

Il Coordinatore del Progetto

dott. ing. Ruggero Rigoni

iscritto al n. 1023
dell'Ordine degli Ingegneri di Vicenza



Il Committente:

EURO-CART srl

Unipersonale

RACCOLTA E IMBALLAGGIO CARTA
Via I. Nievo, 5 - 36073 CORNEDE V. (VI)
Tel. 0445-446543 - Fax 0445-950561
C.F. e P.IVA 02526140245

Provincia di Vicenza

Comune di Castelgomberto



EURO-CART s.r.l.

Via I. Nievo, n. 5 - 36073 Cornedo Vicentino (VI)
P.IVA 02526140245 Tel. 0445 446543
mail: info@euro-cart.com

PROGETTO DEFINITIVO

(art. 208 D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.)

relativo all'ampliamento di un

IMPIANTO DI RECUPERO RIFIUTI NON PERICOLOSI (DI CARTA)

in

Via della Scienza in Comune di Castelgomberto

Provincia di Vicenza

PROGETTO EDILIZIO

**Relazione di
compatibilità sismica**

B3

elaborato:

PE

Agosto 2023

data:

STUDIO DI INGEGNERIA AMBIENTALE ING. RUGGERO RIGONI

Via Divisione Folgore, n. 36 - 36100 VICENZA

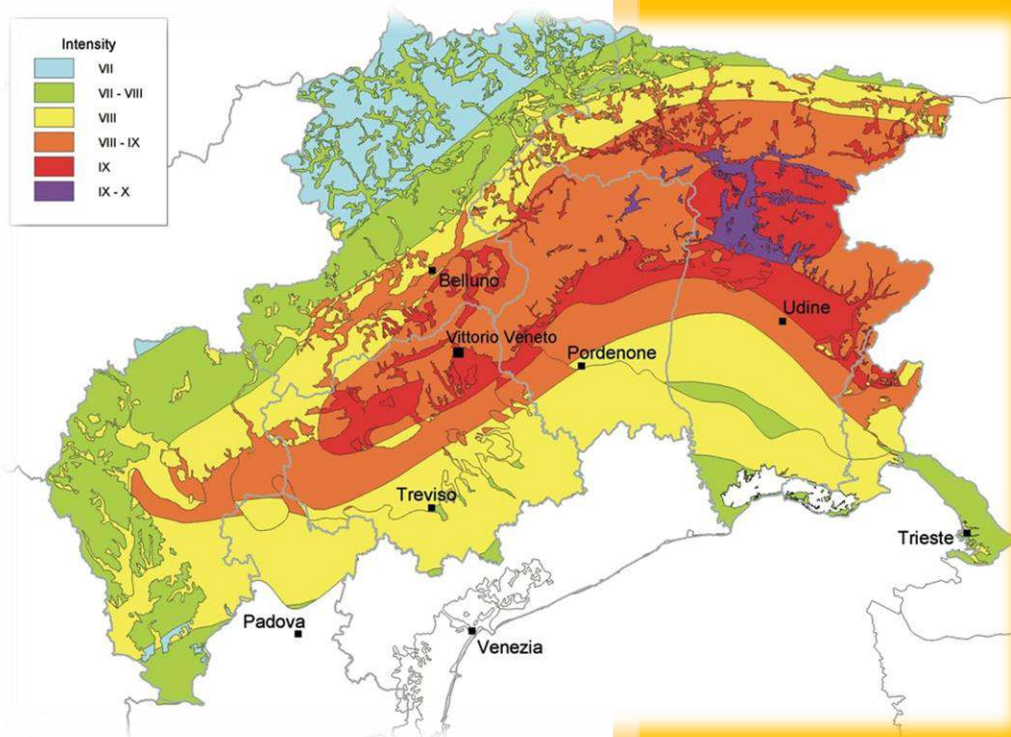
Tel.: 0444.927477 - email: rigoni@ordine.ingegneri.vi.it



Regione Veneto
Provincia di Vicenza
COMUNE DI CASTELGOMBERTO



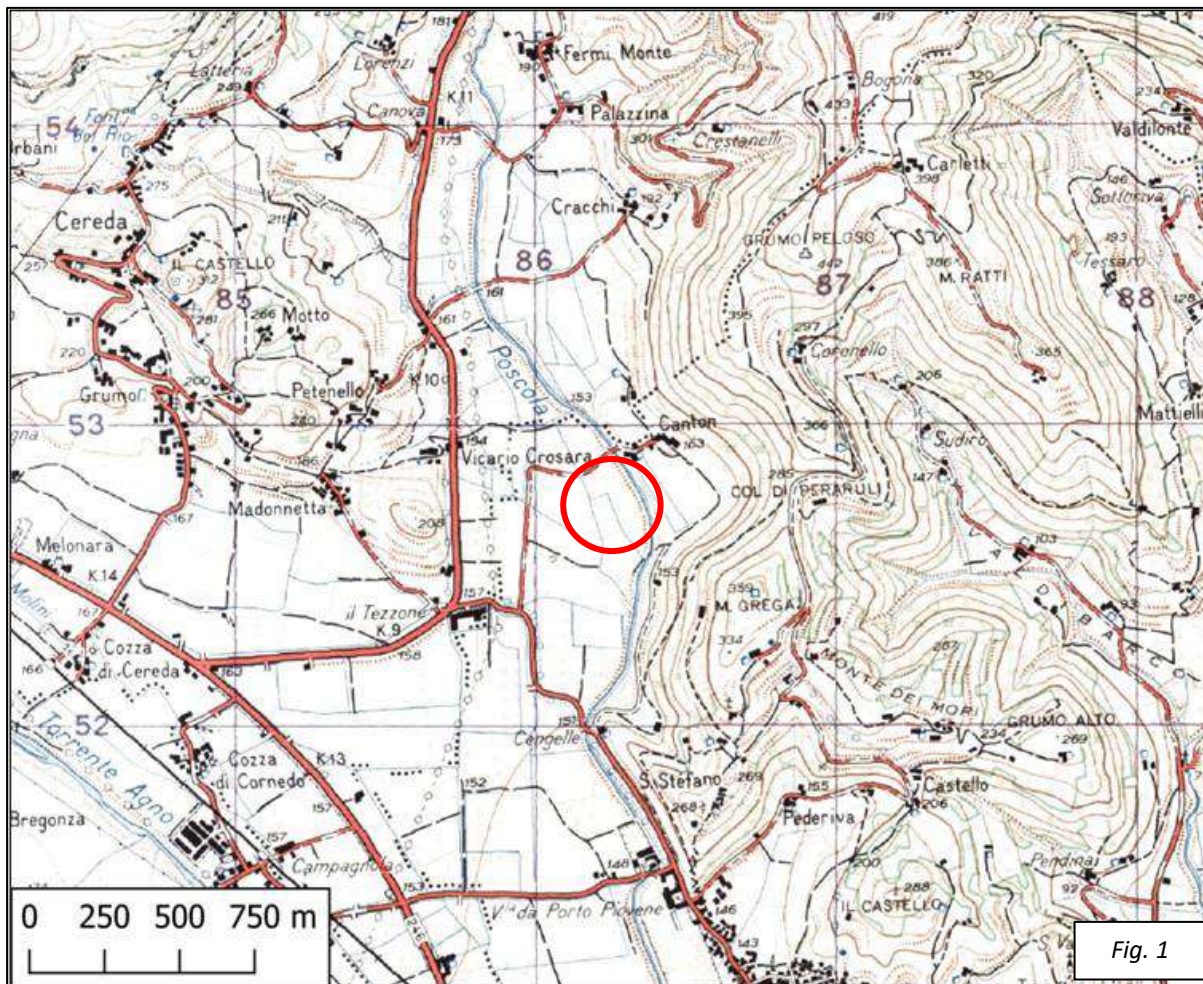
RELAZIONE DI COMPATIBILITA' SISMICA
ai sensi della DGRV 1381/2021



Attestazione degli studi sismici di cui alla MICROZONAZIONE SISMICA di Livello 1, e 2 a corredo del progetto per l'ampliamento di un fabbricato industriale sito in Via della Scienza

1. PREMESSE

Su incarico e per conto della ditta **Eurocart S.r.l.** è stata redatta la presente Relazione di Compatibilità Sismica ai fini della attestazione degli studi sismici di cui alla MICROZONAZIONE SISMICA di Livello 1 e 2 a corredo del progetto per l'ampliamento di un fabbricato industriale sito in Via della Scienza, in Comune di Castelgomberto, in Provincia di Vicenza (Fig.1 – Corografia alla scala 1:25.000, estratto da IGM Foglio n°49, Quadrante I, Orientamento N.E. “Malo”).

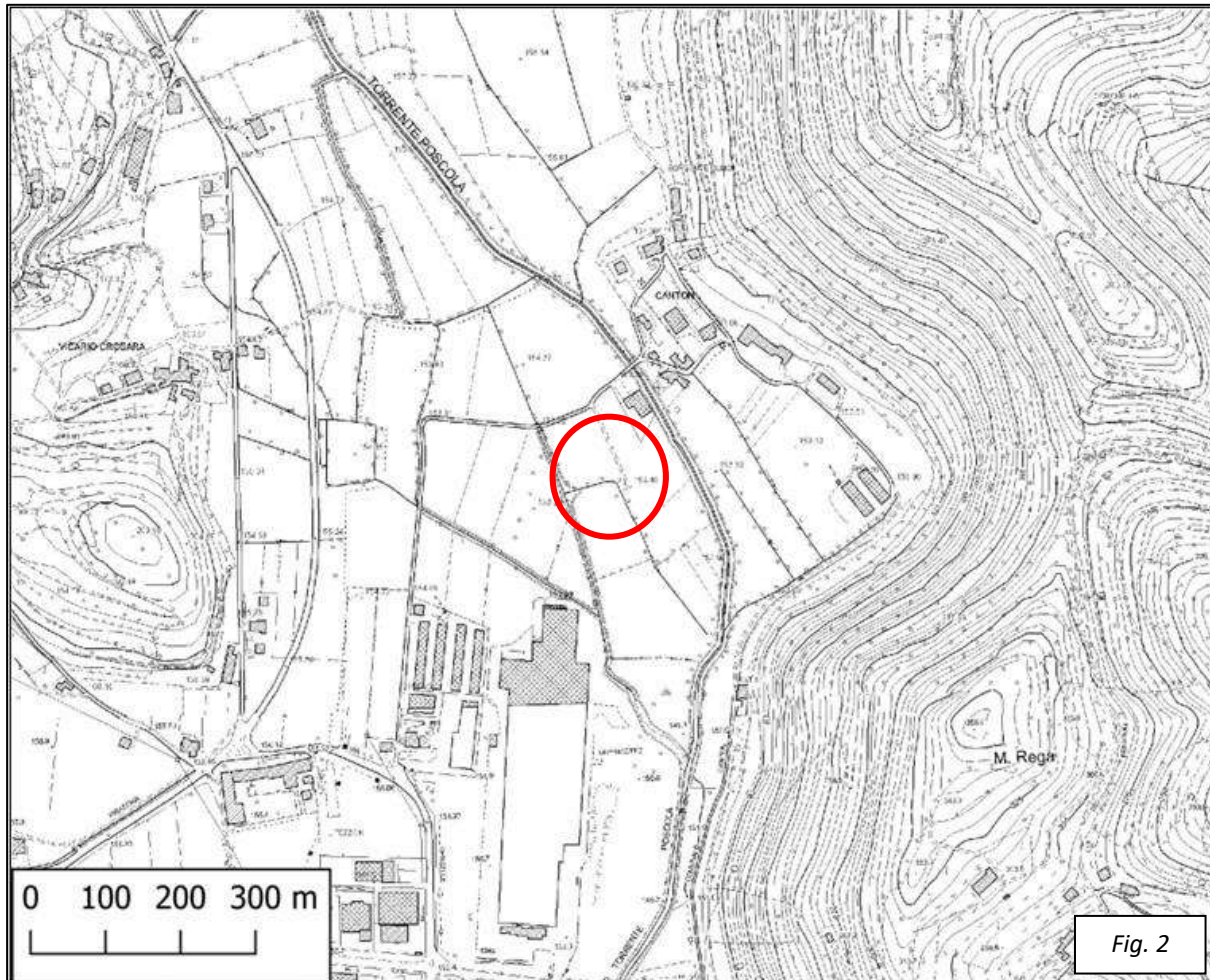


Dal punto di vista normativo, viene fatto riferimento alla DGRV 899/2019 nonché alla Circolare della Regione Veneto nr. 71886 del 16 febbraio 2022, con specifico richiamo al necessario “Parere sugli strumenti urbanistici” Sezione I “Norme per le costruzioni in zona sismica” ai sensi dell’art. 89 del DPR 380/2001.

2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

2.1. Ubicazione e caratteri geomorfologici principali

La zona di indagine è situata nel settore pianeggiante occidentale del territorio comunale di Castelgomberto in corrispondenza della zona industriale Nord (Fig. 2 – Corografia alla scala 1:10.000 estratto da CTR. Sezione n°103130 “Cornedo Vicentino” e Sezione n°125010 “Trissino”).



I principali centri abitati nelle vicinanze sono rappresentati dal capoluogo comunale di Castelgomberto, che dista c.a. 2,2 km in direzione Sud, e dagli agglomerati urbani di Brogliano e Isola Vicentina, posti rispettivamente a c.a. 2,3 km in direzione SudOvest e 5,2 km c.a. in direzione NordEst.

Il territorio si presenta scarsamente antropizzato, con le strutture concentrate soprattutto in corrispondenza del fondovalle. L'uso del suolo è adibito in parte ad attività industriali, in prossimità dei versanti collinari è invece prevalente la pratica agricola. Sono presenti ampie zone boschive in corrispondenza dei versanti stessi. (Fig. 3 – Ortofoto a colori, non in scala).

Dal punto di vista morfologico, il territorio si inserisce in una zona subpianeggiante; le quote medie dei terreni sono comprese tra circa 152 e 154 m s.l.m.

Relativamente all'idrografia di superficie, l'elemento di maggior spicco è rappresentato dal Torrente Poscola situato a qualche decina di metri dal confine Nord-Est dell'area di studio, che scorre in direzione Nord verso Sud. Si segnalano inoltre i canali Rio Poscoletta e Roggia delle Tezze, immissari del Torrente Poscola, distanti

rispettivamente circa 140 m in direzione Sud-Ovest e circa 500 m in direzione Sud-Ovest. Infine, sono presenti numerose rogge, fossi di scolo e di irrigazione dei campi nelle aree circostanti adibite a coltivazione agricola. Per quanto riguarda in particolare la zona collinare nelle vicinanze, si evidenziano segni di una circolazione idrica superficiale nelle immediate vicinanze del lotto in studio. Si segnala la presenza di alcuni corsi d'acqua che, a carattere per lo più temporaneo, defluiscono dai fianchi dei rilievi per poi diventare immissari dei torrenti stessi.



Fig. 3

Per riguarda l'assetto geomorfologico si è fatto riferimento alla Carta delle Unità Geomorfologiche della Regione Veneto redatta alla scala 1:250000, di cui si riporta in Fig. 4 uno stralcio non in scala. Secondo tale cartografia, l'area in esame risulta posta in corrispondenza della fascia delle "Forme di accumulo", costituite da "Depositi fluviali della pianura alluvionale recente".

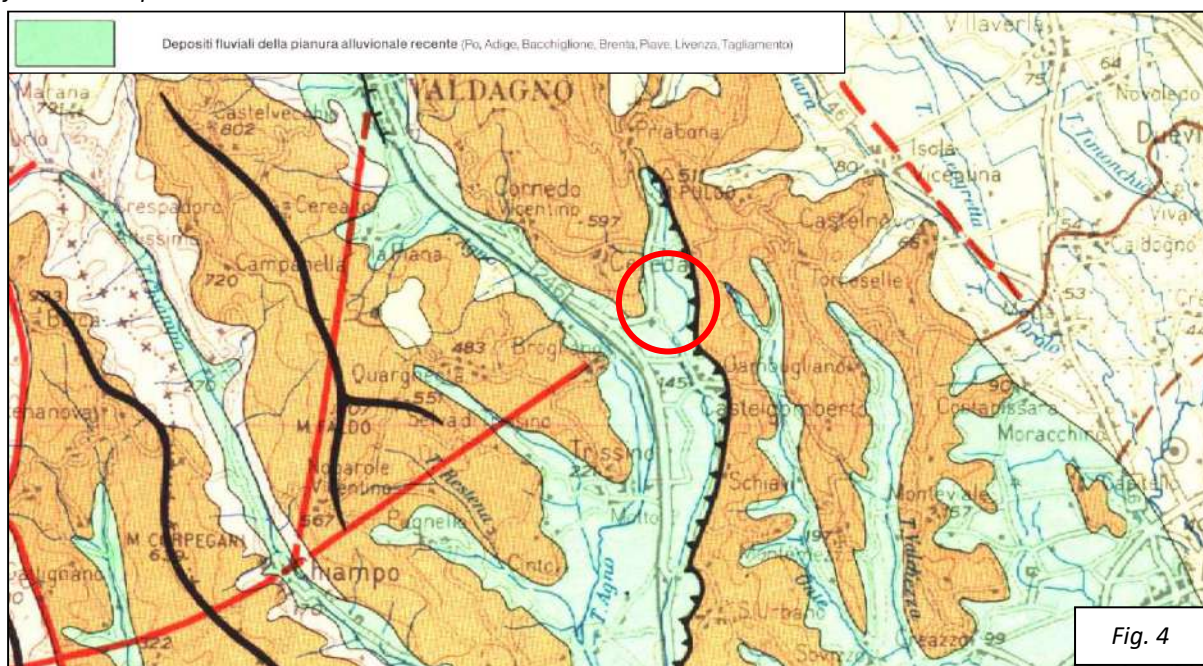


Fig. 4

Dr. Geol. RIMSKY VALVASSORI – Studio di Geologia Tecnica

✉ 36100 VICENZA – Via dell'Oreficeria, 30/L

☎: 0444.340136 - ☎: 0444.809179 - Ordine dei Geologi del Veneto n°507

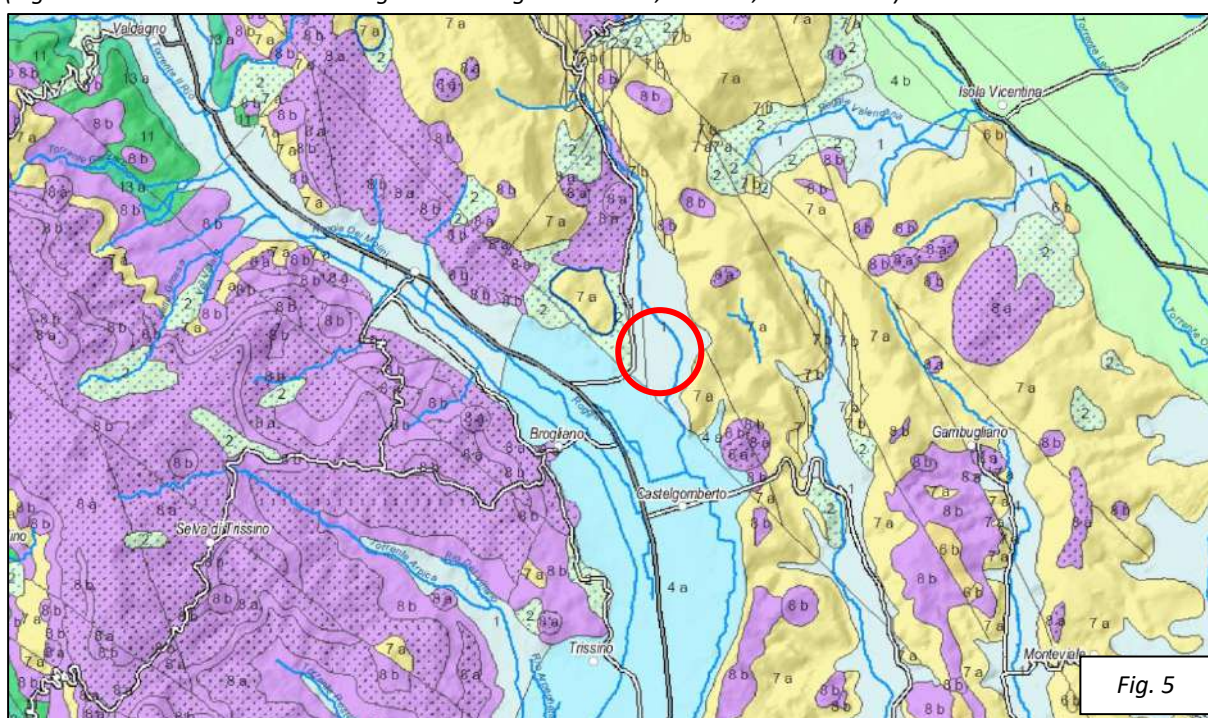
C.F. VLVRSK71H02A794P - P. IVA 02662110242

📧 info@studiogeosistemi.it – http://: www.studiogeosistemi.it

2.2. Stratigrafia ed Idrogeologia generale

FONTE: NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA DELLA PIANURA PADANA (A CURA DI) G.B. CASTIGLIONI & G.B. PELLEGRINI, COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO, TORINO, 2001/CARTA GEOLOGICA DEL VENETO, UNA STORIA DI CINQUECENTO MILIONI DI ANNI, S.E.L.C.A., FIRENZE; PAT DEL COMUNE DI CASTELGOMBERTO (ELABORATI SCRITTI E CARTOGRAFICI).

I lineamenti geologici dell'area lessineo-berica sono noti e studiati da tempo. Nella loro parte più orientale i Monti Lessini possono essere assimilati ad un esteso tavolato debolmente inclinato verso SE, che rappresenta una struttura omoclinale immergente sotto la coltre alluvionale dell'Alta Pianura Veronese-Vicentina. Numerose dislocazioni tettoniche interferendo tra loro in più fasi diacrone, hanno notevolmente influenzato l'assetto idrografico e morfologico del territorio anche in tempi molto recenti. Nell'area sono infatti evidenti episodi di deviazioni fluviali imputabili a fenomeni di Neotettonica quaternaria (Pellegrini, 1988). La successione stratigrafica, presente nei rilievi della zona, è costituita dalle formazioni sedimentarie calcaree organogene e da rocce vulcaniche e vulcanoclastiche terziarie, parzialmente mascherate a ridosso dei rilievi dai depositi quaternari (Fig. 5 – Estratto della Carta Geologica della Regione Veneto, P.R.A.C., non in scala).



- | | |
|--|---|
| | 1 - Depositi alluvionali, fluvioglaciali, lacustri e palustri - Quaternario |
| | 2 - Depositi eluviali, colluviali, detritici e di frana - Quaternario |
| | 4 a - Ghiaie e sabbie prevalenti - Quaternario |
| | 7 a - Calcari nummulitici, calcareniti, calcari di scogliera, arenarie e marne - Oligocene - Eocene |

L'assetto geologico strutturale è caratterizzato dalla presenza di una faglia principale a carattere distensivo, che separa i Lessini Orientali da quelli Occidentali, denominata "Linea di Castelvero". Questo lineamento tettonico di età terziaria si attivò alla fine del Paleocene in concomitanza con l'inizio del vulcanismo (Barbieri, 1972; De Zanche e Conterno, 1972). In prossimità del limite Est dei rilievi si colloca invece l'importante linea Schio-Vicenza, che con andamento NW-SE ha abbassato tutto il settore orientale, attualmente sepolto sotto il materasso alluvionale, determinando una brusca terminazione dei rilievi verso oriente.

La successione stratigrafica presente nei rilievi dalla zona di interesse è costituita dalle formazioni sedimentarie calcaree organogene e dalle vulcaniti basaltiche terziarie intercalate tra esse, parzialmente mascherate a ridosso dei rilievi dai depositi quaternari, con spessori talvolta metrici. Le formazioni calcaree sono spesso ricoperte da una coltre detritica e di alterazione rappresentata da argille limose con rari clasti litoidi, che si spinge fino al piede dei versanti ove si alterna con i depositi alluvionali delle valli.

Le vulcaniti si presentano spesso alterate e non di rado argillificate; i rilievi impostati su tale litologia si presentano morfologicamente dolci (ad esclusione di alcune eccezioni che si presentano come più ripide), di forma quasi perfettamente conica. Si tratta di antichi condotti vulcanici caratterizzati da basalti a fessurazione colonnare (dicchi basaltici) circondati da prodotti tufacei. Tali strutture sono da riferirsi al vulcanismo terziario che, manifestatosi indicativamente tra il Cretaceo Superiore ed il Post-Eocene attraverso diatremi d'esplosione, ha provocato l'intesa fratturazione dei calcari affioranti nell'intorno dell'area.

Nell'area in studio il substrato roccioso calcareo appartiene alle Formazioni delle Calcareni di Castelgomberto, caratterizzata da calcari e calcareniti bioclastici e nulliporici, compatti, in strati di spessore medio-elevato o in banchi, con locali intercalazioni marnose, arenaceo-marnose e di rocce vulcanoclastiche.

In corrispondenza del territorio circostante le Calcareni affiorano abbondantemente lungo il rilievo dove si estendono dal fondovalle fino alla parte sommitale (con eccezione di Cima Ignago, Torreselle, Cima Castellano e coni minori) e ne costituiscono quindi l'ossatura principale, spesso originando versanti acclivi o pareti verticali. Tale formazione è caratterizzata da fenomeni carsici diffusi e spesso ben sviluppati; le caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso sono generalmente buone; possono tuttavia essere localmente scadenti nelle zone di più intensa fessurazione/fratturazione o fortemente incarsite.

In relazione all'aspetto litologico e geomorfologico è stato preso in considerazione il quadro conoscitivo redatto a corredo del Piano di Assetto Territoriale PAT del Comune di Castelgomberto, di cui si riportano di seguito gli estratti relativamente alla carta geologica e geomorfologica (*Fig. 6 – Estratto dalla Carta Geolitologica, non in scala; Fig. 7 – Estratto dalla Carta Geomorfologica, non in scala*).

I primi metri di sottosuolo sono rappresentati da terreni definiti dal PAT come *“Materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa”*.

In relazione all'assetto geomorfologico secondo il PAT, l'area di interesse non ricade all'interno di alcuna forma o lineamento geomorfologico di spicco. Si segnala la presenza del Torrente Poscola che comporta le forme di *“Orlo di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo: altezza inferiore a 5 m”* e di *“Argini principali”*.

Dal punto di vista idrogeologico i versanti circostanti il sito in oggetto, sono caratterizzati da buona capacità di infiltrazione e trasmissione da parte della coltre superficiale e del substrato roccioso poco profondo. L'area collinare in esame rappresenta infatti la sede dell'acquifero carsico carbonatico. La zona satura si trova ad elevate profondità e si articola in un sistema di gallerie, condotti, anche di dimensioni molto ridotte, fratture e cavità totalmente sommerse, in corrispondenza delle quali le acque, in pressione, si spostano con direzioni prevalentemente suborizzontali verso l'area di riaffioramento in superficie, in corrispondenza alle sorgenti perenni. A causa dell'elevata capacità di filtrazione e circolazione idrica sotterranea, i potenziali acquiferi sono caratterizzati da significativa vulnerabilità, e pertanto necessitano di essere sottoposti ad adeguati interventi di tutela e salvaguardia della risorsa idrica.

In corrispondenza del sito in esame, tuttavia, risulta presente l'acquifero riconducibile alla piana alluvionale fondovaliva, formatasi per l'azione dei torrenti Agno e Poscola.

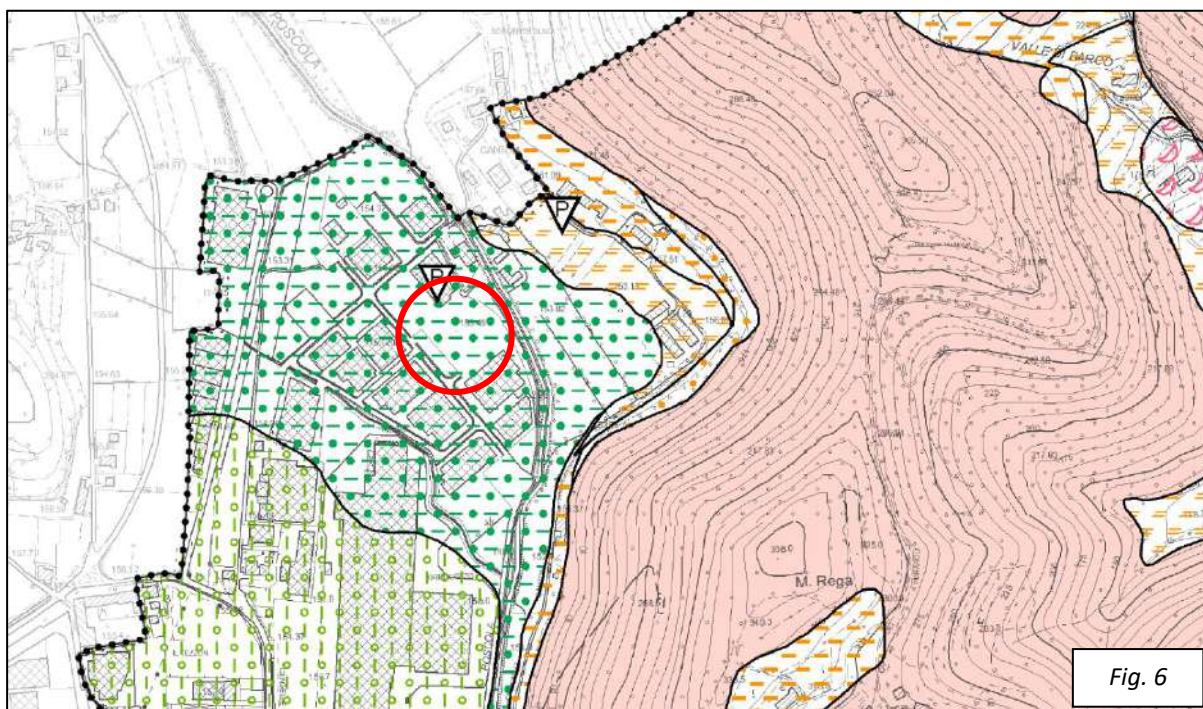
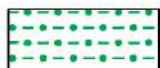


Fig. 6



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

L-ALL-05

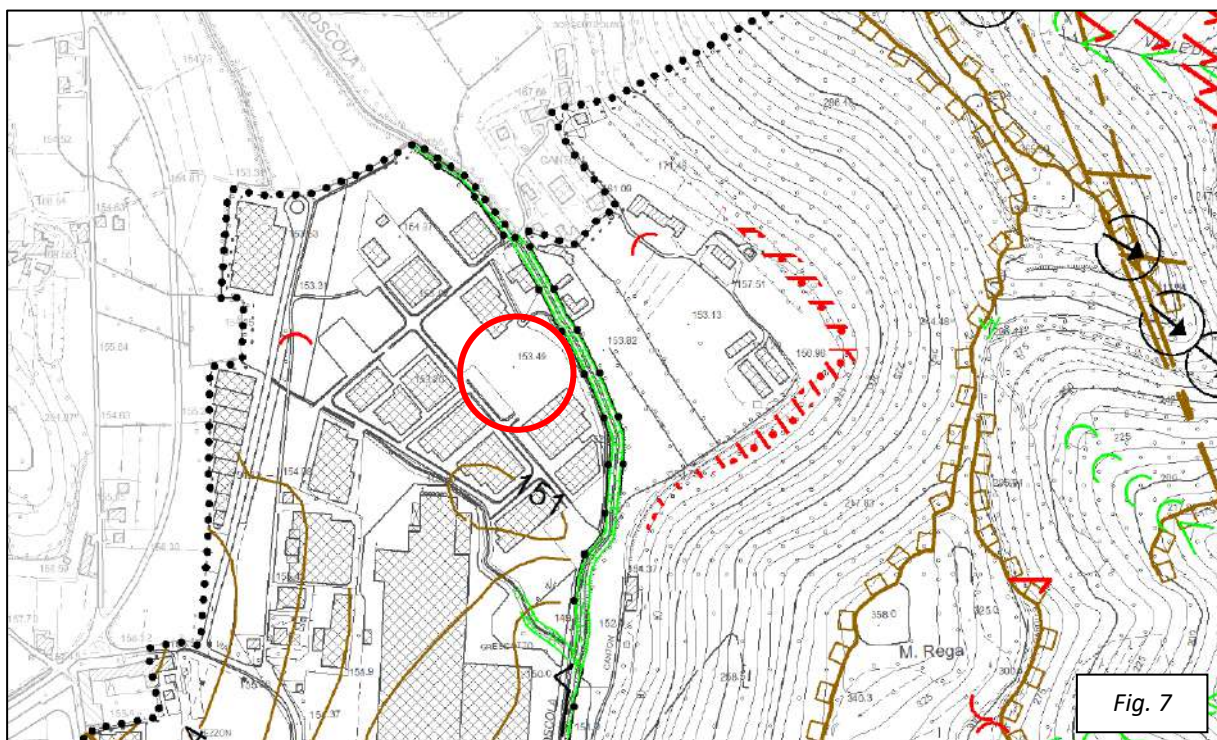


Fig. 7



Argini principali

M-ART-25



Orlo di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo: altezza inferiore a 5 metri

M-FLU-17

Dr. Geol. RIMSKY VALVASSORI – Studio di Geologia Tecnica

✉ 36100 VICENZA – Via dell’Oreficeria, 30/L

☎: 0444.340136 - ☎: 0444.809179 - Ordine dei Geologi del Veneto n°507

C.F. VLVRSK71H02A794P - P. IVA 02662110242

📧 info@studiogeosistemi.it – http://: www.studiogeosistemi.it

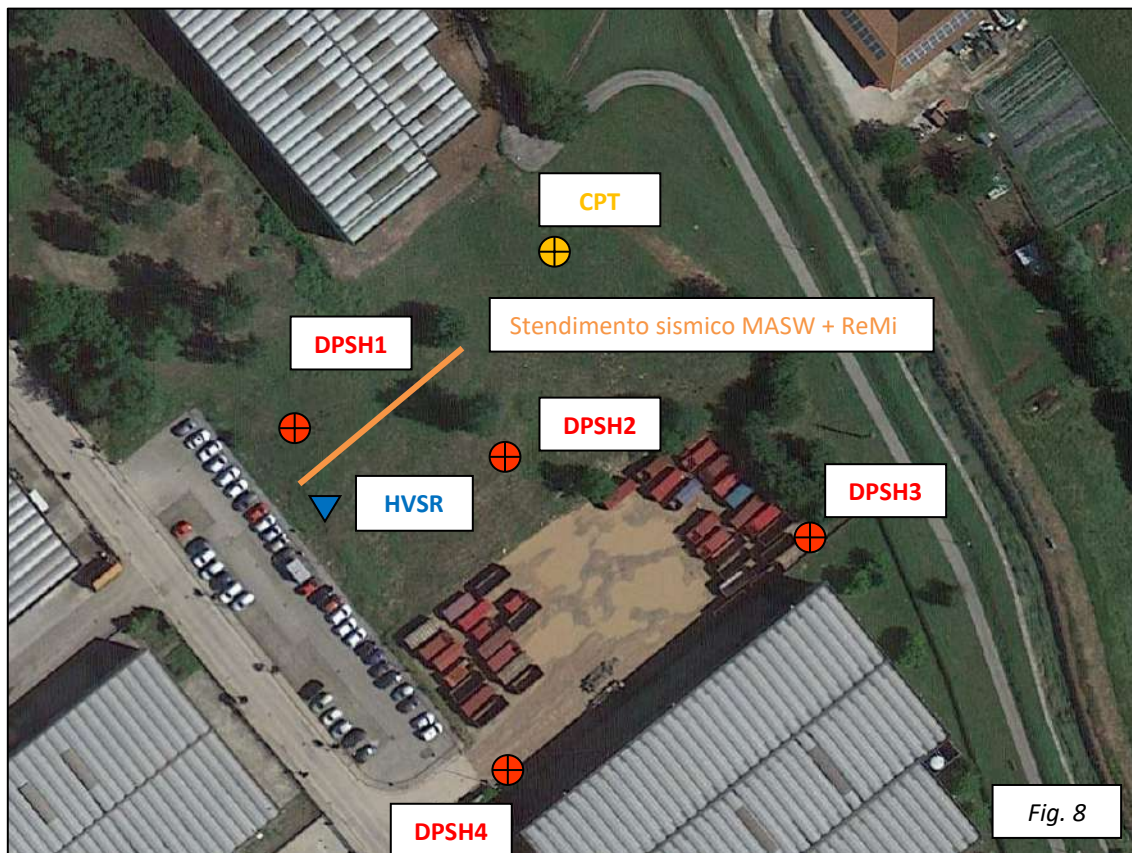
2.3. Modello geologico ed idrogeologico locale

Al fine di ottenere la caratterizzazione geologica ed idrogeologica dell'area in oggetto, sono state considerate le prove e le indicazioni contenute nella relazione "Indagine geologica e geotecnica a corredo del progetto per l'ampliamento di un fabbricato industriale sito in Via della Scienza" redatta dallo scrivente nel mese di settembre 2022.

Le indagini geognostiche eseguite per tale relazione consistono in:

- Esecuzione di **n°4 Prove Penetrometriche Dinamiche Superpesanti (DPSH)**, per la caratterizzazione e parametrizzazione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo spinte fino alla profondità massima di 21,00 m dal p.c. locale;
- Esecuzione di **n°1 Prova Penetrometrica Statica (CPT)**, per la caratterizzazione e parametrizzazione stratigrafica e geotecnica del sottosuolo spinta fino alla profondità massima di 13,80 m dal p.c. locale;
- Esecuzione di **n°1 Prospezione Geofisica**, tramite la metodologia **HVSR** (Metodo di Nakamura) con la strumentazione Tromino®, per la verifica della frequenza di risonanza caratteristica del terreno, la valutazione della velocità delle onde sismiche Vs e l'attribuzione della categoria di suolo di fondazione (rif: O.P.C.M n°3274 20/03/2003 e suc.mod. - D.M 17/01/2018).
- Esecuzione di **n°1 Prospezione Sismica Attiva**, tramite la metodologia **MASW** (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) e **n°1 Prospezione Sismica Passiva**, tramite la metodologia **Re.Mi** (*Refracted Microtremors*), per la caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo e la valutazione della velocità delle onde sismiche Vs;

Le prove di campagna sono state ubicate entro i terreni di proprietà ed in corrispondenza delle opere di progetto, tenendo in considerazione le condizioni logistiche e di accessibilità del sito, come riportato in Fig. 8 - Ubicazione prove in sito.



La stratigrafia del terreno del lotto in esame è stata ottenuta, per quanto riguarda i primi metri, indirettamente dall'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche e, più in profondità, dall'indagine sismica passiva.

Dall'analisi delle tabelle e dei diagrammi, è possibile constatare in tutta l'area, una situazione stratigrafica globalmente omogenea fino alla massima profondità indagata, in relazione alla distribuzione spaziale laterale, ed uniforme per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche degli orizzonti individuati.

Le indagini geognostiche effettuate in corrispondenza dell'area di indagine evidenziano superficialmente, e fino alla profondità massima di 2,20 m dal p.c. locale, la presenza di terreni di riporto limoso ghiaiosi con blocchi decimetrici. Al di sotto di questo primo orizzonte, e fino alla massima profondità di 12,90 m, si individua la presenza di Argille debolmente limose. Al di sotto di questo orizzonte, e fino alla massima profondità di 19,80 m, si individua la presenza di sabbie limose prevalenti. Infine, fino alla profondità massima d'indagine di 21,00 m si riscontra la presenza di sabbie debolmente ghiaiose.

Si specifica che la prova penetrometrica statica è stata condotta in un apposito preforo profondo 2,20 m dal p.c. locale, per superare i terreni di riporto altrimenti difficilmente attraversabili con questa tecnica.

Nello specifico, è possibile individuare un modello schematico in cui si riconoscono i seguenti orizzonti stratigrafici in corrispondenza dell'area di indagine, con profondità riferita al piano campagna locale:

Profondità (m)	Litologia correlata	Orizzonte
0,00 – 1,30/2,20	Terreno di riporto limoso ghiaioso con blocchi decimetrici	-
1,30/2,20 – 10,50/12,90	Argilla debolmente limosa	A
10,50/12,80 – 19,50/19,80	Sabbia limosa	B
19,50/19,80 – 21,00 * (Fine prova)	Sabbia debolmente ghiaiosa	C

Il modello geologico sopra riportato deve essere considerato indicativo, mentre i singoli diagrammi penetrometrici illustrano le litologie presenti in corrispondenza delle verticali indagate.

Si tiene inoltre a precisare che le prove penetrometriche sono indagini geognostiche indirette, ovvero effettuate senza osservazione diretta del terreno da parte dello sperimentatore; ne consegue che la scelta della "litologia correlata" è riconducibile a correlazioni sperimentali basate sulla resistenza dinamica, contestualizzate con il quadro geologico generale, necessarie per la determinazione del comportamento geotecnico ai fini delle valutazioni delle interazioni tra strutture e sottosuolo. Eventuali difformità a livello granulometrico che potrebbero essere riscontrate, ad esempio a seguito dello scavo, sono da considerarsi insite nell'incertezza dei metodi geognostici indiretti.

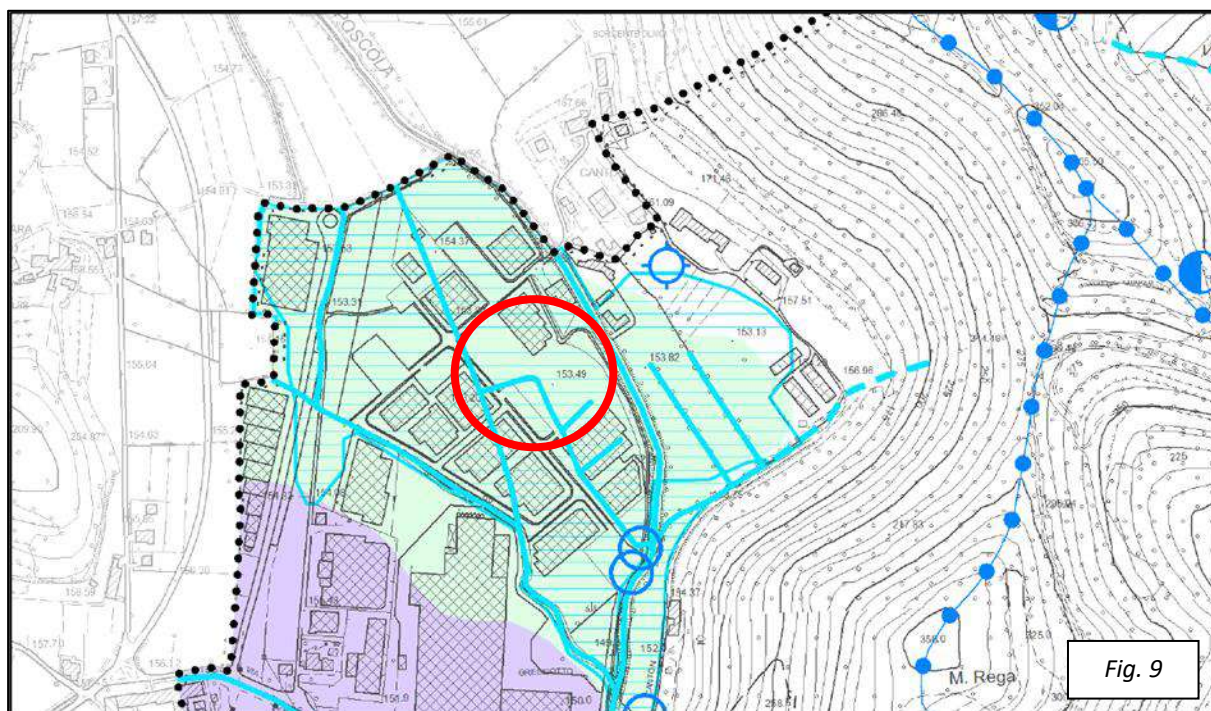
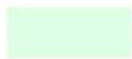


Fig. 9



Area soggetta a inondazioni periodiche

I-SUP-16



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

I-SOT-01a

Dal punto di vista idrogeologico, nei fori delle prove penetrometriche è stata rilevata la presenza di falda idrica alla profondità di 3,00 m dal p.c. locale. Non si escludono temporanee fluttuazioni del livello statico della falda, con innalzamenti che possono interessare direttamente i primi metri di sottosuolo.

Per completare il quadro geologico generale, è stato preso in considerazione il quadro conoscitivo redatto a corredo del Piano di Assetto Territoriale PAT del Comune di Castelgomberto (Fig. 16 – Estratto dalla Carta Idrogeologica, non in scala), di cui si riporta l'estratto relativamente alla carta idrogeologica: in tale cartografia è presente la falda idrica, che presenta un valore di soggiacenza compreso tra 0 e 2 m dal p.c. locale.

3. STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA

3.1. Premesse

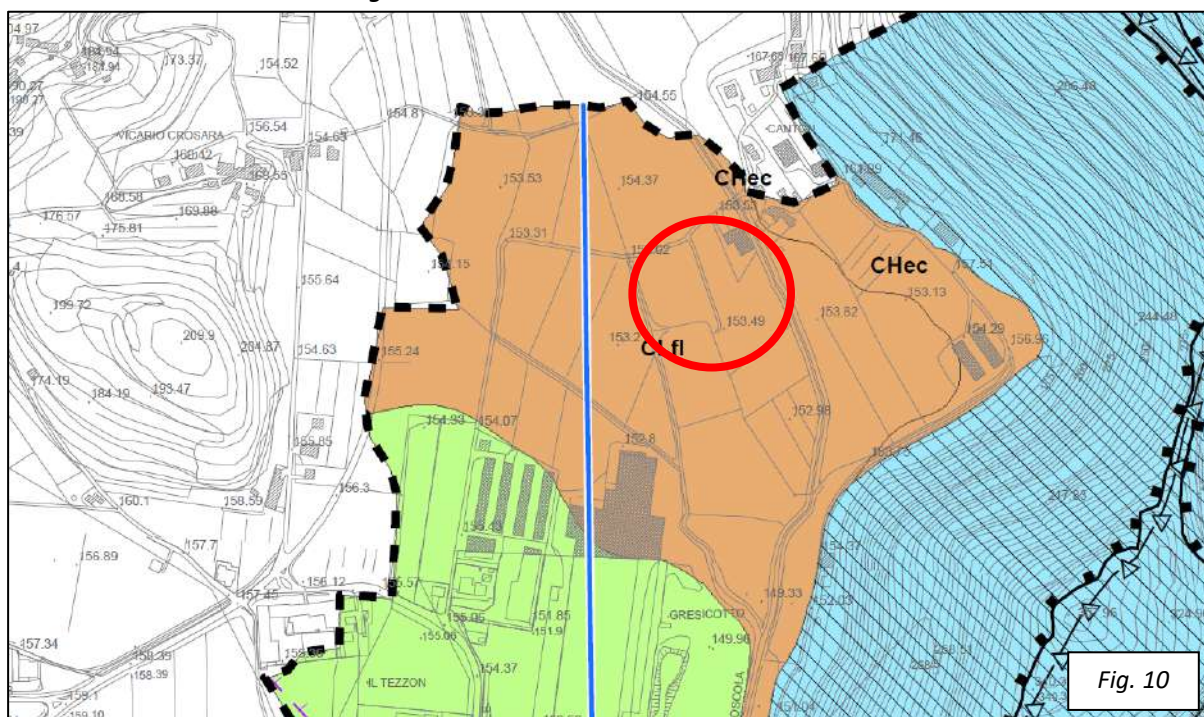
Il Comune di Castelgomberto è in possesso dal giugno 2014 dello Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 e 2.

Gli studi di microzonazione sismica sono suddivisi in 3 livelli crescenti di approfondimento e dettaglio.

Il primo livello risulta propedeutico ai veri e propri studi di MS; si basa prevalentemente sulla raccolta di dati preesistenti che vengono elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee in prospettiva sismica.

Il Livello 2 associa alle zone omogenee dei parametri quantitativi di interesse ingegneristico, utilizzando allo scopo ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce la “Carta di microzonazione sismica”; infine, il terzo livello 3 quantifica numericamente l’amplificazione del moto sismico atteso in superficie tramite un’analisi monodimensionale o bidimensionale, a seconda delle condizioni geologiche-topografiche del sito d’indagine, e restituisce una “Carta di microzonazione sismica” con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

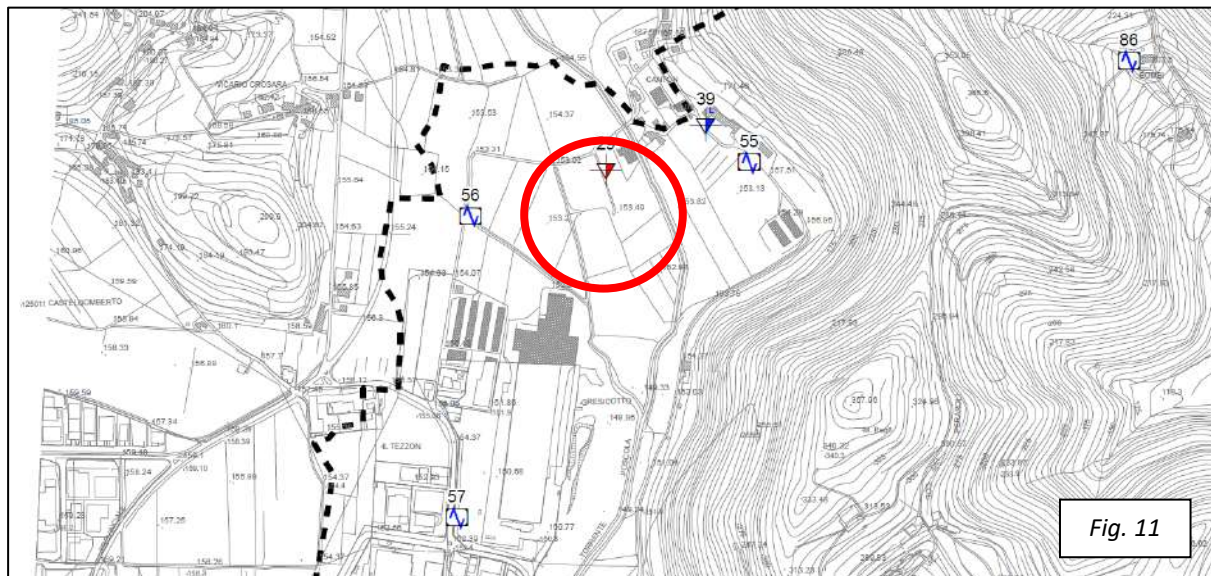
3.2. MS Livello 1 – Carta Geologico-Tecnica







CLfl Argille inorganiche di media – bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre – Deposito fluvio lacustre

Per quanto riguarda la “Carta Geologico Tecnica” (Fig. 10 – Estratto dalla Carta Geologico Tecnica, non in scala) redatta per lo Studio di Microzonazione Sismica di 1° livello per il Comune di Castelgomberto, si evince che l’area in studio ricade all’interno della perimetrazione di “CLfl - Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre di deposito fluvio lacustre”.

3.3. MS Livello 2 – Carta delle Indagini

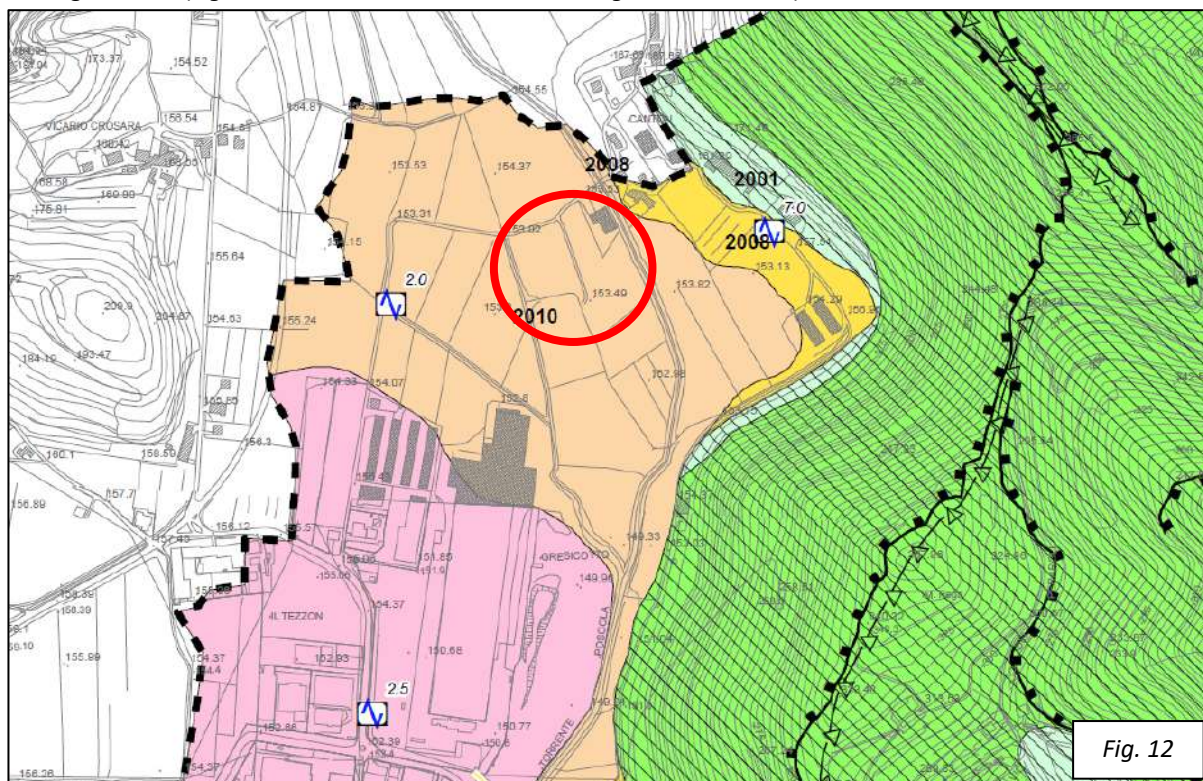


-  CPT - Prova penetrometrica statica con punta meccanica
-  DL - Prova penetrometrica dinamica leggera
-  DN - Prova penetrometrica dinamica media
-  DP - Prova penetrometrica dinamica pesante
-  DS - Prova penetrometrica dinamica super-pesante
-  HVSR - Stazione microtremore a stazione singola
-  T - Trincea o pozzetto esplorativo
-  S - Sondaggio a carotaggio continuo

Per quanto riguarda la “Carta delle Indagini” sono presenti alcune indagini nell’area in studio. Nell’area è catalogata la prova penetrometrica statica con codice 29; Sono inoltre presenti delle misurazioni HVSR (56 e 55) oltre che ad una prova penetrometrica leggera. (Fig. 11 – Estratto dalla Carta delle Indagini, non in scala).

3.4. MS Livello 2 – Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

È stata inoltre presa in considerazione la “Carta Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica” per il Comune di Castelgomberto (Fig. 12 – Estratto dalla Carta delle Indagini, non in scala).



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

	Zona 1 - 2001		Zona 11 - 2011
	Zona 2 - 2002		Zona 12 - 2012
	Zona 3 - 2003		Zona 13 - 2013
	Zona 4 - 2004		Zona 14 - 2014
	Zona 5 - 2005		Zona 15 - 2015
	Zona 6 - 2006		Zona 16 - 2016
	Zona 7 - 2007		Zona 17 - 2017
	Zona 8 - 2008		
	Zona 9 - 2009		
	Zona 10 - 2010		

Per quanto riguarda l’area interessata dall’opera, ricade all’interno della perimetrazione “Zona 2010” delle zone stabili suscettibili di amplificazioni.

3.5. MS Livello 2 – Carta di Microzonazione Sismica

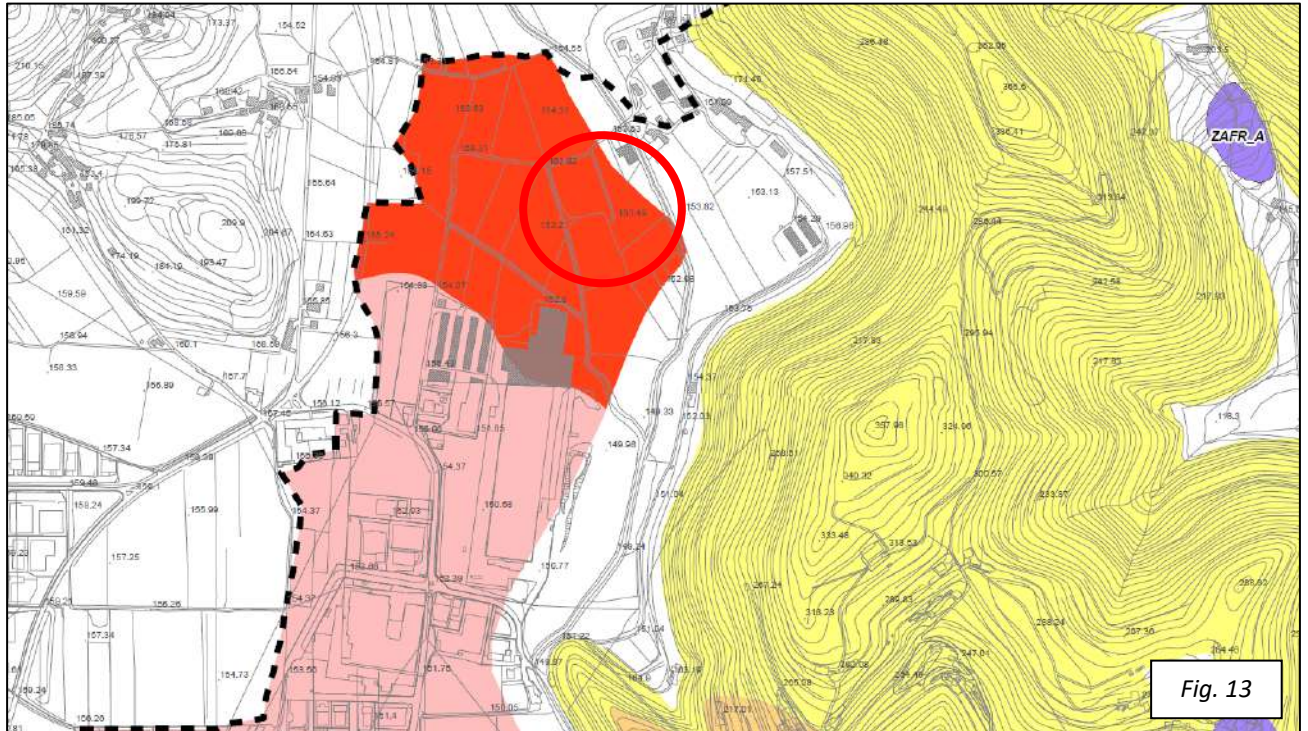
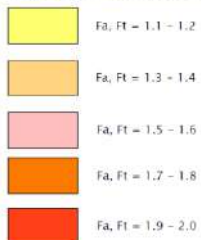


Fig. 13

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



È stata infine presa in considerazione la “Carta di Microzonazione Sismica – Carta dei Fattori di amplificazione” per il Comune di Castelgomberto. In questa cartografia, vengono riportate le aree che, a seguito delle indagini eseguite, vengono classificate in base alla loro instabilità in funzione di determinati parametri opportunamente calcolati in funzione dell’assetto geologico, strutturale e geomorfologico dell’area e a cui infine, viene assegnato un fattore di amplificazione calcolato secondo gli Abachi ICMS (Fig. 13 – Estratto dalla Carta delle Indagini, non in scala).

Nella cartografia, l’area di indagine ricade in parte all’interno della perimetrazione con Fattore di Amplificazione FA 1,9 – 2,0.

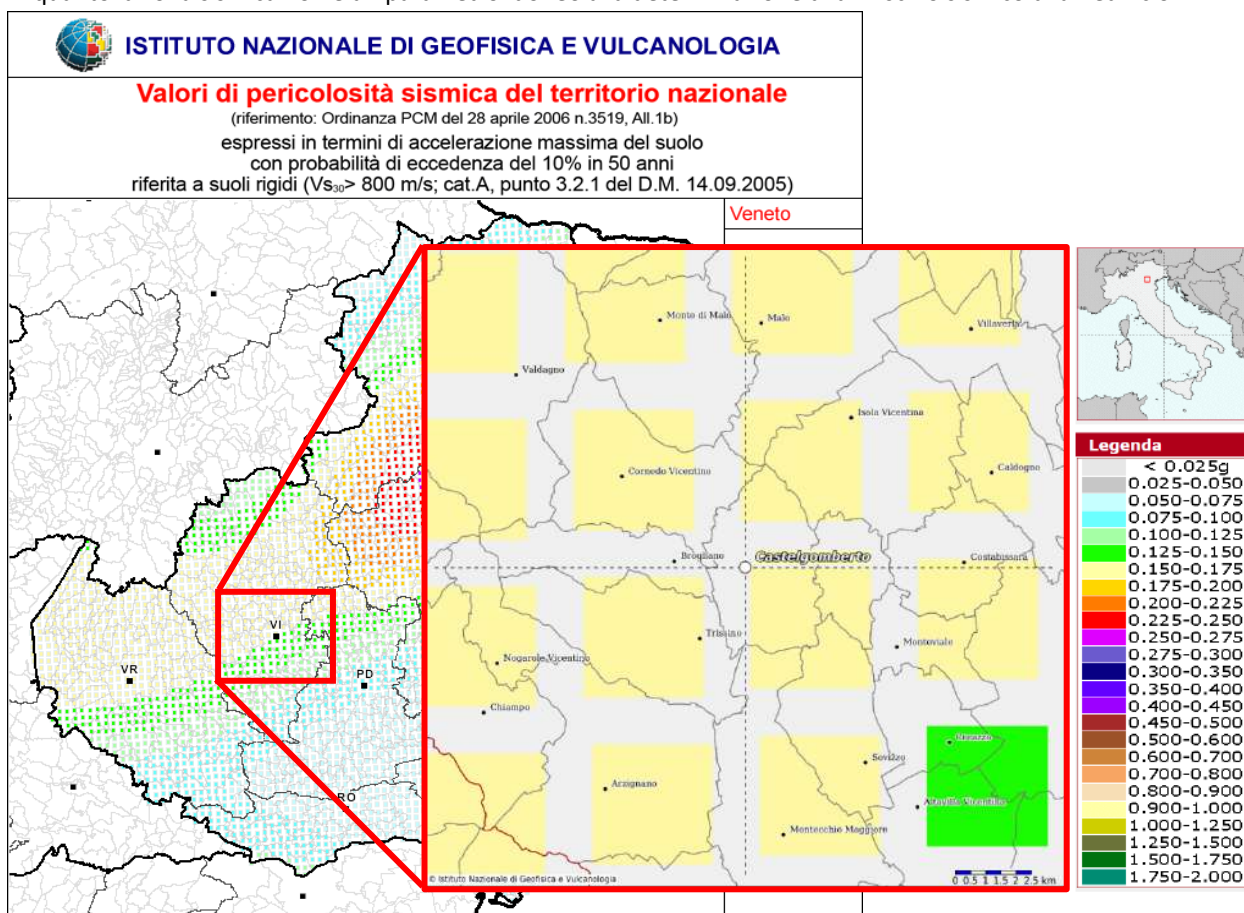
4. MODELLO SISMICO LOCALE

4.1. Azione sismica di base

Sulla base dell'Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n.108 del 11/05/06 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", il **Comune di Castelvetro** è inseribile interamente nella fascia distinta da un valore di accelerazione sismica orizzontale a_g riferito a suoli rigidi subpianeggianti caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s compreso tra **0,150g e 0,175g** (valori riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni – mappa 50° percentile), ovvero in **Zona 2**, secondo l'O.P.C.M. n° 3519.

Per gli aspetti amministrativi, il **Comune di Castelvetro** rientra in **Zona 2**, come classificato nell'elenco (allegato B) dell'Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto. D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, articolo 83, comma 3; D. Lgs 31 marzo 1998, n. 112, articoli 93 e 94. D.G.R./CR n. 1 del 19/01/2021.

Con l'entrata in vigore delle NTC 2018 la classificazione in zone sismiche ha valenza puramente amministrativa, in quanto la zona sismica non è un parametro idoneo alla determinazione di un rischio sismico di un edificio.



A partire dal 2008, con l'entrata in vigore delle NTC'08, si definiscono le azioni sismiche di progetto, che si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base mediante un approccio "sito dipendente".

La pericolosità sismica deriva da studi condotti a livello nazionale, definita in termini di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta nelle condizioni di sito rigido, in corrispondenza di un reticolo di riferimento e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_r ricadenti in un intervallo compreso tra 30 e 2475 anni.

Dr. Geol. RIMSKY VALVASSORI – Studio di Geologia Tecnica

✉ 36100 VICENZA – Via dell'Oreficeria, 30/L

☎ 0444.340136 - ☎ 0444.809179 - Ordine dei Geologi del Veneto n°507

C.F. VLVRSK71H02A794P - P. IVA 02662110242

📧 info@studiogeosistemi.it – http://www.studiogeosistemi.it

Per effetto di sito (risposta sismica locale) si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S).

L'azione sismica locale (di sito) è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo ("periodo di riferimento V_R "), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Il periodo di riferimento V_R di una costruzione si valuta moltiplicando la vita nominale V_N (numero di anni nel quale la struttura deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata) per il coefficiente d'uso C_U della costruzione, che definisce l'importanza strategica della costruzione stessa. Esso riveste notevole importanza in quanto è utilizzato per valutare il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica, una volta fissata la probabilità di superamento corrispondente allo stato limite considerato.

Una volta stabilito il T_R dell'azione sismica cui fare riferimento è possibile definire la pericolosità sismica di base per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dall'INGV, dove le forme spettrali di riferimento sono definite, per ciascuna delle probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, partendo dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- *ag* – accelerazione orizzontale massima al sito;
- *Fo* – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- *T*C* – periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

L'azione sismica di base così individuata deve essere necessariamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sito e della morfologia della superficie (risposta sismica locale), in riferimento al tipo di opera in progetto.

4.2. Definizione della categoria topografica e della categoria di sottosuolo (stratigrafica)

Categoria topografica

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale definendo le condizioni topografiche del sito, in riferimento alle caratteristiche della superficie topografica, come illustrato nella tabella seguente.

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 $i > 30^\circ$

Il sito in oggetto appare caratterizzato da un profilo **T1**.

Categoria stratigrafica

Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H/V = 1$) con quello effettivamente misurato in superficie.

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

$$f_n = 1 / T_n = (V_s * (2n - 1)) / (4 * H) \quad \text{con } n = 1, 2, \dots, \quad [6.1]$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno.

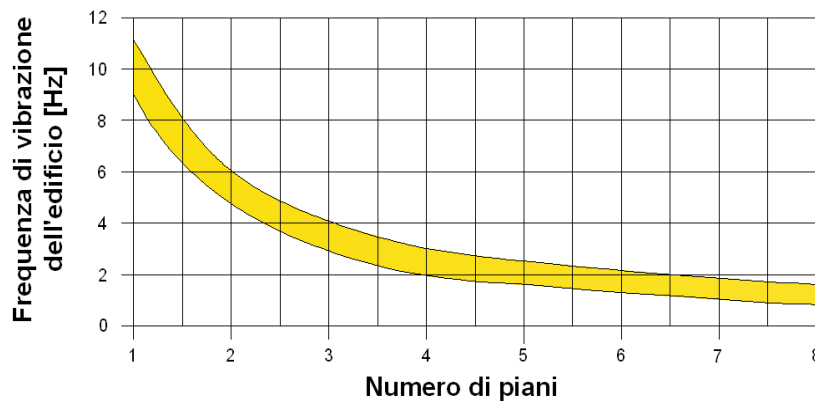
Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito, denominata **frequenza fondamentale di risonanza**:

$$f_1 = 1 / T_1 = V_s / 4H \quad [6.2]$$

È necessario porre estrema attenzione a fenomeni di “doppia risonanza”, cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero, a dir poco, gravose.

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

$$\text{freq. naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [6.3]$$



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

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [6.4]$$

V_{s,eq} = valore di velocità delle onde di taglio [m/s];
H = profondità del substrato, caratterizzato da Vs non inferiore a 800 m/s;
h_i = spessore dello strato *i* – esimo [m];
v_i = velocità delle onde di taglio nello strato *i* – esimo [m/s]

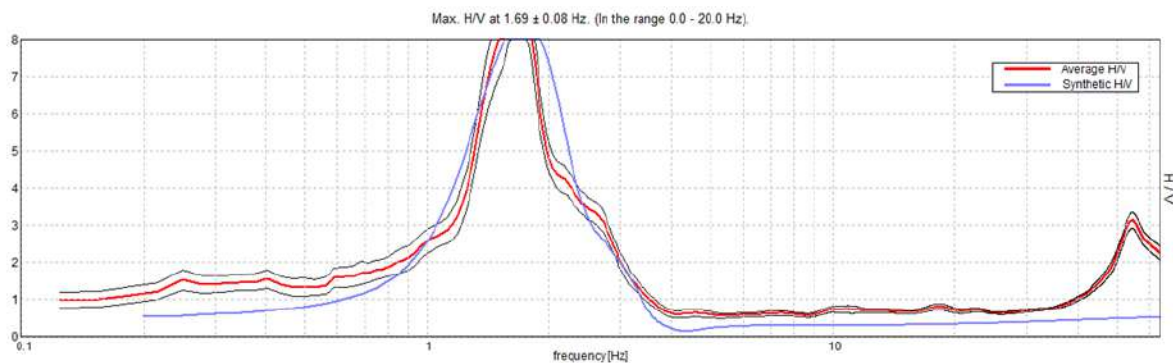
Nel caso specifico del sito in esame si è cercato di correlare i valori di picco dello spettro di risposta H.V.S.R. con le frequenze proprie di risonanza del terreno. Si è inoltre individuata una corrispondenza tra i valori di frequenza di origine naturale ed i cambi litologici presenti nel sottosuolo. Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell’onda di Rayleigh ed i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica.

Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità [m] dell’orizzonte che genera il contrasto d’impedenza ed utilizzando le informazioni lito - stratigrafiche ricavate dalle prove penetrometriche effettuate nell’area d’indagine si è estrapolata una sismo-stratigrafia del sottosuolo.

HVSR 1

La frequenza caratteristica di risonanza di sito, generata dal contrasto sismico più elevato, è risultata di circa 1,69 Hz:

Frequenza fondamentale di risonanza registrata
1,69 ± 0,08 Hz



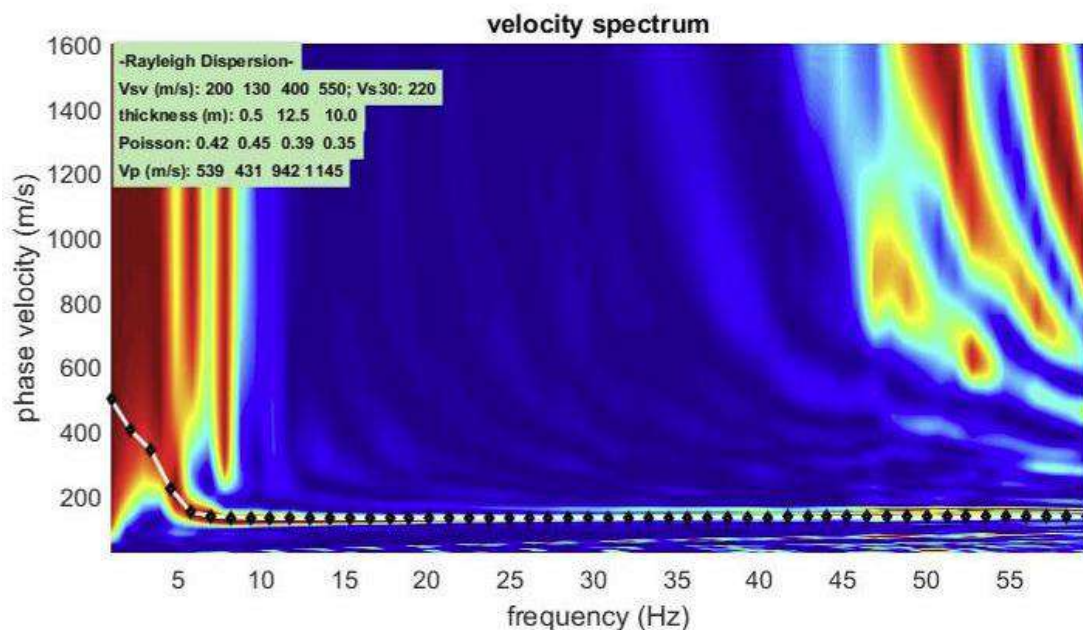
La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo.

La ricostruzione sismo-stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di materiali discretamente addensati fino a circa 0,50/1,00 m dal p.c. locale (vedi modello sismo-stratigrafico interpretativo riportato a seguire), con $V_s \approx 240$ m/s. Per valori di profondità maggiori, il sottosuolo risulta costituito da materiali che presentano valori di rigidità inferiori in corrispondenza di orizzonti prevalentemente coesivi ($V_s \approx 160$ m/s). Più in profondità, si rinvenivano materiali con valori di rigidità progressivamente crescenti ($V_s \approx 400 - 680$ m/s). Quel materiale che, dal punto di vista sismico, si comporta come un *bedrock geofisico* ($V_s > 800$ m/s) non è stato intercettato.

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

H.V.S.R.	Spessori [m]	Velocità onde di taglio [m/s]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	1.00	240	0,00 – ≈ 1,00
II SISMOSTRATO	15.00	160	≈ 1,00 – ≈ 16,00
III SISMOSTRATO	66.00	390	≈ 16,00 – ≈ 66,00
IV SISMOSTRATO	inf.	680	≈ 66,00 – Semisp.

MASW 1

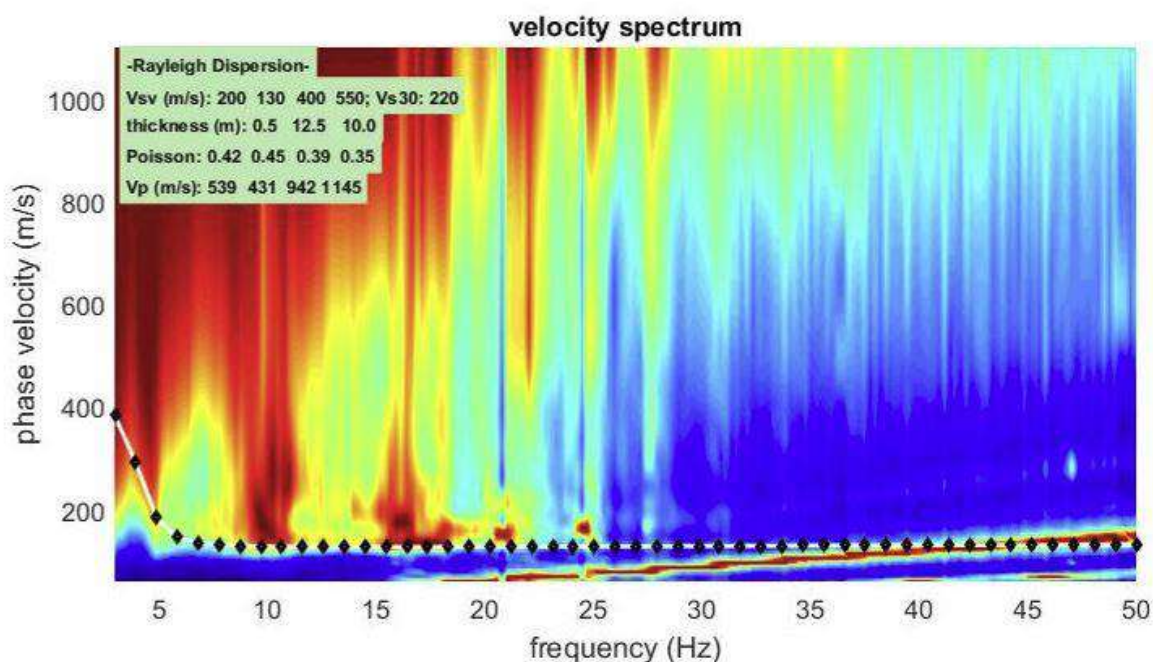


La ricostruzione sismo-stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di materiali discretamente addensati fino a circa 0,50 m dal p.c. locale (vedi modello sismo-stratigrafico interpretativo riportato a seguire), con $V_s \approx 200$ m/s. Per valori di profondità maggiori, il sottosuolo risulta costituito da materiali che presentano valori di rigidità inferiori ($V_s \approx 130$ m/s). A 13 m di profondità da p.c. si registrano valori di rigidità crescenti ($V_s \approx 400$ m/s). Quel materiale che, dal punto di vista sismico, si comporta come un *bedrock geofisico* ($V_s > 800$ m/s) non è stato intercettato.

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

MASW	Spessori [m]	Velocità onde di taglio [m/s]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	0,50	200	0,0 – 0,50
II SISMOSTRATO	12,50	130	$\approx 0,50 - \approx 13,00$
III SISMOSTRATO	10,00	400	$\approx 13,00 - \approx 23,00$
IV SISMOSTRATO	-	550	$\approx 23,00 - \approx \dots$

Re.Mi.



La ricostruzione sismo-stratigrafica di sito ha evidenziato la presenza di materiali discretamente addensati fino a circa 0,50 m dal p.c. locale (vedi modello sismo-stratigrafico interpretativo riportato a seguire), con $V_s \approx 200$ m/s. Per valori di profondità maggiori, il sottosuolo risulta costituito da materiali che presentano valori di rigidità inferiori ($V_s \approx 130$ m/s). A 13 m di profondità da p.c. si registrano valori di rigidità crescenti ($V_s \approx 400$ m/s). Quel materiale che, dal punto di vista sismico, si comporta come un *bedrock geofisico* ($V_s > 800$ m/s) non è stato intercettato.

ReMi	Spessori [m]	Velocità onde di taglio [m/s]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	0,50	200	0,0 – 0,50
II SISMOSTRATO	12,50	130	$\approx 0,50 - \approx 13,00$
III SISMOSTRATO	10,00	400	$\approx 13,00 - \approx 23,00$
IV SISMOSTRATO	-	550	$\approx 23,00 - \approx \dots$

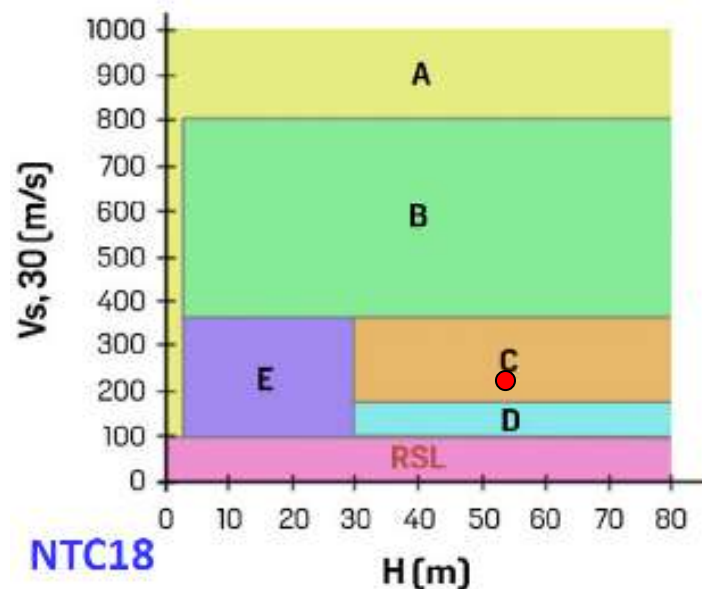
La stima del parametro $V_{s,eq}$ è stata effettuata, come esplicitamente richiesto dalle N.T.C. del 17 gennaio 2018, per l'assegnazione della categoria di sottosuolo. Dall'indagine sismica effettuata e dal modello sismico ricavato è stato possibile calcolare la velocità di propagazione delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni. A seguire si riportano i valori di $V_{s,eq}$ ipotizzando varie profondità delle fondazioni.

Profondità piano posa fondazioni	0 m da p.c.	1 m da p.c.	2 m da p.c.
HVSR	224 m/s	229 m/s	231 m/s
MASW/ReMi	220 m/s	227 m/s	238 m/s
MEDIA	222 m/s	228 m/s	235 m/s

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto le tipologie del suolo di fondazione vengono suddivise in due gruppi: il primo gruppo è definito da 5 categorie (A, B, C, D, E) di profili stratigrafici, e permette l'utilizzo di un approccio semplificato, mentre il secondo gruppo comprende qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti: per tali condizioni è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche. I terreni sono classificati nelle categorie elencate in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s). Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$ (velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità).

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

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso da tale studio e dalle indicazioni normative si prevede l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria C**; si riporta uno schema che illustra la categoria di suolo attribuita al sito in oggetto, in riferimento alla normativa vigente, considerando quindi la velocità di propagazione delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni ($V_{s,eq}$) e lo spessore dei depositi (H) posti al di sopra del *bedrock geofisico*.



4.3. Azione sismica locale (di sito)

Ai fini delle NTC l'azione sismica è caratterizzata da n. 3 componenti (X, Y, Z) tra loro indipendenti. Tali componenti possono essere descritte mediante accelerazione massima attesa in superficie, accelerazione massima e relativo spettro attesi in superficie o accelerogrammi. La rappresentazione di riferimento per le componenti dell'azione sismica è lo spettro di risposta elastico in accelerazione per uno smorzamento convenzionale del 5%; la categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro di risposta. Dal quadro geologico emerso dal presente studio, si possono quindi attribuire i seguenti parametri, tra cui l'accelerazione massima attesa al sito in relazione al tipo di opera e ciascuno stato limite di riferimento, per la definizione dell'azione sismica locale:

Opera in esame

Classe: II

Vita Nominale: 50


Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

Parametri sismici

Categoria di sottosuolo: C

Categoria topografica: T1



Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc ² [s]
Operatività (SLO)	30	0.043	2.457	0.239
Danno (SLD)	50	0.057	2.513	0.249
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.161	2.419	0.282
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.208	2.458	0.285
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 | us' (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,47	1,39
CC Coeff. funz categoria	1,68	1,66	1,59	1,59
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.017	0.057	0.081
kv	0.006	0.009	0.028	0.041
Amax [m/s ²]	0.634	0.845	2.327	2.840
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

5. CONCLUSIONI

Sulla base di quanto argomentato, si ritiene che il progetto relativo all'ampliamento di un fabbricato industriale sito in Via della Scienza, in Comune di Castelgomberto sia compatibile dal punto di vista sismico.

La verifica strutturale degli edifici dovrà tenere in debito conto i fattori di amplificazione riportati nello Studio di MS di livello 2 ,eventualmente approfondendo tale tematica con specifiche indagini ed analisi.

Vicenza, luglio 2023



Dr. Geol. Rimsky Valvassori