

Regione **VENETO**
Provincia **VERONA**
Comune **VERONA**

RELAZIONE:

di compatibilità Geologica, Geomorfologica ed Idrogeologica

Normativa di riferimento:

- * Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988 – Circolare Ministero Lavori Pubblici n.30483, 24 settembre 1988;
- * Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e successiva Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006;
- * Decreto ministeriale D.M. del 14 gennaio 2008 pubblicato su G.U. del 04 02 2008– "Norme Tecniche per le costruzioni";
- * Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 2 febbraio 2009 – Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 pubblicato su G.U. del 26 02 2009 – suppl. Ordinario n.27;
- * Dgr. n.1841 del 19 GIUGNO 2007;
- * Dgr. n.2948 del 06 OTTOBRE 2009.

PROGETTO:

Piano Urbanistico Attuativo per l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO 03 – Verona – Via Gardesane – Scheda Norma 449

Committenti: **Sig.ri Bertaso Luigi, Bertaso Adalgisa,
Zanetti Germana e Ferrari Francesco**

Dott. Geol. Lino Munari



Luogo e data: **Affi, 19-06-2014**

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 UBICAZIONE E TIPOLOGIA DI INTERVENTO.....	3
1.2 AREA DI INDAGINE.....	3
1.3 SCOPO DELL'INDAGINE.....	4
2. MODELLO GEOLOGICO.....	5
2.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	5
2.1.1 AREA DI INDAGINE.....	6
2.2 IDROGRAFIA ED IDROLOGIA.....	7
2.2.1 AREA DI INDAGINE.....	8
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN SITO.....	10
3.1 STIMA DEGLI EFFETTI DI SITO E DELLA VULNERABILITÀ SISMICA CON VELOCIMETRO TRIASSIALE.....	10
3.1.1 TECNICA DI MISURAZIONE E STRUMENTAZIONE.....	10
3.1.2 EFFETTI DI SITO.....	12
3.1.3 VULNERABILITÀ SISMICA DELL'OPERA.....	16
3.2 RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA IN SITO.....	18
4. MODELLO SISMICO.....	28
4.1 MODELLIZZAZIONE SISMICA DEL SITO DI PROGETTO.....	28
4.2 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE.....	28
4.3 SCELTA DEL TERREMOTO DI PROGETTO E STIMA DEGLI EFFETTI DI SITO.....	32
4.3.1 PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO.....	32
5. MODELLO GEOTECNICO.....	35
5.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	35
5.2 BREVE DESCRIZIONE DELL'INDAGINE SISMICA EFFETTUATA.....	35
5.3 STIMA DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO.....	38
5.4 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (S.L.U.).....	40
5.4.1 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE.....	40
5.5 PIANO INDAGINI.....	42
6. SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE.....	44
7. ART. 37 DEL P.A.T. E ART. 43 DEL P.I.	47
8. VINCOLO IDROGEOLOGICO.....	48
9. VALUTAZIONI CONCLUSIVE.....	49
10. ALLEGATI.....	51

1. PREMESSA.

1.1 UBICAZIONE E TIPOLOGIA DI INTERVENTO.

Su incarico e per conto dei **Sig.ri Bertaso Luigi, Bertaso Adalgisa, Zanetti Germana e Ferrari Francesco**, è redatta, ai sensi del D.M. LL. PP. 11-03-1988 e della nuova normativa antisismica vigente, **Relazione di compatibilità geologica, geomorfologica, ed idrogeologica**, integrata da indagini geofisiche in sito, relativa al **progetto Piano Urbanistico Attuativo per l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO 03 – Verona – Via Gardesane – Scheda Norma 449**.

L'intervento per il quale è stata sviluppata la presente Relazione, si riferisce alla realizzazione di edilizia residenziale all'interno del Piano Urbanistico Attuativo.

Nello specifico verrà valutata la compatibilità generale dell'intervento, in relazione alle caratteristiche geomorfologiche, geotecniche, litologiche ed idrogeologiche dell'area.

1.2 AREA DI INDAGINE.

L'area di indagine è situata ad ovest del Comune di Verona, presso località Croce Bianca, in "Via Gardesane", a circa 1.3km a nord-est dal centro abitato di San Massimo ed a circa 2.20km ad ovest di Verona (cfr. allegato n.1 "*Corografia dell'area - scala 1:25.000*").

Secondo quanto riportato dal Piano degli Interventi, il settore di intervento, viene definito come "Sub-ambito agricolo di ammortizzazione e transizione" (cfr. allegato n.6 "*Estratto P.I. - scala 1:5.000*"). Catastralmente è inserito nel Foglio n.201, mappali n.268, 339, 340, 341 e 342 del territorio comunale di Verona (cfr. allegato n.7 "*Estratto di mappa catastale - scala 1:1.000*").

Morfologicamente il paesaggio risulta pianeggiante con quote altimetriche che si attestano su valori di circa 78.0/79.0 m s.l.m.

Geologicamente la zona appartiene all'ampio conoide fluvioglaciale rissiano, edificato dai numerosi scaricatori interessanti l'estremo settore sud-orientale dell'anfiteatro morenico del Garda. Tra questi scaricatori il maggior contributo è attribuibile ai fiumi Mincio e Adige e, in misura minore, al fiume Tione.

1.3 SCOPO DELL'INDAGINE.

Lo scopo del presente studio è di dare informazioni sulla natura e sulle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e litologiche dell'area di indagine e, in particolare di fornire dati sulle caratteristiche idrografiche e idrogeologiche della zona interessata da tale studio.

La caratterizzazione del settore di intervento è stata svolta con l'ausilio di:

- la raccolta e la consultazione di dati bibliografici e cartografici necessari all'inquadramento generale dell'area;
- osservazioni in sito per la valutazione della situazione geologica e morfologica dell'area, della condizione idrografica e idrogeologica locale;
- ricerche relative ad altre opere realizzate in zone adiacenti all'area di progetto;
- **stima degli effetti di sito e della vulnerabilità sismica con tromografo digitale** attraverso l'analisi di **n.2** misure realizzate all'interno dell'area di indagine per una precedente relazione;
- consultazione "*Carta delle Fragilità P.A.T. - Scala 1:15.000*";
- consultazione "Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale - scala 1:10.000;
- consultazione della cartografia relativa al P.I. - "Piano degli interventi" comunale vigente.

2. MODELLO GEOLOGICO.

2.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.

Le unità geologiche affioranti nel territorio preso in esame sono esclusivamente di carattere continentale e costituite da morene (fuori carta), depositi fluvioglaciali e alluvionali di età comprese tra il Pleistocene e l'Olocene. I depositi olocenici sono peraltro limitati alle alluvioni recenti degli alvei principali dei corsi d'acqua naturali.

L'edificazione dell'imponente apparato morenico è legata alla storia evolutiva del sistema glaciale atesino. Essa si è articolata in quattro fasi glaciali pluristadiali, corrispondenti ad altrettante espansioni della fronte glaciale (denominate dalla più antica alla più recente GÜNZ – MINDEL – RISS – WÜRM), intervallate da tre periodi interglaciali durante i quali si verificarono situazioni di progressivo ritiro della stessa.

L'evoluzione morfogenetica che ha condizionato l'assetto strutturale ed i caratteri litostratigrafici del sottosuolo dell'alta pianura, risale alla fase fluvioglaciale rissiana: fu in quest'epoca, infatti, che imponenti scaricatori, aprendosi varchi nell'apparato morenico benacense, trasportarono verso sud, a più riprese, ingenti volumi di materiali solidi, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, provenienti dalla parziale demolizione delle cerchie moreniche rissiane, sovrapponendosi totalmente o in parte alle più antiche cerchie mindeliane.

Gli scaricatori principali (Chiese, Mincio, Tione e Adige) depositarono i materiali trasportati al di là dell'arco esterno dell'apparato morenico, dando luogo alla costruzione di vasti terrazzi, articolati in più ordini e degradanti gradualmente verso la pianura.

Nella fase würmiana l'attività glaciale edificò le cerchie moreniche più interne, mentre i principali scaricatori fluvioglaciali originarono i bassi terrazzi ghiaioso-sabbiosi incassati e/o sospesi nei meandri fluviali dell'alta pianura. Solo più a valle riuscirono a dilagare, espandendosi a formare la media pianura, costituendo terreni bruni e spesso argille nere palustri.

Venne a formarsi così un complesso sistema, litologicamente e strutturalmente eterogeneo, costituito da depositi caratterizzati da accentuati aspetti di discontinuità dovuti alle specifiche modalità di apporto e di deposizione dei materiali.

Sulla base di quanto sopra esposto si può delineare un quadro sufficientemente preciso della situazione geologico-strutturale del territorio preso in considerazione, situazione che può essere così schematizzata:

1. presenza di una **prima fascia** comprendente le cerchie moreniche più esterne, costituita in prevalenza da depositi ghiaiosi grossolani, a geometria irregolare e spessori variabili, strettamente legati alle modalità di costruzione dell'anfiteatro morenico frontale del lago di Garda;
2. presenza di una **seconda fascia** posta a sud e sud-est della precedente, costituita da depositi fluvioglaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi. In questi depositi si intercalano, a varie profondità, orizzonti argillosi e sabbioso-argillosi planimetricamente discontinui e di spessore variabile. L'assetto stratigrafico di questa fascia deriva dalle modalità deposizionali dei principali scaricatori fluvioglaciali del sistema morenico gardesano;
3. presenza di una **terza fascia**, che caratterizza il settore meridionale dell'alta pianura mantovana, nella quale i depositi ghiaioso-sabbiosi subiscono una drastica diminuzione e fanno passaggio a sabbie medie e fini in banchi di spessore crescente entro i quali si rinvencono livelli argillosi e argilloso-sabbiosi di grande estensione e spessore.

2.1.1 AREA DI INDAGINE.

L'area di progetto si colloca in corrispondenza della seconda fascia costituita da depositi fluvioglaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi (cfr. allegato n.2 "*Carta geologica dell'area - scala 1:5.000*").

L'analisi di indagini sismiche in sito effettuate in precedenza, confrontate con i dati bibliografici e cartografici della zona (esame di alcune stratigrafie di pozzi), consentono di affermare che nel territorio esaminato il sottosuolo è costituito da ghiaie medie e grossolane e da ghiaie sabbiose con ciottoli. All'interno si intercalano livelli di sabbie da medie a grossolane ed esigui livelli limoso-argillosi arealmente discontinui. Seguono livelli conglomeratici e successivamente ritorna la presenza di ghiaie sabbiose. Superficialmente, fino alla profondità di circa 2.00m, è presente uno strato di suolo

vegetale e paleosuolo caratterizzato da depositi sabbiosi limosi (cfr. allegato n.9 "Stratigrafie ricavate dall'indagini sismiche").

Per i terreni individuati nell'area è stimato un valore del coefficiente di permeabilità K pari a 1.0×10^{-3} , che corrisponde ad un classe di **permeabilità buona**, come si può dedurre dalla tabella riportata di seguito.

K (cm/s)	$10^2 \quad 10 \quad 1 \quad 10^{-1} \quad 10^{-2} \quad 10^{-3} \quad 10^{-4} \quad 10^{-5} \quad 10^{-6} \quad 10^{-7} \quad 10^{-8} \quad 10^{-9}$											
K (m/s)	$1 \quad 10^{-1} \quad 10^{-2} \quad 10^{-3} \quad 10^{-4} \quad 10^{-5} \quad 10^{-6} \quad 10^{-7} \quad 10^{-8} \quad 10^{-9} \quad 10^{-10} \quad 10^{-11}$											
Classi di permeabilità	E E	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile					
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limiti argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte		

2.2 IDROGRAFIA ED IDROLOGIA.

L'unità idrogeologica dell'alta pianura veronese costituisce una delle più cospicue riserve idriche sotterranee del Veneto. La sua importanza però, non deriva soltanto dall'elevata capacità di produzione di acqua ma anche da altre numerose caratteristiche che ne rendono peculiare lo scenario geologico ed idrogeologico.

Lungo la fascia occidentale, in corrispondenza delle grandi conoidi alluvionali indifferenziate, il sottosuolo contiene un'unica grande falda a carattere freatico.

Verso oriente, le intercalazioni limoso-argillose impermeabili scompongono questa struttura unitaria in un sistema a falde sovrapposte idraulicamente regolate dalla stessa superficie piezometrica.

Quindi, scendendo verso la bassa pianura, la rastremazione progressiva e rapida delle singole conoidi ghiaiose entro materiali fini provoca una brusca evoluzione dall'unica grande falda esistente a monte ad un modesto sistema multifalde in pressione e determina l'emergenza pressoché completa della prima falda attraverso i fontanili. Dal fitto sistema di risorgive hanno inizio numerosi e tipici corsi d'acqua come il Mulinello, il Tione, il Tartaro e il Menago che caratterizzano l'idrologia di questa zona.

La profondità della superficie freatica assume i valori maggiori al limite settentrionale della pianura, dove la falda si trova 50-70 m sotto il piano campagna (Bussolengo). Verso valle le profondità diminuiscono progressivamente (30-40 m a Lugagnano; 10-15 m a Villafranca e Dossobuono; 4-5 m a Castel D'Azzano, Cà Di David, S. Giovanni Lupatoto), fino all'affioramento della falda lungo la fascia delle risorgive.

La ricarica delle ricche falde sotterranee dell'alta pianura è assicurata da vari fattori: il fiume Adige, gli afflussi meteorici diretti, gli apporti sotterranei delle aree montuose e collinari circostanti, l'infiltrazione delle acque irrigue. Di questi fattori alimentanti, quello che determina l'effetto maggiore è il deflusso sotterraneo proveniente dalla valle montana dell'Adige, la cui portata è stata stimata mediamente in una decina di m³/s. Esso alimenta gli acquiferi riversando entro il materasso alluvionale della pianura la potente falda di subalveo contenuta nei depositi ghiaiosi di fondo della vallata montana.

La stretta dipendenza degli acquiferi di pianura dalla falda di subalveo del fiume è accertata: dalla direzione del flusso sotterraneo che si sviluppa complessivamente da NNW verso SSE; dalla stretta analogia di regime; dalle oscillazioni freatiche, maggiori nella parte settentrionale della pianura dove agisce la ricarica dal subalveo dell'Adige. Le oscillazioni freatiche annuali variano da 7,00 – 8,00 m (confine settentrionale della pianura) a valori dell'ordine del metro (fascia delle risorgive).

2.2.1 AREA DI INDAGINE.

La **circolazione idrica superficiale** dell'area d'indagine è caratterizzata dalla presenza di forme idrografiche minori come fossi o canalette, utilizzati per l'irrigazione a scorrimento. A circa 50.0m ad ovest del settore investigato, è presente un elemento idrografico artificiale, costituito da un canale consortile di irrigazione.

Dal punto di vista idrogeologico l'area in oggetto, come precedentemente illustrato, è localizzata nell'alta pianura veronese caratterizzata da un materasso alluvionale ghiaioso-sabbioso di origine fluvio-glaciale che costituisce un orizzonte ad elevata permeabilità: esso ospita un'estesa falda freatica da sempre sfruttata per il prelievo di rilevanti portate d'acqua ad uso potabile, irriguo ed industriale.

L'area di indagine, nello specifico, risulta localizzata in corrispondenza dell'isofratica **n.52.0** (m s.l.m.) (vedi allegato n.3 "*Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige – scala 1:30.000 Dal Prà, De Rossi – Rilevamenti freatimetrici dal 26 Agosto al 2 Settembre 1986*").

Essendo la quota altimetrica dell'area di indagine pari a circa 78.0m/79.0 s.l.m., ne consegue che il livello di falda dovrebbe essere rinvenibile ad una profondità tra i 26.00m ed i 27.00m dall'attuale piano campagna.

Per le risorse idropotabili, si applicano le norme di tutela e salvaguardia previste dall'art. 94 del D. Lg.vo 152/2006, dal Piano Regionale di Tutela delle Acque e dagli atti di indirizzo regionali di applicazione del Piano.

A sud est è individuabile un punto di captazione per Risorsa idropotabile, con fascia di rispetto di 200.00m.

L'area oggetto della presente Relazione ricade all'esterno della suddetta fascia di rispetto (cfr. allegato n.5 "*Estratto Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale – scala 1:5.000*").

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN SITO.

La caratterizzazione litologica e geotecnica dei terreni di fondazione è stata ottenuta attraverso:

- rilievo geologico-geomorfologico dell'area;
- raccolta e consultazione di dati bibliografici e cartografici;
- **stima degli effetti di sito e della vulnerabilità sismica con tromografo digitale** l'analisi di **n.2** misure realizzate all'interno dell'area di indagine per una precedente relazione (cfr allegato n.5 "*Planimetria dell'area di intervento con ubicazione delle indagini - scala 1:500*").

3.1 STIMA DEGLI EFFETTI DI SITO E DELLA VULNERABILITÀ SISMICA CON VELOCIMETRO TRIASSIALE.

3.1.1 TECNICA DI MISURAZIONE E STRUMENTAZIONE.

La tecnica HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc.. Si è riconosciuto, a



partire dagli anni settanta, che i microtremori tendono a eccitare le frequenze naturali di oscillazione dei terreni, permettendone l'individuazione. In pratica ciò che viene misurato sono, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V).

I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui.

La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un velocimetro triassiale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti).

Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

- valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e suscettibilità alla liquefazione del terreno);
- ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro V_{s30} ;
- analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

3.1.2 EFFETTI DI SITO.

RISPOSTA SISMICA LOCALE.

Le onde di taglio (S) sono le principali responsabili delle lesioni che subiscono gli edifici durante un evento sismico. Infatti, mentre le onde di compressione (P) agiscono sulle sovrastrutture in direzione prevalentemente verticale (moto sussultorio), le onde S sollecitano le stesse con forze di taglio lungo il piano orizzontale (moto ondulatorio), dove gli elementi strutturali sono più vulnerabili.

Nelle analisi di pericolosità sismica è quindi fondamentale esaminare in dettaglio in che modo le onde S si propagano. E' infatti ampiamente dimostrato che questo tipo di oscillazione durante il percorso verso la superficie può subire un'azione di filtraggio che tende a ridistribuire l'energia associata al treno d'onda, concentrandola in determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali di vibrazione dei terreni attraversati. L'effetto finale è quello di amplificare le onde S che andranno a sollecitare l'opera. Questo fenomeno può essere dovuto sia a particolarità topografiche del sito (amplificazione topografica), come valli sepolte o zone di cresta o di versante in pendii naturali o artificiali, sia a variazioni brusche nelle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati lungo la verticale (amplificazione stratigrafica).

Lermo e Chavez-Garcia (1993), basandosi sul lavoro di Nakamura (1989), suggeriscono che lo spettro H/V possa essere visto, a tutti gli effetti, come rappresentativo della funzione di trasferimento del moto sismico dal bedrock alla superficie. Secondo questi Autori quindi le ampiezze dei picchi stratigrafici nello spettro H/V possono essere interpretate direttamente come fattori di amplificazione del moto sismico, almeno per quanto riguarda la componente stratigrafica.

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI.

Per liquefazione di un terreno s'intende il totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

con:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza τ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) $c = 0$;

b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione $c=0$ non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$).

In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Nakamura (1996) propone di utilizzare il parametro K_g , ricavato con la tecnica HVSR, per quantificare la vulnerabilità sismica del sito, in riferimento soprattutto al fenomeno della liquefazione. K_g , detto indice di vulnerabilità del sito, si ottiene con la seguente relazione:

$$K_g = \frac{A_g^2}{F_g}$$

dove A_g è l'ampiezza del picco più importante dello spettro H/V e F_g la corrispondente frequenza.

I siti con valore di $K_g > 10$ sono da considerarsi a elevata vulnerabilità e quindi a rischio liquefazione, naturalmente partendo dal presupposto che ci siano le condizioni geologiche perché il fenomeno possa avvenire.

PROFILO VELOCITÀ DELLE ONDE S E CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO SECONDO IL D.M. 14.01.2008.

Il D.M. 14.01.2008 propone come riferimento di calcolo dell'amplificazione sismica locale, in particolare della componente stratigrafica, il metodo di Borchardt (1994) basato sulla stima del parametro V_{s30} . Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Sulla base del valore calcolato di V_{s30} vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico.

Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO					
Categoria sottosuolo	Descrizione	Spessore (m)	Vs (m/s)	Nspt	Cu (kPa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.	Qualsiasi	≥ 800		
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	≥ 360 ≤ 800	> 50	> 250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	≥ 180 ≤ 360	> 15 < 50	> 50 < 250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	< 180	< 15	> 70
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ($V_{s30} > 800$ m/s).	Fino a 20 m	$\approx C$ e D	$\approx C$ e D	$\approx C$ e D
CATEGORIE AGGIUNTIVE DI SOTTOSUOLO					
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.				
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.				

Una valutazione del parametro V_{s30} può essere condotta attraverso l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavata con il velocimetro triassiale. In pratica viene utilizzata la relazione che lega la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S nel terreno stesso (V_s):

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4h}$$

dove h è la profondità della base dello strato. Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, solitamente il primo, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata. Normalmente i picchi alle alte frequenze (>10 Hz) segnalano la presenza di passaggi stratigrafici molto superficiali, quelli alle basse frequenze (<1 Hz) variazioni stratigrafiche profonde. Poiché le inversioni di velocità, cioè il passaggio andando in profondità da livelli veloci a livelli meno veloci, non da origine a picchi nello spettro H/V, queste non possono essere rilevate direttamente. Un indizio della presenza di inversioni di velocità può essere fornito però, indirettamente, dall'andamento dello spettro H/V: ampi intervalli di frequenza in cui costantemente il rapporto H/V si mantiene minore di uno sono spesso associabili a variazioni negative delle velocità con la profondità.

Si tenga presente infine che in realtà i microtremori sono costituiti in parte da onde di superficie e non solo quindi da onde di taglio, ma poiché le velocità dei due tipi di oscillazione sono confrontabili la procedura descritta può essere impiegata senza introdurre errori significativi.

3.1.3 VULNERABILITÀ SISMICA DELL'OPERA.

Per vulnerabilità sismica s'intende la suscettibilità di un'opera a subire lesioni in seguito alle sollecitazioni indotte dal sisma. E' stato dimostrato che la vulnerabilità agli eventi sismici di un edificio di edificazione relativamente recente è solo marginalmente collegabile alle modalità costruttive dello stesso. Molto più gravoso è l'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende ad aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sulla struttura. In particolare se la frequenza di risonanza dell'edificio è confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il

fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sull'opera.

Nel caso di edifici in fase di progettazione o di realizzazione la frequenza di risonanza fondamentale dell'opera può essere valutata con formule semplificate, quale quella indicata nel D.M. 14.01.2008:

$$f_s = \frac{1}{C_1 Z^{\frac{3}{4}}}$$

in cui C_1 è un fattore che dipende dalla tipologia costruttiva.

TIPOLOGIA	C_1
Costruzioni con struttura a telaio in acciaio	0,085
Costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato	0,075
Costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura	0,050

La relazione è valida per edifici con Z non superiore ai 40 metri e massa distribuita, approssimativamente, in maniera uniforme lungo l'altezza.

Negli edifici esistenti il valore della frequenza fondamentale di risonanza può essere invece misurato direttamente con il velocimetro triassiale. In questo caso è necessario misurare il rapporto H_i/H_0 , dove H_0 è lo spettro della componente orizzontale, lungo X o Y, riferita al piano terra e H_i la stessa componente misurata al piano i-esimo. Nella pratica spesso si eseguono solo due misure, ubicate lungo la stessa verticale, una al piano terra e una all'ultimo piano dell'edificio. Il picco positivo massimo dello spettro H_i/H_0 indica direttamente la frequenza di risonanza fondamentale della struttura.

3.2 RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA IN SITO.

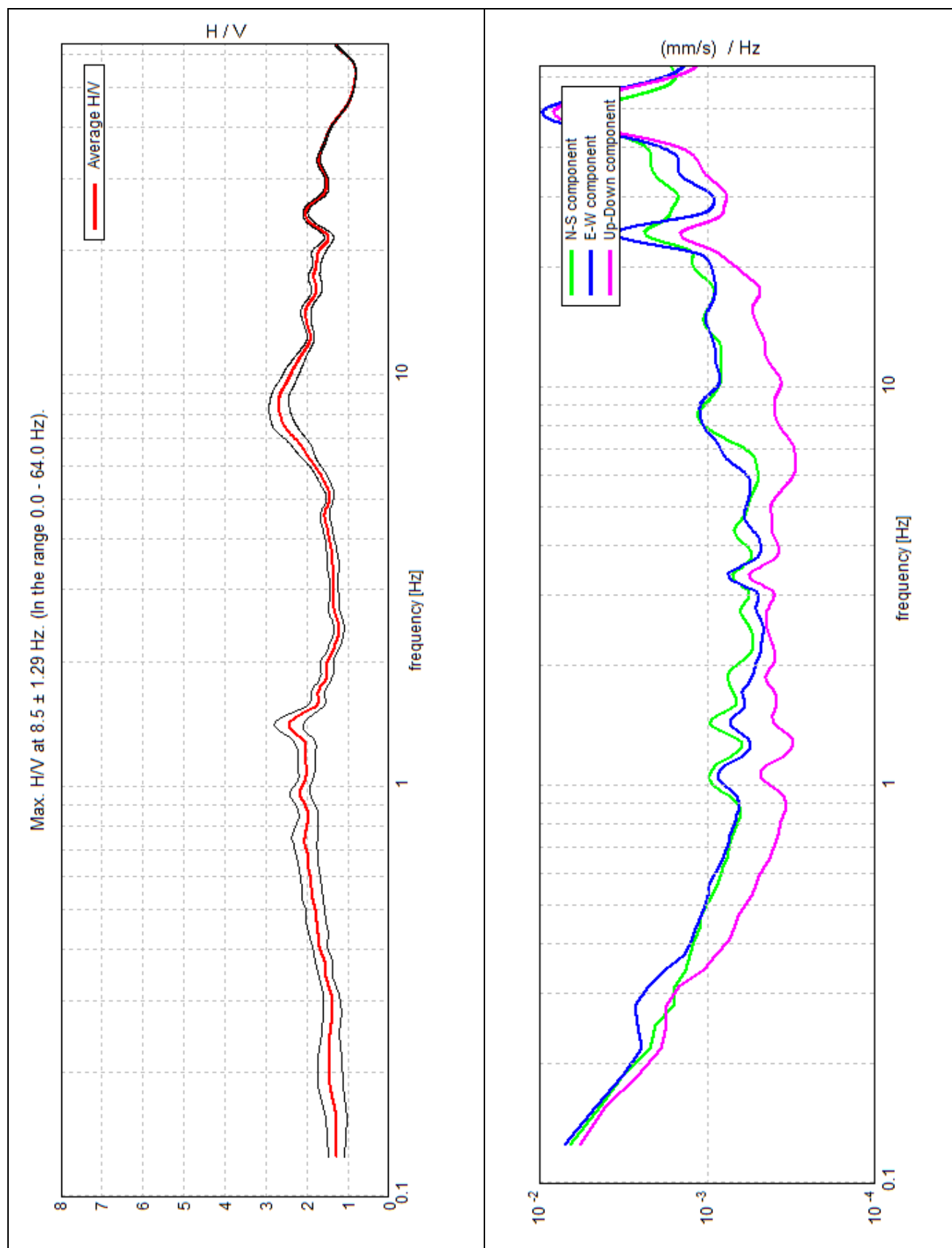
Riferimenti:

Incarico:	Studio Munari Geologia & Ambiente
Denominazione:	Tr1
Località:	Verona (VR)
Coordinate geografiche:	
Data:	Maggio 2011



Microtremori lungo le componenti Nord-Sud, Est-Ovest, Alto-Basso. Durata della registrazione: 14minuti

Si riportano di seguito gli spettri H/V e V registrati nel sito di misura.



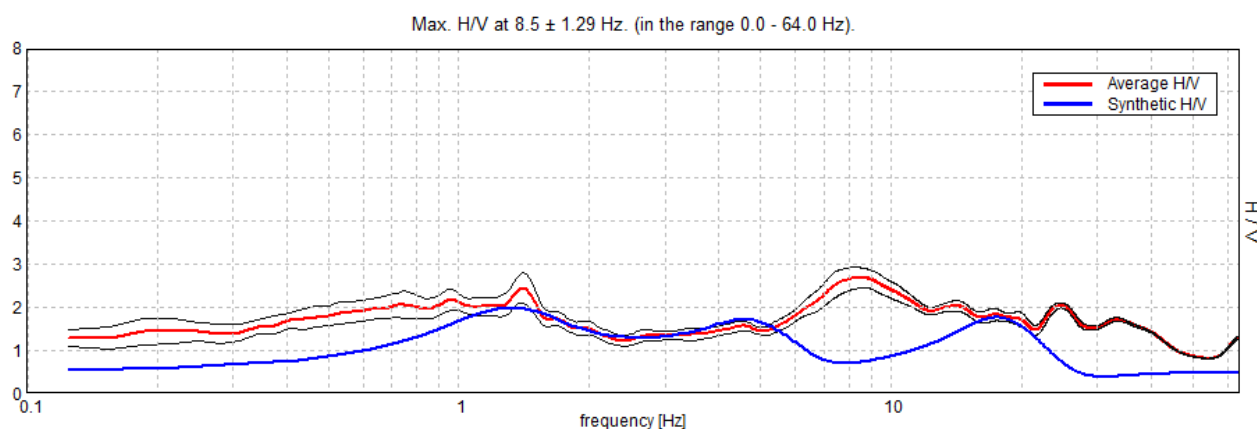
Nello spettro H/V sono stati individuati i picchi positivi che corrispondono ad altrettanti minimi locali nello spettro V (Up-Down component in legenda), fatto questo che consente di riconoscere le frequenze associate ai picchi H/V come frequenze di risonanza del terreno.

L'indice di vulnerabilità del sito (K_g) viene calcolato facendo riferimento ai soli picchi stratigrafici dello spettro H/V posti a frequenze inferiori o prossime a 10 Hz, in quanto quelli presenti a frequenze superiori non sono significativi dal punto di vista della vulnerabilità sismica.

Nel caso in esame i massimi H/V stratigrafici significativi individuati hanno fornito valori di K_g inferiori a 3,5. Il sito può essere perciò classificato come a bassa vulnerabilità sismica.

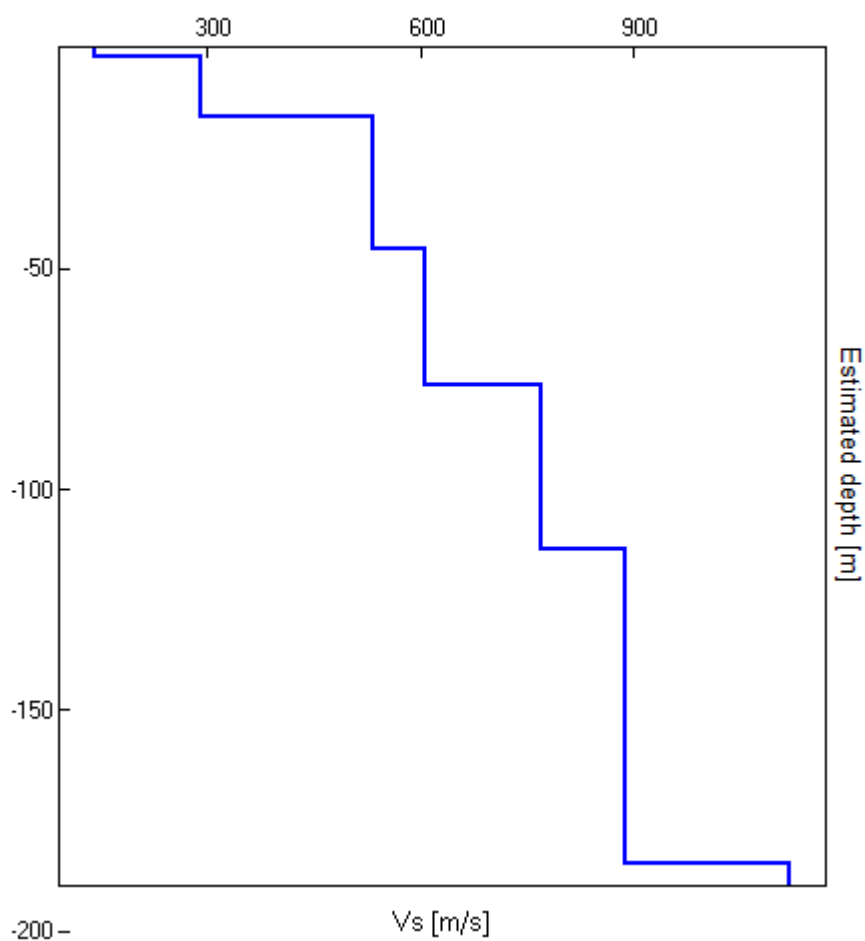
FREQUENZA (HZ)	AMPIEZZA	K_g
4.53	1.56	0.54
1.97	1.51	1.16
1.69	1.73	1.78
1.19	2.01	3.42

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati.



L'inversione ha consentito di ricavare il profilo delle velocità delle onde S in funzione della profondità. Si è ricavato il seguente profilo di velocità:

PROFONDITÀ		ΔZ (M)	VS (M/S)	INVERSIONI DI VELOCITÀ
DA (m)	A (m)			
0.00	1.97	1.97	142	-
1.97	15.60	13.63	290	-
15.60	45.50	29.90	532	-
45.50	77.00	31.50	607	-
77.00	113.00	36.00	771	-
113.00	184.00	71.00	887	-
Oltre 184.00			1119	-



Il valore di V_{s30} , riferito al p.i., è risultato uguale a **341 m/s**, valore che pone il sito nella categoria di **sottosuolo C** secondo il D.M. 14.01.2008.

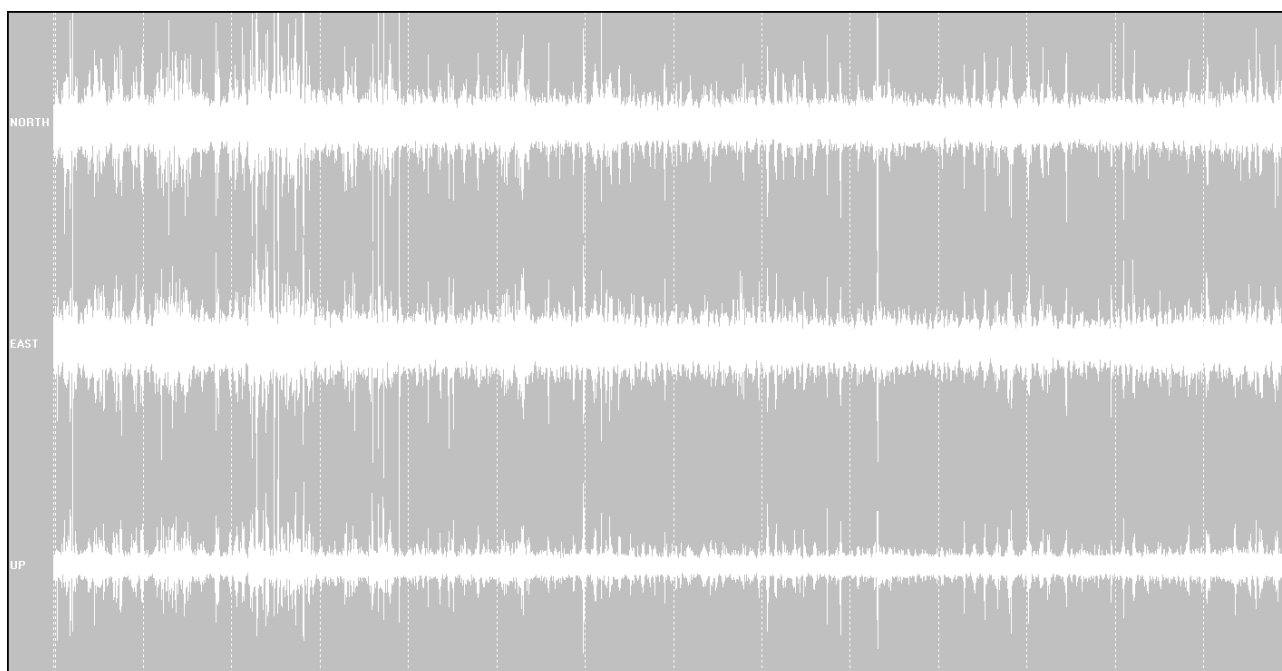
Per quanto riguarda la vulnerabilità sismica dell'opera in progetto, la frequenza di risonanza fondamentale è stata stimata con la relazione del D.M. 14.01.2008 in funzione dell'altezza complessiva dell'edificio rispetto al piano di posa delle fondazioni (Z).

Sulla base delle frequenze dei picchi stratigrafici H/V individuati si è stimata l'altezza dell'opera rispetto alla quale si può verificare il rischio della doppia risonanza terreno-edificio. Sono stati esclusi dal calcolo i picchi H/V posti a frequenze superiori ai 10 Hz che corrispondono a edifici di altezza minore di 2,5-3,0 metri.

Frequenza picchi H/V(Hz)	Z (m) con $C_1=0,050$	Z (m) con $C_1=0,075$	Z (m) con $C_1=0,085$
4.53	7.24	4.22	3.57
1.97	21.98	12.81	10.84
1.69	27.0	15.73	13.31
1.19	43.13	25.12	21.26

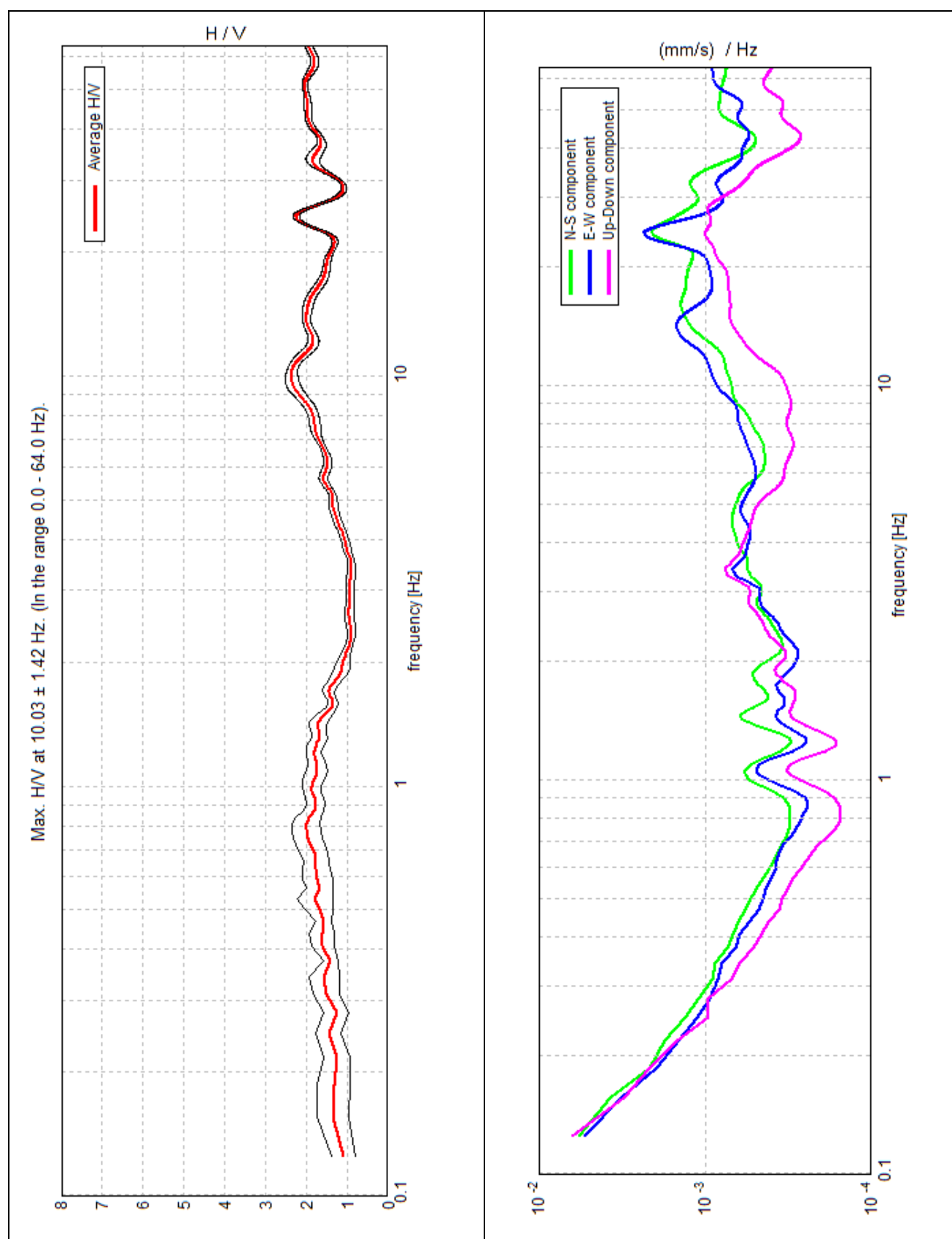
Riferimenti:

Incarico:	Studio Munari Geologia & Ambiente
Denominazione:	Tr2
Località:	Verona (VR)
Coordinate geografiche:	
Data:	Maggio 2011



Microtremori lungo le componenti Nord-Sud, Est-Ovest, Alto-Basso. Durata della registrazione: 14minuti

Si riportano di seguito gli spettri H/V e V registrati nel sito di misura.



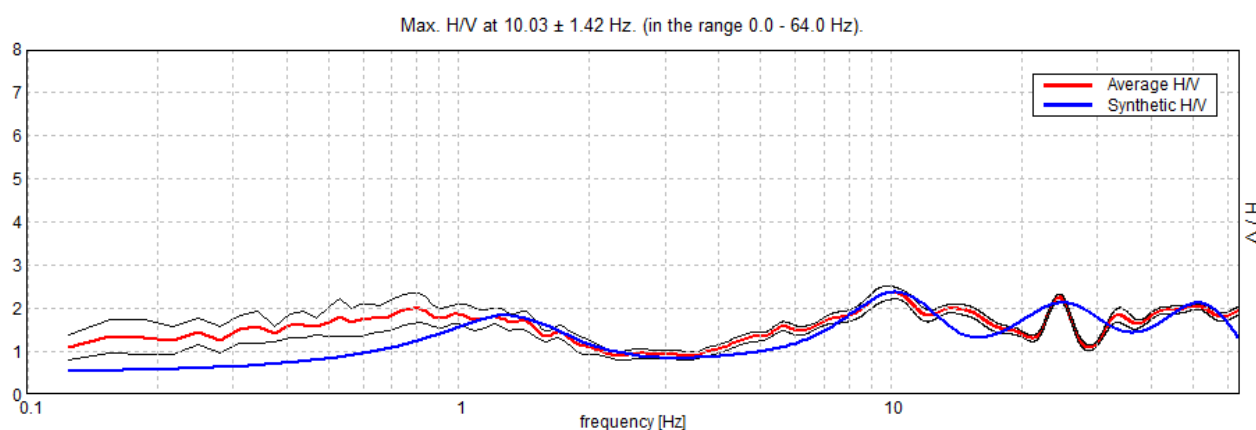
Nello spettro H/V sono stati individuati i picchi positivi che corrispondono ad altrettanti minimi locali nello spettro V (Up-Down component in legenda), fatto questo che consente di riconoscere le frequenze associate ai picchi H/V come frequenze di risonanza del terreno.

L'indice di vulnerabilità del sito (K_g) viene calcolato facendo riferimento ai soli picchi stratigrafici dello spettro H/V posti a frequenze inferiori o prossime a 10 Hz, in quanto quelli presenti a frequenze superiori non sono significativi dal punto di vista della vulnerabilità sismica.

Nel caso in esame i massimi H/V stratigrafici significativi individuati hanno fornito valori di K_g inferiori a 3. Il sito può essere perciò classificato come a bassa vulnerabilità sismica.

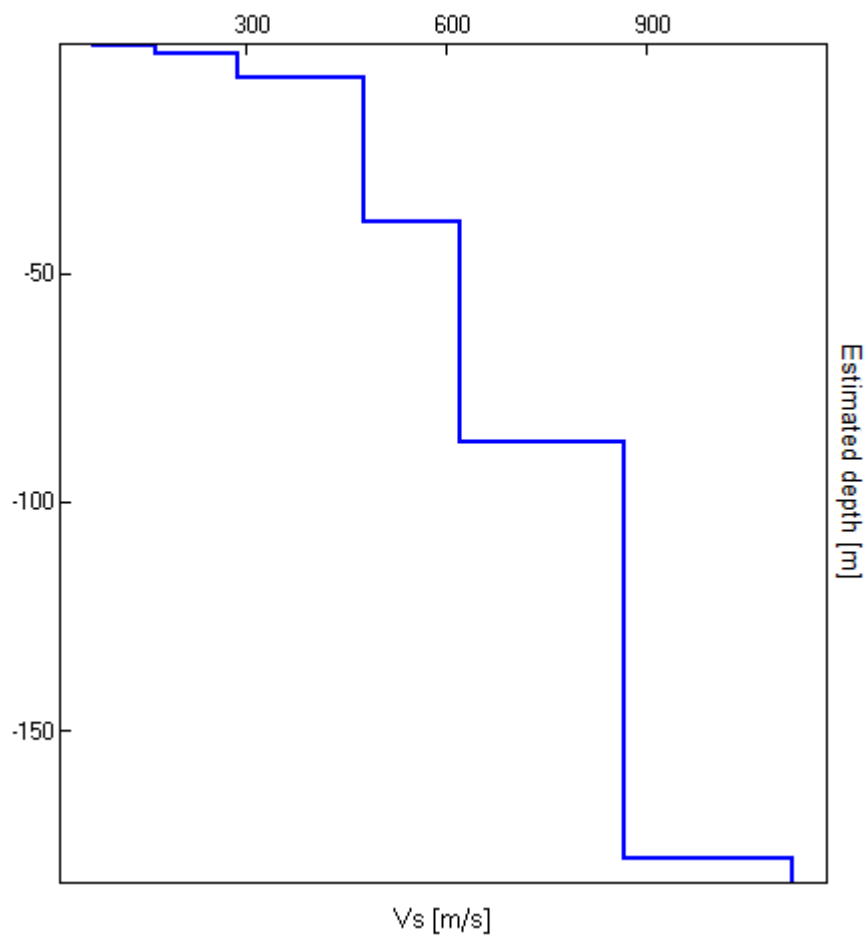
FREQUENZA (HZ)	AMPIEZZA	K_g
1.72	1.45	1.22
1.22	1.8	2.66

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati.



L'inversione ha consentito di ricavare il profilo delle velocità delle onde S in funzione della profondità. Si è ricavato il seguente profilo di velocità:

PROFONDITÀ		ΔZ (M)	VS (M/S)	INVERSIONI DI VELOCITÀ
DA (m)	A (m)			
0.00	0.37	0.37	72	-
0.37	1.85	1.48	166	-
1.85	7.50	5.65	287	-
7.50	39.00	31.50	478	-
39.00	87.00	48.00	621	-
87.00	178.00	91.00	867	-
Oltre 178.00			1119	-



Il valore di V_{s30} , riferito al p.i., è risultato uguale a **372 m/s**, valore che pone il sito nella categoria di **sottosuolo B** secondo il D.M. 14.01.2008.

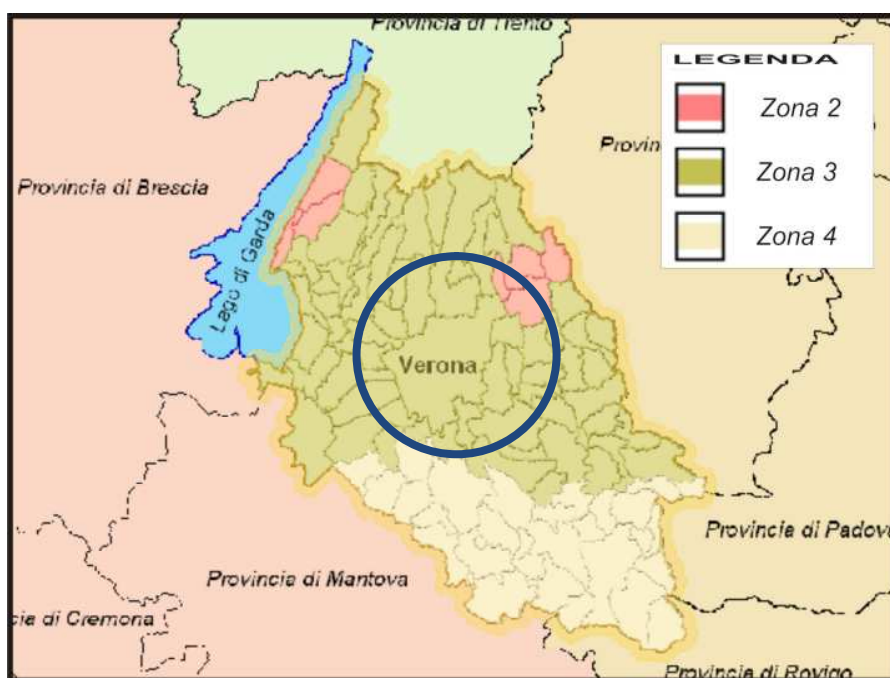
Per quanto riguarda la vulnerabilità sismica dell'opera in progetto, la frequenza di risonanza fondamentale è stata stimata con la relazione del D.M. 14.01.2008 in funzione dell'altezza complessiva dell'edificio rispetto al piano di posa delle fondazioni (Z).

Sulla base delle frequenze dei picchi stratigrafici H/V individuati si è stimata l'altezza dell'opera rispetto alla quale si può verificare il rischio della doppia risonanza terreno-edificio. Sono stati esclusi dal calcolo i picchi H/V posti a frequenze superiori ai 10 Hz che corrispondono a edifici di altezza minore di 2,5-3,0 metri.

Frequenza picchi H/V(Hz)	Z (m) con $C_1=0,050$	Z (m) con $C_1=0,075$	Z (m) con $C_1=0,085$
1.72	26.35	15.35	12.99
1.22	41.66	24.27	20.54

4. MODELLO SISMICO.

4.1 MODELLIZZAZIONE SISMICA DEL SITO DI PROGETTO.



Poiché il Comune di **Verona**, è stato inserito in zona sismica classificata "**zona 3**", secondo quanto previsto dall'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e successiva O.P.C.M. n.3519 del 28 aprile 2006, nel calcolo della capacità portante si dovrà tener conto di tale penalizzazione, considerando il metodo

dello **Stato Limite Ultimo (SLU)** per il quale, secondo quanto riportato dal (D.M. - Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008) per la zona in esame, corrisponde un valore dell'accelerazione orizzontale massima convenzionale (a_g) su suolo di tipo A pari a **0.15g**, amplificato in relazione alla categoria di suolo di fondazione riferita al sito in oggetto. Sarà applicato al calcolo delle fondazioni considerando l'angolo di attrito reale diminuito in funzione dell'evento sismico amplificato, che introdotto nel calcolo, tiene conto della possibilità di deformazione dei terreni di fondazione in seguito a sollecitazione sismica.

4.2 CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, secondo quanto riportato nel D.M. 14 01 2008, si definiscono le **categorie di profilo stratigrafico del suolo** di fondazione e le **categorie topografiche** in relazione alla superficie topografica per il sito sul quale ricade il progetto.

<u>CATEGORIA DI</u> <u>SUOLO</u>	<u>DESCRIZIONE</u>
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{S30} compresi superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{S30} > 800$ m/s).

In aggiunta a queste categorie, per le quali vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- S1**-Depositi costituiti da valori di V_{S30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche;
- S2**-Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nella classificazione sopra riportata, il valore V_{S30} rappresenta la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30.00m di profondità dal piano di posa delle fondazioni e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Dove si ha:

- $h_i \rightarrow$ spessore in metri dello i -esimo strato compreso nei primi 30.0m di profondità
- $V_{si} \rightarrow$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato
- $N \rightarrow$ numero di strati compresi nei primi 30.0m di profondità

La categoria di suolo di fondazione a cui appartiene il sito interessato dal progetto, viene classificato sul valore di V_{s30} (formula di cui sopra), oppure se tale valore non risulta disponibile, con le seguenti formule:

NEL CASO DI TERRENI PREVALENTEMENTE GRANULARI

$$N_{SCPT30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{N_{SCPTi}}}$$

Dove si ha:

- $h_i \rightarrow$ spessore in metri dello i -esimo strato compreso nei primi 30.0m di profondità
- $N_{SCPTi} \rightarrow$ numero di colpi N_{SCPT} nell' i -esimo strato
- $N \rightarrow$ numero di strati compresi nei primi 30.0m di profondità

NEL CASO DI TERRENI PREVALENTEMENTE COESIVI

$$C_{u30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{C_{ui}}}$$

Dove si ha:

- $h_i \rightarrow$ spessore in metri dello i -esimo strato compreso nei primi 30.0m di profondità
- $C_{ui} \rightarrow$ resistenza non drenata nell' i -esimo strato
- $N \rightarrow$ numero di strati compresi nei primi 30.0m di profondità

CATEGORIA TOPOGRAFICA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

In riferimento alla normativa sismica di cui sopra (D.M. 14 01 2008) la **categoria di suolo di fondazione** è stata calcolata sulla base dei valori derivati dall'esecuzione dell'indagine sismica effettuata in corrispondenza del sito di intervento.

Al piano campagna è stato ricavato un valore delle V_{s30} pari a:

341 m/s, per l'indagine sismica n.1;

372 m/s, per l'indagine sismica n.2;

pertanto si ha una categoria di suolo di tipo:

C – *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".*

B – *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)".*

Per quanto riguarda la **categoria topografica** l'area di indagine ricade nella classe:

T1 – *"Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".*

4.3 SCELTA DEL TERREMOTO DI PROGETTO E STIMA DEGLI EFFETTI DI SITO.

La determinazione del sisma di progetto è stata effettuata sulla base della procedura descritta nel D.M. 14.01.2008. (appendice B). Questi i parametri di calcolo impiegati:

Coordinate geografiche del sito:	10.999° E, 45.444° N
Stato Limite Ultimo scelto:	S.L.V. (probabilità di superamento =10%)
Stato Limite d'Esercizio scelto.	S.L.D. (probabilità di superamento =63%)
Vita nominale dell'opera:	50 anni
Classe d'uso:	Classe II

Seguono i parametri ricavati:

PARAMETRO	S.L.V.	S.L.D.
Accelerazione max al bedrock (g): (componente orizzontale)	0.1606	0.0567
Accelerazione max al bedrock(g): (componente verticale)	0.0803	0.0283
Fattore di amplificazione spettrale max:	2.43	2.52
Periodo inizio tratto velocità costante(s):	0.28	0.24

4.3.1 PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO.

Sulla base dei risultati ottenuti attraverso l'indagine geognostica eseguita e delle indicazioni contenute nel D.M. 14.01.2008, sono stati stimati i parametri sismici da impiegare nelle successive fasi di verifica. Il valore a_g (accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni), è stato ottenuto dalla seguente relazione:

$$a_g = S_s S_t a_{gbedrock}$$

dove $a_{gbedrock}$ è l'accelerazione sismica orizzontale al bedrock, S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica e S_t il fattore di amplificazione topografica.

Il fattore S_s viene stimato in funzione della categoria del sottosuolo secondo lo schema seguente:

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_{gbedrock} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_{gbedrock} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_{gbedrock} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_{gbedrock} \leq 1,60$

Il profilo delle velocità delle onde S è stato ottenuto attraverso l'analisi dell'indagine geofisica con tomografo digitale. I valori di V_{s30} ricavati, pari a **341 m/s** e **372 m/s** dal piano di campagna, identificando il sito in esame nella categoria di sottosuolo variabile tra **C e B**.

La definizione precisa si avrà solo a seguito della conoscenza delle caratteristiche progettuali degli edifici ed in particolare della profondità di posa delle fondazioni, parametro fondamentale per il calcolo delle V_{s30} .

I parametri $a_{bedrock}$ e F_0 per lo S.L.V. sono uguali rispettivamente a **0.1606 g** e **2.43**. Il parametro S_s risulta pertanto variabile da **1,4658** a **1,20**.

Il fattore S_t si ottiene direttamente dalla tabella del D.M. 14.01.2008:

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione opera dell'intervento	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	-	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	sommità del pendio	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	cresta del rilievo	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	cresta del rilievo	1,40

Il sito in esame si trova in un'area sub-pianeggiante, per cui si è posto **$S_t=1.00$** (**classe T1**).

La grandezza a_g varia quindi da:

$$a_g = 1.4658 \times 1.00 \times 0.1606 = \mathbf{0.2354 \text{ g}}$$

$$a_g = 1.20 \times 1.00 \times 0.1606 = \mathbf{0.1927 \text{ g}}$$

Il coefficiente sismico orizzontale, necessario per la valutazione degli effetti cinematici del sisma sul terreno di fondazione, si ottiene infine moltiplicando il valore di a_g per un fattore correttivo β :

$$k_{hk} = \beta a_g$$

Il parametro β , secondo le istruzioni per l'applicazione del D.M.14/01/2008, va ricavato dalla seguente tabella:

	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	
	A	B, C, D, E
	β	β
$0.2 < a_{g\text{bedrock}} \leq 0.4$	0,30	0,28
$0.1 < a_{g\text{bedrock}} \leq 0.2$	0,27	0,24
$a_{g\text{bedrock}} \leq 0.1$	0,20	0,20

Nel sito indagato risulta $\beta=\mathbf{0.24}$, da cui:

$$k_{hk}=0.24 \times 0.2354 = \mathbf{0.0564}$$

$$k_{hk}=0.24 \times 0.1927 = \mathbf{0.0462}$$

5. MODELLO GEOTECNICO.

5.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.

La caratterizzazione litologica e geotecnica dei terreni di fondazione è stata ottenuta mediante:

- un'indagine sismica attraverso **n.2** misure sismiche in sito, effettuate per una precedente indagine, con tromografo digitale, atte a valutare la stima degli effetti di sito e della vulnerabilità sismica;
- il rilievo geologico - geomorfologico dell'area;
- la raccolta di dati bibliografici - cartografici.

I dati di seguito riportati, fanno riferimento a quanto emerso durante dall'esecuzione delle due misure sismiche.

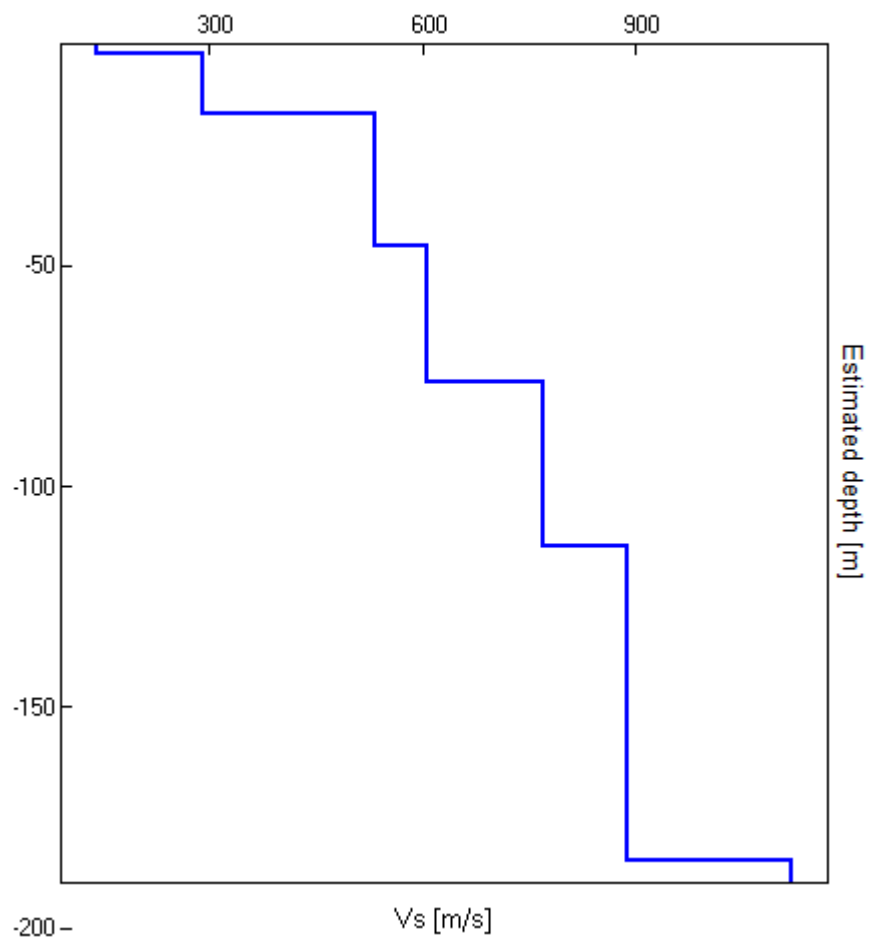
5.2 BREVE DESCRIZIONE DELL'INDAGINE SISMICA EFFETTUATA.

La necessità di acquisire significativi dati stratigrafici e geotecnici inerenti le caratteristiche del volume di sottosuolo ha consigliato l'esecuzione di indagini geofisiche attraverso l'utilizzo di un tromografo digitale.

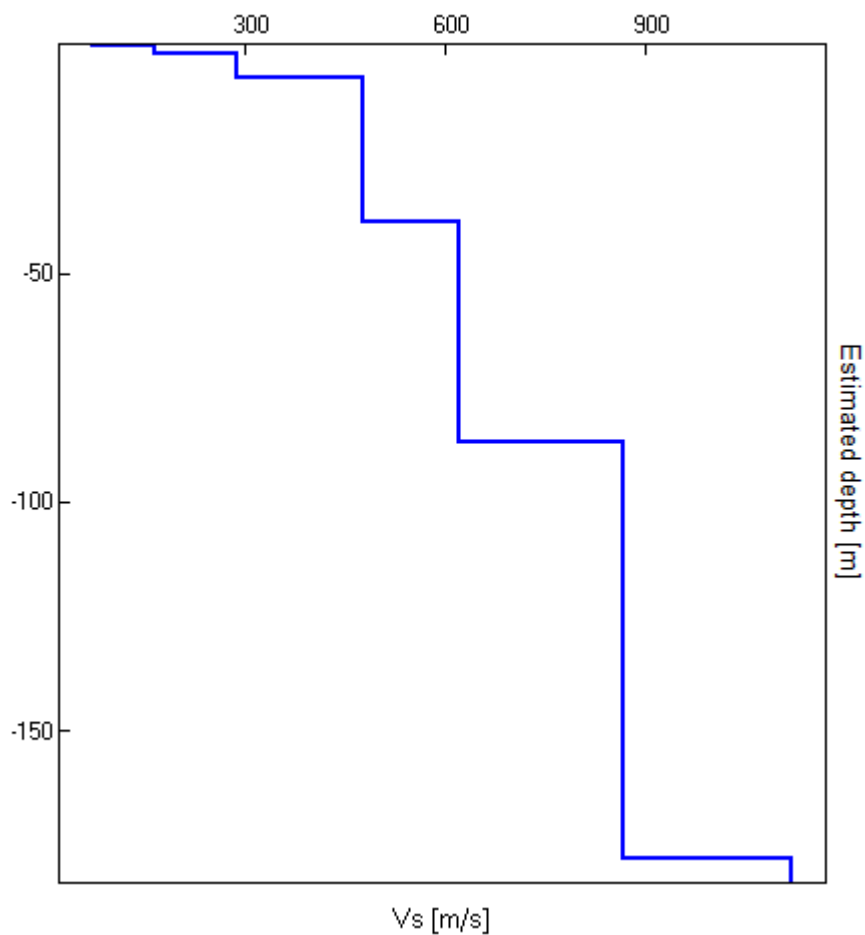
I dati acquisiti hanno consentito di ricostruire profili stratigrafici oltre i **30.00m** dal p.c. (cfr. allegato n.9 "*Sezioni stratigrafiche ricavate dall'indagini sismiche*").

Nelle tabelle che seguono, viene riassunta la stratigrafia ricavata dall'elaborazione delle misure eseguite dall'indagine sismica (cfr allegato n.8 "*Planimetria dell'area d'intervento con ubicazione delle indagini – scala 1:500*").

MISURA CON TROMOGRAFO DIGITALE Tr1				
PROFONDITÀ DA (M)	A (M)	ΔZ (M)	Vs (M/S)	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA
0.00	1.97	1.97	142	Depositi fluvioglaciali sabbiosi limosi compatti
1.97	15.60	13.63	290	Depositi fluvioglaciali ghiaiosi sabbiosi compatti
15.60	45.50	29.90	532	Depositi fluvioglaciali ghiaiosi sabbiosi con ciottoli compatti
45.50	77.00	31.50	607	Depositi fluvioglaciali ghiaiosi sabbiosi con ciottoli densi
77.00	113.00	36.00	771	Depositi fluvioglaciali ghiaiosi sabbiosi con ciottoli cementati
113.00	184.00	71.00	887	
Oltre 184.00			1119	



MISURA CON TROMOGRAFO DIGITALE Tr2				
PROFONDITÀ DA (M) A (M)		Δz (M)	V_s (M/S)	INTERPRETAZIONE LITOLOGICA
0.00	0.37	0.37	72	Suolo vegetale
0.37	1.85	1.48	166	Depositi fluvioglaciali sabbiosi limosi compatti
1.85	7.50	5.65	287	Depositi fluvioglaciali ghiaiosi sabbiosi compatti
7.50	39.00	31.50	478	Depositi fluvioglaciali ghiaiosi sabbiosi con ciottoli compatti
39.00	87.00	48.00	621	Depositi fluvioglaciali ghiaiosi sabbiosi con ciottoli densi
87.00	178.00	91.00	867	Depositi fluvioglaciali ghiaiosi sabbiosi con ciottoli cementati
Oltre 178.00			1119	



5.3 STIMA DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO.

La stima dei valori caratteristici dei principali parametri geotecnici è stata condotta coerentemente con quanto disposto dal D.M. 14 gennaio 2008.

La resistenza al taglio dei depositi, è stata valutata in termini di pressioni efficaci, stimando un angolo di resistenza al taglio maggiore di zero e considerando nulla la coesione intercetta. L'angolo di resistenza al taglio selezionato come caratteristico dello strato portante è quello a volume costante ($\varphi_{C.V.}$), quello cioè che si mobilita in corrispondenza di grandi deformazioni, nella fase di post-picco, quando il terreno si deforma senza variazioni di volume, avendo raggiunto l'indice dei vuoti critico. A differenza dell'angolo di resistenza al taglio di picco, $\varphi_{C.V.}$ non dipende dal grado di addensamento del terreno e dalla pressione di confinamento, variabili da punto a punto, ma è legato esclusivamente alla granulometria e alla composizione mineralogica dei granuli. Quindi all'interno di un livello stratigrafico granulometricamente e mineralogicamente omogeneo l'angolo di resistenza al taglio a volume costante assume un valore unico e rappresenta perciò una caratteristica intrinseca dello strato.

L'angolo di resistenza al taglio a volume costante, in assenza di determinazioni dirette, può essere ricavato da indicazioni bibliografiche in funzione delle classi granulometriche dominanti.

Sulla base dei risultati emersi dall'analisi dell'indagine sismiche in sito, sono stati caratterizzati i valori di $\varphi_{C.V.}$ per i depositi costituenti il sito in esame, riferiti all'indagine **Tr1**, risultata essere la maggiormente penalizzante dal punto di vista geotecnico (cfr allegato n.9 "Sezioni stratigrafiche ricavate dall'indagine sismiche").

Per quanto riguarda i parametri di deformabilità dei depositi, in particolare il modulo di elasticità (E), la stima è stata eseguita attraverso le correlazioni analitiche che legano queste grandezze, in condizioni di basse deformazioni, ai valori della velocità delle onde S misurate con l'indagine geofisica eseguita nel sito.

In particolare il modulo di elasticità è stato calcolato con la seguente formula:

$$E_{\max} (kPa) = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

dove:

- ρ (kNs²/m⁴) = densità del mezzo, data dal rapporto fra il peso di volume del terreno γ (saturato nel caso sia immerso in falda) e l'accelerazione di gravità (9,81 m/s²);
 V_s (m/s) = velocità delle onde S.
 ν = coefficiente di Poisson.

Si è posto:

- $\gamma=17.16$ kN/mc (=1700 kg/mc) e $\nu=0.35$ per i **depositi fluvioglaciali sabbiosi limosi compatti** presenti da 0.00m a 1.97m di profondità;
- $\gamma=18.14$ kN/mc (=1850 kg/mc) e $\nu=0.35$ per i **depositi fluvioglaciali ghiaiosi sabbiosi compatti** presenti da 1.97m a 15.60m di profondità;
- $\gamma=18.63$ kN/mc (=1900 kg/mc) e $\nu=0.35$ per i **depositi fluvioglaciali ghiaiosi sabbiosi con ciottoli compatti** presenti a profondità > di 15.60m.

I valori di V_s da introdurre nella relazione per il calcolo di E_{max} sono stati stimati dall'analisi statistica dei dati misurati all'interno di ogni orizzonte, considerando il 5-percentile della distribuzione del valore medio.

Il parametro modulo elastico per elevate deformazioni (E_{mob}), necessario per la stima dei cedimenti immediati del terreno di fondazione, si può ottenere attraverso la relazione empirica di Fahey e Carter, (1993):

$$E_{mob} \cong 0,1877 E_{max}$$

Nella tabella seguente sono riassunti i parametri caratteristici scelti.

PARAMETRI CARATTERISTICI DEL TERRENO DI FONDAZIONE (DA INDAGINE SISMICA Tr1)					
Profondità media (m)	V_s caratteristico (m/s)	Angolo di resistenza al taglio $\phi_{c.v.}$ (°)	C' (kg/cmq)	Peso di volume γ (kN/mc)	Modulo di Young E (kg/cmq)
0.00-1.97	142	26	0	17.16	182
1.94-15.60	290	32	0	18.14	803
> 15.60	532	35	0	18.63	2776

5.4 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (S.L.U.).

Sono state condotte, facendo riferimento a quanto disposto dal D.M. 14.01.2008, le seguenti verifiche e calcoli agli Stati Limite Ultimi:

- verifica alla liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.

5.4.1 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze esplicate nel D.M. 14.01.2008:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove: $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 1 b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

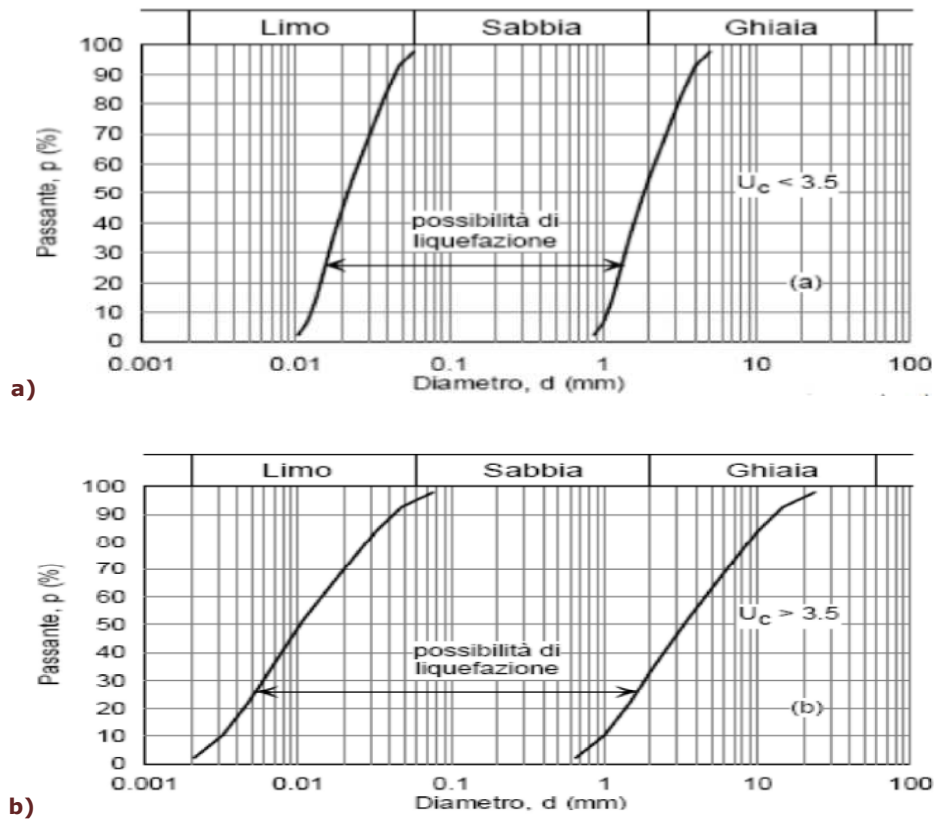


Fig.1-Fusi granulometrici di terreni suscettibili alla liquefazione
 (U_c rapporto D_{60}/D_{10} , dove D_{60} e D_{10} sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa).

La magnitudo del sisma di progetto è stata stimata dall'accelerazione al bedrock nel sito con la relazione consigliata dal G.N.D.T.:

$$M = \frac{\log_{10} a_{gbedrock} + 2,544}{0,363}$$

Ponendo $a_{gbedrock} = 0.1606$ si è ottenuto **$M = 4.82 < 5$** .

Pertanto manifestandosi la condizione di cui al punto **1**, secondo il D.M. 14.01.2008, la verifica a liquefazione **può essere omessa**.

5.5 PIANO INDAGINI.

Una volta note nel dettaglio, le caratteristiche costruttive e dimensionali dell'intervento edilizio in progetto, compresa la profondità di posa delle strutture di fondazione, dovrà essere effettuata una campagna di indagini geognostiche e geofisiche puntuali, come di seguito descritte:

- realizzazione di una campagna di indagini geognostiche indirette. Nello specifico dovranno essere realizzate **prove penetrometriche dinamiche super pesanti - DPSH**, tali da consentire una definizione puntuale dei parametri geotecnici necessari al calcolo della capacità portante (SLU) e cedimenti delle fondazioni (SLE). Tali prove dovranno essere eseguite in corrispondenza di ogni lotto, nei settori sottoposti ad intervento edilizio (fabbricati), in aree libere da strutture ed accessibili mediante l'attrezzatura di indagine.
- realizzazione di una campagna di indagini geofisiche. Nello specifico dovrà essere effettuata una stima degli effetti di sito e della vulnerabilità sismica attraverso **misure con tromografo digitale** in corrispondenza di ogni lotto, nei settori sottoposti ad intervento edilizio (fabbricati). Tali indagini consentono di verificare la stratigrafia attraverso la misura delle velocità delle onde S e determinare la categoria di suolo di fondazione, necessari al calcolo della capacità portante (SLU) e cedimenti delle fondazioni (SLE) in **aree a rischio sismico**.

Tali indagini da realizzarsi necessariamente, saranno utilizzate per:

- la corretta determinazione della categoria di suolo di fondazione;;
- verificare la presenza di livelli di falda superficiale in grado da poter interagire con le opere in progetto;
- indicare precisamente la profondità di posa delle fondazioni;
- il calcolo dei parametri geotecnici relativi ai terreni di fondazione che caratterizzano il settore di intervento;
- le verifiche allo Stato Limite Ultimo e allo Stato Limite d'Esercizio, da effettuarsi secondo le indicazioni contenute nell'Eurocodice 7, nel D.M. 14.01.2008 e nella Circolare 02.02.2009;

- la determinazione delle metodologie maggiormente idonee per l'apertura dei fronti di scavo, relativi alla realizzazione delle opere edilizie in progetto.

6. SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE.

Allo scopo di non alterare lo stato dei luoghi in riferimento al deflusso superficiale delle acque meteoriche, è prevista la realizzazione di un sistema di raccolta e smaltimento delle stesse, secondo la normativa costituita dal Dgr. n.1841 del 19 giugno 2007 e dal Dgr. n.2948 del 06 ottobre 2009, atte ad evitare possibili fenomeni di ruscellamento e/o ristagno idrico soprattutto in caso di eventi particolarmente intensi.

Le tipologie d'intervento, per lo smaltimento delle acque meteoriche maggiormente utilizzate sono:

- vasche di prima pioggia;
- bacini di laminazione impermeabili;
- aree verdi ribassate;
- canalette drenanti;
- pozzi filtranti.

In alcuni casi, in presenza di volumi idrici da smaltire non eccessivi, si può operare in alternativa con un sovradimensionamento della rete fognaria.

Nel caso in esame, si è considerata:

- la morfologia del settore di intervento;
- la distribuzione delle aree trasformate;
- la presenza dal punto di vista litologico di materiale prevalentemente ghiaioso sabbioso a profondità maggiori di circa 2.00m dal p.c.;
- la permeabilità K (coefficiente) di tali depositi pari a **1.0×10^{-3} m/sec** (valore cautelativo per un terreno ghiaioso - sabbioso stimato da dati di letteratura).

Pertanto alla luce di quanto sopra, si ritiene che il sistema di regimazione e di smaltimento delle acque meteoriche maggiormente idoneo, sia da individuare nella realizzazione di un sistema di **pozzi filtranti**.

POZZI FILTRANTI.

I pozzi filtranti sono in genere costituiti da un condotto verticale che penetra sotto la superficie del suolo, anche a profondità elevata, in modo da drenare l'acqua verso gli strati sottostanti del sottosuolo.

In questo caso i pozzi risultano l'accorgimento più idoneo per raggiungere i depositi maggiormente permeabili presenti a profondità maggiori di 2.00m dal p.c..

Si tratta di pozzi di forma cilindrica, realizzati in calcestruzzo e privi di platea. Nella parte inferiore, che attraversa il terreno permeabile vengono praticate delle feritoie o si costruisce la parete in muratura a secco; al fondo, in sostituzione della platea, si pone uno strato di pietrisco e pietrame per uno spessore di almeno mezzo metro.

Uno strato di pietrisco verrà sistemato ad anello esternamente intorno alla parete del pozzo, per uno spessore di circa mezzo metro, con l'accorgimento di utilizzare materiale più grossolano nella parte basale in cui sono presenti le feritoie.

La copertura del pozzo viene effettuata con terreno derivante dallo scavo mentre sulla copertura si applica un pozzetto di accesso con chiusini o una griglia di raccolta delle acque.

Al di sopra della copertura del pozzo e del pietrisco che lo circonda si pone uno strato di terreno ordinario con soprassesto onde evitare avvallamenti e penetrazioni di terreno (prima dell'assestamento) nei vuoti del pietrisco sottostante. Si può prevedere la stesura di uno strato di "tessuto non tessuto" (geotessile) tra il pietrisco e lo strato di suolo di copertura.

Nel caso specifico si ritiene che tale soluzione sia la più atualizzabile sia in funzione dell'aspetto economico, ma soprattutto per garantire, in modo efficiente, la dispersione delle acque da regimare. Si ritiene inoltre che tale intervento sia a **basso impatto ambientale** e compatibile con l'aspetto paesaggistico del luogo.

Il corretto **dimensionamento** del sistema di infiltrazione viene di solito eseguito attraverso la stima del suo volume minimo, tenendo in considerazione, oltre alla portata in entrata, anche quella in uscita per infiltrazione.

Per il dimensionamento di tale opera occorrerà stimare, l'afflusso meteorico riferito all'evento piovoso più penalizzante, l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi all'interno del settore di intervento e la capacità d'infiltrazione del terreno.

Si preveda che, nella regimazione delle acque meteoriche siano rispettate le caratteristiche qualitative delle acque piovane, tali da rimanere inalterate prima di confluire nel sistema di invaso e di smaltimento. A tal scopo si raccomanda che non subiscano alterazioni o contaminazioni ad opera di agenti esterni quali oli, detersivi, idrocarburi, eccetera.

Tali valutazioni dovranno essere necessariamente indicate in apposita Relazione di Valutazione di compatibilità idraulica una volta definite con precisione le destinazioni delle superfici trasformate e le tipologie costruttive (superfici permeabili, semi-permeabili ed impermeabili).

7. ART. 37 DEL P.A.T. E ART. 43 DEL P.I..

Sono state inoltre consultate le Norme tecniche di Attuazione del PAT di Verona, nello specifico **Art. 37**, e Le Norme Tecniche Operative del Piano degli Interventi di Verona, nello specifico **Art. 43**, allo scopo di valutare rispettivamente la **Penalità ai Fini Edificatori** e la **Tutela della vulnerabilità Intrinseca degli Acquiferi**, dell'area oggetto dell'intervento. Da tali norme si è potuto appurare quanto segue (cfr. allegato n.4 "Estratto Tav. 3.3.P Carta delle fragilità P.A.T. - scala 1:5.000").

Per ciò che concerne l'**Art. 37** riferito alla **Penalità ai fini edificatori, aree a bassa trasformabilità geologica** si evidenzia che, l'area ricade in una classe edificatoria costituita da:



TERRENO OTTIMO. *Non c'è alcun limite all'edificabilità.*

Per ciò che concerne l'**Art. 43 del P.I.** riferito alla **Tutela della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi**, in cui la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è riferita alla diversa classificazione delle unità geoambientali si evidenzia che, l'area ricade all'interno della seguente Unità (cfr. allegato n.5 "Estratto Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale - scala 1:5.000"):



UNITÀ A: Vulnerabilità intrinseca alta

- aree caratterizzate dalla presenza di alluvioni fluviali e fluvioglaciali a composizione prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa, ad elevata permeabilità primaria;
- strati di alterazione superficiale di scarsa potenza;
- morfologia pianeggiante, con cigli e scarpate di terrazzi alluvionali, alvei e paleoalvei;
- dinamica geomorfologica prevalente: fluviale e fluvioglaciale;
- presenza di falda libera a profondità maggiore di 10 metri dal piano campagna.

8. VINCOLO IDROGEOLOGICO.

Il Comune di **Verona** è uno dei comuni della Regione Veneto sottoposti a **vincolo idrogeologico**.

Pertanto ai sensi del **Regio decreto-legge 30 dicembre 1923 n. 3267** (G.U. 17 maggio 1924 n.117) "*Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani*" del **Regio Decreto n. 1126 del 16 maggio 1926** che sottopone a "*vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli artt. 7 8 e 9 (articoli che riguardano dissodamenti cambiamenti di coltura ed esercizio del pascolo) possono con danno pubblico subire denudazioni perdere la stabilità o turbare il regime delle acque*" e della **Legge Regionale L. R. n.52 del 13 settembre 1978** (Legge Forestale Regionale in particolare gli artt. 8 9 10 e 19) sono state analizzate in dettaglio le caratteristiche geologiche geomorfologiche idrografiche ed idrogeologiche in rapporto alla tipologia di opera in progetto.

Dall'analisi oggetto dello studio si può affermare che:

- Non vi sono interferenze con corsi d'acqua superficiali.
- Non vi sono modifiche al regime idrico delle acque superficiali.
- Non sono attuate modifiche all'assetto idrogeologico della zona.
- *Non sono attuate modifiche all'assetto geologico e geomorfologico se non per ciò che concerne la realizzazione delle opere in progetto.*

*In relazione a ciò si ritiene che l'intervento non apporti modifiche all'assetto geologico-idrogeologico ed idrografico dell'area in esame ritenendo possibile lo **svincolo idrogeologico dell'area**.*

9. VALUTAZIONI CONCLUSIVE.

Su incarico e per conto dei **Sig.ri Bertaso Luigi, Bertaso Adalgisa, Zanetti Germana e Ferrari Francesco**, è stata redatta, ai sensi del D.M. LL. PP. 11-03-1988 e della nuova normativa antisismica vigente, **Relazione di compatibilità geologica, geomorfologica, ed idrogeologica**, integrata da indagini geofisiche in sito, relativa al **progetto Piano Urbanistico Attuativo per l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO 03 – Verona – Via Gardesane – Scheda Norma 449**.

Lo scopo del presente studio è di dare informazioni sulla natura e sulle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e litologiche dell'area di indagine e, in particolare di fornire dati sulle caratteristiche idrografiche e idrogeologiche della zona interessata da tale studio.

Sulla base di quanto effettuato, dalle analisi dello studio geologico ed in relazione alla tipologia di intervento si può affermare che:

- non sono attuate modifiche all'assetto geologico e geomorfologico se non per lo stretto necessario alla realizzazione delle future opere in progetto;
- non sono attuate modifiche all'assetto idrogeologico della zona, in quanto non vi è presenza di acqua di falda sub-superficiale o mediamente profonda tale da interferire con l'intervento in progetto;
- per l'opera in progetto è prevista la realizzazione di un sistema di raccolta, regimazione e smaltimento delle acque meteoriche, costituito in prima approssimazione da un sistema di pozzi filtranti, il cui dimensionamento verrà indicato in apposita Relazione di Valutazione di compatibilità idraulica.

Alla luce di ciò si dichiara che:

- 1. l'intervento è compatibile sotto il profilo geologico, geomorfologico, idrogeologico, idrografico ed idraulico dell'area.**
- 2. le previsioni di intervento sono coerenti con le condizioni geologiche geomorfologiche, idrogeologiche e litologiche dell'area;**

Per la fase di calcolo delle strutture di fondazione e di conseguenza prima della fase esecutiva, dovrà essere realizzata una campagna di indagini geognostiche e/o geofisiche puntuali, specifiche per la determinazione della categoria di suolo di fondazione del sito di intervento, per parametrizzare correttamente i terreni di fondazione ed applicare la metodologia di calcolo prevista per le aree a rischio sismico, così come indicato nel paragrafo n.5.5 "PIANO INDAGINI".

10. ALLEGATI.

- 1) COROGRAFIA DELL'AREA - SCALA 1:25.000;
- 2) CARTA GEOLOGICA DELL'AREA - SCALA 1:5.000;
- 3) CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA DELL'ADIGE - SCALA 1:30.000
(DAL PRA, DE ROSSI RILEVAMENTI FREATIMETRICI DAL 26 AGOSTO AL 2 SETTEMBRE 1986);
- 4) ESTRATTO TAV. 3.3.P CARTA DELLE FRAGILITÀ P.A.T. - SCALA 1:5.000;
- 5) ESTRATTO CARTA DEI VINCOLI E DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE -
SCALA 1:5.000;
- 6) ESTRATTO P.I. - SCALA 1:5.000;
- 7) ESTRATTO DI MAPPA CATASTALE - SCALA 1:1.000;
- 8) PLANIMETRIA DELL'AREA DI INTERVENTO CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- SCALA 1:500;
- 9) SEZIONI STRATIGRAFICHE RICAVATE DALL'INDAGINI SISMICHE.

Professionista:

Dott. Geol. Lino Munari



Luogo e data:

Affi, 19-06-2014

**RELAZIONE di compatibilità Geologica,
Geomorfologica ed Idrogeologica**

D.M.LL.PP. 11-03-1988; O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003
e successiva O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006; D.M. 14-01-2008;
C.M. 02-02-2009; D.G.R. n.1841 del 19-06-2007; D.G.R. n.2948 del 06-10-2009

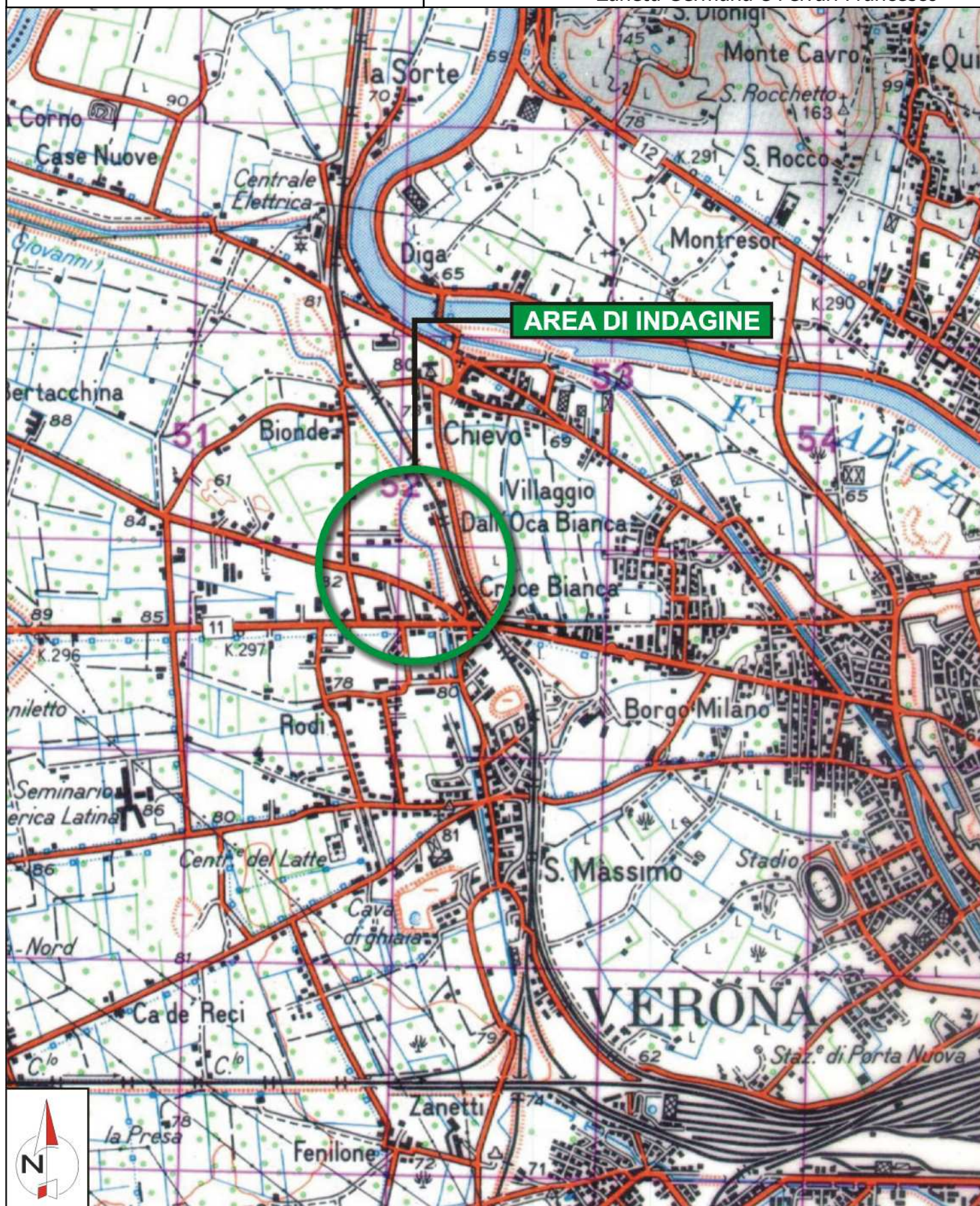
ALLEGATO N°: 01

TITOLO: Corografia dell'area - scala 1:25.000

PROGETTO: Piano Urbanistico Attuativo per
l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO 03 – Verona –
Via Gardesane – Scheda Norma 449

COMUNE: Verona (VR)

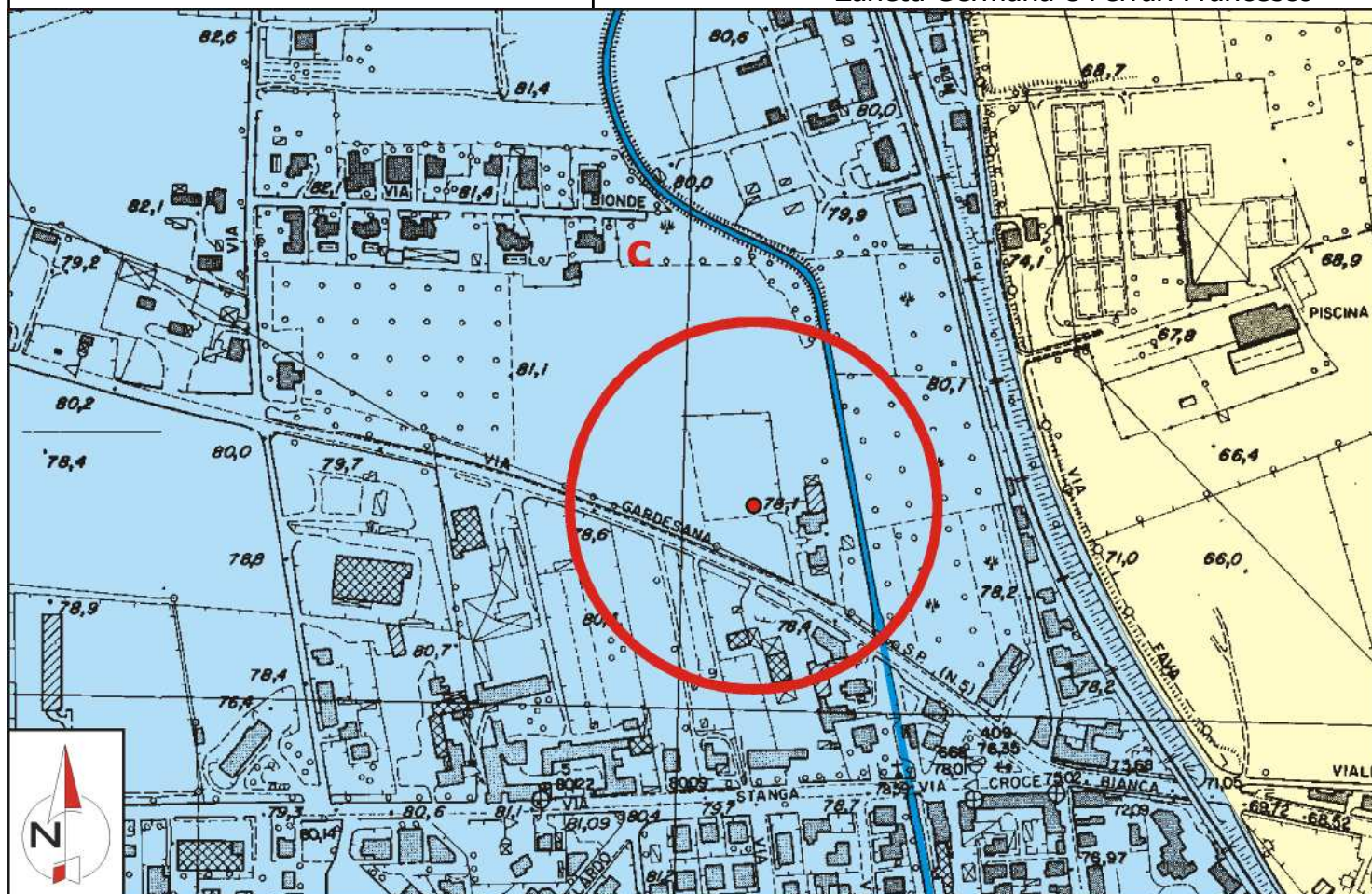
COMMITTENTE: Sig.ri Bertaso Luigi, Bertaso Adalgisa,
Zanetti Germana e Ferrari Francesco



TITOLO: Carta geologica dell'area - scala 1:5.000
 PROGETTO: Piano Urbanistico Attuativo per
 l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO 03 – Verona –
 Via Gardesane – Scheda Norma 449
 COMUNE: Verona (VR)
 COMMITTENTE: Sig.ri Bertaso Luigi, Bertaso Adalgisa,
 Zanetti Germana e Ferrari Francesco

**RELAZIONE di compatibilità Geologica,
 Geomorfológica ed Idrogeologica**

D.M.LL.PP. 11-03-1988; O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003
 e successiva O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006; D.M. 14-01-2008;
 C.M. 02-02-2009; D.G.R. n.1841 del 19-06-2007; D.G.R. n.2948 del 06-10-2009



LEGENDA



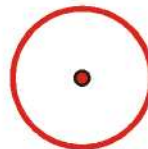
Alluvioni terrazzate fluvioglaciali e
 fluviali dell'antica conoide dell'Adige
 sabbiose (s), ghiaiose e ciottolose (c)
 superficialmente alterate.

Rt1=terrazzo alto, Rt2=terrazzo basso
 RISS (R)



Alluvioni terrazzate fluvioglaciali e
 fluviali dell'antica conoide dell'Adige
 limose (l), sabbiose (s), ghiaiose e
 ciottolose © limitata alterazione superficiale.

Wt1=terrazzo alto, Wt2=terrazzo basso
 lo=copertura di loess. WURM (W)



AREA DI PROGETTO E DI
 SMALTIMENTO AL SUOLO
 R=200.0M



IDROGRAFIA



LIMITE GEOLOGICO



-11.0m

PROFONDITÀ DELLA FALDA

TITOLO: Carta idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige - scala 1:30.000 (Dal Pra, De Rossi rilevamenti freaticometrici dal 26 agosto al 2 settembre 1986)

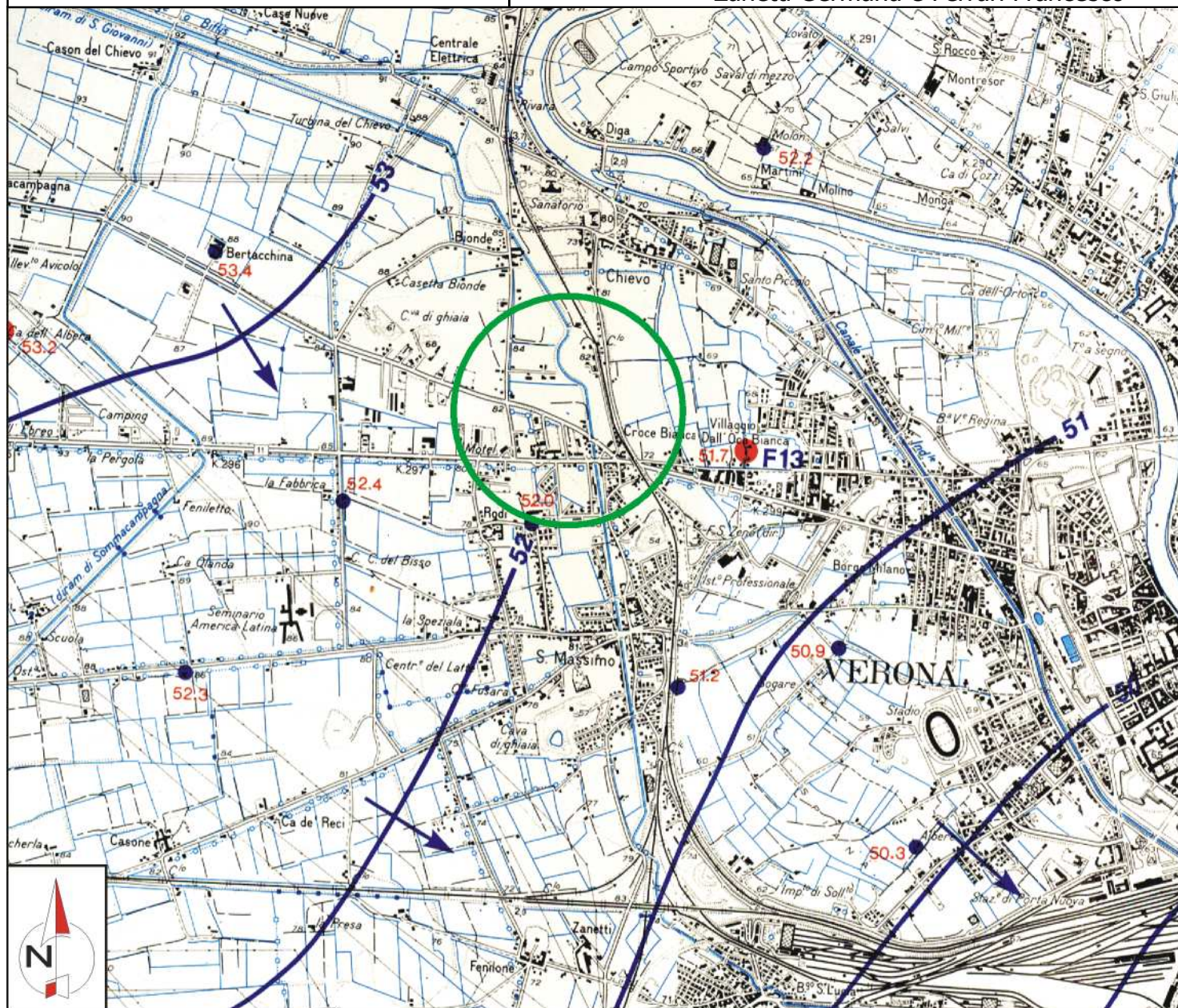
PROGETTO: Piano Urbanistico Attuativo per l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO 03 – Verona – Via Gardesane – Scheda Norma 449

COMUNE: Verona (VR)

COMMITTENTE: Sig.ri Bertaso Luigi, Bertaso Adalgisa, Zanetti Germana e Ferrari Francesco

RELAZIONE di compatibilità Geologica, Geomorfologica ed Idrogeologica

D.M.LL.PP. 11-03-1988; O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003
e successiva O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006; D.M. 14-01-2008;
C.M. 02-02-2009; D.G.R. n.1841 del 19-06-2007; D.G.R. n.2948 del 06-10-2009



LEGENDA

● 36.2

POZZO CON QUOTA FREATICA

● F 13

POZZO IN OSSERVAZIONE PERIODICA



AREA DI INDAGINE



IDROGRAFIA

— 32

ISOFREATICA CON QUOTA s.l.m.



DIREZIONE DEL FLUSSO SOTTERRANEO

TITOLO: Estratto TAV. 3.3.P Carta delle Fragilità P.A.T. –
scala 1:5.000

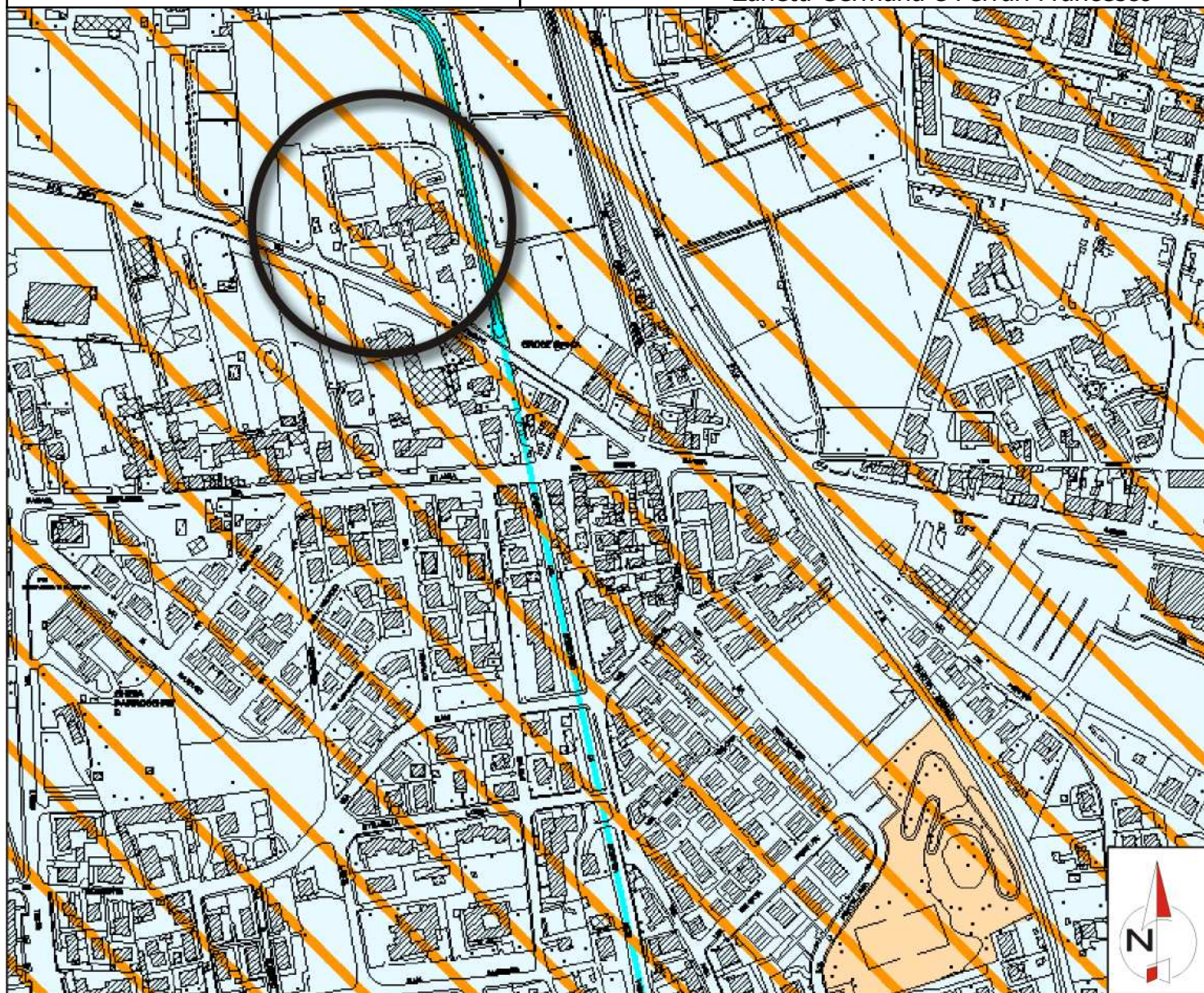
PROGETTO: Piano Urbanistico Attuativo per
l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO 03 – Verona –
Via Gardesane – Scheda Norma 449

COMUNE: Verona (VR)

COMMITTENTE: Sig.ri Bertaso Luigi, Bertaso Adalgisa,
Zanetti Germana e Ferrari Francesco

**RELAZIONE di compatibilità Geologica,
Geomorfologica ed Idrogeologica**

D.M.LL.PP. 11-03-1988; O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003
e successiva O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006; D.M. 14-01-2008;
C.M. 02-02-2009; D.G.R. n.1841 del 19-06-2007; D.G.R. n.2948 del 06-10-2009

**LEGENDA**

Art. 37 - TERRENO OTTIMO



AREA DI PROGETTO

**RELAZIONE di compatibilità Geologica,
Geomorfologica ed Idrogeologica**

D.M.LL.PP. 11-03-1988; O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003
e successiva O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006; D.M. 14-01-2008;
C.M. 02-02-2009; D.G.R. n.1841 del 19-06-2007; D.G.R. n.2948 del 06-10-2009

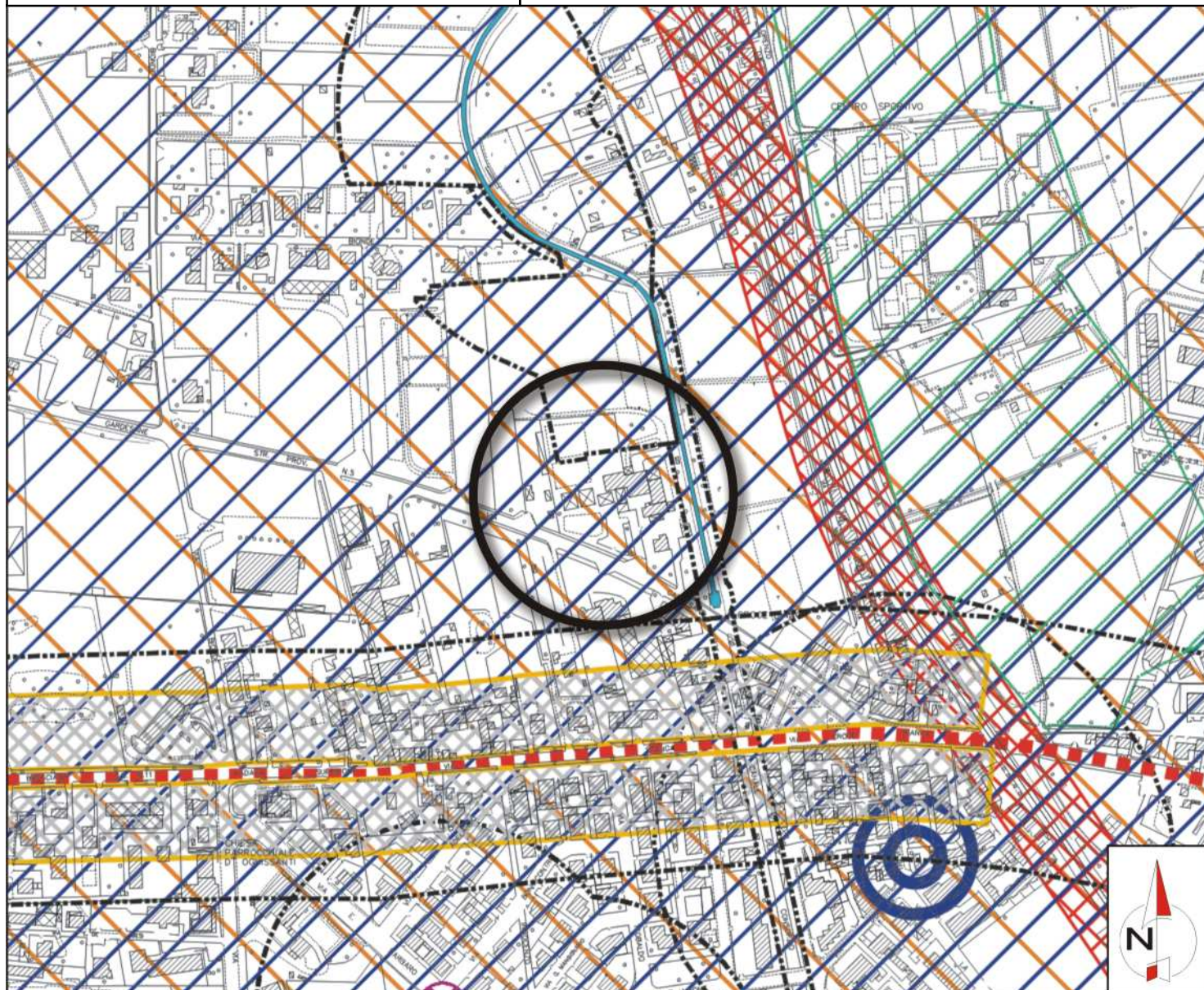
ALLEGATO N°: 05

TITOLO: Estratto Carta dei Vincoli e della Pianificazione
Territoriale - scala 1:5.000

PROGETTO: Piano Urbanistico Attuativo per
l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO 03 – Verona –
Via Gardesane – Scheda Norma 449

COMUNE: Verona (VR)

COMMITTENTE: Sig.ri Bertaso Luigi, Bertaso Adalgisa,
Zanetti Germana e Ferrari Francesco



LEGENDA



Art. 43 - VULNERABILITÀ INTRINSECA ALTA



Art. 39 - INVARIANTI DI NATURA IDROGEOLOGICA
ED IDRAULICA: FASCIA DI RICARICA DEGLI ACQUIFERI



AREA DI PROGETTO

RELAZIONE di compatibilità Geologica, Geomorfologica ed Idrogeologica

D.M.LL.PP. 11-03-1988; O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003
e successiva O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006; D.M. 14-01-2008;
C.M. 02-02-2009; D.G.R. n.1841 del 19-06-2007; D.G.R. n.2948 del 06-10-2009



LEGENDA



SUB-AMBITO AGRICOLO DI AMMORTIZZAZIONE E TRANSIZIONE



AREA DI PROGETTO

**RELAZIONE di compatibilità Geologica,
Geomorfologica ed Idrogeologica**

D.M.LL.PP. 11-03-1988; O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003
e successiva O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006; D.M. 14-01-2008;
C.M. 02-02-2009; D.G.R. n.1841 del 19-06-2007; D.G.R. n.2948 del 06-10-2009

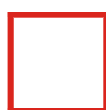
ALLEGATO N°: 07

TITOLO: Estratto di mappa catastale - scala 1:1.000

PROGETTO: Piano Urbanistico Attuativo per
l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO 03 – Verona –
Via Gardesane – Scheda Norma 449

COMUNE: Verona (VR)

COMMITTENTE: Sig.ri Bertaso Luigi, Bertaso Adalgisa,
Zanetti Germana e Ferrari Francesco

**LEGENDA**

AREA CATASTALE DI PROGETTO
Foglio **n.201** Mappale **n.268**,
339, 340, 341 e 342

ALLEGATO N°: 08

TITOLO: Planimetria dell'area di intervento
con ubicazione delle indagini - scala 1:500
PROGETTO: Piano Urbanistico Attuativo per
l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO
03 – Verona – Via Gardesane – Scheda
Norma 449
COMUNE: Verona (VR)
COMMITTENTE: Sig.ri Bertaso Luigi,
Bertaso Adalgisa, Zanetti Germana e
Ferrari Francesco

LEGENDA

-  AREA DI URBANIZZAZIONE (LOTTI)
-  STAZIONE DI MISURA CON TROMOGRAFO DIGITALE N°



RELAZIONE di compatibilità Geologica, Geomorfologica ed Idrogeologica

D.M.LL.PP. 11-03-1988; O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003
 e successiva O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006; D.M. 14-01-2008;
 C.M. 02-02-2009; D.G.R. n.1841 del 19-06-2007; D.G.R. n.2948 del 06-10-2009

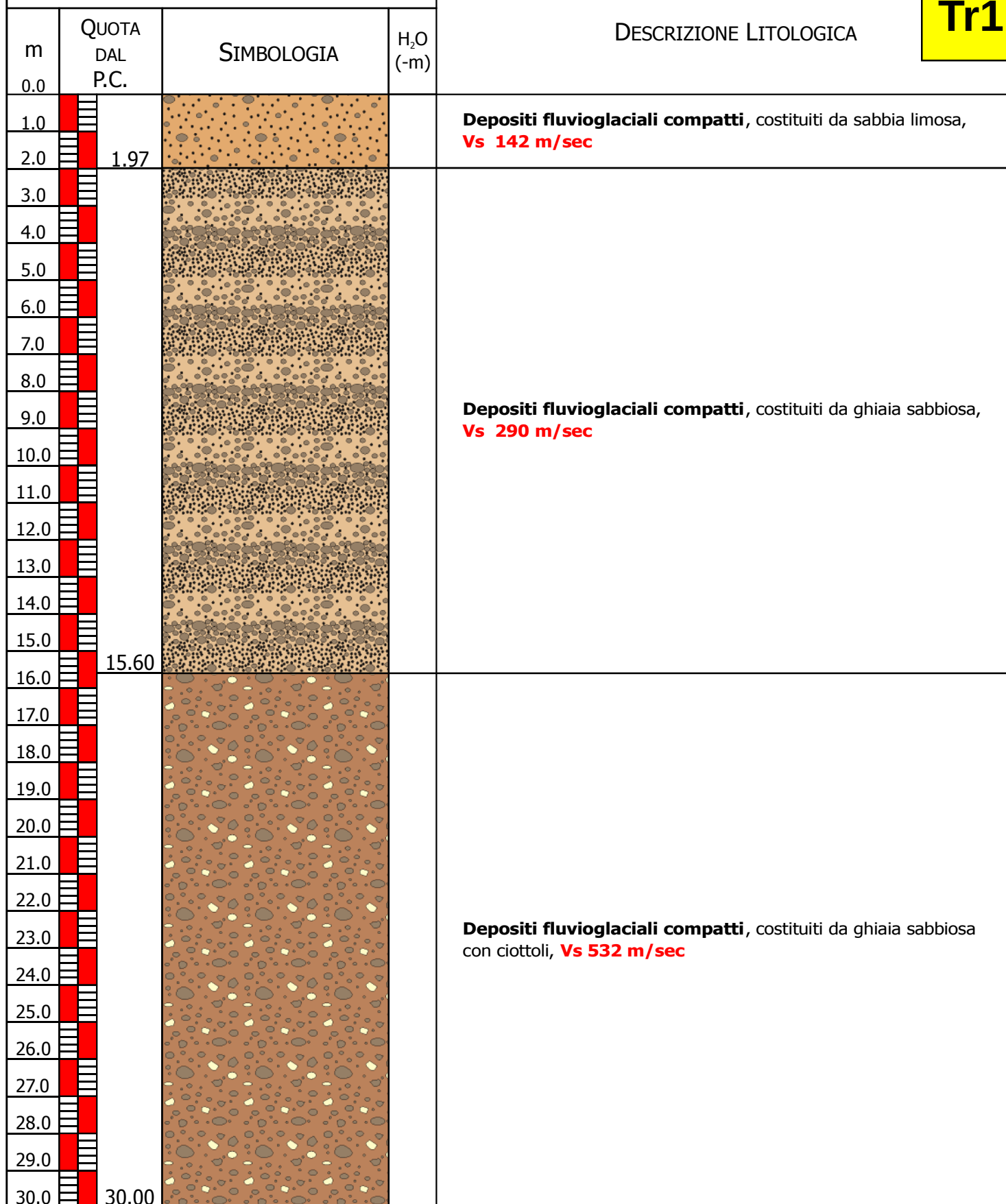
ALLEGATO N°: 09

TITOLO: Sezioni stratigrafiche ricavate dall'indagini sismiche

PROGETTO: Piano Urbanistico Attuativo per l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO 03 – Verona – Via Gardesane – Scheda Norma 449

COMUNE: Verona (VR)

COMMITTENTE: Sig.ri Bertaso Luigi, Bertaso Adalgisa, Zanetti Germana e Ferrari Francesco

Livello delle falda n.d.

Tr1

RELAZIONE di compatibilità Geologica, Geomorfologica ed Idrogeologica

D.M.LL.PP. 11-03-1988; O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003
 e successiva O.P.C.M. n. 3519 del 28 aprile 2006; D.M. 14-01-2008;
 C.M. 02-02-2009; D.G.R. n.1841 del 19-06-2007; D.G.R. n.2948 del 06-10-2009

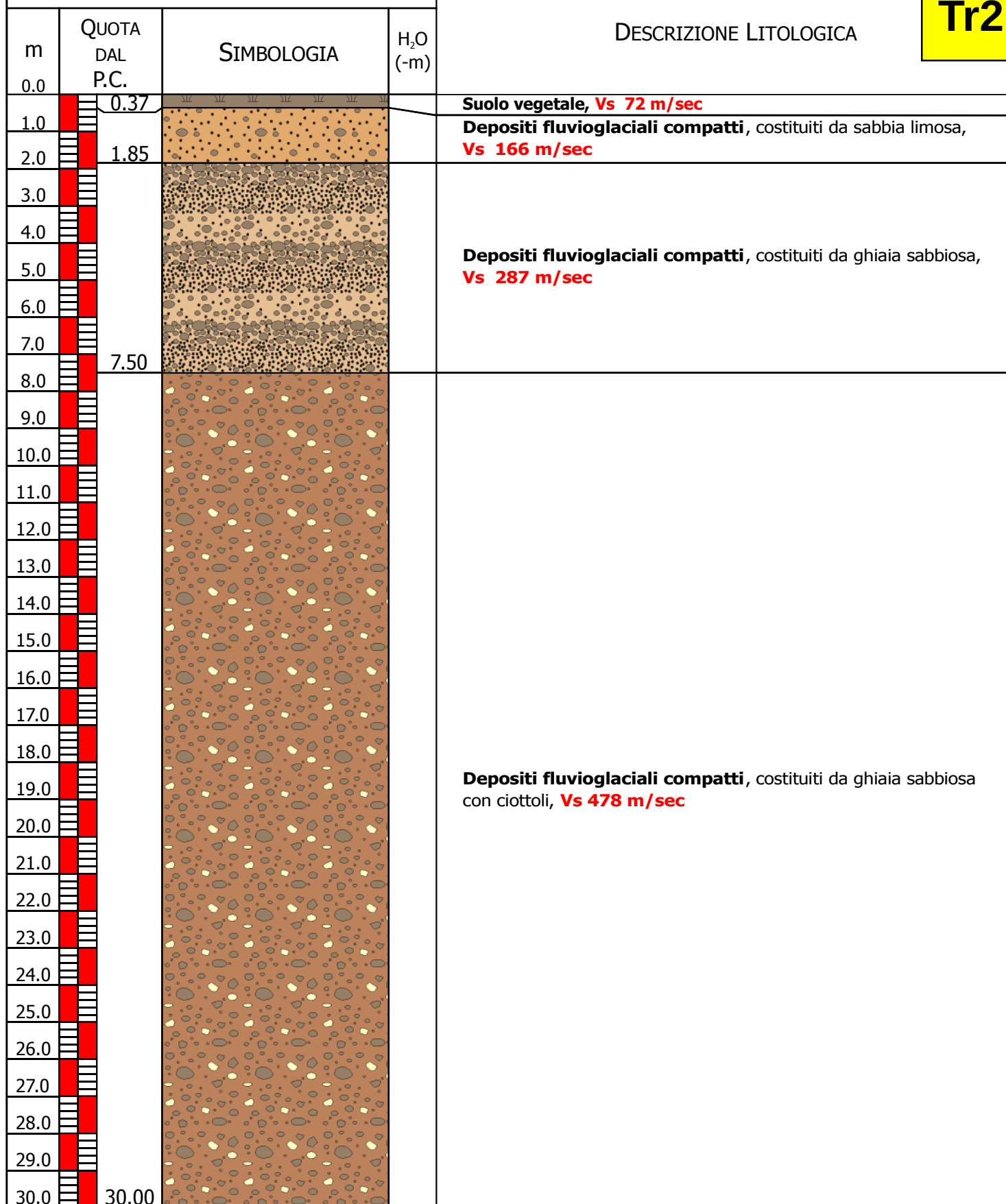
ALLEGATO N°: 09

TITOLO: Sezioni stratigrafiche ricavate dall'indagini sismiche

PROGETTO: Piano Urbanistico Attuativo per l'urbanizzazione di un'area interna all'ATO 03 – Verona – Via Gardesane – Scheda Norma 449

COMUNE: Verona (VR)

COMMITTENTE: Sig.ri Bertaso Luigi, Bertaso Adalgisa, Zanetti Germana e Ferrari Francesco

Livello delle falda n.d.

Tr2