



REGIONE DEL VENETO
Provincia di Vicenza



COMUNE DI SANDRIGO



Piano Urbanistico Attuativo “BORGIO MASONA”

**STUDIO DI COMPATIBILITA' GEOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA**

L.R. n°11 del 23.04.2004 – “Norme per il governo del territorio” – Art. 19



Data : 25 febbraio 2016

geol. Simone Barbieri

Committente: **Rita Guerra ed Elena – Vigolo Ristrutturazioni srl**

La legge sui diritti d'autore (22/04/41 n° 633) e quella istitutiva dell'Ordine Professionale dei Geologi (03/02/63 n° 112) vietano la riproduzione ed utilizzazione anche parziale di questo documento, senza la preventiva autorizzazione degli autori.

1. PREMESSE

Su incarico e per conto di **Rita Guerra ed Elena – Vigolo Ristrutturazioni srl** è stato predisposto il presente **‘STUDIO DI COMPATIBILITA’ GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA’** a supporto del **Piano Urbanistico Attuativo “BORGO MASONA”** (Fig.1 – Corografia alla scala 1:25.000, estratto da I.G.M. Foglio n°50 Quadrante IV Orientamento N.E. “Sandrigo”).

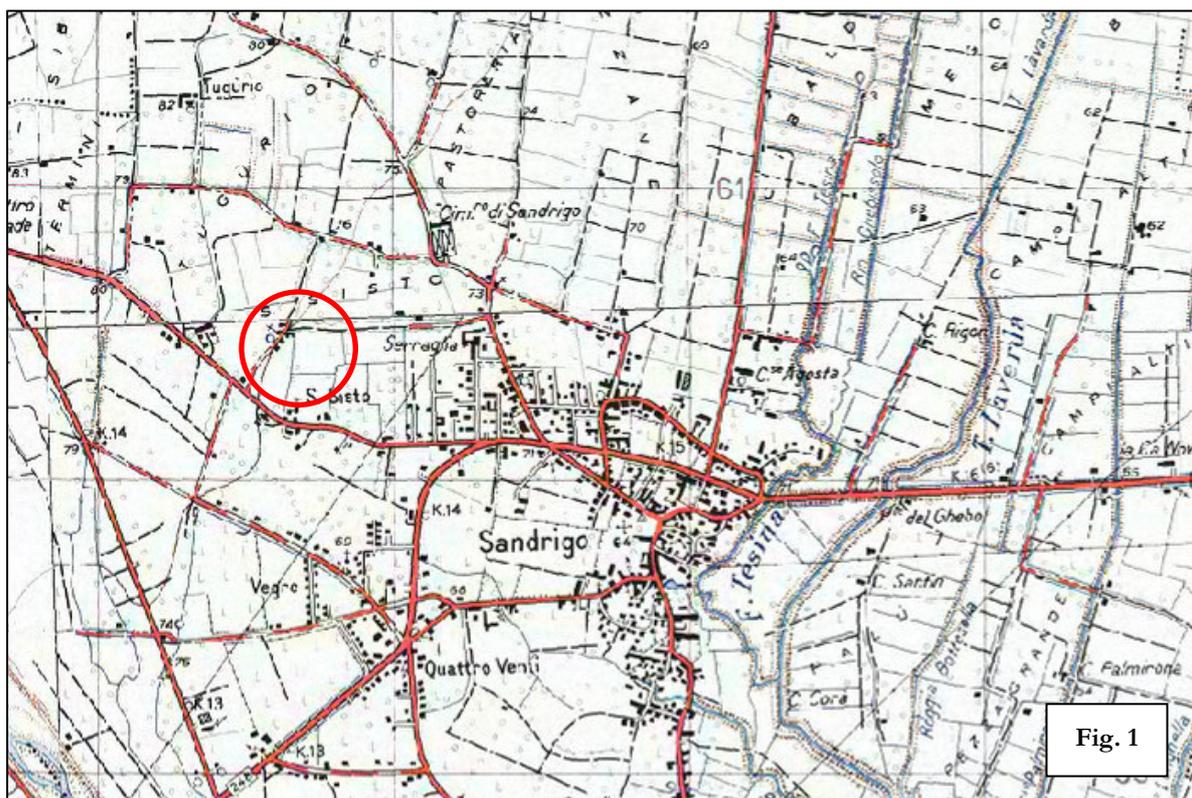


Fig. 1

Dal punto di vista generale, la presente relazione geologica e geotecnica si propone di valutare le possibili interazioni tra le azioni di progetto e l'ambiente geologico, ed in particolare di:

- Verificare la situazione geologica, geomorfologica e idrogeologica generale dell'area.
- Analizzare le problematiche geologico-tecniche del sito in esame.
- Ricostruire l'assetto stratigrafico del sottosuolo.
- Determinare le caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione.
- Riconoscere le proprietà del sistema idrogeologico locale.
- Verificare la compatibilità e sostenibilità degli interventi di progetto in relazione alla dinamica delle componenti del territorio di cui ai punti precedenti;

A tal fine è stata effettuata un'indagine sperimentale in sito, che ha richiesto l'esecuzione di:

- **n°5 Prove Penetrometriche Dinamiche Superpesanti (DPSH)**, per la caratterizzazione geologico e geotecnica del terreno;

- **n°1 Prove di Permeabilità (K)**, in foro di una prova penetrometrica per la determinazione della conducibilità idraulica del sottosuolo;
- **n°1 Indagini sismiche passive a stazione singola (HVSR)** per la caratterizzazione sismica del sottosuolo

La presente relazione è stata realizzata in ottemperanza alla **Legge regionale 23 aprile 2004, n. 11 “Norme per il governo del territorio”**

In particolare alla SEZIONE II:” Attuazione della pianificazione urbanistica” all Art. 19 “Piani urbanistici attuativi (PUA) “...omissis... 2) *In funzione degli specifici contenuti, il piano urbanistico attuativo è formato dagli elaborati necessari individuati tra quelli di seguito elencati: ...omissis... d)la verifica di compatibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica dell'intervento;*”

Più specificatamente, i criteri da seguire per la stesura di relazioni geologiche e geotecniche a corredo di progetti di piani urbanistici, strade e ferrovie ed altri interventi sul territorio, sono dettati dal **Decreto Ministeriale 14/01/2008 (Norme tecniche sulle costruzioni)** e dalle relative osservazioni applicative.

Relativamente al Decreto sopracitato, si segnala in particolare al paragrafo **6.12: “Fattibilità di opere su grandi aree”**:

“Le presenti norme definiscono i criteri di carattere geologico e geotecnico da adottare nell'elaborazione di piani urbanistici e nel progetto di insiemi di manufatti e interventi che interessano ampie superfici, quali:

- a) nuovi insediamenti urbani civili o industriali;*
- b) ristrutturazione di insediamenti esistenti, reti idriche e fognarie urbane e reti di sottoservizi di qualsiasi tipo;*
- c) strade, ferrovie ed idrovie;*
- d) opere marittime e difese costiere;*
- e) aeroporti;*
- f) bacini idrici artificiali e sistemi di derivazione da corsi d'acqua;*
- g) sistemi di impianti per l'estrazione di liquidi o gas dal sottosuolo;*
- h) bonifiche e sistemazione del territorio;*
- i) attività estrattive di materiali da costruzione.”*

In particolare si prevede l'esecuzione di indagini specifiche tali che:

“Gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, al fine di accertare destinazioni d'uso compatibile del territorio in esame.

In particolare, le indagini e gli studi devono caratterizzare la zona di interesse in termini di pericolosità geologica intrinseca, per processi geodinamici interni (sismicità, vulcanismo,...) ed esterni (stabilità dei pendii, erosione, subsidenza,...) e devono consentire di individuare gli eventuali limiti imposti al progetto di insiemi di manufatti e interventi (ad esempio: modifiche del regime delle acque superficiali e sotterranee, subsidenza per emungimento di fluido dal sottosuolo...).”

Dal punto di vista operativo, l'impostazione metodologica adottata per il presente studio è stata articolata come di seguito esposto:

- acquisizione ed esame critico degli elaborati progettuali preliminari;
- rilievo geomorfologico, geologico ed idrogeologico speditivo dell'area;
- indagine geognostica in sito;
- elaborazione e interpretazione dei dati sperimentali;
- sintesi e prescrizioni per le opere di progetto.

Le ipotesi e le valutazioni tecniche formulate nel presente elaborato devono essere intese come inquadramento preliminare per il dimensionamento e la valutazione della fattibilità delle opere previste. Per la stesura della presente relazione tecnica, oltre a riferimenti di archivio e bibliografici, sono stati utilizzati i dati sperimentali e le osservazioni derivanti dai rilevamenti e dalle prove in sito effettuate nel mese di febbraio 2016

2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

2.1- Ubicazione e caratteri geomorfologici principali

La zona d'indagine è ubicata nella zona produttiva nel comune di Sandrigo, in una zona pianeggiante posta a Nord Ovest dal centro del capoluogo comunale ad una quota di circa 73 metri s.l.m. (*Fig n°2 - Corografia alla scala 1:10000, estratto C.T.R. – Fig. n°3: Estratto da Ortofoto a colori*)



Fig.2

Il territorio si presenta antropizzato lungo le vie di comunicazione principali rappresentate qui dalla Strada Provinciale n°62 denominata S. Sisto che congiunge Sandrigo con Breganze

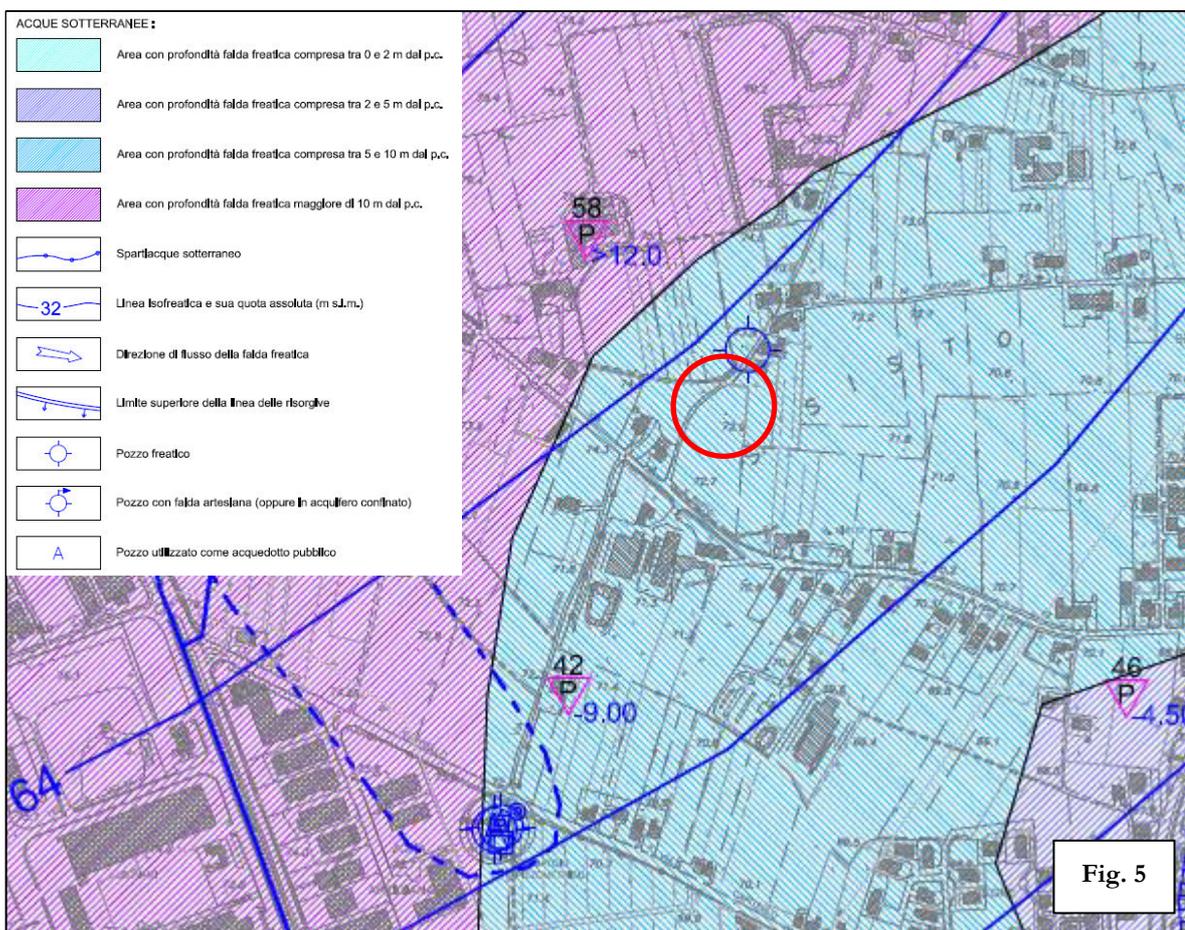
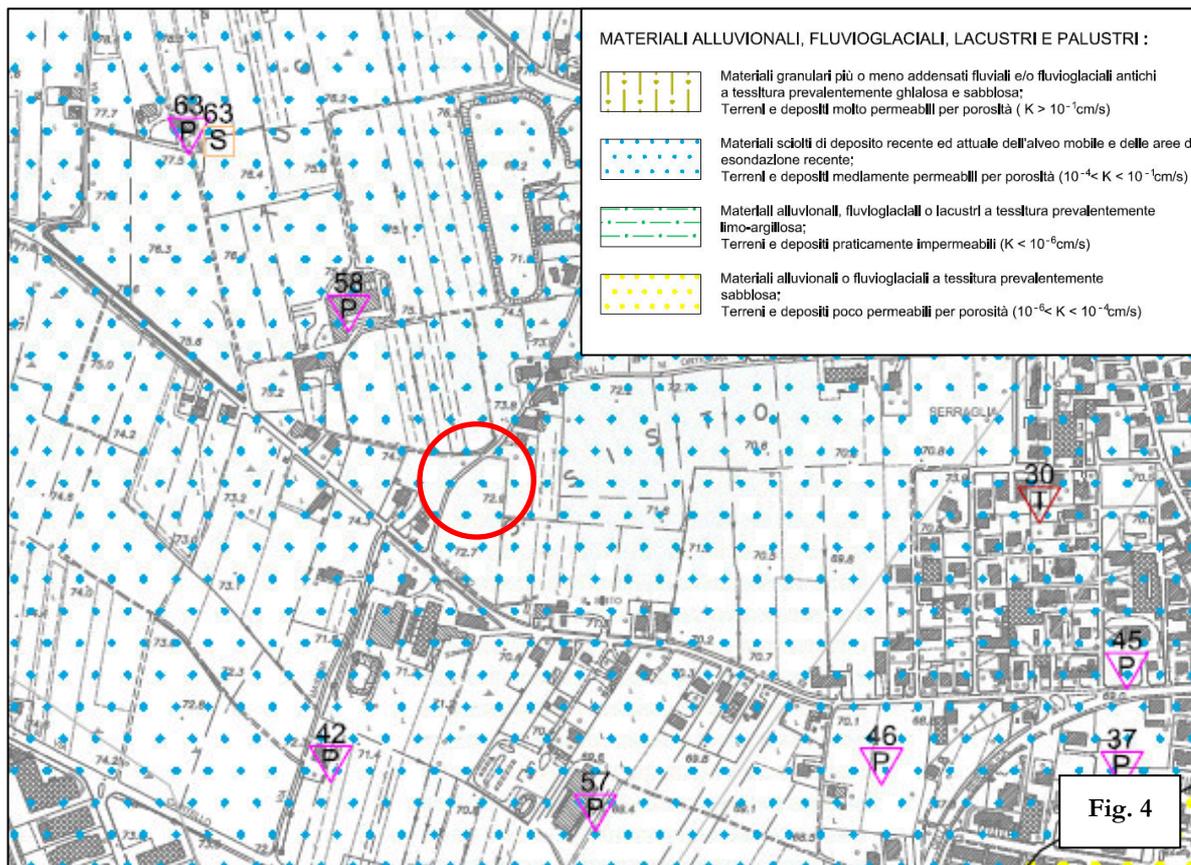


2.2- Modello geologico ed idrogeologico generale

Per l'inquadramento geologico si riporta un estratto della *Carta litologica relativa al Quadro Conoscitivo del PAT del Comune di Sandrigo* (fig.4) Secondo la cartografia di cui sopra, l'area in esame appare caratterizzata *Materiali sciolti di deposizione recente*"

Per acquisire conoscenze utili sulla situazione idrogeologica locale, si è fatto ricorso alla *Carta idrogeologica relativa al Quadro Conoscitivo del PAT del Comune di Sandrigo* (Fig 5)

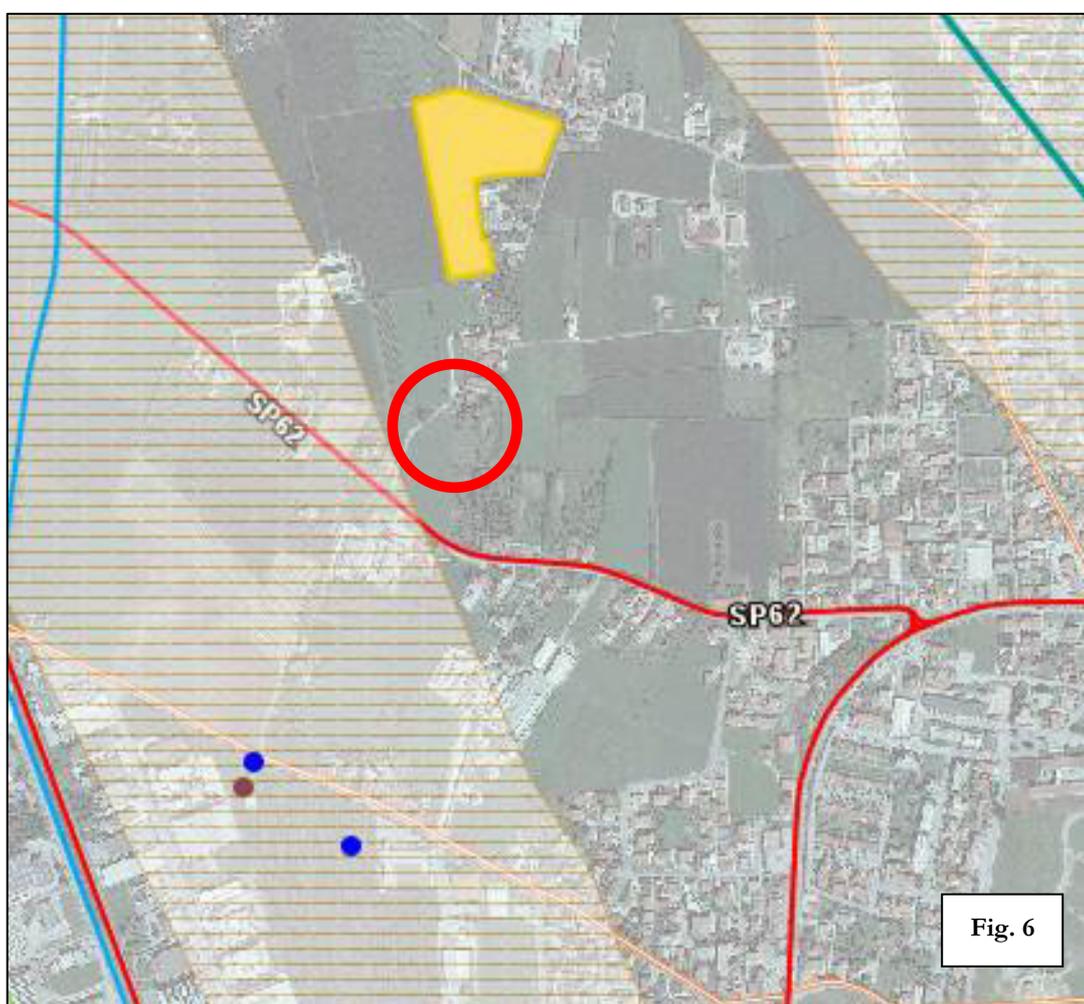
L'esame della cartografia e dei dati freaticometrici, contenuti nella cartografia consente di stabilire che la falda freatica della zona è localizzata ad una quota di circa 64 m.s.l.m, ad una profondità dal piano campagna locale di circa 9 metri.

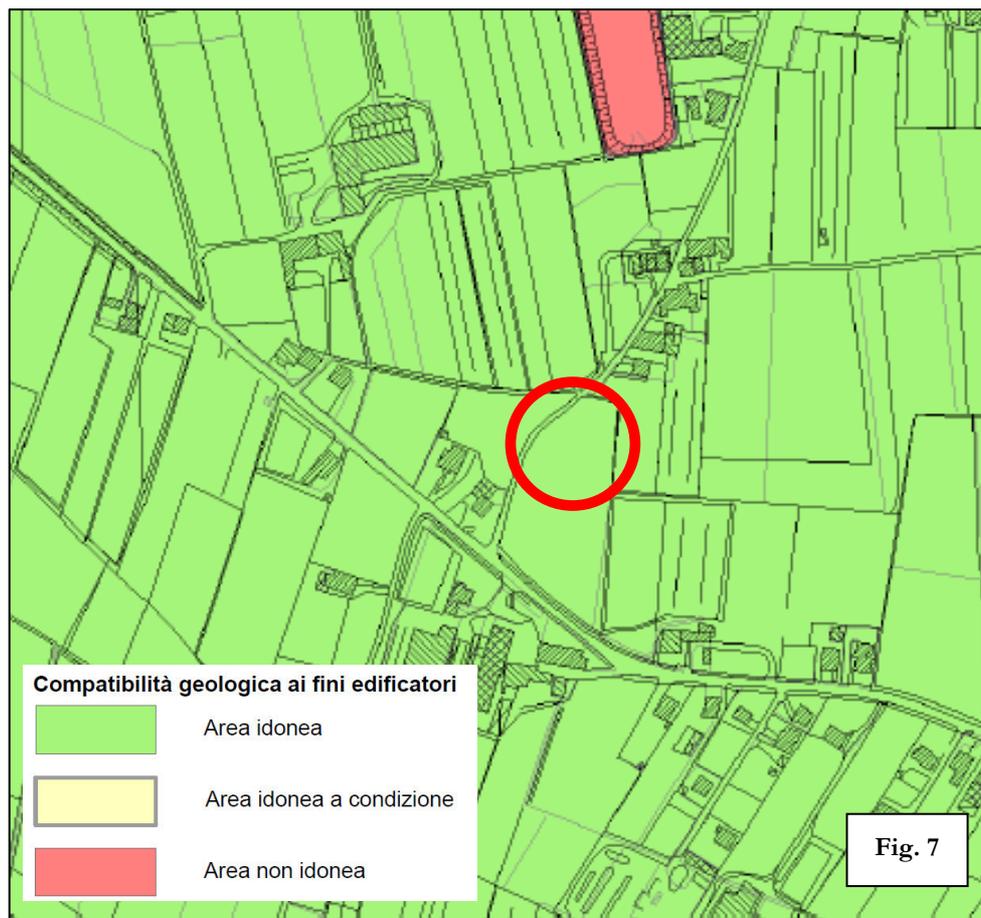


2.3- Pericolosità geologica ed idraulica

Per una visione più completa delle condizioni idrauliche e geologiche del territorio in esame per quanto riguarda la “*Pericolosità idraulica e geologica*” si è tenuto conto degli elaborati grafici e della relazione esplicativa del “*Progetto di Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Brenta-Bacchiglione*”, adottato dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino dell’Alto Adriatico in 09 novembre 2012 ed aggiornato nel luglio 2013 e della *Carta delle Fragilità del Piano Territoriale Provinciale di Coordinamento, PTCP*, approvato dal Consiglio Provinciale in nel dicembre 2012 e dalla *Carta della Fragilità del PAT del Comune di Sandrigo* (Fig.6-7)

Dall’analisi critica degli elaborati si evince che la zona non ricade in aree a pericolosità/rischio idraulico e geologico ed in area idonea all’edificazione





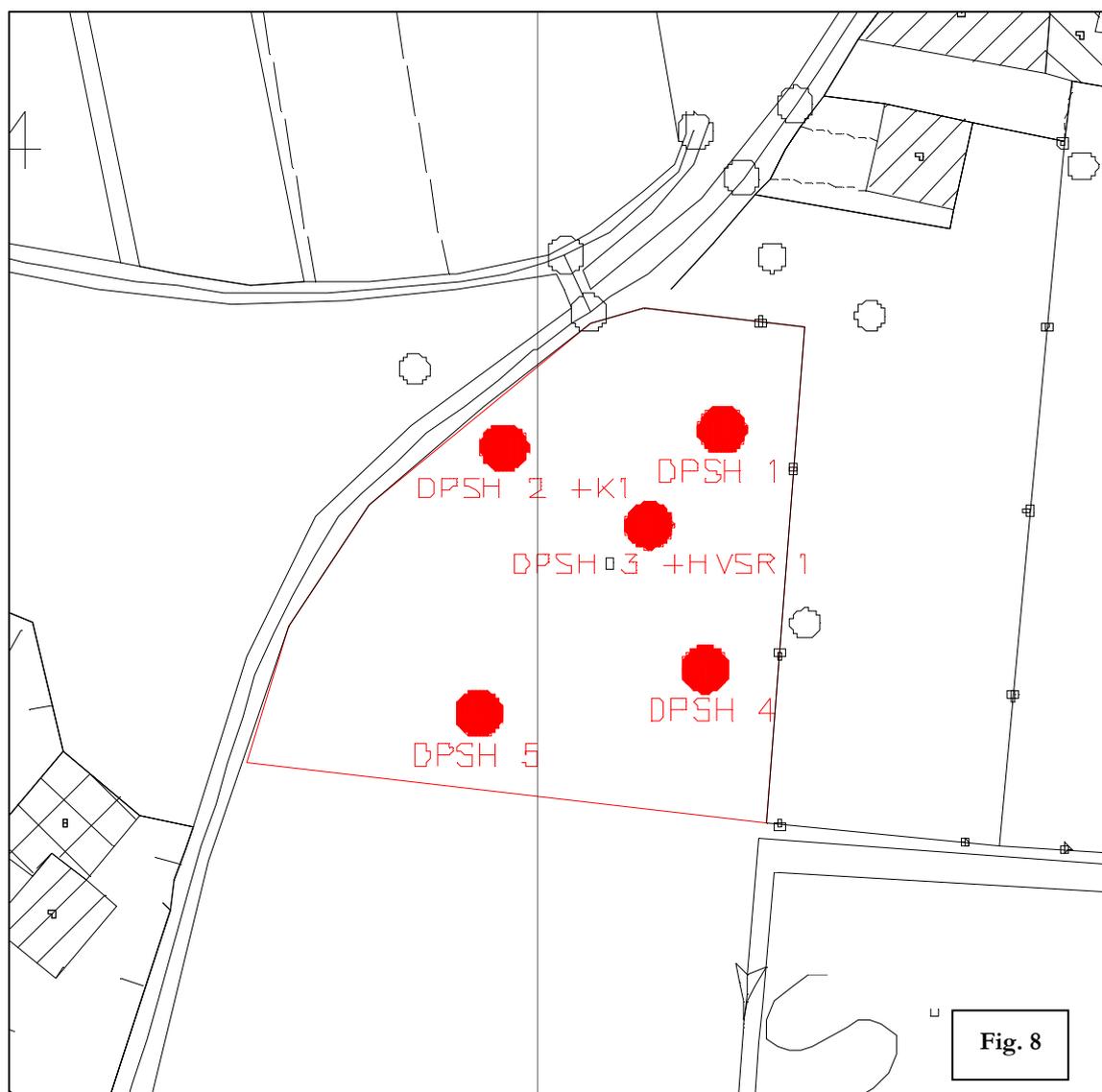
3. DESCRIZIONE E RISULTATI DELLE INDAGINI

3.1- Premesse

Al fine di ottenere la caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica, dell'area oggetto dello studio, sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche:

- **n°5 Prove Penetrometriche Dinamiche Superpesanti (DPSH)**, per la caratterizzazione geologico e geotecnica del terreno;
- **n°1 Prove di Permeabilità (K)**, in foro di alcune prove penetrometriche per la determinazione della conducibilità idraulica del sottosuolo;
- **n°1 Indagini sismiche passive a stazione singola (HVSr)** per la caratterizzazione sismica del sottosuolo

Le prove di campagna sono state effettuate nell'area in oggetto, tenendo in considerazione le condizioni logistiche e di accessibilità del sito (Fig.8: Ubicazione delle indagini in sito alla scala 1:1.000).



4. MODELLO GEOLOGICO LOCALE

Il modello geologico è stato evinto da all'indagine geognostica di cui sopra, nel dettaglio l'appare caratterizzata da alternanze ghiaia argillosa e ghiaia sabbiosa, seguita in profondità da ghiaia e ciottoli sabbiosa di buone caratteristiche meccaniche.

La profondità di rinvenimento dell'orizzonte ghiaioso continuo varia tra 1,60 metri (DPSH 5) e 3,80 metri (DPSH 3)

5. MODELLO IDROGEOLOGICO LOCALE

La zona è caratterizzata da un acquifero freatico che presenta una quota di falda, secondo quanto indicato nel PAT, a circa 64 metri s.l.m. a circa 9 metri di profondità dal piano campagna locale.

Non è stata rilevata nei fori delle prove in sito, circolazione idrica, nel giorno dei rilevamenti

Al fine di ottemperare alle “Modalità operative e indicazioni tecniche” della **D.G.R. del Veneto n°2948**: “...Ove le condizioni della natura litologica del sottosuolo e della qualità delle acque lo consentano, si può valutare la possibilità dell’inserimento di dispositivi che incrementino i processi di infiltrazione nel sottosuolo” sono state eseguite **n°1 Prove di permeabilità a carico variabile in foro di sondaggio circolare** nel foro interessato dalla prova penetrometrica 2. L’elaborazione dei dati di campagna è stata effettuata mediante il metodo codificato dall’A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana–1977), relativo alla determinazione della permeabilità superficiale in foro di sondaggio. Per quanto attiene a tale metodologia si tenga presente che la relazione analitica utilizzata è la seguente:

$$K=[A/CL(t_2-t_1)]*\ln(h_1/h_2)$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità	[m/s]
t ₂ -t ₁ = intervallo di tempo considerato	[s]
h ₂ -h ₁ = variazione di livello idrico nello stesso intervallo temporale	[m]
CL= coeff. di forma, pari alla lunghezza del tratto disperdente	[m]
A= area di base del foro circolare	[m ²]

Il calcolo è stato effettuato tra gli intervalli di tempo e gli abbassamenti propri del tratto finale della curva di svasso, individuati qualitativamente tramite la retta di interpolazione: tale sistema permette di assumere nella formula valori quantitativi propri del flusso laminare a regime, al fine di ottenere così un coefficiente di permeabilità K che simuli il più possibile le condizioni di reale esercizio. I risultati relativi al valore della conducibilità idraulica K vengono di seguito riassunti.

ID prova	Prof. di test	Durata svasso	H _i	H _f
K1 – DPSH 2	4,20	60 s	320 cm	0 cm
K1 = 1,1×10⁻³ m/s = 1,1×10⁻¹ cm/s				

Sulla base dei risultati sovraesposti e delle evidenze stratigrafiche riportate nel paragrafo precedente, è possibile osservare quanto segue:

- **il coefficiente di permeabilità sperimentale K, dello strato ghiaioso posto alla profondità variabile tra 1,60 metri (DPSH 5) e 3,80 metri (DPSH 3) dal piano campagna su tutta**

l'area di lottizzazione è risultato di grado elevato, con valore di $1,1 \times 10^{-3}$ m/s che potrà essere assunto, nel dimensionamento di sistemi di dispersione

Per una maggiore comprensione del fenomeno dal punto di vista quantitativo, si riporta di seguito una tabella che correla i coefficienti di permeabilità verticale con la granulometria del deposito. La tabella susseguente invece riporta una classificazione del terreno dal punto di vista idrogeologico sulla base del valore numerico di K.

Grado di permeabilità	Valore di K	
	(m/s)	(cm/s)
<i>Alto</i>	$K > 10^{-3}$	$K > 10^{-1}$
<i>Medio</i>	$10^{-3} < K < 10^{-5}$	$10^{-1} < K < 10^{-3}$
<i>Basso</i>	$10^{-5} < K < 10^{-7}$	$10^{-3} < K < 10^{-5}$
<i>Molto basso</i>	$10^{-7} < K < 10^{-9}$	$10^{-5} < K < 10^{-7}$
<i>Impermeabile</i>	$K < 10^{-9}$	$K < 10^{-7}$

K (m/s)	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	
K (cm/s)	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}		
<i>Drenaggio</i>	<i>Buono</i>			<i>Povero</i>				<i>Praticamente impermeabile</i>					
	<i>Ghiaia pulita</i>	<i>Sabbia pulita e miscela di sabbia e ghiaia pulita</i>			<i>Sabbia fine, limi organici e inorganici, miscela di sabbia, limo e argilla, depositi di argilla stratificati</i>				<i>Terreni impermeabili, argille omogenee sotto la zona alterata dagli agenti atmosferici</i>				

6. MODELLO SISMICO LOCALE

Sulla base dell'indagine sismica effettuata il terreno di fondazione, presenta una frequenza fondamentale di risonanza di sito, generata dal contrasto sismico più elevato presente nel sottosuolo, dell'ordine dei **1,3 Hz**.

La ricostruzione sismo - stratigrafica di sito, può essere schematizzata in un sismo - strato poco addensato costituito da coltre argillosa e argilloso limosa superficiale fino a circa 1.80 m fino a $V_s \approx 200$ m/s, passanti ad alluvioni ghiaiose e ghiaioso sabbiose con $V_s = 429$ m/s fino a 81 m di profondità. Oltre gli 81 metri circa si trovano terreni più addensati assimilabili al bedrock sano. La velocità delle onde delle onde S risulta dell'ordine di **401 m/s** (cfr. relazione sismica allegata) Secondo la normativa

vigente è quindi ascrivibile alla **Categoria B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250$ KPa nei terreni a grana fina).*)

Dal punto topografico il sito è inquadrabile nella **categoria topografica T1**.

7. VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

L'area in esame, dal punto di vista geologico strutturale ed idrogeologico, si inserisce nella medio-alta pianura vicentina in Comune di Sandrigo

Nel dettaglio l'appare è caratterizzata da alternanze ghiaia argillosa e ghiaia sabbiosa, seguita in profondità da ghiaia e ciottoli sabbiosa di buone caratteristiche meccaniche.

La profondità di rinvenimento dell'orizzonte ghiaioso continuo varia tra 1,60 metri (DPSH 5) e 3,80 metri (DPSH 3)

La zona è caratterizzata da un acquifero freatico che presenta una quota di falda, secondo quanto indicato nel PAT, a circa 64 metri s.l.m. a circa 9 metri di profondità dal piano campagna locale.

La conducibilità idraulica dell'orizzonte ghiaioso continuo, il cui tetto è posto a profondità variabili tra 1,60 e 3,80 metri, è di grado elevato, dell'ordine di $1,1 \times 10^{-3}$ m/s tale da permettere l'adozione di sistemi di smaltimento delle acque meteoriche per infiltrazione.

Dall'analisi della tipologia costruttiva e delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area, si ritiene che:

- **L'indagine eseguita non ha rilevato motivi di ordine geologico, geomorfologico od idrogeologico sfavorevoli alla realizzazione delle opere di progetto;**
- **La realizzazione delle opere di progetto non rappresenta, a sua volta, un potenziale pericolo di instabilità geologica, geomorfologica od idrogeologica dell'area.**

Per quanto riguarda l'edificazione dei singoli interventi, la normativa rappresentata dal D.M. 14/01/2008 prevede la predisposizione di relazione geologica e geotecnica parte integrante degli atti progettuali.

Vicenza, 25 febbraio 2016

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione: “*Progetto di stralcio per l’assetto idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione*” – Venezia novembre 2012;
- Comune di Sandrigo: “Piano di Assetto del Territorio”, Sandrigo 2009
- Provincia di Vicenza “*Piano territoriale di coordinamento Provinciale*” – Vicenza, dicembre 2012
- Regione Veneto: “*Carta geologica del Veneto*” Selca,1990.
- A. Rinaldo, L. Altissimo, M. Marani, M. Putti, A. Sottani, G. Passadore, M. Sartori, M. Monego, M. Donato: “*Bacino del Bacchiglione: Studi e ricerche ideologiche finalizzati alla messa a punto di modelli matematici per la tutela e la gestione delle risorse idriche*”; 2004-2010;

ALLEGATI

1. *Documentazione fotografica;*
2. *Tabelle e diagrammi relativi alla prove penetrometrica dinamica pesante (DPSH);*
3. *Determinazioni della conducibilità idraulica (K)*
4. *Relazione sismica*

ALLEGATO 1: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto n°1: Visione panoramica del cantiere durante l'esecuzione della prova penetrometrica DPSH 1



Foto n°2: Visione panoramica del cantiere durante l'esecuzione della prova penetrometrica DPSH 4



Foto n°3: Prova di conducibilità idraulica K1 nel foro della prova DPSH 2



Foto n°4: Indagine sismica HVSR 1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: vari Cantiere: Pua Borgo Masona Località: sandrigo	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 12/02/2016
 Profondità prova 3,40 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,855	0,88	1,03	44,03	51,52
0,40	2	0,851	1,75	2,06	87,66	103,04
0,60	7	0,847	5,61	6,62	280,35	330,99
0,80	15	0,793	11,25	14,19	562,69	709,27
1,00	11	0,840	8,74	10,40	436,78	520,13
1,20	5	0,836	3,95	4,73	197,71	236,42
1,40	5	0,833	3,94	4,73	196,91	236,42
1,60	14	0,780	9,54	12,23	476,85	611,70
1,80	11	0,826	7,94	9,61	397,15	480,62
2,00	21	0,723	13,27	18,35	663,56	917,55
2,20	12	0,820	8,60	10,49	430,00	524,31
2,40	6	0,817	4,28	5,24	214,22	262,16
2,60	7	0,814	4,63	5,69	231,45	284,25
2,80	19	0,761	11,75	15,43	587,47	771,55
3,00	24	0,709	13,81	19,49	690,66	974,59
3,20	36	0,656	19,18	29,24	959,00	1461,88
3,40	50	0,603	24,50	40,61	1225,14	2030,39

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,4	1,5	1,55	Incoerente	0	13,83	18,34	2,77	1,47	2,2	terreno vegetale
1	11	10,4	Incoerente	0	18,73	19,22	11,15	1,47	16,17	ghiaia e sabbia
1,4	5	4,73	Incoerente	0	15,98	18,63	19,97	1,47	7,35	ghiaia limosa
2,2	14,5	12,67	Incoerente	0	19,81	19,52	31,09	1,47	21,32	ghiaia e sabbia
2,6	6,5	5,46	Incoerente	0	16,87	18,83	42,38	1,47	9,56	ghiaia limosa
3	21,5	17,46	Incoerente	0	21,08	20,1	49,97	1,47	31,61	ghiaia e sabbia
3,4	43	34,92	Incoerente	0	22,75	21,38	58,74	1,47	63,21	ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (KN/m ³)	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0,00-0,40	2,2	Incoerente	13,83	18,34	27,66	--	3,14	1,73	0,35	13,38	57,47
Strato (2) ghiaia e sabbia	0,40-1,00	16,17	Incoerente	18,73	19,22	31,85	--	5,95	12,69	0,32	87,22	103,36
Strato (3) ghiaia limosa	1,00-1,40	7,35	Incoerente	15,98	18,63	29,2	--	4,17	5,77	0,34	41,57	100,06
Strato (4) ghiaia e sabbia	1,40-2,20	21,32	Incoerente	19,81	19,52	33,4	--	6,99	16,73	0,31	113,11	130,1
Strato (5) ghiaia limosa	2,20-2,60	9,56	Incoerente	16,87	18,83	29,87	--	4,62	7,50	0,34	53,22	119,71
Strato (6) ghiaia e sabbia	2,60-3,00	31,61	Incoerente	21,08	20,10	36,48	--	9,06	24,80	0,29	163,78	151,67
Strato (7) ghiaia	3,00-3,40	63,21	Incoerente	22,75	21,38	45,96	--	15,43	49,59	0,23	314,18	175,45

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 12/02/2016
 Profondità prova 4,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,855	0,88	1,03	44,03	51,52
0,40	2	0,851	1,75	2,06	87,66	103,04
0,60	6	0,847	4,81	5,67	240,30	283,71
0,80	17	0,793	12,75	16,08	637,72	803,84
1,00	20	0,790	14,94	18,91	746,87	945,70
1,20	24	0,736	16,71	22,70	835,54	1134,84

1,40	14	0,783	10,36	13,24	518,25	661,99
1,60	7	0,830	5,07	6,12	253,72	305,85
1,80	7	0,826	5,05	6,12	252,73	305,85
2,00	6	0,823	4,32	5,24	215,80	262,16
2,20	9	0,820	6,45	7,86	322,50	393,23
2,40	7	0,817	5,00	6,12	249,92	305,85
2,60	7	0,814	4,63	5,69	231,45	284,25
2,80	7	0,811	4,61	5,69	230,65	284,25
3,00	4	0,809	2,63	3,25	131,35	162,43
3,20	9	0,806	5,89	7,31	294,57	365,47
3,40	12	0,803	7,83	9,75	391,49	487,29
3,60	22	0,701	11,70	16,69	584,85	834,45
3,80	18	0,748	10,22	13,65	510,97	682,74
4,00	21	0,696	11,09	15,93	554,40	796,52
4,20	50	0,594	22,52	37,93	1125,94	1896,49

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,4	1,5	1,54	Incoerente	0	13,83	18,34	2,77	1,47	2,2	terreno vegetale
1,4	16,2	15,32	Incoerente	0	20,2	19,61	15,63	1,47	23,81	ghiaia e sabbia
3	6,75	5,76	Incoerente	0	16,97	18,83	39,31	1,47	9,92	ghiaia limosa
3,6	14,33	11,25	Incoerente	0	19,71	19,52	58,8	1,47	21,07	ghiaia e sabbia
4,2	29,67	22,51	Incoerente	0	21,77	20,89	71,24	1,47	43,61	ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0,00-0,40	2,2	Incoerente	13,83	18,34	27,66	--	3,14	1,73	0,35	13,38	57,47
Strato (2) ghiaia e sabbia	0,40-1,40	23,81	Incoerente	20,20	19,61	34,14	--	7,49	18,68	0,31	125,48	116
Strato (3) ghiaia limosa	1,40-3,00	9,92	Incoerente	16,97	18,83	29,98	--	4,69	7,78	0,33	55,10	118,47
Strato (4) ghiaia e sabbia	3,00-3,60	21,07	Incoerente	19,71	19,52	33,32	--	6,94	16,53	0,31	111,86	145,94
Strato	3,60-4,20	43,61	Incoerente	21,77	20,89	40,08	--	11,48	34,21	0,27	221,64	170,94

	(m)			unità di volume (KN/m ³)	unità di volume saturo (KN/m ³)	lo di resistenza al taglio (°)	non drenata (KPa)	Edometrico (Mpa)	Elastico (Mpa)	Poisson	di taglio G (Mpa)	onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0,00-0,60	2,45	Incoerente	13,93	18,34	27,74	--	3,19	1,92	0,35	14,80	63,32
Strato (2) ghiaia e sabbia	0,60-1,20	13,23	Incoerente	17,95	19,02	30,97	--	5,36	10,38	0,33	72,23	104,79
Strato (3) ghiaia limosa	1,20-1,80	4,41	Incoerente	14,81	18,44	28,32	--	3,58	3,46	0,34	25,72	95,63
Strato (4) ghiaia e sabbia	1,80-3,80	15,88	Incoerente	18,63	19,12	31,76	--	5,89	12,46	0,32	85,75	134,64
Strato (5) ghiaia	3,80-4,40	51,94	Incoerente	21,97	21,08	42,58	--	13,16	40,75	0,25	261,22	177,9

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 12/02/2016
 Profondità prova 2,40 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,855	0,88	1,03	44,03	51,52
0,40	2	0,851	1,75	2,06	87,66	103,04
0,60	5	0,847	4,01	4,73	200,25	236,42
0,80	11	0,843	8,77	10,40	438,65	520,13
1,00	12	0,840	9,53	11,35	476,49	567,42
1,20	15	0,786	11,15	14,19	557,68	709,27
1,40	17	0,783	12,59	16,08	629,30	803,84
1,60	19	0,780	12,94	16,60	647,16	830,16
1,80	21	0,726	13,33	18,35	666,44	917,55
2,00	18	0,773	12,16	15,73	608,09	786,47
2,20	36	0,670	21,08	31,46	1054,06	1572,94
2,40	50	0,617	26,96	43,69	1348,24	2184,64

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume	Peso unità di volume	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
------------------	------	----------	------	-------------------	----------------------	----------------------	-------------------------	------------------------------	------	-------------

					(KN/m ³)	saturo (KN/m ³)					
0,6	2,67	2,61	Incoerente	0	14,61	18,44	4,38	1,47	3,92	terreno vegetale	
2	16,14	14,67	Incoerente	0	20,2	19,61	22,91	1,47	23,73	ghiaia e sabbia	
2,4	43	37,58	Incoerente	0	22,75	21,38	41,6	1,47	63,21	ghiaia	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (KN/m ³)	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0,00-0,60	3,92	Incoerente	14,61	18,44	28,18	--	3,48	3,08	0,35	23,02	68,68
Strato (2) ghiaia e sabbia	0,60-2,00	23,73	Incoerente	20,20	19,61	34,12	--	7,47	18,62	0,31	125,09	124,46
Strato (3) ghiaia	2,00-2,40	63,21	Incoerente	22,75	21,38	45,96	--	15,43	49,59	0,23	314,18	163,21

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 12/02/2016
 Profondità prova 2,60 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,855	0,88	1,03	44,03	51,52
0,40	1	0,851	0,88	1,03	43,83	51,52
0,60	4	0,847	3,20	3,78	160,20	189,14
0,80	16	0,793	12,00	15,13	600,20	756,56
1,00	23	0,740	16,09	21,75	804,52	1087,55
1,20	18	0,786	13,38	17,02	669,21	851,13
1,40	21	0,733	14,55	19,86	727,72	992,98
1,60	20	0,780	13,62	17,48	681,22	873,85
1,80	27	0,726	17,14	23,59	856,85	1179,70
2,00	26	0,723	16,43	22,72	821,54	1136,01
2,20	26	0,720	16,36	22,72	818,07	1136,01
2,40	32	0,667	18,66	27,96	932,78	1398,17
2,60	50	0,614	24,94	40,61	1247,15	2030,39

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,6	2	1,95	Incoerente	0	14,22	18,34	4,27	1,47	2,94	terreno vegetale
1,6	19,6	18,25	Incoerente	0	20,79	19,91	18,93	1,47	28,81	ghiaia e sabbia
2,6	32,2	27,52	Incoerente	0	21,87	21,08	40,26	1,47	47,33	ghiaia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

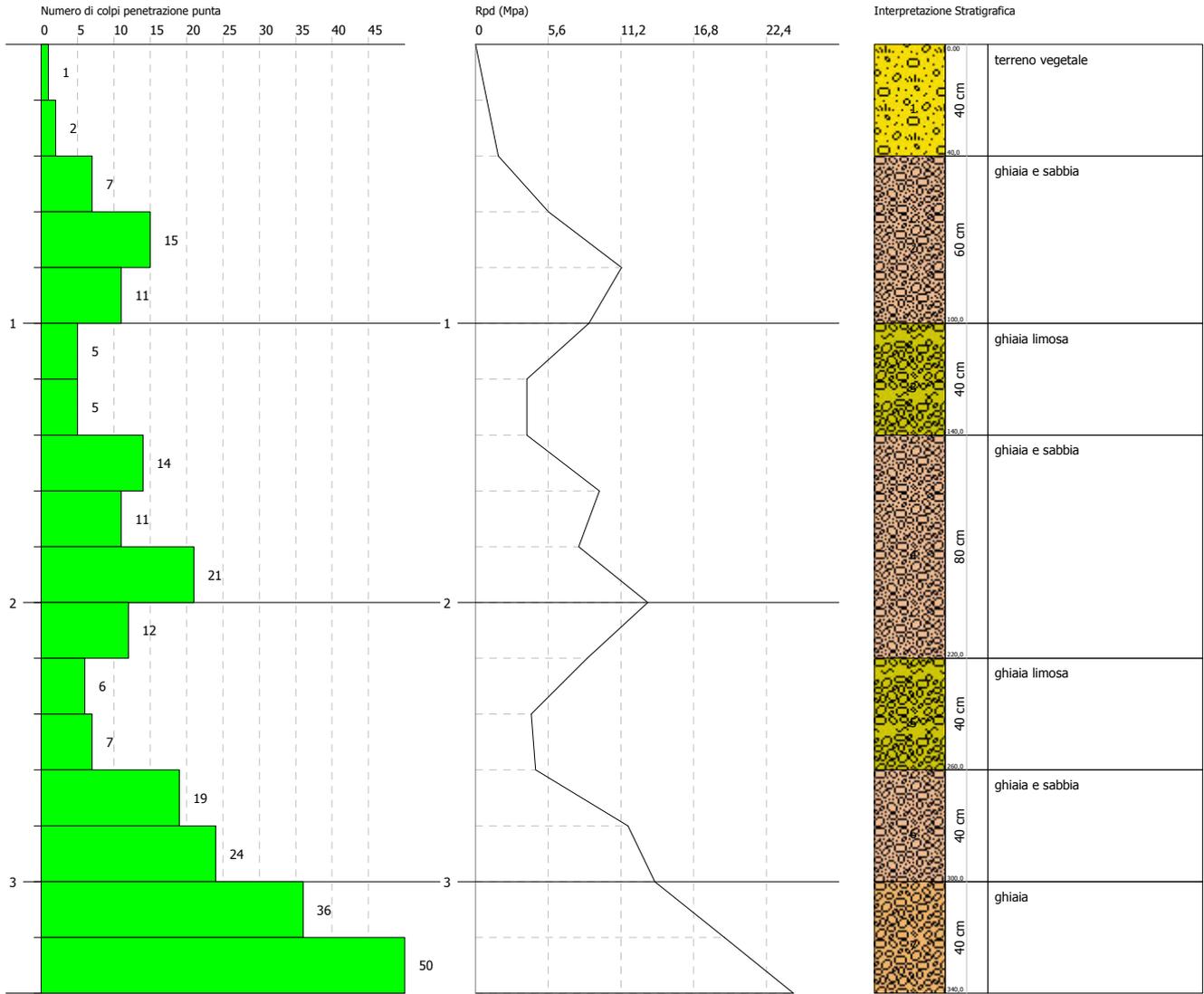
Strato	Prof. (m)	Nspt	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale	0,00-0,60	2,94	Incoerente	14,22	18,34	27,88	--	3,29	2,31	0,35	17,57	65,35
Strato (2) ghiaia e sabbia	0,60-1,60	28,81	Incoerente	20,79	19,91	35,64	--	8,50	22,60	0,3	150,11	124,63
Strato (3) ghiaia	1,60-2,60	47,33	Incoerente	21,87	21,08	41,2	--	12,23	37,13	0,26	239,37	153,85

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: vari
 Cantiere: Pua Borgo Masona
 Località: sandrigo

Data: 12/02/2016

Scala 1:25

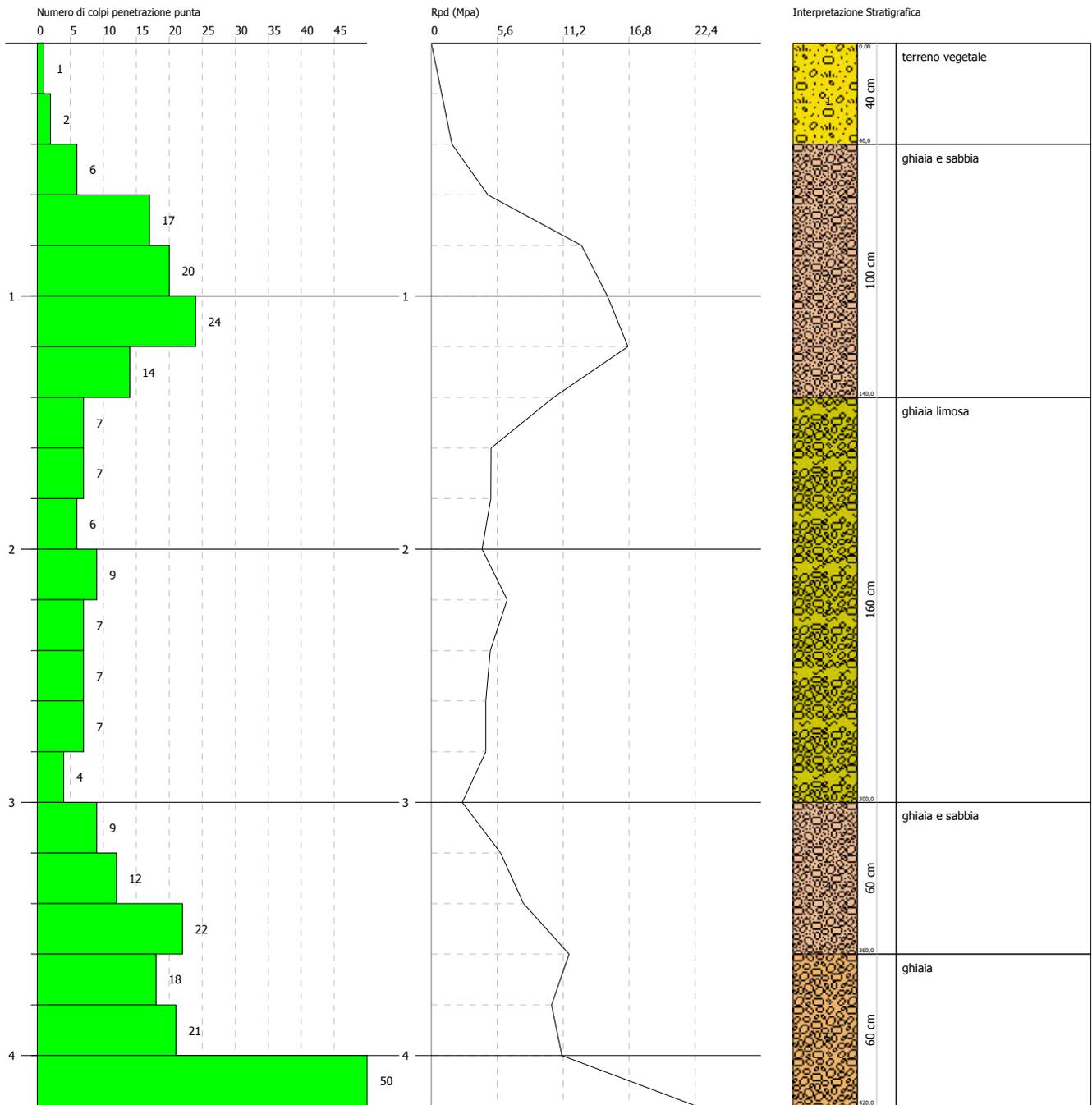


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: vari
 Cantiere: Pua Borgo Masona
 Località: sandrigo

Data: 12/02/2016

Scala 1:25

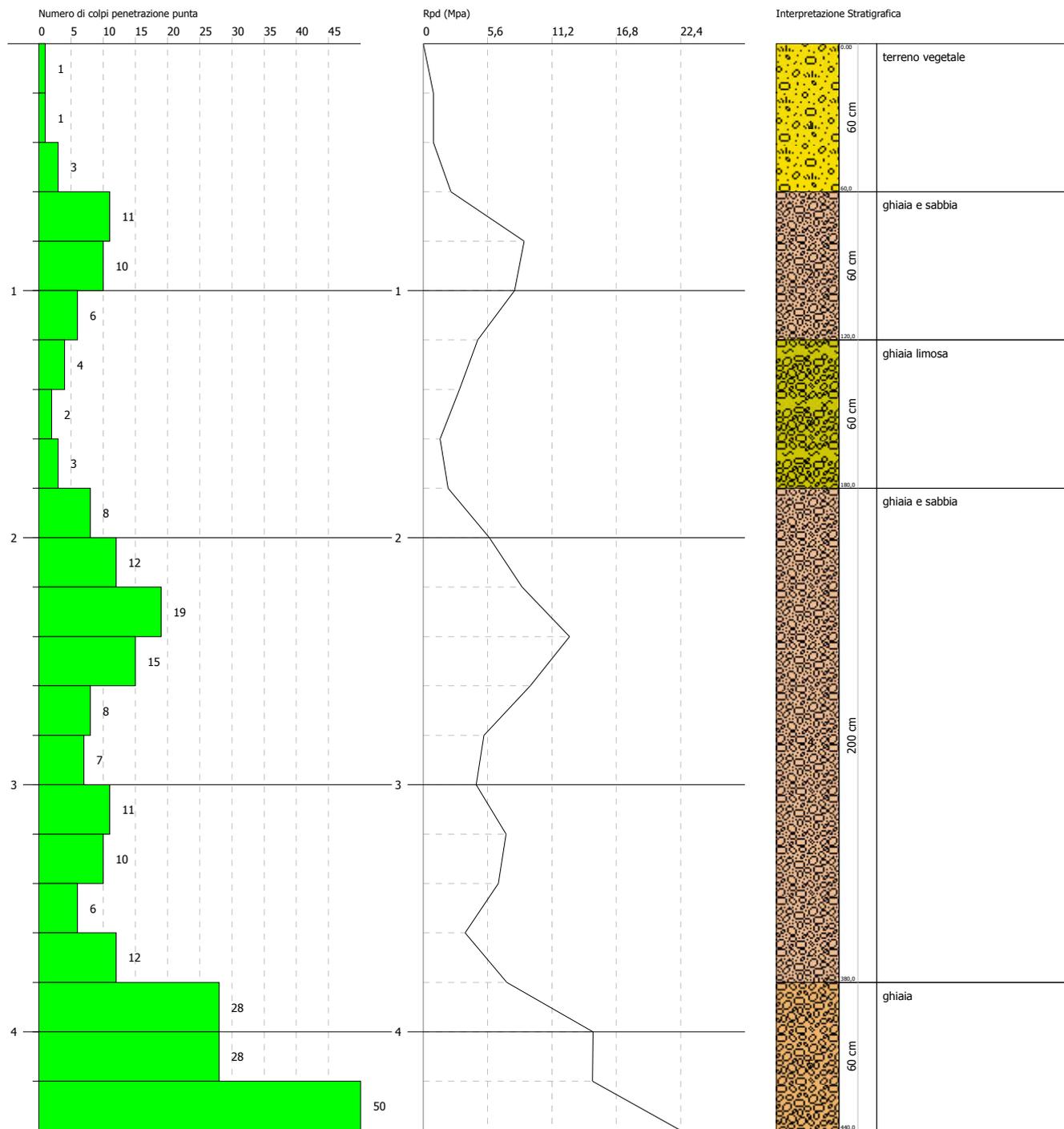


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: vari
 Cantiere: Pua Borgo Masona
 Località: sandrigo

Data: 12/02/2016

Scala 1:25

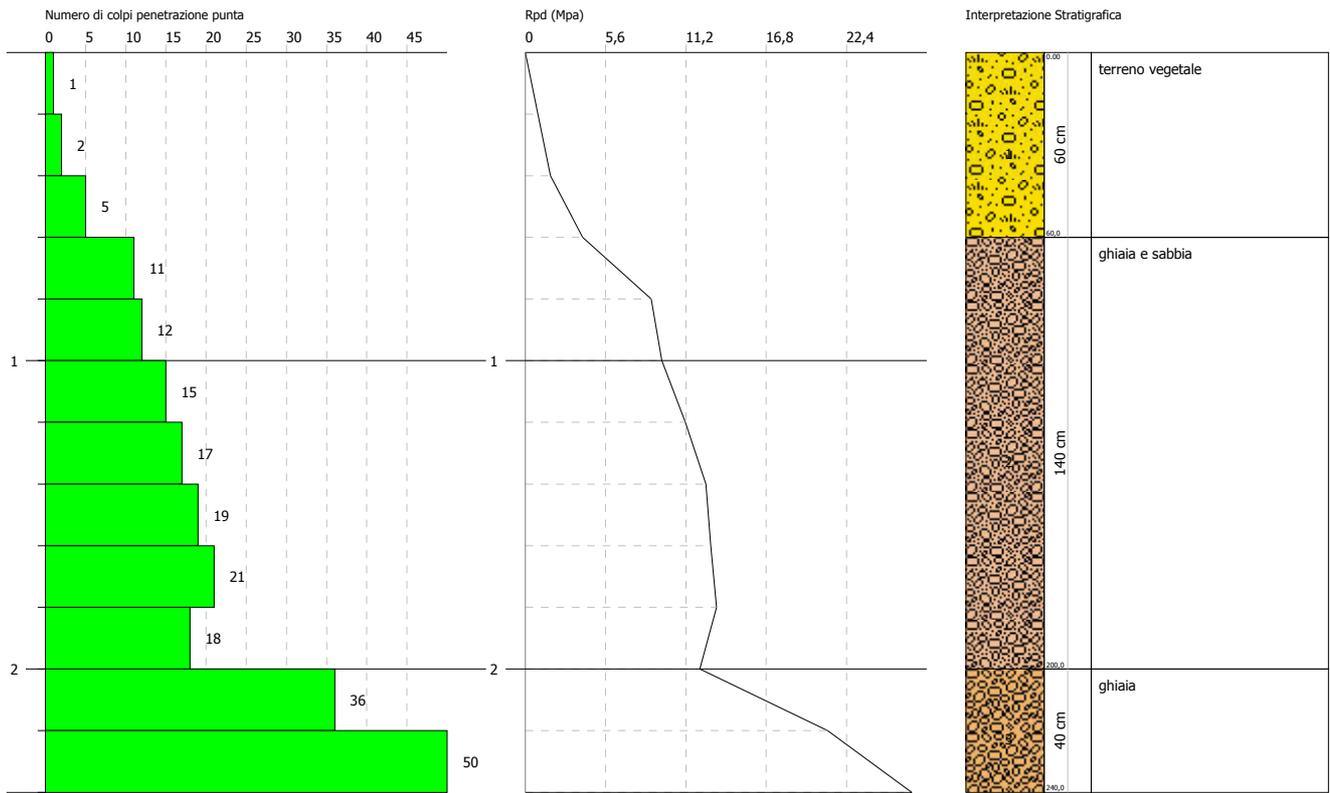


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: vari
 Cantiere: Pua Borgo Masona
 Località: sandrigo

Data: 12/02/2016

Scala 1:25

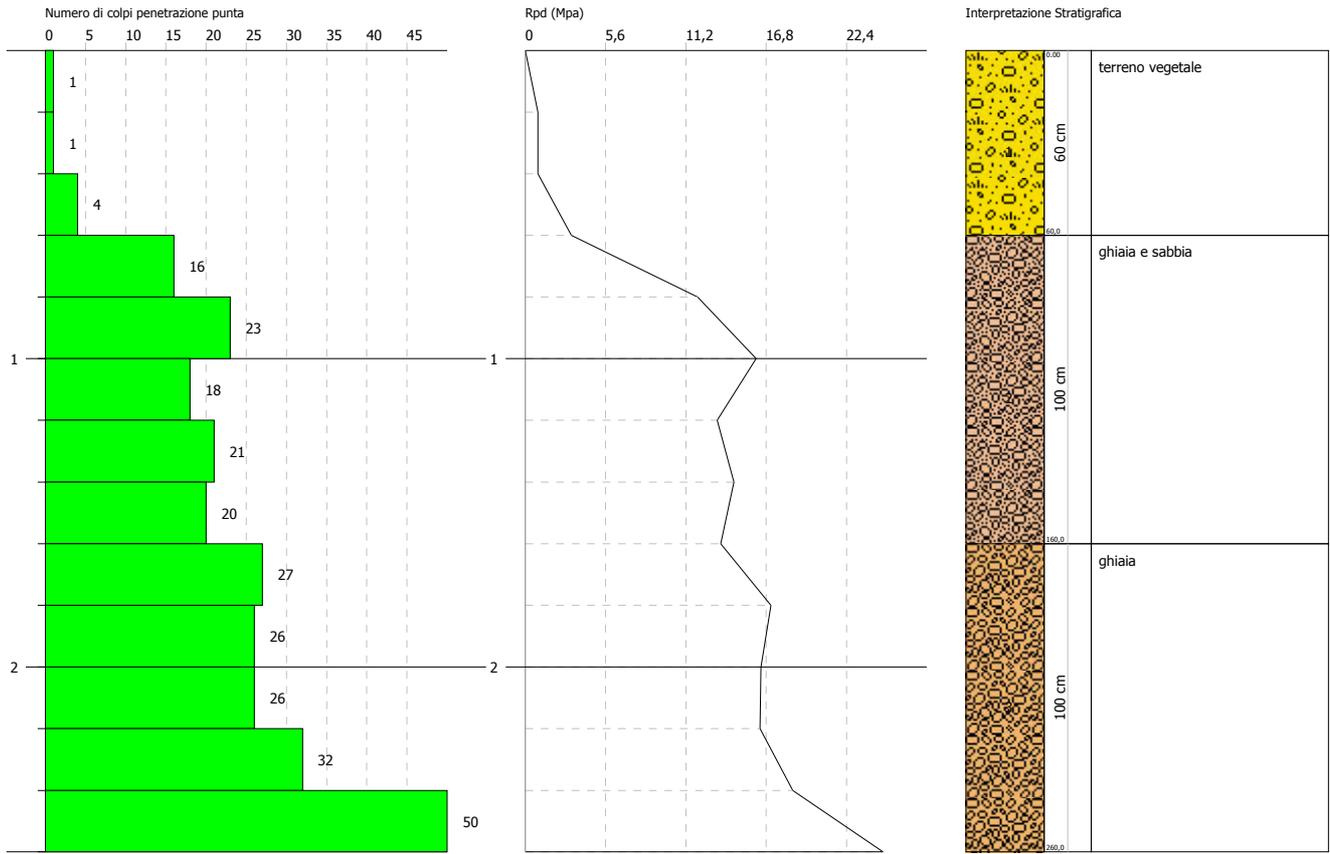


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: vari
 Cantiere: Pua Borgo Masona
 Località: sandrigo

Data: 12/02/2016

Scala 1:25

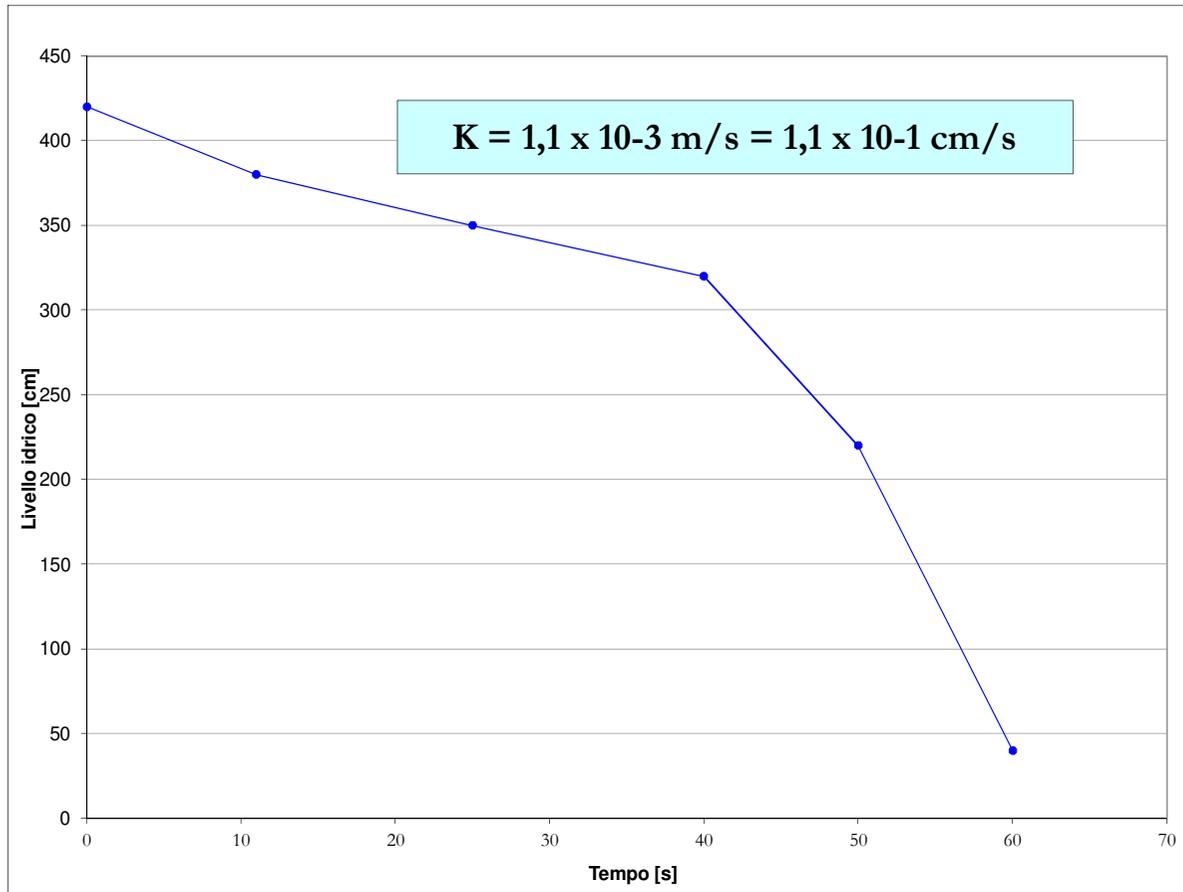


DETERMINAZIONE DELLA CONDUCIBILITA' IDRAULICA (K)

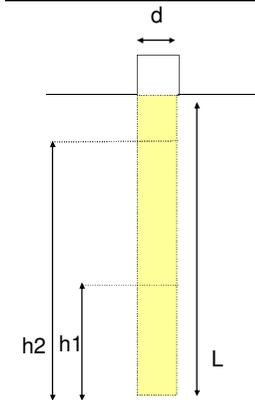
Prova in foro di sondaggio - Formula A.G.I. 1977

Località: Sadnigo (VI) **Cantiere:** PUA Borgo Masona **Committente:** Vari
Data: 12 febbraio 2016 **Operatore:** Geol. Barbieri Simone **Litologia:** Ghiaia nel tratto filtrante
N° Prova: K1 **Tipo prova:** Permeabilità a carico variabile in foro circolare
Quota p.c.: 73 m.s.l. m. **Tratto filtrante** 0,4 m **Hi [cm]:** 420 **Hf [cm]:** 0 **Ti [s]:** 0 **Tf [s]:** 60

CURVA SPERIMENTALE DI SVASO



T [s]	H [cm]
0	420
11	380
25	350
40	320
50	220
60	40
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0
0	0



1. PREMESSA

Nell'area di studio è stata effettuata un'indagine di sismica passiva a stazione singola ai fini della microzonazione sismica del sottosuolo e della stima del profilo di velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) utili per la classificazione sismica del substrato presente nell'area di indagine.

A tal fine è stata effettuata una misura di microtremore sismico ambientale a stazione singola su terreno libero. 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. Viene definito microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino $10^{-15} [m/s^2]^2$ in termini di accelerazione.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio nelle esplosioni della sismica attiva.

Strumentazione impiegata

La misura di microtremore ambientale, della durata di 12 minuti, è stata effettuata con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino) è dotato di tre sensori



elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da due batterie AA da 1,5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

2. Cenni teorici

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. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà 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** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la V_{s30} e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.

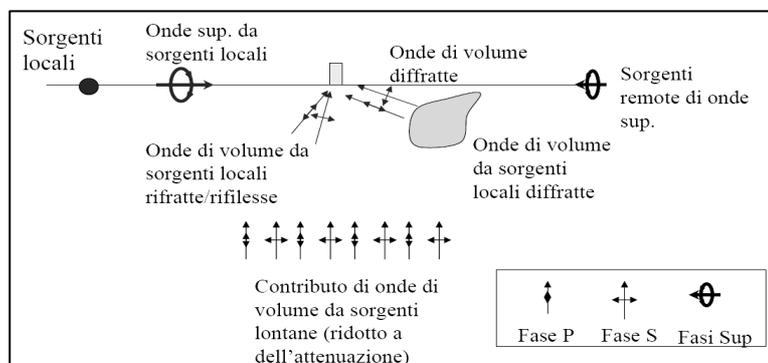
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso 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.

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:

- dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s ,
- dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
- dalla risposta dello strumento.

Possiamo scrivere questo come:

segnale registrazione al sito x = sorgente * effetti di percorso * funzione trasferimento strumento



Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. 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.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Micromed s.r.l. modello "Tromino".

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano una serie d'esempi di classificazioni fatte sulla base di semplici misure H/V a stazione singola. In tutti i siti descritti, la stratigrafia è nota da sondaggi e prove penetrometriche e il profilo Vs è ricavato anche con metodi alternativi.



TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate).	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia).	375	540	700
ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - GHIAIOSI (es. ghiaie e suoli con < 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose).	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere).	100	150	200

3. Interpretazione della misura eseguita

Nel caso specifico del sito in esame si è cercato di correlare i valori di picco, dello spettro di risposta HVSR, con le frequenze fondamentali di risonanza di sito.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica.

Sapendo che i valori di picco sono proporzionali ai contrasti di rigidità e utilizzando le informazioni lito – stratigrafiche ricavate dai sondaggi effettuati nei pressi del punto indagato, si è estrapolata una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

La frequenza di risonanza di sito, caratterizzata da un rapporto H/V compreso tra 1 e 2, è risultata di $\approx 1,31$ Hz.

Frequenza fondamentale di risonanza di sito
1,31 Hz

E' ormai consolidata, sia a livello accademico sia professionale, l'ipotesi che le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e quella naturale dell'edificio.

Di seguito vengono riportati i dati sismici raccolti dalle misure di microtremore sismico effettuate nell'area di studio:

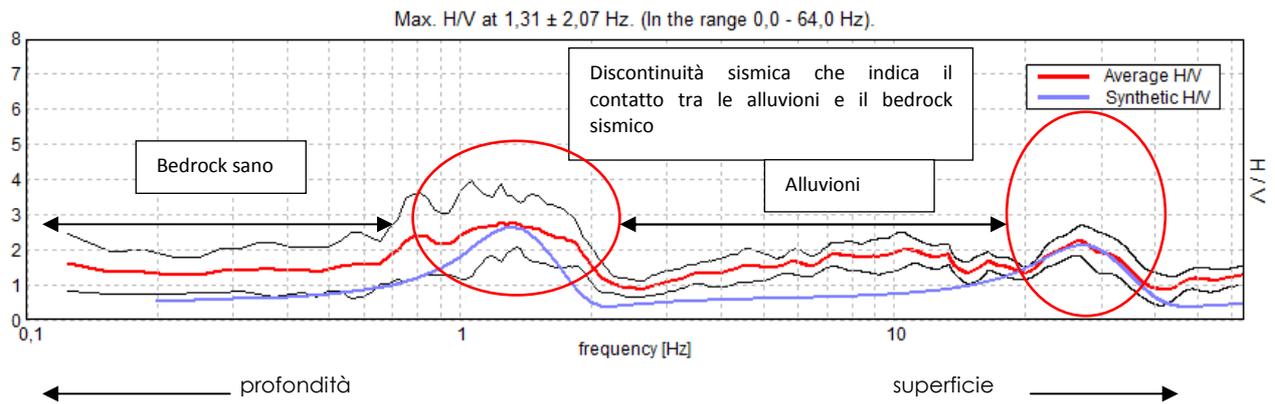


Figura 1. Curva H/V (rosso) e intervallo di confidenza al 95% (nero).
Confronto tra curva H/V sperimentale (rosso) e teorica (azzurro).

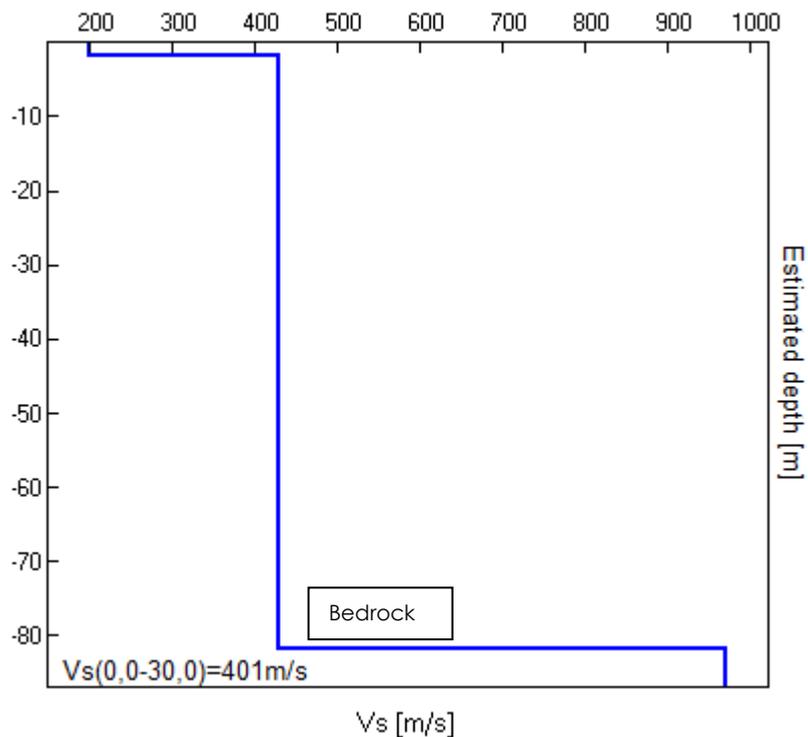


Figura 2. Profilo di Vs

Il profilo sopra riportato è stato ottenuto dai seguenti dati:

Strati	Profondità discontinuità sismica [m]	Spessore dello strato sismico [m]	Vs [m/s]
1	-1,80	1,80	200
2	-81,80	80,00	429
3	inf.	inf.	970

La ricostruzione sismo - stratigrafica di sito, può essere schematizzata in un sismo - strato poco addensato costituito da coltre argillosa e argilloso imosa superficiale fino a circa 1.80 m fino a $V_s \approx 200$ m/s, passanti ad alluvioni ghiaiose e ghiaioso sabbiose con $V_s = 429$ m/s fino a 81 m di profondità. Oltre gli 81 metri circa si trovano terreni più addensati assimilabili al bedrock sano. Secondo i dati progettuali le fondazioni del fabbricato di progetto andranno ai impostarsi

superficialmente (<1 m da p.c.), la frequenza di risonanza di sito da tenere in considerazione per la progettazione risulta quella corrispondente al picco di frequenza indicata precedentemente.

L'indagine sismica sopra descritta, infine, ha permesso di stimare la velocità delle onde sismiche di taglio (V_s), calcolate per i primi 30 m di spessore, che è risultata pari a **401 m/s**.

In base a quanto riportato nel D.M. 14.01.2008 al capitolo 3 paragrafo 3.2, che riprende i criteri per l'individuazione delle zone sismiche, i terreni indagati nella presente campagna geognostica, possono essere inseriti all'interno della classe **B** in base al valore di velocità sismica. A tale classe appartengono "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Vicenza, 25 febbraio 2016.