartografie storiche, documentazioni fotografiche ecc..*) e facendo riferimento alle testimonianze orali raccolte sul posto.

La ricostruzione stratigrafica dell’area oggetto di lottizzazione è scaturita dal reperimento di n°7 sondaggi a carotaggio continuo e/o a rotazione “a secco” spinti sino ad una profondità massima di 23.0 mt dal piano di campagna attuale e talora strumentati a piezometro. Tale metodo di indagine ha permesso l'estrazione di terreno in maniera continua, consentendo l'individuazione e la ricostruzione della locale successione dei terreni presenti.

La ricostruzione stratigrafica di dettaglio e la parametrizzazione geotecnica dei litotipi presenti nella porzione di sottosuolo oggetto di studio è stata ottenuta attraverso l'interpretazione dei dati emersi nel corso dell'esecuzione, in data 09 Gennaio 2024 di n.6 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti eseguite con strumento tipo "Pagani TG 63-100 EML.C", i cui risultati, opportunamente interpretati e correlati con ulteriori prove penetrometriche e sondaggi geognostici, effettuati nel corso di precedenti studi condotti dallo scrivente sia all’interno dell’area oggetto di che nelle immediate vicinanze della stessa (*Leasing Roma 1996, Diego Della Valle & C., sapa 2001, De.Im 2003, Tod's spa 2003-2017, Botticelli, Koks, Renzi Group, Bora, Calepio scavi, Strappa, Artoni Trasporti, Pellimpex, Giusti-Leonbruni, Calepio Scavi, Ubaldi Costruzioni, Fashion Max ecc...*) le risultanze dei quali, in parte allegate in appendice, hanno fornito sufficienti informazioni per la caratterizzazione stratigrafica e geomeccanica dei terreni presenti.

La caratterizzazione sismica del sito è stata realizzata tramite un'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), eseguendo n.7 acquisizioni di sismica passiva mediante un tromografo digitale di tipo "Tromino Zero" denominate Tr1, Tr2, ...Tr7 effettuate all'interno dell'area di studio, al fine di definire le frequenze di risonanza fondamentali del sito e determinare, inoltre, le " $V_{sequ}$ " dei terreni presenti, secondo quanto prescritto dalle direttive dell'OPCM 3274/03 e del DM 17.01.18.

La metodologia adottata può essere così schematizzata:

- studio dati esistenti con reperimento di n.7 sondaggi geognostici e 12 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (Dpsh) ritenute significative;
- rilevamento geologico di campagna;
- rilevamento geomorfologico di campagna;
- valutazione delle caratteristiche litologico-tecniche dei litotipi;
- esecuzione n°6 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (Dpsh);
- esecuzione n°7 acquisizioni di sismica passiva elaborate mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVST;
- determinazione delle caratteristiche geomeccaniche e sismiche;
- valutazione delle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua presenti;
- valutazioni e considerazioni sulla compatibilità idraulica del sito;
- valutazione della vocazionalità edificatoria;
- stesura della presente relazione generale esplicativa;

La base cartografica utilizzata per le indagini e la stesura degli elaborati è la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 della Regione Marche e la Ortofotogrammetria alla scala 1:5.000 del comune di Montegranaro, unitamente al rilievo topografico di dettaglio eseguito per lo scopo dal progettista della lottizzazione.

Lo studio è stato svolto in osservanza della seguente normativa:

- L. n.64/74 "Legge Sismica Nazionale"
- L.R. n.33 del 3 Novembre 1984 "Legge Sismica Regionale"
- Circolare Regionale Marche n.14 e 15 del 28 Agosto 1990
- Delibera Regione Marche n. 1287 del 1997
- Regolamento Edilizio Tipo (RET)
- L.R. n.26 del 8 Giugno 1987 "Piano Paesistico Ambientale Regionale e relative norme tecniche di attuazione e circolari esplicative":
- L.R. n.34 del 5 Agosto 1992 "Norme in materia di urbanistica, paesaggistica e di assetto del territorio".
- Decreto del P.G.R. n. 118 del 27/06/2001 "Piano Territoriale di Coordinamento (PTC)"; L.R. 34/92 - art. 25, comma 6. Accertamento di conformità del Piano

- Territoriale di Coordinamento della Provincia di Fermo";*  
- *Piano di Riassetto Idrogeologico della Regione Marche (DR 116 del 21/01/04) aggiornato al 2016;*  
- D.M. 14 Gennaio 2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*";  
- D.M. 17 Gennaio 2018 "*Norme tecniche per le costruzioni*";  
- *Norme Tecniche di Attuazione del PRG del comune di Montegranaro;*  
- Legge Regionale Marche n.22 art. 10, comma 4.

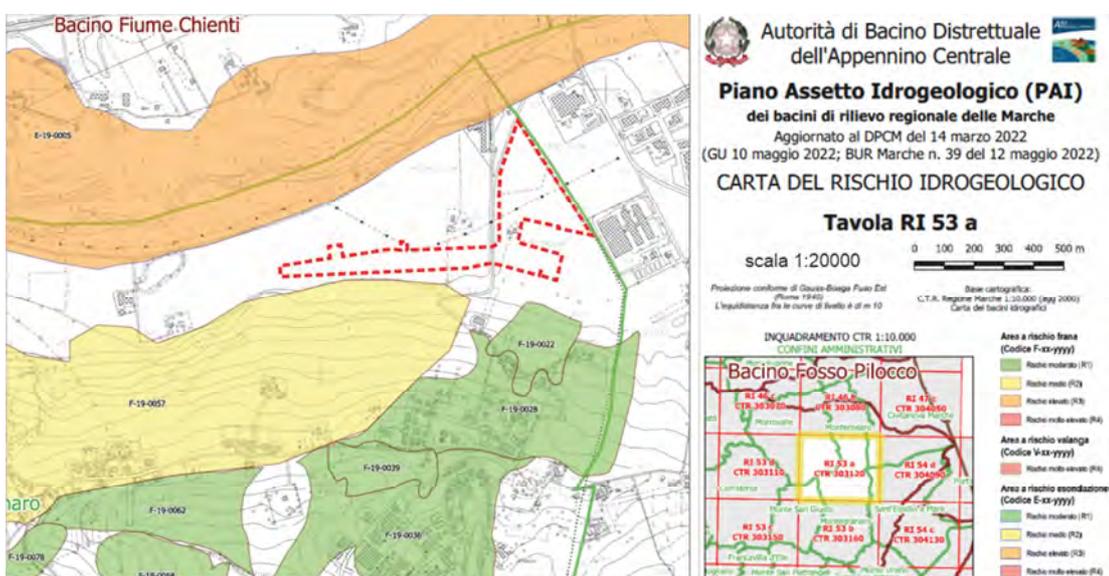
## 1.2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE

Il territorio comunale di Montegranaro, ubicato nella porzione nord-orientale della provincia di Fermo, risulta compreso nella carta d'Italia IGM 1:25.000 al foglio 125 quadrante IV NO, nella ortofotocarta della Regione Marche 1:10.000 n° 303120 del Foglio 303 Macerata. In particolare l'area oggetto di lottizzazione (vedi Corografia Tav.1) è posta in corrispondenza della porzione Nord-Orientale del territorio comunale di Montegranaro, ad una distanza di circa 2.0 km in direzione Sud, dalla frazione di Montecosaro Scalo e 2.5 km, in direzione Nord, dall'aggregato urbano di Casette D'Ete.

Morfologicamente l'area in esame ricade in destra idrografica della pianura alluvionale del Fiume Chienti; essa presenta una superficie pressoché sub-pianeggiante posta ad una quota topografica compresa tra 30 e 33 metri sopra il livello medio del mare che costeggia l'alveo del fiume Chienti, posto ad una distanza compresa tra 250 e i 950 mt dall'area di lottizzazione. In particolare il fiume scorre confinato all'interno di un sistema di arginatura con un andamento piuttosto meandriforme prima di assumere, poco a valle del tratto in esame, un tracciato pressoché rettilineo sino alla foce lontana circa 6.5 km. Dalle risultanze del rilevamento di campagna, unitamente all'osservazione delle ortofotocarte, è emersa la presenza di numerose scarpatine fluviali di altezza alquanto modesta (1-2 metri) dalla tipica forma a "ferro di cavallo" lungo le quali spesso sono impostati dei canali artificiali (vallati) le cui acque vengono utilizzate attualmente per scopi irrigui. Simili forme morfologiche testimoniano come il corso d'acqua, in un recente passato, abbia assunto tracciati differenti, sempre a meandri, prima di conformarsi, in seguito alle ingenti opere di bonifica che hanno interessato l'intera asta fluviale a partire dai primi anni '20 e '30, secondo l'odierno andamento.

Nello specifico l'area urbanistica oggetto di studio risulta inserita all'intero della zona industriale "villaggio del lavoro e presenta una morfologia pressoché sub-pianeggiante, talora leggermente declinante verso Nord-NordOvest con una pendenza media compresa tra 0.5-1°. Pertanto dal punto di vista topografico l'intera area può essere classificata secondo il *D.M. 17 Gennaio 2018*, come **Categoria T1** (*superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$* ).

Vista la morfologia pianeggiante, si può inoltre chiaramente ritenere morfologicamente stabile l'area di lottizzazione, così come considerando la differenza di quota tra l'area urbanistica in progetto e l'alveo del fiume Chienti (da 3 a 6 mt.), unitamente alla presenza di un continuo sistema di arginatura, associata ad un alveo di abbondante larghezza nonostante la distanza minima dal fiume, fanno ragionevolmente escludere qualsiasi rischio di alluvionamento dell'area in questione. A conferma di ciò, è stato redatto da parte della Regione Marche uno studio specifico denominato *Piano per l'assetto idrogeologico* (PAI), richiesto dalle LL. 267/98 e 365/00, in merito all'individuazione delle aree a maggior rischio idrogeologico relative ai bacini idrografici regionali, in cui si evince chiaramente, come **la zona in esame non risulta attualmente compresa tra le aree a rischio di esondazione e aree a rischio di frana** (*vedi stralcio Tavola 53a Carta del Rischio Idrogeologico: Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale di seguito esposto*).



Mentre per quanto riguarda il rischio di esondazione da parte di eventuali corsi d'acqua minori si rimanda a quanto verrà trattato nel *prf. 1.5* relativo alla verifica di compatibilità idraulica del sito.

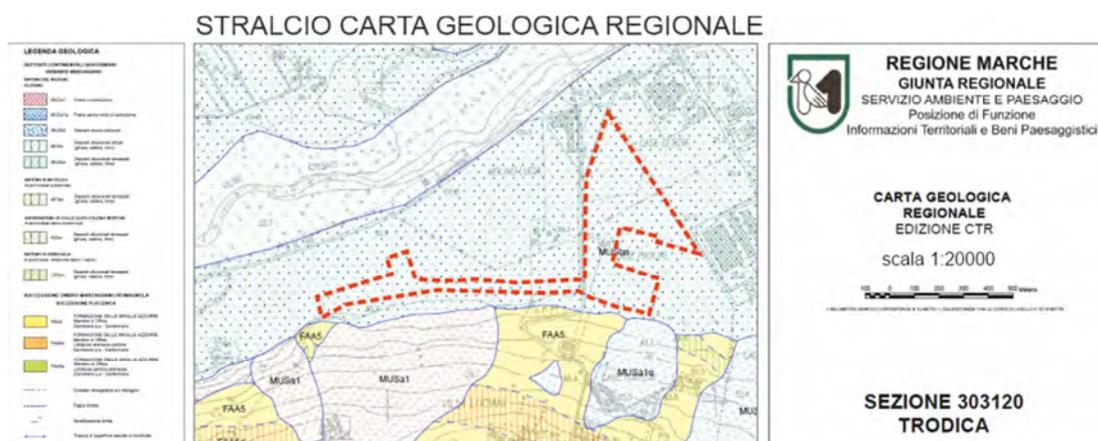
### 1.3 CARATTERISTICHE LITOTECNICHE E GEOMECCANICHE

Nella regione marchigiana è presente al di sopra di in basamento ercinico una successione sedimentaria e marina pressoché continua dal *Trias superiore* al *Neogene*; nell'area più orientale tale successione è ricoperta in discordanza ancora da sedimenti marini, depositatisi tra il *Pliocene medio* e il *Pleistocene inferiore*. Tali successioni, che corrispondono a due distinti cicli sedimentari, si sono sviluppate su un elemento di crosta continentale in continua evoluzione dal *Trias* al *Pleistocene* e la tettonica sinsedimentaria ha condizionato in maniera determinante gli ambienti di sedimentazione. In particolare l'area oggetto di studio risulta ubicata nel settore Sud-orientale del *Bacino Marchigiano Esterno*, il quale risulta colmato da sedimenti terrigeni del ciclo marino plio-pleistocenico. Tali sedimenti nella parte più occidentale risultano trasgressivi e discordanti sui depositi torbiditici della *Formazione della Laga*, mentre nella parte più orientale del bacino, poggiano in discordanza sui depositi del *Pleistocene inferiore*. In generale la sequenza plio-pleistocenica inizia con depositi trasgressivi cui segue una potente successione argillosa, nella quale sono intercalati, a varie altezze stratigrafiche, corpi e/o orizzonti clastici a granulometria grossolana e fine. La sequenza si chiude con sabbie e conglomerati in facies da litorale a continentale.



Il rilevamento geologico di superficie, i n° 7 sondaggi geognostici reperiti, le risultanze delle prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (Dpsh) eseguite e reperite, tutte ubicate come da Planimetria di Tav.2, unitamente ai dati scaturiti da precedenti studi effettuati nell'area dallo scrivente, hanno permesso sia l'individuazione e la caratterizzazione dei litotipi presenti, oltre alla ricostruzione della loro sequenza stratigrafica locale. Da ciò è emersa la presenza di terreni di natura colluviale-alluvionale, prima prevalentemente fini (limi argillosi sabbiosi), quindi più grossolani di chiara natura alluvionale di

fondo canale del fiume Chienti costituiti da ghiaie in matrice sabbiosa e talora limosa (vedi stralcio carta geologica regionale di seguito esposto e carta geologica di tav.1 allegata in appendice). Alla base dei sedimenti di natura continentale, è presente un substrato di genesi marina, costituito da argilla marnosa stratificata a rari veli sabbiosi, rappresentante il termine superiore della successione marina del Plio-Pleistocene riscontrabile nell'area a partire da una profondità variabile compresa tra 4,5 mt nella zona a ridosso del versante collinare e 21.0 mt di profondità nella zona più prossima all'alveo fluviale (vedi risultanze sondaggi geognostici e sezioni litostratigrafiche allegate in appendice).



Sulla base di quanto esposto e facendo riferimento a quanto indicato nella "guida schematica" riportata nella Circolare della Regione Marche n°14, la locale successione delle singole unità litologico-tecniche, può essere quindi così schematizzata:

#### **UNITA' LITOTECNICHE DELLA "COPERTURA"**

Le unità litotecniche della copertura fanno parte della seguente unità litostratigrafica:

##### ***Materiali coesivi***

##### **-Sedimenti a grana fine (depositi colluviali-alluvionali)**

**-E2:** (*Limo argilloso sabbioso concrez. talora Sabbia Limosa*) unità composta da sedimenti dalla colorazione avana-nocciola con striature grigiastre a componente prevalentemente limoso-argilloso in matrice sabbiosa, talora abbondante e prevalente sulla frazione pelitica, inglobanti frustoli organici di colore scuro e fitte concrezioni carbonatiche di colore biancastro

ed a luoghi ciottoli eterometrici arrotondati. Terreno dal comportamento reologico di tipo prevalentemente "coerente", a luoghi granulare (*quando la frazione sabbiosa diviene prevalente su quella pelitica*) caratterizzato nella sua porzione superficiale soggetta a fenomeni esogeni stagionali, da proprietà geotecniche variabili e dipendenti dal contenuto naturale d'acqua del sedimento, così come quelle volumetriche dello stesso, con spiccata tendenza al rigonfiamento a seguito di assunzione idrica e conseguente ritiro per effetto di essiccazione e/o perdita di contenuto d'acqua in genere. Terreno nel complesso mediamente-scarsamente consistente, riscontrabile generalmente subito al di sotto del terreno vegetale-rapporto fino ad una profondità variabile e compresa tra 2 e 6-7 mt. circa dal piano campagna e spesso riscontrato in corpi di forma lenticolare dalla presumibile modesta estensione areale intercalato all'interno dei sedimenti grossolani di natura alluvionale.

### ***Materiali granulari***

#### **-Sedimenti a grana grossa** (*depositi alluvionali terrazzati antichi*)

**D2:** (*Ghiaia sabbiosa*) deposito sciolto ed incoerente di chiara genesi alluvionale del vicino fiume Chienti, costituito prevalentemente da ghiaia di natura calcarea con ciottoli fortemente arrotondati, dalla granulometria medio-piccola con rari clasti più grossolani (20-30 mm) all'interno della quale è presente verosimilmente un discreto quantitativo di sabbia dalla pezzatura medio-grossolana raramente accompagnata anche da una leggera frazione limosa. A luoghi si riscontrano all'interno dell'orizzonte intercalazioni di sottili livelli limoso-sabbiosi per lo più di spessore decimetrico. Materiale caratterizzato da una medio un'alta densità relativa, pertanto risultano essere buone-ottime le caratteristiche geotecniche oltre che idrauliche del sedimento.

## **- UNITA' LITOLOGICO-TECNICHE DEL "SUB-STRATO"**

### ***Materiali coesivi***

#### **-Sedimenti a grana fine e finissima**

**-F1:** ***Argilla stratificata a Sabbia*** (*Successione marina Plio-Pleistocenica*). Trattasi di un'alternanza stratificata di argille marnose talora limose, di colore prima avana-nocciola, quindi in maniera graduale all'aumentare della profondità grigio-azzurrognolo, stratificate con assetto sub-orizzontale, a sabbie scure distribuite in sottilissimi strati e/o lenti. La componente argillosa risulta nettamente prevalente rispetto a quella sabbiosa (*rapporto di stratificazione Argilla/Sabbia > 10/1*) che può essere considerata pressoché trascurabile nel comportamento reologico complessivo

dell'orizzonte, caratterizzato da un medio-elevato grado di sovraconsolidazione, che conferisce allo stesso delle buone qualità geomeccaniche. Estremamente bassa la permeabilità dell'orizzonte, il tetto del quale nell'area rappresenta il locale acquiclude della falda di sub-alveo del fiume Chienti. Materiale raggiunto all'interno dell'area di studio ad una profondità variabile e crescente dalla zona a ridosso della collina (lotto ex Bora), dove il litotipo è stato rinvenuto a partire da circa 4.70 mt. dal piano campagna, fino a profondità massime riscontrate in prossimità dell'alveo fluviale dove tali argille si rinvengono a partire da 22 mt. circa dal p.c.

I rapporti stratigrafici fra i vari litotipi riscontrati nel corso della campagna geognostica sono stati schematicamente riportati nelle 2 sezioni geologico-litotecniche allegate in appendice.

#### *-PARAMETRIZZAZIONE DELLE UNITA' LITO-TECNICHE*

Alcune caratteristiche geotecniche dei terreni che costituiscono le singole unità-litotecniche individuate e descritte in precedenza, sono state esaminate in situ, sulle carote di terreno estratte durante le terebrazioni, con l'ausilio del penetrometro e dello scissometro tascabili i quali hanno fornito indicazioni, rispettivamente, della resistenza a compressione semplice ELL e della coesione non drenata dei terreni coerenti. Altri parametri geomeccanici delle unità litologico-tecniche riscontrate mediante le numerose prove penetrometriche eseguite sono stati ottenuti dalla elaborazione e correlazione dei dati sperimentali secondo le interpretazioni di Sanglerat, Terzaghi, D'Apollonia ed altri recenti autori. Gli stessi, quindi, unitamente ad altri ricavati da prove geotecniche di laboratorio eseguite su litotipi simili prelevati nelle vicinanze del sito di indagine, nel corso di studi eseguiti in precedenza dallo scrivente, possono essere così riassunti:

Parametri	Unità di Misura	Unità "copertura"	Unità "copertura"	Unità "substrato"
		<b>"E2"</b>	<b>"D2"</b>	<b>"F1" **</b>
		Limo Argilloso Sabbioso talora Sabbia limosa	Ghiaia sabbiosa	Argilla grigio azzurra
$\gamma$	(g/cm <sup>3</sup> )	1.90	1.85	2.05
$\gamma_k$	(g/cm <sup>3</sup> )	1.90	1.85	2.05
$C_u$	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.6-1.9	-	1.8-3.0
$C_{u_k}$	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.8	-	2.4
$C'$	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.0-0.1 (0)	-	0.1-0.3
$C'_k$	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.04 (0)	-	0.1
$\phi'$	(gradi)	23-28° (28-32°)	30>37°	23-27°
$\phi'_k$	(gradi)	24° (29°)	33°	24°
$E_d$	(kg/cm <sup>2</sup> )	45-120	-	150-190
$E_s$	(kg/cm <sup>2</sup> )	(100-150)	220>350	-

( ) parametri geotecnici della frazione incoerente del litotipo "a", limo argilloso sabbioso talora sabbia limosa

\*\* Non sono stati forniti i parametri geotecnici riferiti ai livelli sabbiosi presenti all'interno della formazione marina (unità "F1") in quanto si ritiene che il contributo offerto dalla frazione sabbiosa nel comportamento reologico complessivo del materiale, in questo caso (rapporto di stratificazione Argilla/Sabbia >10/1), può praticamente essere considerato trascurabile.

La simbologia usata è la seguente:

$\gamma$  = peso di volume del terreno;  
 $C_u$  = coesione non drenata;  
 $C'$  = coesione drenata;  
 $\phi'$  = angolo di attrito drenato;  
 $E_d$  = modulo edometrico;  
 $E_s$  = modulo di elasticità;  
 $\gamma_k, C_{u_k}, C'_k, \phi'_k$  = parametri caratteristici\* del terreno (DM18).

\* I parametri caratteristici sono stati determinati secondo la formula semplificata di Schneider:

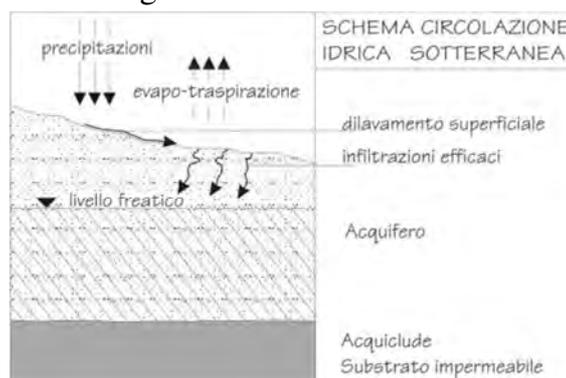
$$X_K = X_{med} \left( 1 - \frac{COV}{2} \right)$$

dove COV è il coefficiente di variazione, e Schneider raccomanda i seguenti valori:

Angolo di attrito $\Phi$	10%
Coesione	40%
Modulo di comprimibilità	40%

## 1.4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La ricostruzione del quadro idrogeologico dell'area è avvenuto attraverso le manifestazioni idriche avvenute nel corso delle numerose campagne geognostiche eseguite sia all'interno dell'area di lottizzazione sia nelle aree attigue alla stessa, e più nello specifico facendo riferimento alle misure freatiche eseguite su pozzi ritenuti significativi presenti nell'area e su alcuni piezometri freatici localizzati all'interno dell'area dello stabilimento Tod's. Dai valori scaturiti si evince la presenza di una falda superficiale di tipo freatico intestata all'interno dei depositi alluvionali, ad una profondità compresa all'incirca tra 5.5 e 7.5 mt. circa dai rispettivi piani campagna nelle varie zone del piano urbanistico in questione e delimitata inferiormente dal locale sub-strato geologico (acquiclude) costituito dalle argille Plio-pleistoceniche riscontrabili nell'area a partire da una profondità compresa tra 4.7 e 22.0 mt. circa dal piano campagna. La carta delle isofreatiche (*vedi Carta Idrogeologica – Tav3*) che ne è emersa ha consentito la ricostruzione ed interpretazione della morfologia della falda freatica, e quindi l'individuazione della direzione verso cui le acque sotterranee tendono preferenzialmente a defluire (zona di deflusso), nonché il locale gradiente idraulico di massima dell'acquifero. L'andamento delle isofreatiche, comprese nell'area di studio tra le quote topografiche assolute di 25 e 28 mt. slm., descrivono un andamento convesso con asse prossimo all'andamento dell'alveo del fiume Chienti a testimonianza di una probabile alimentazione della falda da parte del corso d'acqua e quindi con direzione di deflusso orientata verso NNE ed un gradiente idraulico valutato dall'interpretazione della carta dell'ordine  $4.8 \times 10^{-5}$ . La principale fonte di ricarica dell'acquifero di subalveo rinvenuto nell'area è quindi dovuta all'infiltrazione delle acque correnti superficiali, del vicino fiume Chienti (*Corvatta & Leoperdi, 1994*), inoltre un'altra fonte di ricarica dell'acquifero è fornita dall'infiltrazione efficace delle acque meteoriche che ne condizionano presumibilmente anche il regime. Dagli studi effettuati nell'area è emerso che i minimi valori freaticometrici si registrano nei mesi autunnali, i massimi in quelli primaverili, con un escursione massima stagionale dell'ordine di 0.5-1.5 mt. e che la falda sembra risentire delle precipitazioni con un ritardo di circa 15 giorni/un mese.



### **Produttività e Vulnerabilità dell'Acquifero**

Alla luce della granulometria e quindi la permeabilità dei sedimenti che compongono in maniera prevalente il locale acquifero (ghiaie sabbiose talora associate a limi argilloso sabbiosi), considerando soprattutto l'elevato spessore del corpo idrico (>6-7 mt.) e quindi la buona trasmissività dello stesso ( $T=kh$ ), fanno ipotizzare una buona produttività idrica della falda, soprattutto nelle zone più prossime al fiume dove lo spessore dell'acquifero risulta essere più importante, ma nel contempo può essere considerata estremamente elevata la sua vulnerabilità, data la scarsa copertura offerta pur da sedimenti di medio scarsa permeabilità posti al tetto dell'acquifero stesso.

### 1.5 VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Oltre alle considerazioni espresse nel paragrafo precedente (1.2) circa il rischio di alluvionamento dell'area oggetto di studio, è stata espletata una verifica di compatibilità idraulica ai sensi della legge regionale n.22/2011 condotta nel rispetto di quanto dettato dai *“criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l'invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali” (BUR Marche n.19 del 17/02/2014)* e relative *Linee Guida* redatte dall'Autorità di Bacino Regione Marche in data Marzo 2014, *allegato A*.

Nello specifico, lo studio è stato condotto adottando un ***livello di verifica di tipo semplificato (II livello)***, ossia basato su considerazioni di tipo prevalentemente idrografico-bibliografico e storico, alle quali sono state comunemente associate considerazioni e analisi geomorfologiche e topografiche, considerate ampiamente esaustive alla luce dell'ubicazione dell'area oggetto di studio, ricadente in una zona, se pur vicina all'alveo del fiume, a memoria d'uomo, mai interessata da fenomeni di alluvionamento, questo perché il fiume nel tratto in questione mostra una larghezza dell'alveo molto importante (vedi tav 10 ed ortofotocarta), oltre che rettilinea a descrivere una sezione idraulica di assoluta sicurezza ed inoltre è da considerare la differenza di quota compresa tra 3 e 6 mt. circa tra il corso d'acqua e i terreni della lottizzazione, che la mette al riparo da qualsiasi rischio di alluvionamento e/o ristagno idrico da parte del fiume Chienti. Dimostrazione ne è il fatto che

l'area non risulta compresa tra le aree cartografate a rischio idraulico dal PAI.

Inoltre la ricerca storica eseguita, basata principalmente sulle informazioni orali raccolte in situ e sul reperimento di cartografie attuali e storiche e soprattutto della Carta Topografica Regionale, Regione Marche, Foglio 125 Fermo quadrante IV dove si evince chiaramente che nell'area in esame e in un intorno significativo della stessa non esistono attualmente e non esistevano in passato corsi d'acqua naturali minori che possano creare rischi di esondazione a seguito di eventi meteorici eccezionali e/o per effetto della possibile divagazione e/o migrazione dell'asse di drenaggio degli stessi, pertanto nell'area in oggetto l'unico elemento di drenaggio naturale delle acque risulta essere il Fiume *Chienti*, mentre si rileva la presenza, dalla cartografia esistente, soprattutto facendo riferimento alla ortofotocarta 1:5.000 del comune di Montegranaro della presenza di un vecchio canale artificiale che derivava le acque dal fiume Chienti per condurle al *molino Guazzetti*, il cui tracciato risulta ad oggi per la gran parte dismesso. Nello specifico del canale non si rileva più la parte iniziale che derivava le acque dal fiume, mentre si individua ancora sul posto tutto il tratto rettilineo del fosso che costeggia il piede collinare lungo tutto il confine sud-occidentale della lottizzazione in progetto (*vedi Tav. 10 Carta delle aree inondabili e di pertinenza fluviale allegata in appendice*), canale che scorre a cielo aperto per tutto il tratto occidentale della lottizzazione, per poi divenire intubato, mediante canale di cemento rotocompresso del diametro di 1.0 mt. e confluire all'interno della linea di drenaggio delle acque superficiali dell'area industriale Piane Chienti. Canale questo che attualmente raccoglie e drena, fungendo da canale di gronda e proteggendo quindi i terreni della lottizzazione dalle acque dilavanti provenienti dalla collina sovrastante posta a sud dell'area urbanistica. Un altro canale di scolo delle acque collinari, sempre a protezione dei terreni della lottizzazione si riscontra verso l'estremo SE del piano urbanistico, dove un apposito pozzetto riconduce le acque dilavanti provenienti dai fossati di raccolta in terra posti a monte, verso il sistema di raccolta delle acque chiare dell'area industriale (*vedi tav. 10 area contraddistinta con il punto 1*). Infine un ultimo canale di raccolta in terra si riscontra nella parte centro meridionale della lottizzazione (*vedi tav. 10 area contraddistinta con il punto 2*), ma in questo caso tale fossato risulta in cattive condizioni di manutenzione ed inoltre lo stesso risulta privo di drenaggio e/o scarico verso una linea di raccolta delle acque chiare, pertanto in tale tratto si consiglia di ripristinare un corretto sistema di raccolta e drenaggio delle acque dilavanti provenienti dalla collina sovrastante, a tutela del lotto industriale già incasato ed urbanizzato presente subito a valle di tale area menzionata (*lotto ex Bora*).

In conclusione nella Carta Geomorfologica Aree inondabili e Aree di pertinenza fluviale redatta, oltre ai canali artificiali precedentemente menzionati, sono state evidenziate su base geomorfologica e sulla base dei vincoli PAI le aree di pertinenza fluviale del Fiume Chienti, mentre non sono stati riportati vincoli di pianificazione territoriale, relativi alle fasce di rispetto dei corsi d'acqua in quanto contenuti nelle carte tematiche specifiche. Dalla lettura della carta si evince chiaramente come la lottizzazione in esame risulti esente da qualsiasi rischio idraulico da parte degli elementi idrografici presenti, alla luce delle considerazioni precedentemente esposte.

In tale contesto inoltre, il piano urbanistico in questione, mantenendo sostanzialmente inalterate le quote topografiche del sito tra la situazione attuale e quella post operam prevista dal progetto, di fatto, **non aggrava in alcun modo le condizioni di rischio idraulico delle zone circostanti.**

Pertanto, alla luce di tali considerazioni si **esprime parere favorevole circa la compatibilità idraulica della lottizzazione PL Piane Chienti in esame, la quale, a seguito della verifica di tipo semplificato eseguita, risulta non interessata dalla pericolosità idraulica del territorio, legata all'assetto-evoluzione dei corsi d'acqua e ai potenziali fenomeni di esondazione che si propagano dagli stessi, inoltre si esclude, a seguito dell'attuazione della lottizzazione in progetto, qualsiasi tipo di alterazione del regime idraulico sulle aree contermini, indotta dalle scelte urbanistiche, dato che non verranno eseguiti particolari movimenti di terreno tali da modificare in alcun modo, le attuali linee di deflusso delle acque dilavanti, per le aree contermini.**

## 1.6 INVARIANZA IDRAULICA

Per quanto riguarda *l'invarianza idraulica* del sito, facendo riferimento a quanto riportato nel progetto delle opere di urbanizzazione redatto dallo studio *Fabbioni e Partner* e nello specifico dalla consultazione della relazione tecnica risulta quanto segue: ".....sostanzialmente invariato resta il sistema della viabilità pubblica con la sola eccezione di una piccola via di penetrazione della quale non c'è più necessità, perché i lotti da questa serviti secondo il vecchio piano attuativo, vengono riuniti in unica superficie fondiaria di più grandi dimensioni, sulla quale verrà realizzato il

nuovo polo logistico di TOD'S SpA.....". L'eliminazione della strada comporterà una riduzione di superficie impermeabilizzata pari a 2.327 mq, mentre per quanto riguarda le superfici dei parcheggi pubblici diminuiscono a vantaggio della aree verdi di circa 5.359 mq, passando, da mq 14.466 a mq 9.107. Di conseguenza si può dedurre che la presente trasformazione urbanistica comporterà una diminuzione delle superfici impermeabili, rispetto alle previsioni di PRG e dei PL precedentemente approvati, pari a 7.686 mq. (2.327 + 5359), pertanto alla luce di tali considerazioni, in base a quanto stabilito dalla L.R. n.22 del 23 novembre 2011, secondo i criteri stabiliti dalla G.R. ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge, l'intervento di trasformazione in esame ricade tra la classe di interventi comportanti una impermeabilizzazione pari ad una superficie uguale o inferiore a 100 mq, **che non prevede la realizzazione di misure compensative atte al mantenimento del principio di invarianza**, visto che non verrà generato, dalla trasformazione urbanistica alcun aggravio della portata di piena dei deflussi idrici superficiali al corpo idrico ricevente, rispetto alle previsioni di PRG e dei PL precedentemente approvati.

In tutti i casi per i parcheggi ancora da realizzare che andranno ad insistere su aree attualmente permeabili, così come per l'urbanizzazione dei lotti si rimanda alle successive fasi di progettazione esecutiva delle singole opere, nel corso delle quali si dovrà provvedere alla verifica ed alla eventuale progettazione del sistema di laminazione delle acque pluviali, dato che le trasformazioni urbanistiche delle singole aree non dovrà comportare un aggravio della portata di piena dei deflussi idrici superficiali al corpo idrico ricevente, rispetto a quelli antecedenti la trasformazione dell'uso del suolo. Tale obiettivo dovrà essere raggiunto attraverso opportune azioni compensative, mirate a prevedere dei volumi di stoccaggio temporaneo dei deflussi, che compensino, con un'azione laminante e ritardante, l'accelerazione degli stessi, regolando nel contempo le piene, ***mantenendo quindi inalterate le prestazioni idrauliche del bacino*** e la sicurezza territoriale dal punto di vista idraulico, nel tempo.

## 1.7 CARATTERISTICHE SISMICHE DELL'AREA

La normativa sismica italiana, anche alla luce degli ultimi terremoti, ha subito una notevole evoluzione, e la Regione Marche in attuazione delle leggi nazionali ha prodotto nuove norme tendenti alla riduzione del rischio sismico.

La Regione Marche in adempimento da quanto stabilito negli art.10 ed 11 della L.R. 33/84 ha emanato due circolari nell'Agosto del 1990, la n.14 e la n.15, la prima con maggiori riferimenti al PPAR mentre la seconda più strettamente sismica. In particolare nella circolare 15/90 vengono classificati e raggruppati i comuni marchigiani in tre livelli di rischio sismico e rispettivamente, alto, medio e basso. Il territorio comunale di Montegranaro all'interno del quale ricade l'area di variante oggetto di studio è inserito fra quelli a *rischio sismico basso* (livello C).

Successivamente, l'aggiornamento della classificazione sismica nazionale, stabilita con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, recepita dalla Regione Marche con la Delibera della Giunta Regionale n. 1046 del 29.07.2003 ed aggiornata con DGR 136/2004, distingueva il comune di Montegranaro in Zona Sismica 2 (*Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti*). Quindi dopo l'approvazione delle NTC08-NTC18 per la definizione della pericolosità sismica di base ci si ispira ad una filosofia differente basata sui risultati di uno specifico studio dell'INGV (*Meletti e Montaldo 2007*), in cui non si fa più riferimento al perimetro di un singolo territorio comunale, bensì ad un reticolo di riferimento costituito da 10.751 nodi georeferenziati distribuiti su tutto il territorio nazionale distanti tra di loro non più di 10 chilometri, in cui vengono definiti i singoli valori di accelerazione orizzontale di picco ( $a_g$  e/o PGA). Pertanto il valore della pericolosità sismica di base, oggi scaturisce dall'interpolazione lineare fra i valori di ( $a_g$ ) dei nodi prossimi all'area di studio, qualora la stessa non ricada in coincidenza di uno dei nodi stessi.

Nella circolare 15/90 vengono altresì definiti i livelli di pericolosità sismica di base dai quali partire per poter individuare, a livello di strumento urbanistico, aree nelle quali gli effetti attesi possono discostarsi da quelli individuati nella circolare stessa.

### **1.7a Le condizioni del rischio sismico**

Diverse sono le definizioni del rischio sismico a seconda del tipo di approccio, ma tutte sono in relazione alla definizione dei possibili effetti di un terremoto. Le indagini richieste dalla L. 33/84, sono finalizzate alla valutazione del rischio sismico alla scala delle scelte generali del piano urbanistico, che incidono su tutto l'assetto urbano. Con il termine rischio sismico s'intende una misura del danno che può essere prodotto da un terremoto preso come riferimento. I danni attesi conseguenti al terremoto non sono una semplice somma dei danni di ciascun fabbricato, ma è necessario considerare anche il danno al sistema infrastrutturale, i morti, i feriti e la improvvisa perdita di

produttività, ed i disagi che ne derivano. A determinare il rischio sismico concorrono, in misura diversa, alcuni fattori quali:

-*la pericolosità sismica*, cioè le caratteristiche del terremoto atteso nella località e la sua probabilità di ricorrenza.

- *la risposta sismica locale*, ovvero le diversificazioni del terremoto atteso in relazione a condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali, valutabili a scala di dettaglio.

-*la vulnerabilità*, ovvero la predisposizione dei manufatti esistenti e di progetto a subire danni in caso di terremoto.

- *l'esposizione al terremoto*, cioè la distribuzione delle attività localizzate nel territorio urbanizzato e infrastrutturato, nonché del carico urbanistico inteso negli aspetti demografici e occupazionali, nelle specifiche articolazioni delle destinazioni d'uso, delle densità edilizie, della dotazione impiantistica e delle loro interconnessioni.

Nel nostro caso, le indagini e le valutazioni, rientrano nell'ambito delle indicazioni della circolare n.15/90 della Regione Marche e sono finalizzate al riconoscimento degli elementi e delle zone a maggior pericolosità sismica e di risposta sismica locale. Nella realtà il moto generato da un sisma, in un determinato sito, dipende anche dalle particolari condizioni locali e cioè: conformazione morfologica (superficiale e sepolta), assetto stratigrafico dei terreni e degli ammassi rocciosi e relative proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono, caratteristiche idrogeologiche, presenze di cavità ecc... Tutti questi elementi contribuiscono a determinare modifiche alla propagazione di un segnale sismico (risposta sismica locale) potendo generare nell'area di nostro interesse amplificazioni del moto del suolo e/o ulteriori elementi di pericolosità come liquefazione dei terreni sabbiosi saturi, compattazione dei terreni granulari non saturi, fenomeni di instabilità dei pendii, sia rapidi (crolli e colate) sia lenti (scivolamenti e deformazioni) e subsidenza.

Tenendo conto di tali aspetti, nella **Carta della pericolosità sismica locale**, redatta per l'intera area di lottizzazione (vedi Tav.6), è stata individuata e classificata una zona a risposta sismica omogenea (microzonazione), con relativo grado di rischio sismico (basso). L'area è caratterizzata da un insieme di parametri che concorrono, in maniera diversa, a modificare le azioni sismiche previste per il livello-base, inteso come sito in assenza di effetti locali, ovvero con presenza di substrato sismico ( $V_{Seq} > 800$  m/s) affiorante o sub-affiorante ed in condizioni morfologiche pianeggianti.

In particolare è stato attribuito un grado di pericolosità sismica locale **basso** all'intera area di lottizzazione situata al di sopra di una ampia area pianeggiante caratterizzata da uno spessore discreto di sedimenti alluvionali sufficientemente addensati, per cui non sono state riscontrate condizioni geologico-geomorfologiche né geotecniche tali da penalizzare dal punto di vista sismico l'area in questione, così come si escludono rischi di liquefazione dei terreni, nonostante la presenza della falda acquifera di sub-alveo associata a terreni talora sciolti. (*vedi verifica eseguita nel paragrafo successivo*). Per tali aree si escludono in linea generale condizioni in qualche modo penalizzanti e/o in grado di aumentare in maniera evidente la pericolosità sismica locale dato che sono da scartare fenomeni di deformazione permanente del terreno indotti o innescati dal sisma, quali instabilità morfologica, liquefazione e/o fagliazione superficiale, mentre risultano comunque possibili amplificazioni causate dalle caratteristiche litostratigrafiche dei terreni data la presenza di una copertura di genesi alluvionale poggiante su di un substrato Plio-Pleistocenico (*contrasto di impedenza meccanica*), con rischi di doppia risonanza terreno-strutture, nel caso di edifici e/o strutture in genere progettate con frequenze fondamentali di oscillazione prossime a quelle del terreno (*vedi carta di microzonazione sismica locale tav 7*).

### 1.7 b Microzonazione sismica

(*Norme Tecniche per le Costruzioni*, D.M. 17/01/2018)

Considerando un punto all'incirca centrale della lottizzazione di coordinate:

<b>WGS84</b> lotto: <b>Latitudine 43.268601°N, Longitudine 13.653176°E</b> <b>ED50</b> lotto: <b>Latitudine 43.269550°N, Longitudine 13.654096°E</b>
---

Per la definizione dell'azione sismica di progetto di un sito si deve valutare l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, tramite studi specifici di risposta sismica locale (C7.11.3.1). In assenza di tali analisi si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III) e sulle condizioni topografiche, valutando:

- la categoria di suolo di fondazione mediante la stima del parametro  $V_{s30}$ , o in alternativa del valore  $NSPT$  o  $C_u$  e di conseguenza la valutazione dell'incremento sull'azione sismica;
- il coefficiente di amplificazione topografica.

Per il sito di studio, non avendo in questa fase condotto studi specifici volti alla determinazione della risposta sismica locale, mediante l'approccio semplificato, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

**Condizioni topografiche Categoria T1**, superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$  (Tabella 3.2.IV - Categorie topografiche), (vedi considerazioni prf 1.2.).

Nel caso specifico, per la relazione in progetto sono stati determinati, attraverso l'esecuzione dell'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, dei valori di  $V_{s_{equ}}$  **compresi tra 315 e 355 m/sec, a partire da -1.0 mt dall'attuale piano campagna**, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata, nel caso il/i progettista/i volessero adottare la procedura semplificata per il dimensionamento delle future opere previste all'interno del piano di lottizzazione, il suolo di fondazione in oggetto per l'intera area urbanistica può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 17/01/18) ad una ad una "**categoria di suolo di tipo "C"**", *ovvero depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

Ovviamente, nel caso tale categoria non fosse ritenuta, da parte dell/i progettista/i, sufficientemente rappresentativa del sito, in considerazione del fatto che la procedura semplificata tramite abachi nazionali non risulta, a volte, corretta, essendo stata creata tramite modelli che difficilmente riescono a riprodurre il comportamento dinamico dei terreni locali, si dovrà necessariamente implementare lo studio attraverso una valutazione specifica dell'azione sismica di progetto (*Risposta Sismica Locale*), intesa come la determinazione dell'azione sismica attesa in un punto (*piano di fondazione dell'opera in esame*) a seguito di una sollecitazione sismica che si propaga nel sottosuolo a partire da un ipocentro.

In tutti i casi, nella valutazione della categoria di suolo e nell'approccio alla progettazione delle strutture previste all'interno della lottizzazione in prossimità, non vanno comunque trascurate le informazioni acquisite con l'indagine sismica circa la frequenza di risonanza del sito. Infatti, nel caso specifico, trascurando le frequenze superiori a 10 Hz da considerarsi ingegneristicamente non significative, è stata individuata una **frequenza**

**caratteristica di risonanza del terreno compresa tra 7 e 9 Hz per le tracce Tr1, Tr2 e Tr3, mentre è stata individuata una frequenza pari 1.1 Hz per la traccia Tr7** (vedi Tav. 7 carta della microzonazione sismica allegata in appendice), a significare che il terreno in questione amplifica le onde di superficie (ed in misura leggermente diversa quelle S) a quella frequenza rispetto all'imput su bedrock di riferimento. Ovviamente sarà cura del progettista, al fine di evitare pericolosi fenomeni di doppia risonanza in caso di sisma, progettare le future strutture previste dalla lottizzazione frequenze fondamentali di oscillazione lontane (superiori per un fattore di moltiplicazione di almeno 1.4, o meglio, minori) da quelle tipiche del terreno nel sito specifico di edificazione.

**Condizioni topografiche Categoria T1**, superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$  (Tabella 3.2.IV - Categorie topografiche), (vedi considerazioni prf 1.2.).

Per la valutazione delle **azioni sismiche di progetto**, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si deve valutare la **“pericolosità sismica di base”** del sito di costruzione. Secondo il D.M. 17/01/2018, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito

$F_o$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

$T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Considerando la Posizione del sito: Coordinate **WGS84** Latitudine 43.268601°N, Longitudine 13.653176°E, la **Classe d'uso II** (normali affollamenti) e una **Vita nominale 2\*** per opere ordinarie (50 anni), e quindi con un periodo di riferimento  $V_R \geq 50$  anni, si ottiene:

<b>Parametri sismici</b>				
	<b>SLO</b> (periodo di ritorno =30 anni)	<b>SLD</b> (periodo di ritorno =50 anni)	<b>SLV</b> (periodo di ritorno =475 anni)	<b>SLC</b> (periodo di ritorno =975 anni)
$a_g$	0.050	0.063	0.183	0.240
$F_o$	2.407	2.486	2.472	2.506
$T_c^*$	0.279	0.287	0.310	0.320

**SLO** = Stato Limite di Operatività

**SLD** = Stato Limite di Danno

**SLV** = Stato Limite di salvaguardia della Vita

**SLC** = Stato Limite di prevenzione del Collasso

<b>Coefficienti sismici</b>				
	<i>Stati limite di esercizio</i>		<i>Stati limite ultimi</i>	
	<b>SLO</b>	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>	<b>SLC</b>
Ss	1.50	1.50	1.43	1.34
Cc	1.60	1.59	1.55	1.53
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Kh	0.015	0.019	0.063	0.090
Kv	0.007	0.009	0.031	0.045

$S_s$  = amplificazione stratigrafica;

$C_c$  = coefficiente funzione categoria;

$S_t$  = amplificazione topografica;

$K_h$  = coefficiente sismico orizzontale;

$K_v$  = coefficiente sismico verticale.

Infine, in assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

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

dove:

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ );

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa al suolo sul sito specifico.

	<i>Stati limite di esercizio</i>		<i>Stati limite ultimi</i>	
	<b>SLO</b>	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>	<b>SLC</b>
$a_g$	0.050	0.063	0.183	0.240
Ss	1.50	1.50	1.43	1.34
$S_T$	1.00	1.00	1.00	1.00
$a_{\max}$	<b>0.075</b>	<b>0.095</b>	<b>0.262</b>	<b>0.322</b>

### **Stabilità nei confronti della Liquefazione (DM 17/01/2018 prf 7.11.3.4)**

Il sito presso il quale verrà edificato l'ascensore in progetto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

### **Esclusione dalla verifica a liquefazione (DM 17/01/2018 prf 7.11.3.4.2)**

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 mt dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cpt) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella fig.7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficienti di uniformità  $U_c < 3.5$  e in fig.7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .

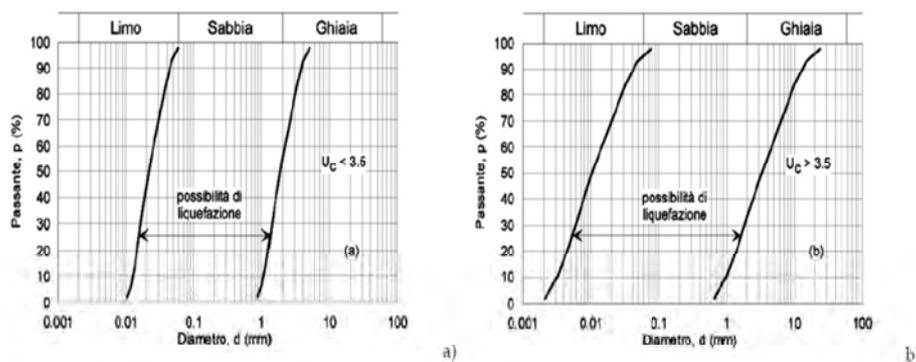


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Nel caso specifico dato che il sito in esame non risulta compreso tra quelli previsti dalla normativa come esenti da verifica (DM 17/01/2018 prf 7.11.3.4.2), vista la presenza della locale falda acquifera con un battente idrico compreso nei primi 15 mt. dal piano campagna e nello specifico a 5.8 mt. circa dal p.c. (*profondità minima ipotizzabile*), considerando la natura dei terreni normalconsolidati sciolti, di granulometria da fine (limi argillosi sabbiosi) a grossolana (ghiaie sabbiose) è stata condotta una verifica al rischio di liquefazione, secondo il metodo di *Iwasaki et Ali (1978) modificato (1984)*, utilizzando i dati delle prove in situ  $D_{psh}$  e nello specifico, per fini cautelativi adottando quelli di  $N_{spt}$  minimi scaturiti dalle penetrometriche effettuate, per i terreni presenti (1.5), unitamente ai parametri sismici propri del sito, ottenendo:

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE				
(da prove dinamiche SPT)				
Metodo semplificato				
Metodo di Iwasaki et al. (1978) modificato (1984)				
<b>PARAMETRI:</b>				
$\gamma$	=	1,9	g/cm <sup>3</sup>	
$\sigma_{vo}$	=	1,748	kg/cm <sup>2</sup>	
$\sigma_{vo}'$	=	1,408	kg/cm <sup>2</sup>	
profondità della prova	=	920	cm	
profondità falda	=	580	cm	
$\gamma_{H2O}$	=	1	g/cm <sup>3</sup>	
Pressione neutra	=	0,34	kg/cm <sup>2</sup>	
z	=	9,2	m	
$N_{spt}$	=	1,5		
$d_{50}$	=	0,1		
M	=	6,5		
MSF	=	1,60	se $M \leq 7.5$	
	=	1,44	se $M > 7.5$	
				R= Resistenza al taglio mobilata
				T= Sforzo di taglio indotto dal sisma
				$d_{50}$ = Diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50%
				Vs= Velocità dell'onda di taglio S
<b>FORMULE:</b>			<b>RISULTATI:</b>	
R	=	$0,0882 \cdot E16 \cdot \text{RADQ}(E9+0,7) + 0,225 \log(0,35/E17)$	se $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$	0,31450106
R	=	$0,0882 \cdot E16 \cdot \text{RADQ}(E9+0,7) - 0,05$	se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$	0,14208575
T	=	$0,65 \cdot (a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}'/\sigma_{vo}) \cdot r_d \cdot 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,039052639
			se $M > 7.5$	0,043430684
$a_{max}/g$	=	0,262		
$r_d$	=	0,2962		
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	se $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$
				se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$
			se $M > 7.5$	se $0,04 \leq d_{50} \leq 0,6$
				se $0,6 < d_{50} \leq 1,5$
				8,053260176
				3,638313689
				7,241448472
				3,271552207
				Verificato $F_s$

Dai risultati ottenuti, si deduce pertanto che l'intera area di lottizzazione oggetto di studio non risulta a rischio liquefazione in caso di sisma, visto che per l'esecuzione della verifica sono stati utilizzati i parametri minimi attesi tra quelli riscontrati nel corso delle numerose prove in situ effettuate all'interno dell'area.

## 1.8 FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE OPERE PREVISTE

La carta della vocazionalità edificatoria dell'area (vedi elaborato grafico di Tav. 8 allegato in appendice) redatta per l'intera area di lottizzazione in esame, estesa per un intorno significativo, rappresenta a tutti gli effetti il documento di sintesi dello studio eseguito, in quanto riassume le informazioni sulle caratteristiche litologo-tecniche, idrogeologiche, della compatibilità sottesa al rischio idraulico (nullo), nonché sulla risposta sismica locale. In

particolare è stato definito un grado di fattibilità, in rapporto alle condizioni geologiche, geomorfologiche, geotecniche, ma soprattutto di risposta sismica locale esistenti. Quindi la zonazione effettuata, può essere così riassunta:

**GRADO ALTO:** Contraddistingue la porzione centro-orientale del piano urbanistico unitamente ad una piccola zona posta in corrispondenza dell'estremo NW del piano urbanistico (*vedi tav.8 allegata in appendice*). Tali zone risultano contraddistinte da un *basso grado di pericolosità sismica locale rispetto al livello-base*, compreso il rischio di liquefazione, presentano una morfologia sub-pianeggiante, con una falda superficiale, ma che non interagirà, anche nel caso di opere provviste di piani interrati, con le opere in progetto e risulta caratterizzata, dal punto di vista geotecnico da terreni dalle buone-ottime capacità geotecniche e quindi vocati ad “ospitare” opere ingegneristiche in genere. In particolare in tali zone si riscontra la presenza delle ghiaie a profondità uguali e/o inferiori a 3 mt. dal piano campagna.

In tali aree è consentita generalmente l'edificazione senza particolari prescrizioni pur nel rispetto della normativa vigente ( L.64 del 2.02.74 e D.M. 11.03.88, DM 14.01.08). La scelta della tipologia di fondazione da adottare per le nuove costruzioni quindi scaturirà principalmente dall'analisi costi benefici in rapporto alla capacità portante del terreno, dei relativi cedimenti previsti in fase di progetto e delle ulteriori interazioni terreno-struttura. In via preliminare, nell'area destinata a edificazione si ritiene sufficiente adottare a sostegno delle costruzioni, delle *fondazioni dirette, tipo plinti*, comunque intestati all'interno delle ghiaie, ferma restando la necessità che in sede di progettazione dei singoli edifici-strutture vengano acquisiti ulteriori specifici dati di carattere litologico e geotecnico anche in funzione della tipologia costruttiva dei singoli fabbricati.

**GRADO MEDIO-ALTO:** zonizzazione che occupa la parte restante della lottizzazione (*vedi tav.8 allegata in appendice*), l'area risulta contraddistinta, anche in questo caso, da un *basso grado di pericolosità sismica locale rispetto al livello-base*, compreso il rischio di liquefazione, presenta una morfologia sub-pianeggiante, con una falda superficiale, ma risulta caratterizzata rispetto alla precedente dalla presenza di terreni della copertura costituita da Limi argilloso sabbiosi e talora da Sabbie limose, caratterizzati da uno spessore superiore ai 3.0 mt. a partire dal piano di campagna.

Anche in queste aree è consentita generalmente l'edificazione senza particolari prescrizioni pur nel rispetto della normativa vigente ( L.64 del 2.02.74 e D.M. 11.03.88, DM 14.01.08). La scelta della tipologia di fondazione da adottare

per le nuove costruzioni quindi scaturirà principalmente dall'analisi costi benefici in rapporto alla capacità portante del terreno, dei relativi cedimenti previsti in fase di progetto e delle ulteriori interazioni terreno-struttura. In tali aree destinate a edificazione per la progettazione delle fondazioni si dovrà valutare, in rapporto alla tipologia del fabbricato e/o struttura in progetto, l'opportunità di adottare delle fondazioni dirette impostate sui terreni della copertura pelitica (*strutture leggere, fabbricati previsti di piani interrati ecc..*) o valutare l'opportunità di adottare delle fondazioni profonde impostate sui terreni alluvionali grossolani o anche, infine sui terreni pelitici del locale sub-strato geologico. In tali aree, nel caso di fondazioni profonde, si dovrà tenere opportunamente conto della presenza della locale falda di sub-alveo che verrà con tutta probabilità intercettata dai pali in progetto. Resta ferma, anche in questo caso la necessità che in sede di progettazione dei singoli edifici-strutture vengano acquisiti ulteriori specifici dati di carattere litologico e geotecnico anche in funzione della tipologia costruttiva dei singoli fabbricati in progetto.

## 1.9 CONCLUSIONI

In considerazione di quanto suesposto, **si esprime parere favorevole circa la fattibilità geologica per l'attuazione del Piano di Lottizzazione (PL Piane Chienti) da realizzare, per conto della ditta Tod's spa, in località Piane Chienti, nel comune di Montegranaro (FM).** Le attuali condizioni del sottosuolo non verranno interessate da variazioni significative, pertanto l'attuale e naturale stabilità dell'area è comunque garantita anche a seguito delle singole opere.

Sulla base delle risultanze dell'indagine svolta, si ritiene vi sia la possibilità di adottare una tipologia edificatoria non condizionata da particolari prescrizioni geologiche, salvo quelle legate alla scelta del piano di posa e della tipologia fondale degli edifici (*vedi considerazioni prf 1.8*); ferma restando la necessità che in sede di progettazione dei singoli fabbricati vengano acquisiti ulteriori specifici dati di carattere litologico e geotecnico (*per determinazione di tipologie di fondazione, carichi ammissibili, analisi ed interazioni terreno-strutture, valutazioni dei cedimenti ecc..*), come previsto dal D.M. 11.03.'88, DM 17.01.'18 e successivi.

Eventuali sbancamenti dovranno essere adeguatamente sostenuti da opere opportunamente dimensionate tenendo conto in particolar modo della presenza della locale falda acquifera, mentre i riporti dovranno essere costituiti da idoneo materiale arido, ben costipato e drenato.

Le opere infrastrutturali del piano urbanistico, stradali e/o i parcheggi, dovranno essere costituite da stabilizzati composti da idoneo materiale arido (norme CNR-UNI-10006: CLASSI A1a, A1b, A3, A2-4, A2-5), ben costipato, previo decorticamento del terreno vegetale autoctono e compattazione del terreno sottostante o mediante l'utilizzo di geotessili, questo al fine di impedire il verificarsi di cedimenti differenziali apprezzabili della sovrastruttura. Nel caso non si voglia utilizzare il materiale granulare arido, ma bensì dei normali terreni coesivi, si potrà ovviare eseguendo una **stabilizzazione delle terre**, in quanto eventuali materiali scadenti (elevata percentuale pelitica) potrebbero essere "migliorati" e stabilizzati tramite l'additivazione di calce e/o calce e cemento. In particolare l'uso della tecnica di stabilizzazione delle terre suddetta, determina un abbattimento del grado di "attività" della frazione argillosa (assunzione-espulsione d'acqua), una riduzione degli indici di plasticità e rigonfiamento, un incremento della resistenza all'erosione all'azione del gelo-disgelo, nonché la consolidazione dei terreni e di conseguenza l'incremento della capacità portante dell'orizzonte trattato sia a breve che a lungo termine. Il trattamento inoltre, che dovrà essere realizzato attraverso fasi ben precise da ditte specializzate del settore, determina un marcato abbattimento dei costi e di conseguenza un notevole risparmio economico in quanto consente, come detto, l'utilizzo di materiali autoctoni, facilmente reperibili in quanto spesso derivanti da sbancamenti, sistemazioni, ecc., i quali frequentemente vengono portati in discarica.

Condizioni essenziali per il buon esito dell'intervento sono:

- 1- verifica dell'idoneità dei materiali di riporto da impiegare attraverso analisi preliminari di laboratorio (determinazione: curva granulometrica, contenuto di sostanze organiche, contenuto di solfati, ecc.);
- 2- studio delle miscele di progetto sempre attraverso analisi di laboratorio (determinazione grado di rigonfiamento unitario R e dell'indice CBR per almeno tre diverse miscele terra-calce con diversi contenuti d'acqua. Resistenza a compressione Rc, ecc.);
- 3- posa in opera di miscele lavorate in sito;
- 4- preparazione del suolo e determinazione dell'umidità;
- 5- dosaggio, spandimento della calce e relativo controllo;
- 6- polverizzazione e miscelazione attraverso diverse passate di idoneo

macchinario;

7- compattazione finale;

8- controlli e verifica grado di compattazione in sito (prova proctor);

9- verifica della resistenza alle sollecitazioni meccaniche e ai rigonfiamenti in acqua attraverso prove di laboratorio;

10 -determinazione del modulo di deformazione in sito (prova su piastra);

Per tutta l'area oggetto di lottizzazione, si dovranno evitare le infiltrazioni delle acque reflue, di gronda, di drenaggio ecc.. Tali acque dovranno essere adeguatamente convogliate ed allontanate dalla zona con idonee tubazioni realizzate in modo che sia impedita ogni possibile perdita nel sottosuolo. Queste operazioni sono volte alla diminuzione del rischio idrogeologico anche per le zone contermini l'area di lottizzazione, favorendo inoltre l'integrità ambientale e preservando le eventuali risorse idriche da ogni forma di inquinamento.

Si esprime altresì **parere favorevole circa la compatibilità idraulica dell'area progetto**, la quale, a seguito della *verifica di tipo semplificato (secondo livello di approfondimento)* risulta non interessata dalla pericolosità idraulica del territorio, legata all'assetto-evoluzione dei corsi d'acqua e ai potenziali fenomeni di esondazione che si propagano dagli stessi, inoltre si esclude, a seguito dell'attuazione della lottizzazione, qualsiasi tipo di alterazione del regime idraulico sulle aree contermini, indotta dalle scelte urbanistiche, che garantiranno pertanto il mantenimento delle attuali linee di deflusso delle acque dilavanti verso le altre proprietà. Per quanto riguarda, invece, **l'invarianza idraulica** si dichiara che la presente trasformazione urbanistica comporterà una diminuzione delle superfici impermeabili, rispetto alle previsioni di PRG e dei PL precedentemente approvati, pari a 7.686 mq. (2.327 + 5359), pertanto alla luce di tali considerazioni, in base a quanto stabilito dalla L.R. n.22 del 23 novembre 2011, secondo i criteri stabiliti dalla G.R. ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge, l'intervento di trasformazione in esame ricade tra la classe di interventi comportanti una impermeabilizzazione pari ad una superficie uguale o inferiore a 100 mq, **che non prevede la realizzazione di misure compensative atte al mantenimento del principio di invarianza**, visto che non verrà generato, dalla trasformazione urbanistica alcun aggravio della portata di piena dei deflussi idrici superficiali al corpo idrico ricevente, rispetto alle previsioni di PRG e dei PL precedentemente approvati.

In tutti i casi per i parcheggi ancora da realizzare che andranno ad insistere su aree attualmente permeabili, così come per l'urbanizzazione dei lotti si

rimanda alle successive fasi di progettazione esecutiva delle singole opere, nel corso delle quali si dovrà provvedere alla verifica ed alla eventuale progettazione del sistema di laminazione delle acque pluviali.

Infine si allega alla presente relazione, fuori testo, la dichiarazione dello scrivente, in qualità di tecnico incaricato, circa la verifica-asseverazione di compatibilità idraulica della trasformazione urbanistica in questione, nel rispetto di quanto dettato dalla LR 22/2011 art 10 e dei contenuti dei “*criteri, modalità e indicazioni tecnico-operative per la redazione della verifica di compatibilità idraulica degli strumenti di pianificazione territoriale e per l’invarianza idraulica delle trasformazioni territoriali*” (BUR Marche n.19 del 17/02/2014).

Porto Sant'Elpidio, 23 Ottobre 2024

il geologo  
*Dr. Massimo Basili*  
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE



# COROGRAFIA



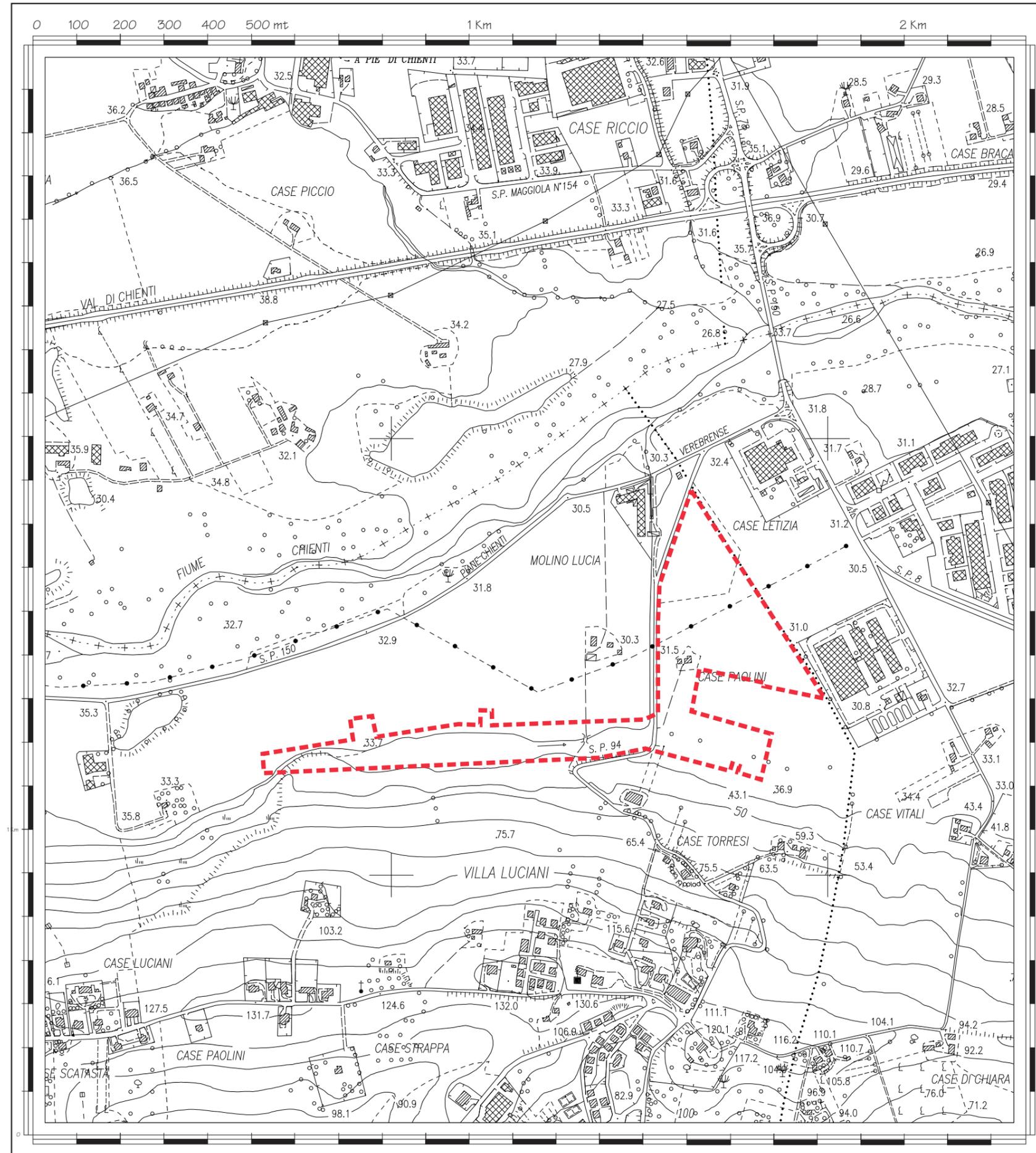
Scala 1:25.000



stralcio Carta Topografica Regionale, Regione Marche, Foglio 1:100 000 - 125 Fermo, Quadrante 125 IV



AREA IN ESAME



# COROGRAFIA

Scala 1:10.000

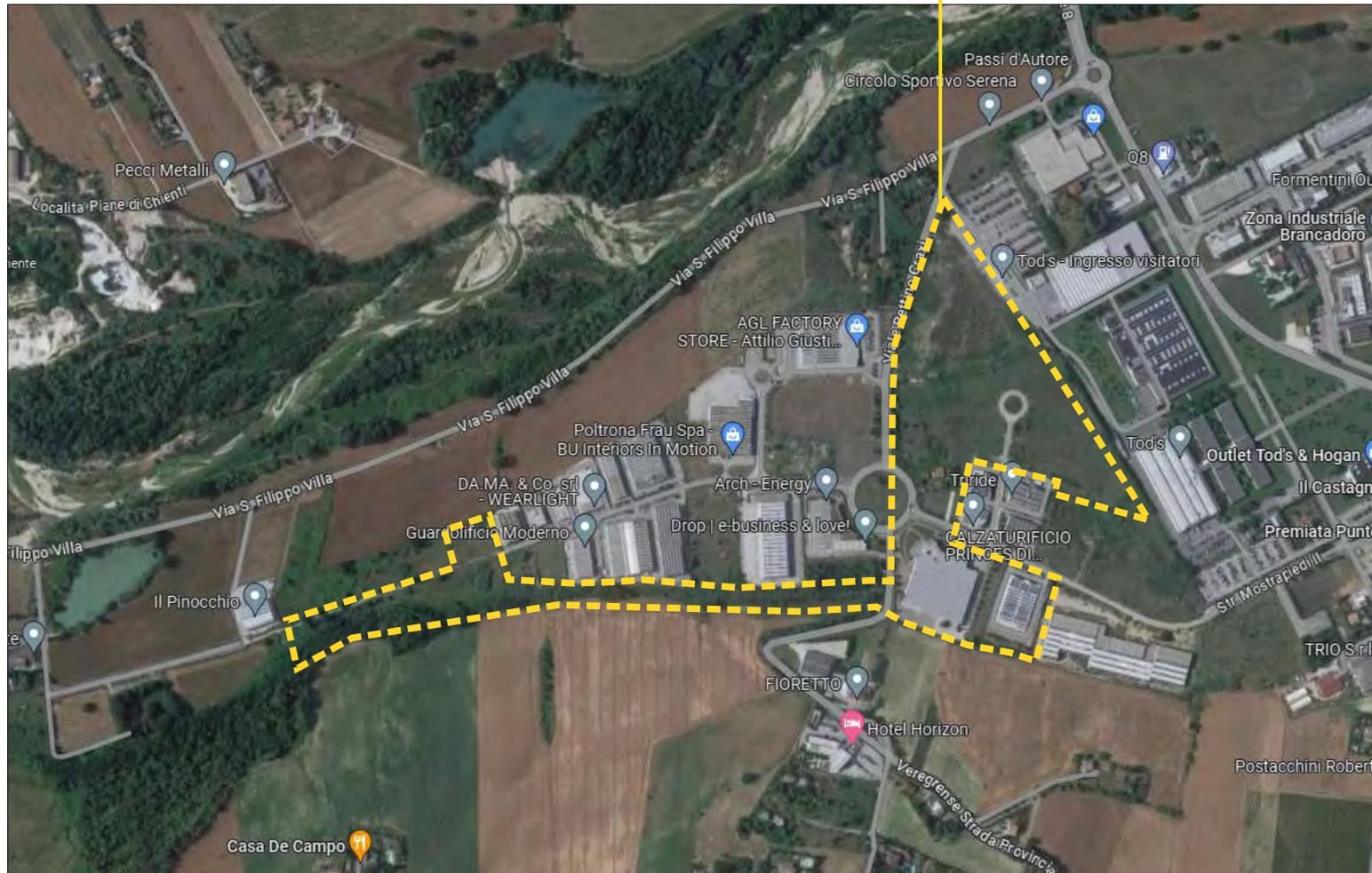


AREA DI INDAGINE

stralcio Carta Tecnica Regionale n.303120,  
comune di Sant'Elpidio a Mare (FM)

# COROGRAFIA

area in esame

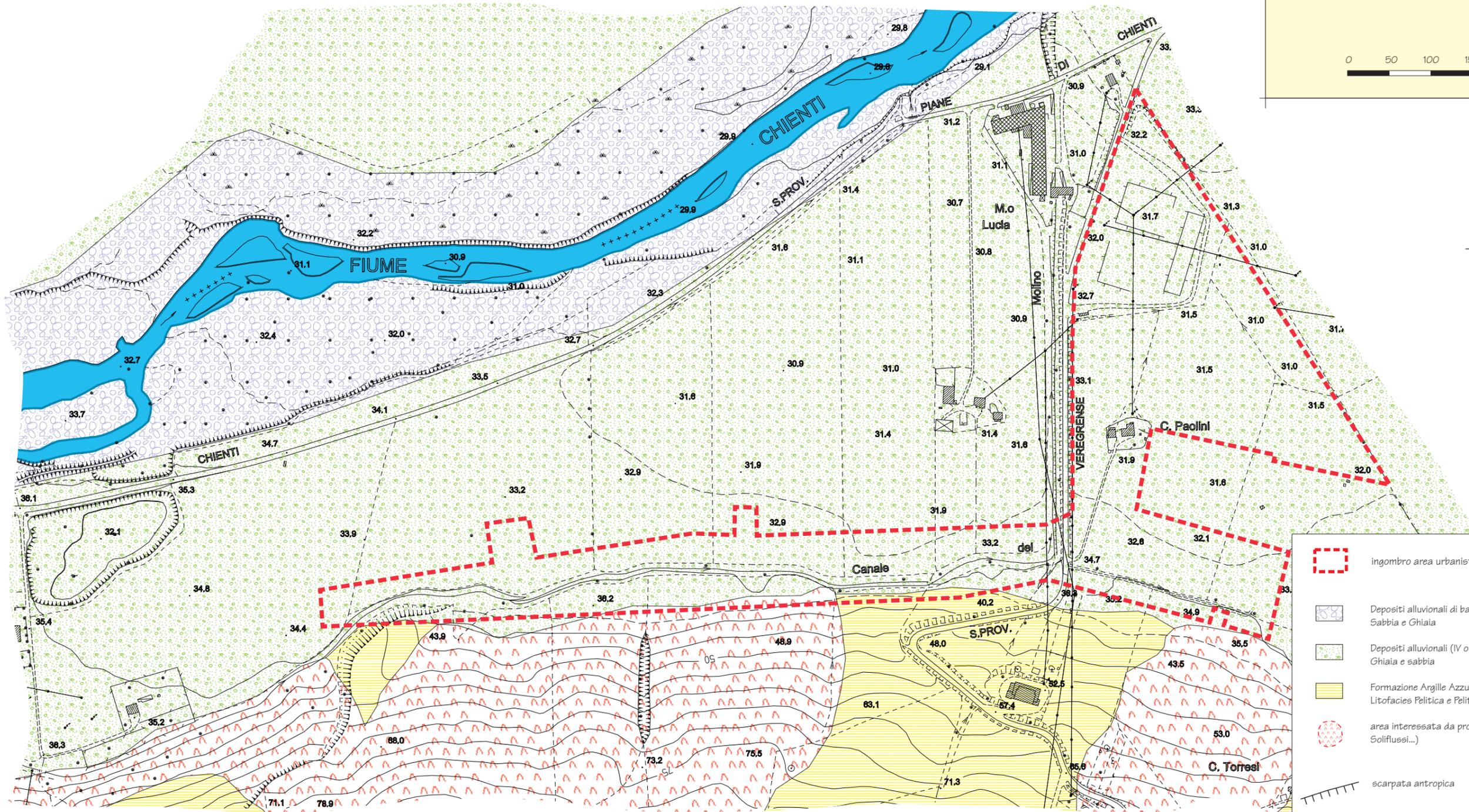


stralcio foto satellitare comune di Sant'Elpidio a Mare (FM), area Brancadoro

CARTA GEOLOGICA e GEOMORFOLOGICA  
 scala 1:5 000



TAV. 1



LEGENDA

-  ingombro area urbanistica oggetto di studio
  -  Depositi alluvionali di barra e di alveo  
Sabbia e Ghiaia
  -  Depositi alluvionali (IV ordine)  
Ghiaia e sabbia
  -  Formazione Argille Azzurre  
Litofacies Pelitica e Pelitico-Arenacea
  -  area interessata da processi gravitativi (Frane,  
Soliflussi...)
  -  scarpata antropica
  -  argini fluviali artificiali
  -  scarpata di erosione fluviale  
recente e attuale
  -  reticolo idrografico
  -  erosione laterale di sponda
- } forme e processi antropici
- } forme e processi dovuti alle acque superficiali

LEGENDA

- ingombro aree edificabili
- ingombro aree a parcheggi
- ingombro nuova isola ecologica
- ingombro area destinata a depuratore
- ingombro verde pubblico in progetto
- Sn ubicazione sondaggi geognostici
- Dpshn ubicazione prove penetr. dinamica super pesanti, effettuate e reperite
- Trm ubicazione indagini geofisiche HVSR (Tromino)
- traccie sezioni geologico-litotecniche



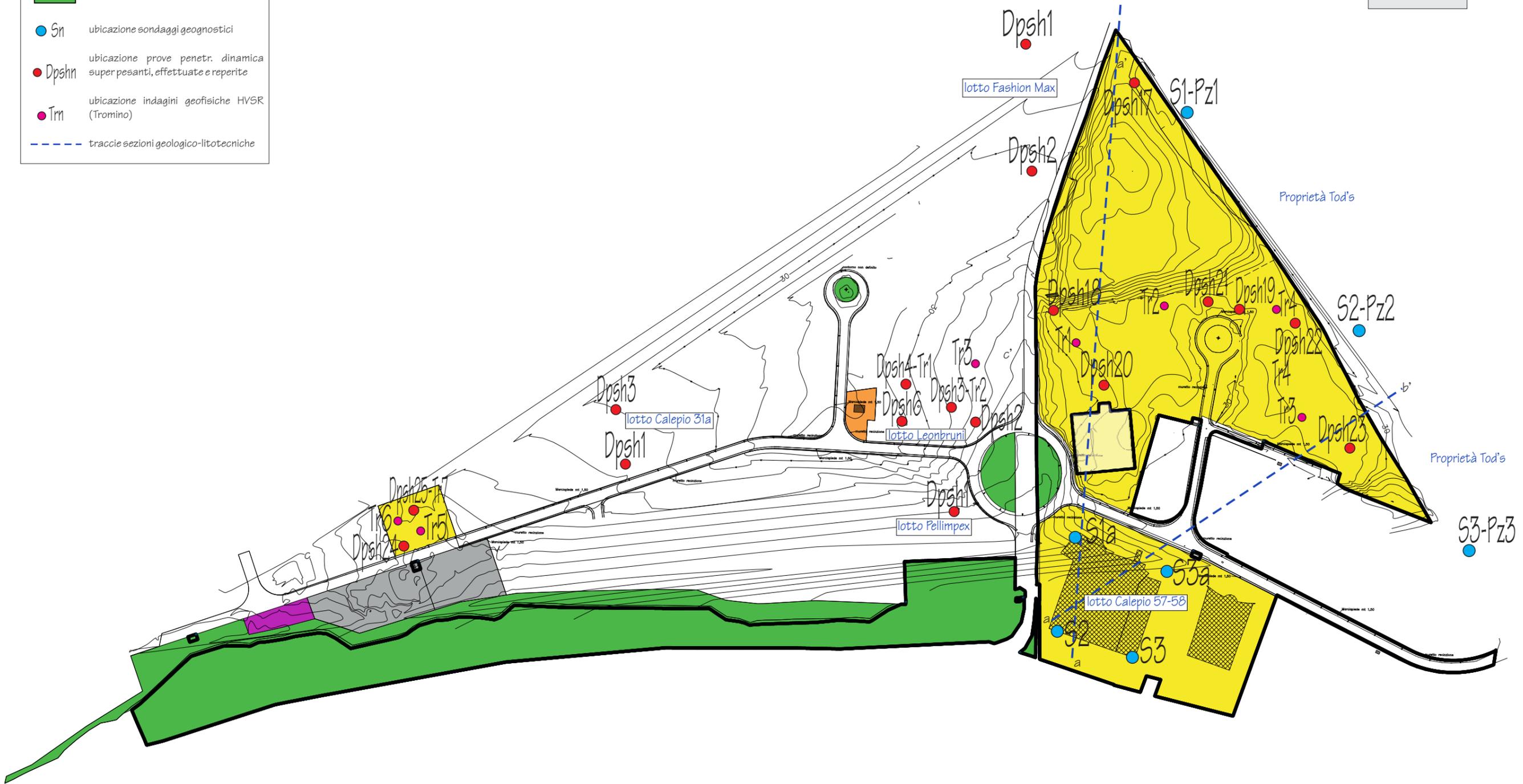
PLANIMETRIA

rapp. 1:4000

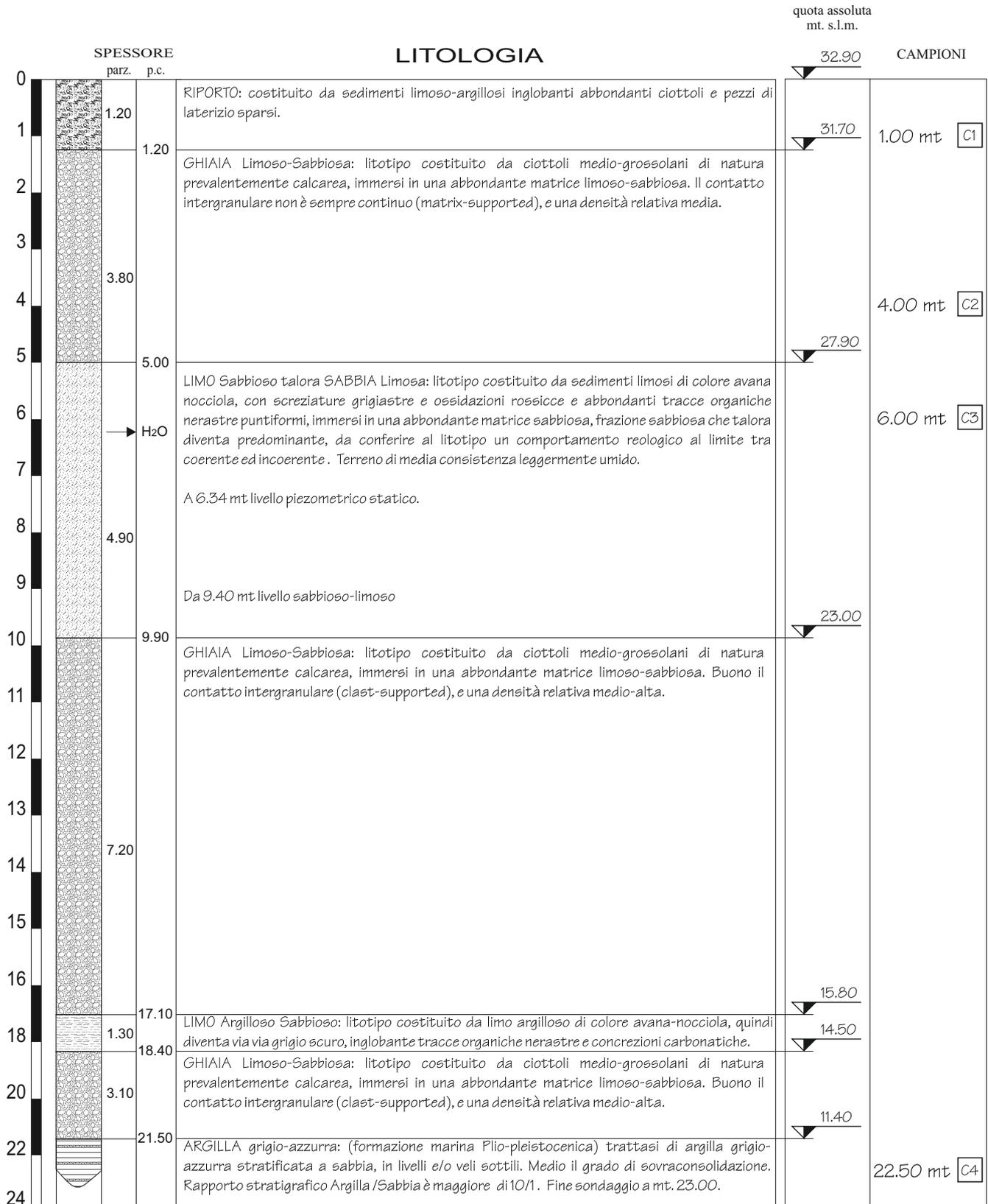
0 40 80 120 160 metri 200

Scala grafica

TAV. 2



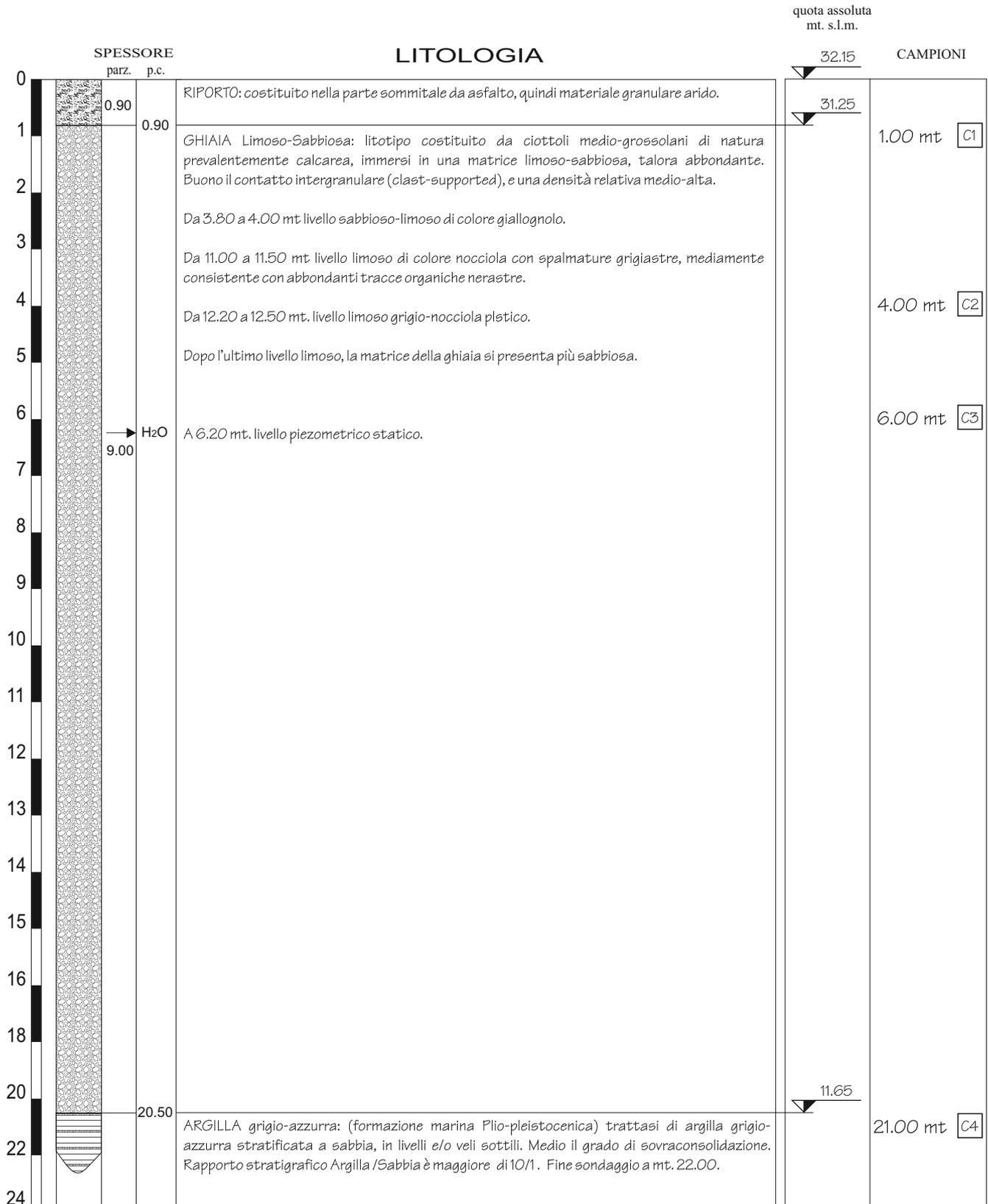
Dr. Massimo Basili -geologo-	GEOLOGIA APPLICATA GEOTECNICA IDROGEOLOGIA	Porto Sant'Elpidio via Fratze, 73 63821 (FM) tel.0734.992797 Fax. 0734.998677
Committente: ditta "TOD'S" spa	Località: Brancadoro Sant'Elpidio a Mare (AP)	S1-Pz1
COORDINATE GAUSS-BOAGA FUSO EST	N 4791807.4249 E 2410755.8843	Data 21 Febbraio 2007



Tecnologia di perforazione: rotazione senza circolazione d'acqua

Foro strumentato con Tubo Piezometrico

Dr. Massimo Basili -geologo-	GEOLOGIA APPLICATA GEOTECNICA IDROGEOLOGIA	Porto Sant'Elpidio via Fratte, 73 63821 (FM) tel. 0734.992797 Fax. 0734.998677
Committente: ditta "TOD'S" spa	Località: Brancadoro Sant'Elpidio a Mare (AP)	S2-Pz2
COORDINATE GAUSS-BOAGA FUSO EST	N 4791636.0631 E 2410883.7010	Data 15 Febbraio 2007



Tecnologia di perforazione: rotazione senza circolazione d'acqua

Foro strumentato con Tubo Piezometrico

Dr. Massimo Basili  
-geologo-

GEOLOGIA APPLICATA  
GEOTECNICA  
IDROGEOLOGIA

Porto Sant'Elpidio  
via Fratte, 73  
63018 (AP)  
tel.0734.992797  
Fax. 0734.998677

Committente: ditta "TOD'S" spa

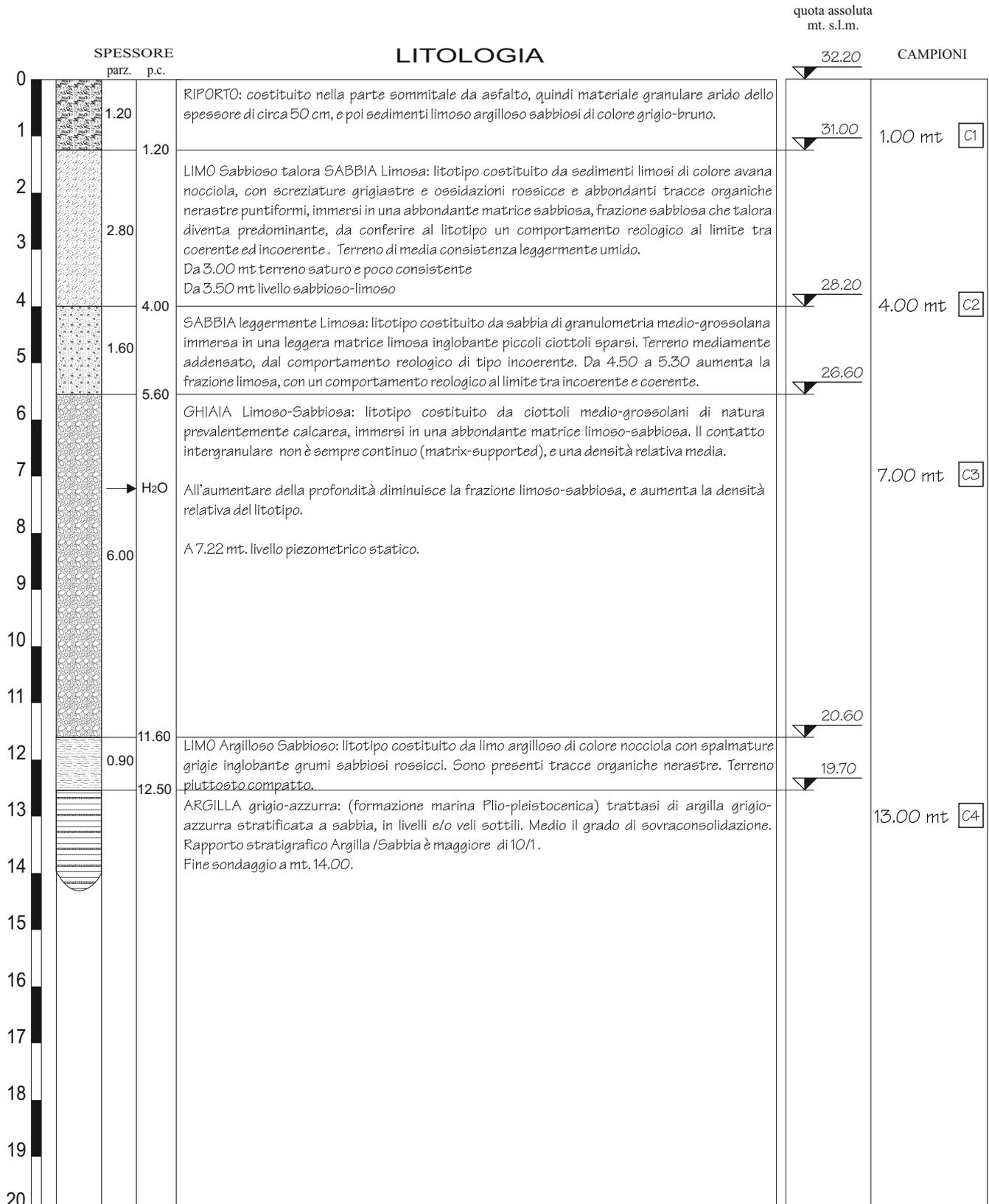
Località: Brancadoro Sant'Elpidio a Mare (AP)

S3-Pz3

COORDINATE GAUSS-BOAGA  
FUSO EST

N 4791364.6934  
E 2411039.2592

Data 14 Febbraio 2007

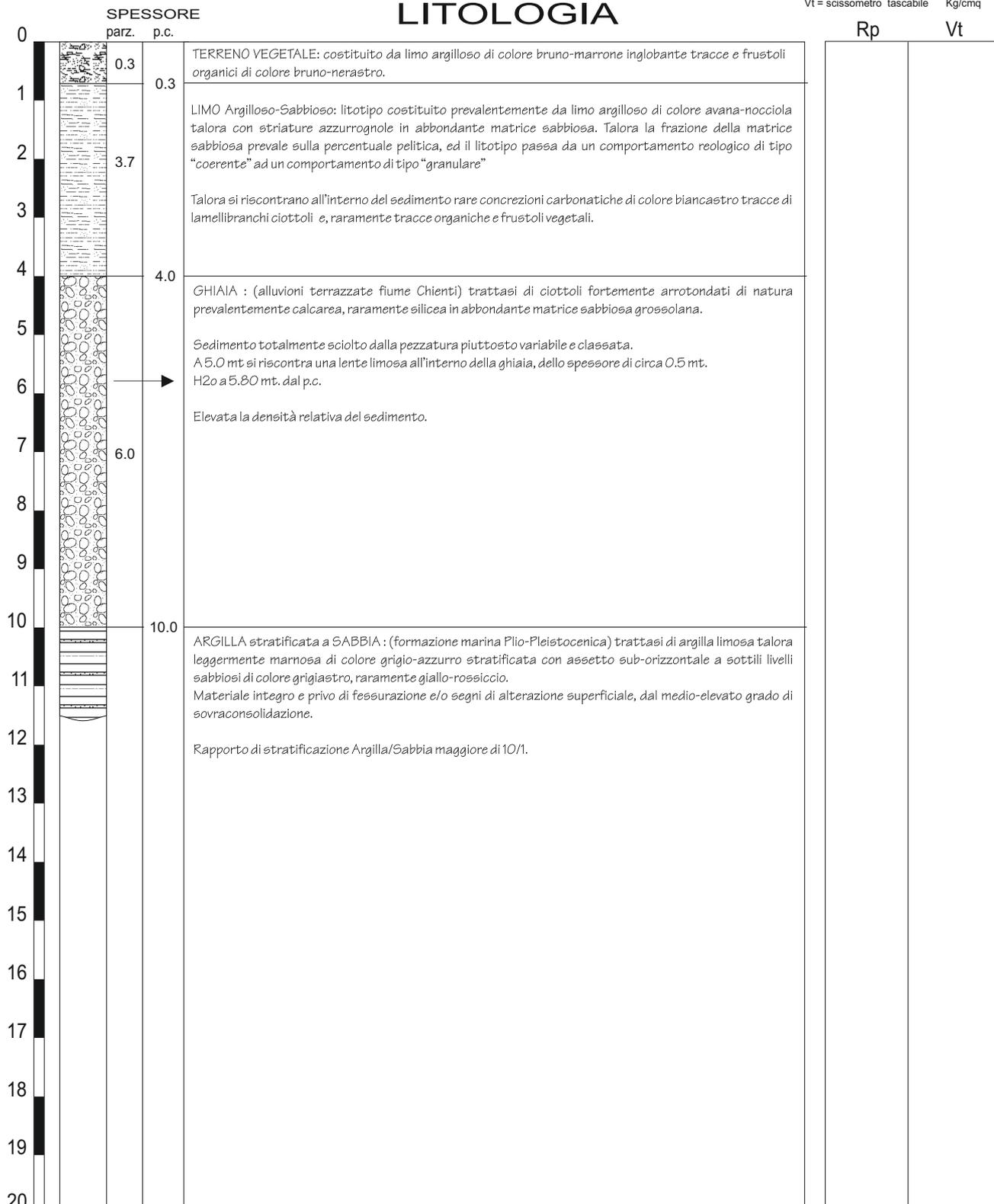


Tecnologia di perforazione: rotazione senza circolazione d'acqua

Foro strumentato con Tubo Piezometrico

<b>Dr. Massimo Basili</b> -geologo-	GEOLOGIA APPLICATA GEOTECNICA IDROGEOLOGIA	Porto Sant'Elpidio via Fratte, 73 63821 (FM) tel.0734.992797 Fax. 0734.998677
Committente: ditta CALEPIO SCAVI spa		SONDAGGIO 1/a
Località: PIP Chienti lotti 57-58 MONTEGRANARO (AP)		Data 02 Marzo 2004

Rp= penetrometro tascabile Kg/cmq  
 Vt = scissometro tascabile Kg/cmq



Dr. Massimo Basili  
-geologo-

GEOLOGIA APPLICATA  
GEOTECNICA  
IDROGEOLOGIA

Porto Sant'Elpidio  
via Gabbie, 16  
63018 (AP)  
tel.0734.992797  
fax 0734.998677

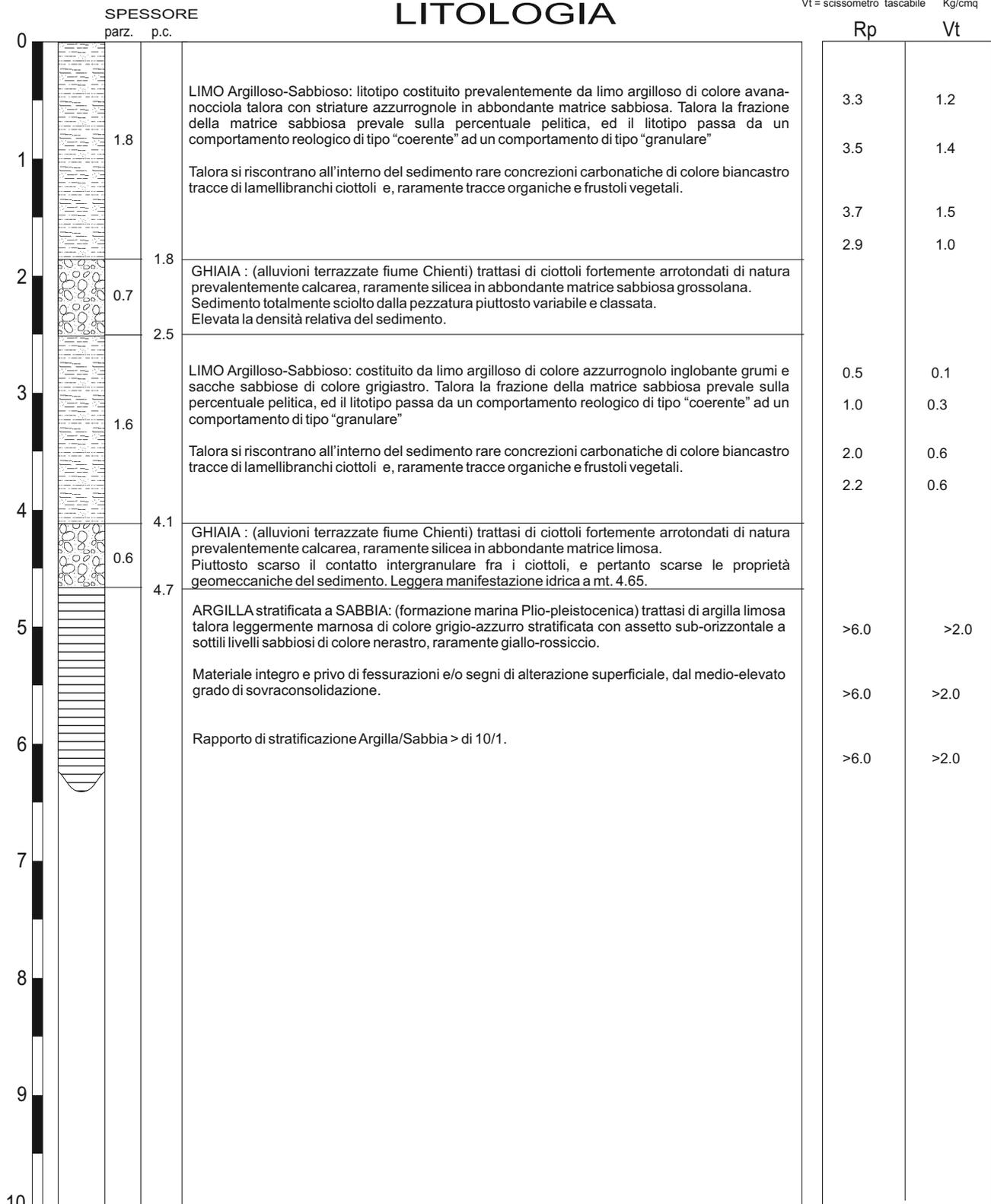
Committente: ditta CALEPIO SCAVI spa

SONDAGGIO 3

Località: PIP Chienti lotti 57-58 MONTEGRANARO (AP)

data: 7 Maggio 2003

Rp= penetrometro tascabile Kg/cmq  
Vt = scissometro tascabile Kg/cmq



Dr. Massimo Basili  
-geologo-

GEOLOGIA APPLICATA  
GEOTECNICA  
IDROGEOLOGIA

Porto Sant'Elpidio  
via Gabbie, 16  
63018 (AP)  
tel.0734.992797  
fax 0734.998677

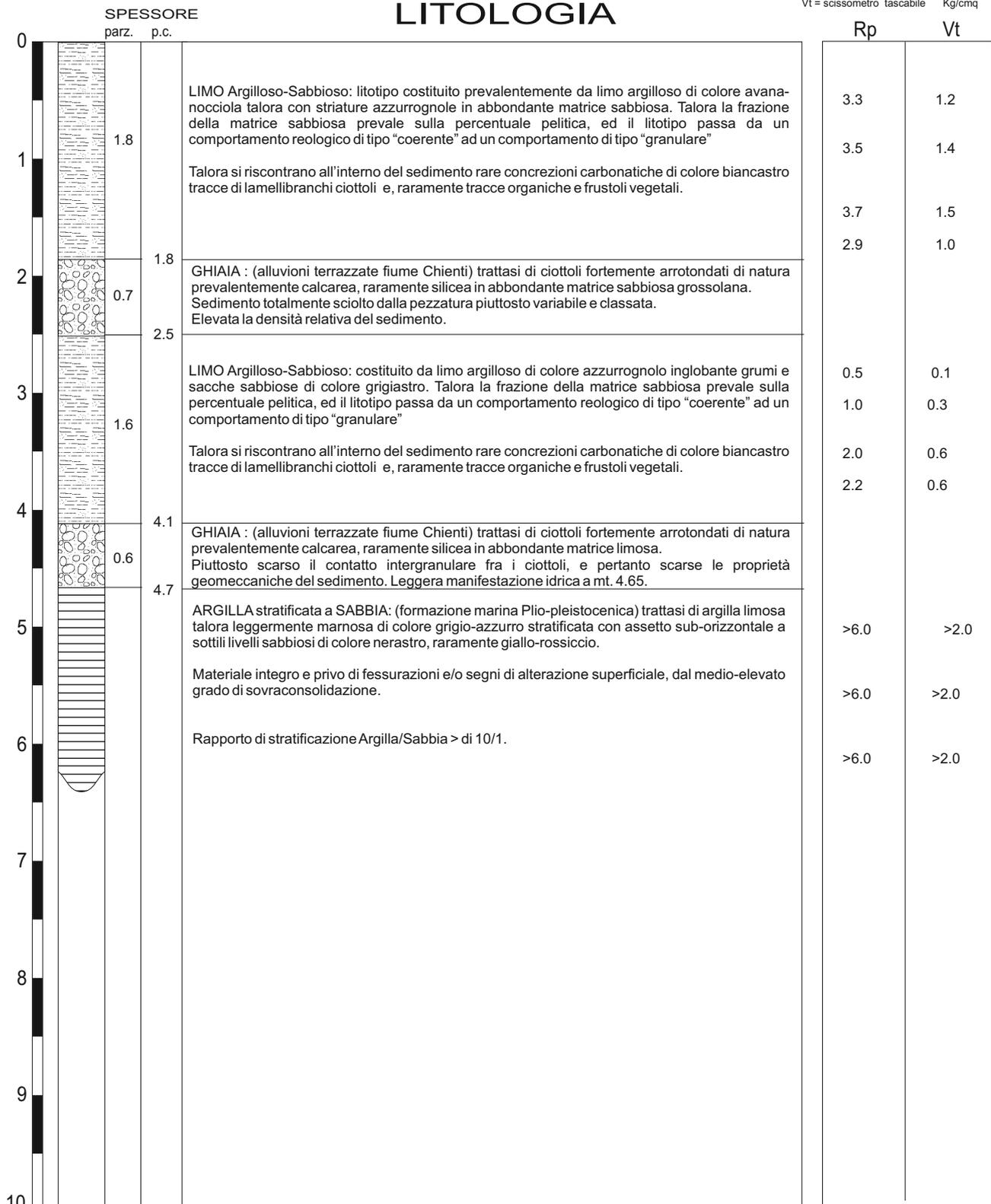
Committente: ditta CALEPIO SCAVI spa

SONDAGGIO 3

Località: PIP Chienti lotti 57-58 MONTEGRANARO (AP)

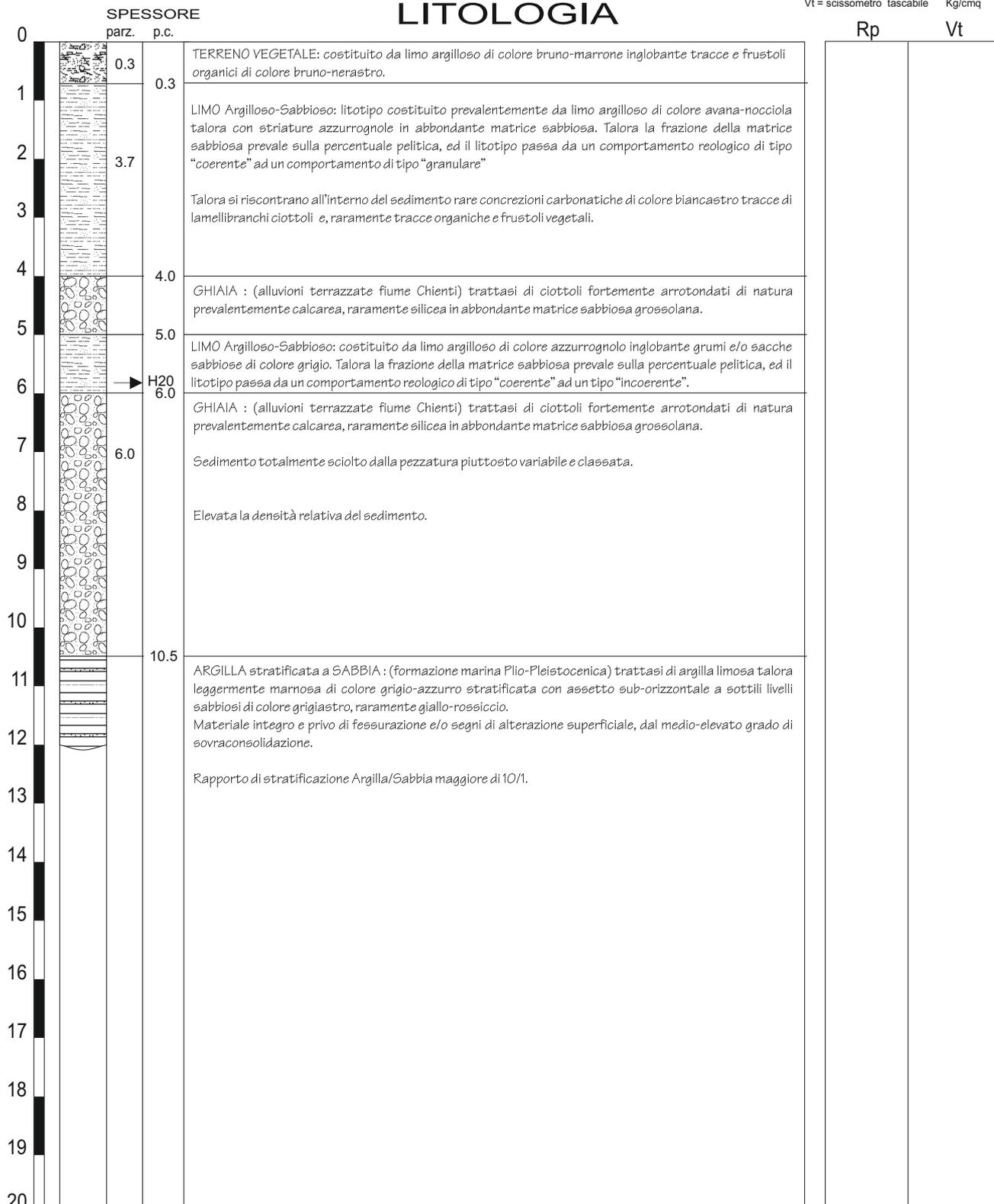
data: 7 Maggio 2003

Rp= penetrometro tascabile Kg/cmq  
Vt = scissometro tascabile Kg/cmq



<b>Dr. Massimo Basili</b> -geologo-	GEOLOGIA APPLICATA GEOTECNICA IDROGEOLOGIA	Porto Sant'Elpidio via Fratte, 73 63821 (FM) tel.0734.992797 Fax. 0734.998677
Committente: ditta CALEPIO SCAVI spa		SONDAGGIO 3/a
Località: PIP Chienti lotti 57-58 MONTEGRANARO (AP)		Data 02 Marzo 2004

Rp= penetrometro tascabile Kg/cmq  
 Vt = scissometro tascabile Kg/cmq



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER-PESANTE DPSH

## CARATTERISTICHE TECNICHE STRUMENTALI

Tipo:	Pagani TG 63-100 EML.C
Peso maglio:	63.5 Kg
Altezza di caduta:	75.0 cm
Peso sistema di battuta:	0.63 Kg
Diametro punta conica:	5.1 cm
Area di base punta	20.43 cmq
Lunghezza aste: 100 cm	
Peso aste:	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta:	40 cm
Avanzamento punta:	20 cm
Angolo di apertura punta:	60°

## CLASSIFICAZIONE ISSMFE (1988) DELLE SONDE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa battente in Kg
Leggero	DPL (Light)	M<10
Medio	DPM (Medium)	10<M<40
Pesante	DPH (Heavy)	40<M<60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M>60

## LEGENDA PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Nr	= numero colpi;
Nspt	= numero colpi SPT ( $Nr \cdot \text{coefficiente di correlazione pari a } 1.489$ );
$\gamma$	= peso di volume del terreno;
$\sigma$	= pressione verticale efficace;
C	= coefficiente di efficienza strumentale e riduzione litostatica;
N'	= numero colpi corretto ( $Nr \cdot C$ );
Q.din	= resistenza dinamica alla punta $Rpd$ (funzione del numero di colpi N) FORMULA OLANDESE $Rdp = M^2 H / (A e (M+P)) = M^2 H N / (A \delta (M+P))$ ;
Cu	= coesione non drenata;
Ed	= modulo edometrico;
Dr	= densità relativa (Meyerhof, 1957);
$\phi$	= angolo di attrito;
Es	= modulo di elasticità;
Ris. liq.	= $a > 0.2g$ , $I > VIII$ Mercalli (Shi-Ming, 1982)

**PROVA DPSH 17**

Committente: TOD'S SPA

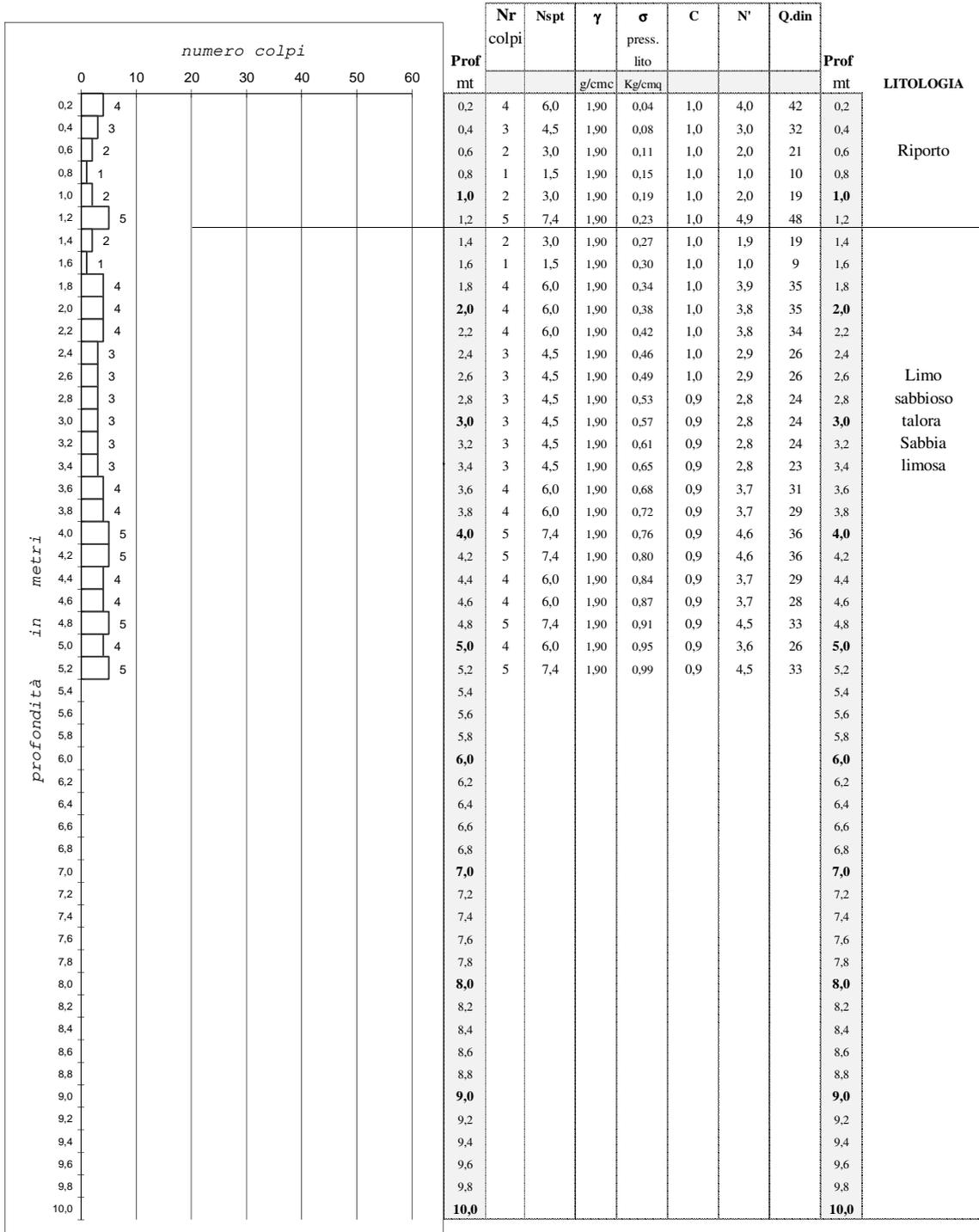
Località: viale B.Craxi, MONTEGRANARO (FM)

Comune:

data: 04 Giugno 2015

Falda

note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 17**

Committente: TOD'S SPA

Località: viale B.Craxi, MONTEGRANARO (FM)

data: 04 Giugno 2015

Falda

LITOLOGIA	Prof	Nr colpi	Q.din	$\gamma$	$\sigma$ press. lito	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE				Prof
						coesione non drenata	modulo edometrico		Dr %	$\phi$ angolo attrito	Es modulo elasticità	rischio liquefazione	
							Kg/cmq	kg/cmq					
<b>Riporto</b>	mt			g/cm <sup>3</sup>	Kg/cmq								mt
	0,2	4	42	1,90	0,04		101						0,2
	0,4	3	32	1,90	0,08		76						0,4
	0,6	2	21	1,90	0,11		50						0,6
	0,8	1	10	1,90	0,15		23						0,8
	<b>1,0</b>	2	19	1,90	0,19		46						<b>1,0</b>
	1,2	5	48	1,90	0,23		114						1,2
<b>Limo sabbioso talora Sabbia limosa</b>	1,4	2	19	1,90	0,27	0,70	45						1,4
	1,6	1	9	1,90	0,30	0,42	23						1,6
	1,8	4	35	1,90	0,34	1,04	83						1,8
	<b>2,0</b>	4	35	1,90	0,38	1,04	83						<b>2,0</b>
	2,2	4	34	1,90	0,42	1,03	83						2,2
	2,4	3	26	1,90	0,46	0,83	62						2,4
	2,6	3	26	1,90	0,49	0,83	61						2,6
	2,8	3	24	1,90	0,53	0,79	57	67					2,8
	<b>3,0</b>	3	24	1,90	0,57	0,79	57						<b>3,0</b>
	3,2	3	24	1,90	0,61	0,79	56						3,2
	3,4	3	23	1,90	0,65	0,79	56						3,4
	3,6	4	31	1,90	0,68	0,93	75						3,6
	3,8	4	29	1,90	0,72	0,88	69						3,8
	<b>4,0</b>	5	36	1,90	0,76	1,08	86						<b>4,0</b>
	4,2	5	36	1,90	0,80	1,07	86						4,2
	4,4	4	29	1,90	0,84	0,88	69						4,4
	4,6	4	28	1,90	0,87	0,88	68						4,6
	4,8	5	33	1,90	0,91	1,00	80						4,8
	<b>5,0</b>	4	26	1,90	0,95	0,84	63						<b>5,0</b>
	5,2	5	33	1,90	0,99	0,99	79						5,2
5,4													5,4
5,6													5,6
5,8													5,8
<b>6,0</b>													<b>6,0</b>
6,2													6,2
6,4													6,4
6,6													6,6
6,8													6,8
<b>7,0</b>													<b>7,0</b>
7,2													7,2
7,4													7,4
7,6													7,6
7,8													7,8
<b>8,0</b>													<b>8,0</b>
8,2													8,2
8,4													8,4
8,6													8,6
8,8													8,8
<b>9,0</b>													<b>9,0</b>
9,2													9,2
9,4													9,4
9,6													9,6
9,8													9,8
<b>10,0</b>													<b>10,0</b>

Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 18**

Committente: TOD'S SPA

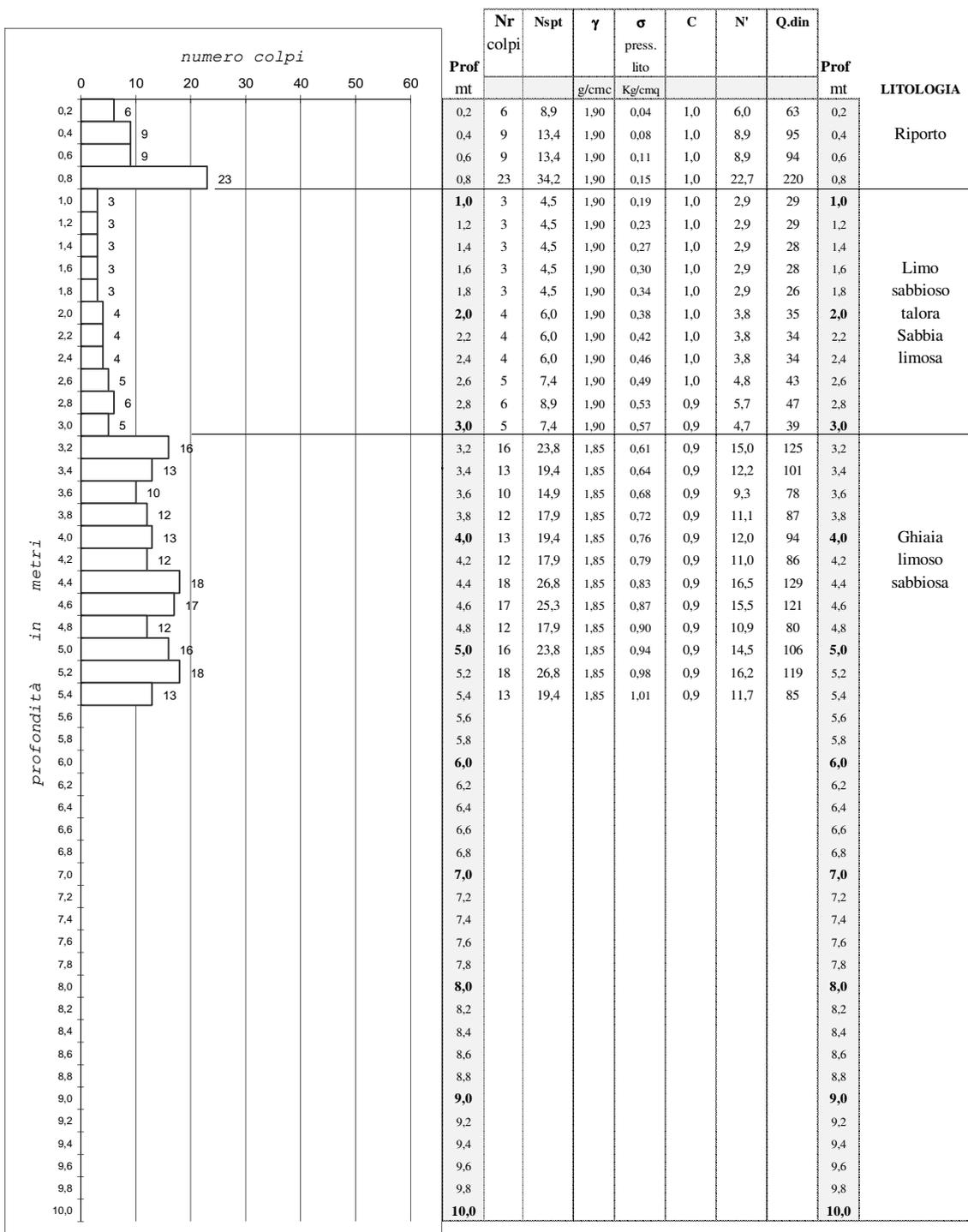
Località: viale B.Craxi, MONTEGRANARO (FM)

Comune:

data: 04 Giugno 2015

Falda

note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 18**

Committente: TOD'S SPA

Località: viale B.Craxi, MONTEGRANARO (FM)

data: 04 Giugno 2015

Falda

LITOLOGIA	Prof mt	Nr colpi	Q.din	$\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	$\sigma$ press. lito Kg/cm <sup>2</sup>	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE				Prof mt	
						Cu coesione non drenata Kg/cm <sup>2</sup>	Ed modulo edometrico Kg/cm <sup>2</sup>		Dr % gradi	$\phi$ angolo attrito gradi	Es modulo elasticità Kg/cm <sup>2</sup>	rischio liquefazione		
							medie							
<b>Riporto</b>	0,2	6	63	1,90	0,04		152							0,2
	0,4	9	95	1,90	0,08		227							0,4
	0,6	9	94	1,90	0,11		226							0,6
	0,8	23	220	1,90	0,15		529							0,8
<b>Limo sabbioso talora Sabbia limosa</b>	<b>1,0</b>	3	29	1,90	0,19	0,88	69							<b>1,0</b>
	1,2	3	29	1,90	0,23	0,88	68							1,2
	1,4	3	28	1,90	0,27	0,88	68							1,4
	1,6	3	28	1,90	0,30	0,87	68							1,6
	1,8	3	26	1,90	0,34	0,84	62	81						1,8
	<b>2,0</b>	4	35	1,90	0,38	1,04	83							<b>2,0</b>
	2,2	4	34	1,90	0,42	1,03	83							2,2
	2,4	4	34	1,90	0,46	1,03	82							2,4
	2,6	5	43	1,90	0,49	1,28	102							2,6
	2,8	6	47	1,90	0,53	1,42	114							2,8
	<b>3,0</b>	5	39	1,90	0,57	1,18	94							<b>3,0</b>
<b>Ghiaia limosa sabbiosa</b>	3,2	16	125	1,85	0,61				>80	33,4	301			3,2
	3,4	13	101	1,85	0,64				77	32,2	243			3,4
	3,6	10	78	1,85	0,68				66	30,8	187			3,6
	3,8	12	87	1,85	0,72				71	31,3	208			3,8
	<b>4,0</b>	13	94	1,85	0,76				73	31,7	225			<b>4,0</b>
	4,2	12	86	1,85	0,79				69	31,3	206	242		4,2
	4,4	18	129	1,85	0,83				>80	33,6	309			4,4
	4,6	17	121	1,85	0,87				>80	33,3	290			4,6
	4,8	12	80	1,85	0,90				66	30,9	191			4,8
	<b>5,0</b>	16	106	1,85	0,94				76	32,5	254			<b>5,0</b>
	5,2	18	119	1,85	0,98				79	33,2	285			5,2
	5,4	13	85	1,85	1,01				67	31,2	205			5,4
	5,6													5,6
	5,8													5,8
	<b>6,0</b>													<b>6,0</b>
	6,2													6,2
	6,4													6,4
	6,6													6,6
	6,8													6,8
	<b>7,0</b>													<b>7,0</b>
	7,2													7,2
	7,4													7,4
	7,6													7,6
	7,8													7,8
	<b>8,0</b>													<b>8,0</b>
	8,2													8,2
	8,4													8,4
	8,6													8,6
	8,8													8,8
	<b>9,0</b>													<b>9,0</b>
	9,2													9,2
	9,4													9,4
	9,6													9,6
	9,8													9,8
	<b>10,0</b>													<b>10,0</b>

Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 19**

Committente: TOD'S SPA

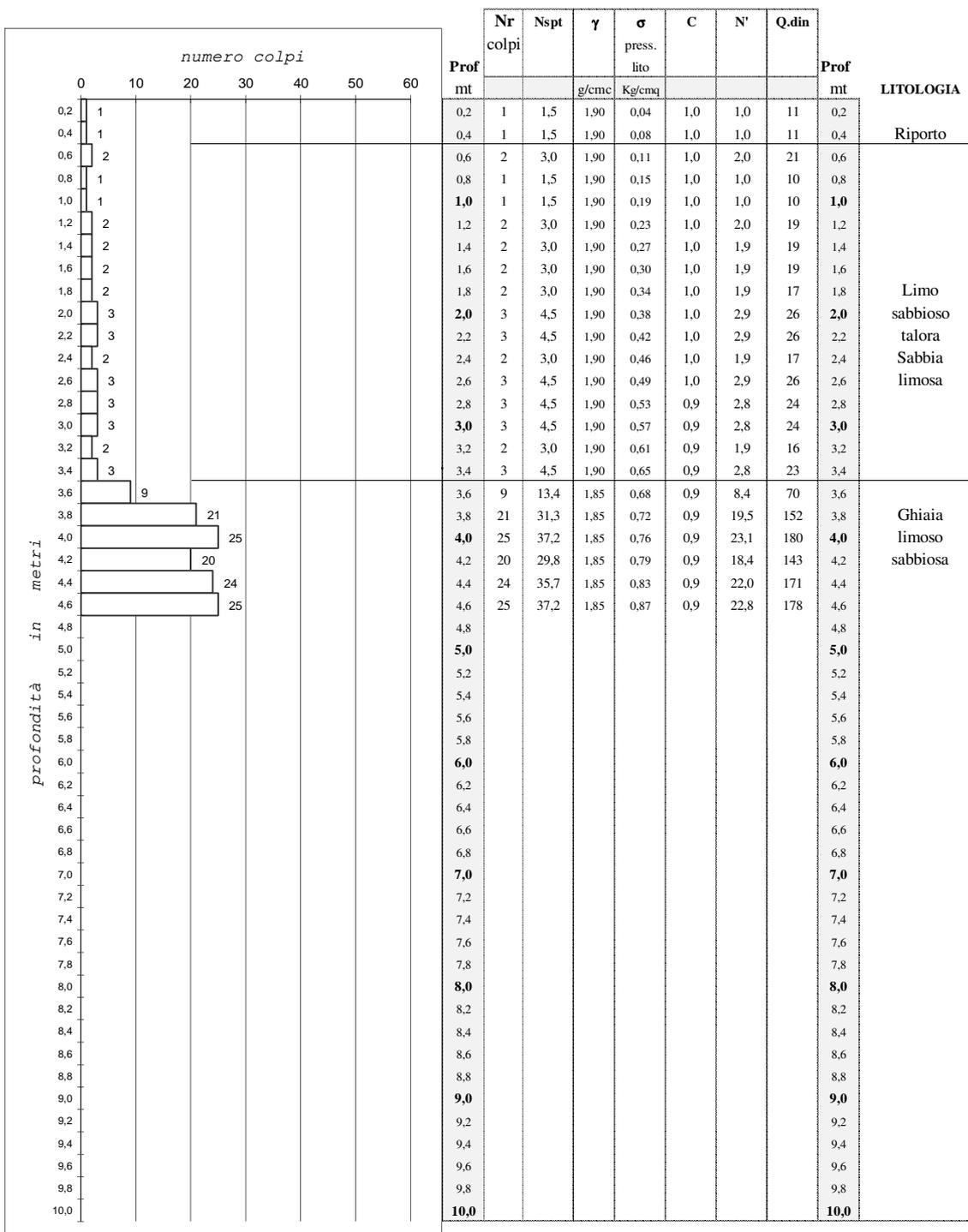
Località: viale B.Craxi, MONTEGRANARO (FM)

Comune:

data: 04 Giugno 2015

Falda

note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 19**

Committente: TOD'S SPA

Località: viale B.Craxi, MONTEGRANARO (FM)

data: 04 Giugno 2015

Falda

LITOLOGIA	Prof	Nr colpi	Q.din	$\gamma$	$\sigma$ press. lito	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE				Prof
						coesione non drenata	Ed		Dr	$\phi$	Es	rischio liquefazione	
							modulo edometrico	medie					
mt	g/cm <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	gradi	kg/cm <sup>3</sup>	mt						
Riporto	0,2	1	11	1,90	0,04		25						0,2
	0,4	1	11	1,90	0,08		25						0,4
Limo sabbioso talora Sabbia limosa	0,6	2	21	1,90	0,11	0,74	50						0,6
	0,8	1	10	1,90	0,15	0,43	23						0,8
	1,0	1	10	1,90	0,19	0,43	23						1,0
	1,2	2	19	1,90	0,23	0,70	46						1,2
	1,4	2	19	1,90	0,27	0,70	45						1,4
	1,6	2	19	1,90	0,30	0,69	45						1,6
	1,8	2	17	1,90	0,34	0,66	42	47					1,8
	2,0	3	26	1,90	0,38	0,83	62						2,0
	2,2	3	26	1,90	0,42	0,83	62						2,2
	2,4	2	17	1,90	0,46	0,65	41						2,4
	2,6	3	26	1,90	0,49	0,83	61						2,6
	2,8	3	24	1,90	0,53	0,79	57						2,8
3,0	3	24	1,90	0,57	0,79	57						3,0	
3,2	2	16	1,90	0,61	0,62	38						3,2	
3,4	3	23	1,90	0,65	0,79	56						3,4	
Ghiaia limosa sabbiosa	3,6	9	70	1,85	0,68				63	30,3	168		3,6
	3,8	21	152	1,85	0,72				>80	34,4	364		3,8
	4,0	25	180	1,85	0,76				>80	35,4	432	358	4,0
	4,2	20	143	1,85	0,79				>80	34,1	344		4,2
	4,4	24	171	1,85	0,83				>80	35,1	411		4,4
	4,6	25	178	1,85	0,87				>80	35,4	427		4,6
	4,8												4,8
	5,0												5,0
	5,2												5,2
	5,4												5,4
	5,6												5,6
	5,8												5,8
	6,0												6,0
	6,2												6,2
	6,4												6,4
	6,6												6,6
6,8												6,8	
7,0												7,0	
7,2												7,2	
7,4												7,4	
7,6												7,6	
7,8												7,8	
8,0												8,0	
8,2												8,2	
8,4												8,4	
8,6												8,6	
8,8												8,8	
9,0												9,0	
9,2												9,2	
9,4												9,4	
9,6												9,6	
9,8												9,8	
10,0												10,0	

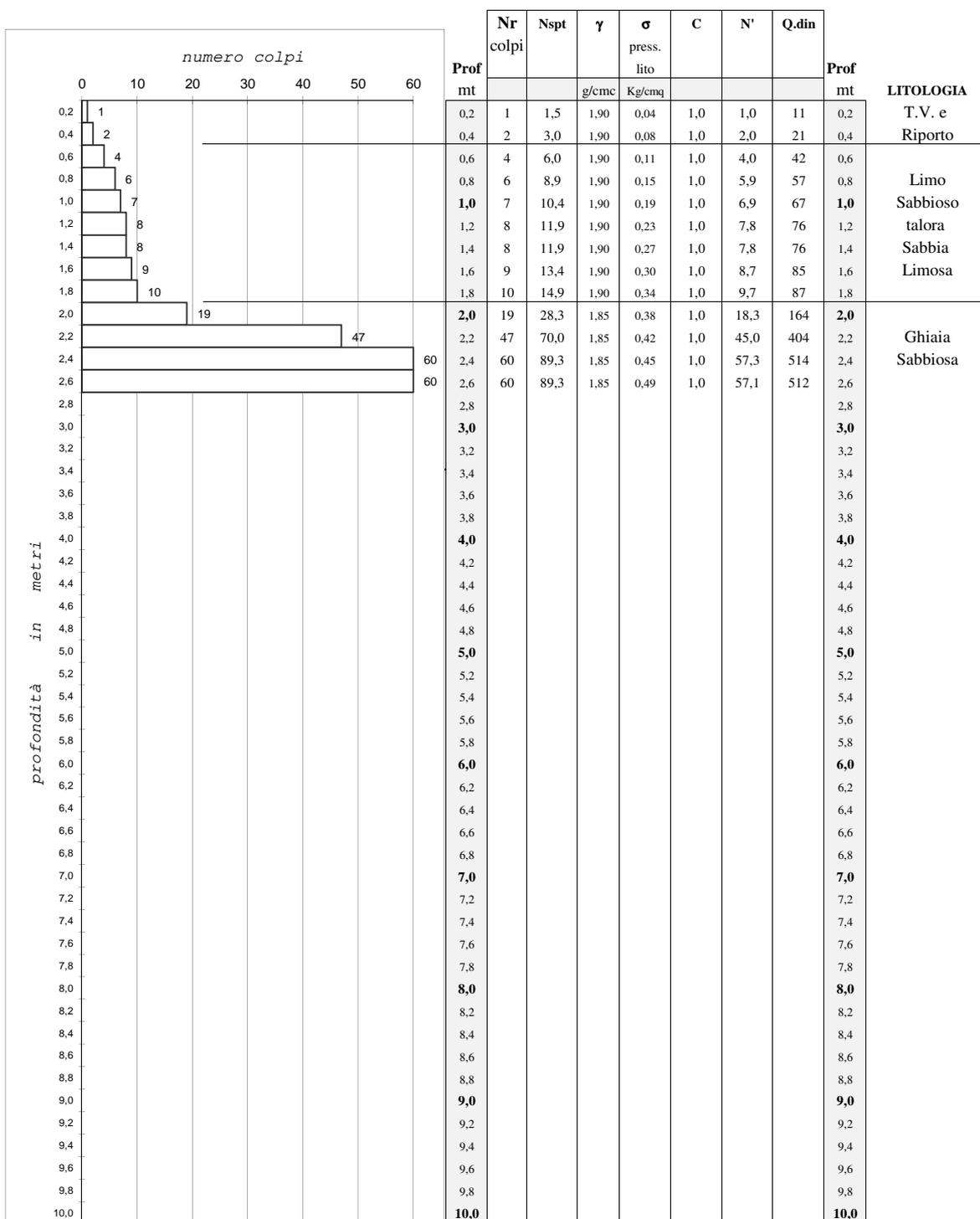
Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 20**

Committente: Tod's spa  
 Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)  
 Comune:  
 data: 09 Gennaio 2024  
 Falda -4.50 su pozzi limitrofi  
 note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 20**

Committente: Tod's spa

Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)

data: 09 Gennaio 2024

Falda -4.50 su pozzi limitrofi

LITOLOGIA	Prof	Nr colpi	Q.din	γ	σ press. lito	NATURA COESIVA		NATURA GRANULARE				Prof
						Cu coesione non drenata	Ed modulo edometrico	Dr %	φ angolo attrito	Es modulo elasticità	rischio liquefazione	
T.V. e Riporto	0,2	1	11	1,90	0,04		25					0,2
	0,4	2	21	1,90	0,08		51					0,4
Limo Sabbioso	0,6	4	42	1,90	0,11	1,26	101	133				0,6
	0,8	6	57	1,90	0,15	1,72	138					0,8
talora Sabbia	1,0	7	67	1,90	0,19	2,00	160					1,0
	1,2	8	76	1,90	0,23				74	30,7	182	1,2
Sabbia	1,4	8	76	1,90	0,27				72	30,6	182	1,4
Limosa	1,6	9	85	1,90	0,30				75	31,2	204	1,6
	1,8	10	87	1,90	0,34				78	31,3	208	1,8
Ghiaia Sabbiosa	2,0	19	164	1,85	0,38				>80	34,9	394	2,0
	2,2	47	404	1,85	0,42				>80	39,4	971	2,2
	2,4	60	514	1,85	0,45				>80	41,1	1234	2,4
	2,6	60	512	1,85	0,49				>80	41,1	1230	2,6
	2,8											2,8
	3,0											3,0
	3,2											3,2
	3,4											3,4
	3,6											3,6
	3,8											3,8
	4,0											4,0
	4,2											4,2
	4,4											4,4
	4,6											4,6
	4,8											4,8
	5,0											5,0
	5,2											5,2
	5,4											5,4
	5,6											5,6
	5,8											5,8
	6,0											6,0
	6,2											6,2
	6,4											6,4
	6,6											6,6
	6,8											6,8
	7,0											7,0
	7,2											7,2
	7,4											7,4
	7,6											7,6
	7,8											7,8
	8,0											8,0
	8,2											8,2
	8,4											8,4
	8,6											8,6
	8,8											8,8
	9,0											9,0
	9,2											9,2
	9,4											9,4
	9,6											9,6
	9,8											9,8
	10,0											10,0

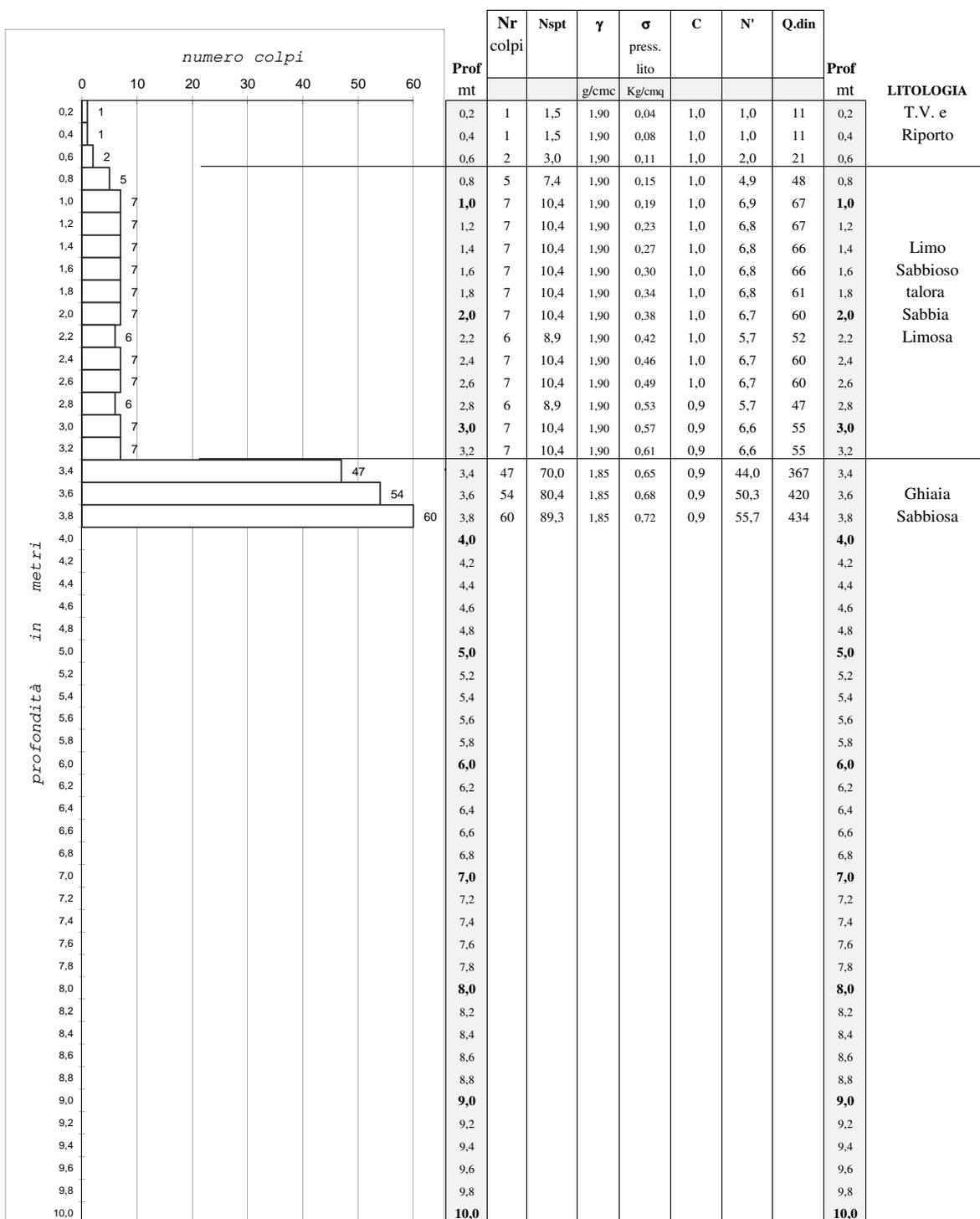
Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 21**

Committente: Tod's spa  
 Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)  
 Comune:  
 data: 09 Gennaio 2024  
 Falda -4.50 su pozzi limitrofi  
 note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 21**

Committente: Tod's spa

Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)

data: 09 Gennaio 2024

Falda -4.50 su pozzi limitrofi

LITOLOGIA	Prof	Nr colpi	Q.din	γ	σ press. lito	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE				Prof
						Cu coesione non drenata	Ed modulo edometrico		Dr %	φ angolo attrito	Es modulo elasticità	rischio liquefazione	
							Kg/cmq	kg/cmq					
mt	g/cm <sup>3</sup>	Kg/cmq	gradi	kg/cmq	mt								
T.V. e Riporto	0.2	1	11	1,90	0,04		25					0.2	
	0.4	1	11	1,90	0,08		25					0.4	
	0.6	2	21	1,90	0,11		50					0.6	
Limo Sabbioso talora Sabbia Limosa	0.8	5	48	1,90	0,15	1,44	115					0.8	
	1.0	7	67	1,90	0,19	2,00	160					1.0	
	1.2	7	67	1,90	0,23	2,00	160					1.2	
	1.4	7	66	1,90	0,27	1,99	159					1.4	
	1.6	7	66	1,90	0,30	1,98	158					1.6	
	1.8	7	61	1,90	0,34	1,82	146					1.8	
	2.0	7	60	1,90	0,38	1,81	145	141				2.0	
	2.2	6	52	1,90	0,42	1,55	124					2.2	
	2.4	7	60	1,90	0,46	1,80	144					2.4	
	2.6	7	60	1,90	0,49	1,79	143					2.6	
	2.8	6	47	1,90	0,53	1,42	114					2.8	
3.0	7	55	1,90	0,57	1,65	132					3.0		
3.2	7	55	1,90	0,61	1,65	132					3.2		
Ghiaia Sabbiosa	3.4	47	367	1,85	0,65				>80	38,8	880		3.4
	3.6	54	420	1,85	0,68				>80	39,6	1007	976	3.6
	3.8	60	434	1,85	0,72				>80	39,8	1041		3.8
	4.0												4.0
	4.2												4.2
	4.4												4.4
	4.6												4.6
	4.8												4.8
	5.0												5.0
	5.2												5.2
	5.4												5.4
	5.6												5.6
	5.8												5.8
	6.0												6.0
	6.2												6.2
	6.4												6.4
	6.6												6.6
6.8												6.8	
7.0												7.0	
7.2												7.2	
7.4												7.4	
7.6												7.6	
7.8												7.8	
8.0												8.0	
8.2												8.2	
8.4												8.4	
8.6												8.6	
8.8												8.8	
9.0												9.0	
9.2												9.2	
9.4												9.4	
9.6												9.6	
9.8												9.8	
10.0												10.0	

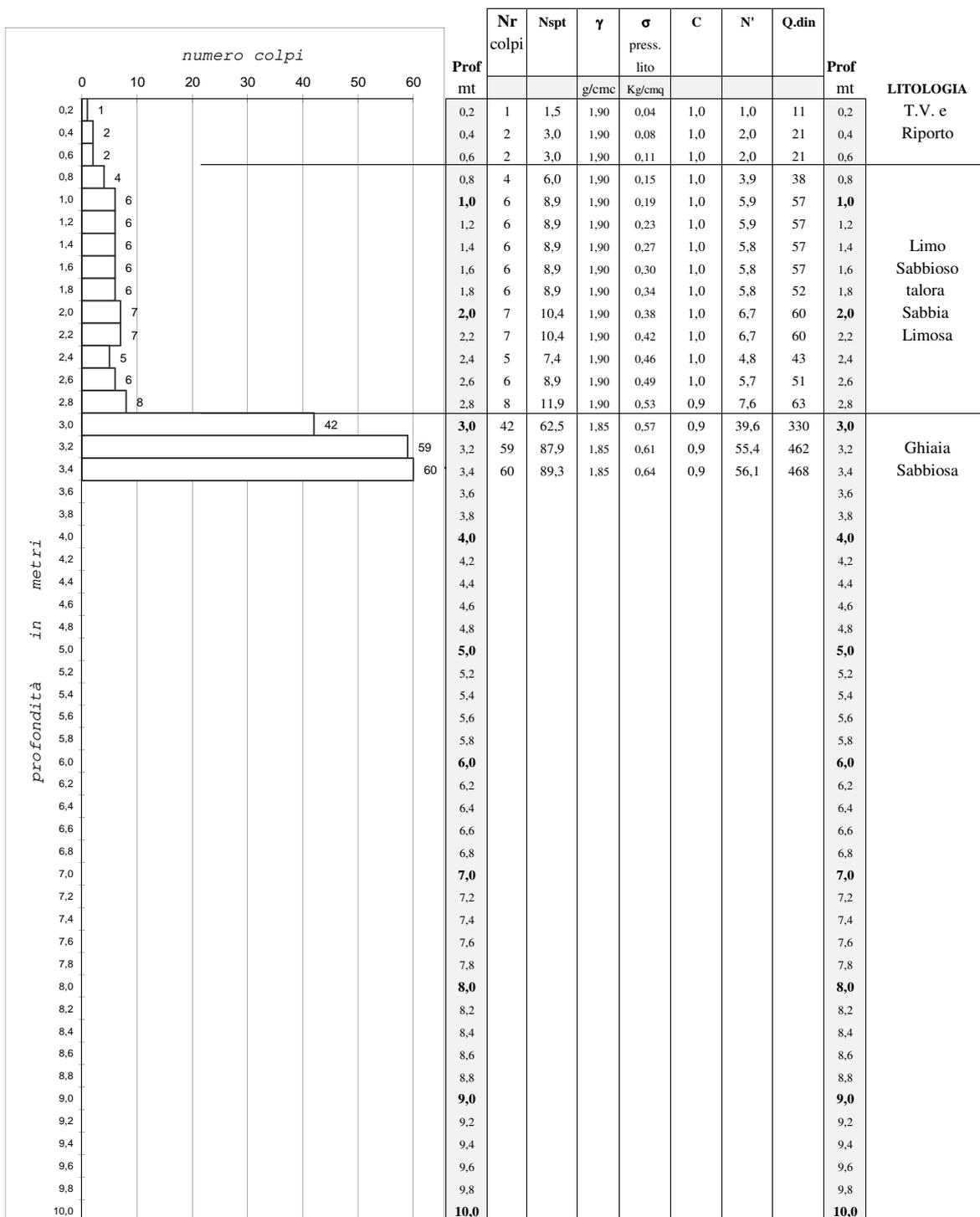
Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 22**

Committente: Tod's spa  
 Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)  
 Comune:  
 data: 09 Gennaio 2024  
 Falda -4.50 su pozzi limitrofi  
 note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 22**

Committente: Tod's spa

Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)

data: 09 Gennaio 2024

Falda -4.50 su pozzi limitrofi

	Prof	Nr colpi	Q.din	$\gamma$	$\sigma$ press. lito	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE				Prof
						Cu coesione non drenata	Ed modulo edometrico		Dr %	$\phi$ angolo attrito	Es modulo elasticità	rischio liquefazione	
							Kg/cmq	kg/cmq					
LITOLOGIA	mt		g/cmc	Kg/cmq	Kg/cmq	kg/cmq		gradi	kg/cmq		mt		
T.V. e Riporto	0.2	1	11	1,90	0,04		25					0.2	
	0.4	2	21	1,90	0,08		51					0.4	
	0.6	2	21	1,90	0,11		50					0.6	
Limo Sabbioso talora Sabbia Limosa	0.8	4	38	1,90	0,15	1,15	92					0.8	
	1.0	6	57	1,90	0,19	1,72	137					1.0	
	1.2	6	57	1,90	0,23	1,71	137					1.2	
	1.4	6	57	1,90	0,27	1,70	136					1.4	
	1.6	6	57	1,90	0,30	1,70	136					1.6	
	1.8	6	52	1,90	0,34	1,56	125					1.8	
	2.0	7	60	1,90	0,38	1,81	145	128				2.0	
	2.2	7	60	1,90	0,42	1,81	145					2.2	
	2.4	5	43	1,90	0,46	1,29	103					2.4	
	2.6	6	51	1,90	0,49	1,54	123					2.6	
2.8	8	63	1,90	0,53				63	29,9	152		2.8	
Ghiaia Sabbiosa	3.0	42	330	1,85	0,57				>80	38,2	793	1009	3.0
	3.2	59	462	1,85	0,61				>80	40,3	1109		3.2
	3.4	60	468	1,85	0,64				>80	40,4	1124		3.4
	3.6												3.6
	3.8												3.8
	4.0												4.0
	4.2												4.2
	4.4												4.4
	4.6												4.6
	4.8												4.8
	5.0												5.0
	5.2												5.2
	5.4												5.4
	5.6												5.6
	5.8												5.8
	6.0												6.0
	6.2												6.2
	6.4												6.4
6.6												6.6	
6.8												6.8	
7.0												7.0	
7.2												7.2	
7.4												7.4	
7.6												7.6	
7.8												7.8	
8.0												8.0	
8.2												8.2	
8.4												8.4	
8.6												8.6	
8.8												8.8	
9.0												9.0	
9.2												9.2	
9.4												9.4	
9.6												9.6	
9.8												9.8	
10.0												10.0	

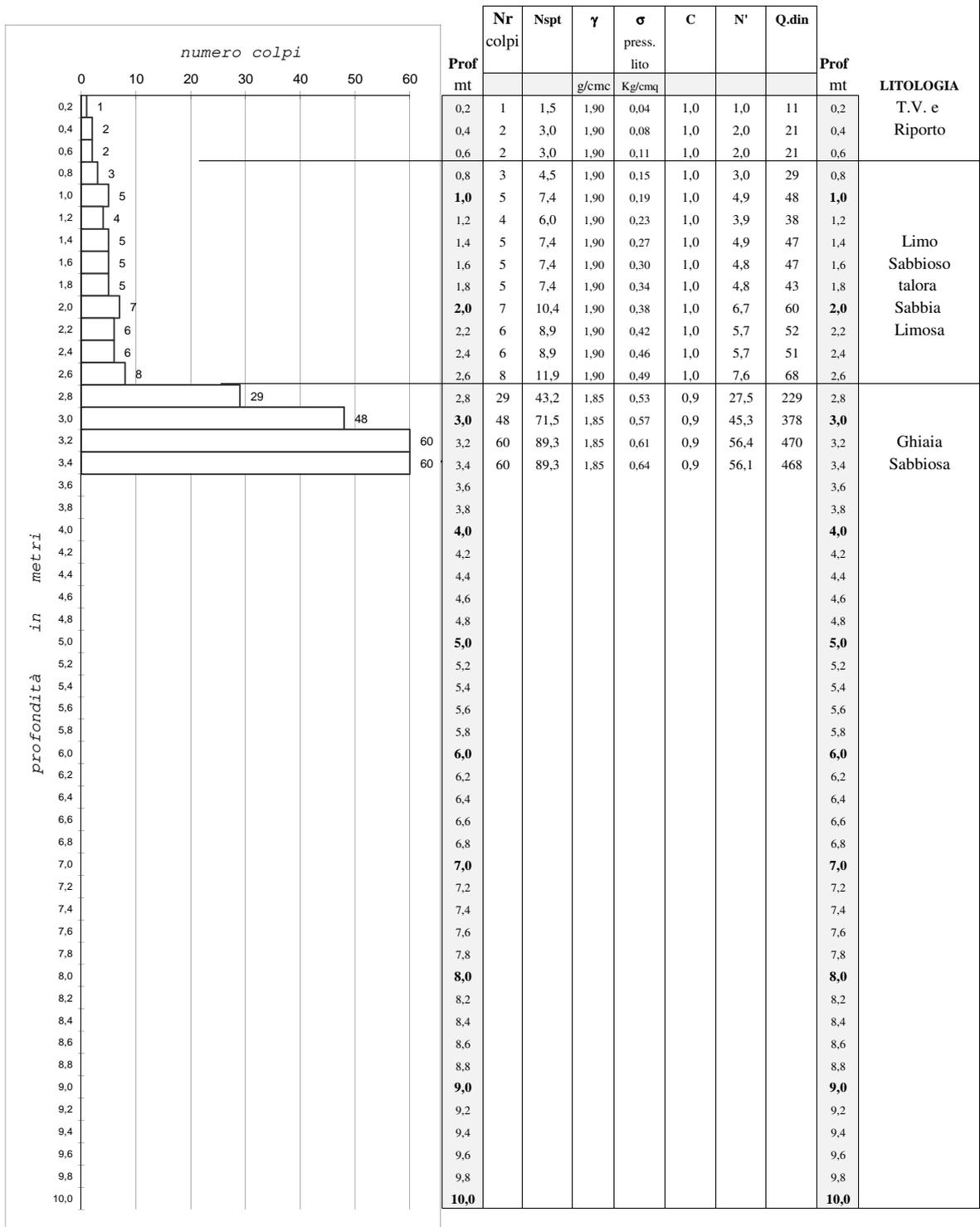
Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 23**

Committente: Tod's spa  
 Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)  
 Comune:  
 data: 09 Gennaio 2024  
 Falda -4.50 su pozzi limitrofi  
 note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 23**

Committente: Tod's spa

Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)

data: 09 Gennaio 2024

Falda -4.50 su pozzi limitrofi

LITOLOGIA	Prof	Nr colpi	Q.din	$\gamma$	$\sigma$ press. lito	NATURA COESIVA		NATURA GRANULARE				Prof
						Cu coesione non drenata	Ed modulo edometrico	Dr %	$\phi$ angolo attrito	Es modulo elasticità	rischio liquefazione	
mt	g/cm <sup>3</sup>	Kg/cmq	Kg/cmq	kg/cmq	gradi	kg/cmq	mt					
T.V. e Riporto	0,2	1	11	1,90	0,04		25					0,2
	0,4	2	21	1,90	0,08		51					0,4
	0,6	2	21	1,90	0,11		50					0,6
Limo Sabbioso talora Sabbia Limosa	0,8	3	29	1,90	0,15	0,88	69					0,8
	<b>1,0</b>	5	48	1,90	0,19	1,43	114					<b>1,0</b>
	1,2	4	38	1,90	0,23	1,14	91					1,2
	1,4	5	47	1,90	0,27	1,42	114					1,4
	1,6	5	47	1,90	0,30	1,41	113					1,6
	1,8	5	43	1,90	0,34	1,30	104	111				1,8
	<b>2,0</b>	7	60	1,90	0,38	1,81	145					<b>2,0</b>
	2,2	6	52	1,90	0,42	1,55	124					2,2
2,4	6	51	1,90	0,46	1,54	123					2,4	
2,6	8	68	1,90	0,49				64	30,2	164		2,6
Ghiaia Sabbiosa	2,8	29	229	1,85	0,53			>80	36,6	550		2,8
	<b>3,0</b>	48	378	1,85	0,57			>80	38,9	906		<b>3,0</b>
	3,2	60	470	1,85	0,61			>80	40,4	1128	927	3,2
	3,4	60	468	1,85	0,64			>80	40,4	1124		3,4
	3,6											3,6
	3,8											3,8
	<b>4,0</b>											<b>4,0</b>
	4,2											4,2
	4,4											4,4
	4,6											4,6
	4,8											4,8
	<b>5,0</b>											<b>5,0</b>
	5,2											5,2
	5,4											5,4
	5,6											5,6
	5,8											5,8
	<b>6,0</b>											<b>6,0</b>
	6,2											6,2
6,4											6,4	
6,6											6,6	
6,8											6,8	
<b>7,0</b>											<b>7,0</b>	
7,2											7,2	
7,4											7,4	
7,6											7,6	
7,8											7,8	
<b>8,0</b>											<b>8,0</b>	
8,2											8,2	
8,4											8,4	
8,6											8,6	
8,8											8,8	
<b>9,0</b>											<b>9,0</b>	
9,2											9,2	
9,4											9,4	
9,6											9,6	
9,8											9,8	
<b>10,0</b>											<b>10,0</b>	

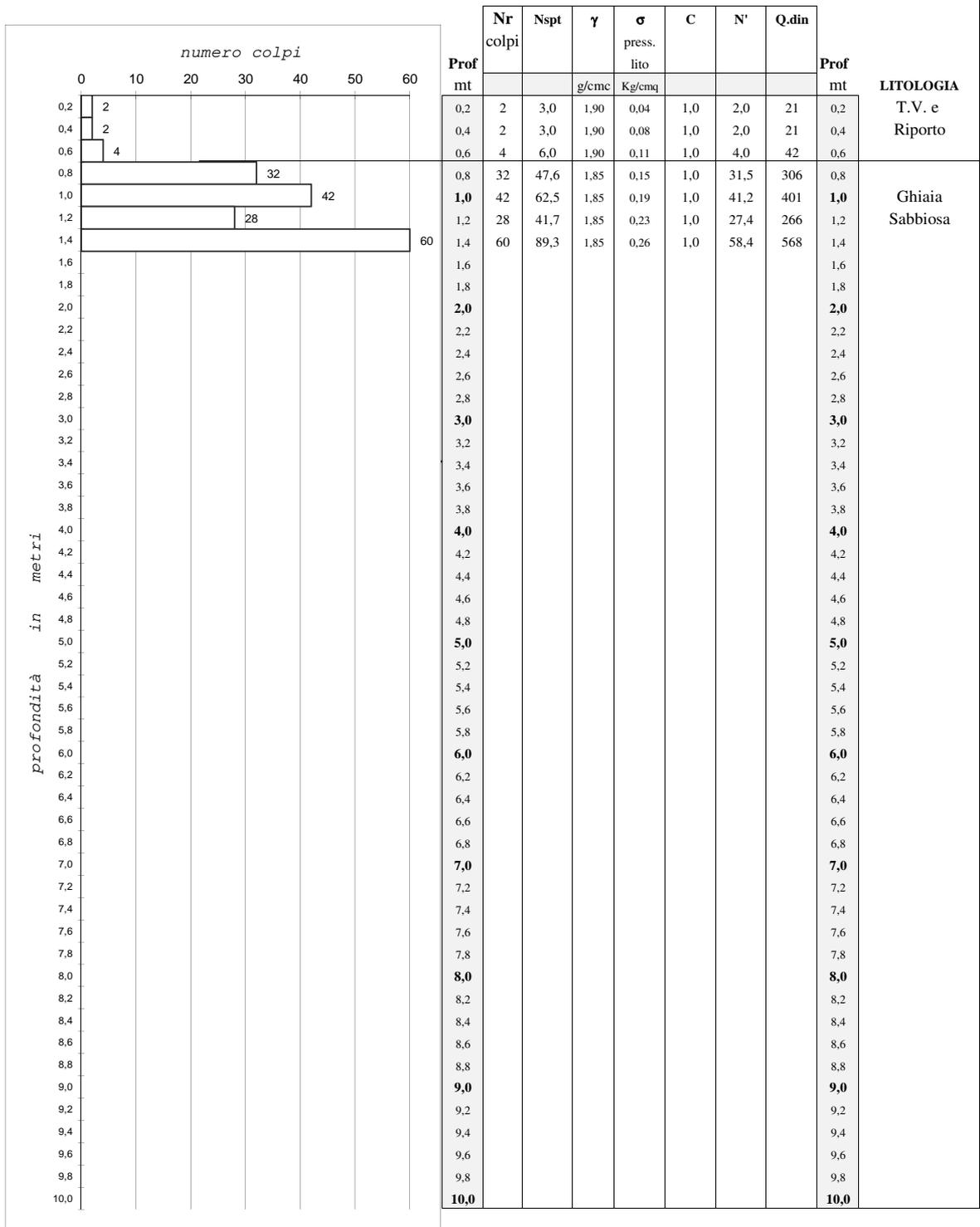
Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 24**

Committente: Tod's spa  
 Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)  
 Comune:  
 data: 09 Gennaio 2024  
 Falda -4.50 su pozzi limitrofi  
 note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 24**

Committente: Tod's spa

Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)

data: 09 Gennaio 2024

Falda -4.50 su pozzi limitrofi

	Prof	Nr colpi	Q.din	$\gamma$	$\sigma$ press. lito	NATURA COESIVA		NATURA GRANULARE				Prof
						Cu coesione non drenata	Ed modulo edometrico	Dr %	$\phi$ angolo attrito	Es modulo elasticità	rischio liquefazione	
<b>LITOLOGIA</b>	mt			g/cm <sup>3</sup>	Kg/cmq							mt
T.V. e Riporto	0.2	2	21	1,90	0,04		51					0.2
	0.4	2	21	1,90	0,08		51					0.4
	0.6	4	42	1,90	0,11		101					0.6
Ghiaia Sabbiosa	0.8	32	306	1,85	0,15			>80	37,8	735		0.8
	<b>1,0</b>	42	401	1,85	0,19			>80	39,3	962		<b>1,0</b>
	1.2	28	266	1,85	0,23			>80	37,2	639	925	1.2
	1.4	60	568	1,85	0,26			>80	41,9	1363		1.4
	1.6											1.6
	1.8											1.8
	<b>2,0</b>											<b>2,0</b>
	2.2											2.2
	2.4											2.4
	2.6											2.6
	2.8											2.8
	<b>3,0</b>											<b>3,0</b>
	3.2											3.2
	3.4											3.4
	3.6											3.6
	3.8											3.8
	<b>4,0</b>											<b>4,0</b>
	4.2											4.2
	4.4											4.4
	4.6											4.6
4.8											4.8	
<b>5,0</b>											<b>5,0</b>	
5.2											5.2	
5.4											5.4	
5.6											5.6	
5.8											5.8	
<b>6,0</b>											<b>6,0</b>	
6.2											6.2	
6.4											6.4	
6.6											6.6	
6.8											6.8	
<b>7,0</b>											<b>7,0</b>	
7.2											7.2	
7.4											7.4	
7.6											7.6	
7.8											7.8	
<b>8,0</b>											<b>8,0</b>	
8.2											8.2	
8.4											8.4	
8.6											8.6	
8.8											8.8	
<b>9,0</b>											<b>9,0</b>	
9.2											9.2	
9.4											9.4	
9.6											9.6	
9.8											9.8	
<b>10,0</b>											<b>10,0</b>	

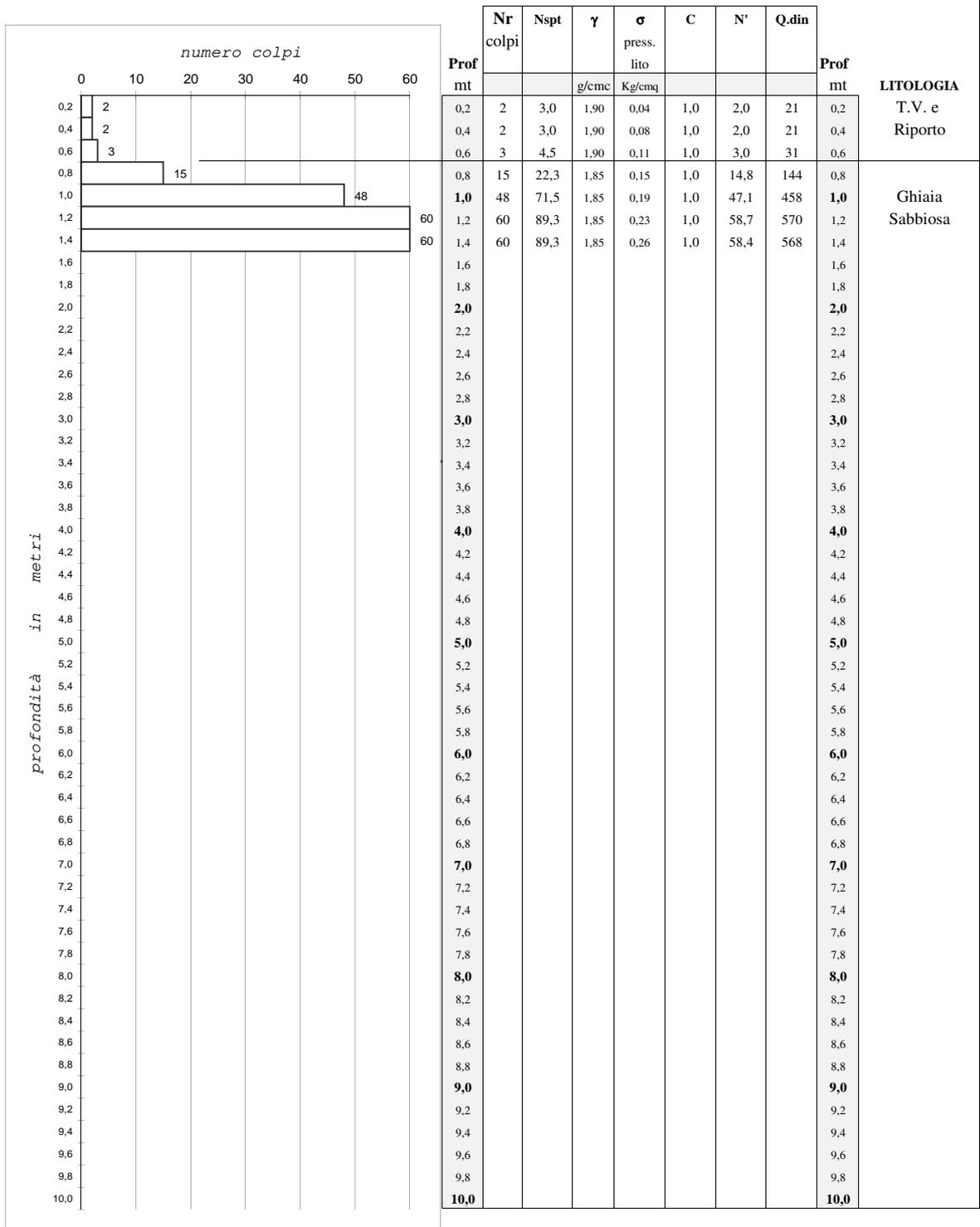
Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 25**

Committente: Tod's spa  
 Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)  
 Comune:  
 data: 09 Gennaio 2024  
 Falda -4.50 su pozzi limitrofi  
 note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 25**

Committente: Tod's spa

Località: via Craxi - via Pertini MONTEGRANARO (FM)

data: 09 Gennaio 2024

Falda -4.50 su pozzi limitrofi

	Prof	Nr colpi	Q.din	$\gamma$	$\sigma$ press. lito	NATURA COESIVA		NATURA GRANULARE				Prof
						Cu coesione non drenata	Ed modulo edometrico	Dr %	$\phi$ angolo attrito	Es modulo elasticità	rischio liquefazione	
<b>LITOLOGIA</b>	mt			g/cm <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>3</sup>							mt
T.V. e Riporto	0.2	2	21	1,90	0,04		51					0.2
	0.4	2	21	1,90	0,08		51					0.4
	0.6	3	31	1,90	0,11		75					0.6
Ghiaia Sabbiosa	0.8	15	144	1,85	0,15			>80	34,1	345		0.8
	<b>1,0</b>	48	458	1,85	0,19			>80	40,2	1099		<b>1,0</b>
	1.2	60	570	1,85	0,23			>80	42,0	1369	1044	1.2
	1.4	60	568	1,85	0,26			>80	41,9	1363		1.4
	1.6											1.6
	1.8											1.8
	<b>2,0</b>											<b>2,0</b>
	2.2											2.2
	2.4											2.4
	2.6											2.6
	2.8											2.8
	<b>3,0</b>											<b>3,0</b>
	3.2											3.2
	3.4											3.4
	3.6											3.6
	3.8											3.8
	<b>4,0</b>											<b>4,0</b>
	4.2											4.2
	4.4											4.4
	4.6											4.6
4.8											4.8	
<b>5,0</b>											<b>5,0</b>	
5.2											5.2	
5.4											5.4	
5.6											5.6	
5.8											5.8	
<b>6,0</b>											<b>6,0</b>	
6.2											6.2	
6.4											6.4	
6.6											6.6	
6.8											6.8	
<b>7,0</b>											<b>7,0</b>	
7.2											7.2	
7.4											7.4	
7.6											7.6	
7.8											7.8	
<b>8,0</b>											<b>8,0</b>	
8.2											8.2	
8.4											8.4	
8.6											8.6	
8.8											8.8	
<b>9,0</b>											<b>9,0</b>	
9.2											9.2	
9.4											9.4	
9.6											9.6	
9.8											9.8	
<b>10,0</b>											<b>10,0</b>	

Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

## PROVA DPSH 1

Committente: ditta Leonbruni

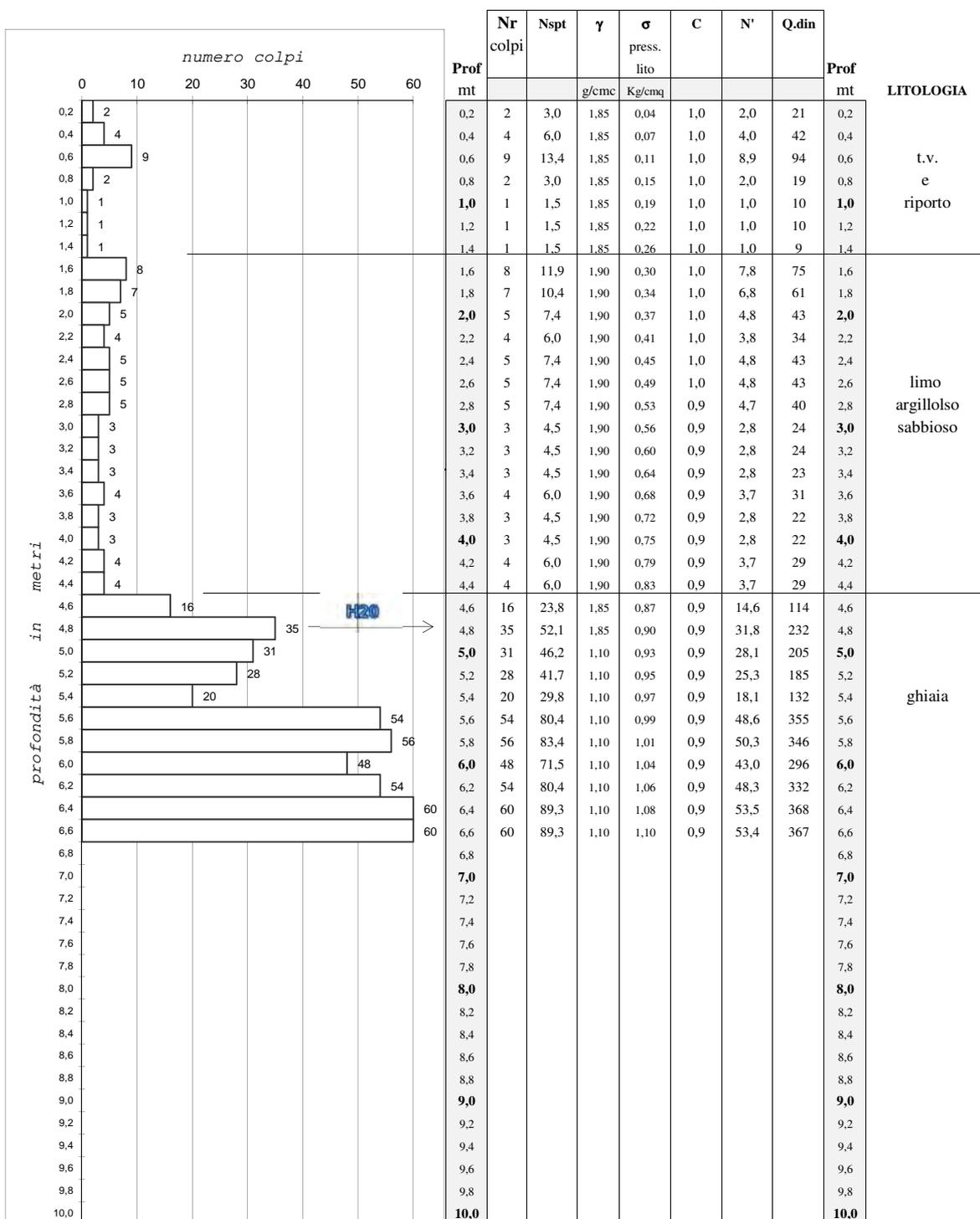
Località: P.i.P. Chienti MONTEGRANARO (FM)

Comune:

data: 20 Dicembre 2022

Falda : 4.75 mt. p.c.

note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 1**

Committente: ditta Leonbruni

Località: P.i.P. Chienti MONTEGRANARO (FM)

data: 20 Dicembre 2022

Falda : 4.75 mt. p.c.

LITOLOGIA	Prof mt	Nr colpi	Q.din	γ	σ press. lito	NATURA COESIVA		NATURA GRANULARE				Prof mt
						Cu coesione non drenata	Ed modulo edometrico	Dr %	φ angolo attrito	Es modulo elasticità	rischio liquefazione	
t.v. e riporto	0,2	2	21	1,85	0,04		51					0,2
	0,4	4	42	1,85	0,07		101					0,4
	0,6	9	94	1,85	0,11		226					0,6
	0,8	2	19	1,85	0,15		46	70				0,8
	1,0	1	10	1,85	0,19		23					1,0
	1,2	1	10	1,85	0,22		23					1,2
	1,4	1	9	1,85	0,26		23					1,4
limo argilloso sabbioso	1,6	8	75	1,90	0,30	2,26	181					1,6
	1,8	7	61	1,90	0,34	1,82	146					1,8
	2,0	5	43	1,90	0,37	1,30	104					2,0
	2,2	4	34	1,90	0,41	1,03	83					2,2
	2,4	5	43	1,90	0,45	1,29	103					2,4
	2,6	5	43	1,90	0,49	1,28	102					2,6
	2,8	5	40	1,90	0,53	1,19	95	87				2,8
	3,0	3	24	1,90	0,56	0,79	57					3,0
	3,2	3	24	1,90	0,60	0,79	56					3,2
	3,4	3	23	1,90	0,64	0,79	56					3,4
	3,6	4	31	1,90	0,68	0,93	75					3,6
	3,8	3	22	1,90	0,72	0,76	52					3,8
	4,0	3	22	1,90	0,75	0,75	52					4,0
4,2	4	29	1,90	0,79	0,88	69					4,2	
4,4	4	29	1,90	0,83	0,88	69					4,4	
ghiaia	4,6	16	114	1,85	0,87			78	32,9	273		4,6
	4,8	35	232	1,85	0,90			>80	36,6	558		4,8
	5,0	31	205	1,10	0,93			>80	36,2	493		5,0
	5,2	28	185	1,10	0,95			>80	35,6	444		5,2
	5,4	20	132	1,10	0,97			>80	33,7	317		5,4
	5,6	54	355	1,10	0,99			>80	38,6	853	640	5,6
	5,8	56	346	1,10	1,01			>80	38,4	830		5,8
	6,0	48	296	1,10	1,04			>80	37,6	710		6,0
	6,2	54	332	1,10	1,06			>80	38,2	797		6,2
	6,4	60	368	1,10	1,08			>80	38,8	883		6,4
	6,6	60	367	1,85				>80	38,8	881		6,6
	6,8											6,8
	7,0											7,0
	7,2											7,2
	7,4											7,4
	7,6											7,6
7,8											7,8	
8,0											8,0	
8,2											8,2	
8,4											8,4	
8,6											8,6	
8,8											8,8	
9,0											9,0	
9,2											9,2	
9,4											9,4	
9,6											9,6	
9,8											9,8	
10,0											10,0	

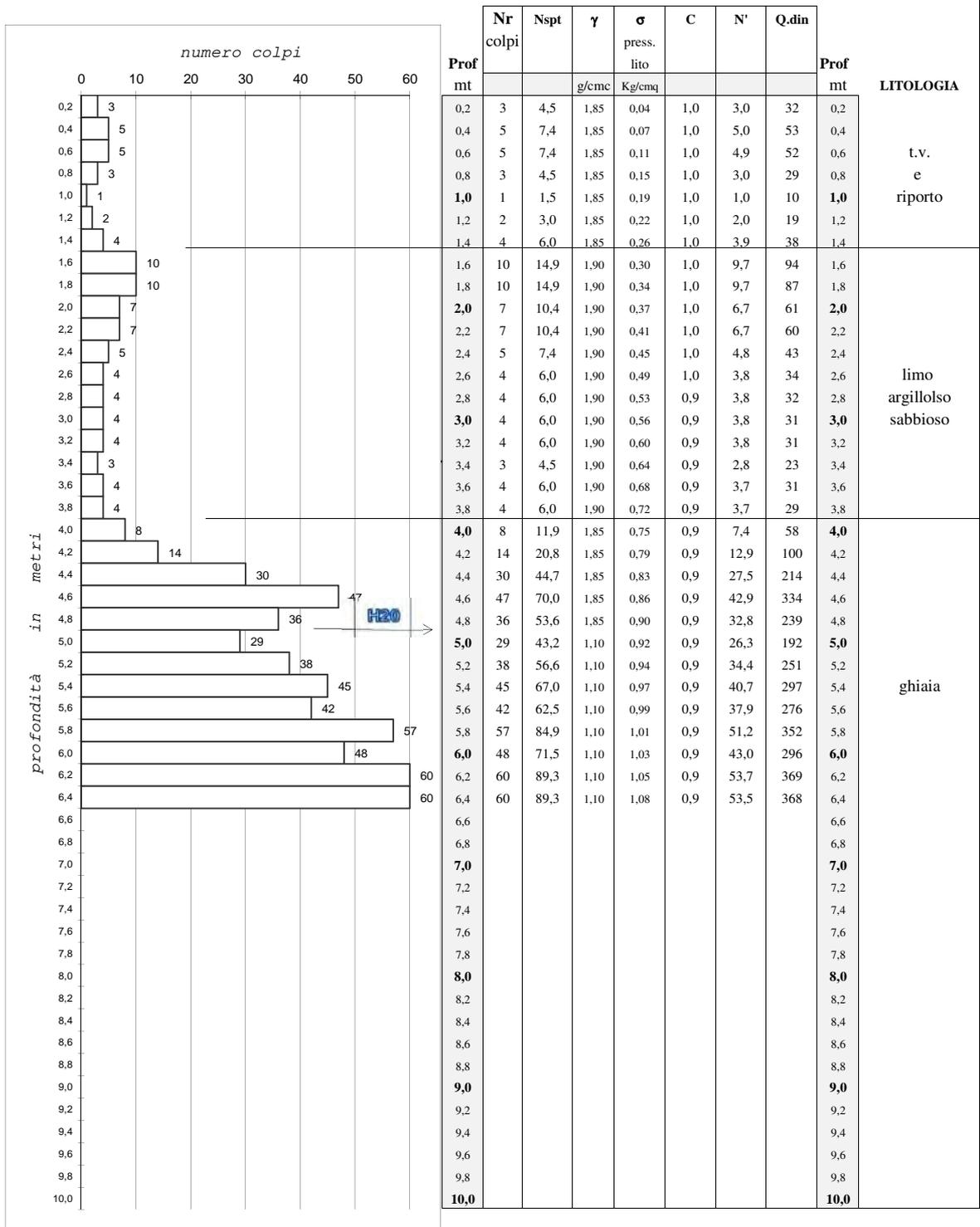
Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 2**

Committente: ditta Leonbruni  
 Località: P.i.P. Chienti MONTEGRANARO (FM)  
 Comune:  
 data: 20 Dicembre 2022  
 Falda : 4.85 mt. p.c.  
 note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 2**

Committente: ditta Leonbruni

Località: P.i.P. Chienti MONTEGRANARO (FM)

data: 20 Dicembre 2022

Falda : 4.85 mt. p.c.

LITOLOGIA	Prof mt	Nr colpi	Q.din	$\gamma$ g/cmc	$\sigma$ Kg/cm <sup>q</sup>	NATURA COESIVA		NATURA GRANULARE				Prof mt	
						Cu coesione non drenata Kg/cm <sup>q</sup>	Ed modulo edometrico kg/cm <sup>q</sup>	Dr % gradi	$\phi$ angolo attrito	Es modulo elasticità kg/cm <sup>q</sup>	rischio liquefazione		
													medie
t.v. e riporto	0,2	3	32	1,85	0,04		76					0,2	
	0,4	5	53	1,85	0,07		126					0,4	
	0,6	5	52	1,85	0,11		126					0,6	
	0,8	3	29	1,85	0,15		69	80				0,8	
	1,0	1	10	1,85	0,19		23					1,0	
	1,2	2	19	1,85	0,22		46					1,2	
	1,4	4	38	1,85	0,26		91					1,4	
limo argilloso sabbioso	1,6	10	94	1,90	0,30	2,83	226					1,6	
	1,8	10	87	1,90	0,34	2,60	208					1,8	
	2,0	7	61	1,90	0,37	1,82	145					2,0	
	2,2	7	60	1,90	0,41	1,81	145					2,2	
	2,4	5	43	1,90	0,45	1,29	103					2,4	
	2,6	4	34	1,90	0,49	1,02	82	111				2,6	
	2,8	4	32	1,90	0,53	0,95	76					2,8	
	3,0	4	31	1,90	0,56	0,94	76					3,0	
	3,2	4	31	1,90	0,60	0,94	75					3,2	
	3,4	3	23	1,90	0,64	0,79	56					3,4	
	3,6	4	31	1,90	0,68	0,93	75					3,6	
3,8	4	29	1,90	0,72	0,88	69					3,8		
ghiaia	4,0	8	58	1,85	0,75				58	29,6	138		4,0
	4,2	14	100	1,85	0,79				75	32,1	241		4,2
	4,4	30	214	1,85	0,83				>80	36,3	514		4,4
	4,6	47	334	1,85	0,86				>80	38,2	803		4,6
	4,8	36	239	1,85	0,90				>80	36,7	574		4,8
	5,0	29	192	1,10	0,92				>80	35,9	461		5,0
	5,2	38	251	1,10	0,94				>80	36,9	603		5,2
	5,4	45	297	1,10	0,97				>80	37,6	712	618	5,4
	5,6	42	276	1,10	0,99				>80	37,3	663		5,6
	5,8	57	352	1,10	1,01				>80	38,5	845		5,8
	6,0	48	296	1,10	1,03				>80	37,6	710		6,0
	6,2	60	369	1,10	1,05				>80	38,8	886		6,2
	6,4	60	368	1,10	1,08				>80	38,8	883		6,4
	6,6												6,6
	6,8												6,8
	7,0												7,0
	7,2												7,2
	7,4												7,4
	7,6												7,6
	7,8												7,8
	8,0												8,0
8,2												8,2	
8,4												8,4	
8,6												8,6	
8,8												8,8	
9,0												9,0	
9,2												9,2	
9,4												9,4	
9,6												9,6	
9,8												9,8	
10,0												10,0	

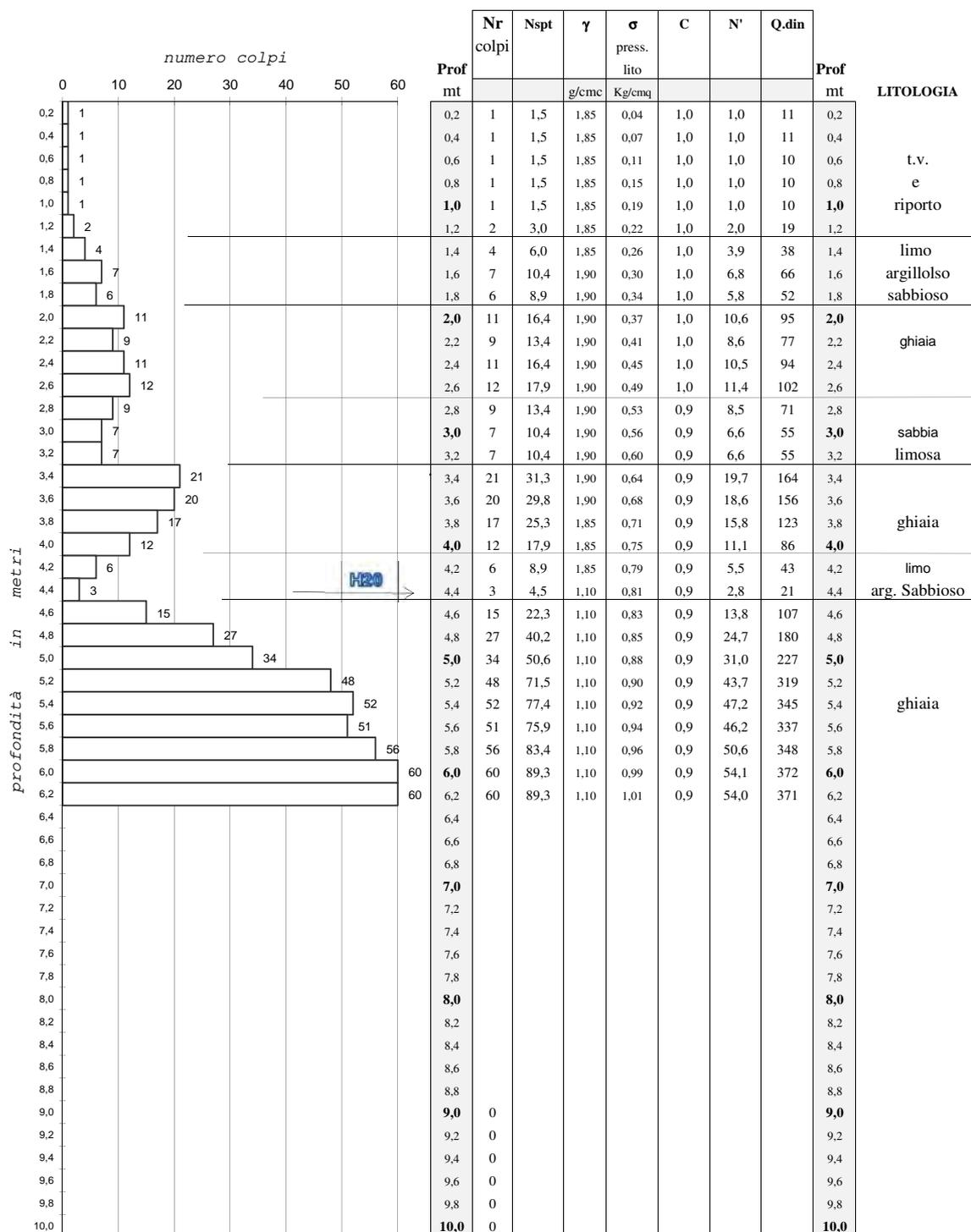
Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>q</sup>, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 4**

Committente: ditta Leonbruni  
 Località: P.i.P. Chienti MONTEGRANARO (FM)  
 Comune:  
 data: 20 Dicembre 2022  
 Falda : 4.40 mt. p.c.  
 note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 4**

Committente: ditta Leonbruni

Località: P.i.P. Chienti MONTEGRANARO (FM)

data: 20 Dicembre 2022

Falda : 4.40 mt. p.c.

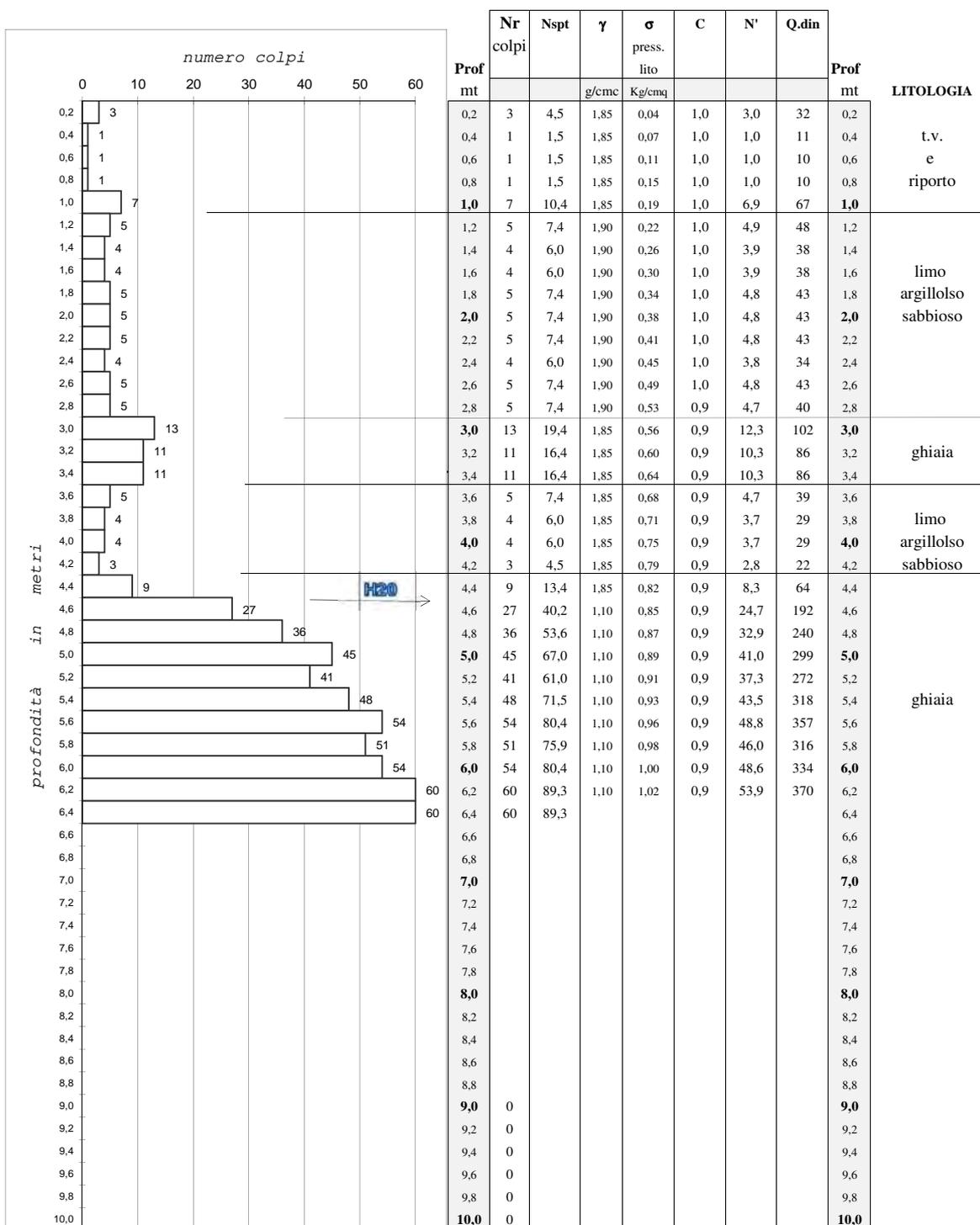
	Prof	Nr colpi	Q.din	$\gamma$	$\sigma$ press. lito	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE				Prof		
						Cu		Ed		Dr	$\phi$	Es		rischio liquefazione	
						coesione non drenata	modulo edometrico	modulo edometrico	medie			%			angolo attrito
LITOLOGIA	mt		g/cm <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>		gradi	kg/cm <sup>3</sup>		mt				
t.v. e riporto	0,2	1	11	1,85	0,04		25					0,2			
	0,4	1	11	1,85	0,07		25					0,4			
	0,6	1	10	1,85	0,11		25					0,6			
	0,8	1	10	1,85	0,15		23	28				0,8			
	1,0	1	10	1,85	0,19		23					1,0			
	1,2	2	19	1,85	0,22		46					1,2			
limo argilloso sabbioso	1,4	4	38	1,85	0,26	1,14	91					1,4			
	1,6	7	66	1,90	0,30	1,98	158	53				1,6			
	1,8	6	52	1,90	0,34	1,56	125					1,8			
ghiaia	2,0	11	95	1,90	0,37				>80	31,8	228		2,0		
	2,2	9	77	1,90	0,41				71	30,8	186		2,2		
	2,4	11	94	1,90	0,45				77	31,8	226	84	2,4		
	2,6	12	102	1,90	0,49				79	32,3	246		2,6		
sabbia limosa	2,8	9	71	1,90	0,53				67	30,4	171		2,8		
	3,0	7	55	1,90	0,56				58	29,4	132	145	3,0		
	3,2	7	55	1,90	0,60				57	29,4	132		3,2		
ghiaia	3,4	21	164	1,90	0,64				>80	34,8	393		3,4		
	3,6	20	156	1,90	0,68				>80	34,5	373		3,6		
	3,8	17	123	1,85	0,71				>80	33,4	295	317	3,8		
	4,0	12	86	1,85	0,75				70	31,3	207		4,0		
limo arg. Sabbioso	4,2	6	43	1,85	0,79	1,29	103						4,2		
	4,4	3	21	1,10	0,81	0,75	52	77					4,4		
ghiaia	4,6	15	107	1,10	0,83				76	32,5	257		4,6		
	4,8	27	180	1,10	0,85				>80	35,4	433		4,8		
	5,0	34	227	1,10	0,88				>80	36,5	544		5,0		
	5,2	48	319	1,10	0,90				>80	38,0	766		5,2		
	5,4	52	345	1,10	0,92				>80	38,4	827	695	5,4		
	5,6	51	337	1,10	0,94				>80	38,3	810		5,6		
	5,8	56	348	1,10	0,96				>80	38,5	835		5,8		
	6,0	60	372	1,10	0,99				>80	38,8	892		6,0		
	6,2	60	371	1,10	1,01				>80	38,8	890		6,2		
	6,4												6,4		
	6,6												6,6		
	6,8												6,8		
	7,0												7,0		
	7,2												7,2		
	7,4												7,4		
	7,6												7,6		
	7,8												7,8		
	8,0												8,0		
	8,2												8,2		
	8,4												8,4		
8,6												8,6			
8,8												8,8			
9,0												9,0			
9,2												9,2			
9,4												9,4			
9,6												9,6			
9,8												9,8			
10,0												10,0			

Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)

**PROVA DPSH 6**

Committente: ditta Leonbruni  
 Località: P.i.P. Chienti MONTEGRANARO (FM)  
 Comune:  
 data: 20 Dicembre 2022  
 Falda : 4.55 mt. p.c.  
 note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 6**

Committente: ditta Leonbruni

Località: P.i.P. Chienti MONTEGRANARO (FM)

data: 20 Dicembre 2022

Falda : 4.55 mt. p.c.

						NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE				
LITOLOGIA	Prof mt	Nr colpi	Q.din	γ	σ press. lito	Cu		Ed	Dr	φ	Es	rischio liquefazione	Prof mt
						coesione non drenata	modulo edometrico	medie					
						Kg/cmq	kg/cmq		gradi	kg/cmq			
t.v. e riporto	0,2	3	32	1,85	0,04		76						0,2
	0,4	1	11	1,85	0,07		25						0,4
	0,6	1	10	1,85	0,11		25	62					0,6
	0,8	1	10	1,85	0,15		23						0,8
	<b>1,0</b>	<b>7</b>	<b>67</b>	<b>1,85</b>	<b>0,19</b>		<b>160</b>						
limo argilloso sabbioso	1,2	5	48	1,90	0,22	1,43	114						1,2
	1,4	4	38	1,90	0,26	1,14	91						1,4
	1,6	4	38	1,90	0,30	1,13	91						1,6
	1,8	5	43	1,90	0,34	1,30	104						1,8
	<b>2,0</b>	<b>5</b>	<b>43</b>	<b>1,90</b>	<b>0,38</b>	<b>1,30</b>	<b>104</b>	<b>98</b>					<b>2,0</b>
	2,2	5	43	1,90	0,41	1,29	103						2,2
	2,4	4	34	1,90	0,45	1,03	82						2,4
	2,6	5	43	1,90	0,49	1,28	102						2,6
2,8	5	40	1,90	0,53	1,19	95						2,8	
ghiaia	<b>3,0</b>	<b>13</b>	<b>102</b>	<b>1,85</b>	<b>0,56</b>				79	32,2	246		<b>3,0</b>
	3,2	11	86	1,85	0,60				72	31,3	207	220	3,2
	3,4	11	86	1,85	0,64				71	31,3	206		3,4
limo argilloso sabbioso	3,6	5	39	1,85	0,68				47	28,7	93		3,6
	3,8	4	29	1,85	0,71				41	27,1	69		3,8
	<b>4,0</b>	<b>4</b>	<b>29</b>	<b>1,85</b>	<b>0,75</b>				<b>41</b>	<b>27,0</b>	<b>69</b>	<b>71</b>	<b>4,0</b>
	4,2	3	22	1,85	0,79				35	24,3	52		4,2
ghiaia	4,4	9	64	1,85	0,82				59	30,0	154		4,4
	4,6	27	192	1,10	0,85				>80	35,9	462		4,6
	4,8	36	240	1,10	0,87				>80	36,7	576		4,8
	<b>5,0</b>	<b>45</b>	<b>299</b>	<b>1,10</b>	<b>0,89</b>				<b>&gt;80</b>	<b>37,7</b>	<b>719</b>	<b>663</b>	<b>5,0</b>
	5,2	41	272	1,10	0,91				>80	37,3	653		5,2
	5,4	48	318	1,10	0,93				>80	38,0	763		5,4
	5,6	54	357	1,10	0,96				>80	38,6	856		5,6
	5,8	51	316	1,10	0,98				>80	38,0	759		5,8
	<b>6,0</b>	<b>54</b>	<b>334</b>	<b>1,10</b>	<b>1,00</b>				<b>&gt;80</b>	<b>38,2</b>	<b>802</b>		<b>6,0</b>
	6,2	60	370	1,10	1,02				>80	38,8	889		6,2
	6,4	60											6,4
	6,6												6,6
	6,8												6,8
	<b>7,0</b>												<b>7,0</b>
	7,2												7,2
	7,4												7,4
	7,6												7,6
	7,8												7,8
	<b>8,0</b>												<b>8,0</b>
	8,2												8,2
8,4												8,4	
8,6												8,6	
8,8												8,8	
<b>9,0</b>												<b>9,0</b>	
9,2												9,2	
9,4												9,4	
9,6												9,6	
9,8												9,8	
<b>10,0</b>													<b>10,0</b>

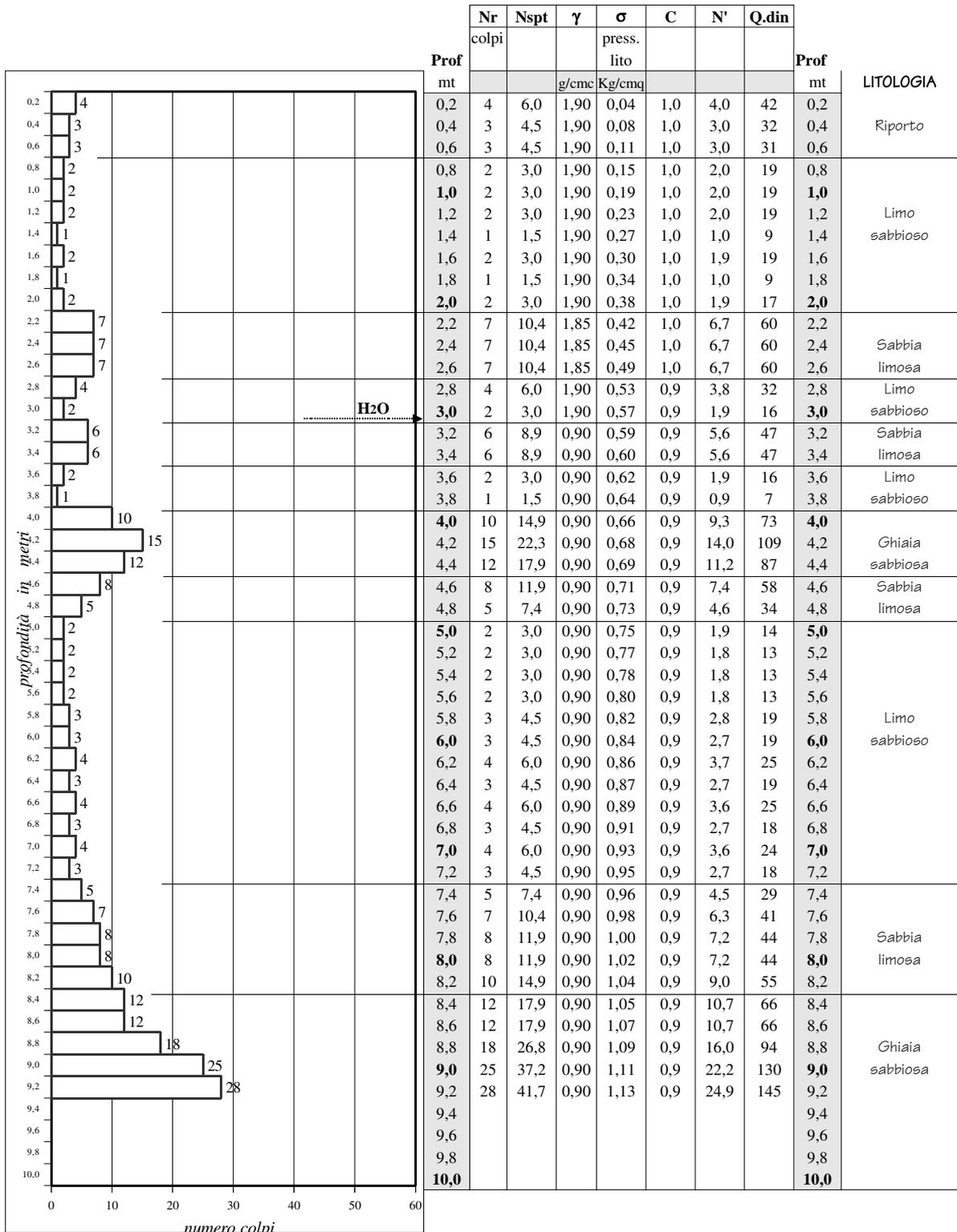
Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cmq, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 1**

Committente: "Fashion Max"  
 Località: S.P. 150 Piane di Cienti, Montegrano (FM)  
 Comune:  
 Data: 27 Novembre 2009  
 Falda -2.95 mt pc  
 note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63,5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23,43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 1**

Committente: "Fashion Max"

Località: S.P. 150 Piane di Cienti, Montegranaro (FM)

Data: 27 Novembre 2009

Falda -2.95 mt pc

LITOLOGIA	Prof mt	Nr colpi	Q.din	γ	σ press. lito g/cm <sup>3</sup> Kg/cm <sup>3</sup>	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE				Prof mt	
						Cu non drenat	Ed edometrico		Dr	φ attrito	Es elasticità			rischio liquefazione
							Kg/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>			gradi	kg/cm <sup>3</sup>		
						medie	medie	medie	medie	medie				
Riporto	0,2	4	42	1,90	0,04		101						0,2	
	0,4	3	32	1,90	0,08		76						0,4	
	0,6	3	31	1,90	0,11		75						0,6	
Limo sabbioso	0,8	2	19	1,90	0,15	0,70	46						0,8	
	<b>1,0</b>	2	19	1,90	0,19	0,70	46						<b>1,0</b>	
	1,2	2	19	1,90	0,23	0,70	46						1,2	
	1,4	1	9	1,90	0,27	0,43	23	38					1,4	
	1,6	2	19	1,90	0,30	0,69	45						1,6	
	1,8	1	9	1,90	0,34	0,39	21						1,8	
	<b>2,0</b>	2	17	1,90	0,38	0,66	41						<b>2,0</b>	
Sabbia limosa	2,2	7	60	1,85	0,42				62	29,7	145		2,2	
	2,4	7	60	1,85	0,45				61	29,7	144	144	2,4	
	2,6	7	60	1,85	0,49				60	29,7	143		2,6	
Limo sabbioso	2,8	4	32	1,90	0,53	0,95	76						2,8	
	<b>3,0</b>	2	16	1,90	0,57	0,62	38	57					<b>3,0</b>	
Sabbia limosa	3,2	6	47	0,90	0,59				53	28,9	113		3,2	
	3,4	6	47	0,90	0,60				53	28,9	113	113	3,4	
Limo sabbioso	3,6	2	16	0,90	0,62	0,62	38						3,6	
	3,8	1	7	0,90	0,64	0,33	17	28					3,8	
Ghiaia sabbiosa	<b>4,0</b>	10	73	0,90	0,66				67	30,5	175		<b>4,0</b>	
	4,2	15	109	0,90	0,68				>80	32,6	261	215	4,2	
	4,4	12	87	0,90	0,69				72	31,3	209		4,4	
Sabbia limosa	4,6	8	58	0,90	0,71				58	29,6	139		4,6	
	4,8	5	34	0,90	0,73				46	28,2	81	110	4,8	
Limo sabbioso	<b>5,0</b>	2	14	0,90	0,75	0,56	32						<b>5,0</b>	
	5,2	2	13	0,90	0,77	0,56	32						5,2	
	5,4	2	13	0,90	0,78	0,56	32						5,4	
	5,6	2	13	0,90	0,80	0,56	32						5,6	
	5,8	3	19	0,90	0,82	0,70	45						5,8	
	<b>6,0</b>	3	19	0,90	0,84	0,70	45	44					<b>6,0</b>	
	6,2	4	25	0,90	0,86	0,82	60						6,2	
	6,4	3	19	0,90	0,87	0,69	45						6,4	
	6,6	4	25	0,90	0,89	0,82	60						6,6	
	6,8	3	18	0,90	0,91	0,67	43						6,8	
	<b>7,0</b>	4	24	0,90	0,93	0,79	57						<b>7,0</b>	
7,2	3	18	0,90	0,95	0,67	42						7,2		
Sabbia limosa	7,4	5	29	0,90	0,96				42	27,2	70		7,4	
	7,6	7	41	0,90	0,98				49	28,6	98		7,6	
	7,8	8	44	0,90	1,00				52	28,8	106	103	7,8	
	<b>8,0</b>	8	44	0,90	1,02				52	28,8	106		<b>8,0</b>	
	8,2	10	55	0,90	1,04				58	29,4	132		8,2	
Ghiaia sabbiosa	8,4	12	66	0,90	1,05				63	30,1	159		8,4	
	8,6	12	66	0,90	1,07				63	30,1	158		8,6	
	8,8	18	94	0,90	1,09				76	31,7	225	240	8,8	
	<b>9,0</b>	25	130	0,90	1,11				>80	33,6	312		<b>9,0</b>	
	9,2	28	145	0,90	1,13				>80	34,2	349		9,2	
	9,4												9,4	
	9,6												9,6	
	9,8												9,8	
<b>10,0</b>												<b>10,0</b>		

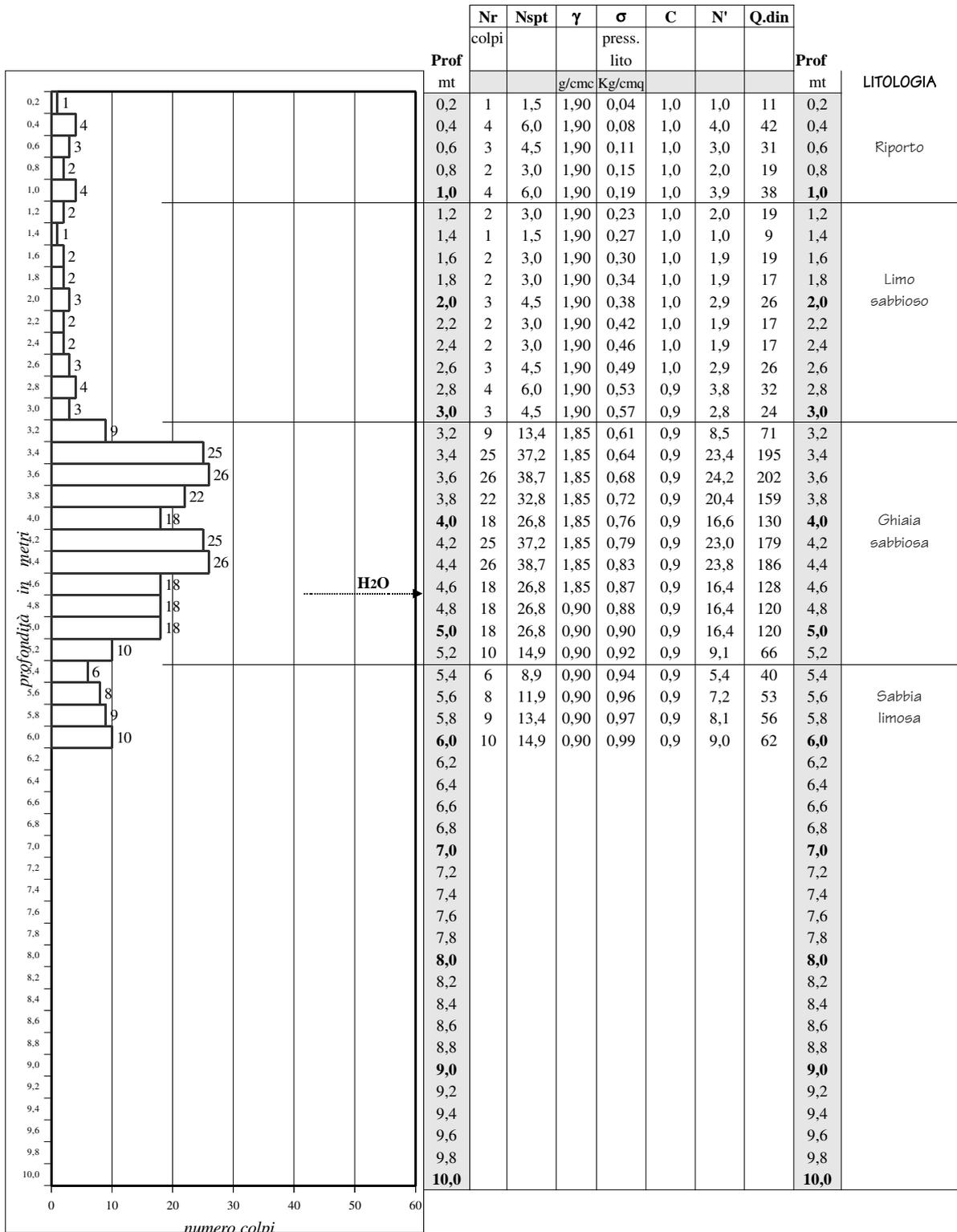
Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 2**

Committente: "Fashion Max"  
 Località: S.P. 150 Piane di Cienti, Montegrano (FM)  
 Comune:  
 Data: 27 Novembre 2009  
 Falda -4.56 mt pc  
 note:



Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100  
 Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)  
 Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

**PROVA DPSH 2**

Committente: "Fashion Max"

Località: S.P. 150 Piane di Cienti, Montegranaro (FM)

Data: 27 Novembre 2009

Falda -4.56 mt pc

LITOLOGIA	Prof mt	Nr colpi	Q.din	$\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	$\sigma$ Kg/cm <sup>2</sup>	NATURA COESIVA		NATURA GRANULARE				Prof mt	
						Cu	Ed	Dr	$\phi$	Es	rischio liquefazione		
						non drenat	edometrico	attrito	elasticità				
						Kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>			gradi	kg/cm <sup>2</sup>		
Riporto	0,2	1	11	1,90	0,04		25					0,2	
	0,4	4	42	1,90	0,08		101					0,4	
	0,6	3	31	1,90	0,11		75					0,6	
	0,8	2	19	1,90	0,15		46					0,8	
	<b>1,0</b>	4	38	1,90	0,19		92					<b>1,0</b>	
Limo sabbioso	1,2	2	19	1,90	0,23	0,70	46					1,2	
	1,4	1	9	1,90	0,27	0,43	23					1,4	
	1,6	2	19	1,90	0,30	0,69	45					1,6	
	1,8	2	17	1,90	0,34	0,66	42					1,8	
	<b>2,0</b>	3	26	1,90	0,38	0,83	62	49				<b>2,0</b>	
	2,2	2	17	1,90	0,42	0,66	41					2,2	
	2,4	2	17	1,90	0,46	0,65	41					2,4	
	2,6	3	26	1,90	0,49	0,83	61					2,6	
	2,8	4	32	1,90	0,53	0,95	76					2,8	
<b>3,0</b>	3	24	1,90	0,57	0,79	57					<b>3,0</b>		
Ghiaia sabbiosa	3,2	9	71	1,85	0,61				65	30,3	169		3,2
	3,4	25	195	1,85	0,64				>80	36,0	468		3,4
	3,6	26	202	1,85	0,68				>80	36,1	485		3,6
	3,8	22	159	1,85	0,72				>80	34,7	382		3,8
	<b>4,0</b>	18	130	1,85	0,76				>80	33,6	311		<b>4,0</b>
	4,2	25	179	1,85	0,79				>80	35,4	430	339	4,2
	4,4	26	186	1,85	0,83				>80	35,6	446		4,4
	4,6	18	128	1,85	0,87				>80	33,5	307		4,6
	4,8	18	120	0,90	0,88				>80	33,3	288		4,8
	<b>5,0</b>	18	120	0,90	0,90				>80	33,3	287		<b>5,0</b>
5,2	10	66	0,90	0,92				60	30,1	159		5,2	
Sabbia limosa	5,4	6	40	0,90	0,94				46	28,7	95		5,4
	5,6	8	53	0,90	0,96				53	29,3	127		5,6
	5,8	9	56	0,90	0,97				56	29,5	134	126	5,8
	<b>6,0</b>	10	62	0,90	0,99				59	29,8	149		<b>6,0</b>
	6,2												6,2
	6,4												6,4
	6,6												6,6
	6,8												6,8
	<b>7,0</b>												<b>7,0</b>
	7,2												7,2
	7,4												7,4
	7,6												7,6
	7,8												7,8
	<b>8,0</b>												<b>8,0</b>
	8,2												8,2
	8,4												8,4
8,6												8,6	
8,8												8,8	
<b>9,0</b>												<b>9,0</b>	
9,2												9,2	
9,4												9,4	
9,6												9,6	
9,8												9,8	
<b>10,0</b>												<b>10,0</b>	

Penetrometro dinamico super-pesante (DPSH) Pagani TG63-100

Maglio 63.5 Kg, Volata 75 cm., Punta conica diam. 51 mm. (area 23.43 cm<sup>2</sup>, apertura 60°)

Prova eseguita in assenza di aste di rivestimento

LEGENDA

- ingombro aree edificabili
- ingombro aree a parcheggi
- ingombro nuova isola ecologica
- ingombro area destinata a depuratore
- ingombro verde pubblico in progetto
- Sn ubicazione sondaggi geognostici
- Dpshn ubicazione prove penetr. dinamica super pesanti, effettuate e reperite
- Trm ubicazione indagini geofisiche HVSR (Tromino)
- tracce sezioni geologico-litotecniche

LEGENDA

- curve isopiezometriche (quote in mt slm)
- asse di drenaggio preferenziale sotterraneo

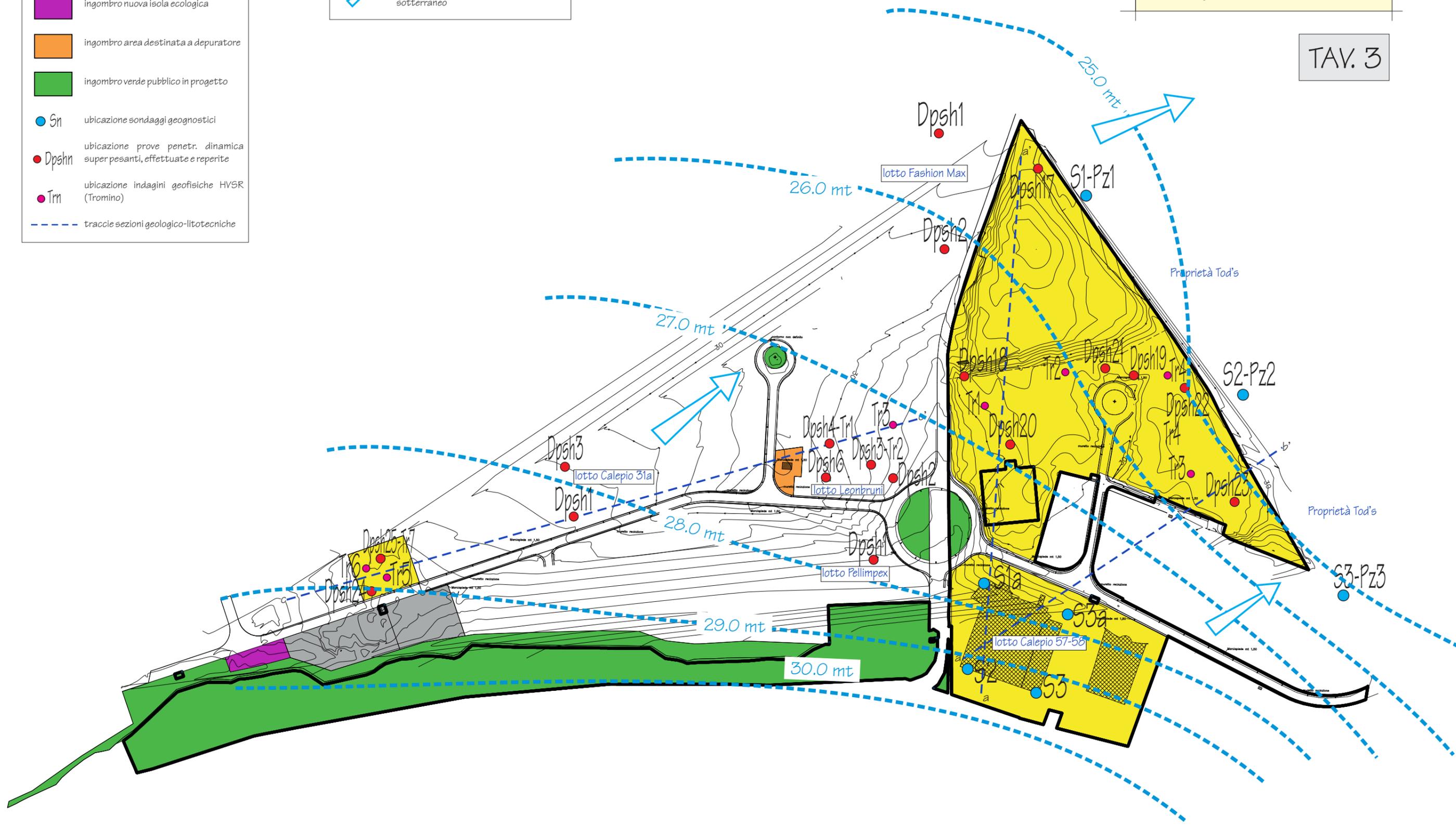
CARTA IDROGEOLOGICA

rapp. 1:4000

0 40 80 120 160 metri 200  
Scala grafica



TAV. 3



**LEGENDA**

- S<sub>n</sub> ubicazione sondaggi geognostici, effettuati e reperiti
- Dpshn ubicazione prove penetr. dinamica super pesanti, effettuate e reperite
- Trm ubicazione indagini geofisiche HVSR (Tromino)
- traccia sezioni geologico-litotecniche

UNITA' LITOTECNICHE	Caratteristiche granulometriche e proprietà tecniche	Caratteristiche genetiche UNITA' LITO-STRATIGRAFICHE
	Ghiaia e Ghiaia Sabbiosa a profondità < di 3.0 mt	depositi fluviali terrazzati grossolani
	Limi Sabbiosi e Sabbie Limose con spessore >3.0 mt	depositi fluviali terrazzati fini e medio-fini

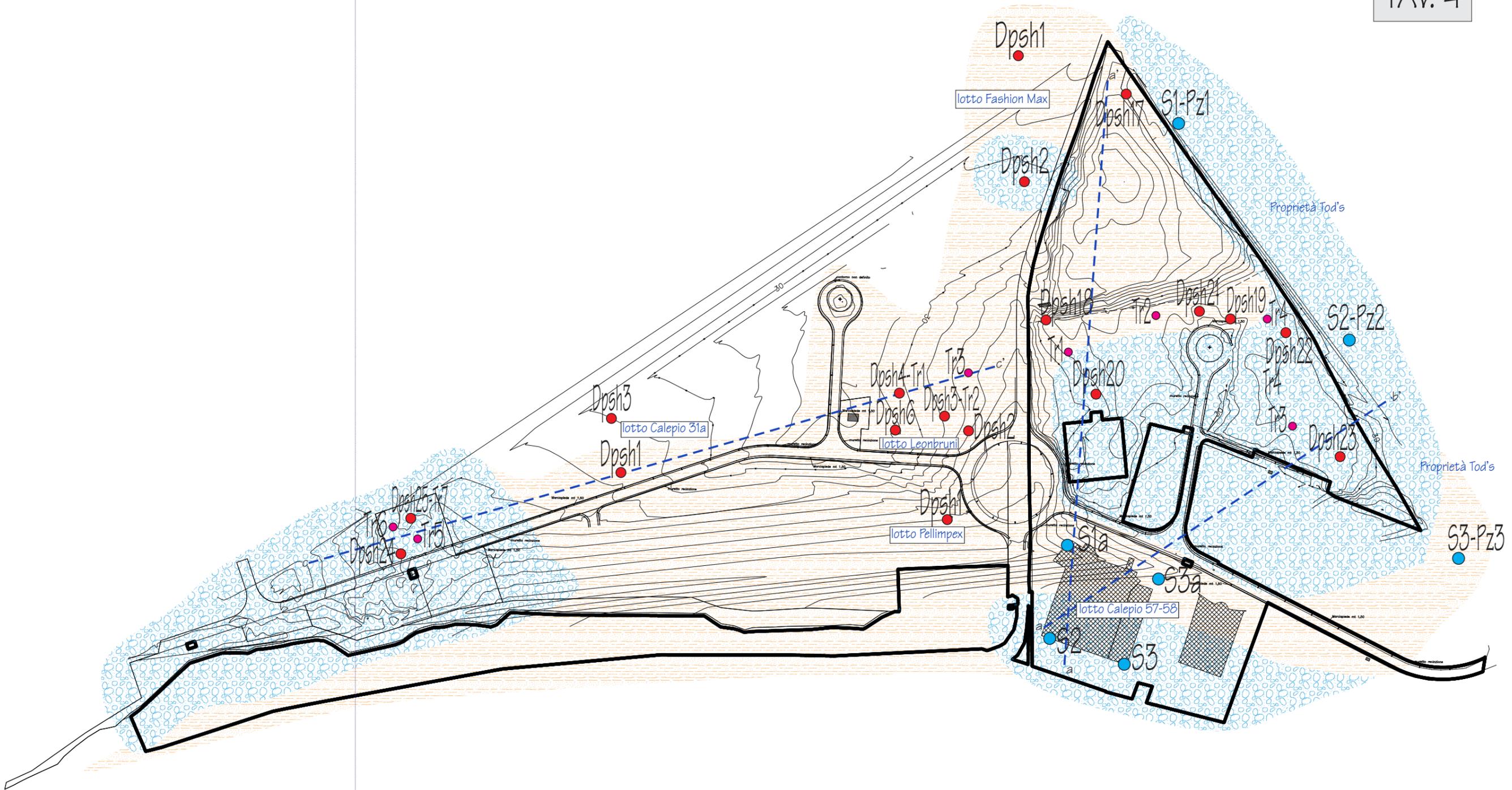


**CARTA  
LITOLOGICO - TECNICA**  
rapp. 1:4000

0 40 80 120 160 metri 200

Scala grafica

TAV. 4



**LEGENDA**

- S<sub>n</sub> ubicazione sondaggi geognostici, effettuati e reperiti
- Dpsh<sub>n</sub> ubicazione prove penetr. dinamica superpesanti, effettuate e reperite
- Tr<sub>n</sub> ubicazione indagini geofisiche HVSR (Tromino)
- traccia sezioni geologico-litotecniche

**GRADO DI PERICOLOSITA'**

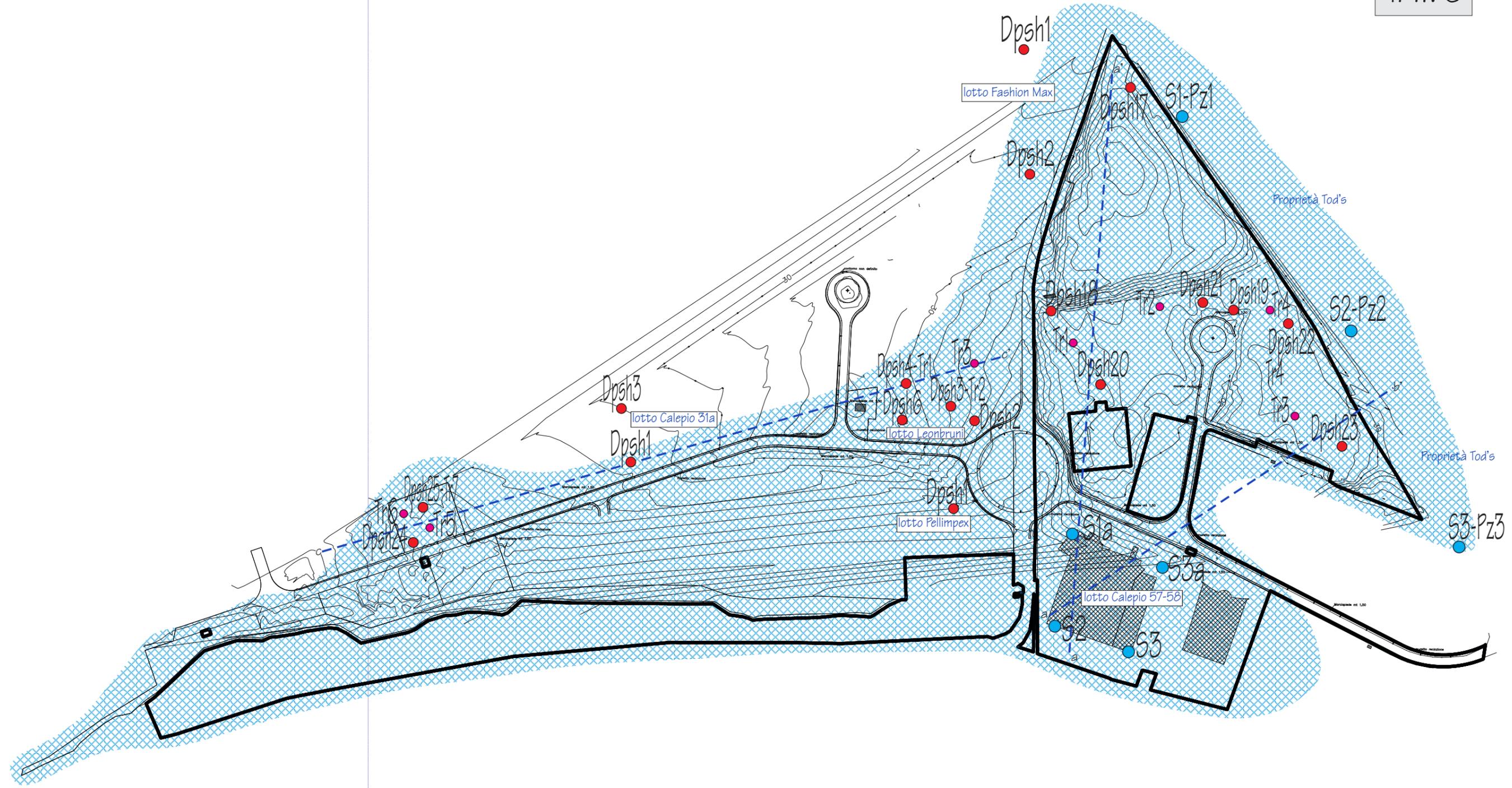
-  BASSO aree di fondovalle caratterizzate da depositi alluvionali, interessate da falda freatica di media profondità.

**CARTA DELLE PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE**  
rapp. 1:4000

0 40 80 120 160 metri 200  
Scala grafica



TAV. 5



**LEGENDA**

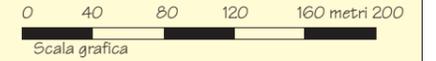
- S<sub>n</sub> ubicazione sondaggi geognostici, effettuati e reperiti
- Dpsh<sub>n</sub> ubicazione prove penetr. dinamica super pesanti, effettuate e reperite
- Tr<sub>n</sub> ubicazione indagini geofisiche HVSR (Tromino)
- traccia sezione geologico-litotecnica

Grado di pericolosità sismica locale rispetto al livello-base (livello C)	Tipologia delle situazioni	Possibili effetti in caso di terremoto
 BASSO	aree di fondovalle (terreni fini e/o grossolani con falda a media profondità)	amplificazione diffusa del moto del suolo dovuta alla differenza di risposta sismica tra substrato e copertura, con rischio di amplificazione sismica nel caso di strutture progettate con la medesima frequenza di risonanza del terreno. Esclusi rischi di liquefazione del terreno (vedi verifiche eseguite).

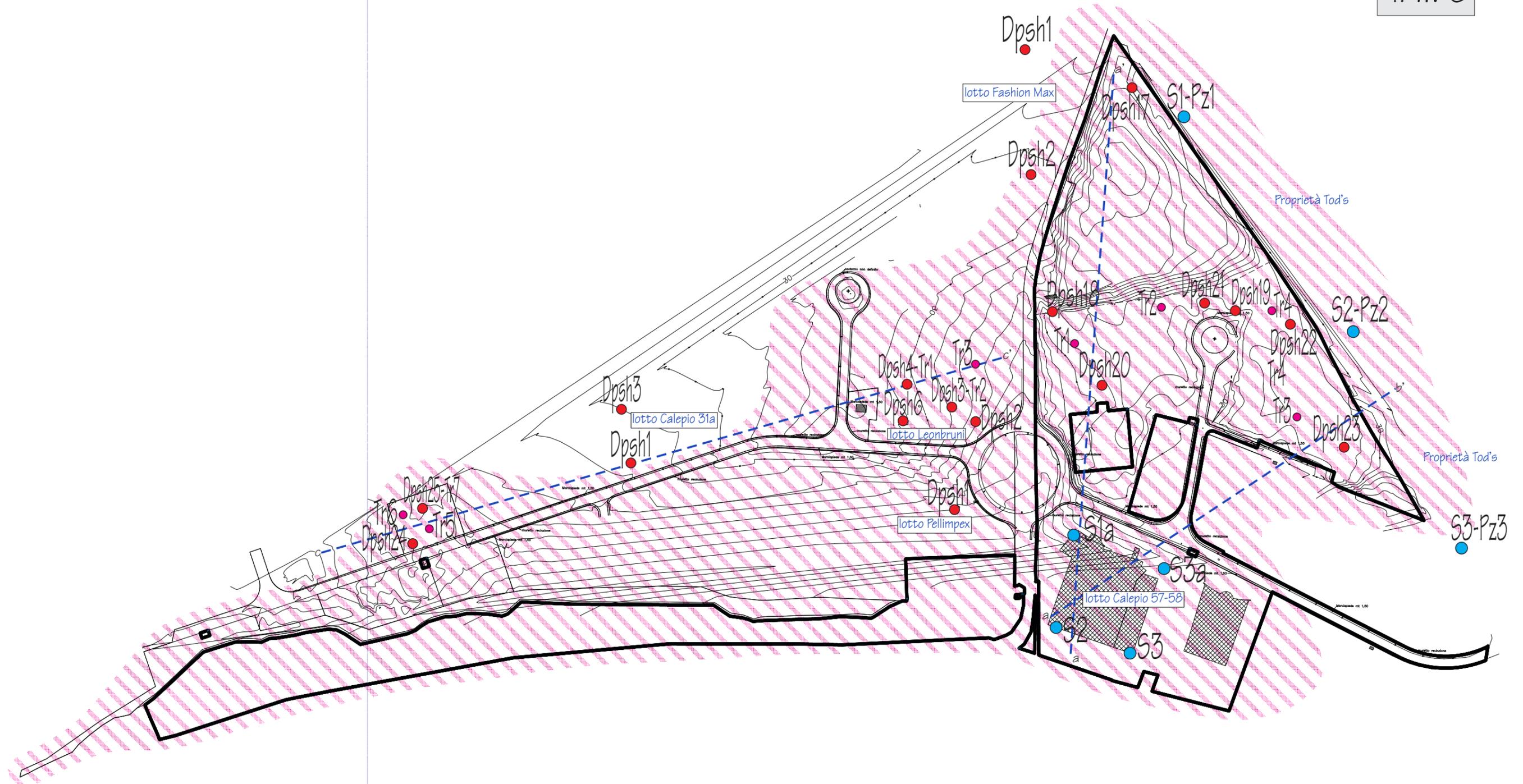


**CARTA DELLE PERICOLOSITÀ SISMICHE**

rapp. 1:4000



TAV. 6



**LEGENDA**

- S<sub>n</sub> ubicazione sondaggi geognostici, effettuati e reperiti
- Dpshn ubicazione prove penetr. dinamica super pesanti, effettuate e reperite
- Tr<sub>n</sub> ubicazione indagini geofisiche HVSR (Tromino)
- n.n Hz frequenze di risonanza del terreno
- traccia sezioni geologico-litotecniche

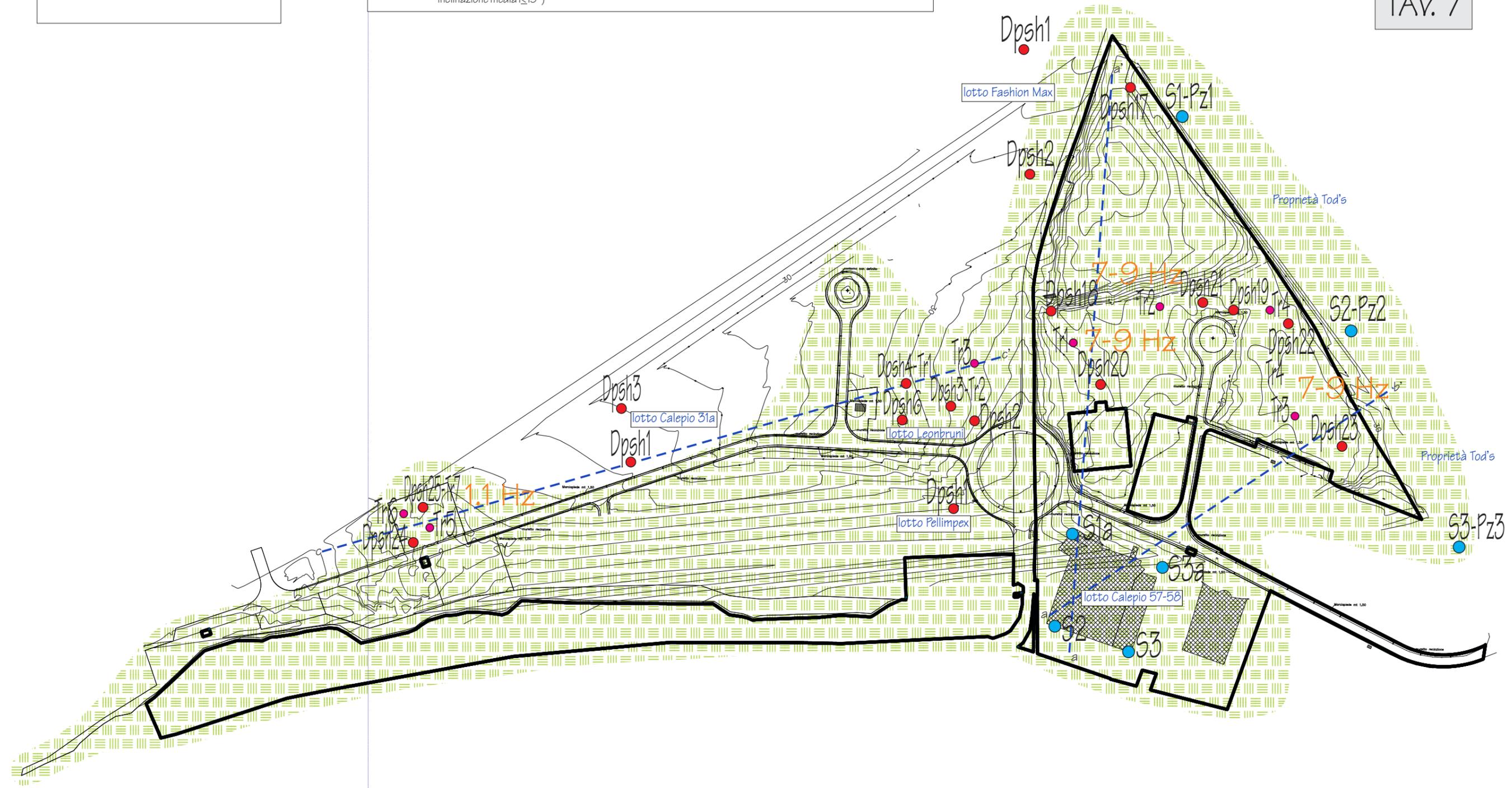
**CATEGORIE DI SUOLO**

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: #e0e0e0; border: 1px solid black; padding: 2px;">     </span> A Area caratterizzata da suoli di fondazione appartenenti alla <u>Categoria di sottosuolo A</u></li> <li><span style="background-color: #f0f0f0; border: 1px solid black; padding: 2px;">     </span> B Area caratterizzata da suoli di fondazione appartenenti alla <u>Categoria di sottosuolo B</u></li> <li><span style="background-color: #d0d0d0; border: 1px solid black; padding: 2px;">     </span> C Area caratterizzata da suoli di fondazione appartenenti alla <u>Categoria di sottosuolo C</u> con valori di <math>v_{s,eq}</math> compresi tra 315 e 355 m/s determinati mediante indagine geofisica HVSR (Tromino -tromografo digitale) e da una <u>Categoria topografia di T1</u> (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math>i \leq 15^\circ</math>)</li> </ul> | <p>Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17/01/2018</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="background-color: #c0c0c0; border: 1px solid black; padding: 2px;">     </span> D Area caratterizzata da suoli di fondazione appartenenti alla <u>Categoria di sottosuolo D</u></li> <li><span style="background-color: #a0a0a0; border: 1px solid black; padding: 2px;">     </span> E Area caratterizzata da suoli di fondazione appartenenti alla <u>Categoria di sottosuolo E</u></li> </ul> |
|--|--|

**CARTA MICROZONAZIONE SISMICA**  
 Norme Tecniche delle Costruzioni D.M. 17/01/2018  
 rapp. 1:4000

0 40 80 120 160 metri 200  
 Scala grafica

TAV. 7



**LEGENDA**

- Sn ubicazione sondaggi geognostici, effettuati e reperiti
- Dpshn ubicazione prove penetr. dinamica super pesanti, effettuate e reperite
- Trn ubicazione indagini geofisiche HVSR (Tromino)
- traccia sezioni geologico-litotecniche

**GRADO DI FATTIBILITA'**

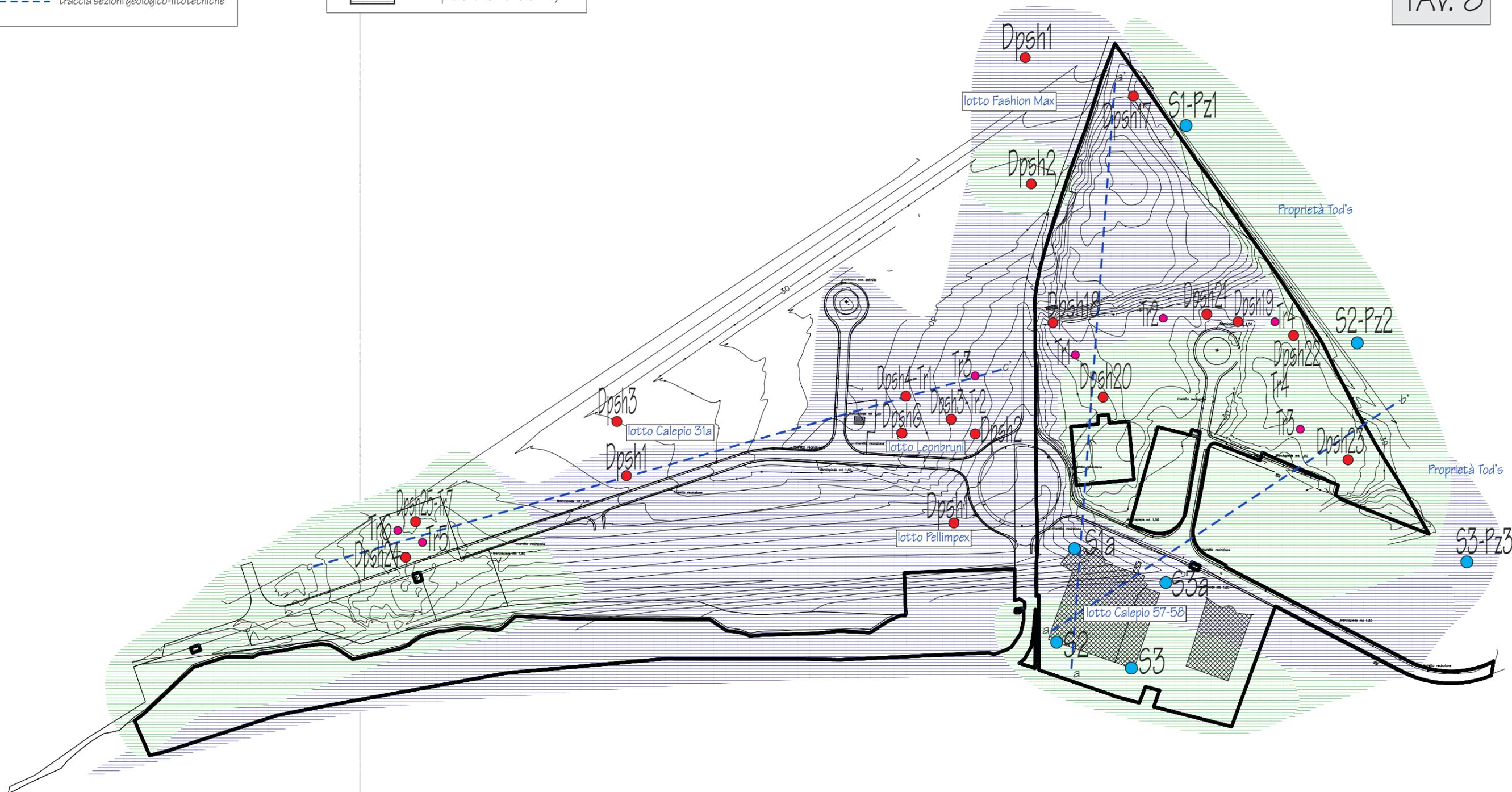
- ALTO (Ghiaia Superficiale)
- MEDIO - ALTO (Ghiaia a profondità >di 3.0 mt)

**CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA**  
rapp. 1:4000

0 40 80 120 160 metri 200  
Scala grafica

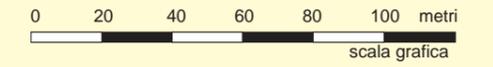


TAV. 8

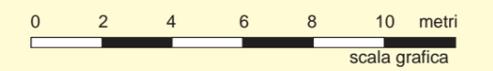


SEZIONE A-A'  
GEOLOGICO - LITOTECNICA

scala orizzontale 1:2000



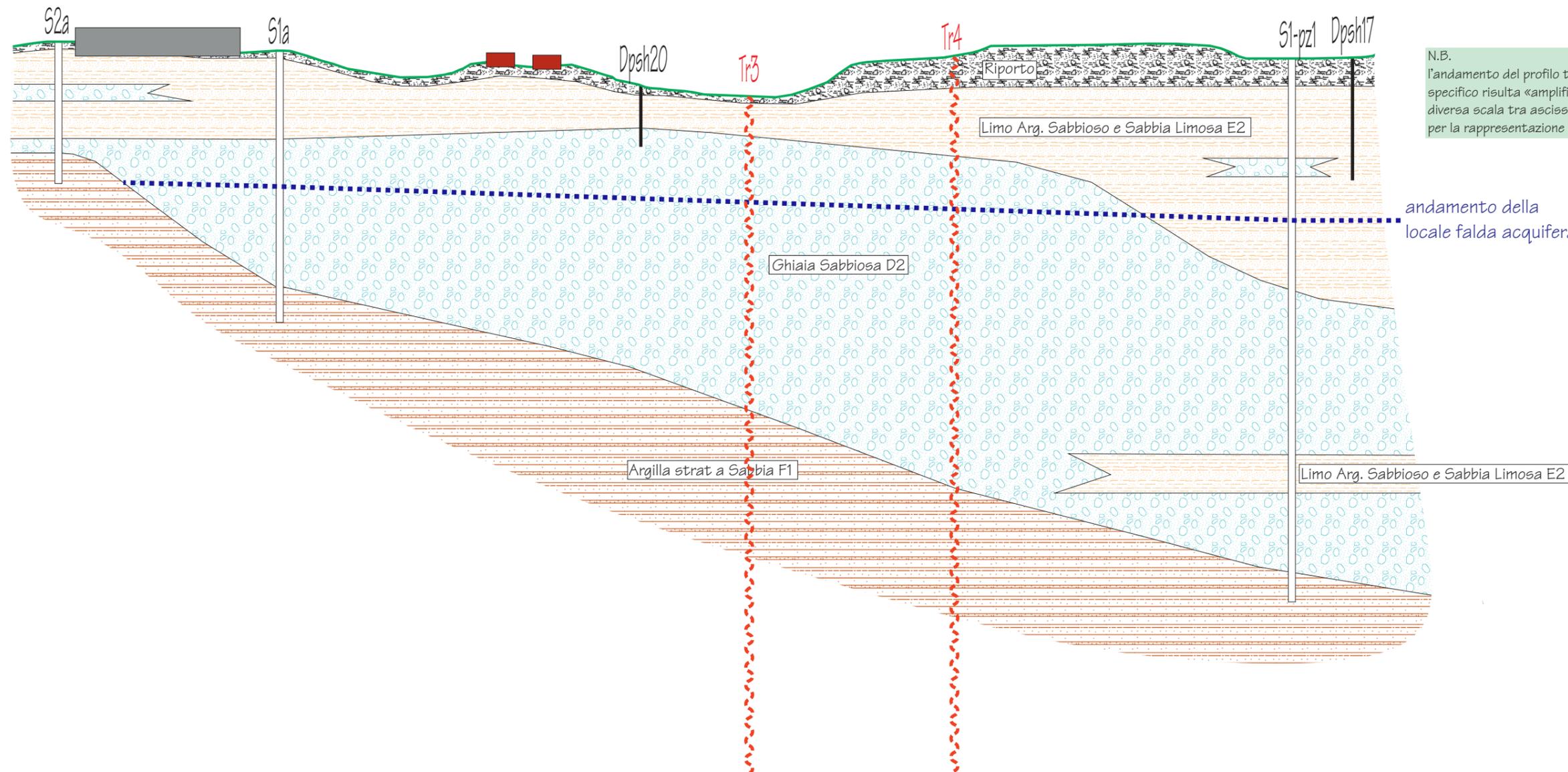
scala verticale 1:200



TAV. 9a

Sud

Nord



N.B.  
l'andamento del profilo topografico, nel caso specifico risulta «amplificato» per effetto della diversa scala tra ascisse ed ordinate utilizzata per la rappresentazione grafica della sezione.

andamento della locale falda acquifera

Argilla strat a Sabbia F1

Ghiaia Sabbiosa D2

Limo Arg. Sabbioso e Sabbia Limosa E2

Limo Arg. Sabbioso e Sabbia Limosa E2

S2a

S1a

Dpsh20

Tr3

Tr4

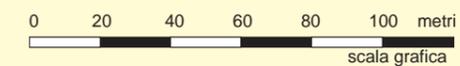
Riporto

S1-pz1

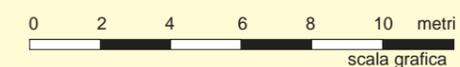
Dpsh17

SEZIONE A-A'  
GEOLOGICO - LITOTECNICA

scala orizzontale 1:2000



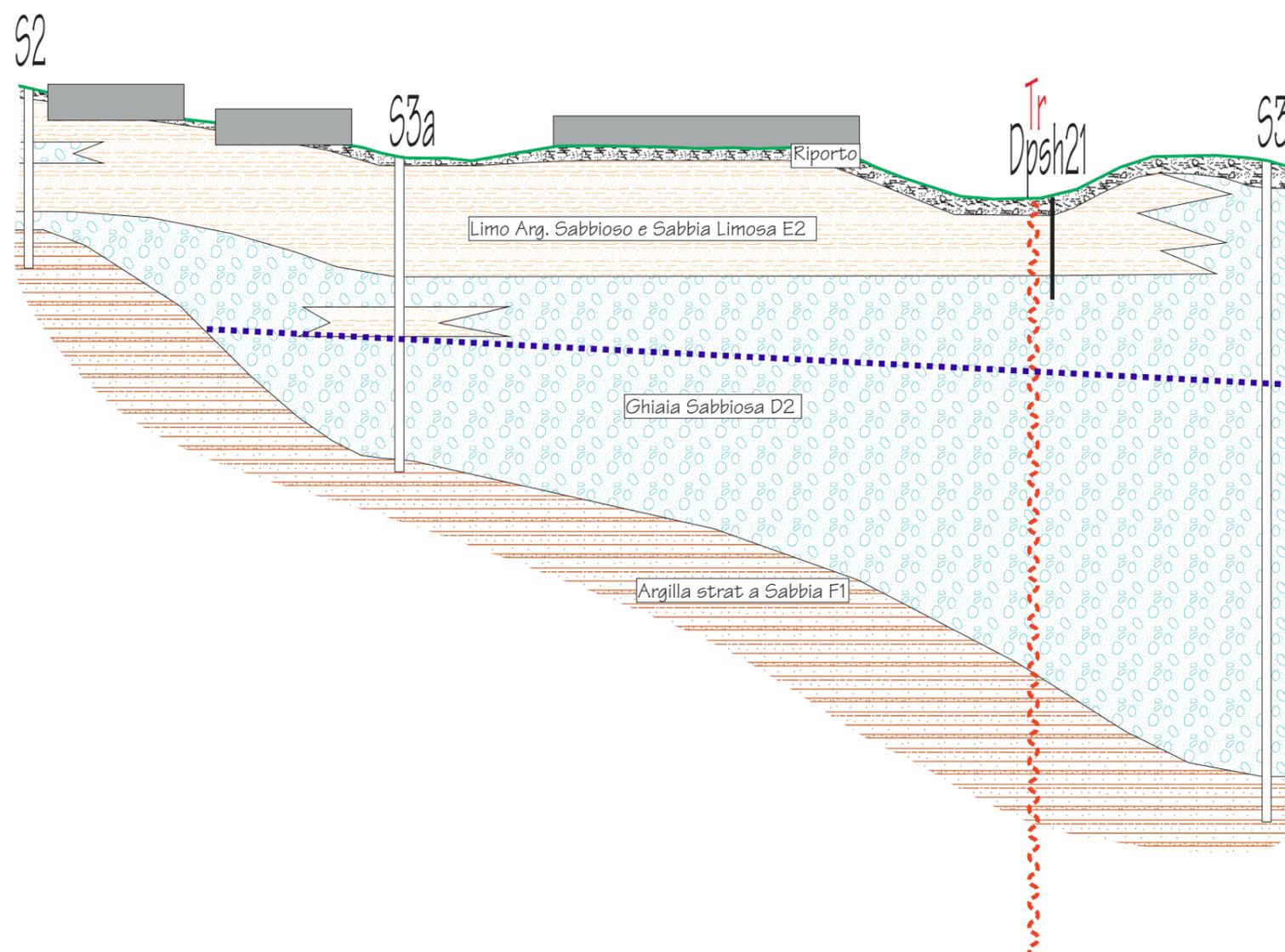
scala verticale 1:200



TAV. 9a

← Sud

Nord →



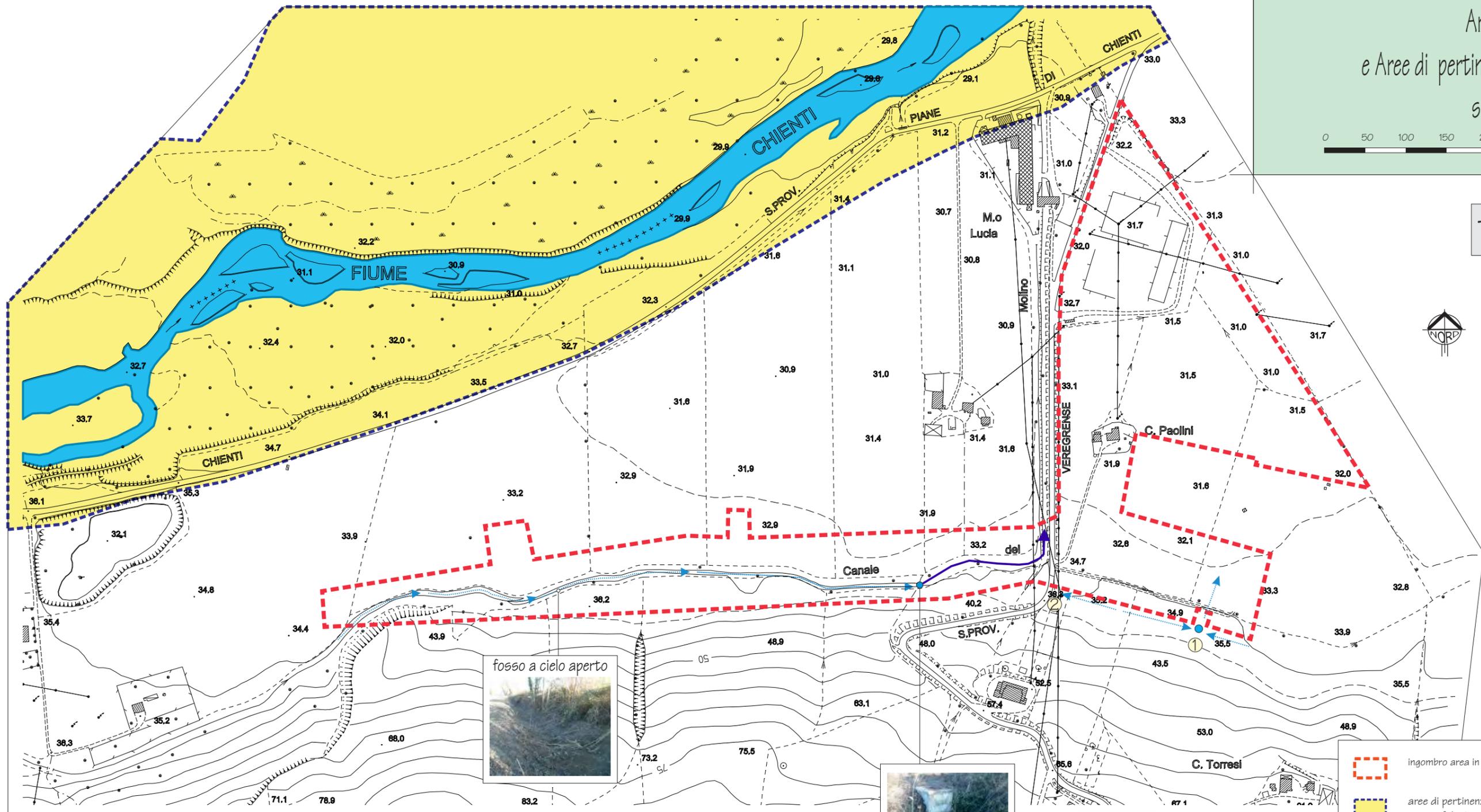
N.B.  
l'andamento del profilo topografico, nel caso specifico risulta «amplificato» per effetto della diversa scala tra ascisse ed ordinate utilizzata per la rappresentazione grafica della sezione.

CARTA GEOLOGICA e GEOMORFOLOGICA

Aree inondabili  
e Aree di pertinenza fluviale  
scala 1:5 000



TAV. 10



LEGENDA

-  ingombro area in esame
-  aree di pertinenza fluviale su base geomorfologica (Rischio Pai R3)
-  reticolo idrografico
-  canali di scolo antropici «a cielo aperto»
-  canali di drenaggio acque superficiali intubati

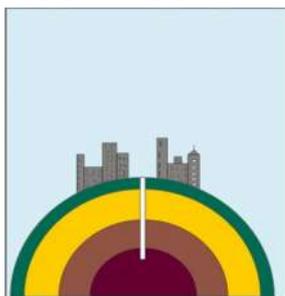
Dott. Massimo Basili GEOLOGO Via Fratte, 73 63821 PORTO SANTELPIDIO (FM) tel.0734.992797 e-mail: info@studiogeologiabasili.it pec:basili.geologo@pec.epap.it	Oggetto: <i>Indagine sismica a stazione singola</i>
	Località: <i>Piane Chienti</i> Montegranaro (FM) Data esecuzione rilievo: <i>09/01-08/02/2024</i> Committente: <i>Tod's spa</i>

## INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

**Progetto** di un piano di lottizzazione (*PL Piane Chienti*) da realizzare in località Piane Chienti, nel comune di Montegranaro (FM).

*Porto Sant'Elpidio, 21 Febbraio 2024*

*il geologo*  
**Dr. Massimo Basili**  
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE



## INDICE

PREMESSA	pag. 1
STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	pag. 3
TERRENI	pag. 3
Procedura di analisi dati per stazione singola H/V	pag. 3
Stazione Tr1	pag. 4
Stazione Tr2	pag. 7
Stazione Tr3	pag. 10
Stazione Tr7	pag. 12
APPENDICE	pag. 16
Oggetto della misura: Il microtremore sismico ambientale	pag. 16
La tecnica impiegata: Cenni storici	pag. 17

### PREMESSA

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la ricostruzione della profondità del locale sub-strato geologico (o meglio bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_{s,eq}$ ) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008 e dell'Aggiornamento del 17 Gennaio 2018. L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V. La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

-la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale, in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare manufatti aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi in caso di sisma;

-la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In quanto risulterà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;

-la **velocità media delle onde di taglio  $V_s$  e  $V_{s,eq}$**  calcolata tramite un apposito codice di calcolo. E' necessario in questo caso, per l'affidabilità del risultato conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio geognostico ecc..) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la  **$V_{s,eq}$**  e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dal DM 17/01/18; per depositi con profondità H del substrato sismico superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ .

-la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 mt. di profondità, anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 mt. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

### **STRUMENTAZIONE IMPIEGATA**

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino®, *Micromed spa*) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione, alimentato a batterie, senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz.

Sui terreni di sedime della lottizzazione in progetto è stata condotta, in data 09 Gennaio 2024 e in data 08 Febbraio 2024, un'indagine geofisica attraverso l'acquisizione di n.7 registrazioni a stazione singola, denominate Tr1, Tr2....Tr7 ubicate all'interno della lottizzazione in progetto come da planimetria allegata in appendice, scegliendo nell'interpretazione del presente studio le traccia Tr1, Tr2, Tr3 e Tr7 considerate qualitativamente migliori.

### **Procedura di analisi dati per stazioni singole H/V**

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero si ricava la curva H/V, secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005), secondo i seguenti parametri:

- > larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- > lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale,
- > rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

La curva H/V viene riprodotta creando una serie di modelli sintetici (*che contemplano la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiori in sistemi multistrato*), fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. Tale operazione è possibile esclusivamente in presenza di un vincolo che può essere la profondità, nota tramite prove dirette (prova penetrometrica eseguita in situ), di un riflettore sismico il cui marker sia riconoscibile nelle curve H/V (Castellaro e Mulargia, 2008) o la velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) del primo strato nota da altre indagini. Nel caso specifico si sono ottenuti i seguenti risultati:

### Stazione Tr1

In Figura 1 sono riprodotti gli spettri dei singoli canali N-S, E-W e componente verticale registrati sul lotto oggetto di studio.

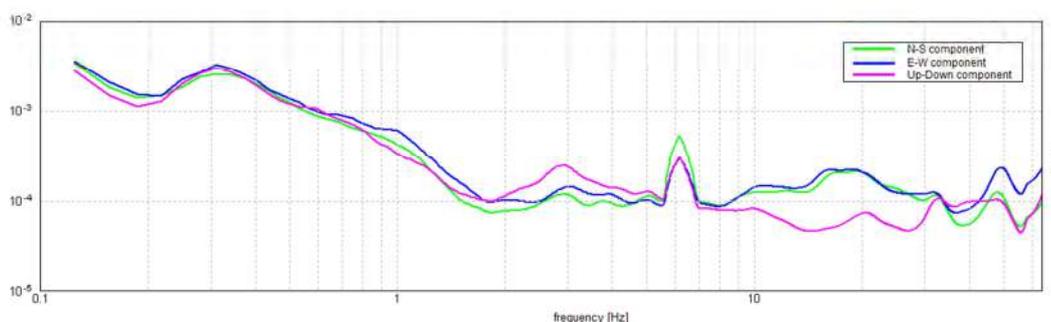


figura 1

In Figura 2 è riprodotta la curva H/V teorica derivante dal modello di sottosuolo di Figura 3, sovrapposta alla curva H/V sperimentale registrata nel sito in oggetto. Si osserva una buona congruenza tra le due curve.

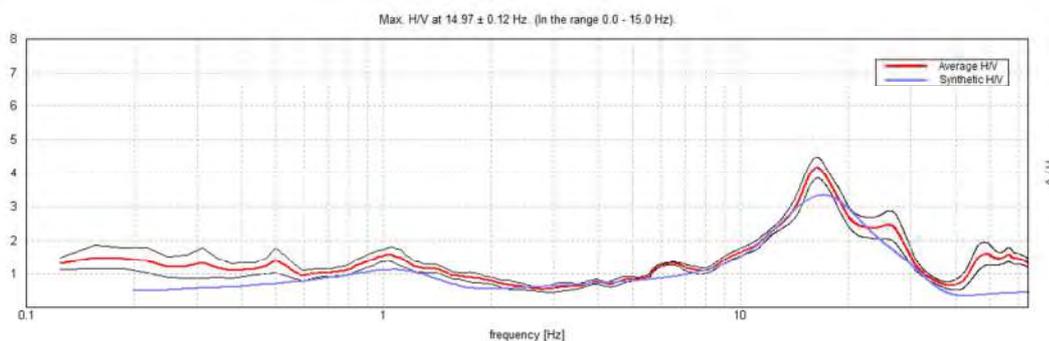


figura 2. Confronto tra la curva H/V sperimentale relativa al sito in oggetto (media in rosso e intervallo di confidenza al 95% in nero) e la curva H/V teorica ottenuta per il modello di sottosuolo di Tabella 1

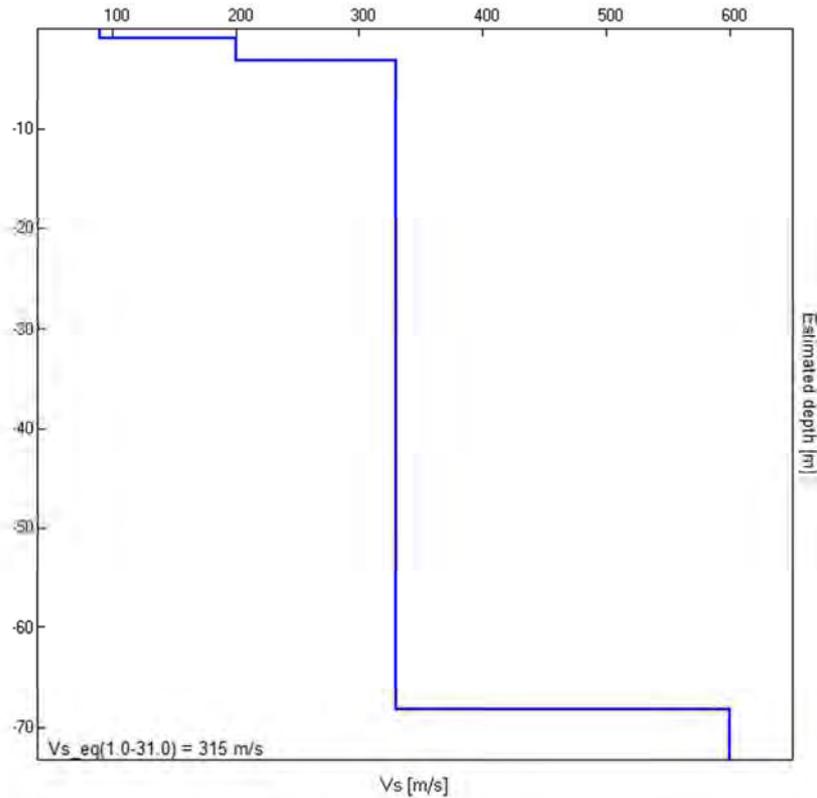


figura 3. Modello di velocità delle onde di taglio per il sito in oggetto.

Profondità	Spessore (m)	Vs (m/s)	Coefficiente di Poisson
0.90	0.90	90	0.35
3.20	2.30	200	0.35
68.20	65	330	0.25
inf.	0.00	630	0.45

tabella 1. Modello di sottosuolo per il sito in oggetto.

E' stato quindi possibile stimare la  $V_{s_{equ}}$ , tramite la formula:

$$\hat{V}_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}}$$

dove

$v_s$  = valore di velocità delle onde di taglio (m/s)

$H$  = profondità (m) alla quale si desidera stimare  $v_s$  (30 metri in caso di  $v_{s30}$ )

$h_i$  = spessore dello strato  $i$  - esimo (m)

la velocità delle onde  $V_{s,eq}$ , come esplicitamente richiesto dalle **Norme Tecniche per le Costruzioni**, D.M. 17/01/2018, nel caso specifico è stata calcolata, a partire da -1.0 mt. dall'attuale piano di campagna, ottenendo:

$$V_{s_{equ}}(1.0-31.0) = 315 \text{ m/s}$$

Nella tabella seguente, s'illustra la qualità del segnale acquisito in base al progetto *Sesame* (linee guida 2005). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri, si osserva, quindi, che il picco a 14.97 Hz soddisfa i criteri e va pertanto assunto come frequenza fondamentale di risonanza del sito.

---

LINEE GUIDA SESAME (2005)	
Picco H/V a 14.97 ± 0.12 Hz (nell'intervallo 0.0 - 15.0 Hz).	
$f_0 > 10 / L_w$ :	14.97 > 0.50 [ OK ]
$nc(f_0) > 200$ :	8382.5 > 200 [ OK ]
$sA(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$	
$sA(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 720 [ OK ]
.....	
Esiste f- in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$ :	10.313 Hz [ OK ]
Esiste f+ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ :	29.344 Hz [ OK ]
$A_0 > 2$ :	3.47 > 2 [ OK ]
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :	10.007771 < 0.05 [ OK ]
$sf < e(f_0)$ :	0.11633 < 0.74844 [ OK ]
$sA(f_0) < q(f_0)$ :	0.3436 < 1.58 [ OK ]

---

Nel caso specifico, quindi, per il frustolo di terreno in oggetto in corrispondenza della prova Tr1 è stato determinato, attraverso l'esecuzione dell'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, un valore di  $V_{s_{equ}}$  di **315 m/sec**, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata, nel caso il progettista volesse adottare la procedura semplificata per il dimensionamento delle future opere previste all'interno del piano di lottizzazione, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 17/01/18) ad una ad una "**categoria di suolo di tipo "C"**", ovvero depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Mentre nel caso tale categoria non fosse ritenuta, da parte del progettista, sufficientemente rappresentativa del sito, in considerazione del fatto che la procedura semplificata tramite abachi nazionali non risulta, a volte, corretta,

essendo stata creata tramite modelli che difficilmente riescono a riprodurre il comportamento dinamico dei terreni locali, si dovrà necessariamente implementare lo studio attraverso una valutazione specifica dell'azione sismica di progetto (*Risposta Sismica Locale*), intesa come la determinazione dell'azione sismica attesa in un punto (*piano di fondazione dell'opera in esame*) a seguito di una sollecitazione sismica che si propaga nel sottosuolo a partire da un ipocentro.

In tutti i casi, nella valutazione della categoria di suolo e nell'approccio alla progettazione delle strutture previste all'interno della lottizzazione in prossimità della registrazione Tr1, non vanno comunque trascurate le informazioni acquisite con l'indagine sismica circa la frequenza di risonanza del sito. Infatti, nel caso specifico, trascurando le frequenze superiori a 10 Hz da considerarsi ingegneristicamente non significative, è stata individuata una **frequenza caratteristica di risonanza del terreno compresa tra 7 e 9 Hz**, a significare che il terreno in questione amplifica le onde di superficie (*ed in misura leggermente diversa quelle S*) a quella frequenza rispetto all'input su bedrock di riferimento. Ovviamente sarà cura del progettista, al fine di evitare pericolosi fenomeni di doppia risonanza in caso di sisma, progettare le future strutture previste dalla lottizzazione frequenze fondamentali di oscillazione lontane (*superiori per un fattore di moltiplicazione di almeno 1.4, o meglio, minori*) da quelle tipiche del terreno nel sito specifico di edificazione.

### Stazione Tr2

In Figura 1 sono riprodotti gli spettri dei singoli canali N-S, E-W e componente verticale registrati sul lotto oggetto di studio.

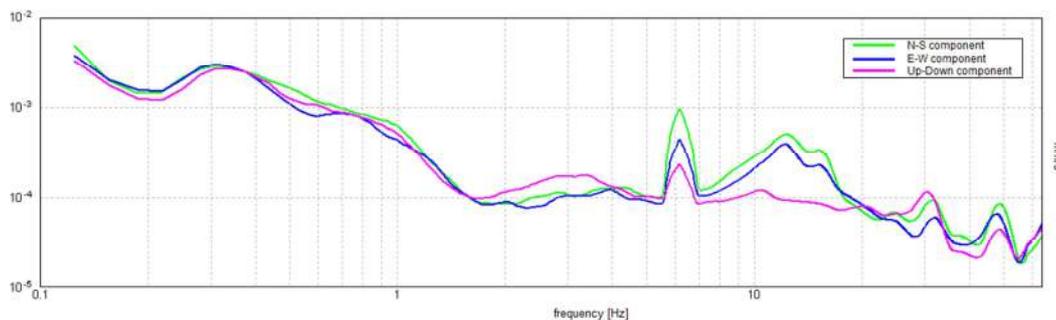


figura 1

In Figura 2 è riprodotta la curva H/V teorica derivante dal modello di sottosuolo di Figura 3, sovrapposta alla curva H/V sperimentale registrata nel sito in oggetto. Si osserva una buona congruenza tra le due curve.

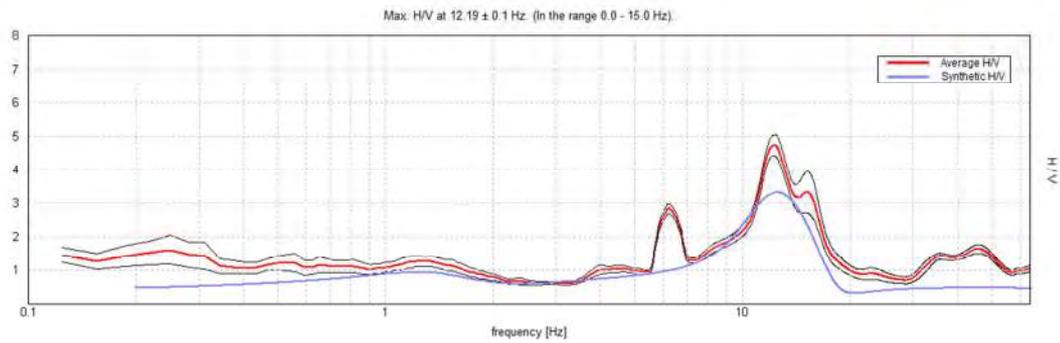


figura 2. Confronto tra la curva H/V sperimentale relativa al sito in oggetto (media in rosso e intervallo di confidenza al 95% in nero) e la curva H/V teorica ottenuta per il modello di sottosuolo di Tabella 1

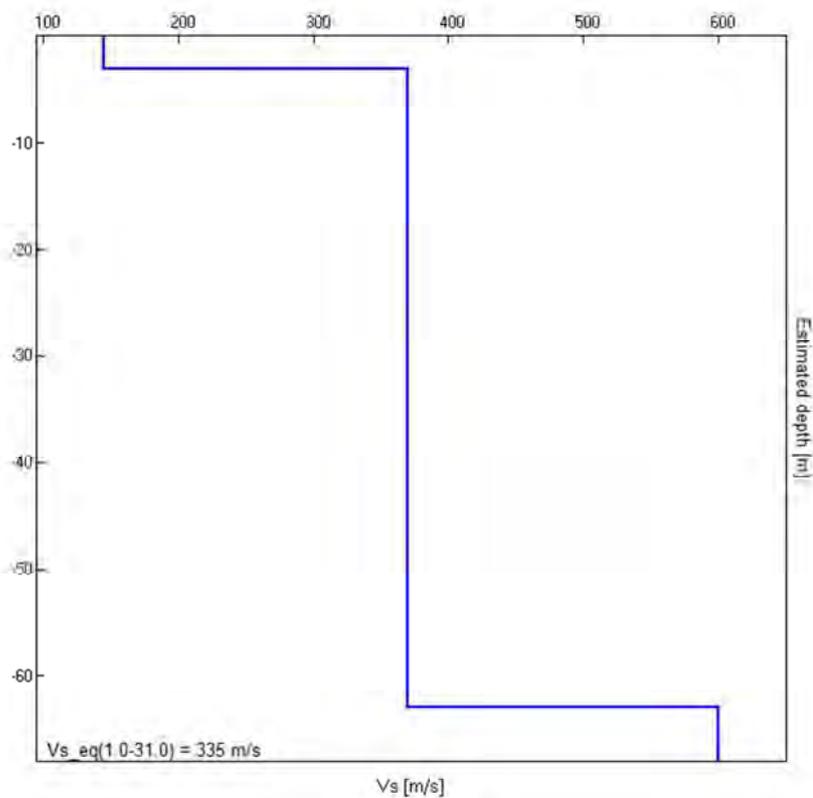


figura 3. Modello di velocità delle onde di taglio per il sito in oggetto.

Profondità	Spessore (m)	Vs (m/s)	Coefficiente di Poisson
3.00	3.00	145	0.35
63.00	60.00	370	0.25
inf.	0.00	630	0.45

tabella 1. Modello di sottosuolo per il sito in oggetto.

la velocità delle onde  $V_{s,eq}$ , per il punto Tr2, utilizzando le medesime relazioni precedentemente esposte e calcolata ancora a partire da 1.0 mt. dal pc., si è ottenuto:

$$V_{s_{equ}}(1.0-31.0) = 335 \text{ m/s}$$

Anche in questo caso risulta verificata la qualità del segnale ai criteri *Sesame*, con un picco fondamentale di risonanza a 12.19 Hz.

---

LINEE GUIDA SESAME (2005)  
 Picco H/V a 12.19 ± 0.1 Hz (nell'intervallo 0.0 - 15.0 Hz).  
 $f_0 > 10 / L_w$ : 12.19 > 0.50 [ OK ]  
 $nc(f_0) > 200$ : 7068.8 > 200 [ OK ]  
 $sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$   
 $sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 586 [ OK ]

.....

$\text{Esiste } f^- \text{ in } [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ : 10.313 Hz [ OK ]  
 $\text{Esiste } f^+ \text{ in } [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ : 16.531 Hz [ OK ]  
 $A_0 > 2$ : 4.74 > 2 [ OK ]  
 $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ : 10.008331 < 0.05 [ OK ]  
 $s_f < e(f_0)$ : 0.10151 < 0.60938 [ OK ]  
 $sA(f_0) < q(f_0)$ : 0.3066 < 1.58 [ OK ]

---

Nel caso specifico, quindi, per il frustolo di terreno in oggetto in corrispondenza della prova Tr2 è stato determinato, attraverso l'esecuzione dell'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, un valore di  $V_{s_{equ}}$  di **335 m/sec**, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata, nel caso il progettista volesse adottare la procedura semplificata per il dimensionamento delle future opere previste all'interno del piano di lottizzazione, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 17/01/18) ad una ad una **"categoria di suolo di tipo "C"**, ovvero *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*, con una frequenza caratteristica di risonanza, trascurando le frequenze superiori a 10 Hz da considerarsi ingegneristicamente non significative, **del terreno compresa anche in questo caso tra 7 e 9 Hz.**

## Stazione Tr3

In Figura 1 sono riprodotti gli spettri dei singoli canali N-S, E-W e componente verticale registrati sul lotto oggetto di studio.

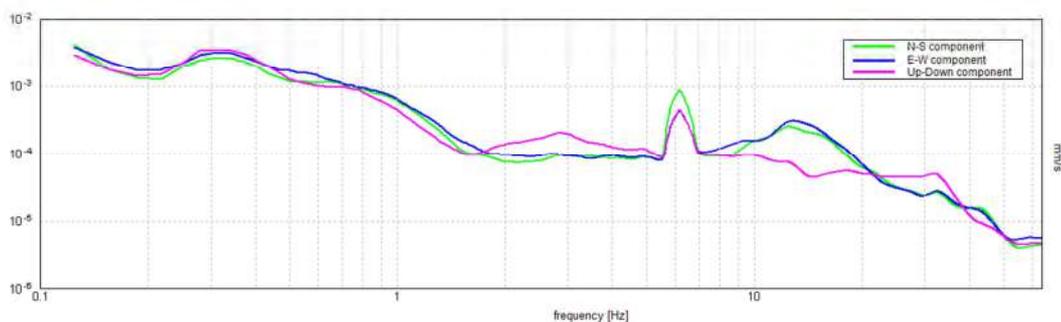


figura 1

In Figura 2 è riprodotta la curva H/V teorica derivante dal modello di sottosuolo di Figura 3, sovrapposta alla curva H/V sperimentale registrata nel sito in oggetto. Si osserva una buona congruenza tra le due curve.

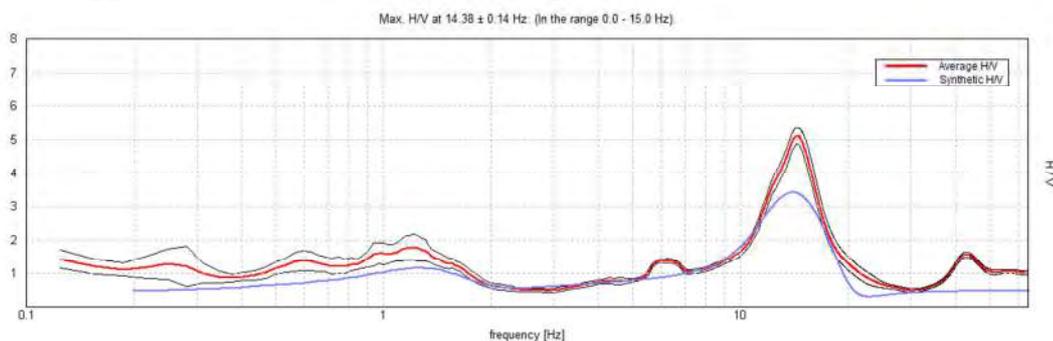


figura 2. Confronto tra la curva H/V sperimentale relativa al sito in oggetto (media in rosso e intervallo di confidenza al 95% in nero) e la curva H/V teorica ottenuta per il modello di sottosuolo di Tabella 1

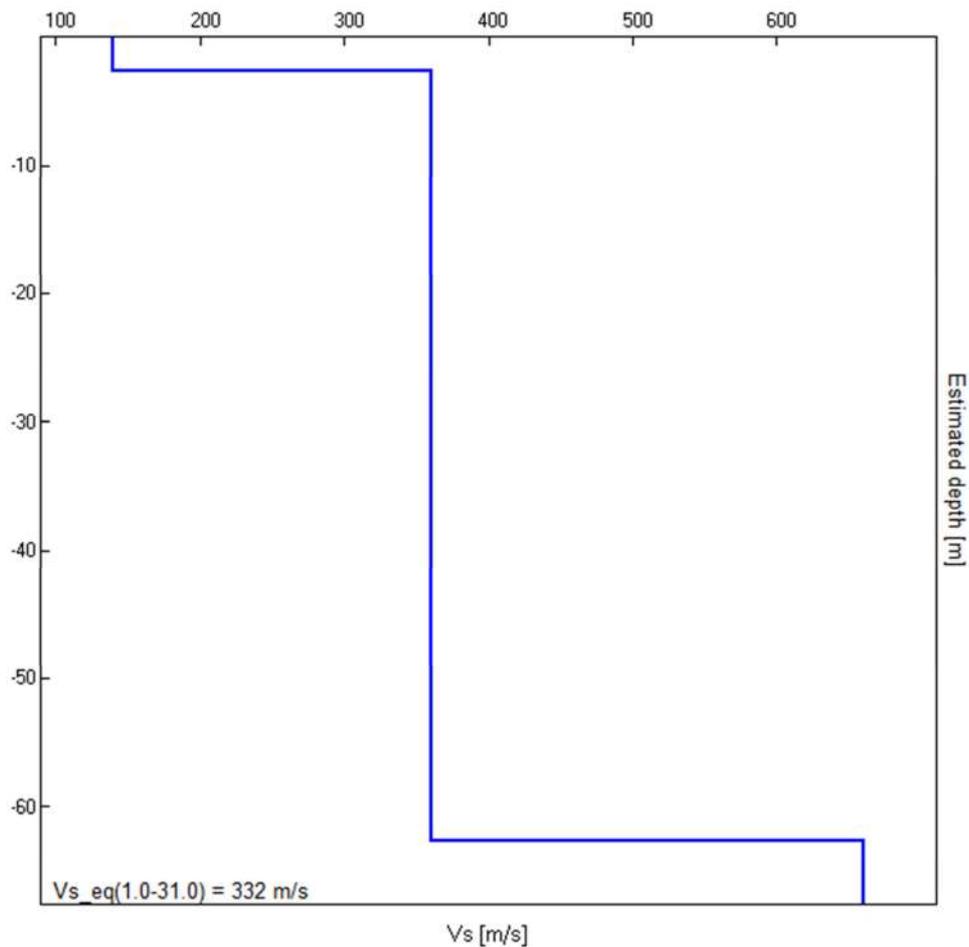


figura 3. Modello di velocità delle onde di taglio per il sito in oggetto.

Profondità	Spessore (m)	Vs (m/s)	Coefficiente di Poisson
2.60	2.60	140	0.35
62.60	60.00	360	0.25
inf.	0.00	660	0.45

tabella 1. Modello di sottosuolo per il sito in oggetto.

la velocità delle onde  $V_{s,eq}$ , per il punto Tr3, utilizzando le medesime relazioni precedentemente esposte e calcolata ancora a partire da 1.0 mt. dal pc., si è ottenuto:

$$V_{s_{equ}}(1.0-31.0) = 332 \text{ m/s}$$

Anche in questo caso risulta verificata la qualità del segnale ai criteri *Sesame*, con un picco fondamentale di risonanza a 14.38 Hz.

LINEE GUIDA SESAME (2005)  
 Picco H/V a  $14.38 \pm 0.14$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 15.0 Hz).  
 $f_0 > 10 / L_w$ :  $14.38 > 0.50$  [ OK ]  
 $nc(f_0) > 200$ :  $7475.0 > 200$  [ OK ]  
 $\varepsilon A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5$ Hz  
 $\varepsilon A(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5$ Hz Superato 0 volte su 691 [ OK ]  
 .....  
 Esiste f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ :  $11.281$  Hz [ OK ]  
 Esiste f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ :  $17.156$  Hz [ OK ]  
 $A_0 > 2$ :  $5.11 > 2$  [ OK ]  
 $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \varepsilon A(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $10.009671 < 0.05$  [ OK ]  
 $\varepsilon f < e(f_0)$ :  $0.13895 < 0.71875$  [ OK ]  
 $\varepsilon A(f_0) < q(f_0)$ :  $0.2417 < 1.58$  [ OK ]

Nel caso specifico, quindi, per il frustolo di terreno in oggetto in corrispondenza della prova Tr3 è stato determinato, attraverso l'esecuzione dell'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, un valore di  $V_{s_{equ}}$  di **332 m/sec**, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata, nel caso il progettista volesse adottare la procedura semplificata per il dimensionamento delle future opere previste all'interno del piano di lottizzazione, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 17/01/18) ad una ad una **"categoria di suolo di tipo "C"**, ovvero depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s., con una frequenza caratteristica di risonanza, trascurando le frequenze superiori a 10 Hz da considerarsi ingegneristicamente non significative, **del terreno compresa anche in questo caso tra 7 e 9 Hz.**

### Stazione Tr7

In Figura 1 sono riprodotti gli spettri dei singoli canali N-S, E-W e componente verticale registrati sul lotto oggetto di studio.

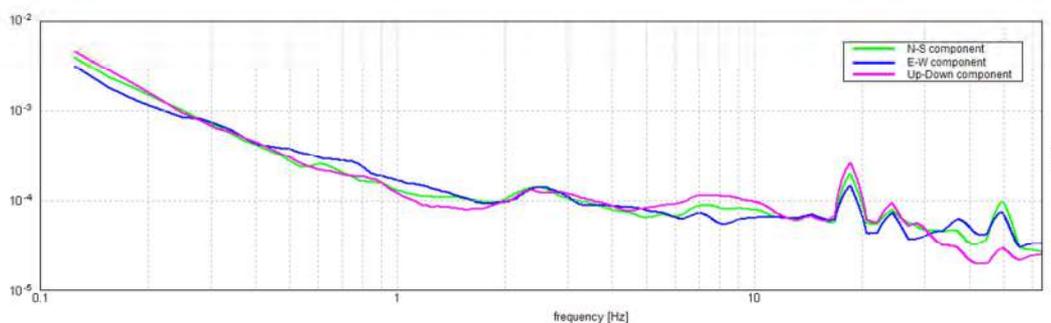


figura 1

In Figura 2 è riprodotta la curva H/V teorica derivante dal modello di sottosuolo di Figura 3, sovrapposta alla curva H/V sperimentale registrata nel sito in oggetto. Si osserva una buona congruenza tra le due curve.

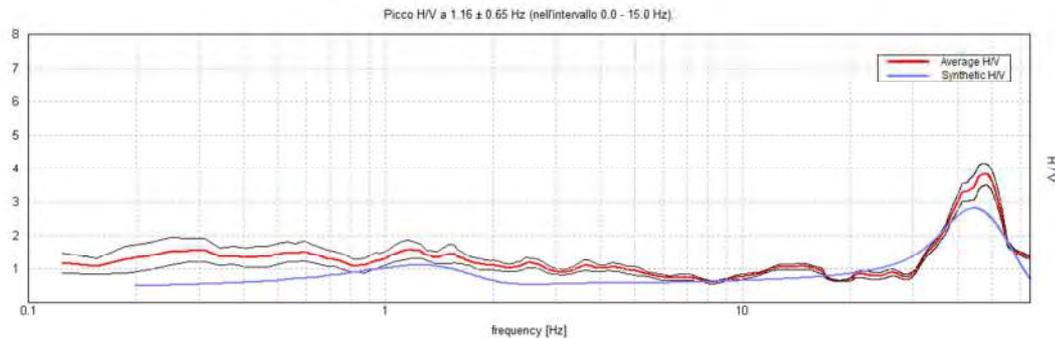


figura 2. Confronto tra la curva H/V sperimentale relativa al sito in oggetto (media in rosso e intervallo di confidenza al 95% in nero) e la curva H/V teorica ottenuta per il modello di sottosuolo di Tabella 1

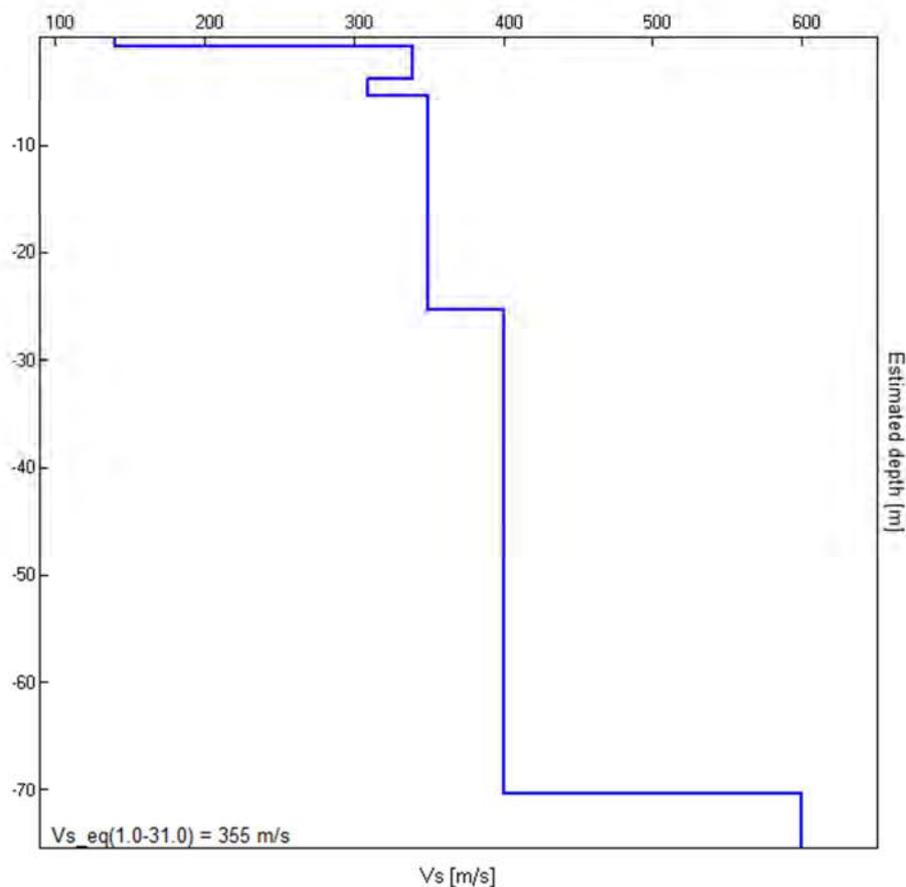


figura 3. Modello di velocità delle onde di taglio per il sito in oggetto.

Profondità	Spessore (m)	Vs (m/s)	Coefficiente di Poisson
0.80	0.80	140	0.35
3.80	3.00	340	0.25
5.30	1.50	310	0.35
25.30	20.00	350	0.25
70.30	45.00	400	0.45
inf.	0.00	600	0.45

tabella 1. Modello di sottosuolo per il sito in oggetto.

la velocità delle onde  $V_{s,eq}$ , per il punto Tr7, utilizzando le medesime relazioni precedentemente esposte e calcolata ancora a partire da 1.0 mt. dal pc., si è ottenuto:

$$V_{s_{equ}}(1.0-31.0) = 355 \text{ m/s}$$

Anche in questo caso risulta verificata la qualità del segnale ai criteri *Sesame*, con un picco fondamentale di risonanza a 1.16 Hz.

---

LINEE GUIDA SESAME (2005)  
 Picco H/V a  $1.16 \pm 0.65$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 15.0 Hz).  
 $f_0 > 10 / L_w$ :  $1.16 > 0.50$  [ OK ]  
 $n_c(f_0) > 200$ :  $647.5 > 200$  [ OK ]  
 $s_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$   
 $s_A(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Superato 0 volte su 56 [ OK ]  
 .....  
 -1.0 Hz [ NO ]  
 Esiste  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : -1.0 Hz [ NO ]  
 $A_0 > 2$ :  $1.59 > 2$  [ NO ]  
 $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm s_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $10.564531 < 0.05$  [ NO ]  
 $s_f < e(f_0)$ :  $0.65273 < 0.11563$  [ NO ]  
 $s_A(f_0) < q(f_0)$ :  $0.2955 < 1.78$  [ OK ]

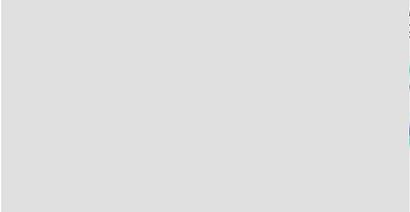
---

Nel caso specifico, quindi, per il frustolo di terreno in oggetto in corrispondenza della prova Tr7 è stato determinato, attraverso l'esecuzione dell'indagine geofisica mediante tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, un valore di  $V_{s_{equ}}$  di **355 m/sec**, pertanto alla luce dei risultati della sismica effettuata, nel caso il progettista volesse adottare la procedura semplificata per il dimensionamento delle future opere previste all'interno del piano di lottizzazione, il suolo di fondazione in oggetto può essere assimilato, facendo riferimento alla normativa vigente (DM 17/01/18) ad una ad una "**categoria di suolo di tipo "C"**", ovvero depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà

*meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s., con una frequenza caratteristica di risonanza, trascurando le frequenze superiori a 10 Hz da considerarsi ingegneristicamente non significative, del terreno prossima in questo caso 1.1 Hz.*

*Porto Sant'Elpidio, 21 Febbraio 2024*

*il geologo*  
**Dr. Massimo Basili**  
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE  
lista  
(89)



## APPENDICE

### TECNICHE DI INVERSIONE PER MISURE A STAZIONE SINGOLA

#### **Oggetto della misura: il microtremore sismico ambientale**

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato, oltre che dall'attività dinamica terrestre, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso e pianeggiante presenta l'andamento illustrato in Figura 27. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie o anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

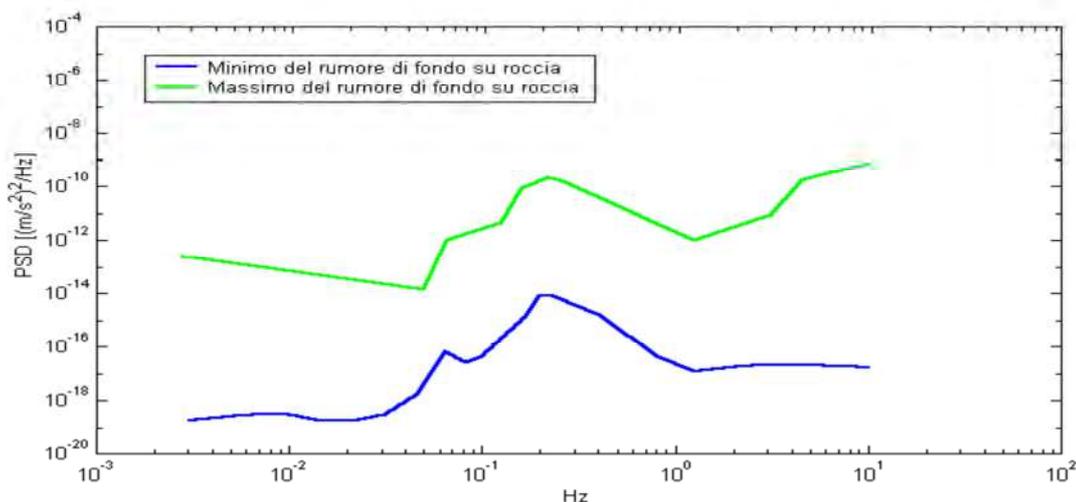


Figura 27. Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra secondo il servizio geologico statunitense (USGS). Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.

#### **La tecnica impiegata. Cenni storici.**

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è la tecnica dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970).

Il metodo fu in seguito reso popolare principalmente da Nakamura (1989) come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. Mentre su

questo punto non è ancora stato raggiunto consenso, è invece ampiamente riconosciuto che la curva H/V è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli e, tramite opportuna inversione, delle profondità dei substrati rocciosi sotto le coperture sedimentarie.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso. Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo H/V può essere usato come strumento stratigrafico.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un sistema bistrato del tipo sedimenti + bedrock in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). In questi casi la profondità  $h$  della discontinuità sismica viene ricavata tramite la formula semplice della risonanza  $h = V / (4fr)$  o, al più, tramite la formula [1] in cui  $V_0$  è la velocità al tetto dello strato,  $x$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e  $fr$  la frequenza fondamentale di risonanza (cf. ad esempio Ibs-Von Seht e Wohlenberg, 1999).

$$h = \left[ \frac{V_0(1-x)}{4fr} + 1 \right]^{\frac{1}{x-1}} - 1 \quad [1]$$

Nei sistemi multistrato, teoricamente l'effetto di risonanza è sommabile, ma non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto in frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente ad un modello. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. I modelli sintetici di inversione impiegati in questo lavoro partono dalla modellizzazione del campo d'onde superficiali (onde di Rayleigh e Love) in sistemi multistrato (Aki, 1964; Ben-Menahem e Singh, 1981). L'inversione delle curve H/V per ottenere un profilo di Vs è possibile a patto di disporre di un punto di taratura (es. penetrometria o sondaggio) che fornisca la profondità di un riflettore - anche molto superficiale - riconoscibile nella curva H/V oppure a patto di conoscere la Vs del primo strato a partire da tecniche indipendenti (Castellaro e Mulargia, 2008).



foto 1-2: esecuzione prove penetrometriche dinamiche super-pesanti Dpsh21 e Dpsh23



foto 3: esecuzione sondaggio geognostico reperito S1-pz1 strumentato a piezometro effettuato all'interno dell'edificio Tod's



foto 4: esecuzione rilievo sismico passivo con tecnica HVSR e registrazione mediante tromografo digitale



foto 5-6: unità E2 Limo argilloso sabbioso (5) talora Sabbia Limosa (6)



foto 7: unità D2 Ghiaia Sabbiosa



foto 8: unità F1 Argilla stratificata a Sabbia (locale sub-strato geologico Plio-pleistocenico)

**ASSEVERAZIONE SULLA  
COMPATIBILITA' IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI**  
(verifica di Compatibilità Idraulica e Invarianza Idraulica)

Il sottoscritto MASSIMO BASILI nato a [REDACTED] il [REDACTED] di cittadinanza italiana; residente in [REDACTED], in possesso della laurea in scienze geologiche, iscritto all'albo dei geologi della Regione Marche con il numero 277, geologo specialista, albo sez.A (c.f. [REDACTED], p.i. 01259390449), in qualità di libero professionista incaricato dalla ditta **TOD'S spa** di redigere la Verifica di Compatibilità Idraulica del seguente progetto: **“Piano di lottizzazione (PL Piane Chienti) da realizzare in località Piane Chienti, nel comune di Montegranaro (FM).**

**DICHIARA:**

*sotto la propria responsabilità e consapevole delle sanzioni penali stabilite dalla Legge per le false attestazioni e le mendaci dichiarazioni a norma dell'art.76 del DPR 445/2000 e da quanto disposto dall'art.75 del medesimo Decreto, per il quale si decade dai benefici conseguenti sulle dichiarazioni non veritiere*

X di aver redatto la Verifica di Compatibilità Idraulica prevista dalla L.R. n. 22/2011 conformemente ai criteri e alle indicazioni tecniche stabilite dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

X che la Verifica di Compatibilità Idraulica ha almeno i contenuti minimi stabiliti dalla Giunta Regionale.

X di aver ricercato, raccolto e consultato le mappe catastali, le segnalazioni/informazioni relativi a eventi di esondazione/allagamento avvenuti in passato e dati su criticità legate a fenomeni di esondazione/allagamento in strumenti di programmazione o in altri studi conosciuti e disponibili.

X che l'area interessata dallo strumento di pianificazione

X non ricade /  ricade parzialmente /  ricade integralmente, nelle aree mappate nel Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI - ovvero da analoghi strumenti di pianificazione di settore redatti dalle Autorità di Bacino/Autorità di distretto).

X di aver sviluppato i seguenti livelli/fasi della Verifica di Compatibilità Idraulica:

X Preliminare;

X Semplificata;

Completa.

X di avere adeguatamente motivato, a seguito della Verifica Semplificata, l'esclusione dai successivi livelli di analisi della Verifica di Compatibilità Idraulica.

in caso di sviluppo delle analisi con la Verifica Completa, di aver individuato la pericolosità idraulica che contraddistingue l'area interessata dallo strumento di pianificazione secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale.

## ASSEVERA

X la compatibilità tra lo strumento di pianificazione e le pericolosità idrauliche presenti, secondo i criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge.

che per ottenere tale compatibilità sono previsti interventi per la mitigazione della pericolosità e del rischio, dei quali è stata valutata e indicata l'efficacia.

X la compatibilità tra l'intervento edilizio previsto e il **perseguimento dell'invarianza idraulica, senza misure compensative**, nel rispetto dei criteri stabiliti dalla Giunta Regionale ai sensi dell'art. 10, comma 4 della stessa legge, dato che la presente trasformazione urbanistica comporterà una diminuzione delle superfici impermeabili, rispetto alle previsioni di PRG e dei PL precedentemente approvati. In tutti i casi per i parcheggi ancora da realizzare che andranno ad insistere su aree attualmente permeabili, si rimanda alle successive fasi di progettazione esecutiva delle singole opere, nel corso delle quali si dovrà provvedere alla verifica ed alla eventuale progettazione del sistema di laminazione delle acque pluviali.

*Porto Sant'Elpidio, 23 Ottobre 2024*

il geologo  
*Dr. Massimo Basili*  
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE MARCHE

