Comune di Schiavon (VI)

INDAGINE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

Progetto:
Nuova Area Artigianale

Ubicazione:
Via dell'Artigianato e Via Roncaglia
Vaccheria

Proprietà:

Autotrasporto Pozza c.D.
VZ Decorcolor Snc di Vendramin E.
Rigon Lorenzo
Mondialstampi Snc
CEIA SpA
Rigon Antonio

Gennaio 2019

Il Relatore

Geol. Lilia Viero

ORDINE DEI GEOLOGI * REGIONE DEL VENETO * Dr. Geol. LILIA VIERO N° 485

Sede: Viale Vicenza 93/I – Bassano del grappa (VI)
Mail : liliaviero@gmail.com – cell 338 4840070

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

INDICE

PREMESSA 2

RELAZIONE GEOLOGICA 3

1. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E MORFOLOGICHE 3

PLANIMETRIA GENERALE DEL LOTTO ARTIGIANALE 4

ESTRATTO TAVOLA DEL PAT - FRAGILITÀ DEL TERRITORIO 5

ESTRATTO CARTA LITOLOGICA DEL TERRITORIO COMUNALE 6

2. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DEL SOTTOSUOLO 7

3. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEL SOTTOSUOLO 7

OSSERVAZIONI FREATIMETRICHE DELL'ARPAV 8

ESTRATTO CARTA IDROGEOLOGICA DEL TERRITORIO COMUNALE 9

4. PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA ED IDRAULICA DELL'AREA 10

ESTRATTI CARTA DEI VINCOLI DEL P.I COMUNALE 11

DETTAGLIO RETE D'IRRIGAZIONE SUPERFICIALE 11

RELAZIONE GEOTECNICA 12

1. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE 12

ALLEGATO : UBICAZIONE ED INTERPRETAZIONE DATI PROVE PENETROMETRICHE ..... ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.

2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMO E DI ESERCIZIO (NTC 2018) 20

- **VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO 20**
- **VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO 23**

3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO 24

ESTRATTO MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE 25

- **INTERPRETAZIONE DELLE MISURE ESEGUITE 25**

CONCLUSIONI 28

ALLEGATI: DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE E INDAGINE GEOFISICA..... 31

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

PREMESSA

La presente indagine geologica e caratterizzazione geotecnica del sottosuolo è stata eseguita in relazione al *nuovo piano di lottizzazione artigianale* da realizzare nell'area compresa tra Via dell'Artigianato, a nord e Via Roncaglia Vaccheria a sud, nel centro abitato di Schiavon.

Lo scopo principale dello studio è quello di determinare l'andamento delle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni di fondazione, in osservanza alle Norme Tecniche emanate con D.M. 17.01.18 che ha aggiornato le precedenti NTC 2008, ora superate. La presente indagine riassume la caratterizzazione sia geologica che geotecnica del sottosuolo dell'area d'intervento in quanto intrinsecamente correlate fra loro e documentate da indagini in sito oltre che dall'esperienza maturata dalla sottoscritta in zona.

Inoltre facendo riferimento alla normativa vigente (NTC 2018) in materia di **rischio sismico**", si è provveduto a classificare il terreno di fondazione in base alla velocità di propagazione delle onde sismiche Vs_{eq} che nel caso specifico corrispondono alle Vs_{30} della precedente normativa (NT C2008).

Pertanto, dopo aver consultato gli allegati progettuali, sono state dapprima individuate le caratteristiche idrografiche e morfologiche del territorio in esame, procedendo poi attraverso l'analisi stratigrafica dei depositi alluvionali presenti nel sito d'intervento; quindi sulla base dei risultati ottenuti da alcune *Prove Penetrometriche Dinamiche* (DPSH) e dalle prospezioni sismiche condotte all'interno del Piano di Lottizzazione, sono stati individuati i parametri geotecnici e sismici del substrato di fondazione dei futuri fabbricati artigianali in progetto.

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

RELAZIONE GEOLOGICA

1. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE E MORFOLOGICHE

L'area in esame è ubicata nel tratto di pianura alluvionale racchiuso fra il fiume Astico ed il Brenta, che scorrono a 4-5 Km di distanza rispettivamente ad ovest e ad est del sito d'intervento (Fig.1).

Entrambi i corsi d'acqua hanno generato a partire dal loro punto di sbocco a valle due ampi coni di deiezione, divagando ed incidendo ora in destra ora in sinistra le proprie alluvioni che vanno così ad intersecarsi lateralmente creando una potente successione di depositi sciolti.

Il territorio è quindi pianeggiante, anche se esiste una lieve pendenza dello 0.2%-0.3% circa verso sud, ed è attraversato da numerosi canali, fossi e rogge aventi usi essenzialmente irrigui; anche ad ovest del fabbricato in progetto e della vicina strada comunale vi è un canale d'irrigazione mentre a qualche centinaio di metri di distanza passano molto ravvicinati fra loro i torrenti *Laverda* e *Ghebbo*.

Il piano di lottizzazione artigianale in progetto verrà realizzato in un'area pianeggiante, ora ad uso agricolo, che si estende per circa 30.000 mq a sud-ovest della strada Provinciale. Al suo interno sono previsti 7 lotti artigianali di dimensioni variabili, disposti in parte in direzione nord-sud in parte est-ovest, con una strada di accesso perimetrale di oltre 3.500 mq complessivi. Sono inoltre previste due zone a parcheggio, una a nord l'altra ad est del piano, per un totale di 2.765 mq. La restante area del piano sarà mantenuta a verde, in particolare nel settore nord ovest dove saranno realizzate delle opere di laminazione.

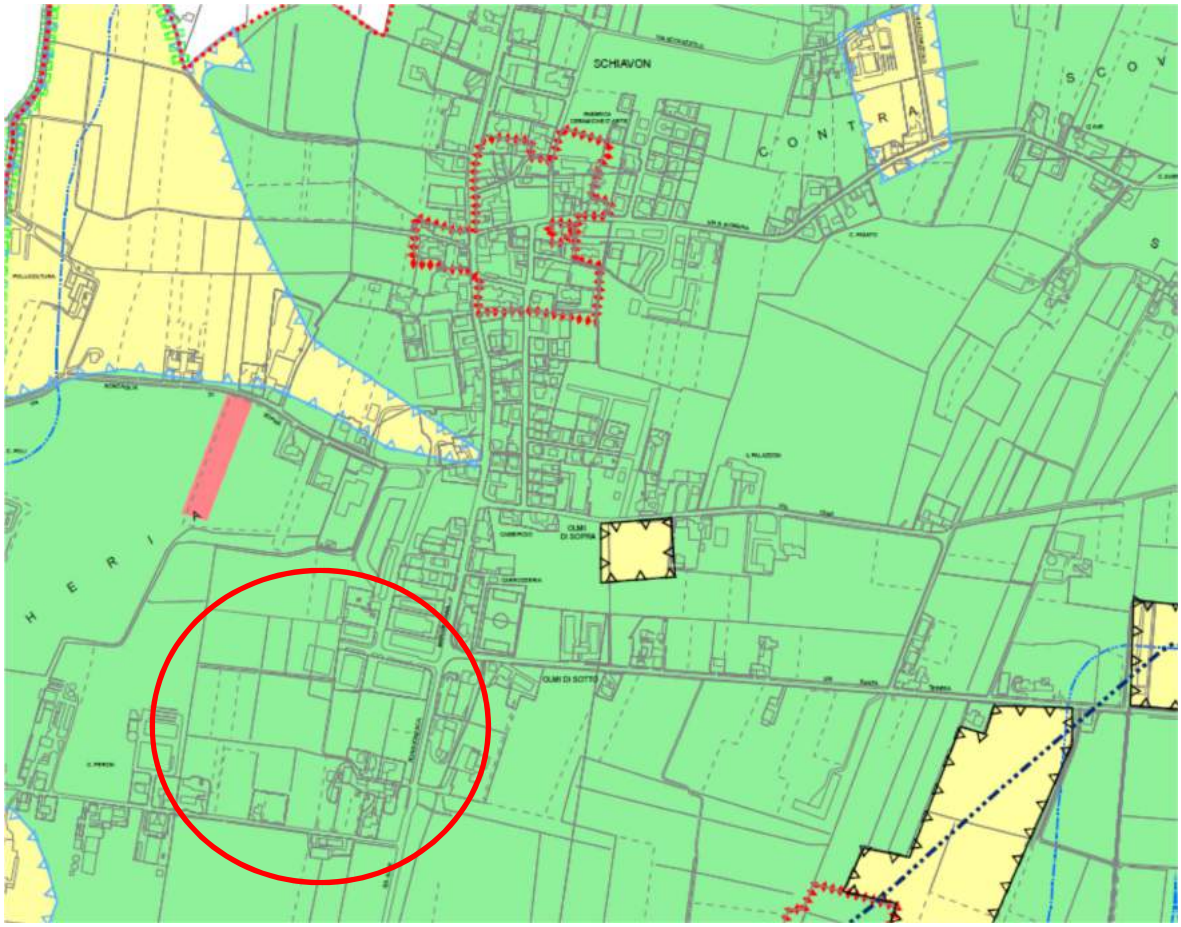
Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

PLANIMETRIA GENERALE DEL LOTTO ARTIGIANALE

Bassano, gennaio '19

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

ESTRATTO TAVOLA DEL PAT - FRAGILITÀ DEL TERRITORIO



LEGENDA

Compatibilità geologica

- Area idonea
- Area idonea a condizione
- Area non idonea

Aree a dissesto idrogeologico

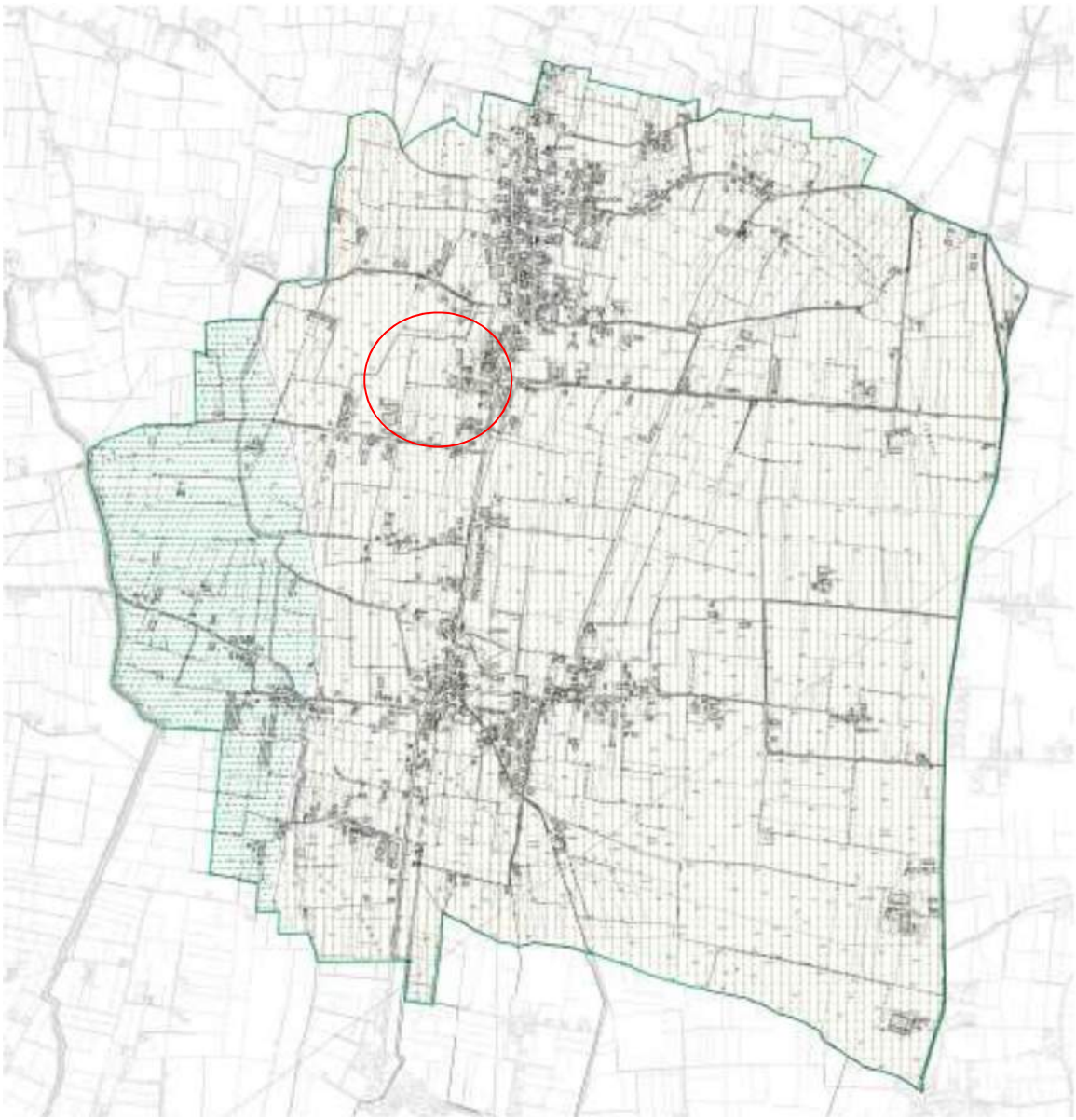
- Area esondabile o a ristagno idrico idonea a condizione (IDR)
- Area sottoposta a miglioria fondiaria

Zone di tutela

- Fascia di tutela fluviale
- Aree di interesse storico, ambientale artistico e centri storici

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

ESTRATTO CARTA LITOLOGICA DEL TERRITORIO COMUNALE



LEGENDA

Materiali alluvionali, morenici, fluvioglaciali, lacustri, palustri e litorali

Materiali granulari fluviali e/o fluvioglaciali antichi a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa più o meno addensati

Materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

2. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DEL SOTTOSUOLO

Il sottosuolo della zona in studio è contraddistinto da una potente serie di materiali alluvionali che poggiano su un basamento roccioso di età terziaria, presente ad alcune centinaia di metri di profondità.

Questo materasso di alluvioni si compone prevalentemente di materiali ghiaioso-ciottolosi, ben classati e puliti, con locali intercalazioni in sabbia medio-fine in genere di spessore metrico; più a valle invece all'interno della successione sedimentaria si trovano delle intercalazioni argillose variabili da alcuni decimetri a qualche metro che suddividono l'acquifero ghiaioso più grossolano in un sistema multifalde fra loro sovrapposte e confinate all'interno di tali depositi impermeabili (acquifero differenziato).

3. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEL SOTTOSUOLO

Nel sottosuolo dell'area in esame ha sede una falda acquifera alimentata principalmente dalle dispersioni in alveo dei vicini corsi d'acqua o dalle infiltrazioni idriche della rete d'irrigazione consortile, e in minor misura dagli apporti diretti delle precipitazioni meteoriche.

La zona si colloca a nord della fascia delle risorgive dove si originano il fiume *Tesina* ed il Rio *Ghebissolo;* qui il deflusso idrico sotterraneo è quindi collegato con la rete idrica superficiale che influenza, nelle sue immediate vicinanze, le escursioni della falda freatica. In particolare lungo il confine della proprietà della ditta committente scorre la *Roggia Marosticana* che prosegue poi in direzione sud seguendo anche il confine est del lotto in esame.

La quota media della superficie freatica si colloca a intorno ai – 5 m dal p.c. in corrispondenza dei depositi in sabbia e ghiaia quali livello acquifero a buona continuità spaziale; va comunque considerato che tale quota s'innalza rapidamente durante i periodi di ricarica ovvero in occasione di eventi meteorici

intensi e duraturi mantenendo comunque una distanza minima di 2 ml dal p.c. attuale.

Questa circostanza trova conferma anche dalle misure effettuate dall'Arpav e pubblicate negli *annali freatimetrici dal 2007 al 2011* da cui sono state estratte le tabelle qui di seguito allegate. L'annualità di riferimento è quella del 2011 durante la quale è stata registrata una escursione annua dell'ordine dei 5,8 ml tra la fase di minima e di massima risalita della falda.

OSSERVAZIONI FREATIMETRICHE DELL'ARPAV

Anno 2011

ID	BACINO IDROGEOLOGICO E STAZIONE	Escursione annua (m)	GEN (m)	FEB (m)	MAR (m)	APR (m)	MAG (m)	GIU (m)	LUG (m)	AGO (m)	SET (m)	OTT (m)	NOV (m)	DIC (m)	ANNO (m)
	ALTA PIANURA DI VICENZA														
22	Dueville	3.23	56.19	55.55	55.06	54.85	54.41	54.27	54.22	54.13	53.93	53.42	54.11	54.07	54.52
53	Schiavon	5.80	68.88	67.58	66.63	66.54	65.97	65.69	65.92	65.22	64.55	63.82	63.97	64.89	65.80
83	Montecchio Precalcino[1]	4.99	70.97	69.69	70.53	69.06	68.16	68.12	67.81	67.57	67.43	67.41	69.00	68.37	68.68
1100	Zugliano (C. Dal Santo)	5.38	141.51	140.13	140.73	139.77	138.14	138.25	137.62	137.08	–	–	139.36	138.42	139.10

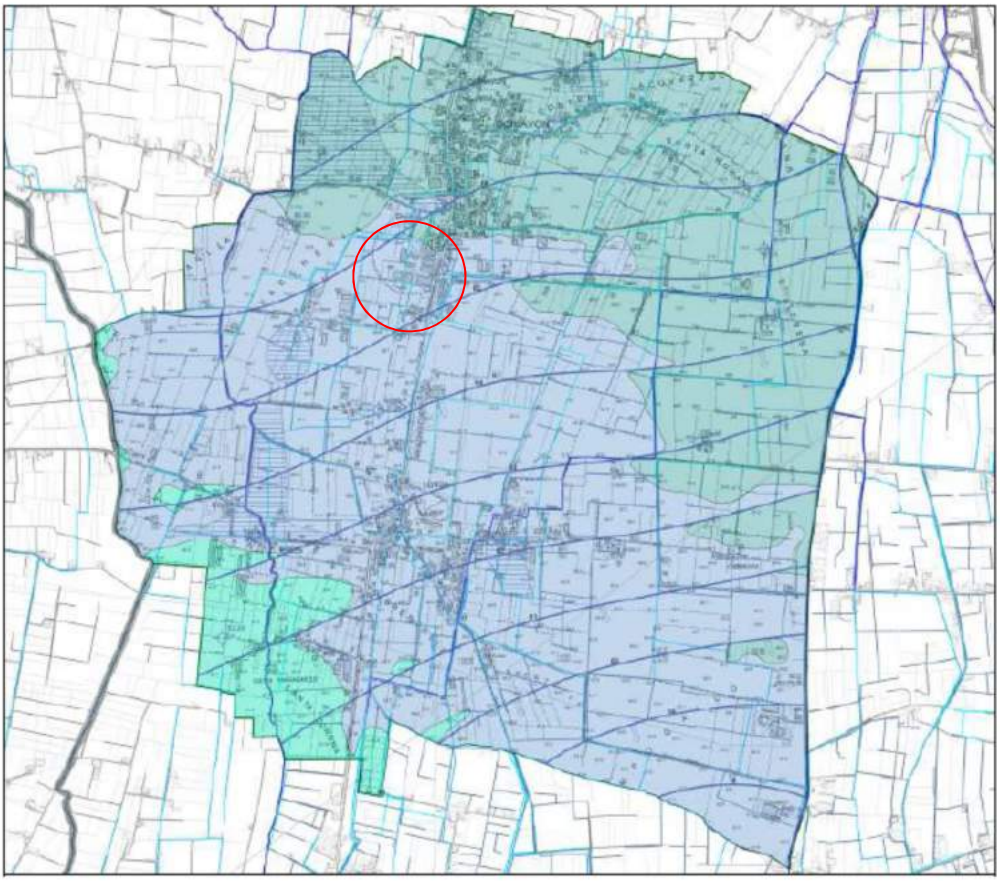
STAZIONE 53 - SCHIAVON

(F) Bacino: ALTA PIANURA DI VICENZA (73,51 m s.l.m.)

Giorno	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
2	69.21	68.31	66.81	66.51	66.41	65.61	65.96	65.51	64.81	64.26	63.51	64.81
5	69.11	68.11	66.71	66.51	66.31	65.41	66.01	65.51	64.71	64.21	63.61	64.91
8	69.06	67.91	66.61	66.61	66.21	65.51	65.96	65.41	64.81	64.01	63.71	65.01
11	69.01	67.81	66.51	66.51	66.11	65.61	65.91	65.31	64.71	63.91	63.91	64.96
14	68.91	67.61	66.31	66.51	65.91	65.71	66.01	65.26	64.61	63.81	64.01	64.91
17	68.86	67.51	66.61	66.61	65.81	65.81	65.91	65.21	64.51	63.71	64.21	64.91
20	68.81	67.41	66.81	66.61	65.81	65.76	65.81	65.11	64.41	63.61	64.21	64.91
23	68.71	67.31	66.81	66.56	65.71	65.71	65.91	65.01	64.31	63.51	64.21	64.71
26	68.61	67.01	66.61	66.51	65.61	65.81	66.01	64.96	64.31	63.41	64.16	>>
29	68.51	66.81	66.51	66.46	65.81	65.91	65.71	64.91	64.31	63.71	64.11	>>
Medie	68.88	67.58	66.63	66.54	65.97	65.69	65.92	65.22	64.55	63.82	63.97	64.89

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

ESTRATTO CARTA IDROGEOLOGICA DEL TERRITORIO COMUNALE



Acque sotterranee

Area con profondità falda freatica compresa tra 0 e 2 m. dal p.c.

Area con profondità falda freatica compresa tra 2 e 5 m. dal p.c.

Area con profondità falda freatica compresa tra 5 e 10 m. dal p.c.

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

4. PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA ED IDRAULICA DELL'AREA

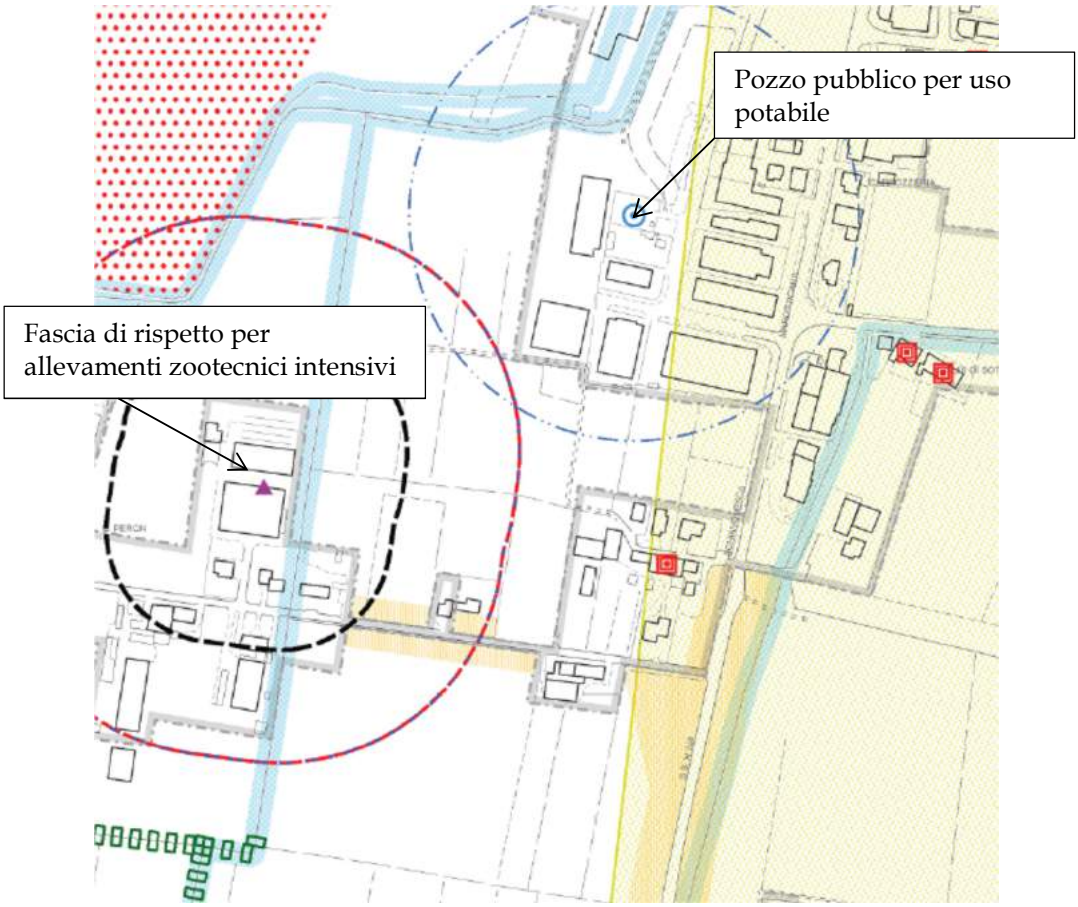
La zona d'intervento è delimitata verso nord e verso ovest dal canale *Plivirriguo B.Peron* che rappresenta un importate canalizzazione a scopo irriguo in cui vengono a confluire la *roggia Marosticana*, a nord, e la *roggia Angarana* proveniente da ovest. Inoltre la zona di nord-est del piano ricade all'interno della fascia di rispetto *idrogeologico* per la presenza di un *pozzo di approvvigionamento idrico ad uso potabile*, posto a poche decine di metri di distanza, verso nord.

Dopo tali premesse è chiaro che esiste una situazione di potenziale *rischio idrogeologico* all'interno del Pdl in esame che richiederà necessariamente la massima attenzione ai sistemi di smaltimento delle acque meteoriche provenienti dalle strade di accesso, dalle coperture e dai piazzali esterni dei futuri fabbricati artigianali in progetto. **Non è pertanto consentito l'uso di pozzi perdenti o altri sistemi di filtrazione profonda delle acque di dilavamento superficiale ma si dovrà convogliare le stesse verso le canalizzazioni comunali (acque nere, acque bianche) o verso un corpo idrico recettore, rispettando però i limiti qualitativi di legge e quantitativi consentiti dal Consorzio di Bonifica direttamente competente.**

Allo scopo di garantire la massima sicurezza ai fini di un potenziale inquinamento delle falde acquifere sotterranee, è previsto l'inserimento di un sistema di raccolta e trattamento preliminare per *disoleazione e dissabbiatura* delle acque di dilavamento provenienti dalle strade del piano e dai piazzali esterni ai singoli lotti ove si prevede una circolazione e/o stazionamento dei mezzi veicolari.

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

ESTRATTI CARTA DEI VINCOLI DEL P.I COMUNALE



DETTAGLIO RETE D'IRRIGAZIONE SUPERFICIALE

Fonte: Consorzio Pedemontano Brenta

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

RELAZIONE GEOTECNICA

1. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Al fine di verificare la successione stratigrafica nel sito d'intervento e risalire così alle caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione delle opre di urbanizzazione oltre che dei futuri fabbricati artigianali in progetto, sono state eseguite n°7 prove penetrometriche dinamiche con penetrometro super-pesante DPSH, e n°3 prospezioni sismiche con tecnica passiva Re.Mi accompagnate da n°3 prospezioni sismiche a stazione singola HVSR con tromometro digitale.

I dati di campagna forniti dalle prove hanno confermato la presenza di alluvioni ghiaioso-ciottolose, a buon stato di addensamento, a profondità però variabili nel sottosuolo dell'intera area di competenza del Piano. In particolare nel settore sud (cfr. Prova 2) lo spessore dei depositi sabbioso-limosi più superficiali è superiore a quello individuato nel settore centrale e orientale del piano (cfr. Prova 4 e Prova 7). Questa circostanza è da attribuire essenzialmente alla "baulatura" dei terreni agricoli che presentano una evidente convessità verso il centro del lotto con quote del piano campagna superiori anche di 50 cm rispetto i settori marginali dello stesso.

La successione stratigrafica può essere così schematizzata :

SETTORE CENTRALE – PROVE 2 - 3

- dal p.c. a – 0.6 m

1. Terreno vegetale limoso-argilloso a scarsa consistenza

– resistenza dinamica Rpd = 8 - 16 Kg/cmq
– peso unità di volume γ = 1,7 t/mc
– prova Nspt Nspt = 2

.....

- da – 0.6 m a - 2.7 m

2. Sabbia limosa sciolta

– resistenza dinamica Rpd = 7 - 43 Kg/cmq

– angolo di attrito efficace ∅ = 26°
– densità relativa Dr = 30%
– peso unità di volume γ = 1,6 t/mc
– prova Nspt Nspt = 5

.....

- da – 2.7 m a - 4.5 m

3. Ghiaia medio-fine poco consistente passante a ghiaia in matrice sabbiosa a media consistenza

– resistenza dinamica Rpd = 78 – 200 Kg/cmq
– angolo di attrito efficace ∅ = 27° - 30°
– densità relativa Dr = 57%
– peso unità di volume γ_{sat} = 1,8 t/mc
– prova Nspt Nspt = 25

.....

- da - 4.5 m a - 5.4 m

5. Ghiaia medio-grossa in scarsa matrice sabbiosa ben addensata

– resistenza dinamica Rpd > 200 Kg/cmq
– angolo di attrito efficace ∅ = 30° - 35°
– densità relativa Dr = 77% - 80%
– peso unità di volume γ_{sat} = 1,9 t/mc
– prova Nspt Nspt = 52

.....

SETTORE SUD ED OVEST – PROVE 1 - 4 -5

- dal p.c. a – 0.4 m

1. Terreno vegetale limoso-argilloso a scarsa consistenza

– resistenza dinamica Rpd = 8 - 16 Kg/cmq
– peso unità di volume γ = 1,7 t/mc
– prova Nspt Nspt = 2

.....

- da – 0.4 m a - 1.2 m

2. Sabbia limosa sciolta

– resistenza dinamica Rpd = 7 - 43 Kg/cmq
– densità relativa Dr = 10%
– peso unità di volume γ = 1,6 t/mc
– prova Nspt Nspt = 2

.....

- da – 1.2 m a - 2.1 m

3. Ghiaia medio-fine poco consistente in abbondante matrice sabbiosa

– resistenza dinamica Rpd = 78 – 100 Kg/cmq
– angolo di attrito efficace $\varnothing$ = 27° - 30°
– densità relativa Dr = 44%
– peso unità di volume γ_{sat} = 1,7 t/mc
– prova Nspt Nspt = 16

.....

- da – 2.1 m a – 3.6 m

4. Ghiaia medio-grossa in scarsa matrice sabbiosa ben addensata

– resistenza dinamica Rpd > 200 Kg/cmq
– angolo di attrito efficace $\varnothing$ = 30° - 35°
– densità relativa Dr = 80%
– peso unità di volume γ_{sat} = 1,9 t/mc
– prova Nspt Nspt = 52

.....

SETTORE EST – PROVE 6 - 7

- dal p.c. a – 0.6 m

1. Terreno vegetale limoso-argilloso a scarsa consistenza

– resistenza dinamica Rpd = 8 - 16 Kg/cmq
– peso unità di volume γ = 1,7 t/mc
– prova Nspt Nspt = 2

.....

- da – 0.6 m a - 1.5 m

2. Sabbia limosa sciolta

– resistenza dinamica Rpd = 14 - 55 Kg/cmq
– densità relativa Dr = 10%
– peso unità di volume γ = 1,6 t/mc
– prova Nspt Nspt = 6

.....

- da – 1.5 m a - 2.1 m

3. Ghiaia medio-fine poco consistente in matrice sabbiosa

– resistenza dinamica Rpd = 96 – 130 Kg/cmq
– angolo di attrito efficace $\varnothing$ = 27° - 30°
– densità relativa Dr = 47%
– peso unità di volume γ_{sat} = 1,7 t/mc
– prova Nspt Nspt = 18

.....

- da – 2.1 m a – 3.6 m

4. Ghiaia media in scarsa matrice sabbiosa ben addensata

– resistenza dinamica Rpd > 170 Kg/cmq
– angolo di attrito efficace $\varnothing$ = 30° - 35°
– densità relativa Dr = 78%
– peso unità di volume γ_{sat} = 1,9 t/mc
– prova Nspt Nspt = 43

.....

Anche le prospezioni sismiche condotte nel sottosuolo hanno confermato una locale discontinuità spaziale nei depositi sabbioso-limosi più superficiali, in quanto le quote del deposito in ghiaia più addensato (livello 4) sono diverse passando dal settore meridionale a quello orientale del piano. Questa circostanza va però attribuita in parte alla morfologia del piano campagna in parte alle caratteristiche spaziali dei depositi superficiali, a carattere spesso lenticolare.

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE ALL'INTERNO DEL PDL

Viero Dott. Lilia
Viale Vicenza 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

Riferimento: 17-18

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2
ELABORAZIONE STATISTICA

- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- note : prova settore sud
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,60	N	1,5	1	2	1,3	----	----	----	2	1,14	**2**
			Rpd	11,6	8	16	9,7	----	----	----	16		
2	0,60	2,70	N	4,1	1	7	2,6	2,3	1,9	6,4	4	1,14	**5**
			Rpd	27,1	7	43	17,0	14,1	13,1	41,2	26		
3	2,70	4,50	N	21,5	14	36	17,8	7,9	13,6	29,4	22	1,14	**25**
			Rpd	128,0	78	222	103,2	52,2	75,8	180,2	131		
4	4,50	5,40	N	46,3	37	60	41,7	----	----	----	46	1,14	**52**
			Rpd	250,1	207	308	228,7	----	----	----	249		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 30 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,14) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	suolo agrario	2	7.5	20.5	207	1.85	1.36	----	----	----	----
2	0.60	2.70	sabbia-limosa sciolta	5	20.8	28	230	1.84	1.42	0.31	1.83	39	1.061
3	2.70	4.50	sabbia e ghiaia media.adensa.	25	57.5	34.4	384	2.02	1.64	----	----	----	----
4	4.50	5.40	ghiaia e sabbia addensata	52	85.8	42.9	592	2.16	1.86	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

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

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

Viero Dott. Lilia
Viale Vicenza 93/I
36061 Bassano del Grappa(VI)

Riferimento: 17-18

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4
ELABORAZIONE STATISTICA

- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- note : prova settore ovest
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
0	0,00 0,30		0,0	0	0	0,0	----	----	----	0	0,00	**0**

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 30 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,14) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
----	0.00 0.30	suolo agrario	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	0.30 1.20	sabbie sciolte	2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
3	1.20 2.10	sabbia e ghiaia mod.addensata	16	44.0	31.8	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750
4	2.10 3.60	ghiaia e sabbia addensata	46	81.0	41.3	546	2.13	1.82	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

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

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

Viero Dott. Lilia
Viale Vicenza 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

Riferimento: 17-18

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 7
ELABORAZIONE STATISTICA

- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- note : prova settore est
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
				M	min	Max	½(M+min)	s	M-s	M+s			
1	0,00	0,60	N	2,5	2	3	2,3	----	----	----	2	1,14	**2**
			Rpd	19,3	16	23	17,4	----	----	----	15		
2	0,60	1,50	N	5,0	2	8	3,5	----	----	----	5	1,14	**6**
			Rpd	34,3	14	55	24,0	----	----	----	34		
3	1,50	2,10	N	16,5	14	19	15,3	----	----	----	16	1,14	**18**
			Rpd	113,2	96	130	104,7	----	----	----	110		
4	2,10	3,60	N	38,0	28	60	33,0	----	----	----	38	1,14	**43**
			Rpd	234,4	173	370	203,6	----	----	----	234		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento δ = 30 cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
β: Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico βt = 1,14) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.60	suolo agrario	2	----	----	----	----	----	0.13	1.75	47	1.267
2	0.60	1.50	sabbia limosa sciolta	6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	1.50	2.10	sabbia-ghiaia mediam.addensa	18	47.0	31.4	330	1.98	1.57	----	----	----	----
4	2.10	3.60	ghiaia e sabbia addensata	43	78.0	40.4	523	2.11	1.79	----	----	----	----

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento δ = 30 cm)

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

Software by: Dr.D.MERLIN - 0425/840820

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMO E DI ESERCIZIO (NTC 2018)

In ottemperanza a quanto previsto dal nuovo DM 17/01/2018, le **verifiche geotecniche** necessarie ai fini di un corretto dimensionamento delle strutture da realizzare, sia per le opere di fondazione che in elevazione, riguardano:

- Lo stato limite ultimo (SLU) , che equivale alla verifica geotecnica della capacità portante del sottosuolo (Q_{amm}); il collasso della struttura si ha infatti per raggiungimento del carico limite (Q_{lim}) quale valore di progetto della resistenza del *sistema geotecnico.*
- Lo stato limite di esercizio (SLE), che equivale al calcolo dei cedimenti sotto il piano di posa delle fondazioni. La verifica si basa sulle deformazioni del terreno compatibili e non, rispetto al valore di progetto delle azioni.

In pratica è essenziale conoscere già a priori le scelte strutturali previste dal tecnico progettista dell'opera al fine di produrre un *modello geotecnico* oltre che *geologico* compatibile con i requisiti e le prestazioni attese dalle strutture da realizzare.

Pertanto nel caso del piano di lottizzazione in progetto sono previste *fondazioni superficiali* impostare a – 0.8 m dal p.c. attuale mentre per i fabbricati artigianali si prevedono *fondazioni a plinti* di dimensioni quadrangolari spinte a – 1.5 m dalla quota del piano campagna attuale.

- **VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

La verifica *SLU* verrà eseguita secondo l'*approccio 2* unico previsto dalla normativa vigente, in quanto più severo per il dimensionamento strutturale; tale verifica denominata per l'appunto anche "strutturale" (STR) diventa significativa solo se sono noti i carichi permanenti e variabili di progetto e pertanto si rimanda al progettista il calcolo appropriato con questa combinazione di coefficienti (A1-

M1-R3) .

Quindi procedendo con il calcolo della Capacità Portante limite (Q_{lim}) del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione mediante la formula di Terzaghi :

$$Q_{lim} = A * (c * N_c + q * N_q + 1/2\ B * \gamma' * N_\gamma)$$

e ponendo c = 0 t/mq (terreni granulari) , q = Z * γ dove Z = 0.8 m (profondità del piano di posa) ed il peso di volume γ = 1,6 t/mc mentre per Z = 1.5 m γ = 1,7 t/mc; se A = 1 mq e B = 1 ml il calcolo qui di seguito riportato verrà eseguito per metro quadrato di plinto (capacità portante unitaria).

Mancano ora i coefficienti N_c , N_q , N_γ desumibili dall'abaco di Terzaghi in funzione dell'angolo di attrito φ che nel caso specifico vale φ' = 27° :

- **fondazione a – 0.8 m dal p.c. attuale**

SLU		
DATI DI INPUT		
cu	**0**	kPa
γ (per D)=	**16**	kN/mc
γ (per B')=	**16**	kN/mc
D =	**0,6**	m
B=	**1**	m
Nq =	15,9	
Nc =	29,2	
Nγ =	13,15	*(Hansen 1970)*
FATTORI DI FORMA		
sq =	1	
sγ =	0,8	
sc =	1	
FATTORI DI INCLINAZIONE DEL CARICO		
iq =	1	
iγ =	1	
ic =	1	
FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE COND. SISMICHE		
(MAUGERI E NOVITA')		

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

hq =	1
hγ =	1
hc =	1

RISULTATI

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE - NTC 2018

coefficiente di capacità portante - approccio 2

γR =	2,3	
Rd =	**102,96**	**kPa**

- plinti di fondazione a – 1.5 m dal p.c. attuale

SLU

DATI DI INPUT

cu	**0**	kPa
γ (per D)=	**17**	kN/mc
γ (per B')=	**17**	kN/mc
D =	**1,5**	m
B=	**1**	m
Nq =	15,9	
Nc =	29,2	
Nγ =	13,15	*(Hansen 1970)*

FATTORI DI FORMA

sq =	1
sγ =	0,8
sc =	1

FATTORI DI INCLINAZIONE DEL CARICO

iq =	1
iγ =	1
ic =	1

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE COND. SISMICHE

(MAUGERI E NOVITA')

hq =	1
hγ =	1
hc =	1

RISULTATI

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE - NTC 2018

coefficiente di capacità portante - approccio 2

γR =	2,3
Rd =	**215,16 kPa**

Il carico ammissibile ottenuto con l'approccio 2 delle NTC 2018 dovrà essere confrontato con i carichi strutturali, permanenti e variabili, previsti dal progettista dei fabbricati da realizzare, ed attualmente non noti. Tali carichi saranno valorizzati in base ai rispettivi coefficienti parziali previsti per l'approccio 2 sopra effettuato.

– **VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO**

La seconda verifica SLE riguarda il calcolo dei cedimenti in condizioni statiche, al di sotto del piano di posa della fondazione, per la cui determinazione si utilizzeranno i dati riportati nella tabella precedente desunti dalla prova penetrometrica dinamica SPT. Tali parametri rimangono infatti invariati in quanto il coefficiente di sicurezza parziale introdotto dalla normativa (γ_M) è unitario, così come quello riferito alle azioni di progetto (γ_F).

La profondità complessiva del terreno analizzato è quella raggiunta dalla prova n° 2 e pari a H_0 = 5,2 m ca. I cedimenti differenziali tra i singoli strati, così come definiti nel precedente paragrafo, si ottengono dalla relazione di Taylor :

$$\Delta H = H^*\Delta p^*mv$$

dove il *coefficiente di compressibilità* mv = 1/E dipende dalla Resistenza alla penetrazione Rp come riportato nella tabella "parametri geotecnici" del precedente paragrafo. Pertanto, ipotizzando un sovraccarico strutturale Δp = 1.0 Kg/cmq si ottiene :

- da – 0,8 m di profondità per l'intero deposito superficiale in sabbia limosa sciolta che raggiunge i – 2,7 m dal p.c. , lo spessore complessivo H = 190 cm il modulo di deformazione drenato E ' = 240 Kg/cmq $\Rightarrow$ mv = 1/ (240) = 0.0041 cmq/Kg

$$\Delta H = 190 * 1.0 * 0.0041 = 0{,}79 \text{ cm}$$

– per il sottostante deposito in sabbia e ghiaia a maggior consistenza, che raggiunge la profondità di – 4.5 m, lo spessore complessivo H = 280 cm ed è contraddistinto da un valore medio E' = 384 Kg/cmq ⇒ mv = 1/ (384) = 0.0026 cmq/Kg

$$\Delta H = 280 * 1.0 * 0.0026 = 0{,}79 \text{ cm}$$

– infine il deposito in ghiaia a maggior consistenza, che raggiunge la profondità massima di – 5,4 m e che consideriamo nel calcolo per uno spessore H = 90 cm, contraddistinto da un valore medio E' = 500 Kg/cmq ⇒ mv = 1/ (500) = 0.002 cmq/Kg

$$\Delta H = 90 * 1.0 * 0.002 = 0{,}18 \text{ cm}$$

Sommando ora i contributi ΔH dei singoli strati analizzati, si ottiene il valore complessivo del cedimento atteso con un sovraccarico strutturale q = 1,0 Kg/cmq :

$$\mathbf{\Sigma\Delta H} = 0{,}79 + 0{,}79 + 0{,}18 = \mathbf{1{,}76 \text{ cm}}$$

Trattandosi di terreni sia coesivi che prevalentemente coesivi, il cedimento complessivo sopra calcolato deve essere valutato come un valore "a breve termine" in quanto generato dalla semplice sovra-imposizione del carico strutturale sul terreno medesimo. Il dato va comunque confrontato con le sollecitazioni ammissibili per le strutture in progetto.

3. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

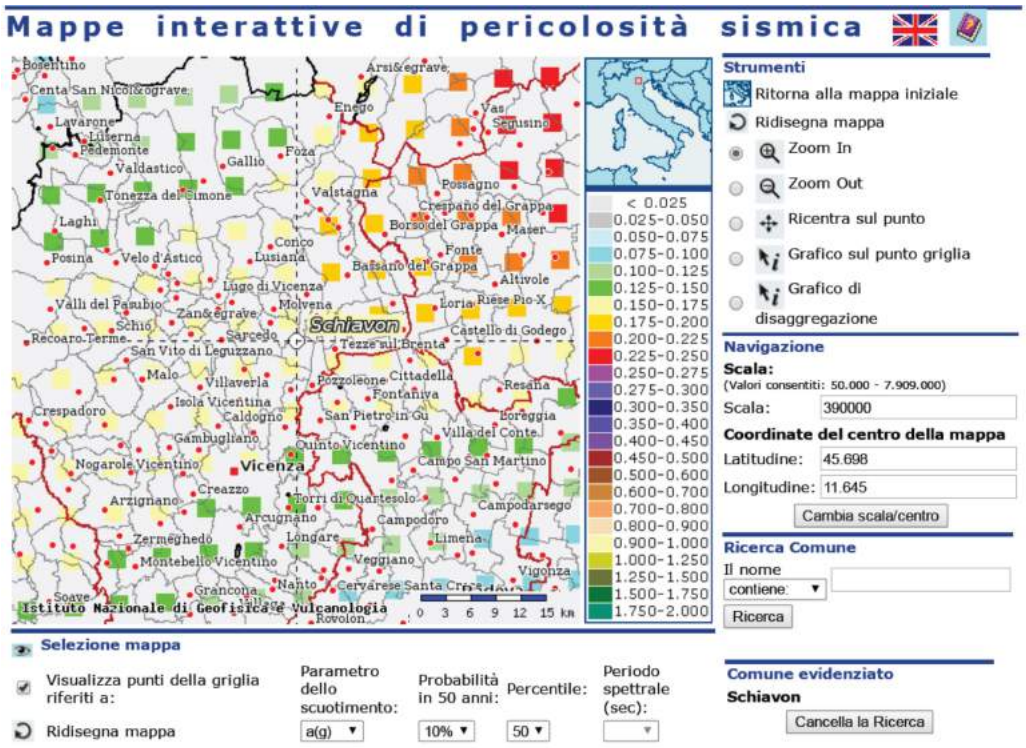
Nell'Ordinanza del Consiglio del Ministri 3274/2003 l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 ambiti a pericolosità sismica decrescente (da 1 a 4). Il comune di Schiavon, come per la quasi totalità dei comuni Veneti, è stato inserito nella **zona 3** che corrisponde ad una ***pericolosità sismica*** medio- bassa.

Questa zona prevede un'accelerazione orizzontale dello spettro di risposta elastica di picco pari a **0,15 g** rispetto il suolo rigido di riferimento, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Più recentemente nella mappa della *pericolosità*

sismica elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia il territorio comunale è compreso entro la fascia di accelerazione massima al suolo **0,15 – 0,175 g** (cfr. allegato).

ESTRATTO MAPPA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE

(Istituto di Geofisica e Vulcanologia)



– **INTERPRETAZIONE DELLE MISURE ESEGUITE**

Nel sottosuolo dell'area d'intervento sono state condotte n°3 prospezioni sismiche passive Re.Mi. e n°3 prospezioni a stazione singola HVSR i cui risultati sono riportati nella relazione allegata (cfr. Indagine geofisica dello Studiosisma); entrambe le metodologie misurano la "frequenza di risonanza" di sito e consentono di risalire alla velocità di propagazione delle onde elastiche Vs,*eq* nel sottosuolo come richiesto dalla normativa vigente.

La ricostruzione sismostratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di terreni poco-addensati fino a – 5.0 m di profondità caratterizzati da una velocità di propagazione delle onde Vs = 150 m/s; più sotto invece la velocità aumenta decisamente passando dai 310 m/s < Vs < 400 m/s fino ai 75 m di profondità.

Questi valori di velocità sono associabili ad un deposito addensato di natura prevalentemente granulare mentre l'ammasso roccioso o il materiale sciolto molto addensato, che dal punto di vista sismico si comporta come un *bedrock geofisico* (Vs = 830 m/s), è stato individuato ad una profondità di circa 165 m dal p.c. locale.

Modello sismo-stratigrafico interpretativo

Indagine sismica Re.Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	150	5,0	0,0 - 5,0
II SISMOSTRATO	310	17	5,0 - ≈22
III SISMOSTRATO	400	53	≈22 - ≈75
IV SISMOSTRATO	560	90	75 - ≈165
V SISMOSTRATO	830	Semisp.	≈165 - Semisp.

Dall'assetto sismostratigrafico desunto dalle indagini sismiche effettuate, è possibile constatare la presenza del *bedrock* geofisico (substrato di riferimento) a profondità superiori a 30 m dal p.c. locale.

La frequenza caratteristica di risonanza di sito è risultata di circa 0.94 Hz ed è stata generata dalla discontinuità sismica a più elevato rapporto spettrale H7V ≈ 3 Hz ; va segnalata la presenza anche di un ulteriore discontinuità stratigrafica più superficiale tale da generare una frequenza di risonanza compresa tra i 6 Hz e gli 8 Hz.

Infine, come espressamente richiesto dalla normativa vigente *(Norme Tecniche sulle Costruzioni – D.M. 17/01/2018)*, si è calcolata la velocità media di propagazione delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni (Vs,30), a partire da varie profondità dal piano campagna:

Profondità piano di posa delle fondazioni	Vs,30 (max e min)
0 m dal p.c.	Vs (0 - 30) ≈ 277 - 300 m/s
1 m dal p.c.	Vs (1 - 31) ≈ 288 - 313 m/s
2 m dal p.c.	Vs (2 - 32) ≈ 300 - 326 m/s
3 m dal p.c.	Vs (3 - 33) ≈ 314 - 341 m/s

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevede l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria di Sottosuolo denominata C**, così definita nel DM 2018:

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

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

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

CONCLUSIONI

Nel sottosuolo dell'area d'indagine è presente una successione caotica di alluvioni a granulometria ghiaioso-sabbiosa prevalente, contraddistinti da una buona continuità spaziale in quanto intercettati, sia lateralmente che in profondità, in tutto l'ambito del Piano di lottizzazione in esame.

Locali differenze sono state invece individuate nei depositi sabbioso-limosi più superficiali, ovvero presenti a partire dal piano campagna fino ai – 2.0 – 2.5 m di profondità in quanto i lotti attualmente ad uso agricolo sono contraddistinti da una evidente baulatura nel settore centrale. Si può comunque confermare che dopo i primi 40 - 60 cm di terreno agrario di natura limoso-argillosa, i depositi campionati denotano caratteristiche geotecniche progressivamente migliori in profondità, con l'aumentare della frazione ghiaioso-sabbiosa a spese di quella limosa fine; infatti dai – 1.5 ai – 5.2 m dal p.c. si passa da depositi in *Sabbia-limosa con Ghiaia medio-fine a media consistenza* (livello n°3) fino alla *Ghiaia medio-grossa in scarsa matrice sabbiosa addensata* (livello n°4), in grado quest'ultima di sopportare un carico strutturale decisamente più elevato.

Pertanto considerando che i fabbricati artigianali in progetto si svilupperanno solamente fuoriterra ovvero senza piani interrati, **si consiglia di posizionare i plinti di fondazione ad una profondità di – 1.5 m dalla quota del p.c. attuale, a contatto con i depositi in ghiaia e sabbia mediamente addensati;** in tal caso si potranno utilizzare dei **plinti di fondazione** di dimensioni quadrangolari di area basale da definire in relazione ai carichi strutturali di progetto. **E' opportuno comunque valutare per ogni singolo lotto la corretta successione di depositi campionati e i loro spessori effettivi all'interno delle future aree edificabili** allo scopo di posizionare correttamente le opere di fondazione nel sottosuolo.

Le verifiche agli *stati limite* previsti dalla normativa vigente (NTC 2018) sono state eseguite considerando un metro quadrato di fondazione continua e di plinto (capacità portante unitaria) ed il carico massimo ammissibile per tali tipologie strutturali è risultato **Q_{amm} = 10,2 t/mq (per posa a – 0.8 m dal p.c.)** e **Q_{amm} = 21,5 t/mq (per posa a – 1.5 m dal p.c.).** Questi valori andranno comunque ricalcolati valutando caso per caso in funzione della morfologia dei fabbricati da realizzare e dei carichi strutturali in progetto, attualmente non noti.

Si allega la relazione sismica effettuata dai colleghi dello Studiosisma di Vicenza mediante l'esecuzione di n°3 prospezioni sismiche con tecnica passiva Re.Mi accompagnate da n°3 prospezioni sismiche a stazione singola HVSR con tromometro digitale. Le prove sono state distribuite in tutto l'ambito d'intervento ed hanno confermato la presenza di un substrato in ghiaia e sabbia mista *mediamente addensato e contraddistinto da una Vs_{30} >180 m/s ma Vs_{30} <360 m/s* che appartiene alla Categoria di sottosuolo C della normativa vigente (cfr. allegato).

Per quanto riguarda invece i cedimenti attesi, la *verifica SLE* è stata effettuata considerando i dati della prova n°2 che ha raggiunto una profondità superiore, partendo da un piano di posa a – 0.8 m fino alla profondità di – 5.4 m; il cedimento atteso è dell'ordine di 1,8 cm ma il dato deve essere inteso come un cedimento a breve termine generato dalla semplice sovra-imposizione del carico strutturale (Δq= 1.0 Kg/cmq) sul terreno campionato. Va comunque confrontato con i carichi effettivi previsti per le strutture in progetto e con le prestazioni attese dalla stesse.

Data la *vulnerabilità geologica ed idraulica* del lotto della committente, in quanto è posizionato a monte di un pozzo idrico per *approvvigionamento d'acqua ad uso potabile* oltre che confinato sia a monte che a valle da due importanti *canalizzazioni irrigue consortili,* **non è consentito l'uso di pozzi perdenti o altri sistemi di filtrazione profonda delle acque ma si dovrà convogliare le stesse verso le canalizzazioni comunali (acque nere, acque bianche) o verso un corpo idrico recettore, rispettando però i limiti qualitativi di legge e quantitativi previsti dal Consorzio di Bonifica direttamente competente.**

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

Bassano lì,02.01.19

Dr. Geol. Lilia Viero

Allegati:

DIAGRAMMI PROVE PENETROMETRICHE

INDAGINE GEOFISICA

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE ALL'INTERNO DEL PDL

Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

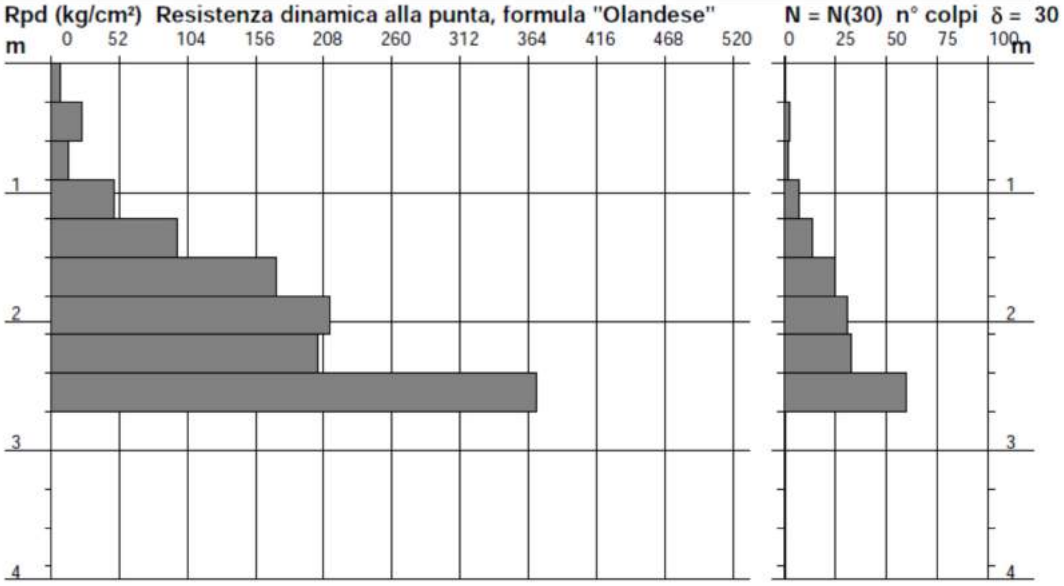
- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- note : prova settore sud
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	1	7,7	----	1
0,30 - 0,60	3	23,2	----	1
0,60 - 0,90	2	13,7	----	2
0,90 - 1,20	7	48,0	----	2
1,20 - 1,50	14	96,1	----	2
1,50 - 1,80	25	171,6	----	2
1,80 - 2,10	31	212,7	----	2
2,10 - 2,40	33	203,6	----	3
2,40 - 2,70	60	370,1	----	3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

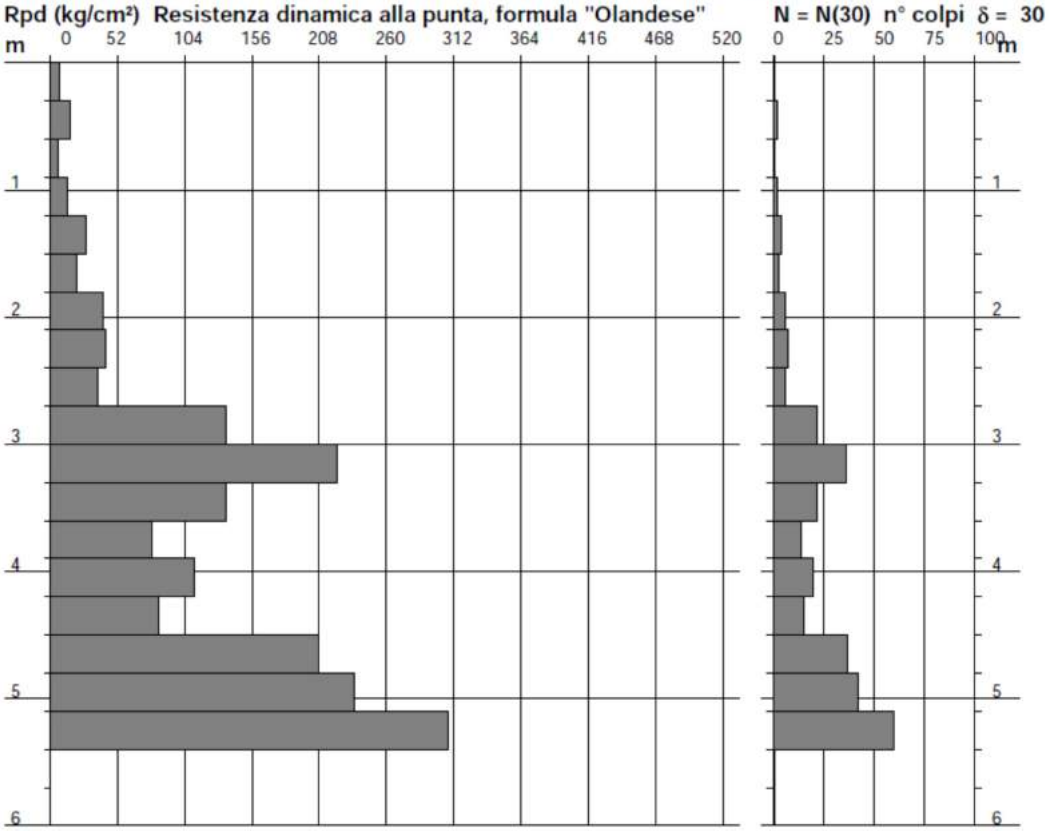
- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- note : prova settore sud
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	1	7,7	----	1	2,70 - 3,00	22	135,7	----	3
0,30 - 0,60	2	15,5	----	1	3,00 - 3,30	36	222,1	----	3
0,60 - 0,90	1	6,9	----	2	3,30 - 3,60	22	135,7	----	3
0,90 - 1,20	2	13,7	----	2	3,60 - 3,90	14	78,4	----	4
1,20 - 1,50	4	27,5	----	2	3,90 - 4,20	20	112,0	----	4
1,50 - 1,80	3	20,6	----	2	4,20 - 4,50	15	84,0	----	4
1,80 - 2,10	6	41,2	----	2	4,50 - 4,80	37	207,3	----	4
2,10 - 2,40	7	43,2	----	3	4,80 - 5,10	42	235,3	----	4
2,40 - 2,70	6	37,0	----	3	5,10 - 5,40	60	307,8	----	5

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

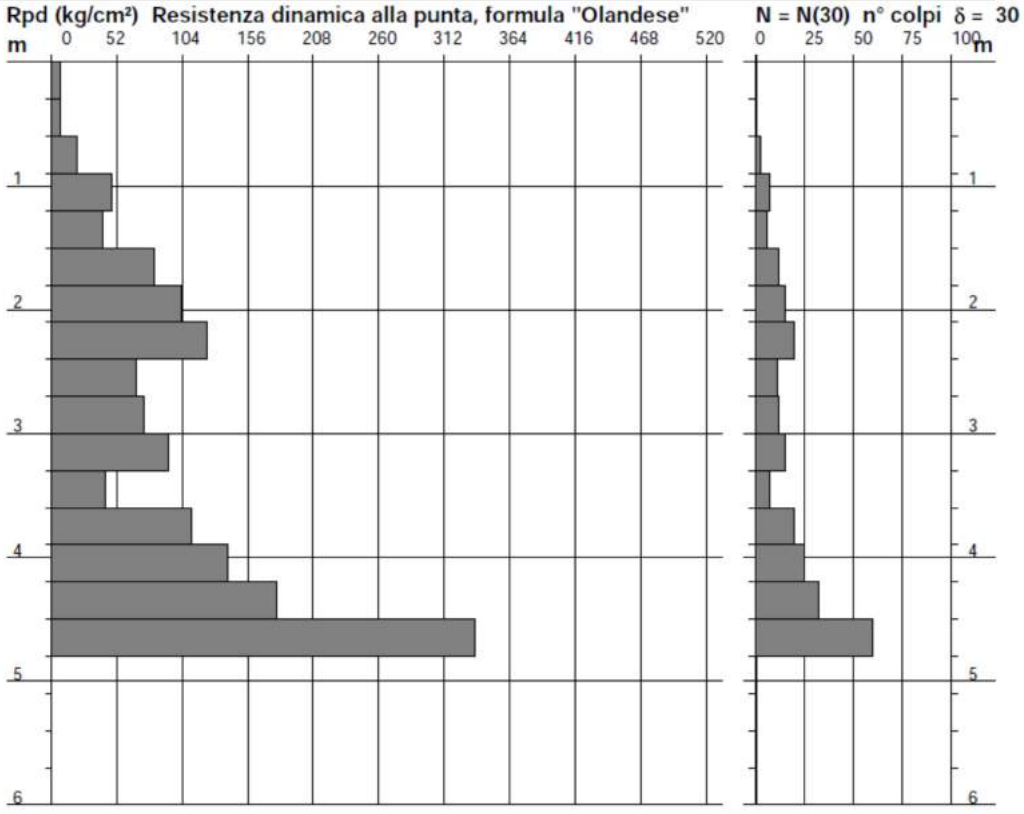
- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- note : prova settore centrale
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	1	7,7	----	1	2,40 - 2,70	11	67,9	----	3
0,30 - 0,60	1	7,7	----	1	2,70 - 3,00	12	74,0	----	3
0,60 - 0,90	3	20,6	----	2	3,00 - 3,30	15	92,5	----	3
0,90 - 1,20	7	48,0	----	2	3,30 - 3,60	7	43,2	----	3
1,20 - 1,50	6	41,2	----	2	3,60 - 3,90	20	112,0	----	4
1,50 - 1,80	12	82,4	----	2	3,90 - 4,20	25	140,0	----	4
1,80 - 2,10	15	102,9	----	2	4,20 - 4,50	32	179,3	----	4
2,10 - 2,40	20	123,4	----	3	4,50 - 4,80	60	336,1	----	4

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

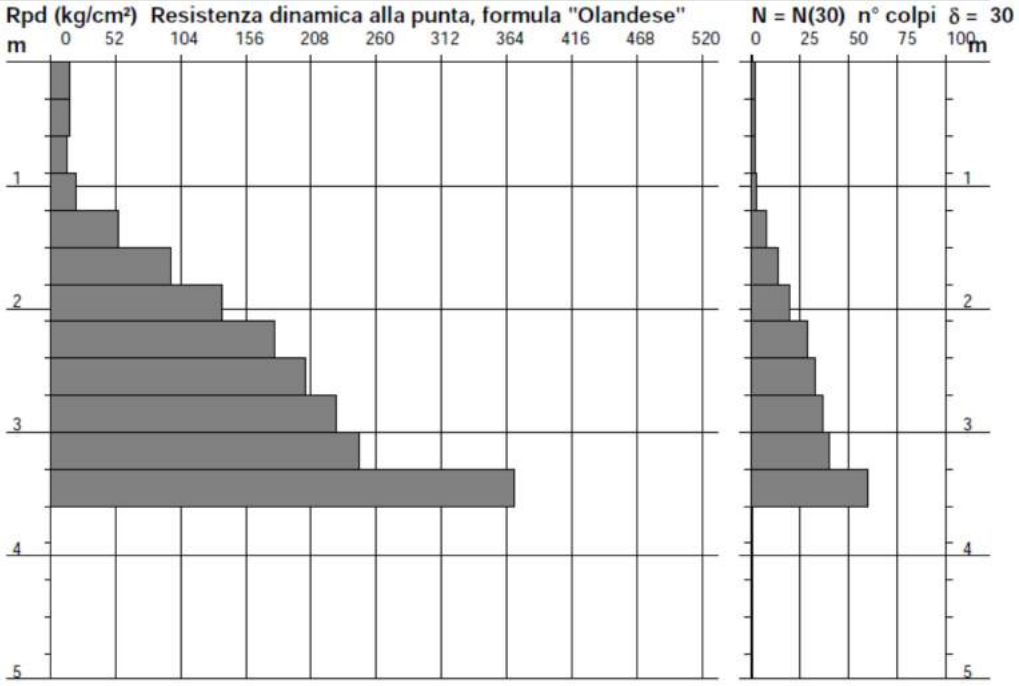
- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- note : prova settore ovest
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	2	15,5	----	1	1,80 - 2,10	20	137,3	----	2
0,30 - 0,60	2	15,5	----	1	2,10 - 2,40	29	178,9	----	3
0,60 - 0,90	2	13,7	----	2	2,40 - 2,70	33	203,6	----	3
0,90 - 1,20	3	20,6	----	2	2,70 - 3,00	37	228,2	----	3
1,20 - 1,50	8	54,9	----	2	3,00 - 3,30	40	246,7	----	3
1,50 - 1,80	14	96,1	----	2	3,30 - 3,60	60	370,1	----	3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

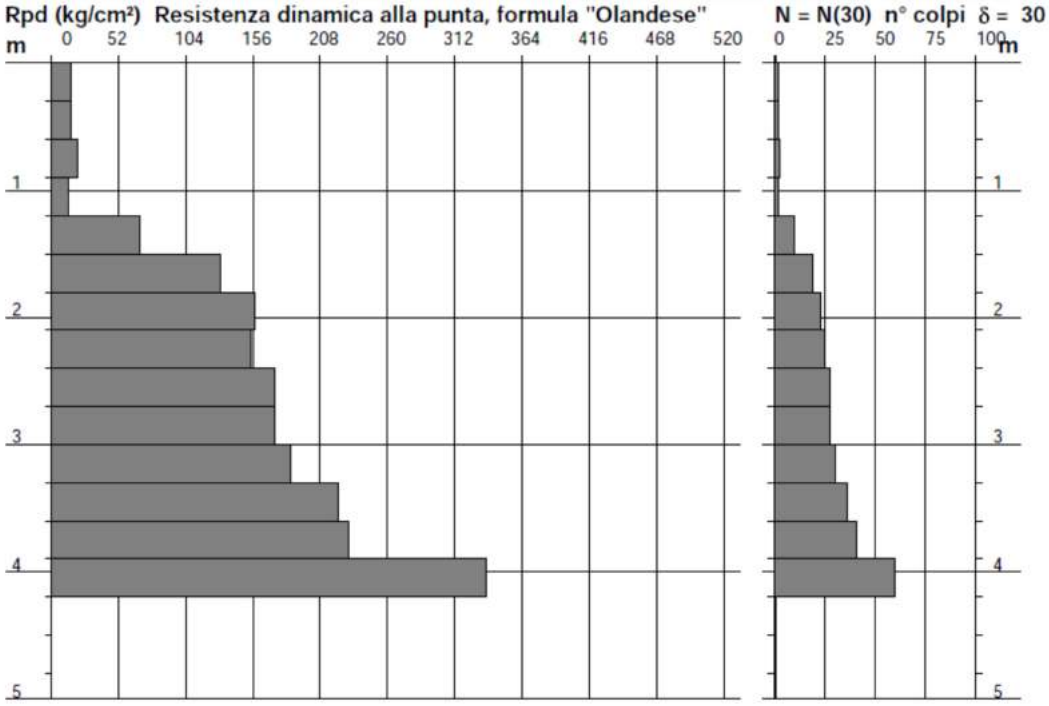
- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- note : prova settore centrale
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	2	15,5	----	1	2,10 - 2,40	25	154,2	----	3
0,30 - 0,60	2	15,5	----	1	2,40 - 2,70	28	172,7	----	3
0,60 - 0,90	3	20,6	----	2	2,70 - 3,00	28	172,7	----	3
0,90 - 1,20	2	13,7	----	2	3,00 - 3,30	30	185,1	----	3
1,20 - 1,50	10	68,6	----	2	3,30 - 3,60	36	222,1	----	3
1,50 - 1,80	19	130,4	----	2	3,60 - 3,90	41	229,7	----	4
1,80 - 2,10	23	157,8	----	2	3,90 - 4,20	60	336,1	----	4

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 6
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

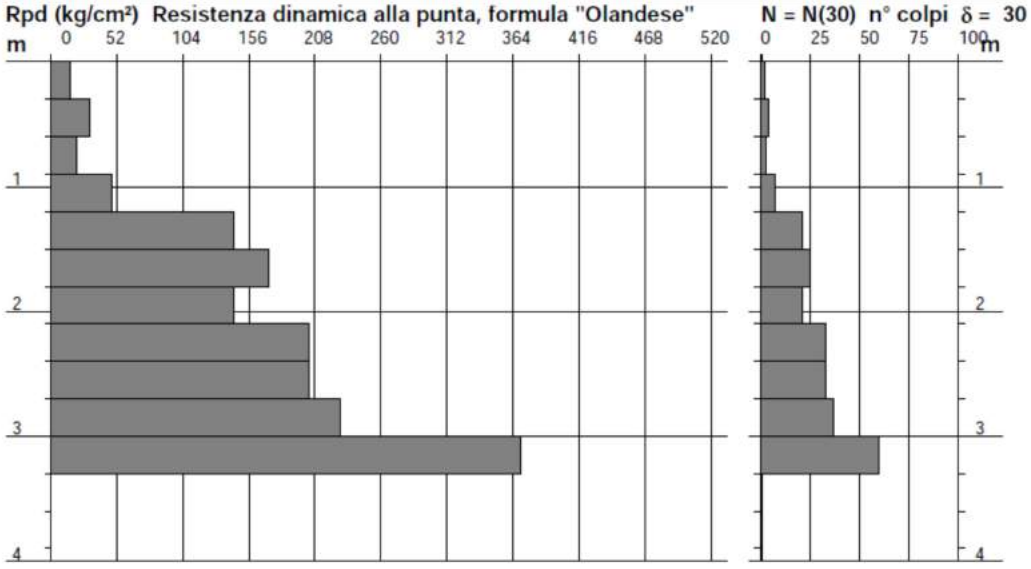
- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- note : prova settore est
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	2	15,5	----	1
0,30 - 0,60	4	30,9	----	1
0,60 - 0,90	3	20,6	----	2
0,90 - 1,20	7	48,0	----	2
1,20 - 1,50	21	144,1	----	2
1,50 - 1,80	25	171,6	----	2
1,80 - 2,10	21	144,1	----	2
2,10 - 2,40	33	203,6	----	3
2,40 - 2,70	33	203,6	----	3
2,70 - 3,00	37	228,2	----	3
3,00 - 3,30	60	370,1	----	3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 6
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

Scala 1: 50

- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



Dr. Geol. Lilia Viero
Viale Vicenza, 93/I
36061 Bassano del Grappa (VI)

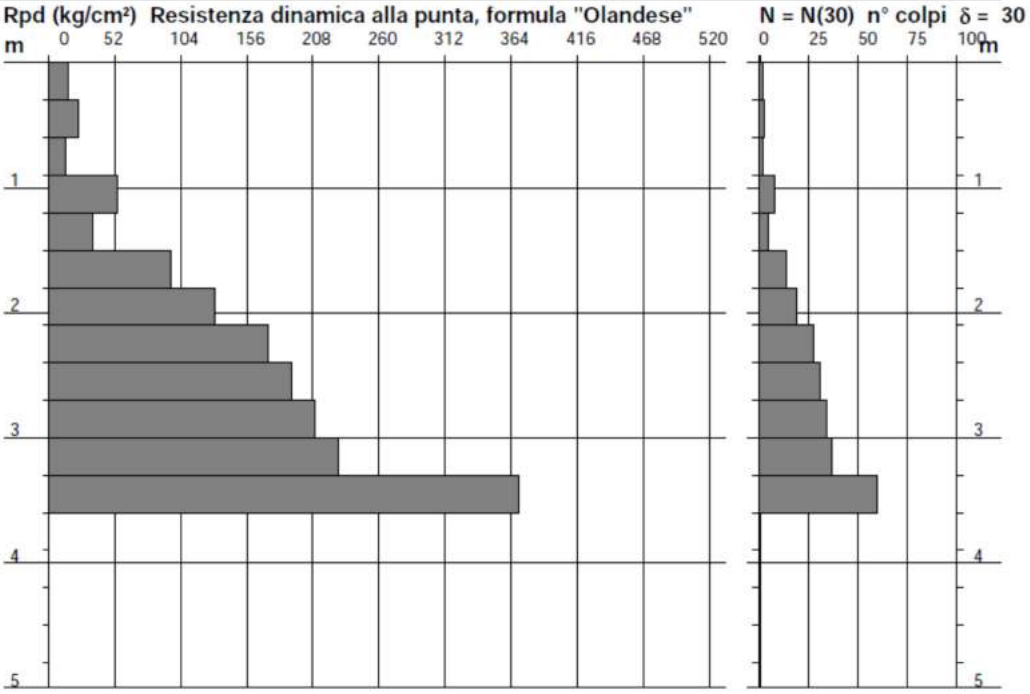
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 7
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- note : prova settore est
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm²)	N(colpi r)	asta
0,00 - 0,30	2	15,5	----	1	1,80 - 2,10	19	130,4	----	2
0,30 - 0,60	3	23,2	----	1	2,10 - 2,40	28	172,7	----	3
0,60 - 0,90	2	13,7	----	2	2,40 - 2,70	31	191,2	----	3
0,90 - 1,20	8	54,9	----	2	2,70 - 3,00	34	209,7	----	3
1,20 - 1,50	5	34,3	----	2	3,00 - 3,30	37	228,2	----	3
1,50 - 1,80	14	96,1	----	2	3,30 - 3,60	60	370,1	----	3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 7
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA Scala 1: 50

- indagine : Piano di Lottizzazione Artigianale
- cantiere : Consorzio PMI - Schiavon
- località : Via dell'Artigianato - Schiavon
- data : 12/12/2018
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata



REGIONE DEL VENETO

Provincia di Vicenza

Indagine geofisica con metodi Re.Mi. e H.V.S.R. per la caratterizzazione sismica dei terreni secondo la normativa vigente (*N.T.C. – D.M. 17 gennaio 2018*)

Via Roncaglia Vaccheria
Comune di Schiavon (VI)

Committente:
Dott.ssa Geol. Lilia Viero

Data: novembre 2018

STUDIOSISMA srl
Via Biron, 102/5 - 36050 Monteviale (VI)
Tel/Fax. 0444/962532 Cell. +39 349/0567455
Mail: info@studiosisma.com
C.F. e P.IVA 03797510249

La legge sui diritti d'autore (22/04/41 n° 633) vieta la riproduzione ed utilizzazione anche parziale di questo documento, senza la preventiva autorizzazione degli autori.

INDICE

1.	PREMESSE	3
2.	CENNI TEORICI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	5
2.1	Indagine sismica di tipo passivo in array (Re.Mi.)	5
2.2	Indagine sismica di tipo passivo a stazione singola (H.V.S.R.)	7
3.	EVOLUZIONE NORMATIVA E CENNI DI INGEGNERIA SISMICA	8
4.	ANALISI SISMICA DI SITO E DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	9
4.1	Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate	9
4.2	Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta (A1+T1)	10
4.3	Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta (A2+T2)	11
4.4	Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta (A3+T3)	12
4.5	Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)	14
4.6	Categoria di sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni – D.M. 17 gennaio 2018	14

ALLEGATI

- Tav. 01-Indagine sismica Re.Mi. n°1 e H.V.S.R. n°1
- Tav. 02-Indagine sismica Re.Mi. n°2 e H.V.S.R. n°2
- Tav. 03-Indagine sismica Re.Mi. n°3 e H.V.S.R. n°3

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

1. PREMESSE

Il giorno 16 novembre 2018 è stata condotta la presente campagna d'indagine geofisica in Via Roncaglia Vaccheria, nel Comune di Schiavon (VI), su incarico della **Dott.ssa Geol. Lilia Viero**. Al fine di caratterizzare, dal punto di vista sismico, il sottosuolo dell'area in esame sono state effettuati:

- **n°3 prospezioni sismiche con tecnica passiva Re.Mi. (Refraction Microtremor)** sviluppate in *array* lineari con n°9 geofoni a 4,5 Hz ad asse verticale per la ricostruzione sismo - stratigrafica del sottosuolo e per l'assegnazione della Categoria del sottosuolo di fondazione (*Vs,eq*) come espressamente richiesto dalla normativa vigente *(Norme Tecniche sulle Costruzioni – D.M. 17/01/2018)*;
- **n°3 registrazioni di rumore sismico ambientale a stazione singola con elaborazione H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)** per individuare le frequenze di risonanza del terreno al fine di eseguire una corretta progettazione sismica delle strutture.

Nella figura a seguire viene evidenziata l'area in oggetto di studio (*Fig. n°1 – Estratto da I.G.M. Veneto in scala 1:25.000)*.

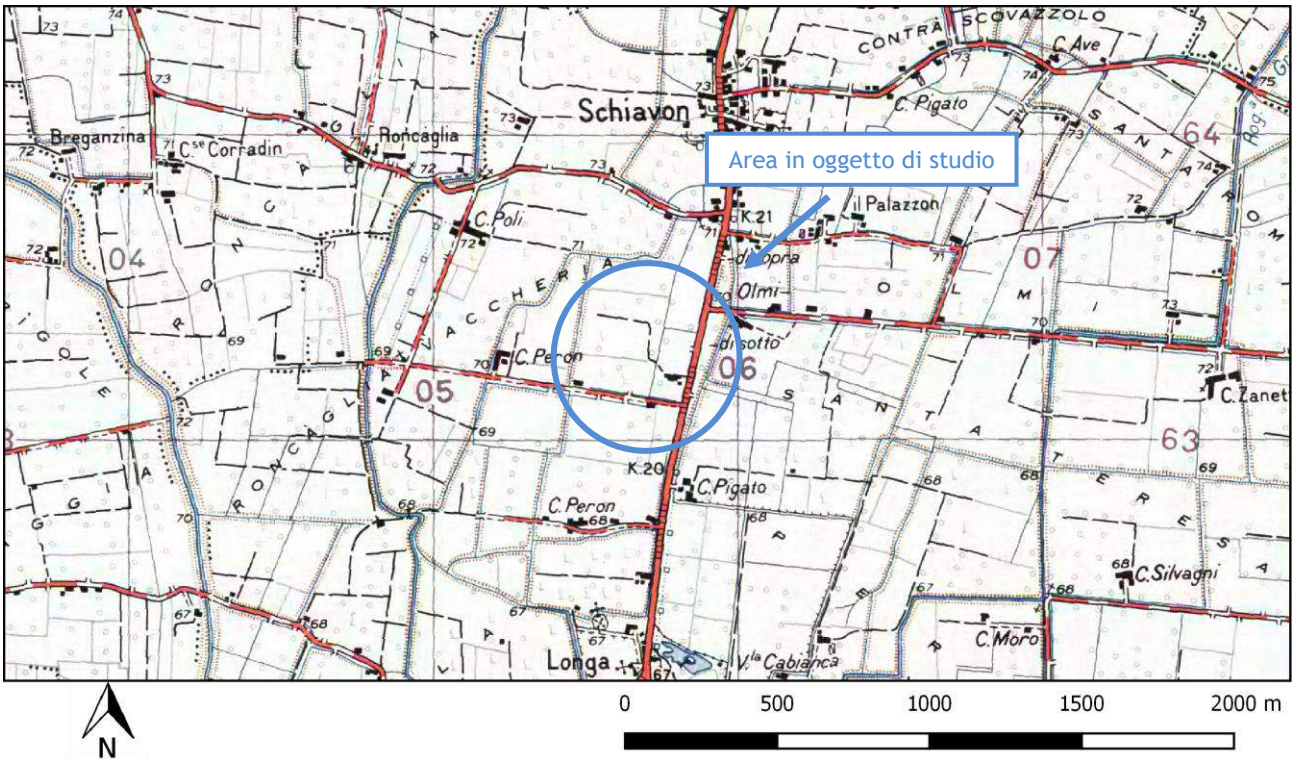
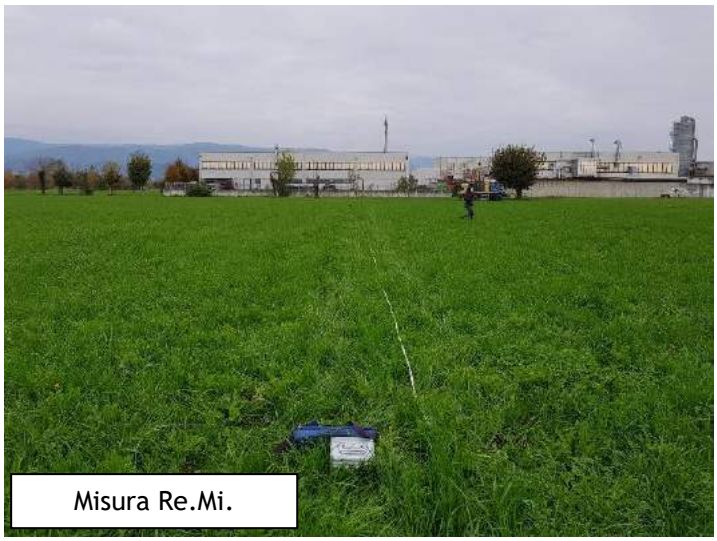
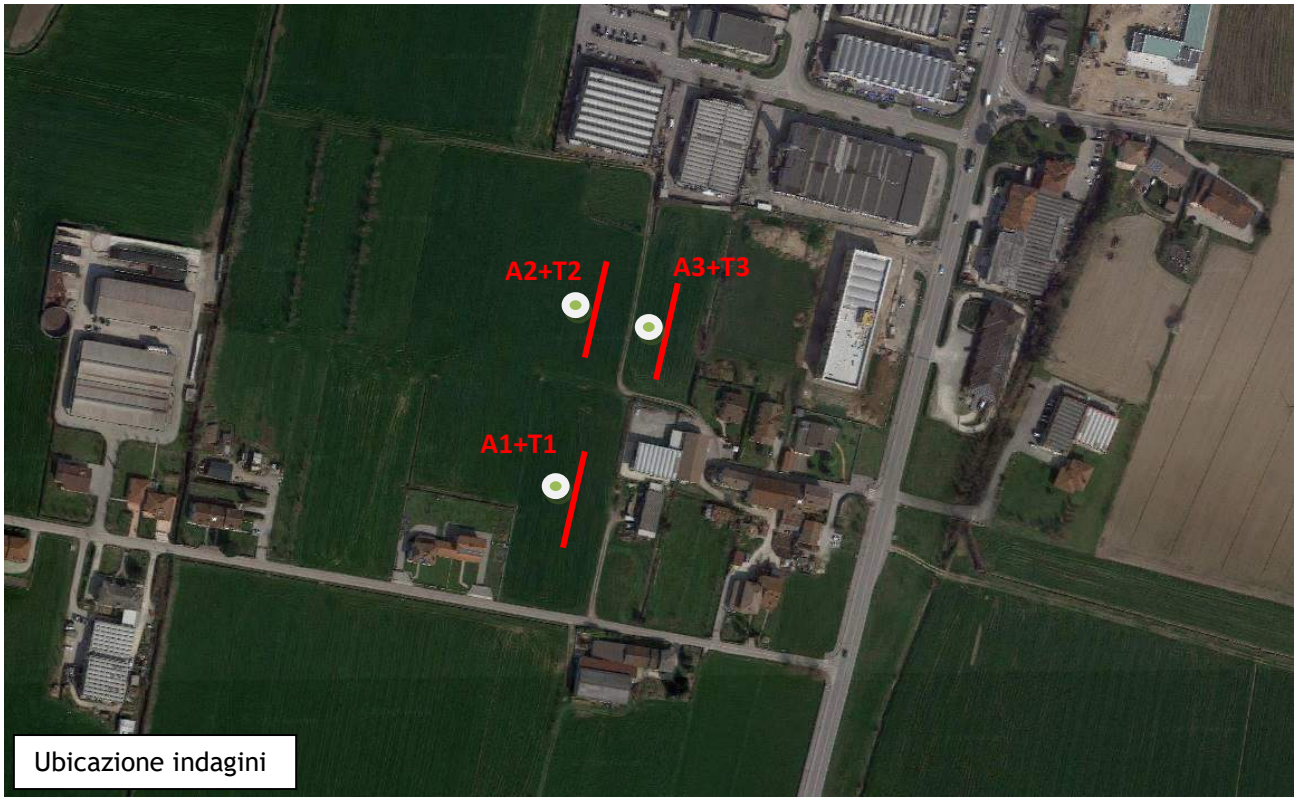


Fig. n°1: Estratto da I.G.M. Veneto in scala 1:25.000

L'ubicazione dell'area è stata ottenuta, secondo i Datum WGS 84 ed ED50, utilizzando un posizionatore GPS: le coordinate ottenute sono specificate nella tabella sottostante. Nella figura seguente *(Fig. n°2 – Ubicazione prove in sito)* sono invece riportate, in dettaglio, le posizioni di ogni misura effettuata.

Latitudine	Longitudine
45.69010° N (WGS 84)	11.64033 ° E (WGS 84)
45.691006° N (ED50)	11.641336° E (ED50)





Legenda:

Indagine sismica passiva in *array* (Re.Mi. A1 – A2 – A3)

Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R. T1 – T2 – T3)

Fig. n°2 – Ubicazione prove in sito

2. CENNI TEORICI E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.1 Indagine sismica di tipo passivo in array (Re.Mi.)

È noto che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più un'unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità. Questo comportamento viene definito ***dispersione in frequenza*** ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario, le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie. I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico – matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati con caratteristiche elastiche lineari.

La procedura Re.Mi. è un metodo di prospezione sismica sviluppato presso l'Università di Reno in Nevada (Louie, 2001) e viene classificato come metodo passivo in quanto utilizza il rumore ambientale. I vantaggi promossi da questo metodo sono molteplici: è molto veloce e semplice da usare in fase di acquisizione, raggiunge una buona profondità e risoluzione d'indagine ma soprattutto permette di ottenere migliori risultati in ambienti particolarmente urbanizzati.

La fase di acquisizione deve essere effettuata con una serie di accorgimenti e precauzioni da prendere in sito e nella pianificazione della registrazione. Tutto è finalizzato alla registrazione di dati contenenti la miglior informazione possibile riguardo alla propagazione delle onde di Rayleigh con buon rapporto segnale - rumore.

Il rumore incoerente, cioè di tipo casuale, nel caso Re.Mi. rappresenta la fonte del segnale utile che si vuole registrare. I microtremori generati dall'ambiente si propagano nel suolo e di questi si cerca di distinguere il modo fondamentale di vibrazione dell'onda di Rayleigh da quelli superiori e dall'aliasing spaziale. C'è, in questo caso, la necessità di soddisfare la condizione di "omnidirezionalità" delle sorgenti, cioè si suppone che il rumore ambientale provenga sostanzialmente da tutte le direzioni.

I tempi di registrazione dei microtremori sono decisamente più elevati rispetto alle indagini di tipo attivo. La registrazione sarà analizzata in finestre temporali che variano dai 10 ai 30 secondi.

Sono da considerare la lunghezza dello stendimento L e la distanza intergeofonica Δx. Quest'ultima agisce sul segnale come una specie di filtro in frequenza. Supponendo, infatti, che il segnale arrivi da tutte le direzioni, maggiore è la spaziatura, minore sarà la frequenza del segnale utile campionabile e viceversa. Se la frequenza è più bassa aumenta la profondità d'indagine.

La fase più delicata è quella del *data processing*, che consiste nel trattamento dei dati acquisiti con l'obbiettivo di stimare la velocità di fase delle onde di Rayleigh (Vr) che sono correlabili con le velocità Vs di propagazione delle onde S ($Vs \approx 1{,}1\ Vr$).

Le varie tecniche di processing trasformano l'informazione registrata nel dominio x - t (spazio tempo), in un dominio dove l'energia associata all'evento è funzione della frequenza e di altre variabili. Tutto questo allo scopo, attraverso lo spettro, di localizzare la densità di energia maggiore, alla quale sono di solito associate le onde di Rayleigh. Con procedura manuale vengono selezionati dei punti sullo spettro, che andranno a formare la curva di dispersione sperimentale. La scelta di questi valori, denominata *picking*, è condizionata da alcune indicazioni ma è imprescindibile dall'abilità e dall'esperienza dell'interpretatore anche in base ad altre conoscenze in merito al sito in esame.

Il *sampling rate* utilizzato è stato di 512 Hz in modo da ottenere un elevato dettaglio del segnale. La durata (lunghezza temporale) del segnale registrato è stato di circa 6 minuti. Il software utilizzato per l'analisi spettrale è Grilla v.7.0 release 2018.

Data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 10 Hz), sono stati utilizzati n°16 geofoni verticali a 4,5 Hz uniti in un *array* lineare totalmente digitale (*SoilSpy Rosina*), con n°9 geofoni. Ogni geofono è munito di un digitalizzatore che converte il segnale e lo trasmette al sismografo tramite un'interfaccia USB. Tale sistema permette di avere elevati rapporti di rumore, un perfetto sincronismo e una estrema leggerezza. La spaziatura utilizzata tra i geofoni è stata di 5 m quindi la lunghezza complessiva del profilo è risultata essere di 40 m. Non sono presenti sostanziali variazioni di quota e quindi il sito può essere considerato orizzontale.

Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde Vs è necessario adottare una modellizzazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione:

$$\hat{\upsilon}_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^{n} \frac{h_i}{\upsilon_i}} \qquad [2.1]$$

Vs = valore di velocità delle onde di taglio [m/s];
H = profondità alla quale si desidera stimare Vs [m] (30 m in caso di Vs30);
hi = spessore dello strato i – esimo [m];
vi = velocità delle onde Vs all'interno dello strato i – esimo [m/s].

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano i valori tabulati da Borcherdt (1992; 1994) assieme a quelli ottenuti sperimentalmente in diversi ambienti sedimentari da altri autori (Budny, 1984; Ibs von Seht e Wohlenberg, 1999; Delgado et al., 2000 a, b; Parolai et al., 2002; Scherbaum et al., 2003; D'Amico et al., 2004, 2006; Hinzen et al., 2004).

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

2.2 Indagine sismica di tipo passivo a stazione singola (H.V.S.R.)

La tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali o H.V.S.R., Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non richiede nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione 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 nel costruire 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 *(free field)* e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio Vs** 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. Sarà quindi possibile calcolare la Vs,eq e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018*;
- 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 sottostante 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 microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito *x* da uno strumento dipende:

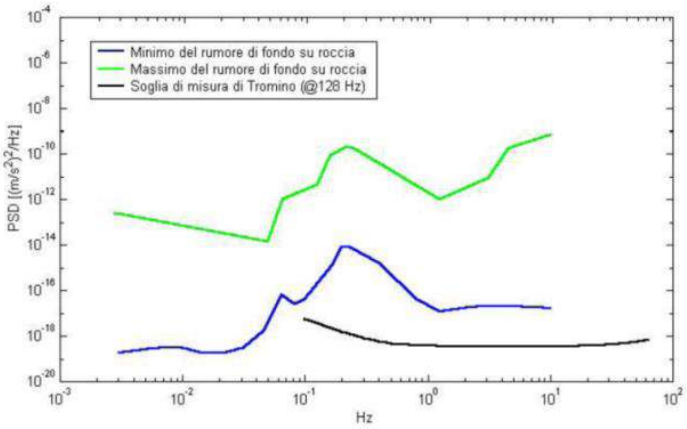
- dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente *s*;
- dal percorso dell'onda dalla sorgente *s* al sito *x* (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda);
- dalla risposta dello strumento.

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 poiché 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 riguardante la sorgente è 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 concernenti il percorso del segnale e, 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 del sottosuolo; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Moho S.r.l. modello "*Tromino ENGY-PLUS*" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra - leggeri e ultra - compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno una terna velocimetrica con i sensori ortogonali tra loro e con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. Nella figura a fianco si riporta la curva di rumore di *"Tromino"* a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.



3. EVOLUZIONE NORMATIVA E CENNI DI INGEGNERIA SISMICA

La storia della classificazione sismica Italiana comincia dopo il terribile terremoto di Reggio Calabria e Messina del 1908 (XI grado MCS) che provocò la morte di circa 80.000 persone. In seguito a questo evento ci fu un deciso impegno dello Stato a tradurre in legge le conoscenze scientifiche e tecniche sulle costruzioni sino ad allora maturate. Fu così emanato il Regio decreto n°193 [1909] nel quale è contenuta la prima classificazione sismica del territorio Italiano. Negli anni a seguire si continuò ad aggiornare la normativa tecnica ampliando la classificazione in base alle zone colpite da eventi sismici. Nel 1962 fu pubblicata la Legge n°1684, in seguito ai terremoti di Carnia (1956), Valle del Velino (1961) e Irpinia (1962) dove, per la prima volta, si prescrisse l'applicazione delle norme sismiche ai comuni "*soggetti a intensi movimenti sismici*" e non solo a quelli colpiti dal terremoto. In seguito ai terremoti dei Monti Nebroli (1967), della Valle del Belice (1968) e di Tuscania (1971), fu emanata la Legge n°64 [1974], che costituisce una pietra miliare nel panorama della normativa sismica poiché stabilì che la classificazione sismica dovesse procedere sulla base di comprovate motivazioni tecniche scientifiche.

La promulgazione dell'Ordinanza P.C.M. n°3274 del 20/3/2003 e successive modifiche ed integrazioni ha determinato sul panorama nazionale un grande rinnovamento sul fronte della normativa tecnica in zona sismica, rappresentata fino ad allora dai contenuti del D.M. 16 gennaio 1996. La principale novità introdotta dall'O.P.C.M. n°3274 è l'abbandono del carattere puramente prescrittivo e convenzionale che caratterizzava le norme tecniche di vecchia concezione, come il D.M. 16/01/1996, per abbracciare un'impostazione puramente prestazionale, in cui gli obiettivi della progettazione e quindi il livello di sicurezza sono esplicitamente dichiarati, a seconda della risposta sismica attesa per la struttura e il sito di costruzione, per un prefissato livello di severità dell'azione sismica.

Le attuali norme tecniche per le costruzioni (N.T.C. D.M. - 17 gennaio 2018) ereditano gran parte dei contenuti dell'O.P.C.M. n°3274 in merito alla progettazione in zone sismiche; tuttavia rispetto a quest'ultimo documento sono anche stati apportati importanti cambiamenti, di cui forse il più rilevante riguarda la definizione dell'**azione sismica**.

Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di **risposta sismica locale**. Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) s'intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S). Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale H / V = 1) con quello effettivamente misurato in superficie.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze che corrispondono alle frequenze naturali *fn* di vibrazione del deposito:

$$fn = 1 / Tn = (Vs*(2n - 1)) / (4*H) \quad con\ n = 1, 2, \ldots\ldots, \qquad [3.1]$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f1 = 1 / T1 = Vs / 4H \qquad [3.2]$$

E' quindi necessario porre estrema attenzione a fenomeni di "***doppia risonanza***", cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero gravose.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

$$freq.\ naturale\ edificio \approx 10\ Hz / numero\ piani. \qquad [3.3]$$

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

$$freq.\ naturale\ edificio \approx freq.\ fondamentale\ di\ risonanza\ del\ sito \qquad [3.4]$$

ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

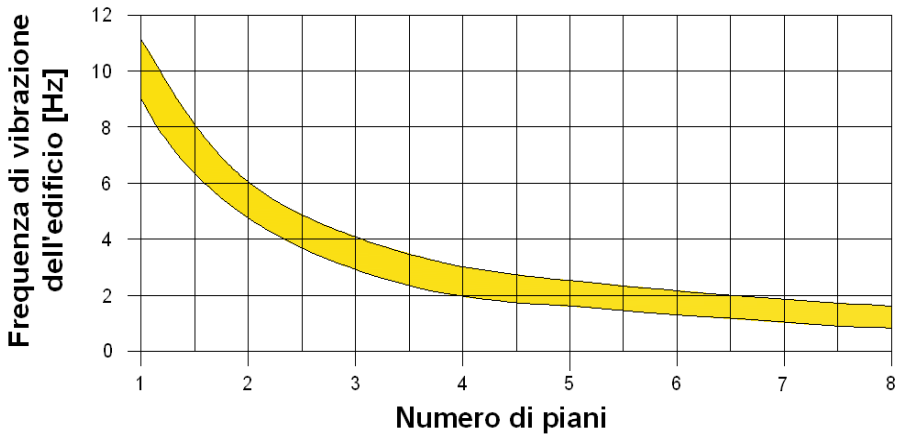


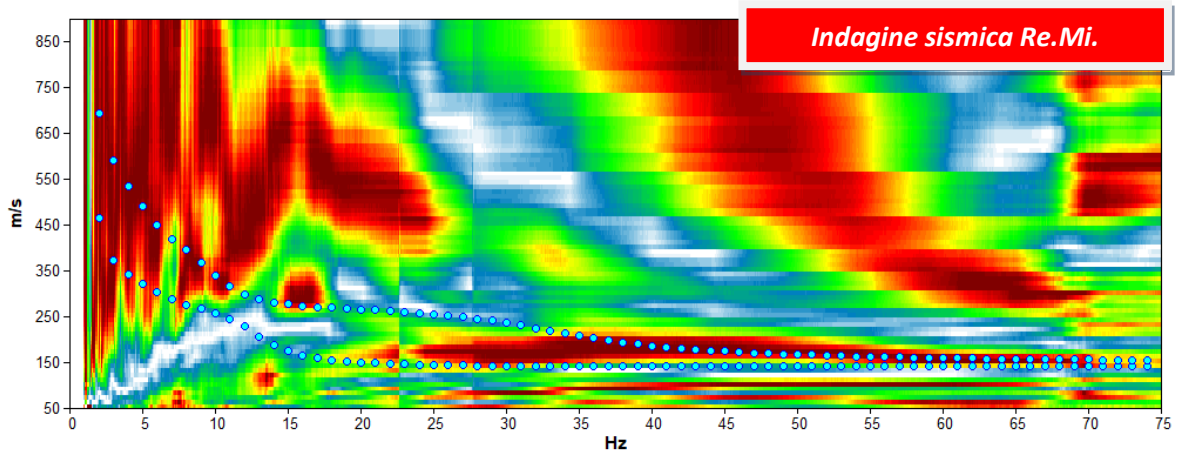
Figura *- Frequenza di vibrazione degli edifici rapportata al numero di piani.*

4. ANALISI SISMICA DI SITO E DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

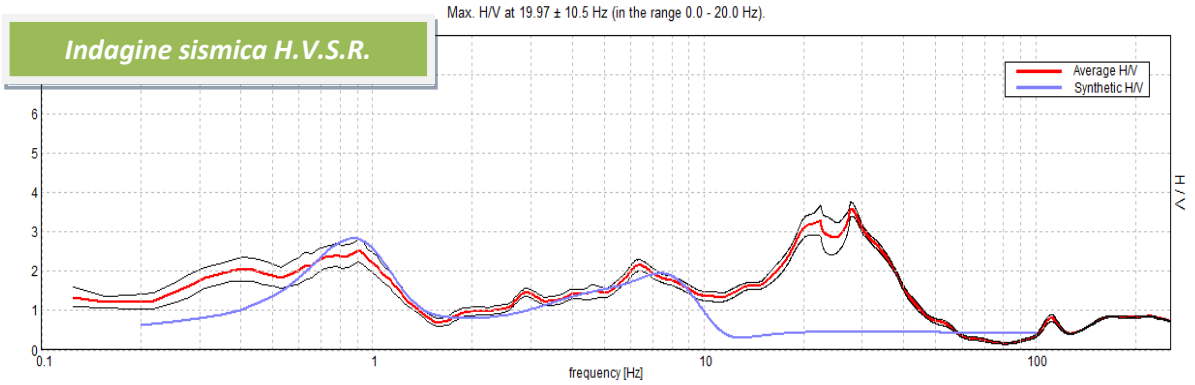
4.1 Risultati ottenuti dalle indagini sismiche effettuate

L'utilizzo incrociato delle due tecniche sismiche ha permesso di ottenere dei modelli sismo - stratigrafici del sottosuolo robusti e affidabili in corrispondenza della zona d'interesse. Le indagini Re.Mi. hanno individuato le discontinuità sismiche superficiali e stimato le velocità di propagazione delle onde S mentre le prospezioni passive a stazione singola (H.V.S.R.), tramite inversione congiunta, hanno stimato il grado di rigidità della copertura superficiale e del *bedrock* geofisico. Inoltre, le misure H.V.S.R. hanno determinato le frequenze di risonanza di sito cioè i valori di frequenza attesi in superficie in occasione di evento sismico.
L'attendibilità del modello sismo-stratigrafico desunto è da considerarsi elevata poiché la coerenza del segnale è buona e lo spettro di velocità è ben definito nel modo fondamentale per quasi tutte le frequenze campionate. Il programma di elaborazione utilizzato permette di considerare non solo il modo fondamentale ma, una volta individuati, anche i modi superiori per vincolare con maggior attendibilità la ricostruzione sismo-stratigrafica del sottosuolo.

4.2 Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta (A1+T1)



Spettro di velocità: il modo fondamentale è presente parzialmente nelle frequenze campionate. Il segnale si presenta con una buona coerenza. In blu le curve sintetiche create da una modellizzazione diretta delle onde S.

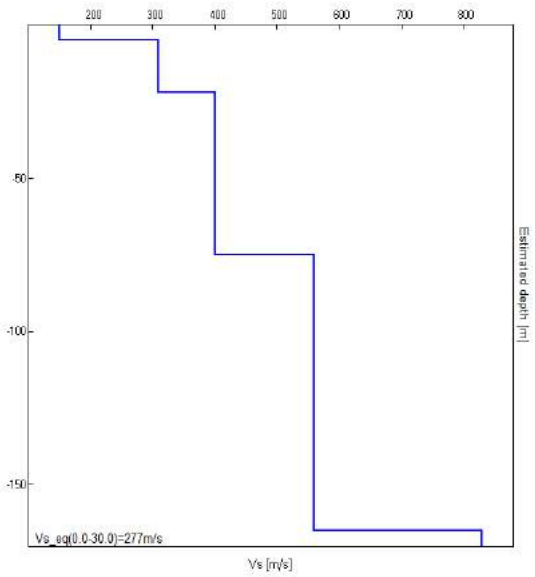


La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo

La ricostruzione sismo-stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di un materiale poco addensato fino a circa 5,0 m dal p.c. locale caratterizzato da una Vs di circa 150 m/s mentre per valori di profondità maggiori il grado di rigidità diventa più elevato con Vs comprese tra 310 - 400 m/s.

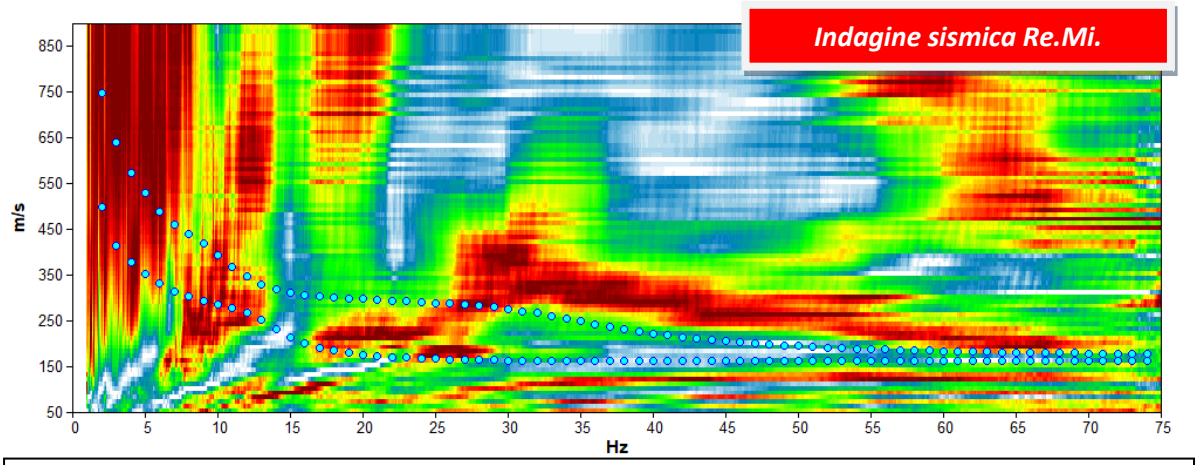
A circa 75 m dal p.c. locale si segnala un aumento della velocità di propagazione delle onde S che raggiunge valori di circa 560 m/s (vedi *modello sismo - stratigrafico interpretativo* riportato a seguire).

Il *bedrock* geofisico (Vs=830 m/s), inteso come quel materiale con Vs > di 800 m/s, è stato individuato a circa 165 m dal p.c. locale.
Il rilievo nello specifico ha fornito i seguenti dati sismici (*modello sismo - stratigrafico interpretativo*):

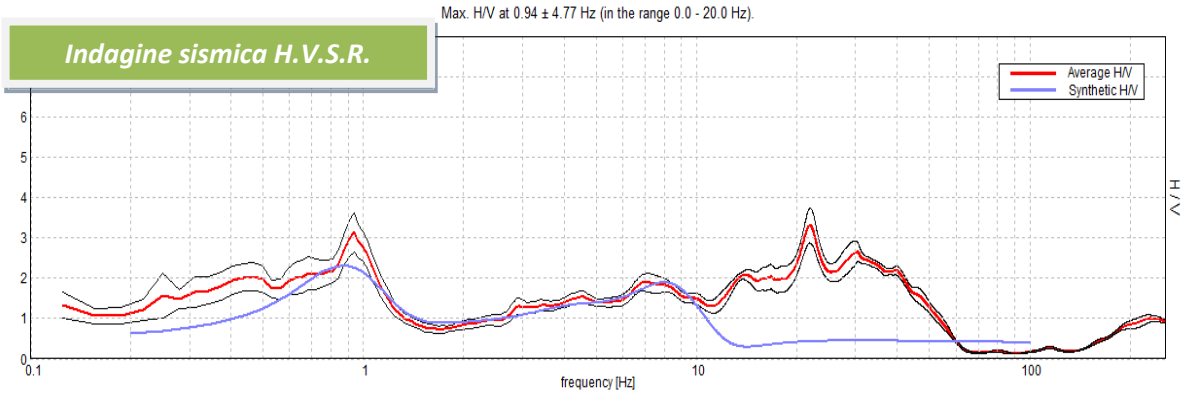


Indagine sismica Re.Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	150	5,0	0,0 – 5,0
II SISMOSTRATO	310	17	5,0 – ≈22
III SISMOSTRATO	400	53	≈22 – ≈75
IV SISMOSTRATO	560	90	75 – ≈165
V SISMOSTRATO	830	Semisp.	≈165 – Semisp.

4.3 Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta (A2+T2)



Spettro di velocità: il modo fondamentale è presente parzialmente nelle frequenze campionate. Il segnale si presenta con una buona coerenza. In blu le curve sintetiche create da una modellizzazione diretta delle onde S.



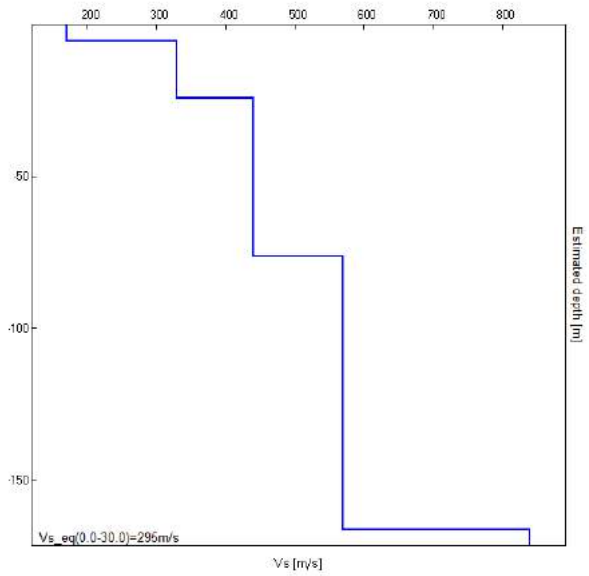
La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo

La ricostruzione sismo-stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di un materiale poco addensato fino a circa 5,3 m dal p.c. locale caratterizzato da una Vs di circa 170 m/s mentre per valori di profondità maggiori il grado di rigidità diventa più elevato con Vs comprese tra 330 - 440 m/s.

A circa 76 m dal p.c. locale si segnala un aumento della velocità di propagazione delle onde S che raggiunge valori di circa 570 m/s (vedi *modello sismo - stratigrafico interpretativo* riportato a seguire).

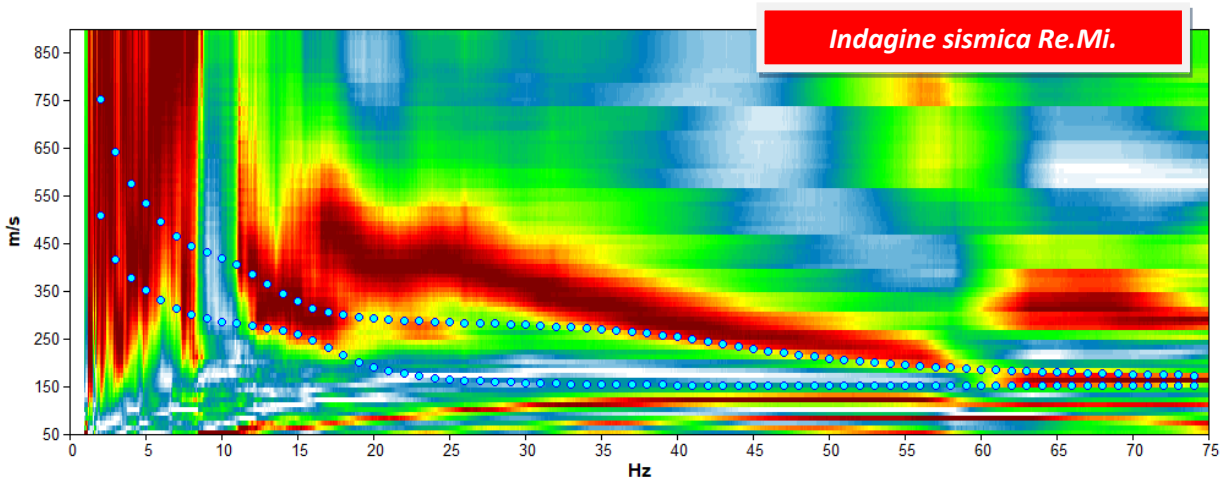
Il *bedrock* geofisico (Vs=840 m/s), inteso come quel materiale con Vs > di 800 m/s, è stato individuato a circa 166 m dal p.c. locale.

Il rilievo nello specifico ha fornito i seguenti dati sismici (*modello sismo - stratigrafico interpretativo*):

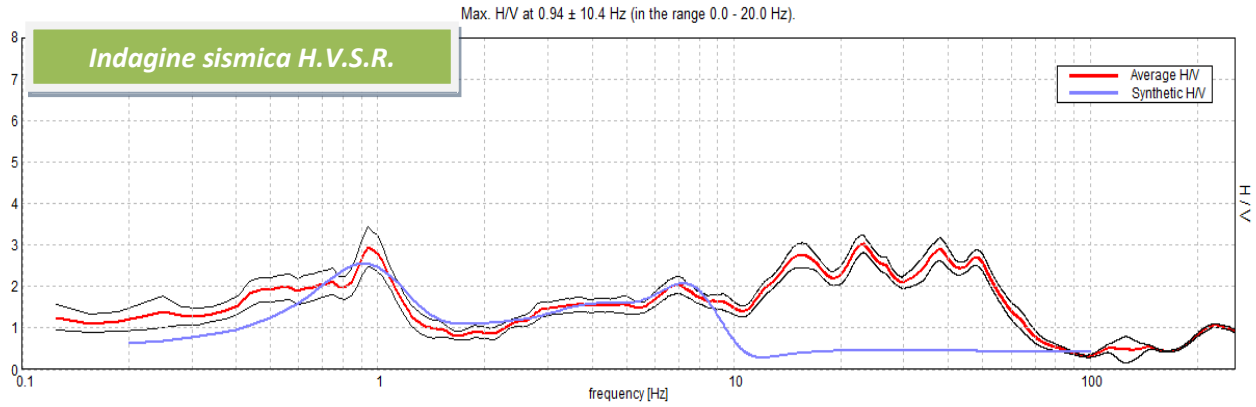


Indagine sismica Re.Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	170	5,3	0,0 - 5,3
II SISMOSTRATO	330	19	5,3 - ≈24
III SISMOSTRATO	440	52	≈24 - ≈76
IV SISMOSTRATO	570	90	76 - ≈166
V SISMOSTRATO	840	Semisp.	≈166 - Semisp.

4.4 Indagine sismica passiva in array (Re.Mi.) con inversione congiunta (A3+T3)



Spettro di velocità: il modo fondamentale è presente parzialmente nelle frequenze campionate. Il segnale si presenta con una buona coerenza. In blu le curve sintetiche create da una modellizzazione diretta delle onde S.

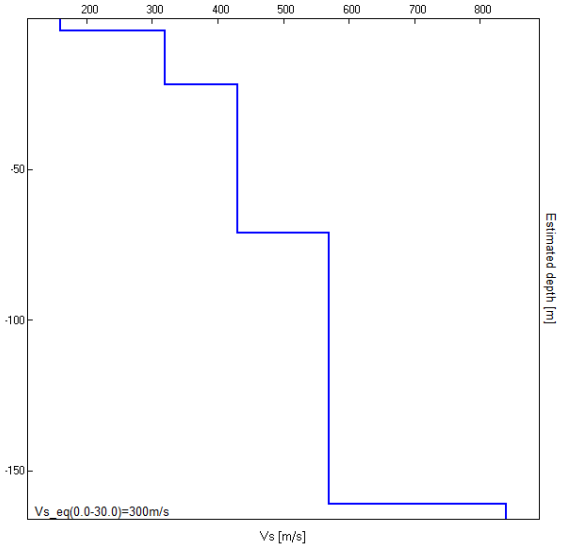


La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo

La ricostruzione sismo-stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di un materiale poco addensato fino a circa 4 m dal p.c. locale caratterizzato da una Vs di circa 160 m/s mentre per valori di profondità maggiori il grado di rigidità diventa più elevato con Vs comprese tra 320 - 430 m/s.

A circa 71 m dal p.c. locale si segnala un aumento della velocità di propagazione delle onde S che raggiunge valori di circa 570 m/s (vedi *modello sismo - stratigrafico interpretativo* riportato a seguire).

Il *bedrock* geofisico (Vs=840 m/s), inteso come quel materiale con Vs > di 800 m/s, è stato individuato a circa 161 m dal p.c. locale.



Il rilievo nello specifico ha fornito i seguenti dati sismici (*modello sismo - stratigrafico interpretativo*):

Indagine sismica Re.Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	160	4	0,0 - 4,0
II SISMOSTRATO	320	18	4,0 - ≈22
III SISMOSTRATO	430	49	≈22 - ≈61
IV SISMOSTRATO	570	90	61 - ≈161
V SISMOSTRATO	840	Semisp.	≈161 - Semisp.

4.5 Indagine sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.)

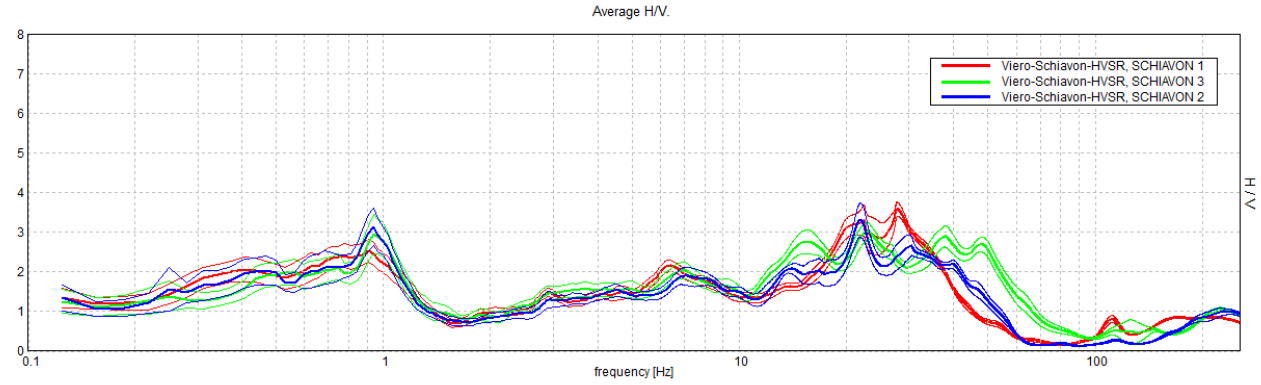
Nel caso specifico del sito in esame si è cercato di correlare i valori di picco, dello spettro di risposta HVSR, con le frequenze fondamentali di risonanza di sito.
Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica.

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.

Le misure H.V.S.R. effettuate nei tre punti sono state sovrapposte tra loro nell'immagine seguente (la linea rossa corrisponde alla misura n°1; la linea verde alla misura n° 2 e la linea blu corrisponde alla misura n°3).

La frequenza caratteristica di risonanza di sito, generata dalla discontinuità sismica a più elevato rapporto spettrale (H/V ≈ 3) nell'intervallo di interesse ingegneristico-strutturale (0,0 – 20,0 Hz), **è risultata di circa 0,94 Hz**. Si ritiene importante segnalare la presenza di un'ulteriore discontinuità stratigrafica più superficiale, tale da generare una chiara risonanza nelle curve H/V elaborate a frequenze comprese tra 6,0 - 8,0 Hz.

Si dovrà quindi porre estrema attenzione nell'edificare strutture aventi lo stesso periodo di vibrazione naturale del terreno poiché il rapporto H/V calcolato è tale da ipotizzare un fattore di amplificazione del moto sismico in superficie.



Rapporto spettrale H/V misurato. In rosso è indicato l'HV medio mentre in nero l'intervallo di confidenza al 95%.

4.6 Categoria di sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. 17 gennaio 2018

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o in rapporto ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di Sottosuolo di riferimento.

Per definire le Categorie, il D.M. 17 gennaio 2018 prevede il calcolo del parametro Vs,eq, ovvero della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio Vs dei terreni posti al di sopra del substrato di riferimento (Vs,30 per depositi con profondità del substrato superiore a 30 m). La profondità del substrato è riferita al piano di posa delle fondazioni superficiali, alla testa dei pali per fondazioni indirette, al piano di imposta delle fondazioni per muri di sostegno di terrapieni o alla testa delle opere di sostegno di terreni naturali.

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

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

Dall'assetto sismo-stratigrafico desunto dalle indagini sismiche effettuate, è possibile constatare la presenza del *bedrock* geofisico (substrato di riferimento) a profondità superiori a 30 m.

Pertanto, come espressamente richiesto dalla normativa vigente *(Norme Tecniche sulle Costruzioni – D.M. 17/01/2018)*, si è calcolata la velocità media di propagazione delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni (Vs,30), a partire da varie profondità dal piano campagna:

Profondità piano di posa delle fondazioni	Vs,30 da A1-T1	Vs,30 da A2-T2	Vs,30 da A3-T3
0 m dal p.c.	Vs (0 – 30) ≈ 277 m/s	Vs (0 – 30) ≈ 295 m/s	Vs (0 – 30) ≈ 300 m/s
1 m dal p.c.	Vs (1 – 31) ≈ 288 m/s	Vs (1 – 31) ≈ 306 m/s	Vs (1 – 31) ≈ 313 m/s
2 m dal p.c.	Vs (2 – 32) ≈ 300 m/s	Vs (2 – 32) ≈ 318 m/s	Vs (2 – 32) ≈ 326 m/s
3 m dal p.c.	Vs (3 – 33) ≈ 314 m/s	Vs (3 – 33) ≈ 330 m/s	Vs (3 – 33) ≈ 341 m/s

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevede l'inserimento di tutti i siti d'indagine nella **Categoria di Sottosuolo denominata C**, così definita:

> ***Categoria C** – **Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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.

Si ricorda che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione utilizzata e di problematiche incontrate durante la fase di acquisizione. Infine, i profili di Vs ricavati con questa metodologia, come tutti i metodi indiretti, non presentano una soluzione univoca e quindi più modelli possono fornire curve sintetiche simili tra loro.

Monteviale, novembre 2018

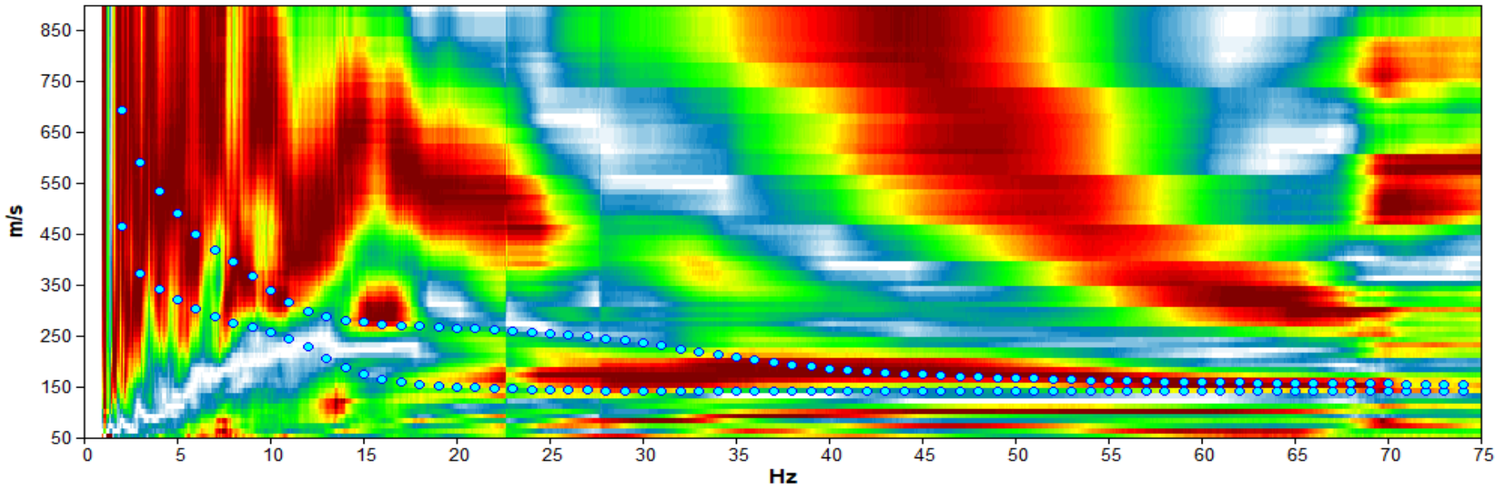
STUDIOSISMA srl
Via Biron, 102/5 - 36050 Monteviale (VI)
Tel/Fax. 0444/962532 Cell. +39 349/0567455
Mail: info@studiosisma.com
C.F. e P.IVA 03797510249

ALLEGATO

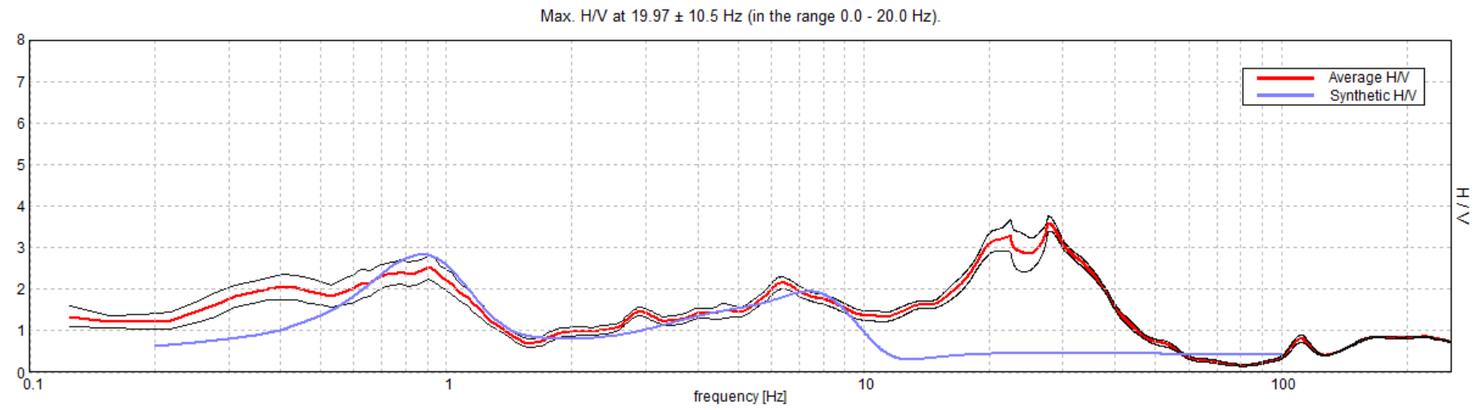
- **Tav. 01-Indagine sismica Re.Mi. n°1 e H.V.S.R. n°1**
- **Tav. 02-Indagine sismica Re.Mi. n°2 e H.V.S.R. n°2**
- **Tav. 03-Indagine sismica Re.Mi. n°3 e H.V.S.R. n°3**

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- ✓ Aki K., 1964. A note on the use of microseisms in determining the shallow structures of the earth's crust, *Geophysics*, 29, p. 665 – 666.
- ✓ Arai H. e Tokimatsu K., 2004. S-Wave Velocity Profiling by Inversion of Microtremor H/V *Spectrum, Bull. Seismol. Soc. Am.*, 94, p. 53 – 63.
- ✓ Castellaro S., Mulargia F. Bianconi L., 2005. Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata, rapida ed economica, *Geologia Tecnica Regionale*, vol. 3.
- ✓ D'Amico V., Picozzi M., Albarello D., Naso G. e Tropenscovino S., 2004. Quick estimates of soft sediments thicknesses from ambient noise horizontal to vertical spectral ratios: a case study in southern Italy, *J. Eartq. Eng.*, 8, p. 895 – 908.
- ✓ Dal Moro G.,2008b, Rapporto sulla campagna Vs30 in Friuli Venezia Giulia, Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine, Università di Trieste.
- ✓ Dal Moro G & Pipan M., 2007, Joint Inversion of Surface Wave Dispersion Curve and Reflection Travel Times via Multi-Objective Evolutionary Algorithms, J. Appl. Geophysics, 61, 56-81.
- ✓ Gallipoli R., La Penna V., Lorenzo P. et al., 2000. Comparison of geological and geophysical prospecting techniques in the study of a landslide in southern Italy, *European J. Environm. and Eng. Geophys.*, 4, p. 117 – 128.
- ✓ Ibs-von Seht M. e Wohlenberg J., 1999. Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments, *Bull. Seismol. Soc. America*, 89, p. 250 – 290.
- ✓ Ivanov, J., Miller, R.D., Xia, J., Steeples, D., and Parck, C.B., 2006, Joint Analysis of Refractions with Surface Waves. An Inverse Refraction-Traveltime Solution: Geophysics, 71, R131-R138.
- ✓ Mucciarelli M. e Gallipoli M.R., 2001. A critical review of 10 Years of microtremor HVSR technique, Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, 42, P. 255 – 266.
- ✓ Mucciarelli M. e Gallipoli M.R., 2006. Comparison between Vs30 and other estimates of site amplification in Italy, *Conf. Eartq. Eng. And Seismol.*, Ginevra, 3-8 Sept. no 270.
- ✓ Mulargia F., Castellaro S., Rossi P.L., 2007. Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica", *Il geologo – Ordine dei Geologi Regione Emilia Romagna.*
- ✓ Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, *QR of RTRI*, 30, p. 25 – 30.
- ✓ Roth M. & Holliger K- 1999. Inversion of Sourcegenerated noise in high-resolution seismic data. The Leading Edge, 18, 1402-1406.
- ✓ SESAME Project: "Site Effects Assessment Using Ambient Excitations", 2005.



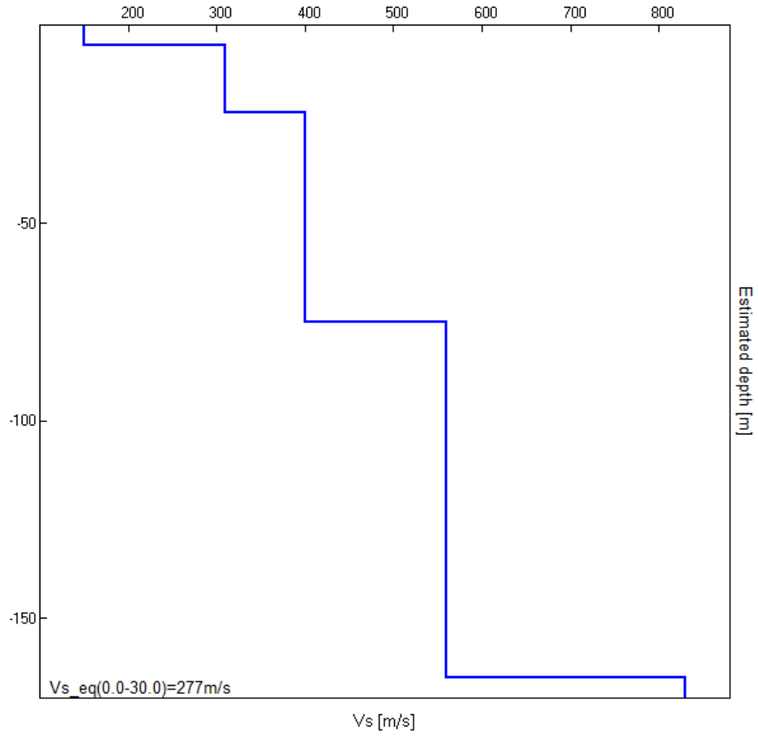
Spettro di velocità e curve sintetiche da indagine sismica in array (Re.Mi.)



Spettro sismico a curva sintetica da misura a stazione singola (H.V.S.R.)

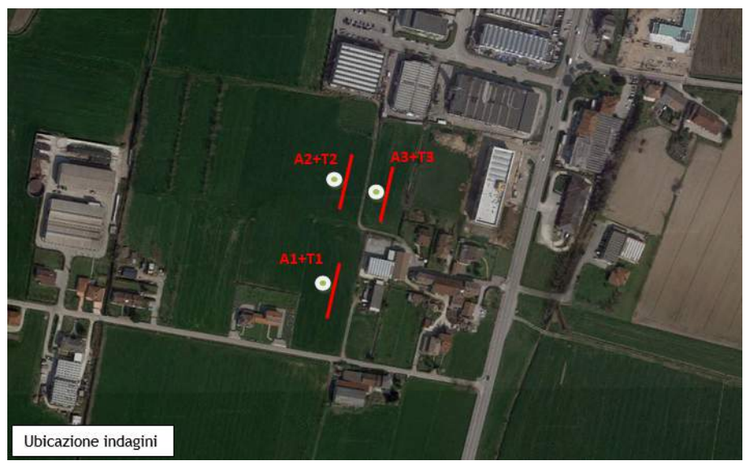
Profondità piano di posa e Vs,30 calcolati

0 m dal p.c.	277 m/s	*Categoria C*
1 m dal p.c.	288 m/s	*Categoria C*
2 m dal p.c.	300 m/s	*Categoria C*
3 m dal p.c.	314 m/s	*Categoria C*



Profilo verticale onde S (Vs)

Indagine sismica Re.Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	150	5,0	0,0 - 5,0
II SISMOSTRATO	310	17	5,0 - ≈22
III SISMOSTRATO	400	53	≈22 - ≈75
IV SISMOSTRATO	560	90	75 - ≈165
V SISMOSTRATO	830	Semisp.	≈165 - Semisp.



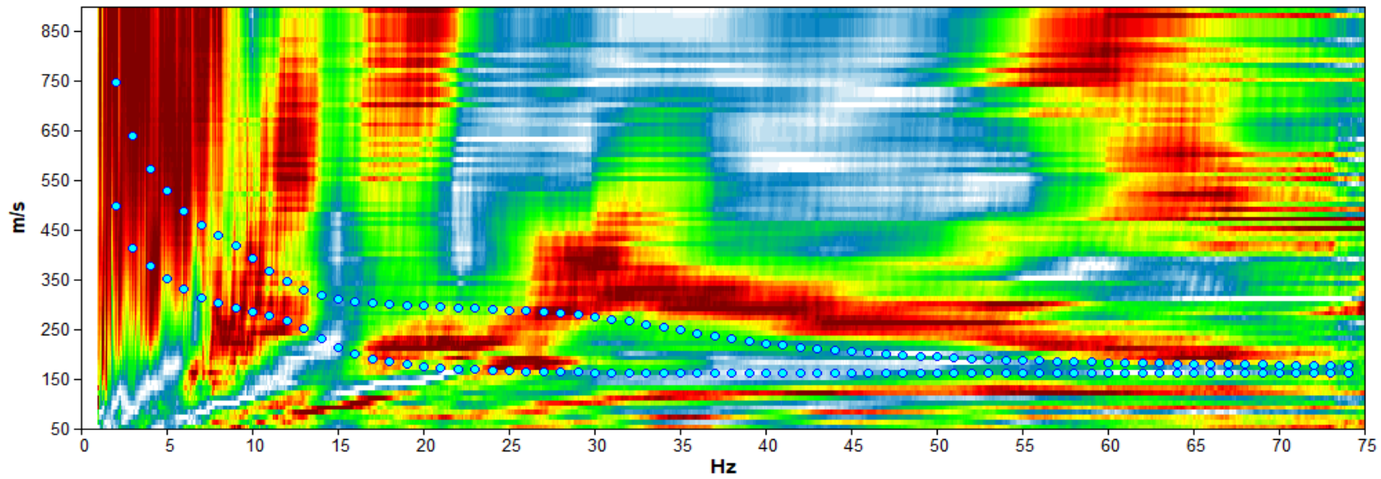
INDAGINE GEOFISICA

Ubi: Via Roncaglia Vaccheria - Schiavon (VI)

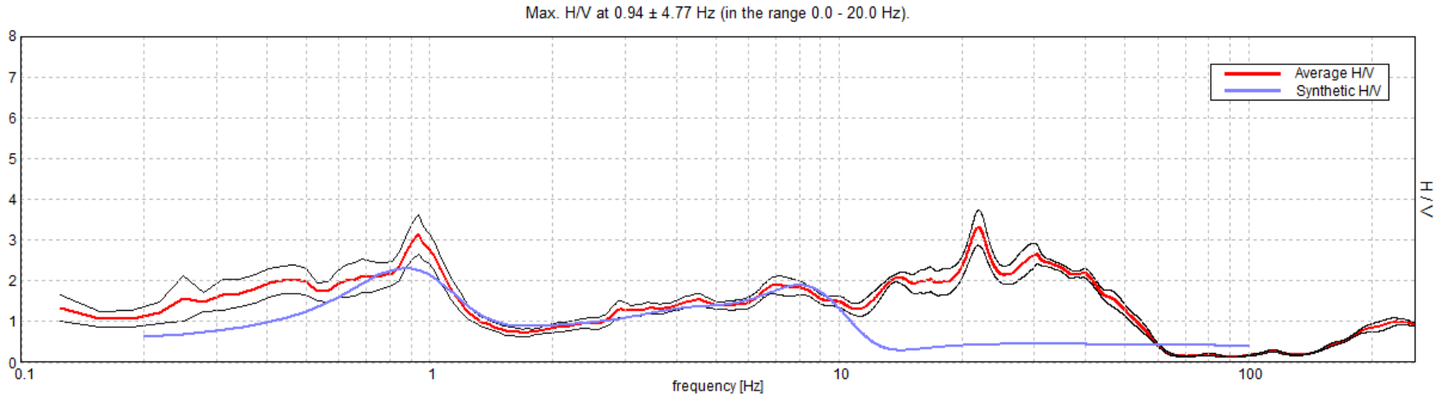
Lat. 45,69010°N - Lon. 11,64033°E (WGS-84)

Tav. 01: *Indagine sismica Re.Mi. n°1 e H.V.S.R. n°1*

Novembre 2018



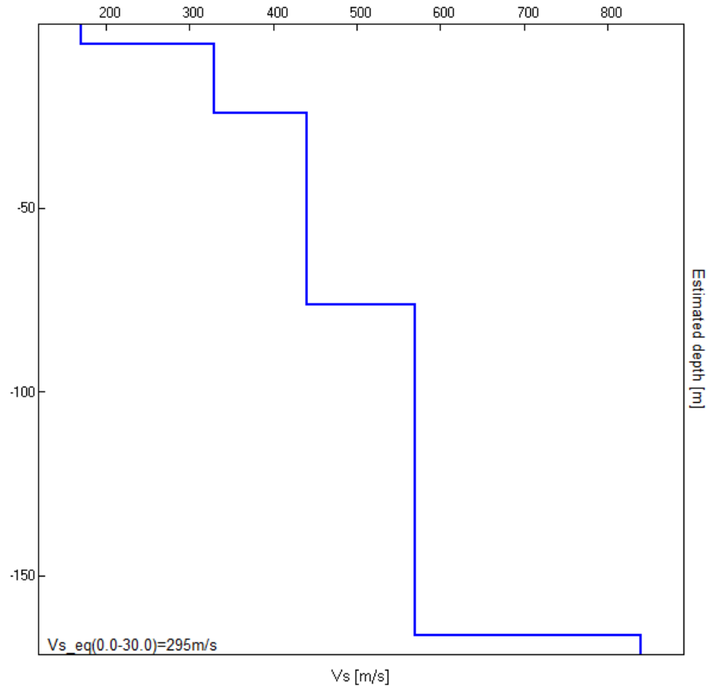
Spettro di velocità e curve sintetiche da indagine sismica in array (Re.Mi.)



Spettro sismico a curva sintetica da misura a stazione singola (H.V.S.R.)

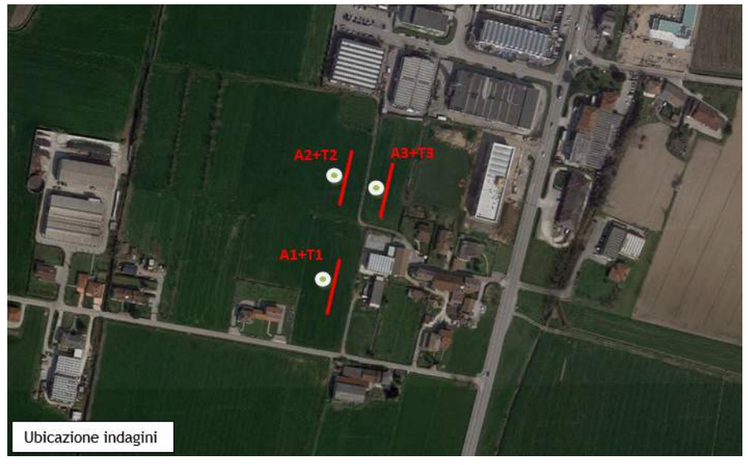
Profondità piano di posa e Vs,30 calcolati

0 m dal p.c.	295 m/s	*Categoria C*
1 m dal p.c.	306 m/s	*Categoria C*
2 m dal p.c.	318 m/s	*Categoria C*
3 m dal p.c.	330 m/s	*Categoria C*



Profilo verticale onde S (Vs)

Indagine sismica Re.Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	170	5,3	0,0 - 5,3
II SISMOSTRATO	330	19	5,3 - ≈24
III SISMOSTRATO	440	52	≈24 - ≈76
IV SISMOSTRATO	570	90	76 - ≈166
V SISMOSTRATO	840	Semisp.	≈166 - Semisp.



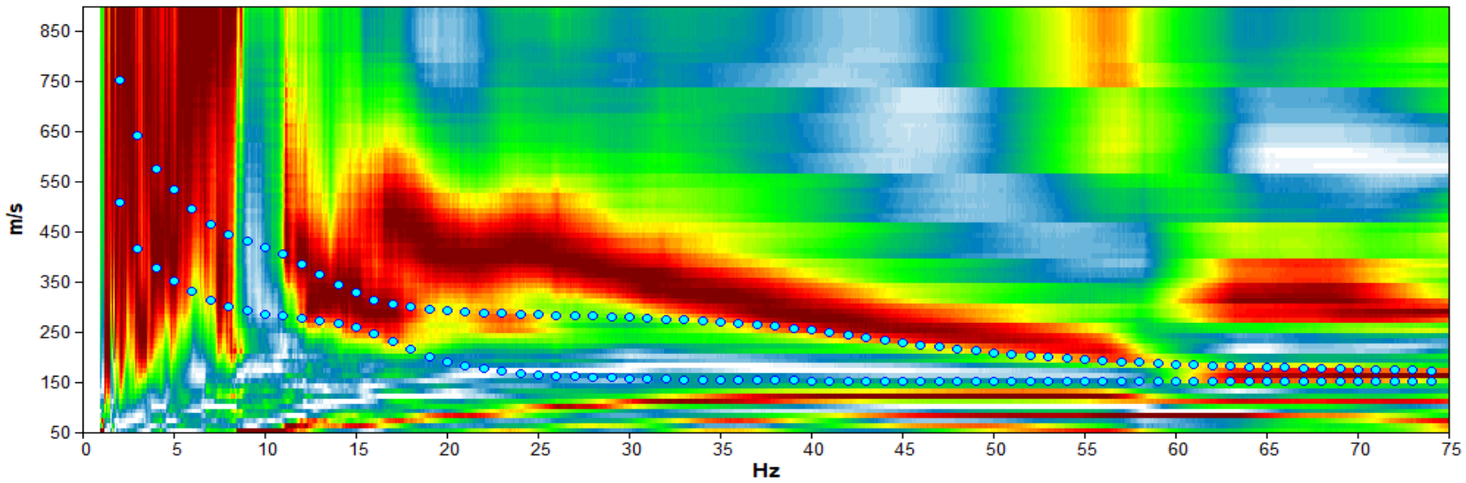
INDAGINE GEOFISICA

Ubi: Via Roncaglia Vaccheria - Schiavon (VI)

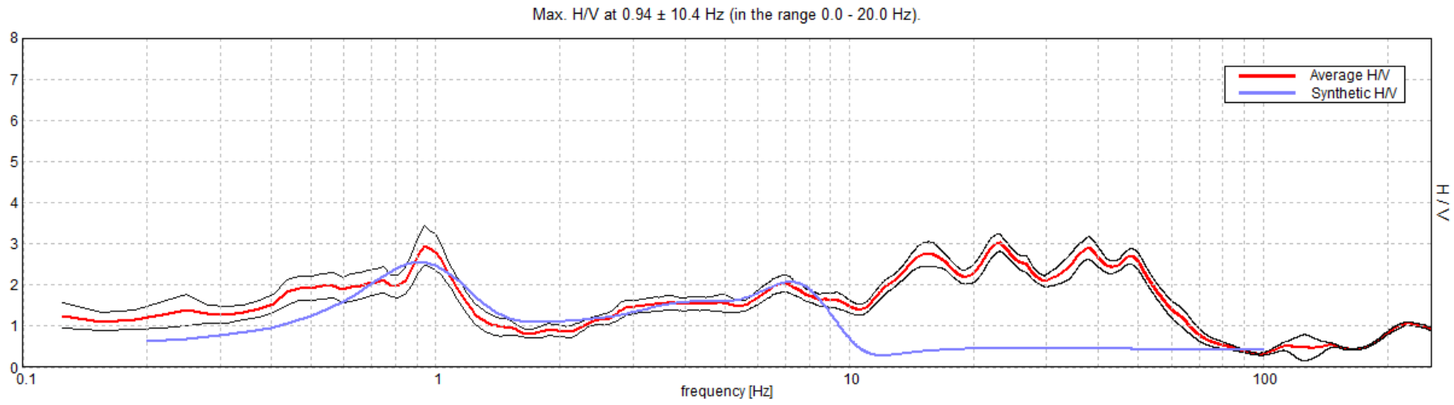
Lat. 45,69010°N - Lon. 11,64033°E (WGS-84)

Tav. 02: *Indagine sismica Re.Mi. n°2 e H.V.S.R. n°2*

Novembre 2018



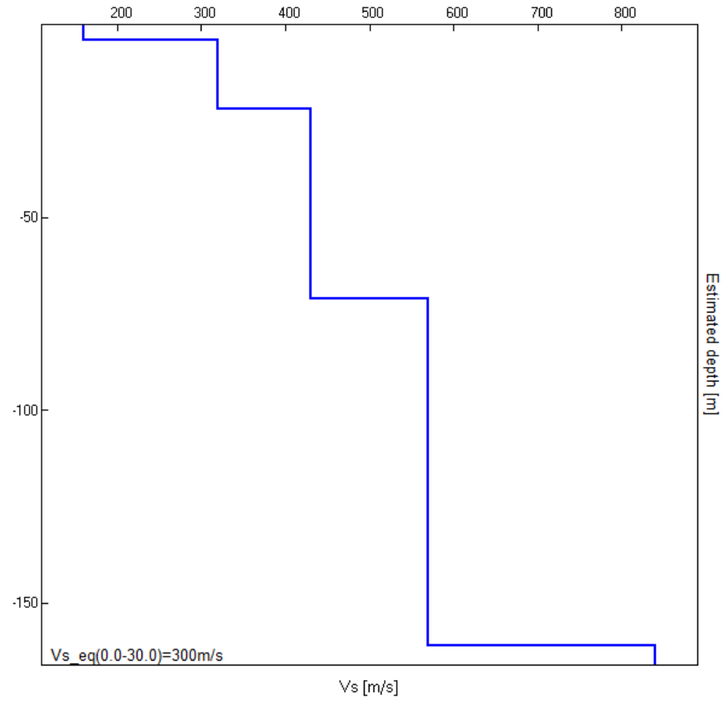
Spettro di velocità e curve sintetiche da indagine sismica in array (Re.Mi.)



Spettro sismico a curva sintetica da misura a stazione singola (H.V.S.R.)

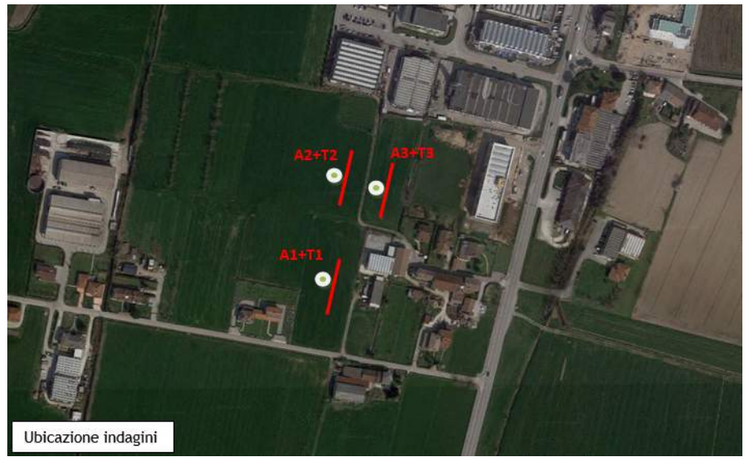
Profondità piano di posa e Vs,30 calcolati

0 m dal p.c.	300 m/s	*Categoria C*
1 m dal p.c.	313 m/s	*Categoria C*
2 m dal p.c.	326 m/s	*Categoria C*
3 m dal p.c.	341 m/s	*Categoria C*



Profilo verticale onde S (Vs)

Indagine sismica Re.Mi. con inversione congiunta H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	160	4	0,0 - 4,0
II SISMOSTRATO	320	18	4,0 - ≈22
III SISMOSTRATO	430	49	≈22 - ≈61
IV SISMOSTRATO	570	90	61 - ≈161
V SISMOSTRATO	840	Semisp.	≈161 - Semisp.



INDAGINE GEOFISICA

Ubi: Via Roncaglia Vaccheria - Schiavon (VI)

Lat. 45,69010°N - Lon. 11,64033°E (WGS-84)

Tav. 03: *Indagine sismica Re.Mi. n°3 e H.V.S.R. n°3*

Novembre 2018