

dr. umberto pivetta
geologo

REGIONE DEL VENETO

COMUNE DI VICENZA

PROVINCIA DI VICENZA

Piano Urbanistico Attuativo PU8 DUE TORRI in Via Cappuccini

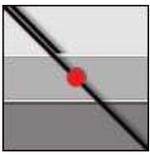
Ditta : QUERENA s.r.l

**Relazione di compatibilità geologica geomorfologica ed idrogeologica L.R- 23
Aprile 2004, n° 11**

Data: 30 Marzo 2021



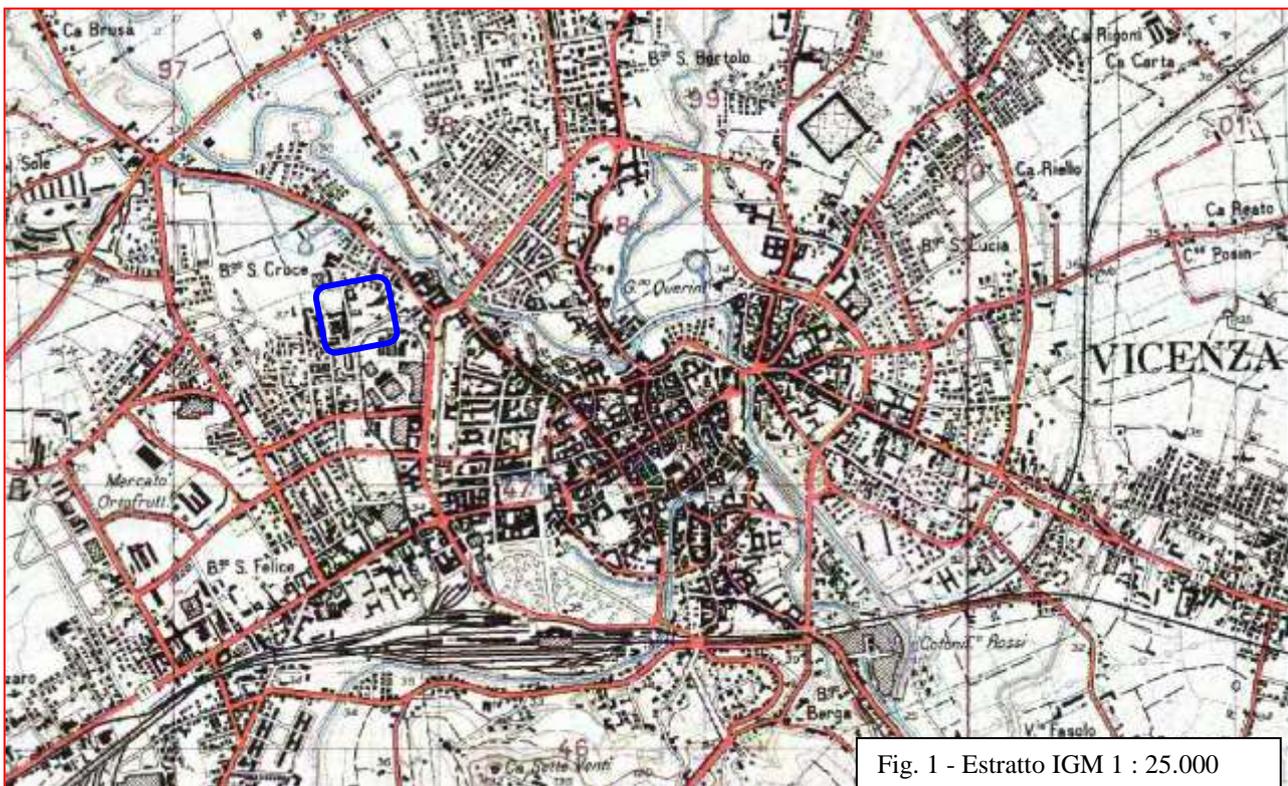
(Geologo Dott. Umberto Pivetta)

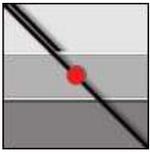


1. PREMESSE

Su incarico della Ditta **QUERENA s.r.l.** è stata redatta la presente relazione di compatibilità geologica geomorfologica ed idrogeologica ai sensi della L.R- 23 Aprile 2004, n° 11 a corredo del progetto di realizzazione del Piano Urbanistico Attuativo PU8 DUE TORRI in Via Cappuccini – Vicenza (Allegato 1 – Corografia alla scala 1:25.000 estratto da IGM).

2. INQUADRAMENTO GENERALE





2.1- Ubicazione e caratteri geomorfologici e stratigrafici principali

L'area del previsto intervento è situata entro a nord del centro storico del Capoluogo, in un tratto di pianura alluvionale di stretta competenza del F. Bacchiglione che scorre, con andamento meandriforme e con direzione approssimativamente Nord-Ovest/Sud-Est, ad una distanza minima di circa 440 m ad est dal sito in oggetto.

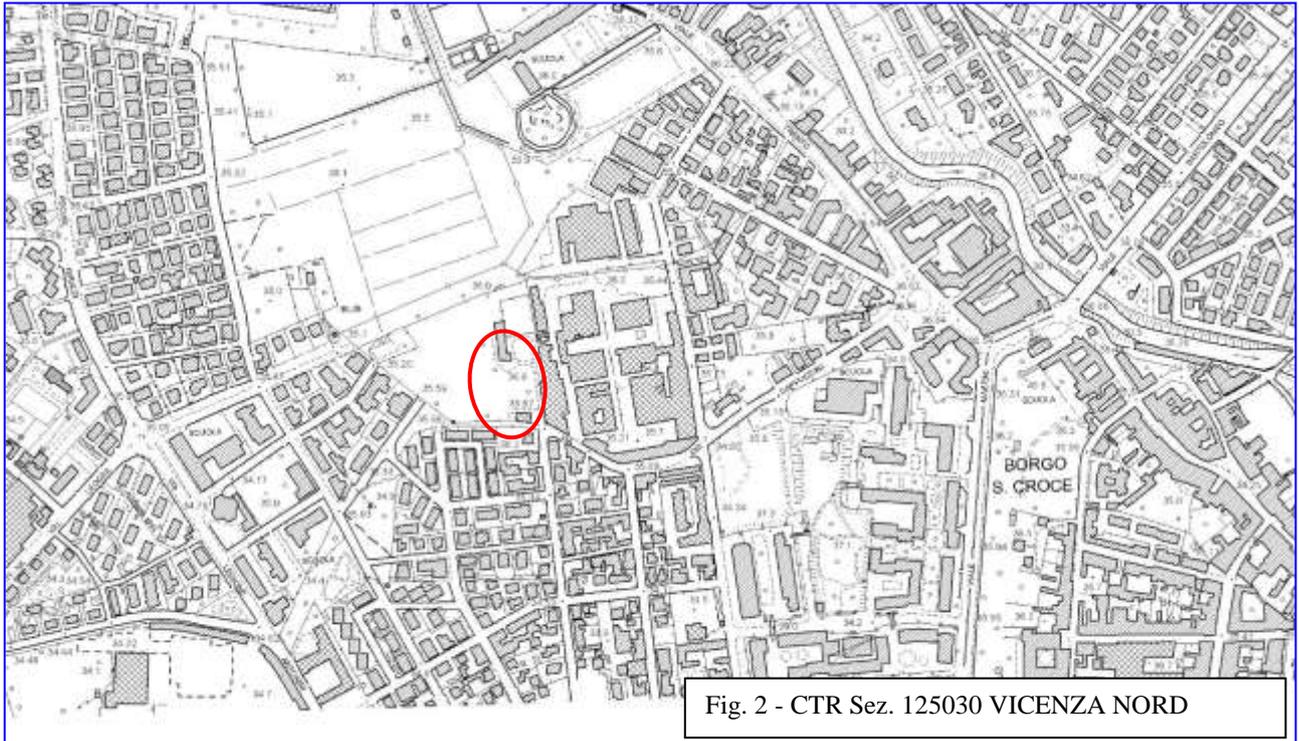


Fig. 2 - CTR Sez. 125030 VICENZA NORD

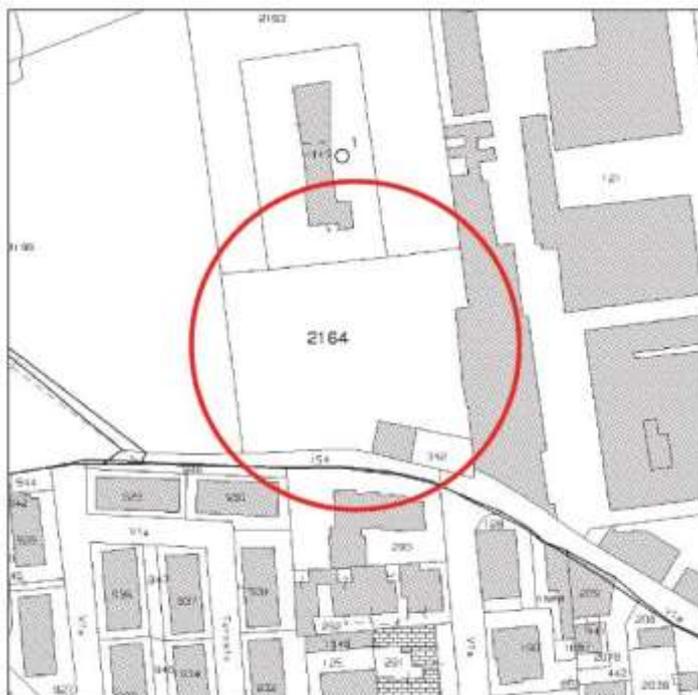
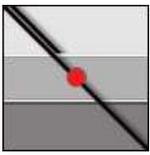


Fig. 3

ESTRATTO MAPPA CATASTALE
Scala 1 : 2.000
Comune di Vicenza (VI)
Foglio 64 – Particelle 2164, 342, 2348



Dal punto di vista morfologico, il territorio si inserisce in una zona pianeggiante, con quote del piano di campagna globalmente pari a circa 35-36 m s.l.m.

3. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA GENERALE

L'area in esame, dal punto di vista geologico strutturale ed idrogeologico, si inserisce nella porzione della media pianura vicentina, caratterizzata da forte variabilità litostratigrafica.

Si tratta di un ambiente caratterizzato da energia di trasporto fortemente variabile: alla deposizione di litotipi prevalentemente granulari incoerenti, a granulometria relativamente grossolana, dalle ghiaie fino ai limi sabbiosi, tipici di periodi di alta energia, sono succeduti litotipi prevalentemente coesivi, riconducibili ad episodi deposizionali di minore energia, relazionabili a fenomeni di deviazioni fluviali di origine neotettonica.

Dal punto di vista litologico infatti i terreni sono in generale rappresentati, da alternanza di sabbie limose e sabbie ghiaiose. (*V. estratto da Carta Geologica della Provincia di Vicenza - P.R.A.C.- Regione Veneto*)

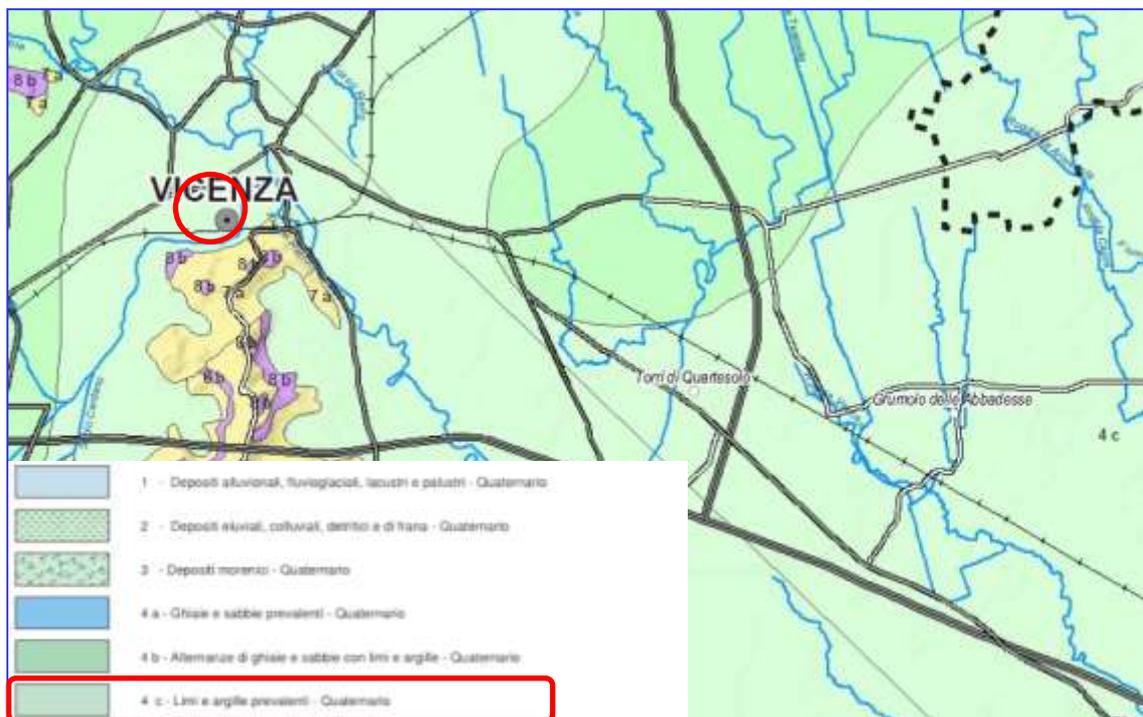
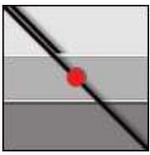
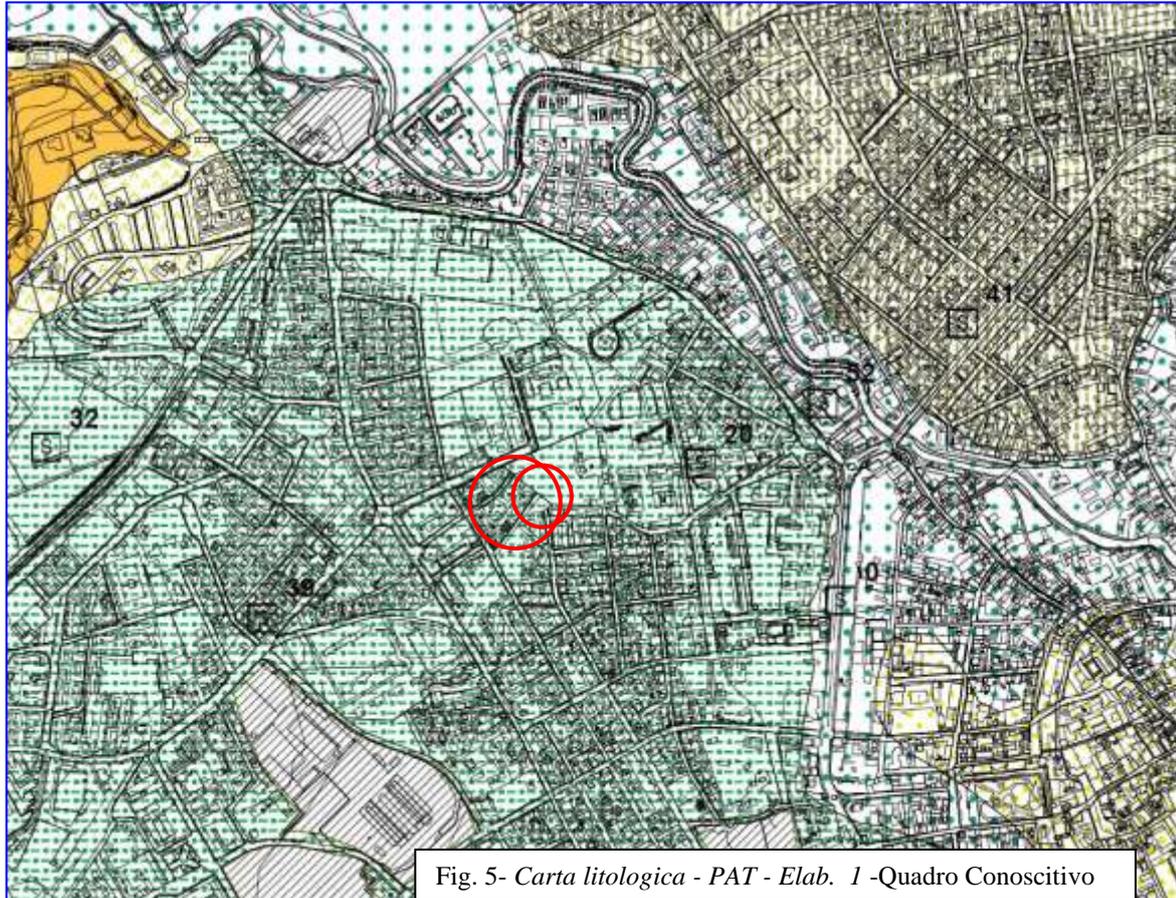


Fig. 4 - P.R.A.C.- Carta Geologica della Provincia di Vicenza - 1 : 100.000

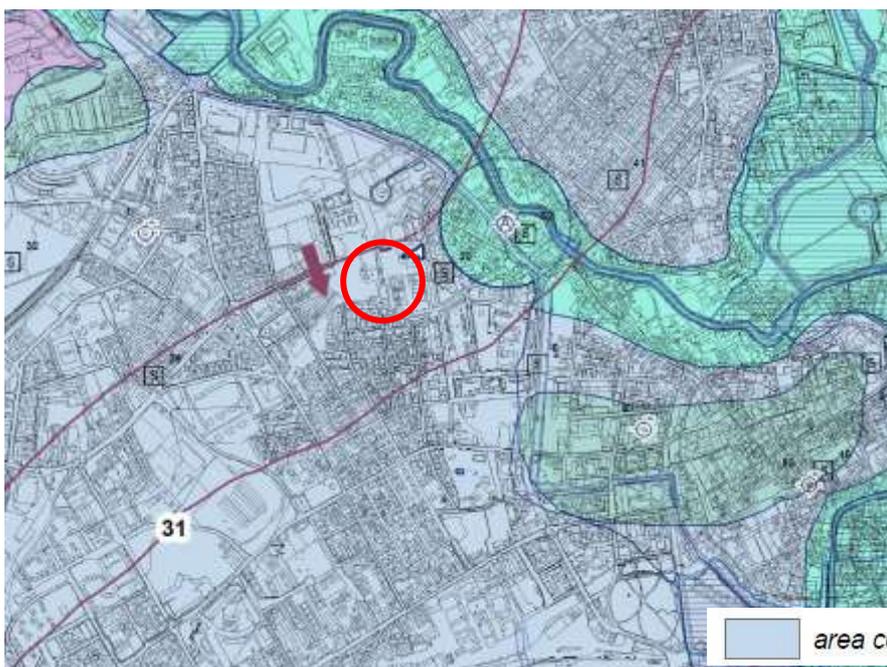
Secondo la **CARTA LITOLOGICA** del Quadro Conoscitivo del PAT di Torri di Vicenza, i terreni risultano di natura alluvionale, a tessitura prevalentemente sabbiosa. (Fig. 5).



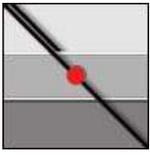
Secondo la **CARTA IDROGEOLOGICA** del Quadro Conoscitivo del PAT, la falda risulterebbe compresa tra 2 e 5 m (Fig. 6).



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



 area con profondità falda freatica compresa tra 2 e 5 m



3.1 – Prove in sito

Stratigrafia e caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalle future opere di fondazione sono desunte da Prove Penetrometriche “Statiche” (CPT) eseguite in area adiacente.

Nell’area è stata inoltre eseguita la caratterizzazione sismica del sito mediante indagine geofisica

3.2 – Modello geologico ed idrogeologico locale.

Dal punto di vista metodologico la serie stratigrafica è stata indirettamente desunta dall’analisi di prove penetrometriche eseguite in area limitrofa: in generale i terreni sono qui prevalentemente rappresentati, per i primi 20 metri circa, da **argille variamente limose** con poche e generalmente sottili intercalazioni di limi sabbiosi o vere e proprie sabbie: un banco relativamente consistente di sabbie (2 m) è stato incontrato tra – 13,40 e – 15,40 m dal p.c.

3.2.1 - Profondità della falda:

Al momento delle indagini la falda è risultata a – 2.00 m dal p.c.

4. INDAGINE SISMICA E PARAMETRI DI PERICOLOSITA’ DEL SITO

Lo scopo di quest’indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, la stima delle velocità delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni ($V_{s,30}$) come espressamente richiesto dalla normativa vigente (N.T.C. ‘08) nonché le frequenze di vibrazione naturali del terreno.

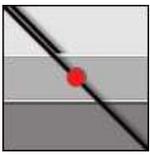
L’indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V.

È stata eseguita una registrazione al fine di evidenziare le caratteristiche litostratigrafiche del sito in base ai valori d’impedenza sismica rilevata.

Nella presente relazione vengono riportati i risultati ottenuti dall’indagine eseguita.

4.1 Cenni teorici

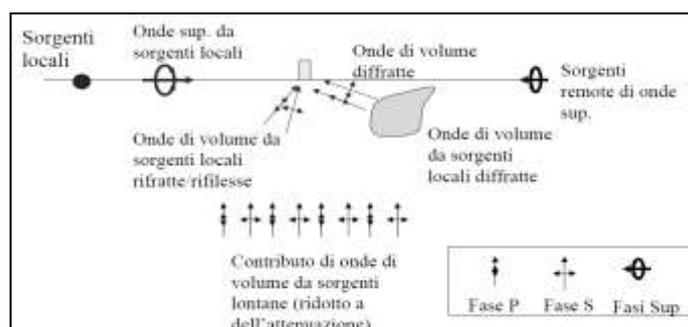
La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:



- la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio V_s** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. È possibile calcolare la V_{s30} e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:
 - dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s ,
 - dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
 - dalla risposta dello strumento.

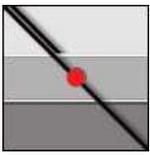
Possiamo scrivere questo come:

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



Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente s al sito x le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più



applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però “sepolta” all’interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli; informazione di notevole importanza nell’ingegneria sismica.

Per l’acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Micromed s.r.l. modello “Tromino”. In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano una serie d’esempi di classificazioni fatte sulla base di semplici misure H/V a stazione singola. In tutti i siti descritti, la stratigrafia è nota da sondaggi e prove penetrometriche e il profilo Vs è ricavato anche con metodi alternativi.



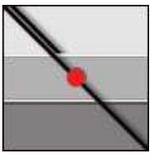
TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate).	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce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

4.2 Interpretazione della misura eseguita

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

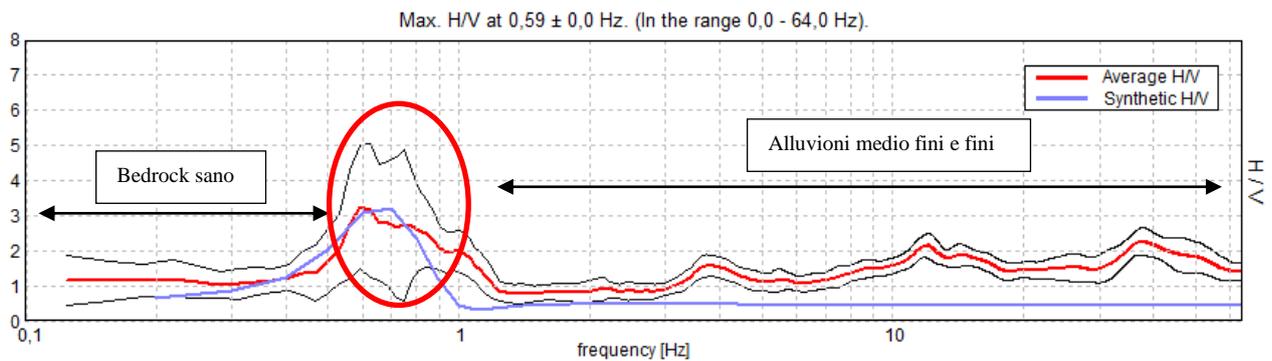
Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell’onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica.

Frequenza fondamentale di risonanza di sito
0.59 ± 0.0 Hz



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

La frequenza di risonanza di sito, caratterizzata da un rapporto H/V compreso tra 0.4 e 1, è risultata di ≈ 0.59 Hz.



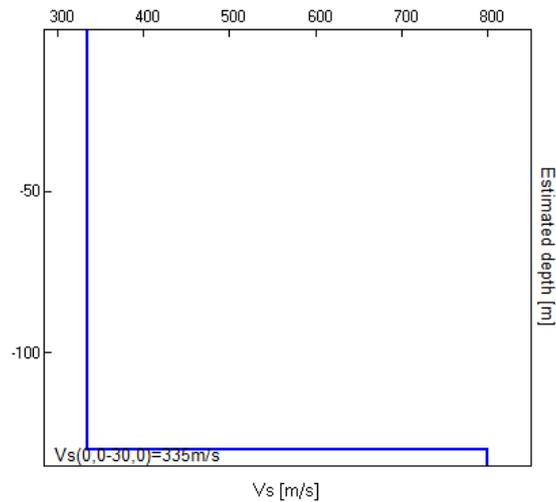
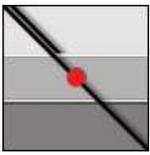
Le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e quella naturale dell'edificio.

Il problema si pone per strutture aventi lo stesso periodo di vibrazione del terreno poiché **il rapporto H/V calcolato è tale da ipotizzare un elevato fattore di amplificazione del moto sismico in superficie.**

La ricostruzione sismo – stratigrafica di sito, tralasciando il primo metro costituito da terreni vegetali, può essere schematizzata in un sismo - strato da poco a mediamente addensato costituito da alluvioni a matrice fine prevalente, fino a circa 130 m di profondità con $V_s \cong 335$ m/s. Oltre si trova il bedrock sano con $V_{s30} \cong 800$ m/s.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	V_s [m/s]
130,00	130,00	335
inf.	inf.	800

$$V_s(0,0-30,0)=335 \text{ m/s}$$

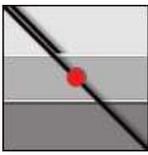


4.3 - Modello sismico locale

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 tali categorie, il D.M. 14/01/08 prevede, in questo caso, il calcolo del parametro $V_{s,30}$, ovvero della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_s entro 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevedere l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria di Sottosuolo C**.



4.4 - Parametri di pericolosità sismica

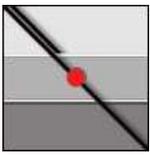
Secondo la classificazione di cui al D.M. 14/09/2005 e all'Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 (*e s.m.i.*) il territorio comunale di Vicenza rientra completamente in **zona 3**.



Cat. Sottosuolo	C				
Cat. Topografica	T1				
	SLO	SLD	SLV	SLC	
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,48	1,41	
CC Coeff. funz categoria	1,68	1,64	1,59	1,58	
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00	
<input type="checkbox"/> Acc.ne massima attesa al sito [m/s ²]					0,6

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F ₀	T _c [*] [s]
Operatività (SLO)	30	0.040	2.517	0.240
Danno (SLD)	50	0.054	2.458	0.257
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.150	2.411	0.287
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.196	2.440	0.289
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.016	0.053	0.066
kv	0.006	0.008	0.027	0.033
A _{max} [m/s ²]	0.583	0.791	2.180	2.705
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

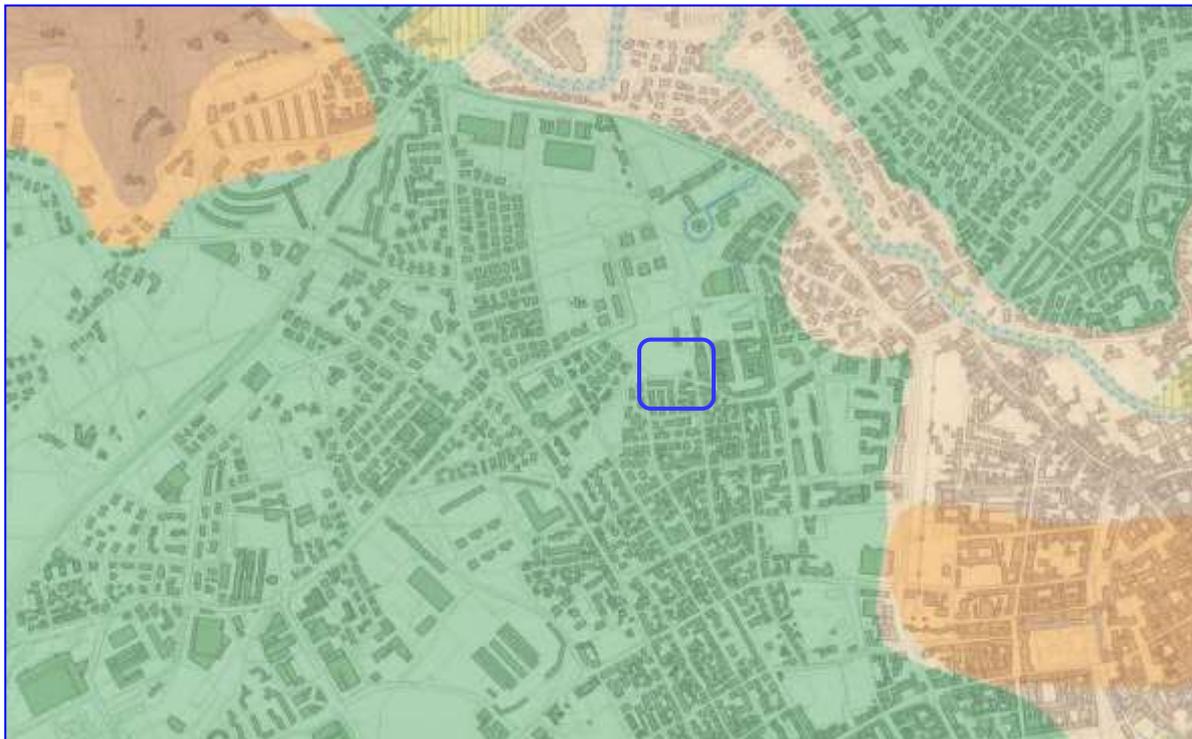


5. VINCOLI

Nella **Carta della Compatibilità Geologica** del PAT del Comune di VICENZA l'area di interesse risulta Idonea ai fini edificatori dal punto di vista geologico, come si evince dall'estratto sotto riportato (Fig. 7).

Nella Tavola 39 della **Pericolosità Idraulica** del P.A.I. dell'Autorità di Bacino fiumi Brenta e Bacchiglione, l'area di interesse non rientra in alcuna delle aree a pericolosità (Fig. 8).

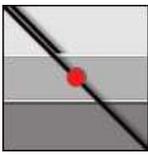
Nella **CARTA DELLA FRAGILITA' del PIANO TERRITORIALE PROVINCIALE DI COORDINAMENTO**, non viene riportata alcuna indicazione (v. Fig. 9 - PTCP - Tavola 2 sud bis- Elab. 2.1.B)



COMPATIBILITA' GEOLOGICA

 Aree idonee - Art. 14

Fig. 7 - PAT - Carta della Compatibilità Geologica - Elab n.4



-  F - Area Fluviale
-  P1 - Pericolosità idraulica moderata
-  P2 - Pericolosità idraulica media

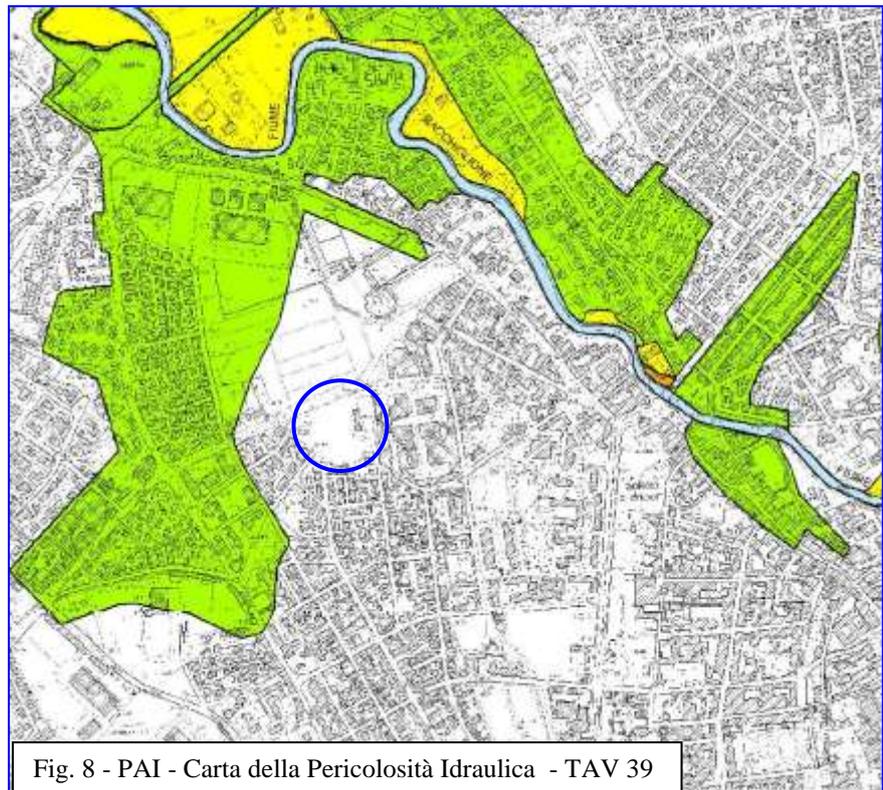
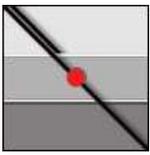


Fig. 8 - PAI - Carta della Pericolosità Idraulica - TAV 39



Fig. 9- PTCP - CARTA DELLA FRAGILITA' - Tavola 2 sud bis- Elab. 2.1.B



6. DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

6.1 - Premesse

L'area oggetto dell'indagine diverrà accessibile dalla viabilità principale mediante la realizzazione di una strada urbana locale. Nello specifico la viabilità locale oggetto dello studio può essere definita "F- Strada urbana locale" in base al D. Lgs. n° 285 del 30/04/1992 e successive modificazioni "Nuovo Codice della Strada".

Si sono considerati per le ipotesi di dimensionamento della sovrastruttura stradale sia i dati sperimentali allegati alla presente relazione sia la documentazione reperita in bibliografia. La terminologia adottata è quella descritta dalla Normativa UNI 10006 "Costruzione e manutenzione delle strade".

Si rammenta che le ipotesi e le valutazioni tecniche formulate nel presente elaborato devono essere intese come inquadramento preliminare per il dimensionamento e la valutazione della fattibilità dell'opera stradale prevista.

Si sono utilizzati due tipologie diverse di studio:

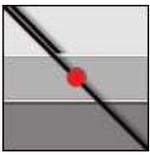
- **metodi semiempirici** che utilizzano sia concetti teorici sia dati ottenuti da rilevamenti eseguiti su tratti sperimentali (Metodo Bucchi);
- **cataloghi delle pavimentazioni** che raccolgono diverse tipologie di sovrastruttura stradale a seconda del tipo di traffico e delle caratteristiche del sottofondo (Catalogo CNR B.U. n°178 del 1995)

6.2- Il "Metodo Bucchi"

Il metodo "Bucchi" è un metodo completo per il dimensionamento di una pavimentazione stradale flessibile, in funzione del traffico previsto, della natura del terreno di sottofondo, della durata voluta della pavimentazione stessa e delle caratteristiche fisiche ed economiche dei materiali di possibile impiego.

Il metodo è stato messo a punto dal prof. Ing. Renato Bucchi nel 1974, come evoluzione del metodo A.A.S.H.O. In particolare consiste nell'utilizzo di una serie di grafici che consentono di ottenere gli spessori ottimali dei diversi strati della pavimentazione con un minor ricorso ai calcoli ausiliari.

Tale metodologia si riconduce nella sua prima fase alla determinazione di un INDICE DI SPESSORE I_s e che rappresenta la combinazione lineare degli spessori degli strati attraverso opportuni coefficienti e che si può considerare un parametro indicativo della resistenza della pavimentazione alle sollecitazioni del traffico.



$$I_s = a_1 s_1 + a_2 s_2 + a_3 s_3$$

s_1 = spessore dello strato superficiale (strato di usura+ collegamento) in cm

a_1 = coefficiente di equivalenza dello strato superficiale (strato di usura+ collegamento)

s_2 = spessore dello strato di base in cm

a_2 = coefficiente di equivalenza dello strato di base

s_3 = spessore dello strato di fondazione in cm

a_3 = coefficiente di equivalenza dello strato di fondazione

Ai fini della progettazione della sovrastruttura risulta importante quantificare il volume e la tipologia del traffico previsto. Nel metodo Bucchi si considerano il numero di passaggi di assi standard da 10 t, (N) considerati su una vita utile della strada di 20 anni, esprimendo come N° passaggi di assi da 10 t anche assi diversi attraverso un coefficiente di equivalenza $C_e = (T/T_0)^4$

T_0 = peso dell'asse standard, 10 t

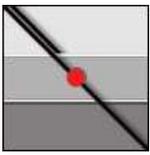
T = peso dell'asse reale in tonnellate

In mancanza di dati di analisi traffico per 20 anni, posso considerare il traffico medio giornaliero per corsia (TGM) e tenere conto della percentuale di veicoli commerciali (veicoli pesanti) previsti.

Si deve considerare il grado di efficienza (GEF) della strada ritenuto accettabile prima che si rendano necessari radicali interventi sulla pavimentazione. Il valore di GEF varia da 5 per pavimentazione in condizioni ottime e 0 per pavimentazioni completamente degradate. Considerando poi il valore di indice CBR del terreno di sottofondo considerato ottengo nel grafico sottostante l'indice di spessore di una data sovrastruttura stradale.

Il metodo prevede inoltre che lo spessore e il materiale dello strato superficiale siano scelti a priori dal progettista. La verifica consiste ora nel valutare gli spessori equivalenti della sovrastruttura in modo tale che la loro somma sia maggiore o al massimo uguale al valore I_s .

L'ottimizzazione di s_2 , s_3 , a_2 , a_3 dipende da considerazioni economiche utilizzando ulteriori grafici il cui utilizzo non viene descritto in questa sede in quanto riguarda sovrastrutture stradali progettate per volumi di traffico molto superiori e/o con terreni di sottofondo con caratteristiche scadenti, e che comprendono anche un conglomerato bituminoso come strato di base (s_2 a_2) (cfr. *Strade e Traffico* n°252 marzo- aprile 1976).



Il progetto considerato come già detto riguarda la realizzazione di una strada urbana locale, il cui Traffico Giornaliero Medio può essere considerato inferiore a 200 passaggi giornalieri con una percentuale inferiore al 10 % di mezzi pesanti, valore medio consigliato in letteratura (Annunziata et alii, 2004) ; il valore di C.B.R. d'ingresso è stato assunto pari a 2%.

Considerando un GEF di 2, idoneo per strade di importanza secondaria e inserendo i dati nel grafico riportato nell'immagine a pagina seguente, si ottiene un valore dell' indice di spessore pari a $I_s=$ **12,0 cm.**

Si è quindi deciso l'utilizzo, nelle operazioni di calcolo, delle seguenti tipologie di materiali:

- conglomerato bituminoso superficiale di usura considerata una stabilità *Marshall* di circa 12 KN con un coefficiente a_{1a} di 0,45.
- conglomerato bituminoso di collegamento (binder) avente stabilità *Marshall* di circa 10 KN e coefficiente a_{1b} di 0,44.
- Fondazione non legata in misto stabilizzato frantumato, considerando un valore di C.B.R di 60 %, ottengo un coefficiente a_3 di 0,14 (*Annunziata et alii., 2004*).
- Rilevato in misto granulare, considerando un valore di C.B.R. pari a 30% ottengo un valore a_4 di 0,10 (*Annunziata et alii., 2004*).

Tipo di materiale	Coefficiente di equivalenza (a)	Spessore (s)	$a_x s$
Conglomerato bituminoso di usura	0,45	4 cm	1,8
Conglomerato bituminoso di collegamento (binder)	0,44	8 cm	3,5
Fondazione stabilizzato	0,15	15 cm	2,3
Rilevato in misto granulare	0,10	45 cm	4,5
Spessore reale (Σs)		72	
Indice di spessore ($\Sigma a_x s$)		12,07	

L'ipotesi considerata risulta idonea, ai fini geotecnici, in quanto l'indice di spessore calcolato è maggiore di quello di progetto ($\Sigma a_x s > 12,0$).

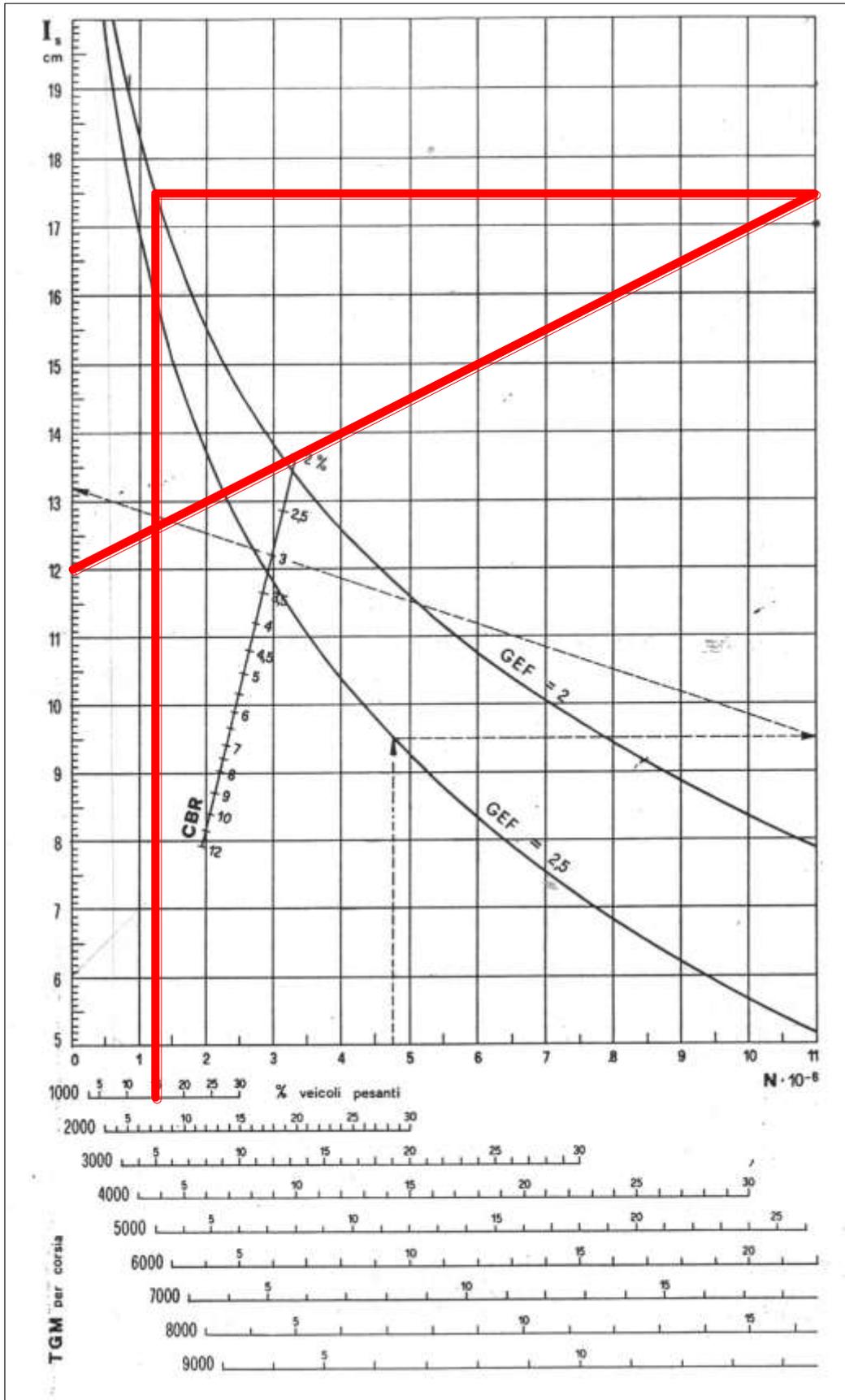
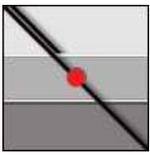
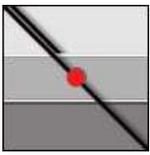


Fig. 12



6.3- Catalogo delle Pavimentazioni stradali (C.N.R. B.U. n°178 del 1995)

Il catalogo delle pavimentazioni stradali raccoglie varie tipologie di sovrastrutture stradali valide per diverse condizioni di traffico e di sottofondo presenti sul territorio italiano. Le tipologie di pavimentazioni considerate sono:

- flessibile (conglomerato bituminoso e fondazione in misto non legato)
- semirigida (conglomerato bituminoso e fondazione in misto cementato)
- rigida (calcestruzzo e fondazione in misto non legato).

Per ciascun tipo di pavimentazione il catalogo fornisce soluzioni equivalenti dal punto di vista della durata strutturale per un determinato tipo di strada, portanza del sottofondo e condizioni di traffico. Le soluzioni sono differenti invece per quel che riguarda i materiali gli spessori e quindi i costi.

I parametri usati sono:

- tipologia della strada (classificazione Nuovo codice della strada)
- traffico (6 livelli di traffico)
- capacità portante del sottofondo (3 categorie di terreni)
- condizioni climatiche (limita la validità delle soluzioni proposte nel catalogo ad altitudini inferiori ai 1000 metri)
- caratteristiche dei materiali caratteristiche necessarie per ogni materiale affinché sia applicabile tale metodo

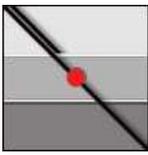
Il calcolo delle diverse soluzioni è avvenuto utilizzando il metodo empirico-teorico AASHTO ed integrandolo con i moderni metodi razionali che si basano su un approccio matematico al calcolo della sovrastruttura stradale.

Per quanto riguarda la sovrastruttura in oggetto, i parametri assunti nel calcolo sono:

1. La strada oggetto dello studio può essere definita “F- Strada urbana locale”;
2. L’entità di traffico annuo previsto rientra nel 1° livello (400.000 veicoli commerciali);
3. Il sottofondo caratterizzato da un valore di indice C.B.R. di 3% avrà come Modulo resiliente un valore di ($M_r = 100 * C.B.R.$) 30 N/mm² quindi di scadente capacità portante ($M_r > 150$ N/mm²);
4. La zona rientra nella zona climatica di applicabilità del metodo;
5. I materiali da utilizzare hanno caratteristiche fisico-meccaniche adeguate a quelle previste.

La sovrastruttura stradale considerata più idonea applicando le direttive del Catalogo delle pavimentazioni (Fig. 13) per le caratteristiche del sito sopraelencate è la seguente:

- conglomerato bituminoso per strato di usura: 4 cm



- conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder): 8 cm
- Misto granulare non legato (stabilizzato): 35 cm

CNR - Bollettino Ufficiale - Norme Tecniche - A. XXIX - N. 178

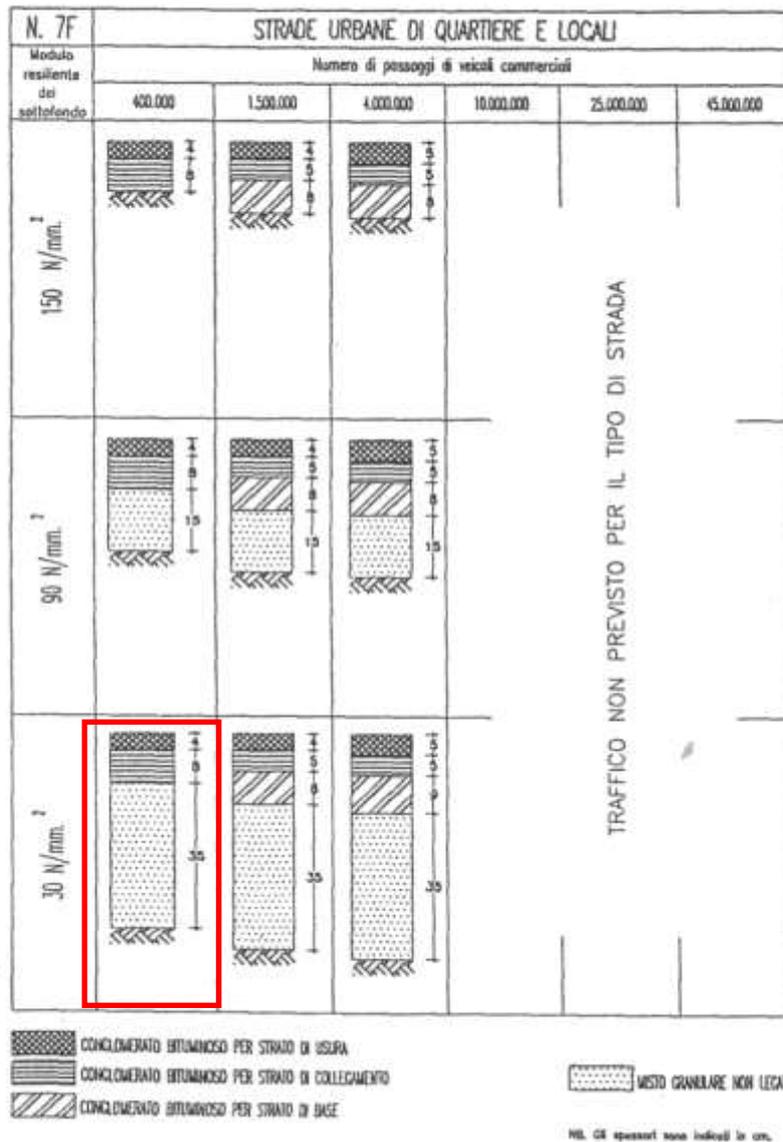
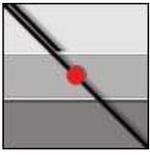


Fig. 13

6.4- Valutazioni conclusive sul dimensionamento delle pavimentazione stradale

Valutando le ipotesi di dimensionamento della sovrastruttura stradale calcolate, si nota un maggiore spessore complessivo per i materiali non legati indicati con il Metodo di Bucchi (60 cm) rispetto a quanto proposto dal Catalogo delle Pavimentazioni, (35 cm) anche perché il metodo CNR, non prende in considerazione valori di indice CBR inferiori a 3%.



Realisticamente si assume che la struttura verificata all'ipotesi con il Metodo Bucchi sia da ritenere la più idonea, presentando i seguenti requisiti geometrici:

- conglomerato bituminoso per strato di usura: 4 cm;
- conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder): 8 cm;
- fondazione in misto granulare stabilizzato: 15 cm
- rilevato in misto granulare: 45 cm

Alternativamente ai due strati distinti di conglomerato bituminoso si possono porre in opera dei conglomerati definiti MULTIFUNZIONALI caratterizzati da caratteristiche fisico-meccaniche adeguate ai requisiti di funzionalità e di capitolato previsti.

L'utilizzo di tali misti bitumati permette un risparmio sia in termini di quantità di materiale sia come tempi di stesa.

Nel caso oggetto dello studio si può ipotizzare di realizzare uno strato di Conglomerato 0-20 mm Multifunzionale di 10 cm di spessore, anziché 12 cm di conglomerato bituminoso per strati di usura e di binder.

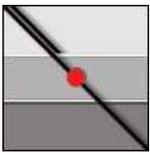
Per la scelta dei materiali della sovrastruttura stradale e le relative caratteristiche fisico - meccaniche si consiglia di fare riferimento al Capitolato CIRS, Norme tecniche di tipo prestazionale per capitolati speciali d'appalto, Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Ispettorato per la Circolazione e la Sicurezza stradale, anno 2001.

Inoltre si consiglia durante la fase di realizzazione dell'intervento un adeguato controllo dei materiali utilizzati e delle modalità di messa in opera degli stessi mediante opportuni test in sito ed in laboratorio.

Si tiene comunque a precisare che il dimensionamento proposto sia considerarsi come ipotesi preliminare, non avendo tenuto conto in questa fase le eventuali esigenze progettuali.

Si è consiglia di utilizzare un geosintetico di rinforzo da posizionarsi tra il sottofondo ed il rilevato in misto granulare. Tale geosintetico riprende le tensioni di taglio che il terreno non è in grado di assorbire distribuendo i carichi su zone più ampie e di conseguenza causa un aumento della capacità portante del sottofondo.

Utilizzando un geosintetico di rinforzo è possibile quindi ridurre lo spessore della fondazione oppure, nel caso in cui si mantenesse inalterato lo spessore, si ottiene una maggiore vita utile della pavimentazione.



7. VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITA' GEOLOGICA GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

L'area in esame, dal punto di vista geologico strutturale ed idrogeologico, si inserisce in area di pianura alluvionale di stretta competenza del F. Bacchiglione che scorre, con andamento meandriforme e con direzione approssimativamente Nord-Ovest/Sud-Est, ad una distanza minima di circa 440 m ad est dal sito in oggetto

La situazione geologica locale presenta in generale i terreni sono qui rappresentati, per i primi 20 metri circa, da **argille variamente limose** con poche e generalmente sottili intercalazioni di limi sabbiosi o vere e proprie sabbie

Nella **Carta delle Fragilità** del PAT del Comune di VICENZA l'area di interesse risulta Idonea ai fini edificatori dal punto di vista geologico .

Nella Tavola 39 della **Pericolosità Idraulica** del P.A.I. dell'Autorità di Bacino fiumi Brenta e Bacchiglione, l'area di interesse non rientra in alcuna delle aree di pericolosità.

Nella **CARTA DELLA FRAGILITA' del PIANO TERRITORIALE PROVINCIALE DI COORDINAMENTO**, non viene riportata alcuna particolare indicazione.

Dal punto di vista idrogeologico la zona è interessata dalla presenza di falda acquifera alla profondità di poco superiore ai 2 m dal p.c.

7.1 – Problematiche relative alla realizzazione di strade, sottoservizi

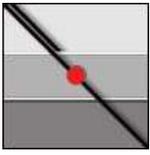
La presenza superficiale di terreni argillosi a scadenti caratteristiche geotecniche impone, per la realizzazione della viabilità locale, spessori di sottofondo adeguati, che possono essere ridotti mediante l'uso di geosintetici.

Nella posa di sottoservizi o per la realizzazione di opere di mitigazione idraulica si dovrà tener conto di una falda posta ad una profondità poco superiore ai 2 m dal p.c.

7.2 – CONCLUSIONI

Dall'analisi della tipologia costruttiva e delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell' area, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- l'indagine eseguita non ha rilevato motivi di ordine geologico, geomorfologico od idrogeologico sfavorevoli alla realizzazione delle opere di progetto;



- La realizzazione delle opere di progetto non rappresenta, a sua volta, un potenziale pericolo di instabilità geologica, geomorfologica od idrogeologica dell'area.

Per quanto riguarda la futura edificazione, la normativa rappresentata dal (D.M. 17/01/2018) prevede l'effettuazione di specifiche e puntuali indagini in sito, i cui risultati andranno esposti in una relazione geologica e geotecnica parte integrante degli atti progettuali.

Ne consegue che particolari soluzioni e procedimenti costruttivi saranno valutati nelle fasi realizzative delle singole opere in funzione delle caratteristiche locali, sulla base di indagini estese alla parte del sottosuolo influenzato dalla costruzione della struttura o che influenzerà il comportamento dell'opera stessa.

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente:
Cantiere: VICENZA
Località: Via Capuccini

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

PROVA N° 1

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)

Profondità prova: 20,00 mt

Località: Via Capuccini

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm ²)	Letture laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	8,00	10,0	8,0	0,467	17,131	5,8
0,40	5,00	12,0	5,0	0,067	74,627	1,3
0,60	7,00	8,0	7,0	0,267	26,217	3,8
0,80	10,00	14,0	10,0	0,467	21,413	4,7
1,00	24,00	31,0	24,0	0,267	89,888	1,1
1,20	24,00	28,0	24,0	0,267	89,888	1,1
1,40	16,00	20,0	16,0	0,2	80,0	1,3
1,60	18,00	21,0	18,0	0,2	90,0	1,1
1,80	5,00	8,0	5,0	0,2	25,0	4,0
2,00	9,00	12,0	9,0	0,333	27,027	3,7
2,20	9,00	14,0	9,0	0,267	33,708	3,0
2,40	10,00	14,0	10,0	0,467	21,413	4,7
2,60	6,00	13,0	6,0	0,133	45,113	2,2
2,80	26,00	28,0	26,0	0,4	65,0	1,5
3,00	20,00	26,0	20,0	0,267	74,906	1,3
3,20	12,00	16,0	12,0	0,2	60,0	1,7
3,40	9,00	12,0	9,0	0,133	67,669	1,5
3,60	11,00	13,0	11,0	0,2	55,0	1,8
3,80	7,00	10,0	7,0	0,2	35,0	2,9
4,00	8,00	11,0	8,0	0,2	40,0	2,5
4,20	8,00	11,0	8,0	0,267	29,963	3,3
4,40	10,00	14,0	10,0	0,133	75,188	1,3
4,60	7,00	9,0	7,0	0,333	21,021	4,8
4,80	6,00	11,0	6,0	0,2	30,0	3,3
5,00	10,00	13,0	10,0	0,267	37,453	2,7
5,20	8,00	12,0	8,0	0,267	29,963	3,3
5,40	10,00	14,0	10,0	0,133	75,188	1,3
5,60	14,00	16,0	14,0	0,333	42,042	2,4
5,80	5,00	10,0	5,0	0,267	18,727	5,3
6,00	4,00	8,0	4,0	0,267	14,981	6,7
6,20	12,00	16,0	12,0	0,333	36,036	2,8
6,40	13,00	18,0	13,0	0,333	39,039	2,6
6,60	13,00	18,0	13,0	0,467	27,837	3,6
6,80	9,00	16,0	9,0	0,4	22,5	4,4
7,00	16,00	22,0	16,0	0,267	59,925	1,7
7,20	10,00	14,0	10,0	0,267	37,453	2,7
7,40	12,00	16,0	12,0	0,333	36,036	2,8
7,60	10,00	15,0	10,0	0,2	50,0	2,0
7,80	18,00	21,0	18,0	0,667	26,987	3,7
8,00	16,00	26,0	16,0	0,533	30,019	3,3
8,20	10,00	18,0	10,0	1,6	6,25	16,0
8,40	32,00	56,0	32,0	0,667	47,976	2,1
8,60	32,00	42,0	32,0	0,733	43,656	2,3

8,80	25,00	36,0	25,0	0,533	46,904	2,1
9,00	26,00	34,0	26,0	0,6	43,333	2,3
9,20	14,00	23,0	14,0	0,533	26,266	3,8
9,40	26,00	34,0	26,0	0,533	48,78	2,1
9,60	16,00	24,0	16,0	0,4	40,0	2,5
9,80	16,00	22,0	16,0	0,667	23,988	4,2
10,00	18,00	28,0	18,0	0,267	67,416	1,5
10,20	38,00	42,0	38,0	0,533	71,295	1,4
10,40	26,00	34,0	26,0	0,8	32,5	3,1
10,60	50,00	62,0	50,0	0,267	187,266	0,5
10,80	60,00	64,0	60,0	1,2	50,0	2,0
11,00	38,00	56,0	38,0	0,4	95,0	1,1
11,20	36,00	42,0	36,0	0,667	53,973	1,9
11,40	20,00	30,0	20,0	0,667	29,985	3,3
11,60	20,00	30,0	20,0	0,333	60,06	1,7
11,80	16,00	21,0	16,0	0,533	30,019	3,3
12,00	14,00	22,0	14,0	0,533	26,266	3,8
12,20	10,00	18,0	10,0	0,4	25,0	4,0
12,40	12,00	18,0	12,0	0,4	30,0	3,3
12,60	12,00	18,0	12,0	0,467	25,696	3,9
12,80	12,00	19,0	12,0	0,4	30,0	3,3
13,00	10,00	16,0	10,0	0,267	37,453	2,7
13,20	11,00	15,0	11,0	0,333	33,033	3,0
13,40	13,00	18,0	13,0	0,667	19,49	5,1
13,60	70,00	80,0	70,0	1,333	52,513	1,9
13,80	90,00	110,0	90,0	1,333	67,517	1,5
14,00	110,00	130,0	110,0	0,667	164,918	0,6
14,20	130,00	140,0	130,0	2,0	65,0	1,5
14,40	200,00	230,0	200,0	0,667	299,85	0,3
14,60	260,00	270,0	260,0	2,667	97,488	1,0
14,80	280,00	320,0	280,0	0,667	419,79	0,2
15,00	270,00	280,0	270,0	2,667	101,237	1,0
15,20	200,00	240,0	200,0	1,333	150,038	0,7
15,40	220,00	240,0	220,0	1,333	165,041	0,6
15,60	28,00	48,0	28,0	0,4	70,0	1,4
15,80	16,00	22,0	16,0	0,467	34,261	2,9
16,00	16,00	23,0	16,0	0,533	30,019	3,3
16,20	20,00	28,0	20,0	0,467	42,827	2,3
16,40	18,00	25,0	18,0	0,533	33,771	3,0
16,60	15,00	23,0	15,0	0,533	28,143	3,6
16,80	14,00	22,0	14,0	0,533	26,266	3,8
17,00	16,00	24,0	16,0	0,533	30,019	3,3
17,20	18,00	26,0	18,0	0,533	33,771	3,0
17,40	16,00	24,0	16,0	0,467	34,261	2,9
17,60	15,00	22,0	15,0	1,2	12,5	8,0
17,80	20,00	38,0	20,0	0,533	37,523	2,7
18,00	16,00	24,0	16,0	0,533	30,019	3,3
18,20	18,00	26,0	18,0	0,267	67,416	1,5
18,40	16,00	20,0	16,0	0,4	40,0	2,5
18,60	12,00	18,0	12,0	0,4	30,0	3,3
18,80	20,00	26,0	20,0	0,4	50,0	2,0
19,00	24,00	30,0	24,0	0,4	60,0	1,7
19,20	24,00	30,0	24,0	1,867	12,855	7,8
19,40	20,00	48,0	20,0	0,4	50,0	2,0
19,60	42,00	48,0	42,0	0,4	105,0	1,0
19,80	42,00	48,0	42,0	0,267	157,303	0,6
20,00	36,00	40,0	36,0	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,80	7,5	0,317		1,9 Coesivo	limo argilloso
1,60	20,5	0,234		2,0 Incoerente	argilla limosa
2,60	7,8	0,28		1,9 Coesivo	limo argilloso
3,00	23,0	0,334		2,0 Incoerente	argilla limosa
8,20	10,308	0,338		1,8 Coesivo	limo argilloso
10,40	24,455	0,57		2,0 Incoerente	limo sabbioso
11,20	46,0	0,634		2,1 Incoerente	sabbia limosa
13,40	13,636	0,455		1,9 Coesivo	argilla limosa
15,40	183,0	1,467		2,3 Incoerente	sabbia
19,40	18,1	0,57		1,9 Coesivo	argilla limosa
20,00	40,0	0,222		2,1 Incoerente	sabbia limosa

Committente:
 Cantiere:
 Località:

VICENZA
 Via Capuccini

Data: 23/01/2020

