



## COMMITTENTE

## TECHBAU GREEN ENERGY SRL

Head office:  
Via del Lago, 57  
28053 Castelletto Sopra Ticino (NO) / Italy  
Phone +39 0323 589 500  
info@techbau.it  
[www.techbau.it](http://www.techbau.it)

## GENERAL CONTRACTOR

Techbau S.p.A.  
Società a socio unico

Head office:  
Via del Lago, 57  
28053 Castelletto Sopra Ticino (NO) / Italy  
Phone +39 0323 589 500  
Fax +39 0323 589 501  
info@techbau.it  
[www.techbau.it](http://www.techbau.it)

# Techbau

Engineering & Construction



00	16/07/2024	Progetto Definitivo	G.A.	G.A.
REV.	DATA Date	DESCRIZIONE Description	PE Drawn by	PM Appr. by
LUOGO	Site			

## MASSERANO - LOCALITA' REGIONE QUATTRO MADAME

## PROGETTO Project

## AREA EX FORNACI

## OGGETTO Subject

## REALIZZAZIONE ED ESERCIZIO DI UN LOTTO DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI DELLA POTENZA DI 15,73 MWp E DELLE OPERE DI CONNESSIONE

## TEAM DI PROGETTO:



## Geom. Sigismondo Inglese

Corso Libertà, 294 - 13100 Vercelli (VC)  
mail: sigismondo.inglese@studioassociatoinglese.it - info@studioassociatoinglese.it  
SOCI  
Valentina Barbonaglia  
Marco Paolo Inglese  
Sigismondo Inglese  
Marco Vignaduzzo

## Progettazione ambientale e paesaggistica

## Arch. Armando Domenico Cuccarese

Via Pietro Belon, 141 - 00169 Roma (RM)  
mail: armandocuccarese@gmail.com  
COLLABORATORI  
Teresa Cuccarese  
Elena D'Angelo

## Progettista impianto

## Ing. Arnaldo Ballarè

Via F.lli Zanchi 3 - 24022 Alzano Lombardo (BG)  
mail: arnaldo.ballare@pv1.it

## Progettista strutturale

## Ing. Alessandro Bertozzi

Piazza degli Alpini, 2 - 25039 Travagliato (BS)  
mail: alessandro@bertozzinegegneria.it  
COLLABORATORI  
Michele Bertelli  
Gala Bertoglio

## Agronomo

## Dott. Agr. Marco Giorgetti

Via al Bacino, 10 - 21020 Bodio Lomnago (VA)  
mail: info@studiolandscape.eu

## Archeologo

## Intercultura - Archeol. Davide Casagrande

Corso Italia, 8 - 13041 Bianzè (VC)  
mail: intercultura@pec.it

## Geologo

## Dott. Geol. Gabriele Anselmi

Via Piemonte, 19 - 27028 San Martino Siccomario (PV)  
mail: gabriele.anselmi@3ba.it  
COLLABORATORI  
Marco Sala  
Marco Saleri

## Tecnico Acustico

## Ing. Alessandro Brosio

via Giolitti, 14 - 10098 Rivoli (TO)  
mail: alessandrobrosio@gmail.com

## Ingegneria ambientale

## ST&amp;A Progetti Srl - Ing. Claudio Tedesi

Cascina Monterosso - 20080 Vernate (MI)  
mail: info@steaprogetti.it  
COLLABORATORI  
Paolo Bovio

## TITOLO DOCUMENTO Document name

## PROGETTO GENERALE

## RELAZIONE GEOLOGICA

## CODICE ARCHIVIO Document Code

## SCALA Scale

---

## Il tecnico Technical designer

## NUMERO Number

REV.

## Geologo

## Dott. Geol. Gabriele Anselmi

Via Piemonte, 19 - 27028 San Martino Siccomario (PV)  
mail: gabriele.anselmi@3ba.it

04\_P.G.-27

**Provincia di BIELLA**  
**Comune di MASSERANO**



**San Giacomo del Bosco – Regione Quattro Madame**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

Dott. Geol. Gabriele Anselmi

00	17/07/2024	Emissione	M. Bont	M. Sala	G. Anselmi
<b>Rev.</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Redatto</b>	<b>Controllato</b>	<b>Approvato</b>



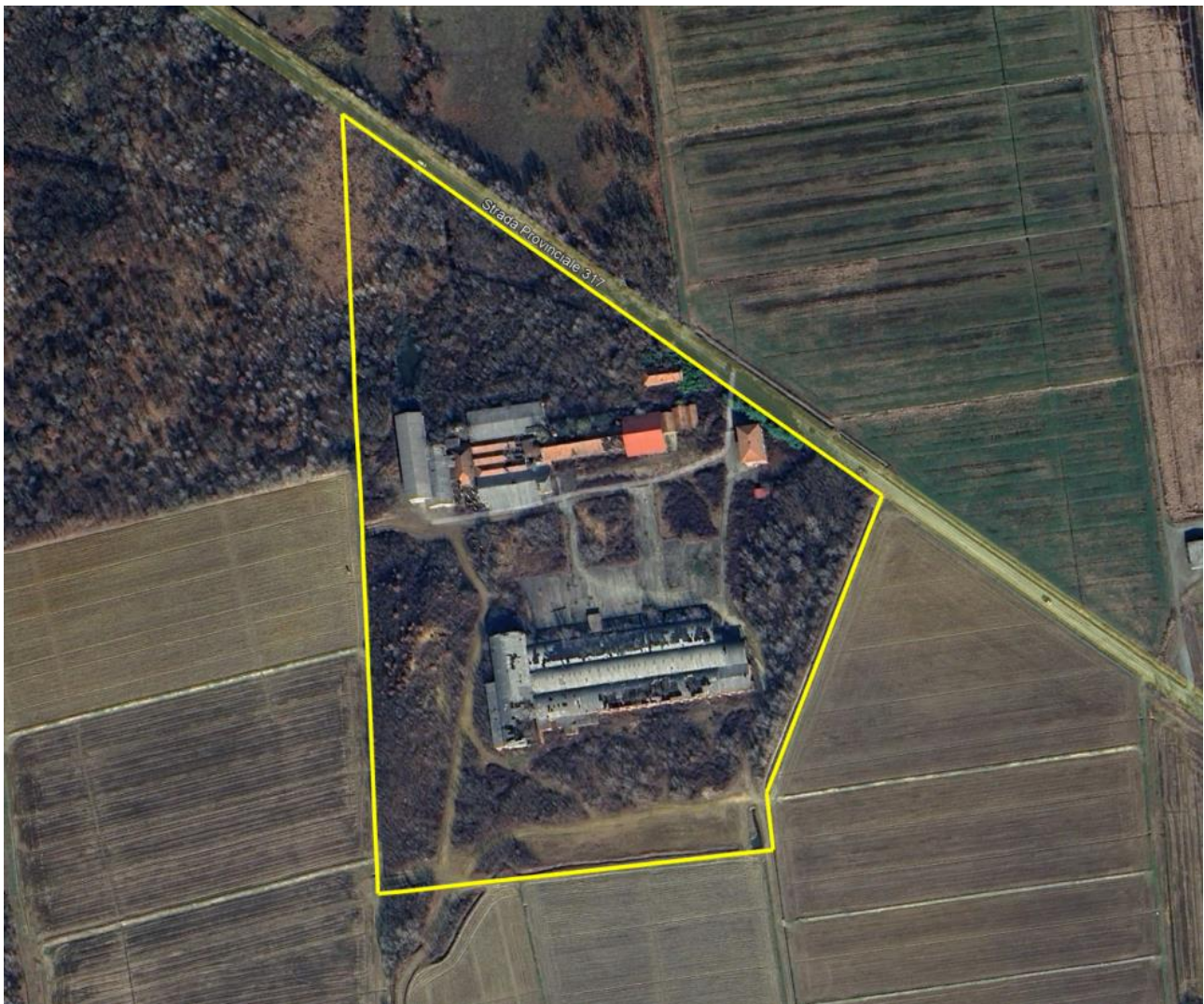
## **SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>MASTERPLAN DELL'AREA.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO COROGRAFICO .....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO.....</b>	<b>11</b>
7.1	PAI E VINCOLI.....	15
7.2	PGRA.....	17
<b>8</b>	<b>CARTA LITOTECNICA .....</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA.....</b>	<b>21</b>
<b>10</b>	<b>CAMPAGNA D'INDAGINE 2024 .....</b>	<b>23</b>
<b>11</b>	<b>STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>24</b>
<b>12</b>	<b>SISMICITA' .....</b>	<b>26</b>
12.1	CPTI15-DBMI15 V 2.0 .....	37
12.2	INDAGINI GEOFISICHE MASW.....	41
12.3	INDAGINI GEOFISICHE HVSR .....	45
12.4	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	49
12.5	CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	50
<b>13</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI MEDI.....</b>	<b>51</b>
<b>14</b>	<b>LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>52</b>
<b>15</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>54</b>



## 1 PREMESSA

La presente relazione geologica è redatta preliminarmente alla realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico nel Comune di Masserano (BI) in frazione San Giacomo del Bosco, Regione Quattro Madame, lungo la SP317. Il fine del presente documento è di produrre un inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico del sito d'interesse.



*Figura 1: area di intervento evidenziata in giallo.*

Tale relazione ottempera a quanto richiesto dal D.M. 17.01.2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.



## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- **D.G.R. 3 febbraio 2012, n. 7-3340:** Modifiche e integrazioni alle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011.
- **D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084: D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010.** Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese.
- **D.G.R. 18 febbraio 2011, n. 8-1517:** Modifica del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio piemontese come approvata con D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010 e ulteriori disposizioni.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione del territorio nazionale.
- **O.P.C.M. 3519 del 28/04/2006** (G.U. 11.5.2006 n.108) -Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- **O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003** (Supplemento ordinario alla G.U. 8.5.2003 n.105). Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- **OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- **Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 4-3084 del 12.12.2011** ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30 dicembre 2019.
- **D.M.17/01/2018 Contenente le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (NTC 2018)**
- **D.M.L.P. 11/3/88**



### 3 MASTERPLAN DELL'AREA

Si riporta di seguito il master plan dell'area oggetto di studio.

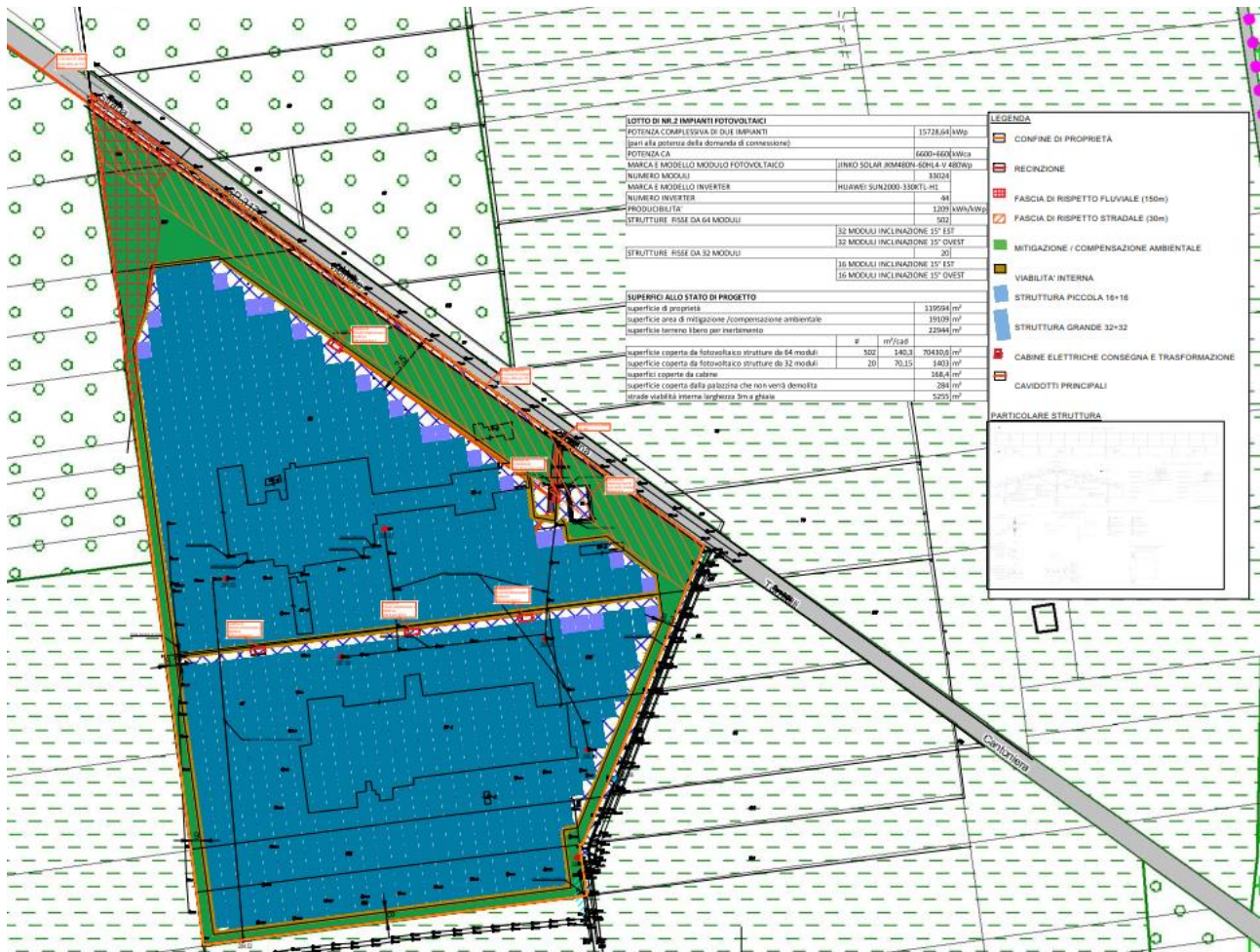


Figura 2: Masterplan dell'area di studio nel comune di Masserano

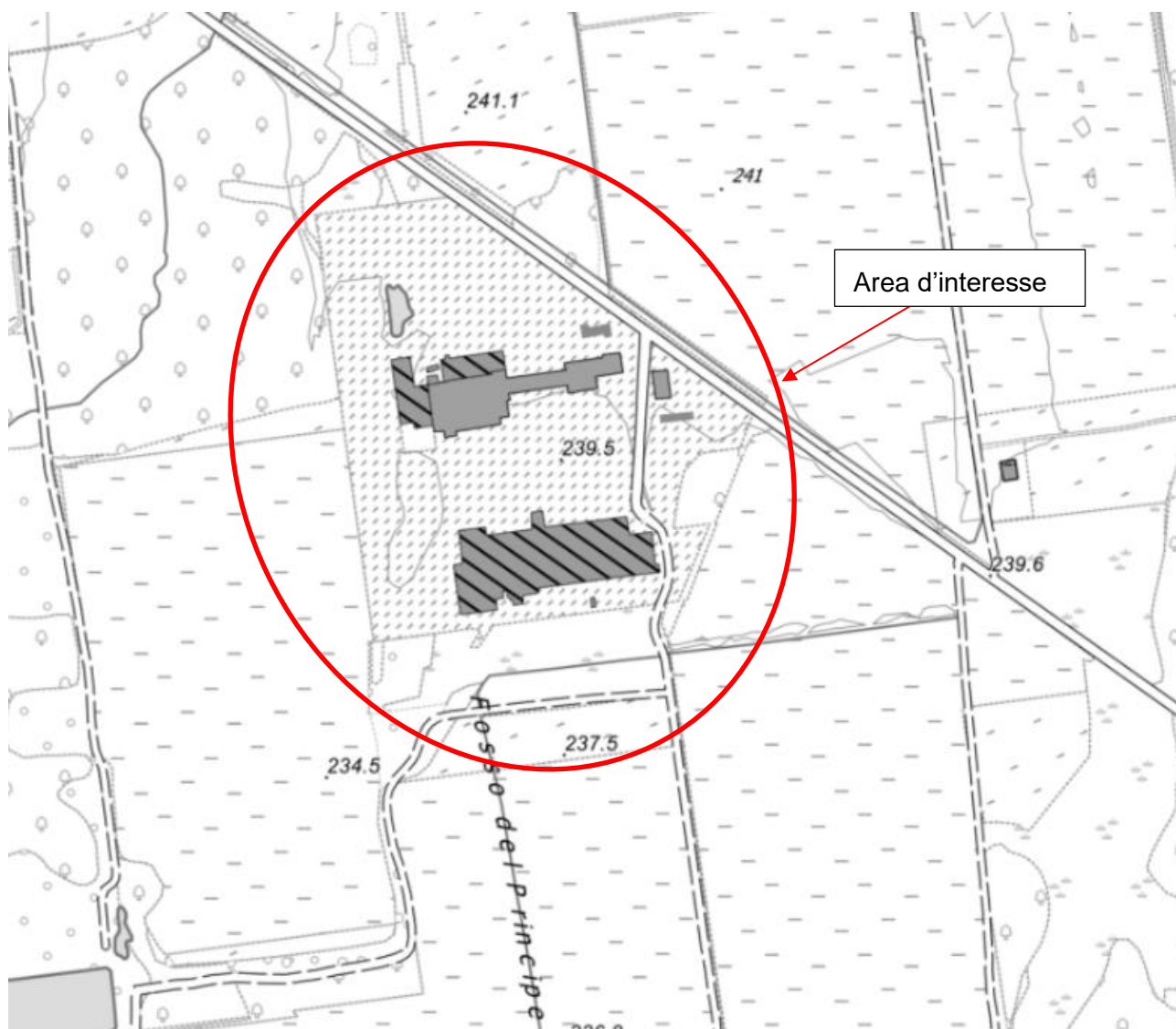


## 4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- Foglio 43 “Biella” della Carta Geologica d’Italia in scala 1:100.000;
- P.R.G.C. Comune di Masserano;
- PAI e PGRA Regione Piemonte;
- GeoPiemonte Map - ARPA Piemonte;
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2019. Italian Parametric Earthquake Catalogue (CPTI15), version 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>;
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. Bulletin of Earthquake Engineering. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>;
- A. Irace, P. Clemente, M. Natalicchio, L. Osella, S. Trenkwalder, D.A. De Luca, P. Mosca, F. Piana, R. Polino, D. Violanti “Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana Occidentale”)

## 5 INQUADRAMENTO COROGRAFICO

Il sito oggetto d'interesse si trova in frazione San Giacomo del Bosco, Regione Quattro Madame nella parte sud del comune di Masserano (BI). Di seguito viene riportata l'inquadramento dell'area su base BDTRE Regione Piemonte.



*Figura 3: Area d'intervento su CTR della Regione Piemonte in scala 1:10.000 (BDTRE Regione Piemonte). In rosso l'area d'interesse*

L'area d'interesse si trova a una quota compresa tra i 239 e i 243 m s.l.m., degradante verso sud.



## 6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area di interesse si trova nel settore occidentale delle Alpi Meridionali, che sono qui costituite dalle intrusioni erciniche e da vulcaniti di età permiana. Lo schema strutturale riportato a corredo dell'elaborato G3 "Carta geologica" del P.R.G.C. di Masserano, mostra come l'area risulti situarsi assai più a meridione della Linea della Cremosina. L'assetto strutturale è dominato da tre sistemi di dislocazione tettonica principali:

- un sistema di importanza regionale con direzione WSW-ENE, parallelo alla Linea della Cremosina;
- piani di dislocazione di importanza locale, prevalentemente disposti lungo la direzione NNW-SSE, perpendicolari al primo;
- un terzo sistema con direzione prevalente E-W, responsabile del ribassamento del blocco meridionale.

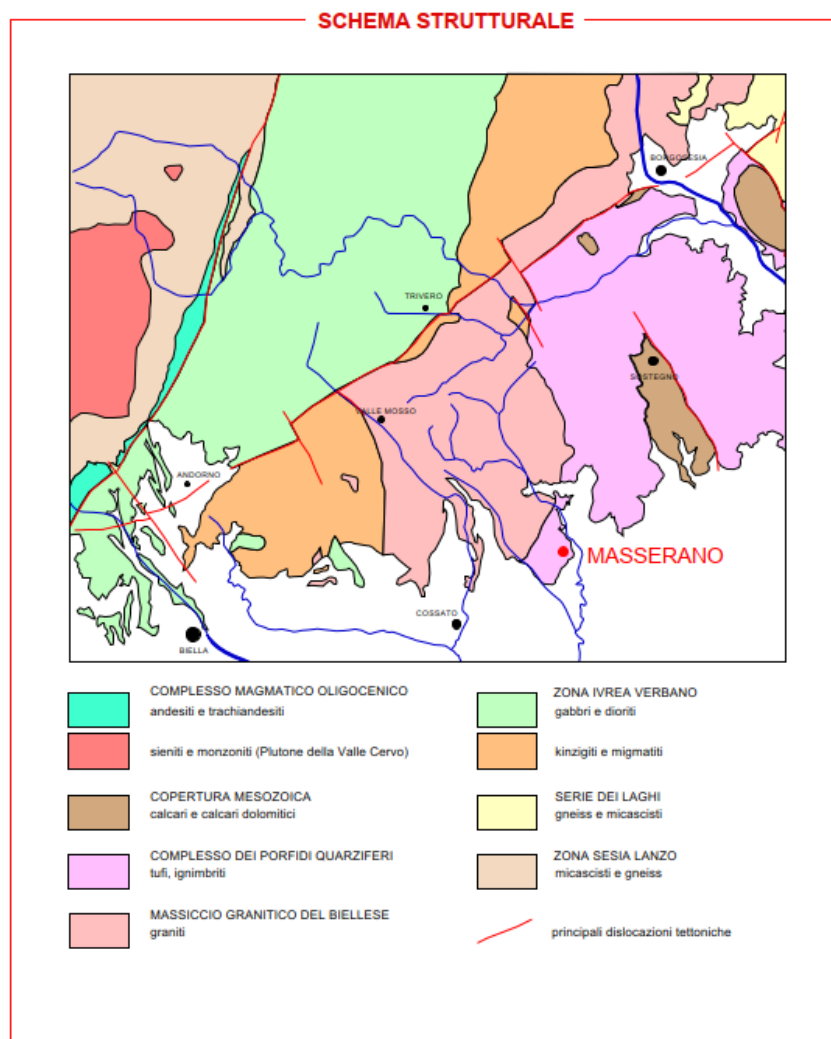


Figura 4: Schema strutturale, G3 "Carta geologica" del P.R.G.C. di Masserano

L'area d'intervento, come mostrato dallo stralcio della Carta Geologica d'Italia foglio 43 "Biella" sotto riportata, ricade all'interno delle alluvioni ghiaiose del fluvioglaciale del Riss fg<sup>R</sup>, alterate in terreno argilloso giallo-ocraceo per uno spessore massimo di 3 metri.

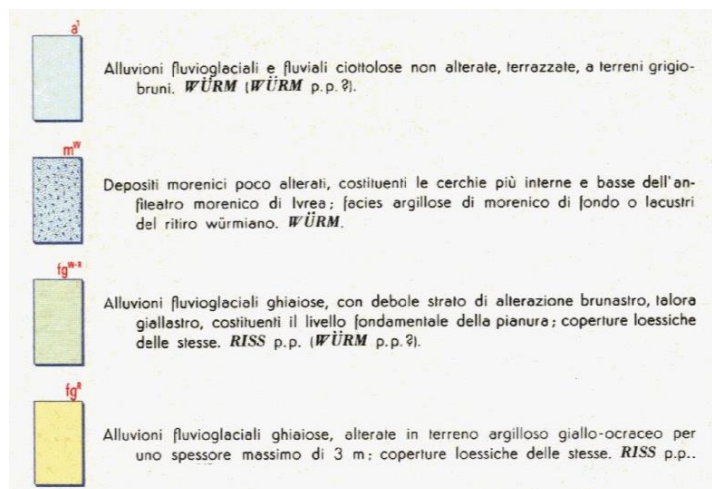
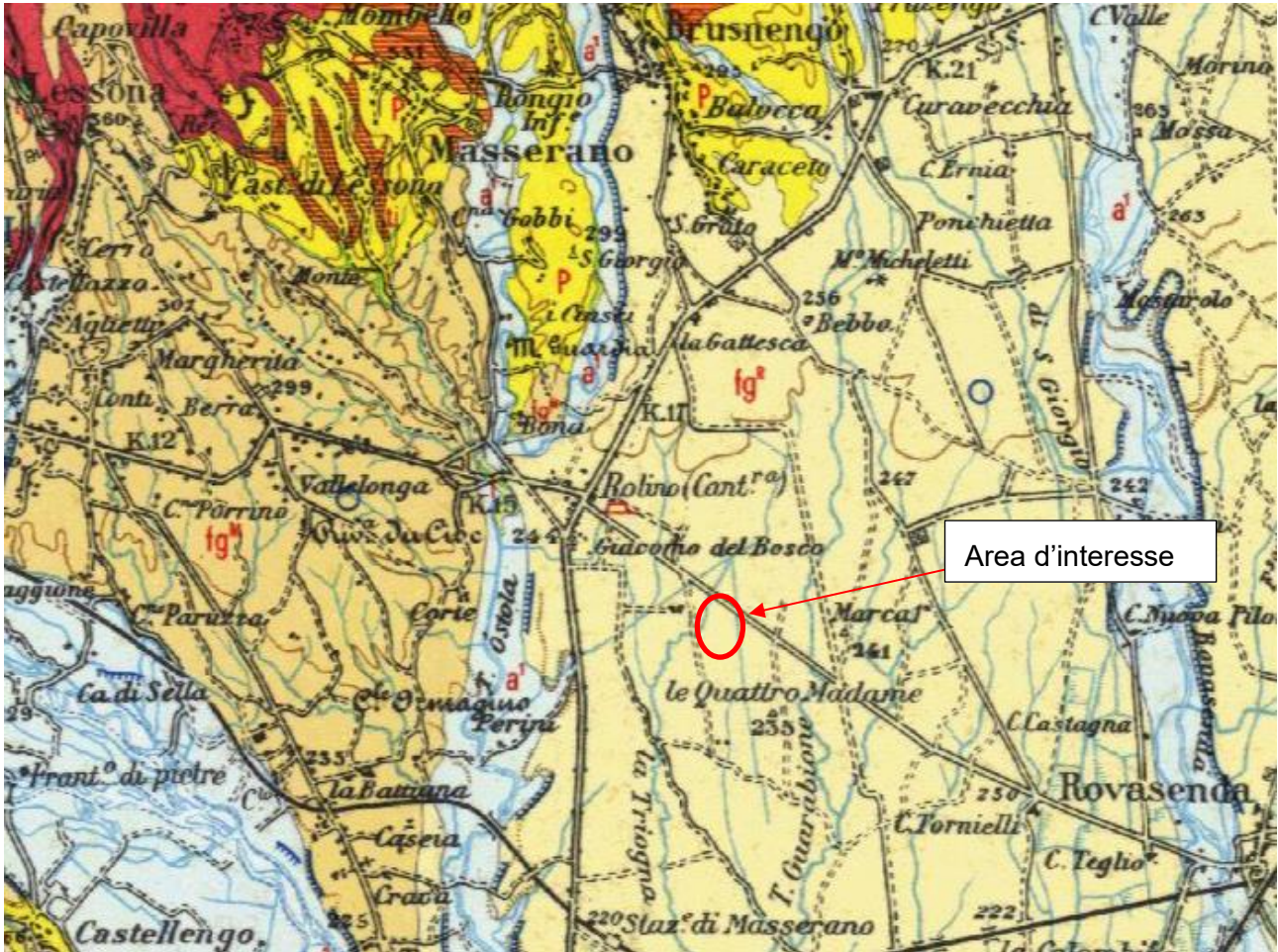


Figura 5: Stralcio del Foglio 43 "Biella" della carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e relativa legenda.

Nella figura seguente viene inquadrata l'area interessata dall'intervento all'interno dell'elaborato G3 "Carta geologica" del P.R.G.C. di Masserano.

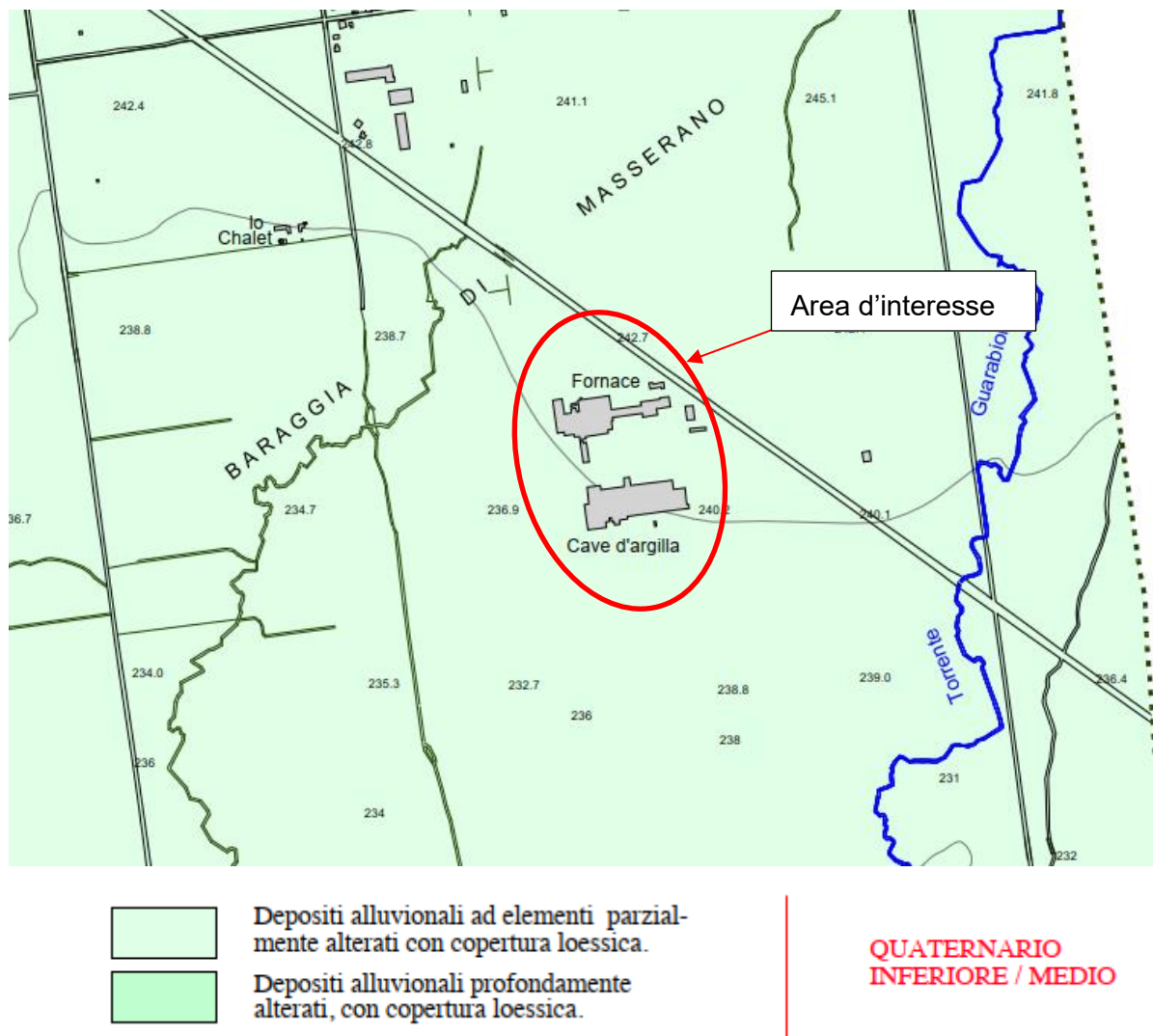


Figura 6: Stralcio dell'elaborato G3 "Carta geologica" del P.R.G.C. di Masserano e relativa legenda. In rosso l'area d'interesse.

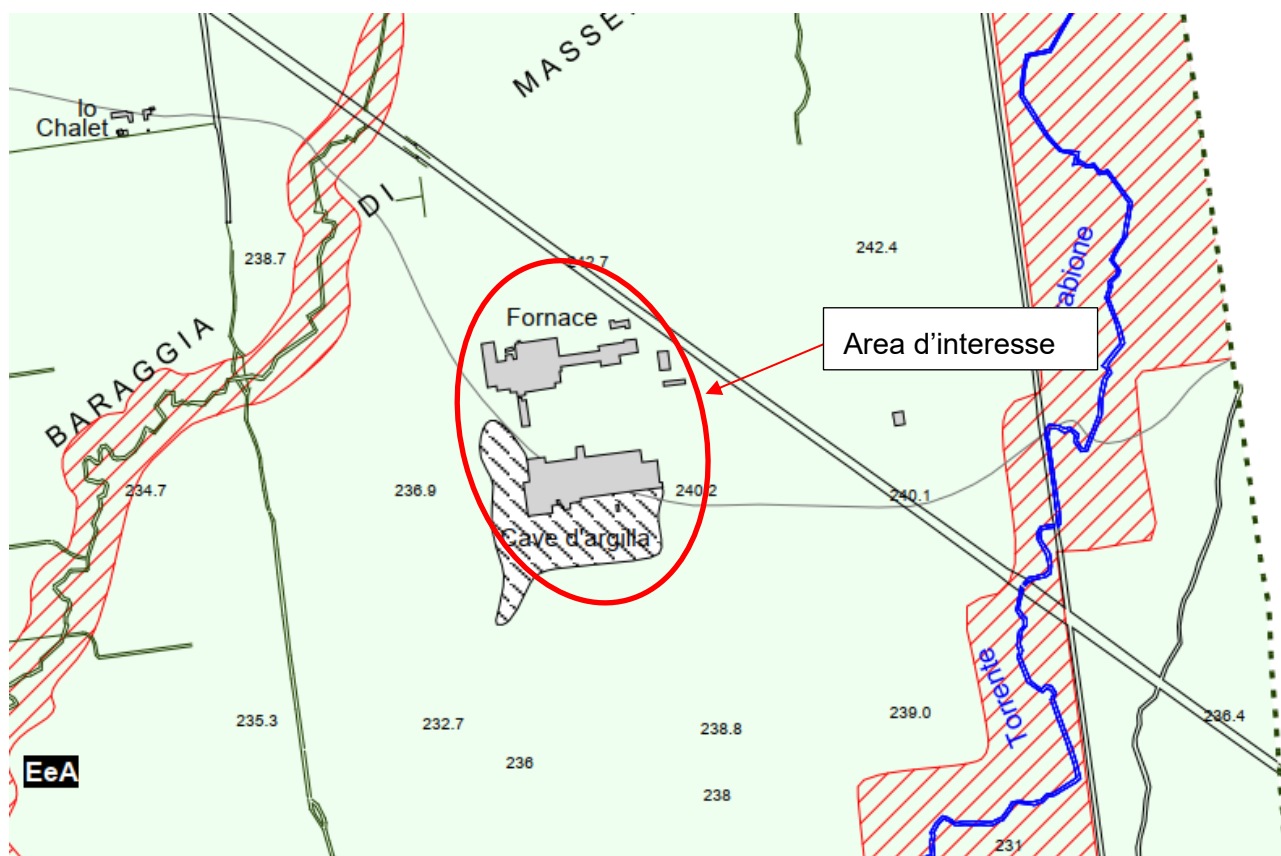
L'area d'interesse si trova in corrispondenza dei depositi alluvionali antichi del Quaternario inferiore e medio che costituiscono l'ampia piana che si sviluppa in sinistra del torrente Ostola, indicata come "Baraggia di Masserano". Si tratta di depositi alluvionali caratterizzati da un'alterazione più o meno spinta degli elementi ciottolosi e con coltre di copertura limosa di origine eolica (loess). La potenza media di tale complesso è dell'ordine di una decina di metri, con letto dato dai sedimenti pliocenici. I dati disponibili, provenienti dai pozzi terebrati nelle cascate circostanti, rivelano la presenza costante di una litozona coesiva superficiale di spessore plurimetrico seguita da una sottile litozona granulare caratterizzata da matrice coesiva.



Dal punto di vista geomorfologico l'area si trova nella "Piana della Baraggia", trattasi di una superficie subpianeggiante, con lievi ondulazioni tipiche dei settori di alta pianura del Quaternario medio. Questa pianura si sviluppa ad un'altitudine compresa tra 260 e 215 metri, in posizione rilevata rispetto al reticolato idrografico principale (torrente Ostola), la piana digrada verso SSW con pendenze dell'ordine dell'uno per cento. La porzione settentrionale, lungo la Strada Regionale 142 in località San Giacomo, si presenta estesamente modificata sia da insediamenti prevalentemente industriali che da aree già oggetto di escavazione di materiali argillosi e quindi in parte riutilizzate per lo smaltimento di rifiuti solidi urbani in impianto di discarica controllata.

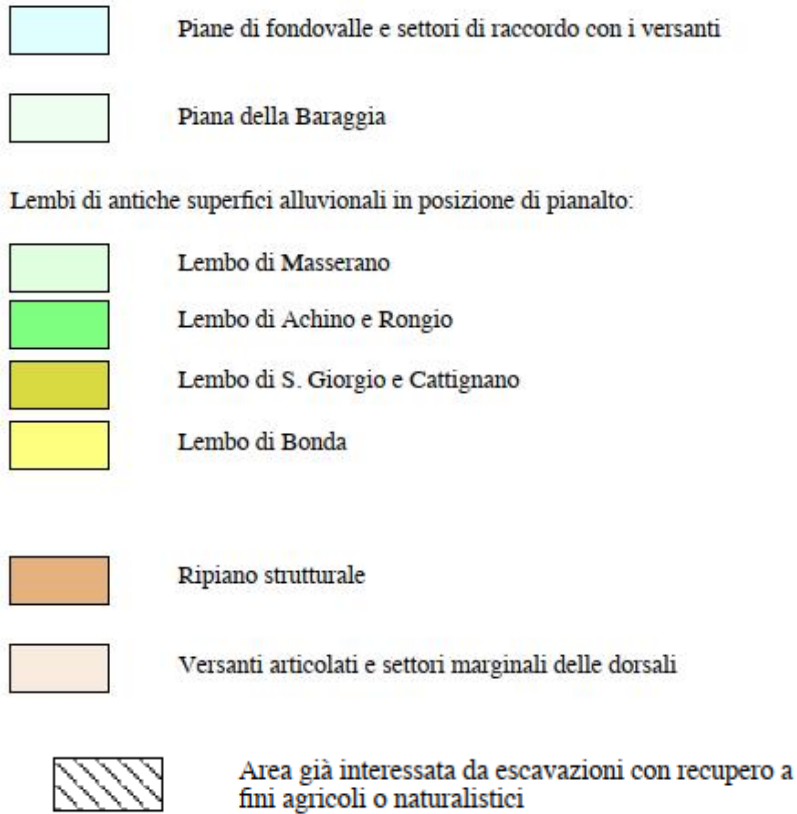
Verso meridione la Baraggia è interessata da prevalente utilizzo agricolo, con grande sviluppo negli ultimi decenni delle risaie e conseguente regolarizzazione morfologica per ottenere estese "camere di coltivazione" pianeggianti.

Nella figura seguente viene inquadrata l'area d'intervento all'interno dell'elaborato G4 "Carta geomorfologica e dei dissesti" del P.R.G.C. di Masserano.

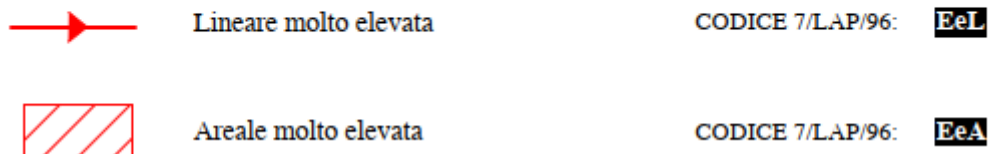




**AMBITI MORFOLOGICI**



**DINAMICA TORRENTIZIA**



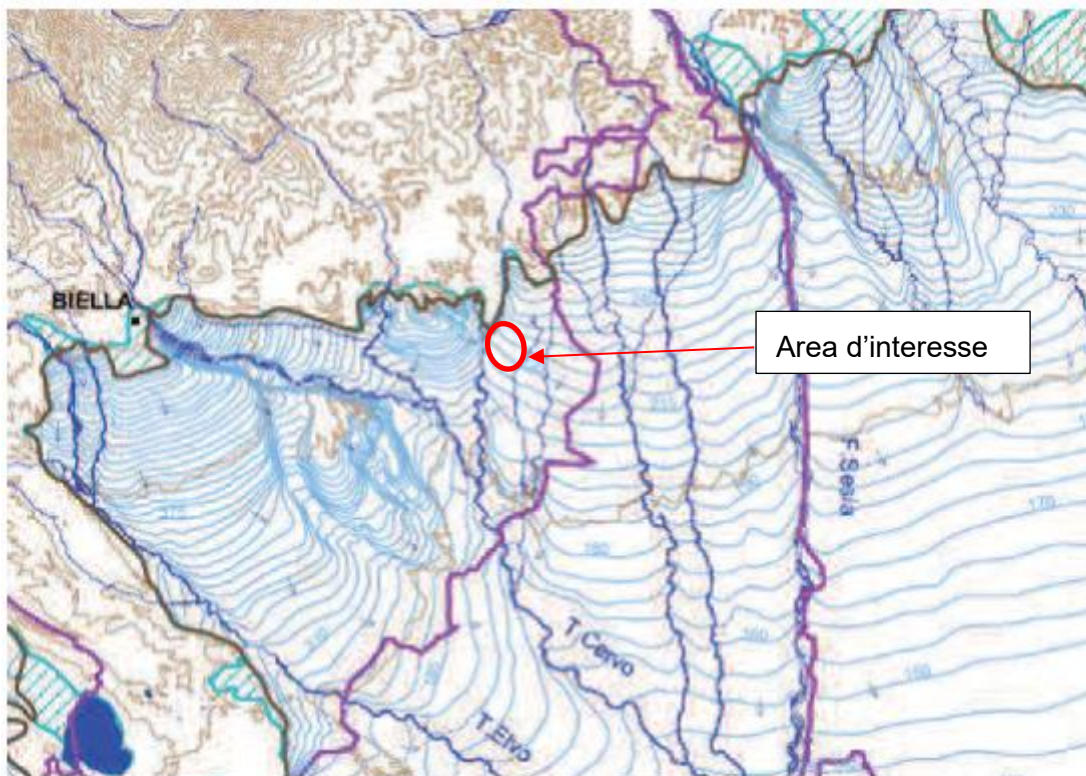
*Figura 7: Stralcio dell'elaborato G4 "Carta geomorfologica e dei dissesti" del P.R.G.C. di Masserano e relativa legenda. In rosso l'area d'interesse.*

Dalla cartografia sopra riportata in corrispondenza dell'area in esame viene indicata una zona già caratterizzata da escavazioni con recupero a fini agricoli e naturalistici. Non si segnalano problematiche particolari di carattere geomorfologico.

## 7 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

Sotto il profilo idrogeologico l'assetto dell'area ricalca, nei suoi tratti generali, quello tipico della pianura Vercellese, a sua volta non dissimile dal resto dell'intero settore Piemontese del Bacino Padano. La circolazione idrica sotterranea a grande scala avviene esclusivamente per permeabilità delle alluvioni fluviali e fluvioglaciali che costituiscono il sottosuolo per potenze che, nella zona in esame, raggiungono sicuramente le centinaia di metri. La circolazione idrica sotterranea può essere schematizzata come un sistema multifalda in alluvioni grossolane e assai permeabili, separato localmente da livelli impermeabili, costituiti da paleosuoli sepolti, livelli loessici, alluvioni limoso-argillose, anche estesi arealmente, ma non privi di discontinuità, almeno a scala regionale, tali da connettere comunque i livelli permeabili.

In gran parte del territorio provinciale la falda superficiale ha generalmente una direzione nord ovest – sud est ed è fortemente condizionata dall'azione drenante del Torrente Cervo nel settore centro settentrionale e del Torrente Elvo nel settore sud occidentale. Anche gli affluenti dei corsi d'acqua principali svolgono un'azione drenante, seppur modesta. Viene riportata di seguito la carta delle isopiezometriche della falda libera (estate 2002) – Regione Piemonte che mostra tale situazione.



**LEGENDA GENERALE**













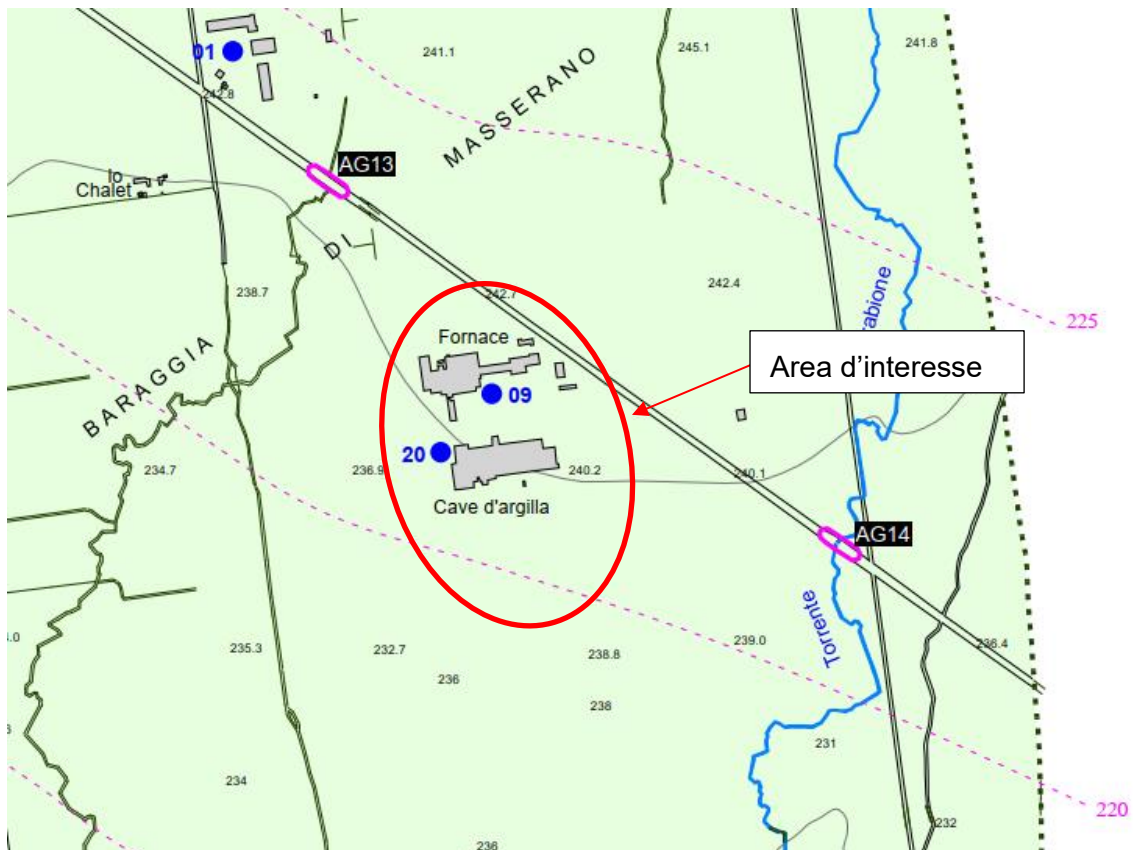

- |   |  |   |   |
|---|--|---|---|
|  | Limite regionale   |  | Linee di flusso   |
|  | Limiti provinciali   |  | Linee isopiezometriche e relativa quota in m s.l.m.                             |
|  | Limiti comunali  |  | Area con elaborazione separata per anomalie nei valori delle quote topografiche |
|  | Area di pianura  |   |   |
|  | Area di studio   |   |   |
|  | Area con dati insufficienti per l'elaborazione del tematismo |   |   |
|  | Idrografia principale  |   |   |
|  | Laghi  |   |   |
|  | Isoipse (m s.l.m.)   |   |   |

Figura 8: Carta delle isopiezometriche della falda libera (estate 2002) – Regione Piemonte

Nella figura seguente viene inquadrata l'area d'interesse all'interno della dell'elaborato G5 "Carta geoidrologica e delle opere idrauliche" del P.R.G.C. di Masserano.



	UNITÁ	PERMEABILITÁ	ACQUIFERO	RISORSE IDRICHE
3 	Depositi alluvionali antichi con coperture loessiche.	Da media a bassa per porosit�.	Acquifero freatico con limitata capacit� di immagazzinamento.	Disponibilit� scarsa o nulla.

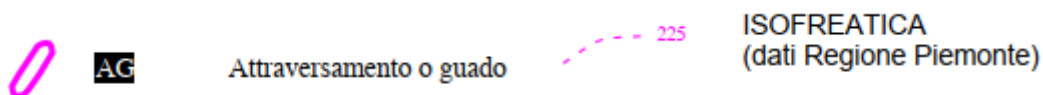


Figura 9: Stralcio dell'elaborato G5 "Carta geoidrologica e delle opere idrauliche" del P.R.G.C. di Masserano e relativa legenda. In rosso l'area d'interesse.

Si nota come nel settore orientale della pianura biellese, tra il Torrente Cervo e il confine provinciale (dove si trova l'area in esame), le linee di flusso assumono un andamento NNE-SSW, fortemente condizionate dalla topografia dell'area. La pianura in oggetto   costituita da una potente coltre di materiali alluvionali depositatisi dopo l'ultima glaciazione dai corsi d'acqua che man mano selezionavano i materiali in una successione continua da quelli pi  grossolani a quelli pi  fini. Le alterne vicende di erosione e di deposito operate dai corsi d'acqua hanno contribuito alla formazione di paleoalvei ormai abbandonati che comunque costituiscono vie di deflusso preferenziale nella circolazione idrica sotterranea.

Le falde freatiche, principali e sospese, come del resto anche quelle ad esse sottostanti, sono alimentate dalle acque meteoriche e dai subalvei dei corsi d'acqua che solcano la pianura vercellese e che scorrono a volte su materiali ad elevata permeabilit .

Secondo la cartografia sopra riportata la superficie piezometrica   indicata a quote assolute comprese tra i 220 e i 225 metri s.l.m., che attesta all'area d'interesse una soggiacenza di circa 18-20 metri dal piano campagna.

Talvolta si riscontrano livelli impermeabili relativamente continui che creano una falda sospesa a pochi metri dal piano campagna (andranno eseguite indagini sito-specifiche per valutare la presenza di tale livello impermeabile).

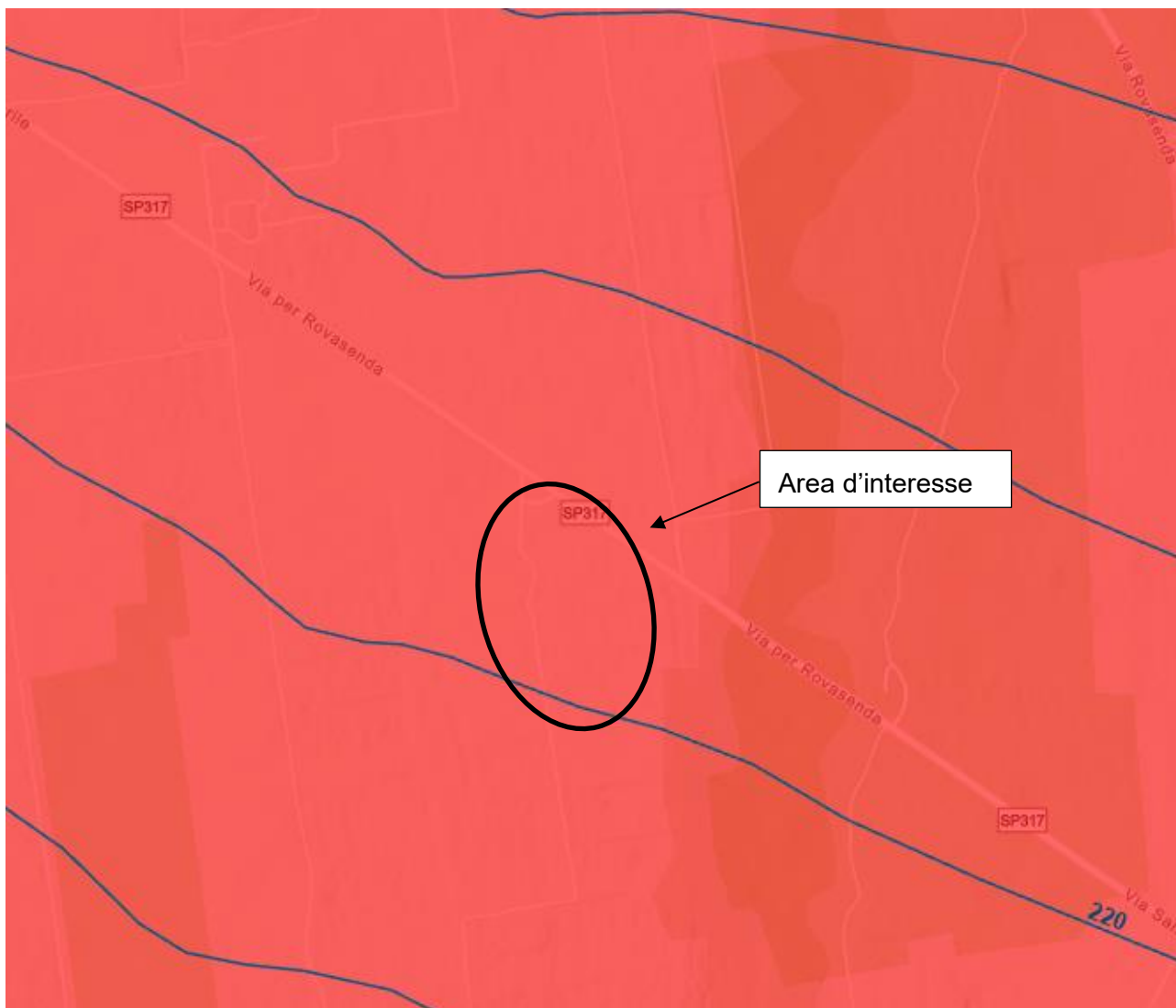
Questa situazione si riscontra nei laghetti di cava presenti nelle aree limitrofe.

La falda pi  superficiale risente soprattutto della ricarica dovuta all'irrigazione e all'allagamento delle risaie, mentre gli apporti dovuti alle precipitazioni concorrono solo limitatamente a produrre piccole variazioni sulla superficie freatica stessa.



Questa falda freatica più superficiale potrebbe anche non essere riscontrata nei pressi dell'area grazie all'impermeabilizzazione causata dalla presenza di un paleosuolo argillificato, che inibirebbe l'infiltrazione delle acque meteoriche.

Sul portale di Arpa Piemonte viene mostrata la Vulnerabilità intrinseca dell'acquifero valutata con il metodo GOD – in scala 250.000.





### Idrogeologia

Iso piezometriche - 250000



Vulnerabilità intrinseca acquifero valutata  
con il metodo GOD - 250000

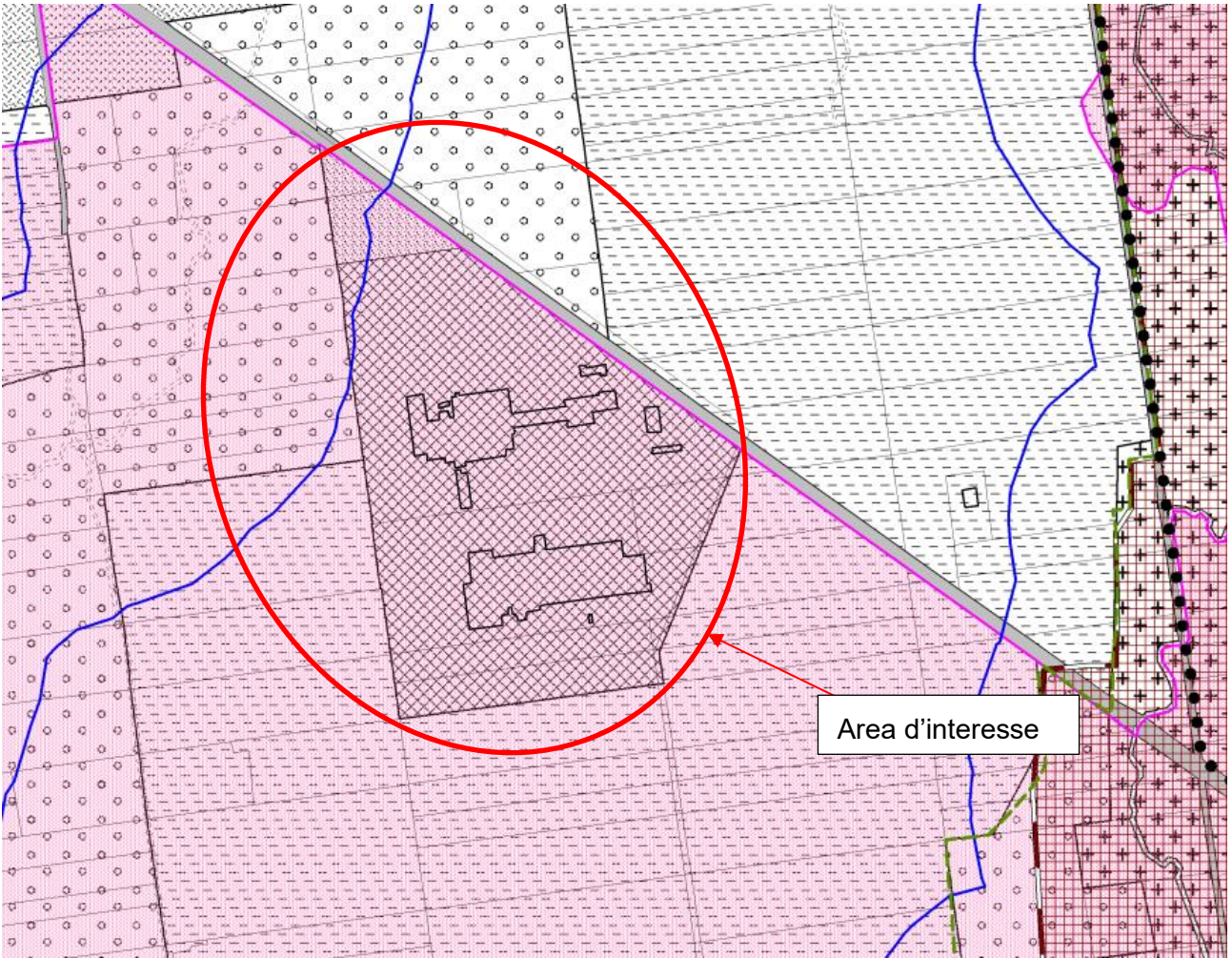
-  0-0.1 Trascurabile
-  0.1-0.3 Bassa
-  0.3-0.5 Moderata
-  0.5-0.7 Alta
-  0.7-1 Estrema

*Figura 10: Stralcio viewer portale di Arpa Piemonte - Vulnerabilità intrinseca dell'acquifero valutata con il metodo GOD*

Secondo il metodo GOD la falda nei pressi dell'area d'interesse ha vulnerabilità estrema.

## 7.1 PAI E VINCOLI

All'interno di questo capitolo viene individuata l'area d'intervento facendo riferimento all'elaborato PR3b "Carta dei vincoli" del P.R.G. di Masserano e si nota come la parte più a nord dell'area in esame si trovi all'interno della fascia di rispetto dei corsi d'acqua pubblici di m. 150. L'area si trova inoltre delle aree vincolate dai DD.MM. 01/08/1985 "Galassini" Aree della Baraggia Vercellese. Si esclude, inoltre, la presenza di fasce esondabili come mostrato dalla cartografia di seguito.













LEGENDA VINCOLI	
	FASCIA DI RISPETTO DEI CORSI D'ACQUA PUBBLICI (m 150,00 - comma 1 lettera c dell'art. 142 del D.Lgs. 42/2004)
	AREE VINCOLATE DAI DD.MM. 01/08/1985 "GALASSINI" Aree della Baraggia Vercellese
	AREE INCLUSE NEL SIC IT 1120004 "BARAGGIA DI ROVASENDA" (sito di interesse comunitativo)
	PERIMETRO DELLA RISERVA NATURALE ORIENTATA "LE BARAGGE"
	AREE INCLUSE NEL SIR IT 1130008 "RIVE ROSSE BIELLESI" (sito di interesse Regionale)
	FASCIA DI RISPETTO DELL'INVASO ARTIFICIALE SUL TORRENTE OSTOLA (m 200,00 - art. 29 L.R. 56/77 e ss.mm. ed ii.)
	TERRITORIO INTERESSATO DAL "VINCOLO IDROGEOLOGICO" DI CUI AL REGGIO DECRETO 30/12/1923 n. 3267 e ss.mm. ed ii.
	PORZIONI ESCLUSE DAL VINCOLO
	CONCESSIONI MINERARIE
	CORRIDOI ECOLOGICI

Figura 11: Estratto dell'elaborato PR3b "Carta dei vincoli" del P.R.G. di Masserano e relativa legenda. In rosso l'area d'interesse.

## 7.2 PGRA

All'interno di questo capitolo viene individuata l'area d'intervento facendo riferimento alle fasce del PGRA dei reticoli idrografici minori. Si nota che essa non risulta interessata dalle fasce di probabilità di alluvioni.





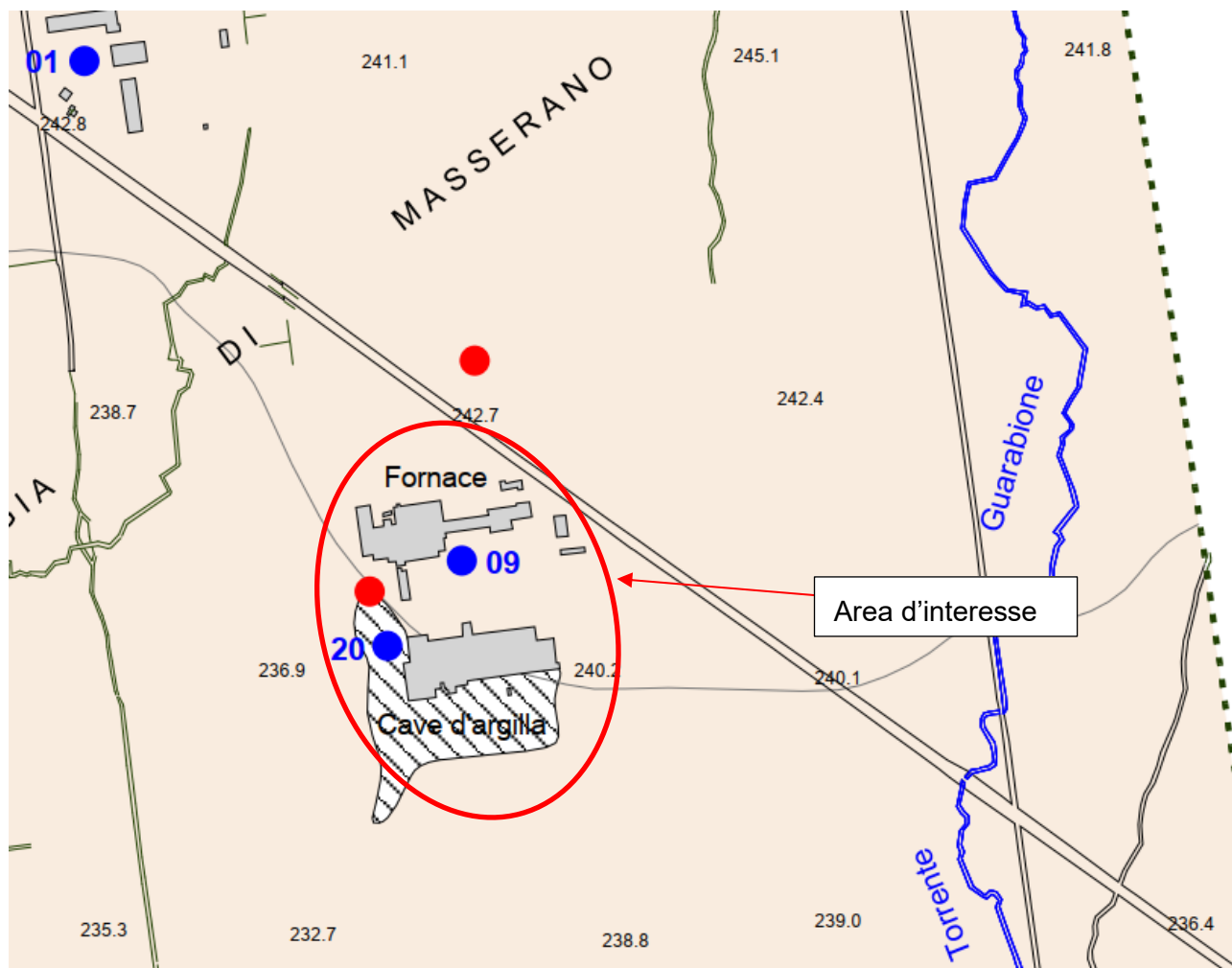
Scenari di alluvioni - Pericolosità


- Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20)
- Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200)
- Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500)
- Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20)
- Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200)
- Probabilità di alluvioni bassa (tr. 500)

Figura 12: Stralcio cartografia PGRA Regione Piemonte e relativa legenda - Geoportale Regione Piemonte.





## 8 CARTA LITOTECNICA

All'interno del presente capitolo viene definita sotto l'aspetto litotecnico l'area d'intervento basandosi sull'elaborato G6 "Carta litotecnica" del P.R.G.C. di Masserano. Secondo tale cartografia in corrispondenza dell'area sono presenti depositi alluvionali antichi con coperture loessiche, trattasi di limi eolici (loess) su ghiaie ciottolose (variamente alterate) in sabbia limosa. Le caratteristiche geotecniche sono mediocri in superficie e migliorano con la profondità.



	UNITA' LITOTECNICA	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE
	<b>DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI CON COPERTURE LOESSICHE</b>	Copertura di limi eolici (loess) su ghiaie ciottolose (con elementi variamente alterati) in sabbia limosa.	Mediocri, con miglioramento in profondità.

### Indagini geognostiche

-  Sondaggio (  senza dati )
-  Pozzetti esplorativi
-  Prove penetrometriche dinamiche

### Opere di captazione


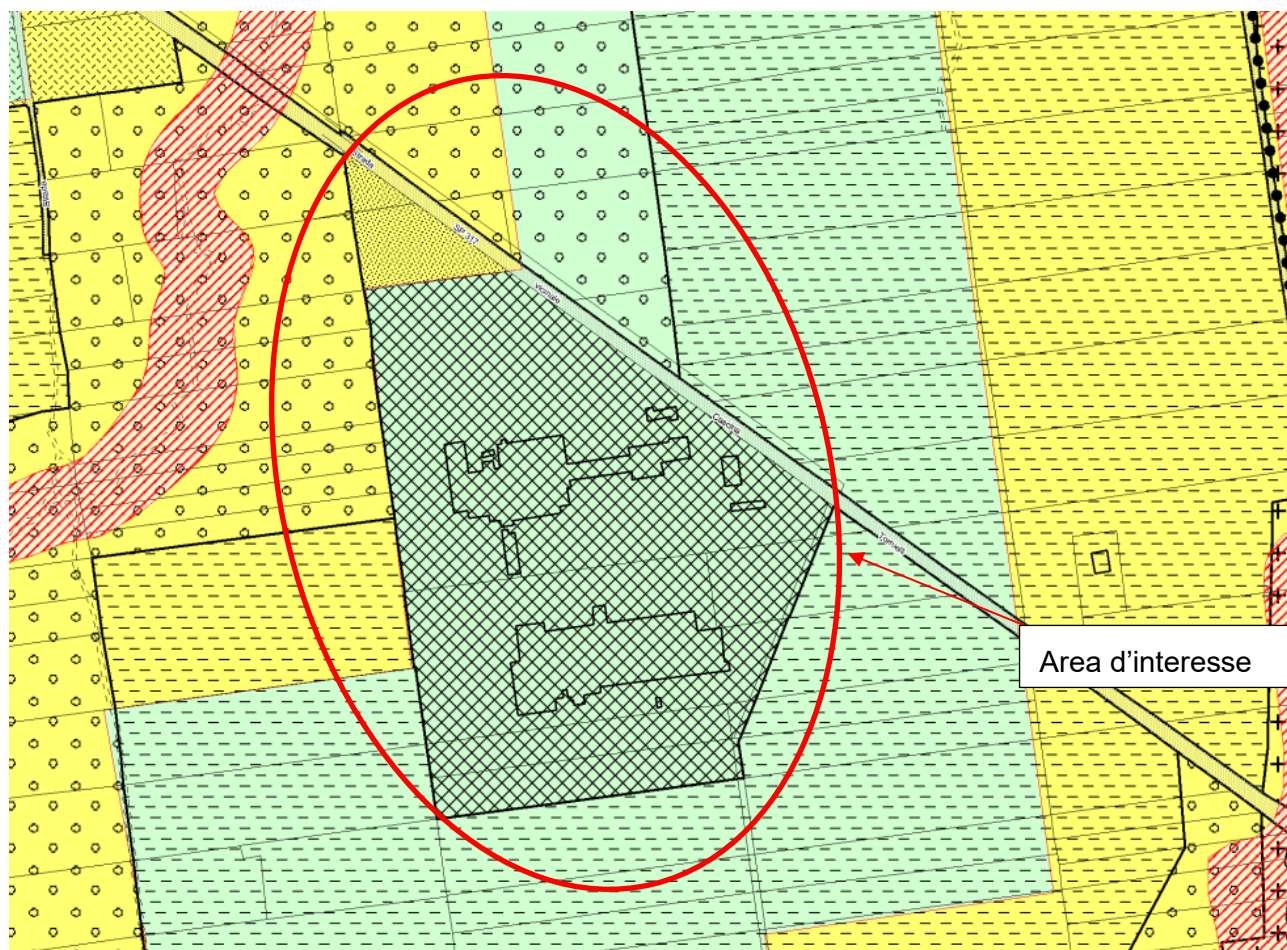
-  Pozzo di cui si conosce la stratigrafia
- 01** Numero di riferimento

Figura 13: Estratto dell'elaborato G6 "Carta litotecnica" del P.R.G.C. di Masserano e relativa legenda. In rosso l'area d'interesse

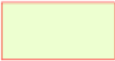

## 9 CARTA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

All'interno del presente capitolo viene inquadrata l'area all'interno dell'elaborato "Carta di fattibilità geologica su articolazione generale del territorio comunale" del P.R.G. di Masserano. Secondo tale cartografia l'area di studio rientra in classe 1 (Pericolosità geomorfologica ridotta o assente). Essa comprende le porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre particolari limitazioni all'utilizzo urbanistico.

Si tratta di aree, pianeggianti o poco acclivi, non soggette a dinamica morfologica attiva e senza rilevanti limitazioni litotecniche. In questa classe sono consentiti interventi di edificazione nel rispetto del D.M. 14.1.2008, in particolare per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei materiali interessati dalle opere di fondazione.





CLASSE		PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA E IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA
I		pericolosità geomorfologica ridotta o assente  aree prive di limitazione all'utilizzo urbanistico
II		pericolosità geomorfologica moderata  aree idonee all' utilizzo urbanistico con adozione di limitati accorgimenti tecnici


 INSEDIAMENTI PRODUTTIVI CHE  
SI CONFERMANO -D1 -

Figura 14: Estratto dell'elaborato "Carta di fattibilità geologica su articolazione generale del territorio comunale" del P.R.G.C. di Masserano e relativa legenda. In rosso l'area d'interesse

## 10 CAMPAGNA D'INDAGINE 2024

Nel maggio 2024 è stata effettuata una campagna di indagine al fine della caratterizzazione geologica e geotecnica, composta dalle seguenti indagini:

- N°25 prove penetrometriche dinamiche DPSH
- N°1 prova geofisica HVSR
- N°1 prova geofisica MASW
- Indagini geognostiche pregresse eseguite nelle vicinanze dell'area



Figura 15: Ubicazione delle prove in situ nell'area di studio



## 11 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

Si riporta di seguito la stratigrafia di riferimento presunta per il sito d'interesse sulla base del sondaggio Pz5 (di cui si ha a disposizione la stratigrafia completa) presente sul portale di Arpa Piemonte:



Figura 16: Ubicazione sondaggio di riferimento

Strato	Profondità [m]	Litologia
1	0,0 – 0,6/1,5	Materiale antropico localmente molto addensato
2	0,6/1,5 – 3,5/4,5	Argille limose e sabbiose
3	3,5/4,5 – 6,5/7,5	Ghiaie in abbondante matrice argillosa
4	> 6,5/7,5	Ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice fine argillosa più o meno abbondante

Secondo la cartografia sopra riportata la superficie piezometrica è indicata a quote assolute comprese tra i 220 e i 225 metri s.l.m., che attesta all'area d'interesse una soggiacenza di circa 18-20 metri dal piano campagna.

Talvolta si riscontrano livelli impermeabili relativamente continui che creano una falda sospesa a pochi metri dal piano campagna (andranno eseguite indagini sito-specifiche per valutare la presenza di tale livello impermeabile).



## 12 SISMICITA'

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30 dicembre 2019, il territorio di Masserano è classificato in **zona sismica 4**.

<b>Zona sismica 4</b>	Zona con pericolosità sismica molto bassa. E' la zona meno pericolosa dove le possibilità di danni sismici sono basse.
-----------------------	---

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ $a_g$ ]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ $a_g$ ]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25$ g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.982

Figura 17: zone sismiche in cui è stato diviso il territorio nazionale secondo l'Ordinanza del PCM n. 3519/2006

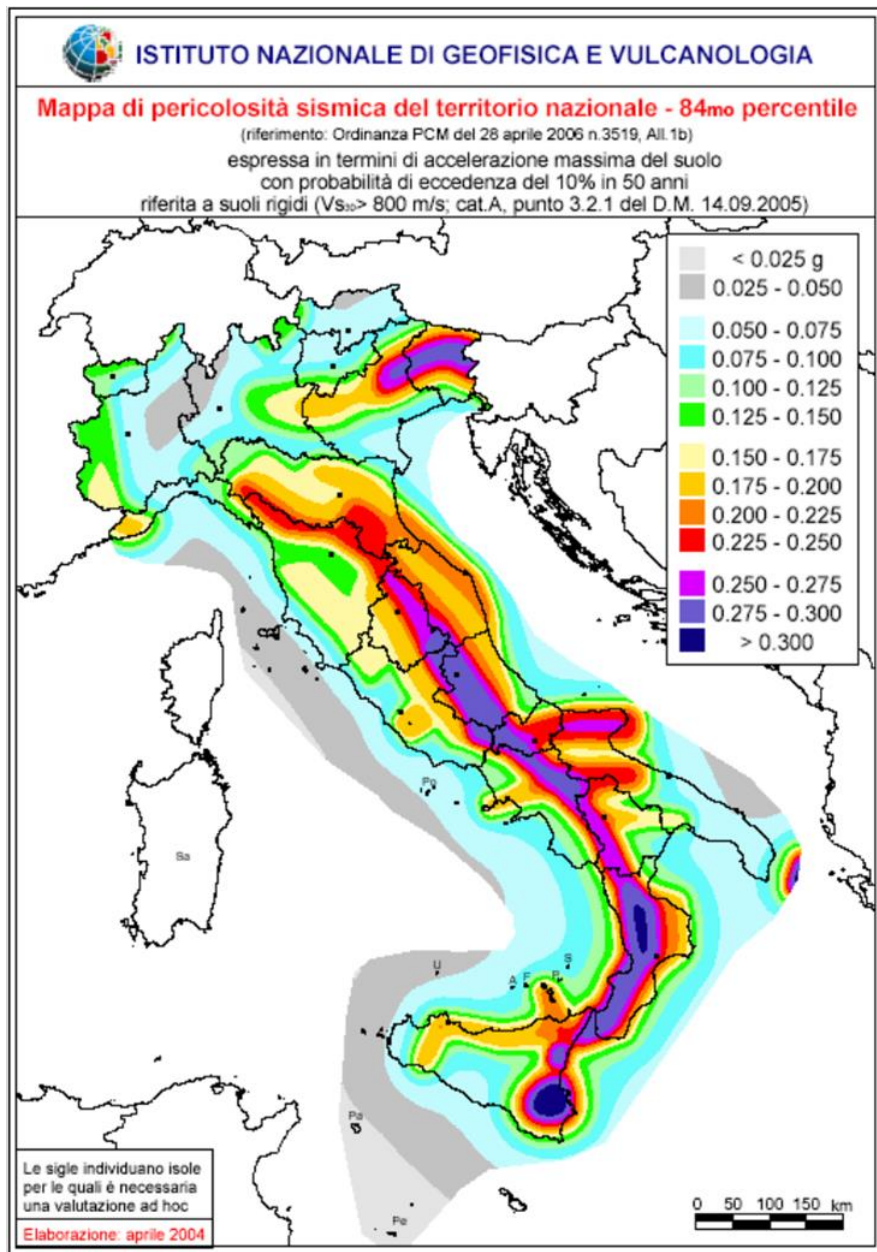


Figura 18:All.1b dell'Ordinanza PCM 3598 del 28/04/2006 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale in cui l'accelerazione massima del suolo viene espressa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

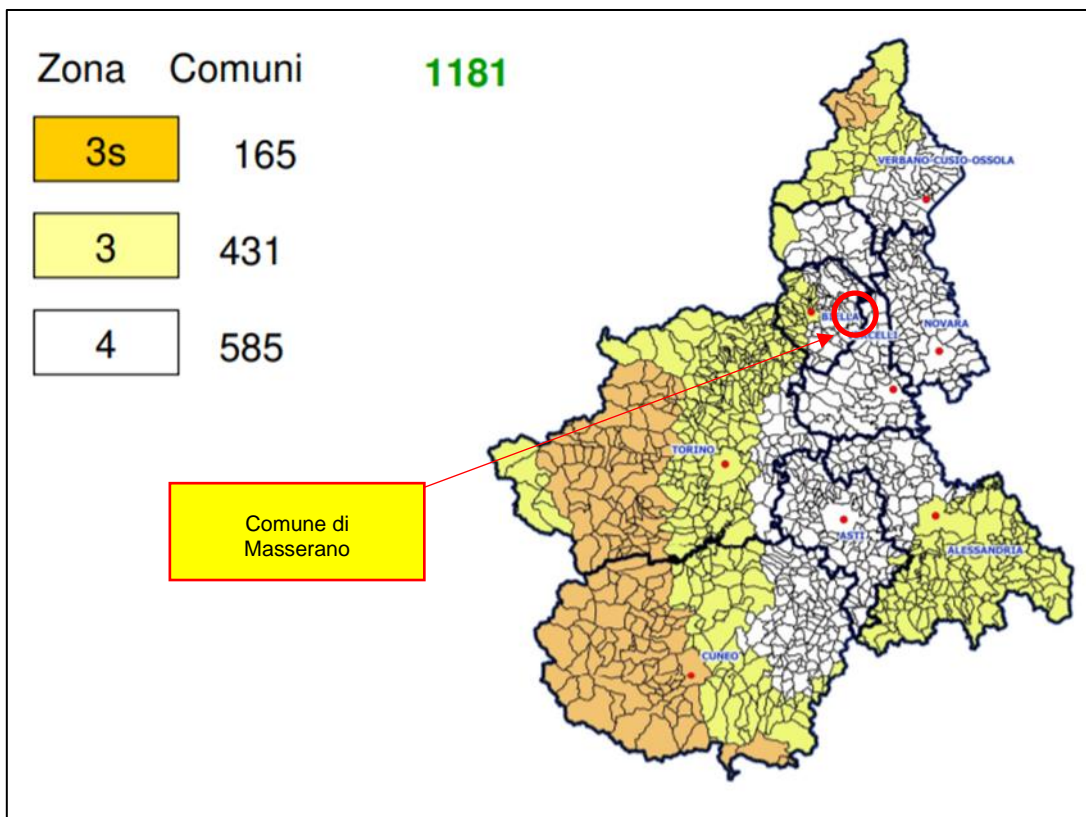


Figura 19: INGV - Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale – Comune di Masserano (BI)

In base all'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, sono state definite sulla base di più approfonditi studi, le zone di pericolosità sismica per il territorio nazionale ed è stata definita la mappa di pericolosità sismica MPSO4, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s e  $T_R = 475$  anni).

Si riporta di seguito la zona sismogenetica dell'Italia:

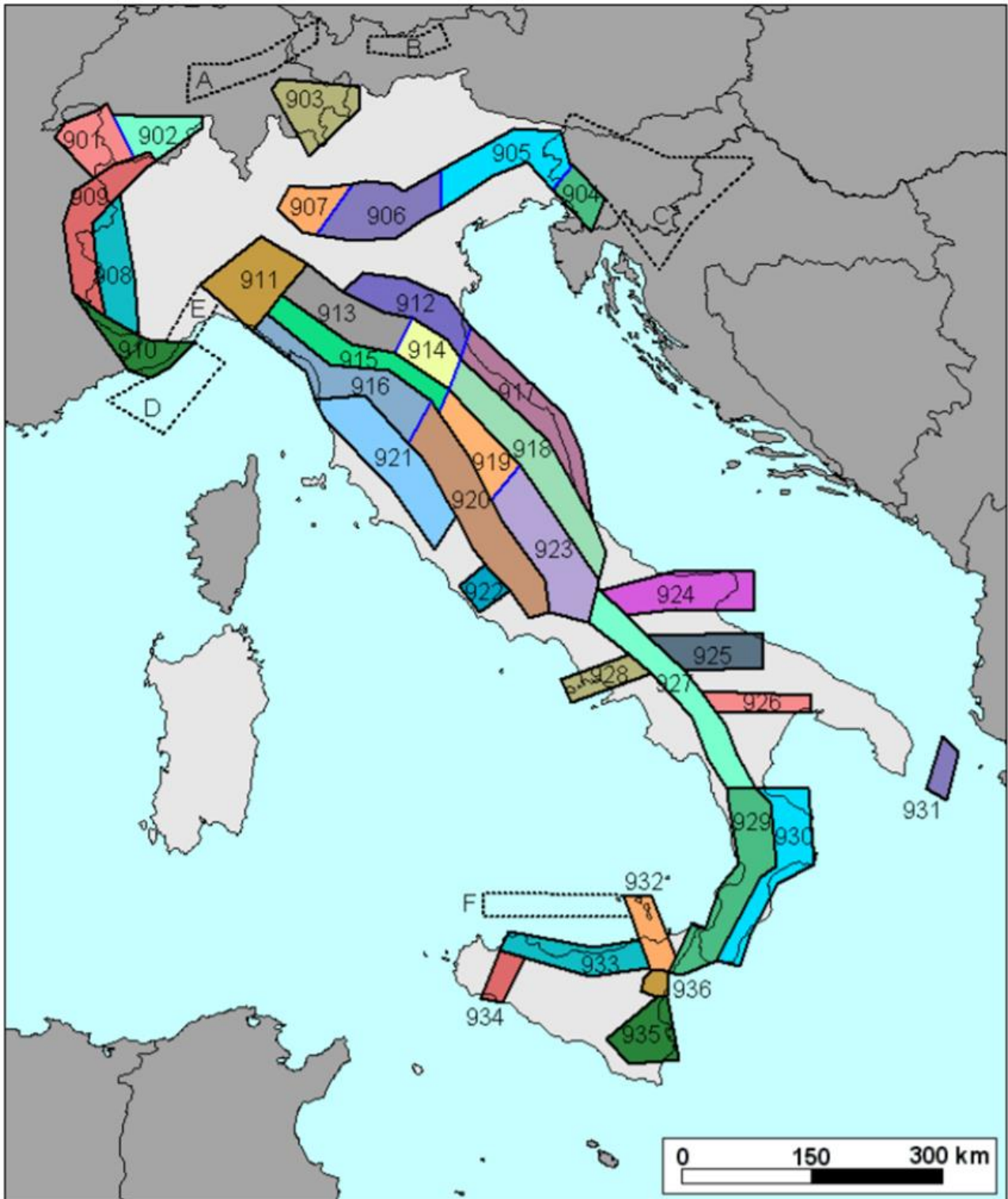


Figura 20: sismogenetica ZS9



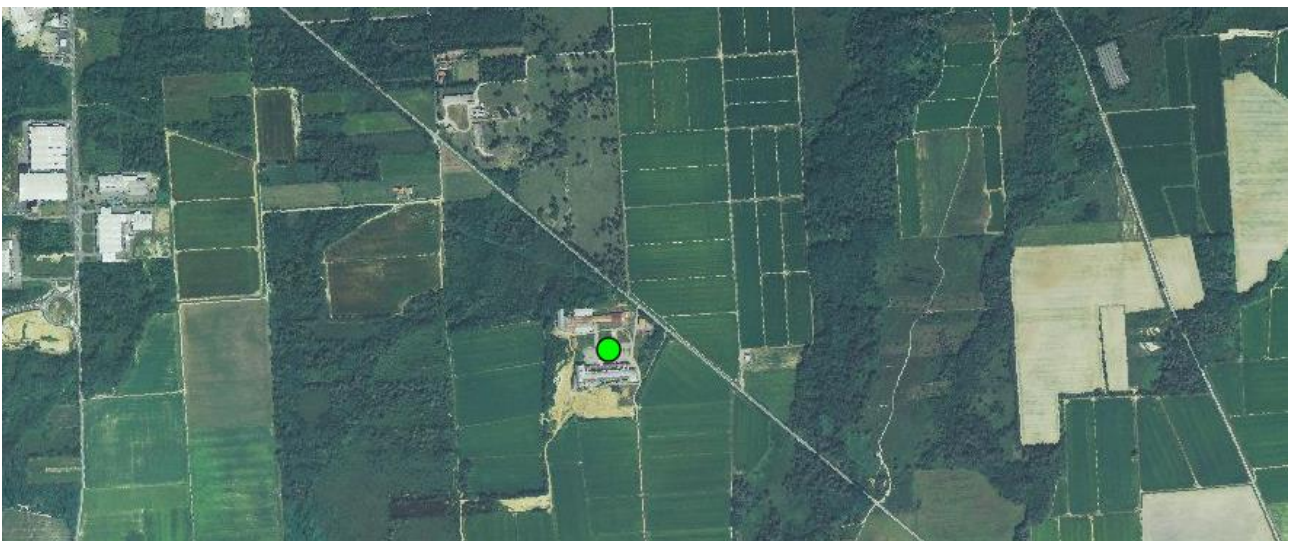
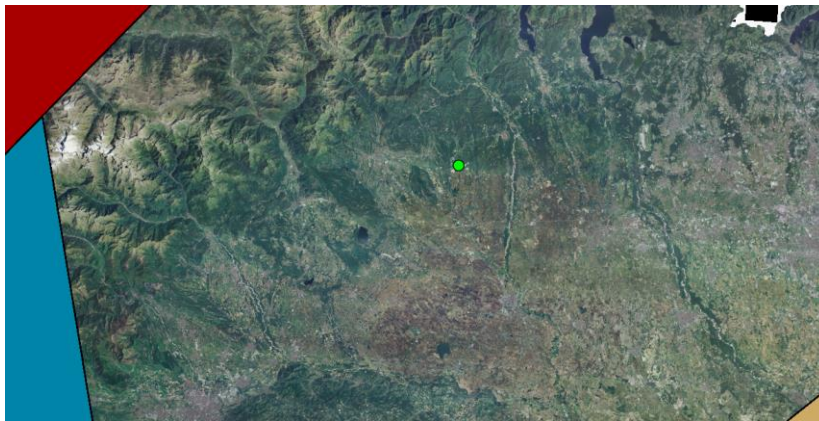
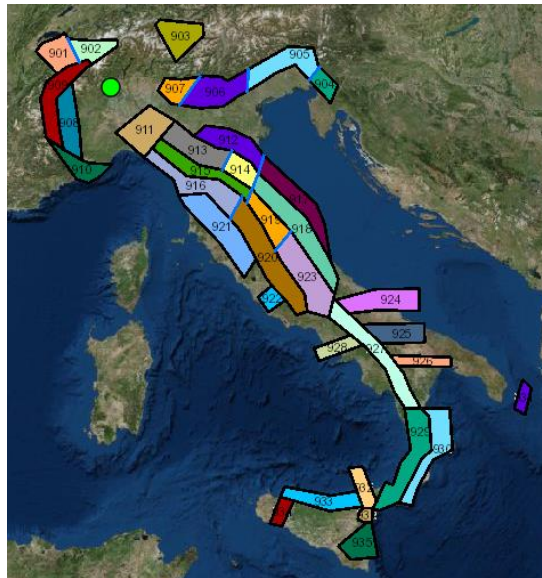


Figura 21: zonazione sismogenetica ZS9, dove l'area d'interesse è evidenziata da un cerchio verde.



Come è possibile vedere alla figura precedente, l'area oggetto d'interesse non ricade all'interno di alcuna zona della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al. 2008), utilizzata per la compilazione della mappa di pericolosità sismica MPS04.

Le figure seguenti mostrano la disaggregazione per l'area oggetto di studio della stima di PGA (Peak Ground Acceleration) con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni. Il grafico è una elaborazione che mostra il contributo delle sorgenti sismogenetiche alla pericolosità sismica di un certo sito: le sorgenti vengono discretizzate per intervalli di spazio e magnitudo.

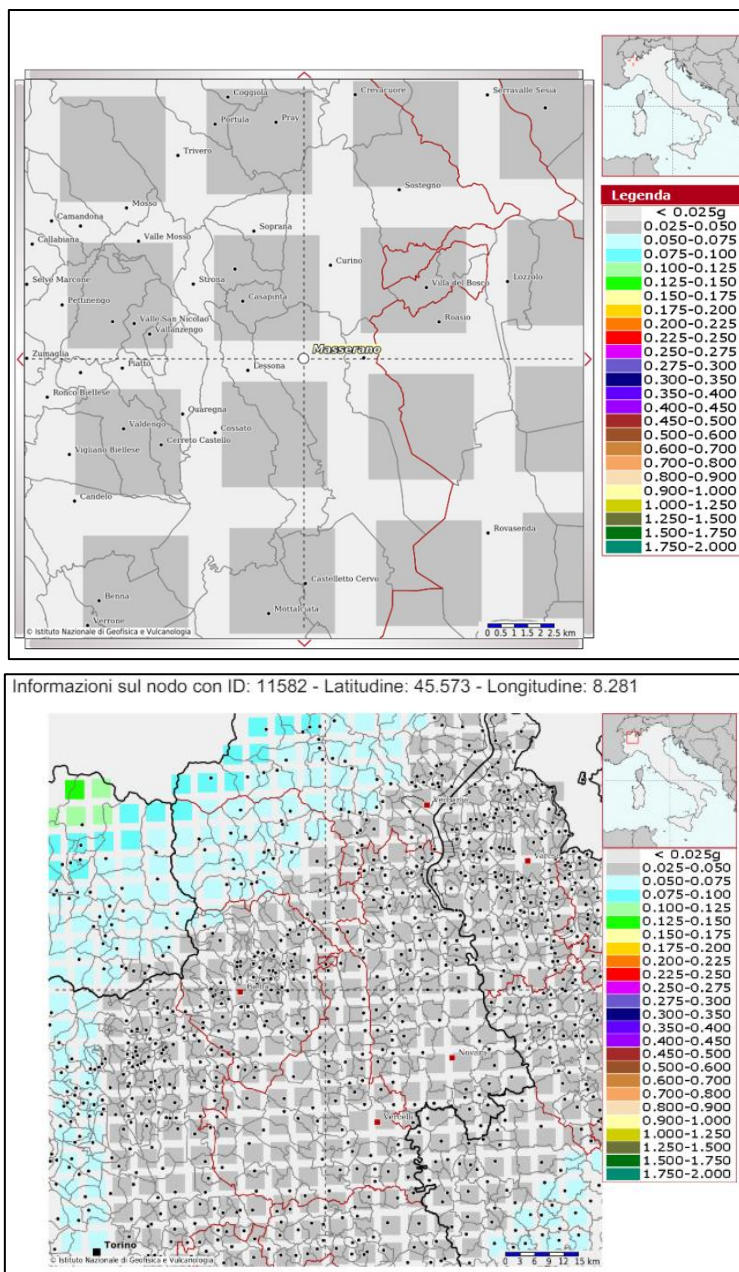


Figura 22:INGV - Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale – Comune di Masserano (BI)

La mappa rappresenta il modello di pericolosità sismica per l'Italia e i diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g, l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, Vs30 > 800 m/s) e pianeggiante. Le coordinate selezionate individuano un nodo della griglia di calcolo identificato con l'ID **11582** (posto al centro della mappa). Per ogni nodo della griglia sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.



In base all'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, sono state definite sulla base di più approfonditi studi, le zone di pericolosità sismica per il territorio nazionale ed è stata definita la mappa di pericolosità sismica MPSO4, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s e  $TR = 475$  anni).

Le figure seguenti mostrano la disaggregazione per l'area oggetto di studio della stima di PGA con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni. Il grafico è una elaborazione che mostra il contributo delle sorgenti sismogenetiche alla pericolosità sismica di un certo sito: le sorgenti vengono discretizzate per intervalli di spazio e magnitudo.

**Grafico di disaggregazione**

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.

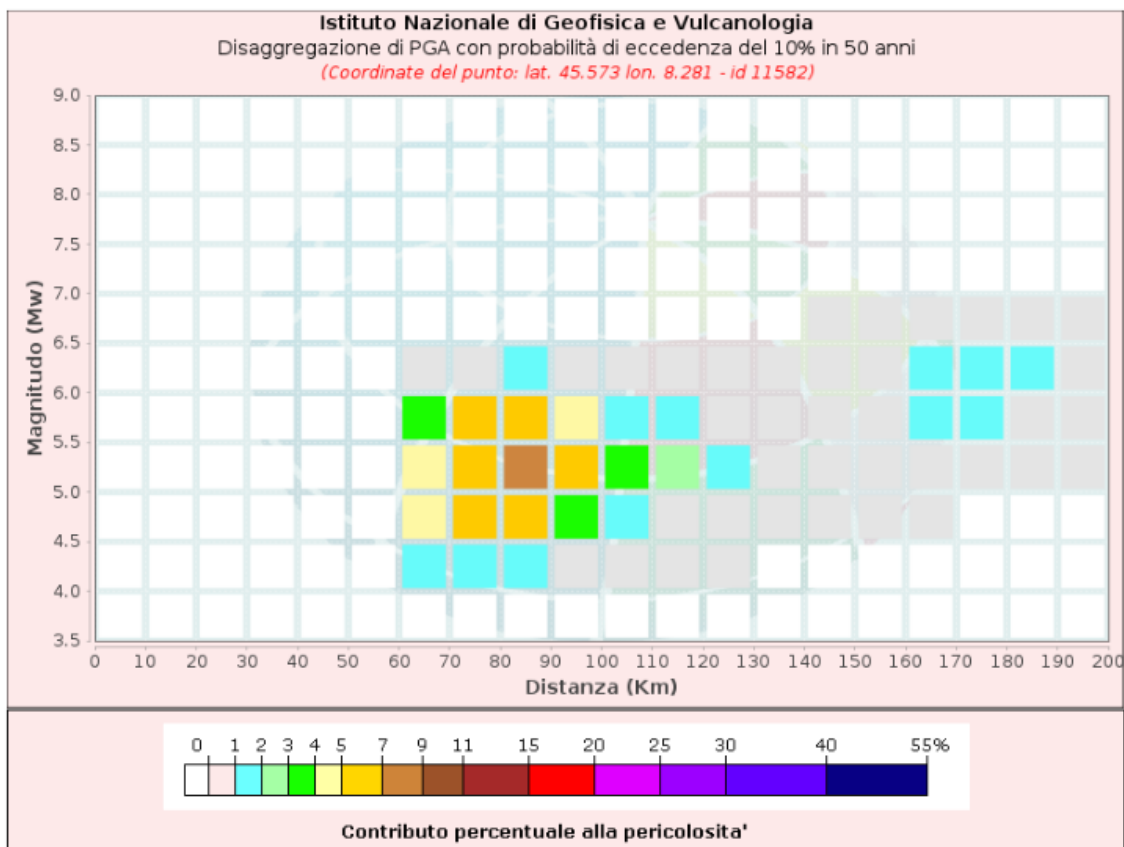


Figura 23: Disaggregazione del valore  $a(g)$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni											
Distanza in Km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	1.2700	4.1000	4.4400	3.4000	0.5450	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	1.4300	5.4700	6.7100	5.4600	0.9240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	1.1500	5.8900	7.8100	6.0100	1.0700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.3490	3.7100	5.7400	4.2900	0.7690	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.1130	1.8300	3.2600	1.9800	0.3000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0318	0.9730	2.1900	1.2200	0.1410	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0005	0.4170	1.3200	0.6920	0.0516	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.1580	0.7560	0.3750	0.0057	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0605	0.6720	0.5900	0.0380	0.0069	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0191	0.5510	0.8190	0.2790	0.0518	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0061	0.6050	1.3800	1.1300	0.0586	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.5400	1.5900	1.6000	0.0600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.2380	0.9380	1.0100	0.0568	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000	0.5540	0.6470	0.0490	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 5.33 ; distanza = 97.9 ; epsilon = 1.86

Figura 24: Disaggregazione del valore a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

### Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.

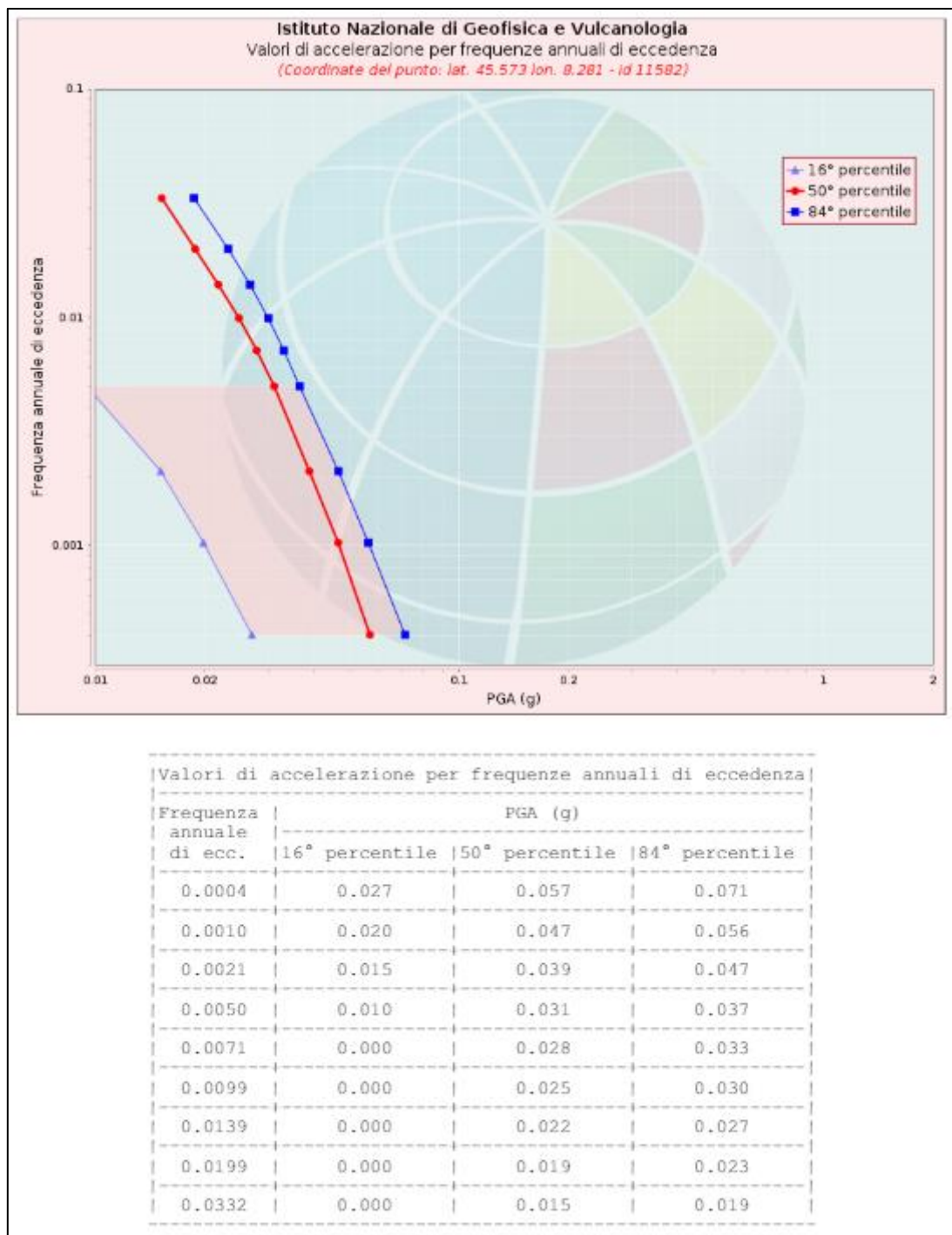


Figura 25: Curve di pericolosità

### **Spettri a pericolosità uniforme**

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo

percentile) proposte dal modello di pericolosità. I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.

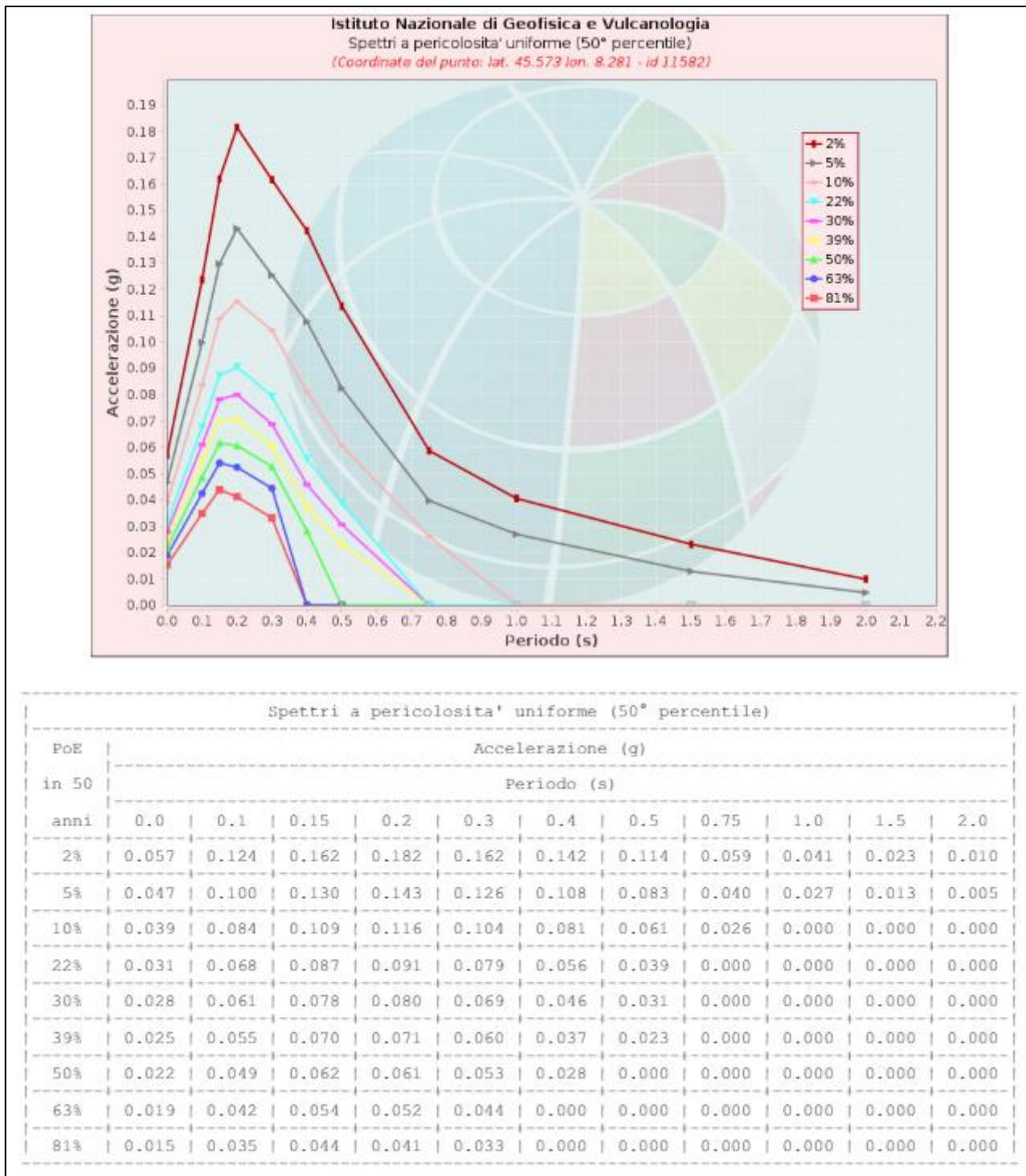


Figura 26: Spettri a pericolosità uniforme



## 12.1 CPTI15-DBMI15 V 2.0

Il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$  d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2017. I dati macrosismici a supporto di CPTI15 costituiscono il Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15 release 2.0; Locati et al., 2019). CPTI15 è consultabile e all'indirizzo <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15> e attraverso il “web service” dell'Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI) all'indirizzo <https://emidius.mi.ingv.it/ASMI/services/>. I parametri derivano dall'analisi, dal trattamento e dall'armonizzazione, secondo le più avanzate procedure, di dati provenienti da 189 studi storico-macrosismici pubblicati fino a tutto il 2019 e da 48 cataloghi strumentali, sia italiani, sia internazionali (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., 2019. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)*).

Il Database Macrosismico Italiano (DBMI15) fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2017.

Il DBMI v2.0 fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2017. I dati provengono da studi di autori ed enti diversi, sia italiani che di paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

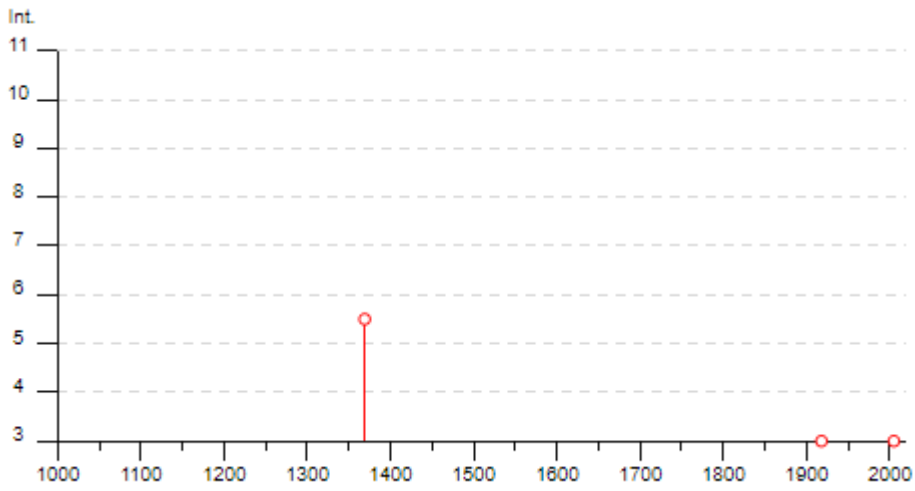
I dati di intensità macrosismica (MDP, Macroseismic Data Point) sono raccolti e organizzati da DBMI per fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima della magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI).

Dato il loro stretto legame, DBMI e CPTI sono stati pubblicati insieme e usano una stessa numerazione (DBMI04-CPTI04, DBMI11-CPTI11), ma in due diversi siti web. Di seguito viene riportata la mappa del catalogo CPTI15 desunta dal sito [https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query\\_eq/](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/).

### Masserano

PlaceID	IT_03177
Coordinate (lat, lon)	45.593, 8.228
Comune (ISTAT 2015)	Masserano
Provincia	Biella
Regione	Piemonte
Numero di eventi riportati	3



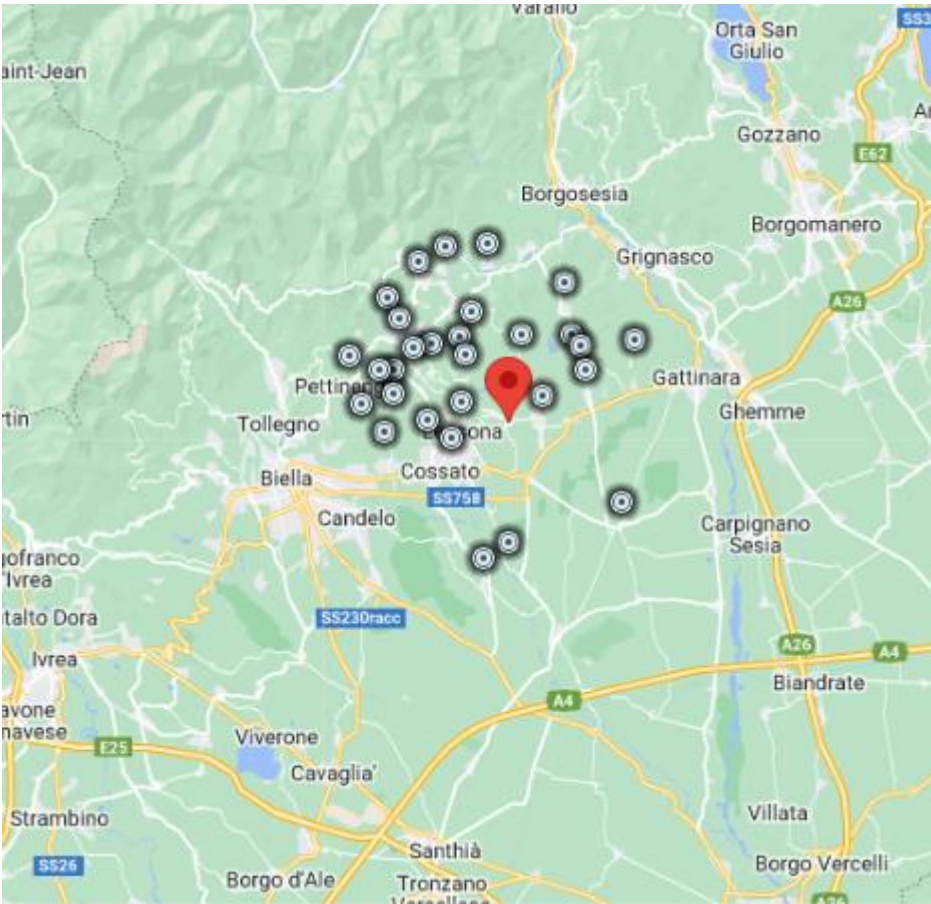


Effetti	In occasione del terremoto del						NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
5-6	1369	02	01				Alessandria	2	6-7 4.86
3	1918	01	13	12			Pianura lombarda	24	4 4.62
3	2005	09	08	11	27	1	Massif du Mont-Blanc	281	4.44



Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Brusnengo	2	2
Lessona	1	3
Casapinta	1	4
Curino (San Martino)	2	4
Cossato	2	4
Mezzana Mortigliengo (Cereie)	2	5
Roasio (San Maurizio)	2	5
Quaregna	1	5
Castelletto Villa	1	5
Villa del Bosco	2	5
Soprana (Lanvario)	1	5
Strona (Fontanella Ozino)	1	6
Strona	1	6
Serralunga	1	7
Valle San Nicolao	2	7
Sostegno	1	7
Valdengo	1	8
Bioglio	1	8
Valle Mosso	2	8
Lozzolo	2	8
Castelletto Cervo	1	9
Ternengo	1	9
Pray (Basso)	2	9
Rovasenda	1	9
Mosso Santa Maria	3	9
Trivero (Ronco)	2	10
Portula	3	10
Pettinengo (Livera)	2	10
Mottalciata	2	10



*Figura 27: Dati desunti dalla consultazione del CPT15 e DBMI15 per l'area di Masserano (BI)*



## 12.2 INDAGINI GEOFISICHE MASW

E' stata effettuata un'indagine geofisica all'interno dell'area in studio, al fine di fornire indicazioni sul comportamento del sottosuolo nell'ipotesi di un evento sismico.

Nello specifico si è disposta la realizzazione di una base sismica denominata "L1" attrezzata con geofoni con registrazione verticale. In corrispondenza della linea "L1" è stata realizzata un'indagine sismica applicando la metodologia MASW la quale consente, attraverso alcune trasformazioni, di risalire alla velocità delle onde S (onde di taglio).

L'attrezzatura utilizzata in campagna è costituita da un sismografo a 12 canali, 12 geofoni distanziati di 2.0 m, mazza e piastra di battuta.

Il sismografo ha possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno verticale del segnale (in ampiezza) con sensibilità tra 1 e 100 decibel. La registrazione dei dati in digitale viene effettuata su PC sul quale vengono successivamente elaborati i dati.

L'indagine MASW realizzata lungo lo stendimento L1 ha previsto un punto di energizzazione (andata), posto a 4,0 m di distanza dal primo geofono.

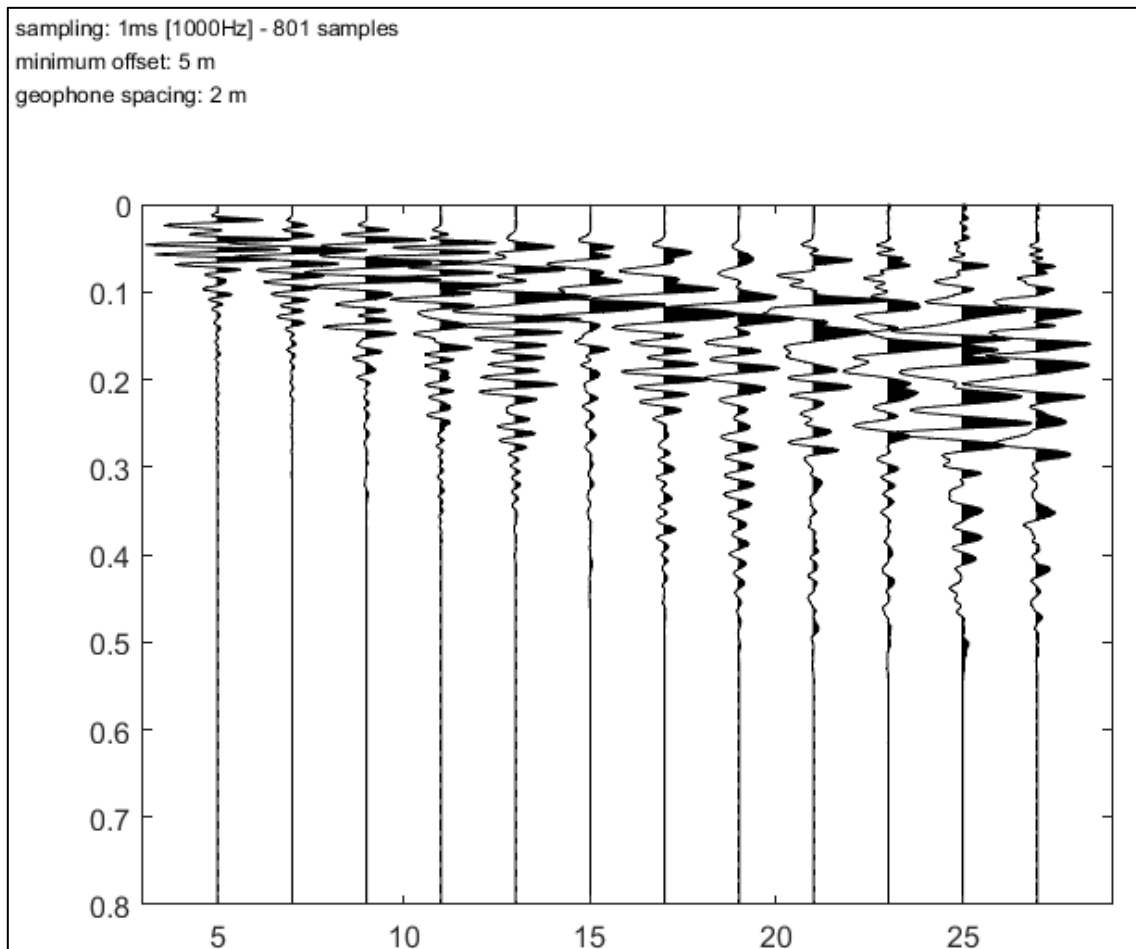
L'acquisizione della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) avviene per mezzo di indagine sismica a rifrazione con metodo MASW, mediante energizzazione del sottosuolo e registrazione degli arrivi delle onde rifrante in corrispondenza di geofoni verticali.

L'elaborazione dei dati sismici con metodo MASW è stata effettuata per mezzo del software che, mediante la trasformata di Fourier, è in grado di fornire indicazioni sulla suddivisione delle unità litologiche del sottosuolo mediante l'individuazione delle onde  $V_s$ .

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier), i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si



propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.



*Figura 28: Sismogramma*

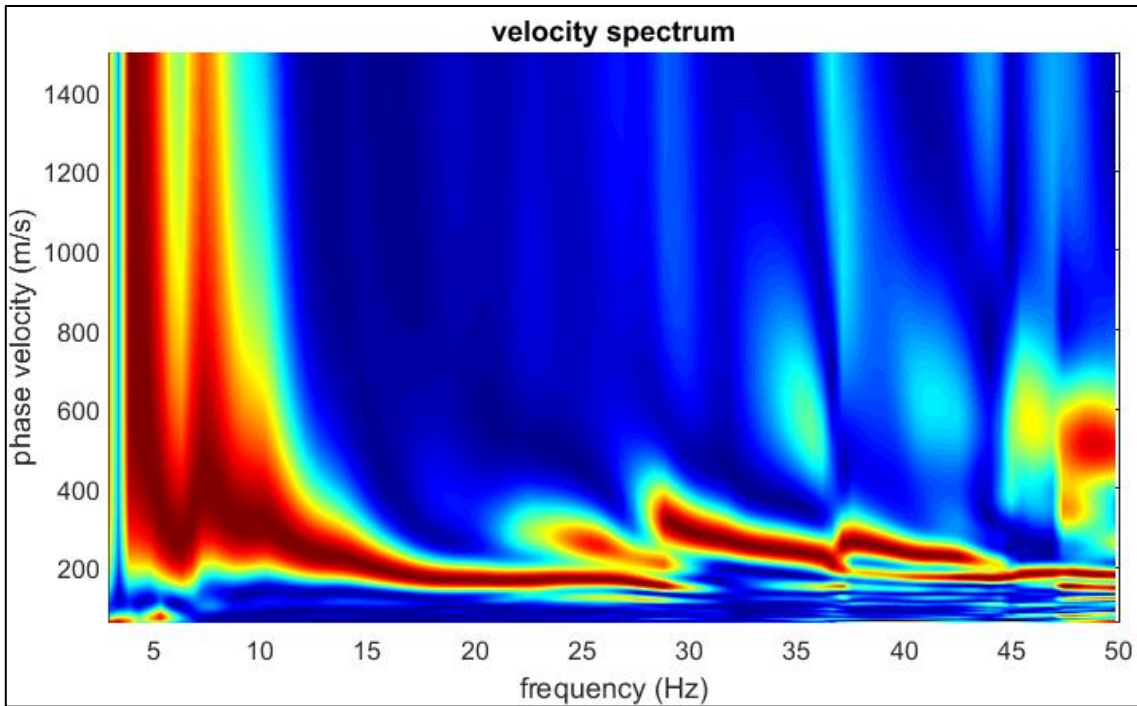


Figura 29: Velocità - spettro

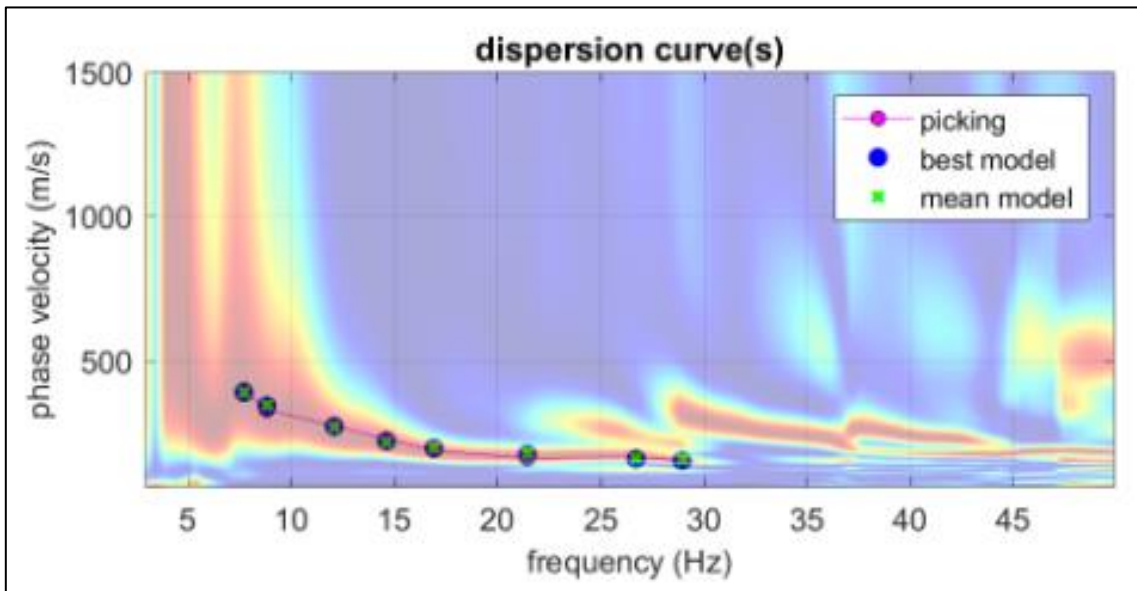


Figura 30: Dispersione curve

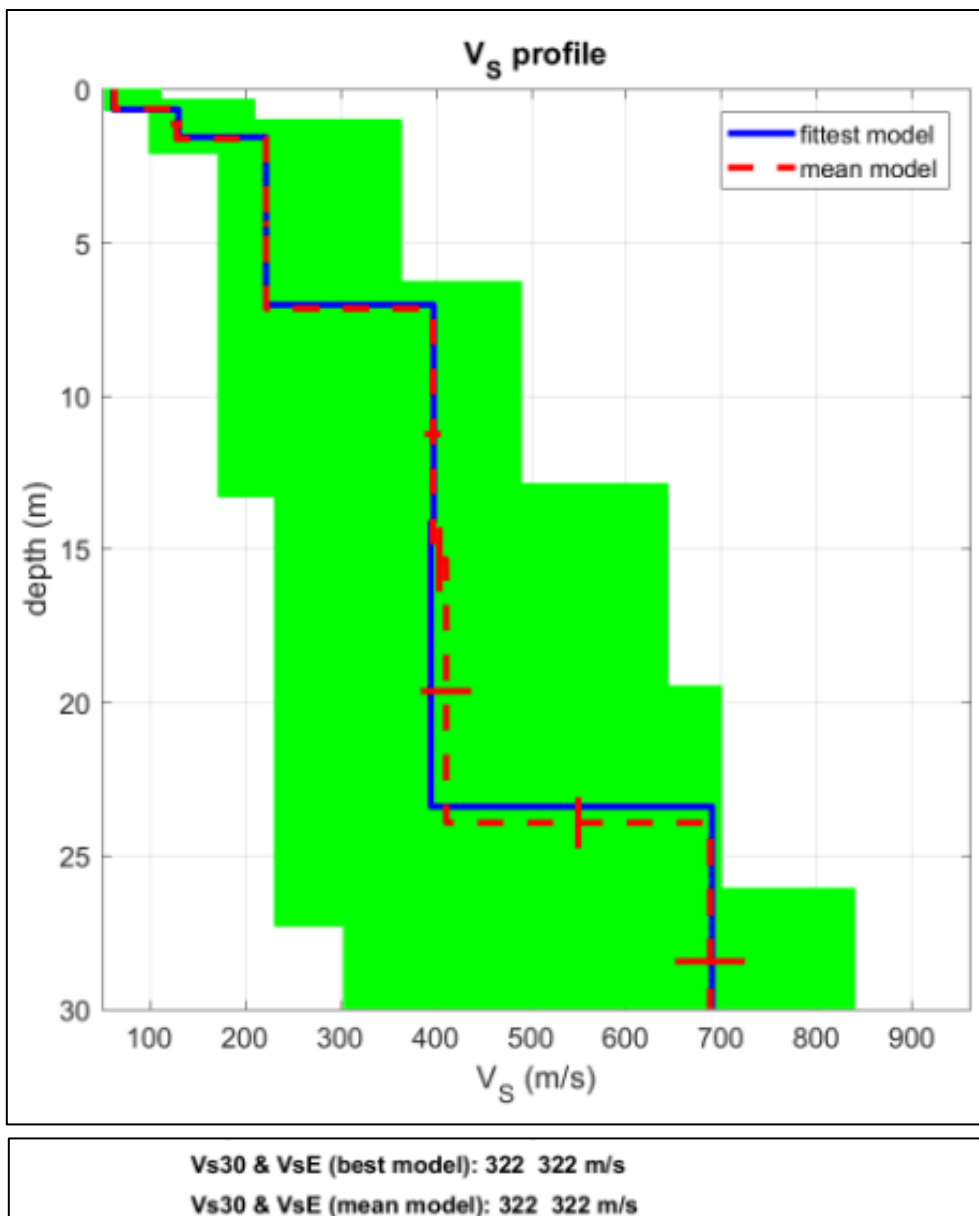


Figura 31: Profilo Vs

**MODELLO DEL SOTTOSUOLO**

**V<sub>s</sub>** (m/s): 62, 130, 222, 398, 395, 690  
 Deviazioni standard (m/s): 3, 6, 3, 9, 26, 37

**Spessore** (m): 0.7, 0.9, 5.5, 7.1, 9.3, 8.4  
 Deviazioni standard (m/s): 0.0, 0.1, 0.1, 1.0, 0.8, 1.3

**Densità** (gr/cm<sup>3</sup>) (Valore approssimativo): 1.67, 1.74, 1.87, 2.01, 2.01, 2.14



**Modulo di taglio** (MPa) (Valori approssimativi): 6 29 92 318 313 1020

**Vp** (m/s): 205, 270, 462, 828, 823, 1437

**Poisson**: 0.45 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

**Vs30 and VsE** (m/s): 322 322

### 12.3 INDAGINI GEOFISICHE HVSR

Si riportano di seguito i risultati della prova HVSR.

#### ELABORAZIONE DATI

- Frequenza di campionamento (Hz): 251
- Lunghezza della finestra (sec): 20
- Frequenza minima determinata in modo affidabile [10 cicli]: 0,5 Hz
- Lunghezza del set di dati analizzato (min): 20,0
- Tapering (%): 5
- Smoothing (%): 15

Di seguito i risultati considerando i dati nell'intervallo di frequenza 0,5-20,0 Hz

- Frequenza di picco (Hz): 2,8 ( $\pm 1,1$ )
- Valore di picco HVSR: 2,6 ( $\pm 0,7$ )

Criteri per una curva H/V affidabile

- 1)  $[f_0 > 10/Lw]: 2,833 > 0,5$  (OK)
- 2)  $[nc > 200]: 6460 > 200$  (OK)
- 3)  $[f_0 > 0,5 \text{ Hz}; \sigma_{A(f)} < 2 \text{ per } 0,5f_0 < f < 2f_0]$  (OK)

Criteri per un chiaro picco H/V (almeno 5 devono essere soddisfatti)

- 1) [esiste  $f^-$  nell'intervallo  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: sì (considerando le deviazioni standard), alla frequenza 0,7 Hz (OK)
- 2) [esiste  $f^+$  nell'intervallo  $[f_0, 4f_0]$  |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: sì, alla frequenza 8,5 Hz (OK)
- 3)  $[A_0 > 2]: 2,6 > 2$  (OK)



- 4)  $[f_{peak}[A_h/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$ : (NO)
- 5)  $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$ :  $1,109 > 0,142$  (NO)
- 6)  $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$ :  $0,959 < 1,58$  (OK)

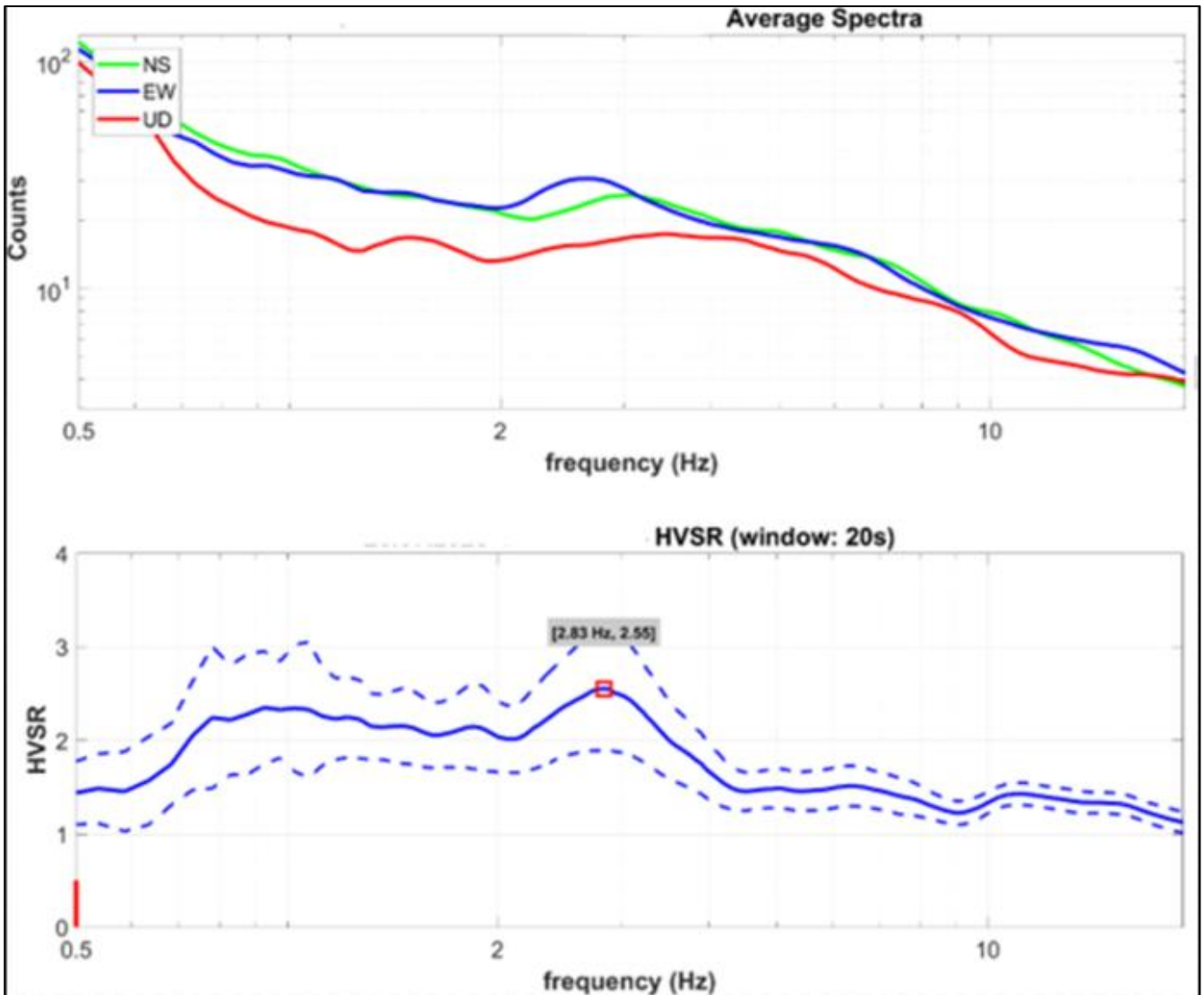


Figura 32: Continuità (persistenza) del rapporto spettrale H/V

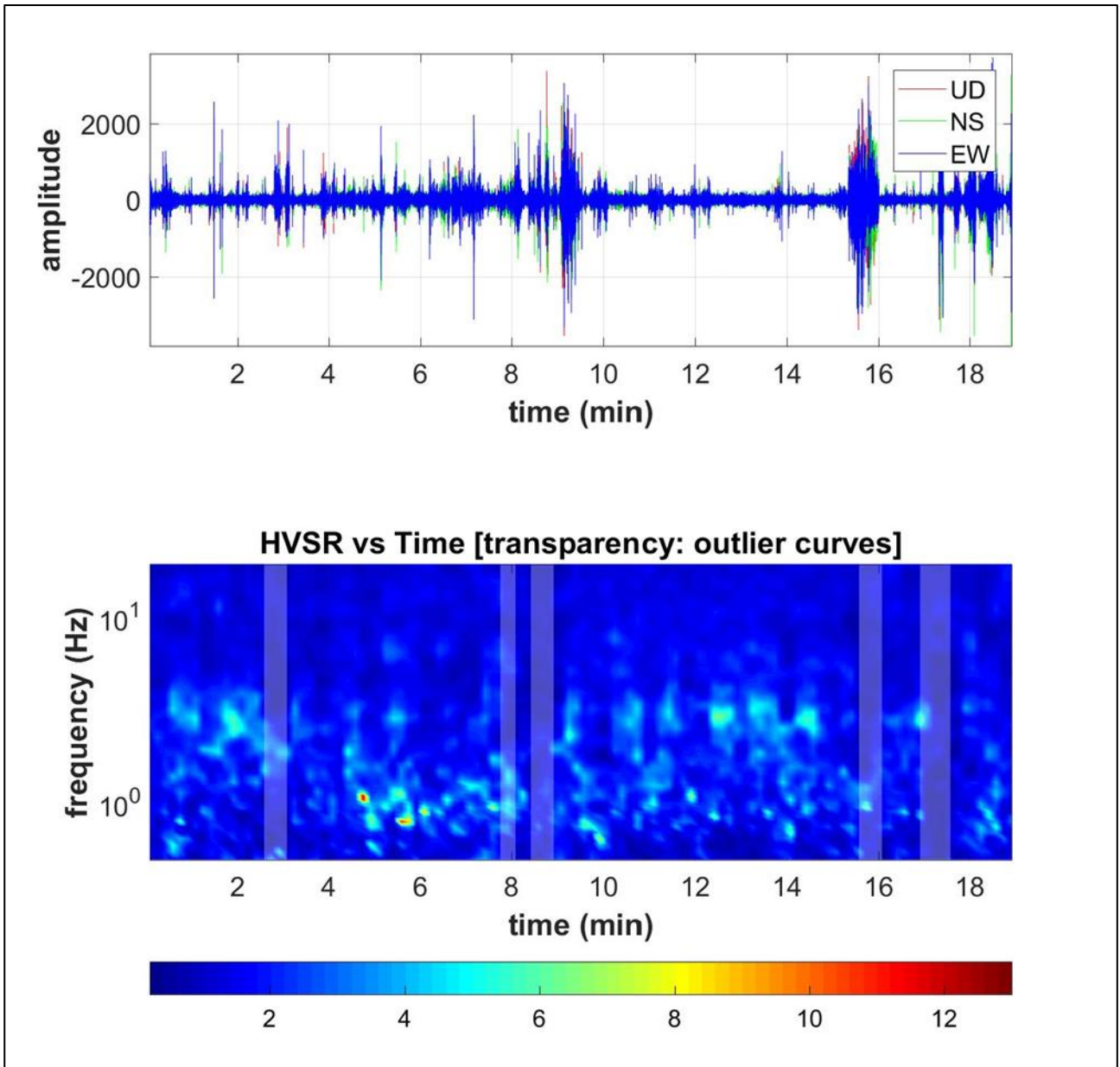


Figura 33: H/VSR / Time

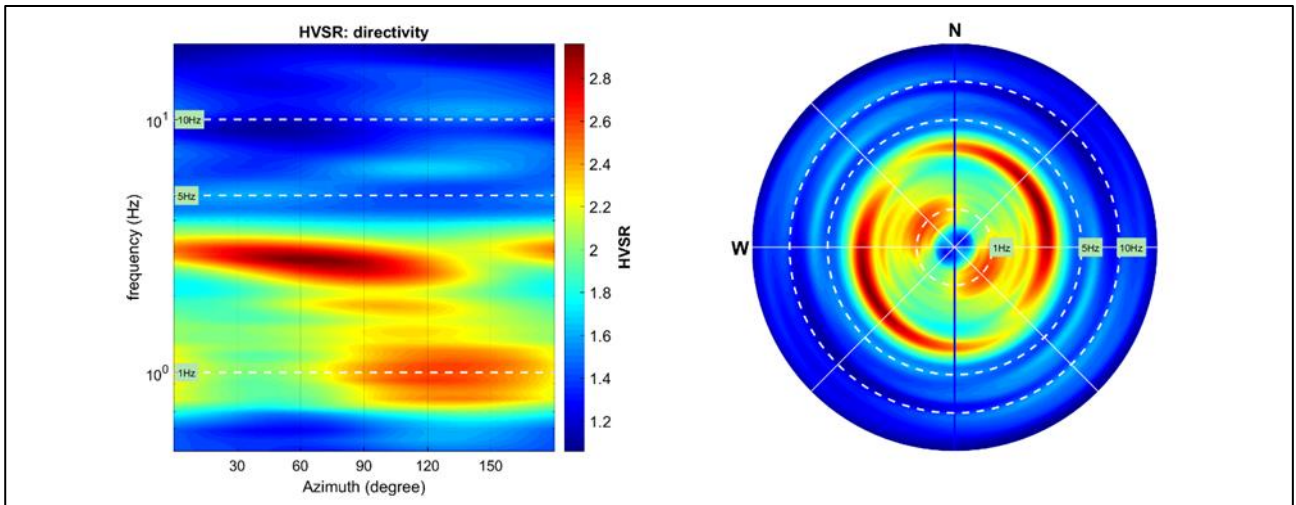


Figura 34: Direttività del rapporto spettrale H/V



## 12.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2. Il (fig. definite in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro VS<sub>30</sub>, considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_i^N \frac{h_i}{V_i}}$$

$h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo

$V_i$  = Velocità dell'onda di taglio i-esima

$N$  = Numero di strati

$H$  = Profondità del substrato sismico con  $V_s > 800$  m/s

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dalla prova HVSR e dalla prova MASW eseguite in corrispondenza dell'area di indagine.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valori delle  $V_{s30}$  pari a **322 m/s**.

Per la classificazione del suolo si è ritenuta attendibile per il terreno in sito la **categoria C**: *“Depositati 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”*.



Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

Figura 35: Tabella 3.2.II “Categoria di sottosuolo” – D.M. 17.10.2018

## 12.5 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Secondo la più recente revisione delle Norme Tecniche in vigore, per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (categorie topografiche da NTC2018):

- 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  $i > 30^\circ$

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15 \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 36: Tabella 3.2.III “Categoria topografica” – D.M. 17.10.2018

*Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.*

**La categoria topografica è T1**



## 13 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

Di seguito si riportano i parametri geotecnici medi dei terreni presenti nell'area di studio determinati sulla base delle prove penetrometriche DPSH.

Strato	Profondità [m]	Litologia	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E'$ [MPa]	$E_u$ [MPa]
1	0,0 – 0,6/1,5	Materiale antropico localmente molto addensato	18-19	2-5	15-20	24-25	20-30	4,5-6
2	0,6/1,5 – 3,5/4,5	Argille limose e sabbiose	18-19	-	25-30	26-28	25-40	7,5-9
3	3,5/4,5 – 6,5/7,5	Ghiaie in abbondante matrice argillosa	19-20	-	-	34-36	35-50	-
4	> 6,5/7,5	Ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice fine argillosa più o meno abbondante	20-22	-	-	35-40	30-50	-

dove:

$\gamma$  = peso di volume

$c'$  = coesione efficace

$c_u$  = coesione non drenata

$\phi'$  = angolo d'attrito

$E'$  = modulo elastico drenato

$E_u$  = modulo elastico non drenato

Il modulo di Poisson è stato assunto pari a 0,3.

Secondo la cartografia sopra riportata la superficie piezometrica è indicata a quote assolute comprese tra i 220 e i 225 metri s.l.m., che attesta all'area d'interesse una soggiacenza di circa 18-20 metri dal piano campagna.

Talvolta si riscontrano livelli impermeabili relativamente continui che creano una falda sospesa a pochi metri dal piano campagna (andranno eseguite indagini sito-specifiche per valutare la presenza di tale livello impermeabile).

## 14 LIQUEFAZIONE

Secondo le norme NTC 2018 la verifica alla liquefazione può essere omessa nel caso si verifichino una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  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  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 37 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 38 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

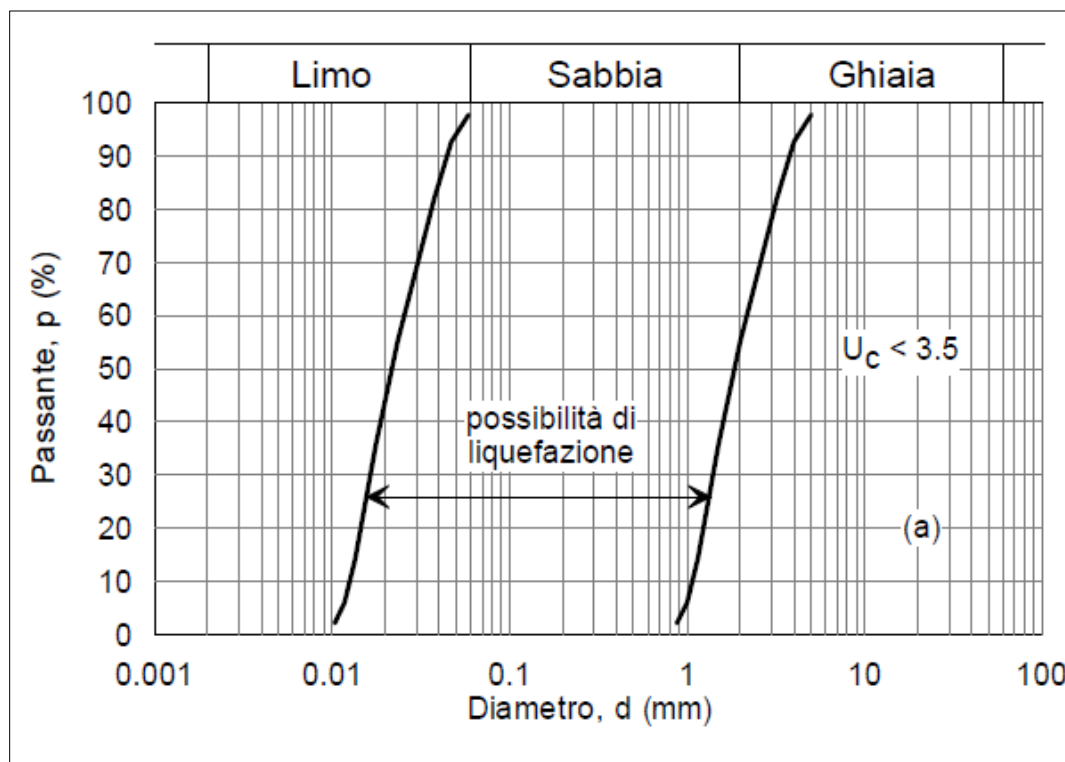


Figura 37: Figura 7.11.1 NTC 2018-Fuso granulometrico di terreni suscettibili di liquefazione.

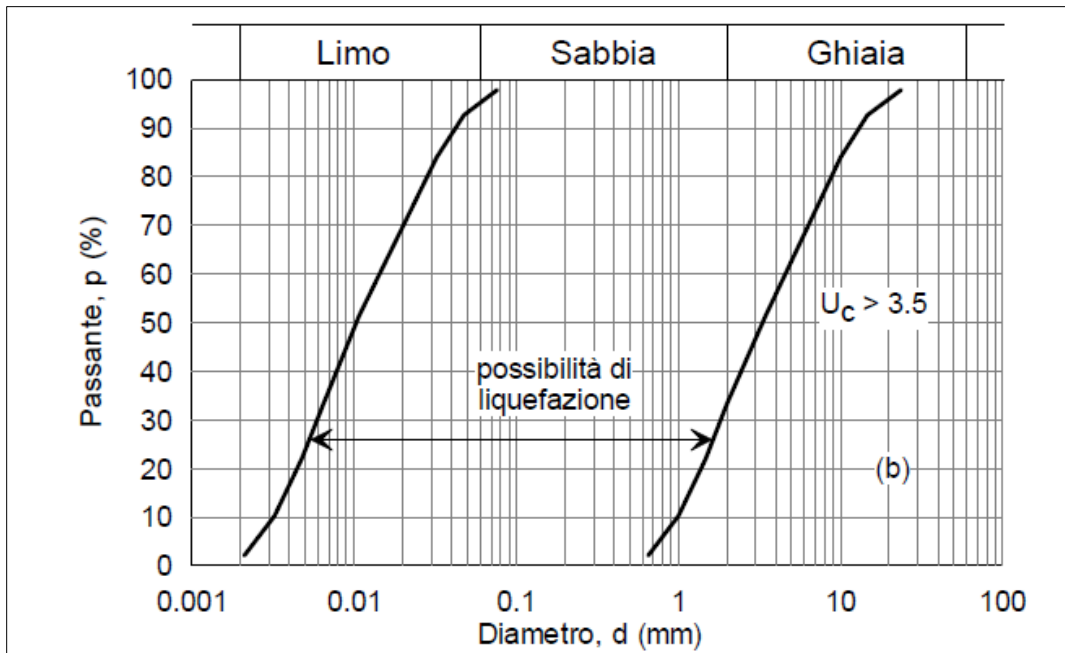


Figura 38: Figura 7.11.1 NTC 2018-Fuso granulometrico di terreni suscettibili di liquefazione.

L'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) allo stato limite SLV risulta essere minore di 0,1g, perciò non risulta necessaria la verifica a liquefazione.





## 15 CONCLUSIONI

Sulla base di quanto esposto si conclude quanto segue:

- L'area d'interesse si trova in corrispondenza dei depositi alluvionali antichi del Quaternario inferiore e medio che costituiscono l'ampia piana che si sviluppa in sinistra del torrente Ostola, indicata come "Baraggia di Masserano". Si tratta di depositi alluvionali caratterizzati da un'alterazione più o meno spinta degli elementi ciottolosi e con coltre di copertura limosa di origine eolica (loess).
- I dati disponibili, provenienti dai pozzi terebrati nelle cascine circostanti, rivelano la presenza costante di una litozona coesiva superficiale di spessore plurimetrico seguita da una sottile litozona granulare caratterizzata da matrice coesiva.
- Dalla cartografia geomorfologica in corrispondenza dell'area in esame viene indicata una zona già caratterizzata da escavazioni con recupero a fini agricoli e naturalistici. Non si segnalano problematiche di carattere geomorfologico.
- La situazione idrogeologica del sito è complessa in quanto i corsi d'acqua che scorrevano in queste aree man mano selezionavano i materiali in una successione continua da quelli più grossolani a quelli più fini. Secondo la cartografia del P.R.G.C. la superficie piezometrica è indicata a quote assolute comprese tra i 220 e i 225 metri s.l.m., che attesta all'area d'interesse una soggiacenza di circa 18-20 metri dal piano campagna. Talvolta si riscontrano livelli impermeabili relativamente continui che creano una falda sospesa a pochi metri dal piano campagna (andranno eseguite indagini sito-specifiche per valutare la presenza di tale livello impermeabile).
- Questa situazione si riscontra nei laghetti di cava presenti nelle aree limitrofe.
- Questa falda freatica più superficiale potrebbe anche non essere riscontrata nei pressi dell'area grazie all'impermeabilizzazione causata dalla presenza di un paleosuolo argillificato, che inibirebbe l'infiltrazione delle acque meteoriche.
- Secondo il metodo GOD la falda nei pressi dell'area d'interesse ha vulnerabilità estrema.
- Secondo la cartografia dei vincoli la parte più a nord dell'area in esame si trova all'interno della fascia di rispetto dei corsi d'acqua pubblici di m. 150.
- Si segnala inoltre come il sito d'interesse rientra nelle aree vincolate dai DD.MM. 01/08/1985 "Galassini" Aree della Baraggia Vercellese.
- Si esclude, inoltre, la presenza di fasce esondabili e fasce di probabilità di alluvioni secondo il PGRA.



- Sulla base dell'elaborato G6 "*Carta litotecnica*" del P.R.G.C. di Masserano" in corrispondenza dell'area sono presenti depositi alluvionali antichi con coperture loessiche, limi eolici (loess) su ghiaie ciottolose (variamente alterate) in sabbia limosa. Le caratteristiche geotecniche sono mediocri in superficie e migliorano con la profondità.
- Secondo la cartografia di fattibilità geologica l'area di studio rientra in classe 1 (Pericolosità geomorfologica ridotta o assente). Essa comprende le porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre particolari limitazioni all'utilizzo urbanistico. Queste aree non sono soggette a dinamica morfologica attiva e non si segnalano rilevanti limitazioni litotecniche. In questa classe sono consentiti interventi di edificazione nel rispetto del D.M. 14.1.2008, in particolare per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei materiali interessati dalle opere di fondazione.
- La stratigrafia di riferimento per il sito d'interesse è ricostruita sulla base delle prove penetrometriche eseguite utilizzando per la valutazione della litologia il sondaggio Pz5 presente sul portale di Arpa Piemonte.
- Per la classificazione del suolo si è ritenuta attendibile per il terreno in sito la **categoria C**.
- Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 4-3084 del 12.12.2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21 maggio 2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30 dicembre 2019, il territorio di Masserano è classificato in **zona sismica 4**.
- L'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) allo stato limite SLV risulta essere minore di 0,1g, perciò non risulta necessaria la verifica a liquefazione.
- Si segnala che le indagini eseguite lungo gli sterrati della viabilità interna hanno rilevato materiali più addensati, per maggiori profondità, fino a circa 1,5 m di profondità. Nel caso in cui i pali di sostegno saranno ubicati al di sopra di questi terreni si potrebbero riscontrare maggiori problematiche nell'infissione.