



Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – Provincia di Udine  
COMUNE DI PREMARIACCO

Progetto

CUP: E16J16000690006

Lavori di ristrutturazione, ampliamento e  
adeguamento alle norme di sicurezza della  
scuola elementare di Premariacco

Via della Chiesa n.32 – 33040 Premariacco

**S** PROGETTO ESECUTIVO – STRUTTURE PORTANTI

Contenuto	Tavola n.   File n.	
RELAZIONE GEOLOGICA	S.PE-DOC 05	
	Progetto N. 0215	Datum   Data 26.05.2017

Committente Tecnico

<p>Comune di Premariacco Provincia di Udine</p> <p>Responsabile del procedimento: Geom. Marco Toti</p> <p>33040 Premariacco Via Fiore dei Liberi n.23 tel. 0432/729009 – fax. 0432/729072 tecnico@com-premariacco.regione.fvg.it</p>	<p>Dr. Geol. Fausto Pelicci Cooprogetti soc. coop.</p> <p>Geologo</p> <p>06024 Gubbio (PG) Via della Piaggiola 152 tel./fax. 075 923011 / 075 9230150 staff@cooprogetti.it</p>	
Firma		Firma

Raggruppamento temporaneo di professionisti

<p>Dr. Arch. Matteo Scagnol MoDus architects</p> <p>39042 Bressanone (BZ) Via Fallmerayer 7 tel./fax. 0472/201581 info@modusarchitects.com</p>	<p>PARCIANELLO &amp; PARTNERS engineering srl</p> <p>32016 Farra D'Alpago (BL) Via G. Matteotti 30/d tel./fax. 0437 46100 / 0437 459077 studio@studioparcianello.com</p>	<p>Cooprogetti società cooperativa</p> <p>06024 Gubbio (PG) Via della Piaggiola 152 tel./fax. 075 923011 / 075 9230150 staff@cooprogetti.it</p>	<p>dr. for. Alessandro Rocco</p> <p>32100 Belluno Via E. De Amicis 209 tel. 0437 925863 d.rocco.a@gmail.com</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Responsabile del procedimento  
Geom. Marco Toti

Servizio Urbanistica, ambiente, assetto del territorio lavori pubblici, via Fiore dei Liberi n.23  
33040 Premariacco Tel. 0432/729009 – Fax. 0432/729072  
e-mail: tecnico@com-premariacco.regione.fvg.it



<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>5</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI STUDIO .....</b>	<b>6</b>
2.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFICO .....	6
2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO .....	12
2.3 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO .....	15
2.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE .....	16
2.4.1 CONTAMINANTI .....	20
2.5 INQUADRAMENTO IDRAULICO .....	21
2.6 INQUADRAMENTO SISMICO .....	24
2.6.1 ZONANZIONE SISMOGENETICA.....	26
2.6.2 PROGETTO ITHACA.....	27
2.6.3 PERICOLOSITÀ SISMICA.....	29
2.6.4 DATABASE DEI TERREMOTI.....	32
<b>3. INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>34</b>
3.1 INDAGINI PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO.....	34
<b>4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO .....</b>	<b>44</b>
4.1 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO LOCALE .....	44
4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE .....	46
4.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO LOCALE .....	47
4.4 INQUADRAMENTO IDRAULICO LOCALE .....	48
<b>5. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI .....</b>	<b>50</b>
<b>6. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO.....</b>	<b>52</b>
6.1 PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO.....	52
6.2 STRATEGIA DI PROGETTAZIONE.....	55
6.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	58
6.4 PARAMETRI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA .....	58
6.5 CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	62
6.6 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	63
6.7 SPETTRI DI RISPOSTA .....	63
6.8 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE .....	63
<b>7. ALTRE VERIFICHE .....</b>	<b>64</b>
<b>8. TERRE E ROCCE DA SCAVO .....</b>	<b>64</b>
<b>9. CONCLUSIONI.....</b>	<b>65</b>

<b>CARTA TECNICA REGIONALE .....</b>	<b>66</b>
<b>UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>67</b>
<b>SEZIONE SCHEMATICA .....</b>	<b>68</b>
<b>PRG COMUNE PREMARIACCO .....</b>	<b>69</b>
<b>REPORT INDAGINI.....</b>	<b>70</b>

## 1. PREMESSA

E' stato eseguito uno studio per verificare le caratteristiche geologiche e stratigrafiche dei terreni interessati dal progetto in esame.

Lo studio è svolto nell'ambito del progetto di " Lavori di ristrutturazione, ampliamento e adeguamento alle norme di sicurezza della scuola elementare di Premariacco".

Per un inquadramento generale dell'area si è fatto riferimento agli studi e alle cartografie di piano (tra cui la Banca dati della Regione Friuli Venezia Giulia e il Prg del Comune di Premariacco) e a numerosi pubblicazioni a carattere scientifico.

Per la caratterizzazione idrogeologica si è fatto riferimento agli studi e monitoraggi a cura dell'Arpa FVG, mentre per la parte idraulica a quelli dell'Autorità di bacino Distrettuale delle Alpi Orientali.

Per la definizione della stratigrafia e la parametrizzazione geotecnica e sismica si sono utilizzati i risultati della campagna di indagini realizzata ad hoc dalla ditta GeoAlpina nel marzo 2017.

Sono stati realizzati in corrispondenza dell'ingombro dell'opera in progetto:

- a. n°2 prove penetrometriche DPHS spinte al rifiuto;
- b. n°2 sondaggi a conservazione di nucleo fino a 15 mt di profondità dal p.c.;
- c. n°6 prove SPT in corrispondenza dei fori di sondaggio (1.5 - 3.0 - 4.0 mt dal p.c.);
- d. n°2 stendimenti MASW (MASW1 e MASW2) da 50 m cadauno;
- e. n°2 prove HVSR.

L'esito delle indagini è contenuto nei reports allegati in calce alla presente relazione. L'indagine è stata redatta a norma del D.M. 14.01.08 e s.m.i.

Normativa di riferimento:

- o AGI: "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
- o Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Ministero LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988.
- o Ordinanza del Presidente del Consiglio 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".
- o D.L. n°152, 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale".
- o Ordinanza PCM n°3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- o D.L. n°4, 16 gennaio 2008 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006 n.152, recante norme in materia ambientale".
- o Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".
- o Circolare 2 febbraio 2009 , n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".

## 2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA DI STUDIO

### 2.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFICO

L'area in esame è cartografata nella Carta Topografica d'Italia IGM 25 II - S.E. (PREMARIACCO) e ricade nel comune di Premariacco in Provincia di Udine.

La quota altimetrica media del sito di progetto è di circa 110,4 m. slm. La morfologia dell'area è sub pianeggiante lievemente degradante verso Sud - Sud Est.

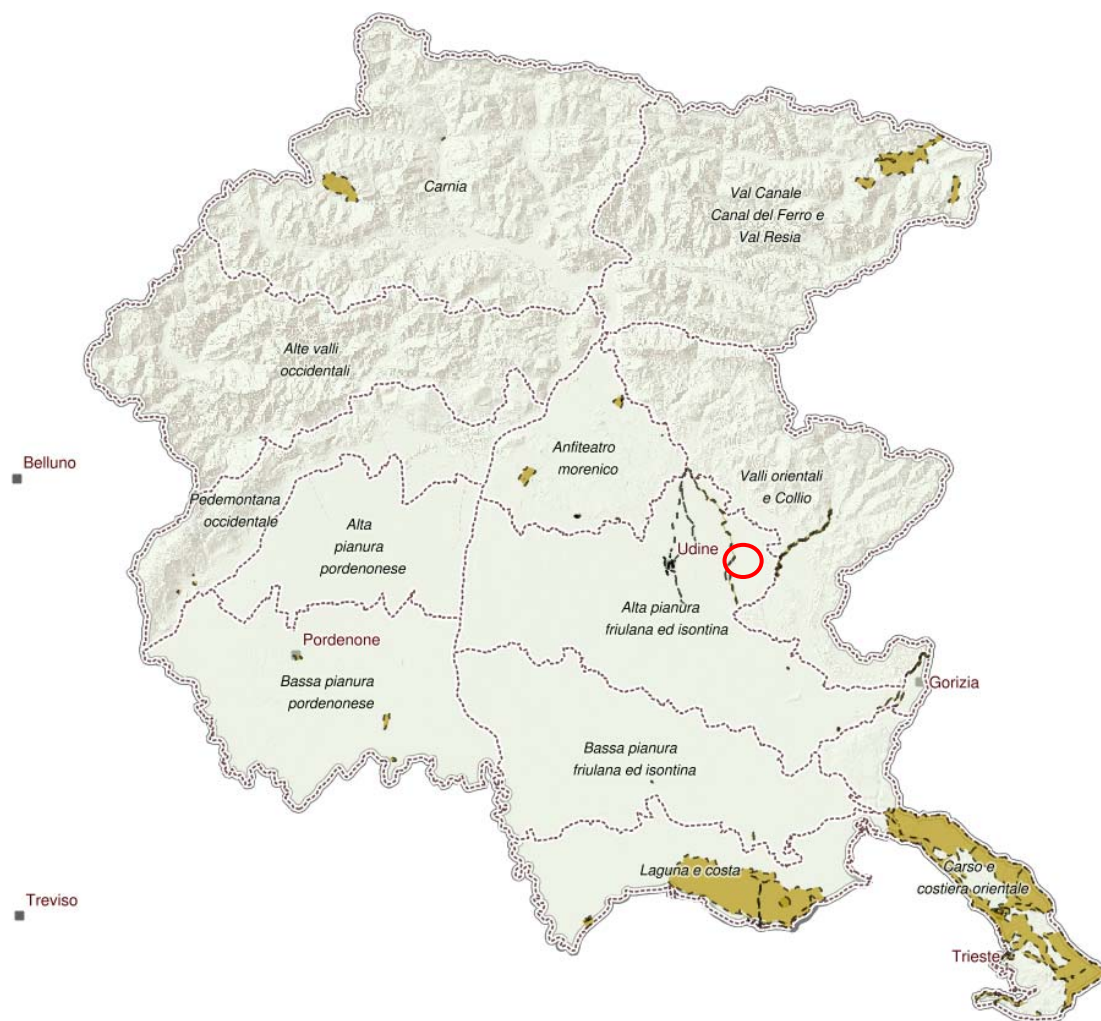


Figura 1: da webgis "Consultazione CDO PPR-FVG"

Il territorio della regione Friuli Venezia Giulia può essere diviso in tre fasce principali: la zona alpina e prealpina, la medio-alta pianura e la bassa pianura.

L'ambito morfologico del progetto è quello definito come "Alta pianura friulana ed isontina".

La divisione tra medio-alta e bassa pianura è sita in corrispondenza della linea delle risorgive, ovvero del contatto tra i depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi e permeabili (a Nord) e quelli sabbiosi/limosi e limosi/argillosi meno permeabili (a Sud).



Figura 2: la flora e la fauna delle risorgive friulane – regione autonoma Friuli Venezia Giulia

La cosiddetta linea delle risorgive è in realtà una fascia, in quanto i punti di affioramento della falda variano di posizione a seconda del livello piezometrico e quindi dell'alternarsi dei periodi di magra o piena.

La medio-alta pianura è stata formata da ghiaie molto permeabili, formati a causa della sedimentazione dei materiali erosi dai bacini montani a seguito del sollevamento della catena montuosa.

In particolare la zona settentrionale è caratterizzata da una serie di ampi conoidi fluviali, tra cui quelli dei Torrente Cellina e dei Fiumi Meduna, Tagliamento, Torre, Natisone e Isonzo, che si sviluppano ai piedi della fascia prealpina, laddove a seguito della riduzione delle pendenze i corsi d'acqua, perdendo energia tendono a depositare il carico solido.

In quest'area è presente una fitta rete di canali artificiali realizzata nel passato con lo scopo sia di regimare le piene riducendo gli effetti devastanti dei principali corsi d'acqua che rifornire le aree povere di risorse idriche.

Il deposito ghiaioso della media pianura, raggiunge spessori anche dell'ordine dei 700 m (nella zona sud-occidentale) ed è dotato di un'alta permeabilità come testimoniato dalla "scomparsa dei corsi d'acqua" che la attraversano. La falda freatica contenuta in questo acquifero, a causa dell'eterogeneità dei terreni e dei cospicui prelievi, è caratterizzata da profondità molto variabili e da una grossa variabilità di composizione chimica.

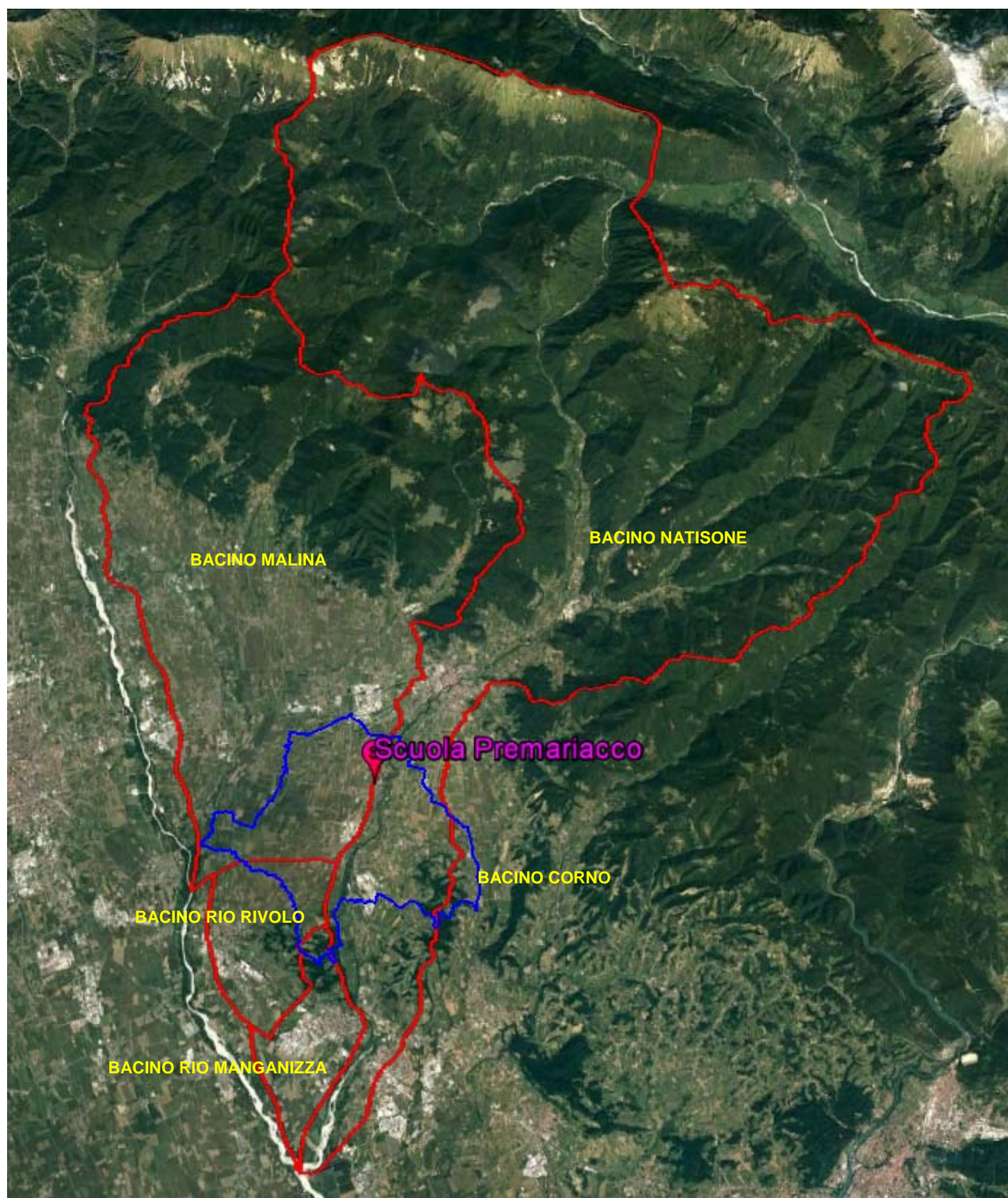


Figura 3: Bacini idrografici dei corsi d'acqua che interessano il comune di Premariacco (dato kmz della regione FVG sovrapposto a Google Earth).

I corsi d'acqua principali che attraversano il territorio comunale sono il Torrente Malina, Il Rio Rivolo, il Fiume Natisone ed il Torrente Corno, tutti affluenti in sinistra idrografica del Fiume Torre.

In particolare l'area di interesse ricade nel bacino del Natisone, in prossimità dello spartiacque con il Torrente Malina.

Il Natisone ha un bacino idrografico di circa 322 kmq e nasce nelle vicinanze del confine tra il Friuli-Venezia Giulia e la Slovenia ad una quota di circa 415 m. s.l.m. (confluenza tra il Rio Bianco e il Rio Nero) che scendono dalle falde del Monte Maggiore e dal Gabrovig.

Il Natisone scorre in una stretta valle attraversando terreni prevalentemente marnosi, a tratti calcarei. Allo sbocco nella pianura friulana il fiume ha il suo letto di scorrimento in corrispondenza dei terreni alluvionali grossolani e a luoghi cementati in un tratto di oltre 16 km tra San Pietro al Natisone e Orsaria. Il Natisone defluisce profondamente incassato nei depositi conglomeratici lungo due tratti:

- in prossimità di Cividale (circa 1 km);
- in corrispondenza di Premariacco (circa 1,5 km).

In questi due ambiti si può osservare un andamento meandriforme dell'alveo: la città di Premariacco si è ubicata ad Ovest dei meandri più sviluppati.

La portata minima del fiume è di 0,8 metri cubi al secondo, ma è soggetto, nei periodi piovosi, a piene improvvise e, a volte, notevoli. Tali piene di rado producono danni grazie alla notevole altezza delle rive. La portata media può essere indicata in 4 metri cubi al secondo, mentre quelle primaverile/autunnale in 6-8 metri cubi al secondo.

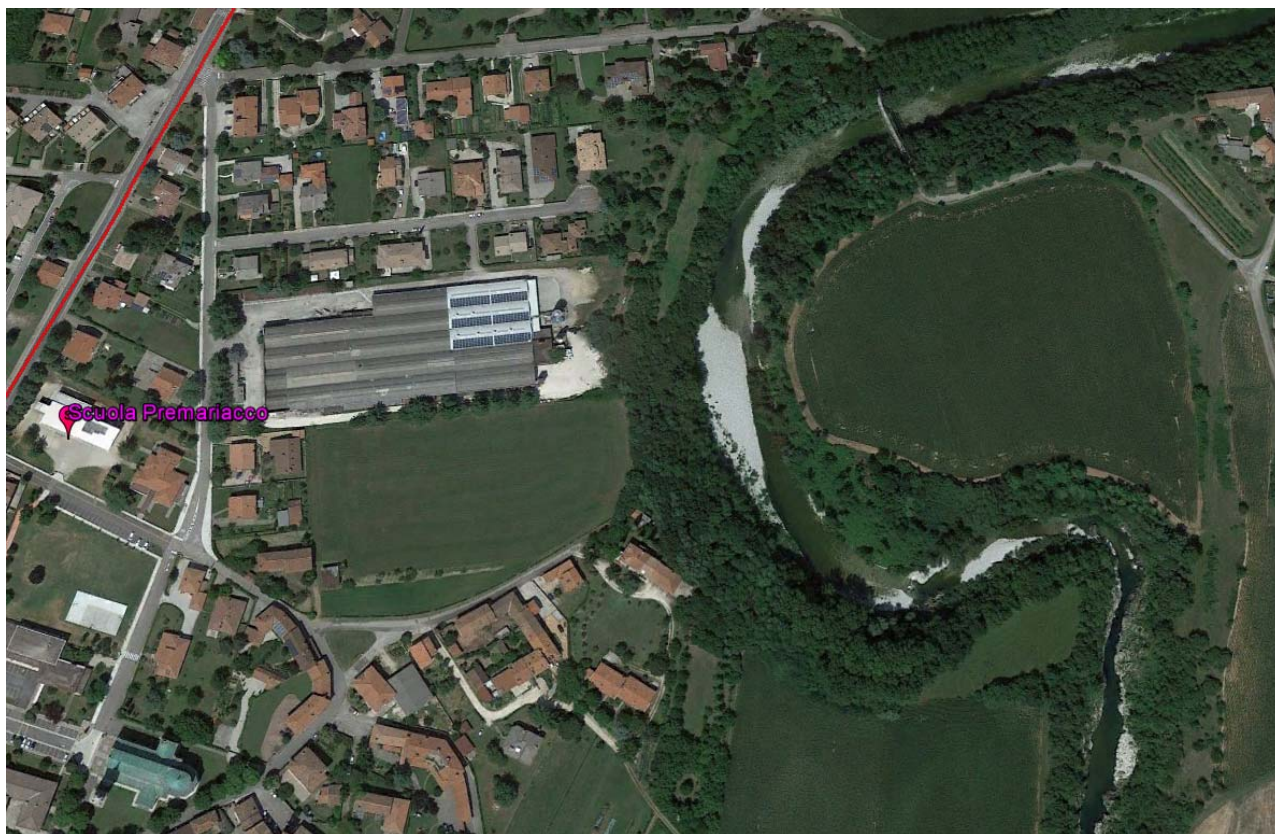


Figura 4: meandro del Fiume Natisone (Google Earth). In corrispondenza del letto di scorrimento del Natisone, si possono notare le zone in erosione e quelle in sedimentazione.

Il Natisone, a Premariacco in corrispondenza del Ponte Romano ha modellato il paesaggio con morfotipi spettacolari quali: sottoescavazioni, ingrottamenti, marmitte più o meno sviluppate che rappresentano un attrattiva di carattere scientifico e turistico.



Figura 5: Morfotipi in corrispondenza del Ponte Romano sul Fiume Natisone (Premariacco)

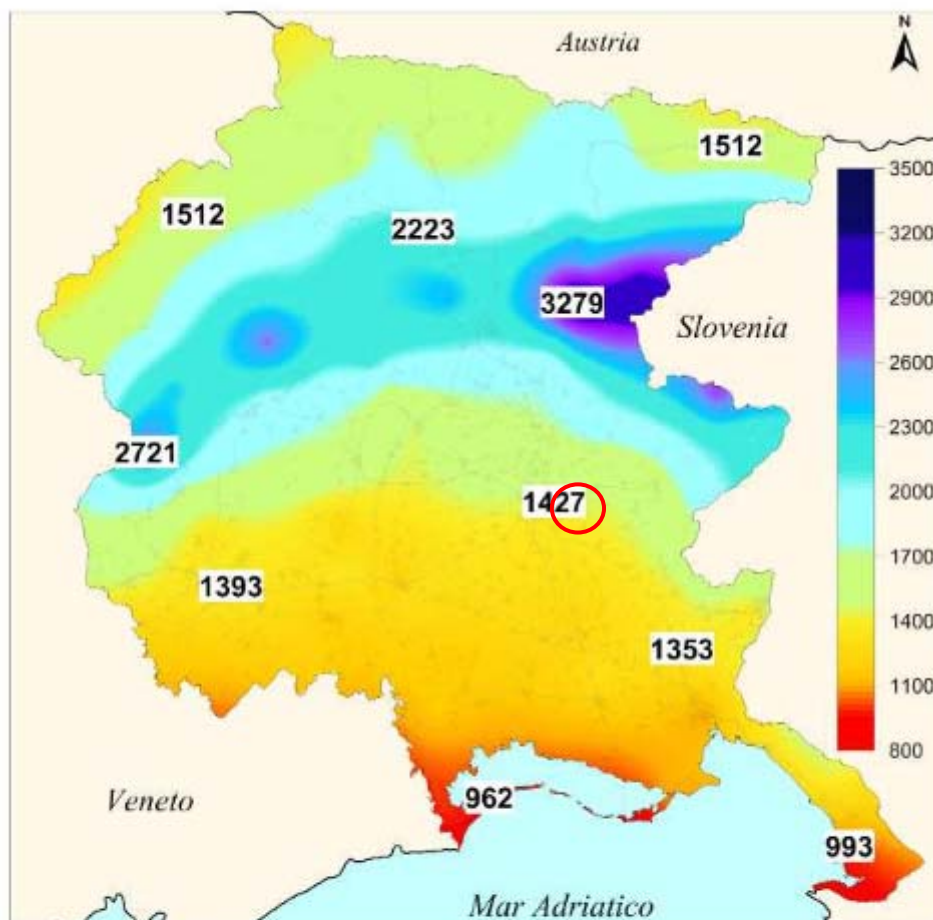
Nelle scarpate subverticali l'erosione fluviale provoca la formazione di veri e propri scalini o meno aggettanti. Quando le condizioni d'equilibrio sono al limite, si generano fratture di tensione verticali quasi sempre parallele al corso d'acqua che determinano il crollo di cunei instabili nell'alveo.

Le scarpate conglomeratiche dei terrazzi fluviali presentano pendenze molto accentuate fino alla verticalità. I dislivelli tra l'orlo e il piede dei terrazzi superano talvolta i 20 metri.

A Premariacco le quote del piano campagna lungo gli orli dei terrazzi si aggirano tra 104 e 108 metri, mentre in alveo le quote variano da 80 a 85 metri s.l.m. La sezione di deflusso che presenta larghezze massime di 30-40 metri è caratterizzata da diverse strozzature che in qualche caso sono inferiori a 6-7 metri.

Ai fini di un inquadramento pluviometrico si riportano i dati tratti dall'Osservatorio Meteorologico Regionale. Dall'esame delle mappe della pioggia media annuale (calcolati tra il 1961 e il 2013) si nota che la Regione può essere, in buona misura, divisa in 4 fasce con distinti regimi pluviometrici:

1. Fascia costiera: è la zona meno piovosa della regione; i totali annui raggiungono mediamente i 900-1.000 mm, con un andamento crescente dalla costa verso l'interno;
2. Fascia pianura e colline: avvicinandosi alle montagne la piovosità aumenta; i valori medi annui variano da 1.200 a 1.800 mm;
3. Fascia prealpina: le precipitazioni medie annue raggiungono valori (dai 2.700 ai 3.200 mm) da primato europeo;
4. Fascia alpina interna: a Nord delle Prealpi Carniche e Giulie la piovosità media annua torna a decrescere fino a valori di 1.400 – 1.600 mm, molto simili a quelli della media pianura.



**Fig. 3 - Friuli Venezia Giulia - Precipitazioni medie annue (dati rete meteorologica regionale 1961-2013)**

Figura 6: Tratto da "il clima del FVG" a cura Meteo FVG

Premariacco rientra nella "Fascia pianura e colline" con piovosità media stimabile attorno al valore di 1400 mm/a.

## 2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

Nel territorio regionale è possibile distinguere almeno cinque catene orografiche. Come già ricordato, l'area di interesse ricade nella zona della Pianura Friulana estesa dal piede dei rilievi prealpini fino alla linea di costa dell'Adriatico, che è divisa in alta e bassa pianura dalla "linea delle risorgive".



Figura 7: Le unità orografiche del Friuli Venezia Giulia

Il Comune di Premariacco ricade a Nord della linea delle risorgive e quindi nell'Alta Pianura Friulana. Nella regione ci sono evidenze di orogeni diverse che hanno avuto origine e sviluppo in tre distinti intervalli di tempo. La catena Paleocarnica non metamorfica deriva dall'orogenesi ercinica (fino al Carbonifero sup.) ed è stata riesumata dall'orogenesi alpina. Le catene Dinarica e Sudalpina si sono originate lungo la riva meridionale del mare Tetide (paleo argine zolla africana).

La catena Sudalpina si estende in affioramento dal limite meridionale della catena Paleocarnica fino ai rilievi collinari prealpini ai margini della pianura. La catena Dinarica borda l'estremo Nord occidentale del comune e trova la sua massima espressione nella zona del Carso.

In sintesi quindi sono distinguibili tre distinti trends tettonici (Slejko et all., 1987):

- Tilavertino dominante nel settore centrale, con lineamenti disposti E-O che determina l'accavallamento delle unità tettoniche con vergenza verso Sud.
- Dinarico dominante nel settore orientale con asse delle unità tettoniche coinvolte disposto NO-SE e vergenza verso SO.
- Valsuganese nel settore prealpino occidentale con asse delle unità tettoniche coinvolte disposto NE-SO e vergenza verso SE.

I tre sistemi convergono interferendo tra loro ed evidenziando il fronte esterno della catena Subalpina, attivo come testimonia la sismicità del passato e recente.

Le unità litostratigrafiche a partire dalla più antica affioranti in ambito regionale sono:

- Il basamento ercinico metamorfico della catena paleocarnica occidentale che occupa una porzione limitata all'estremo Nord-occidentale del territorio regionale;
- la successione ercinica non metamorfica della catena paleocarnica (affiora nelle Alpi carniche centrali ed orientali);
- la successione tardo ercinica (affiorante nei tre settori di Forni Avoltri, Tarvisio e Pramollo);
- la successione paleozoica post-ercinica è una successione continentale in discordanza netta sulla precedente. I membri al tetto rappresentano l'affermazione definitiva del dominio marino tardo paleozoico. Affiora alla base della Carnia centrale in corrispondenza delle incisioni vallive;
- la successione mesozoica affiora a Sud della catena paleocarnica è prevalentemente di dominio marino. Si assiste allo sviluppo di piattaforme carbonatiche con momenti di rifting crostale e qualche episodio vulcanico alternato ad episodi distensivi e formazione di alti (piattaforma friulana) e bassi strutturali (bacini Belluno, Giulio o Sloveno).
- la successione cenozoica (depositi flischioidi affioranti al bordo meridionale di tutti i rilievi prealpini affacciati sulla pianura friulana);
- le coperture quaternarie sono di origine continentale esclusi settori lagunari e di costa. Si tratta di depositi glaciali, fluvioglaciali, fluviali, lacustri e fluviolacustri. Hanno generato i rilievi dell'anfiteatro morenico e i sistemi deposizionali (conoidi alluvionali del Cellina, Meduna, Tagliamento, Torre, Natisone e Isonzo).

Premariacco ricade nella zona litostratigrafica delle coperture quaternarie continentali dove predominano i depositi detritici.

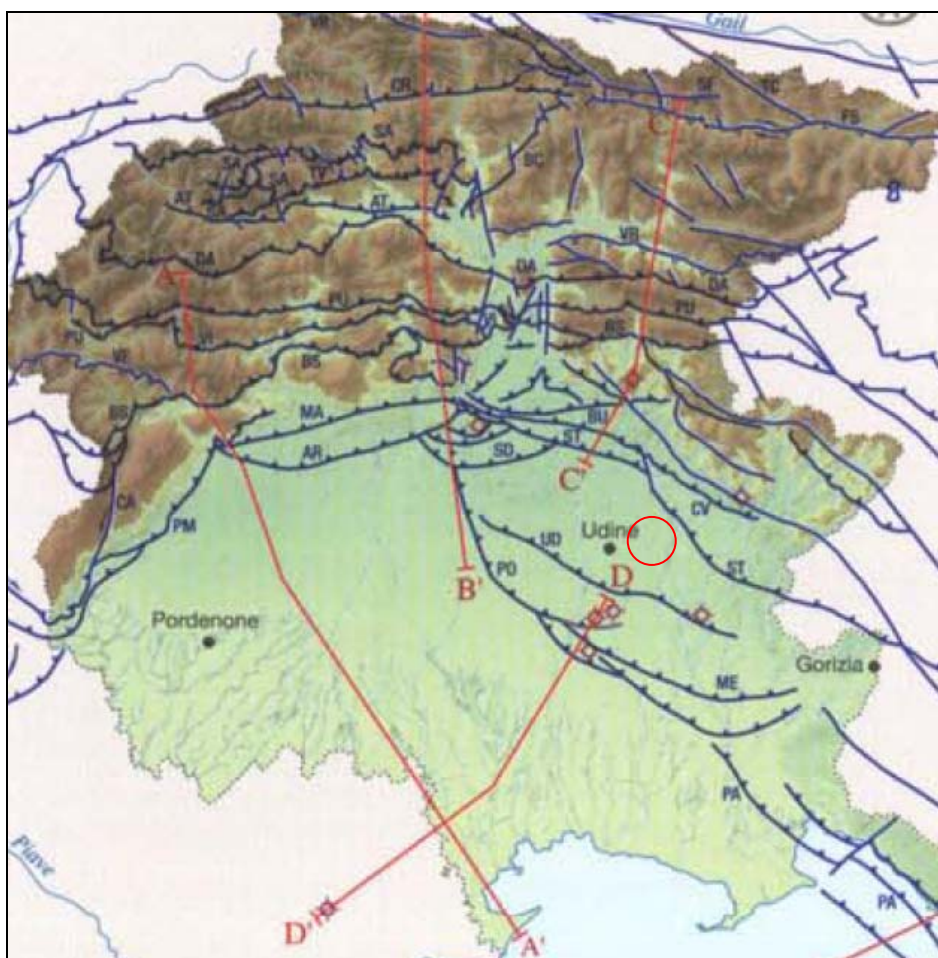


Figura 8: Inquadramento strutturale “Carta geologica del Friuli Venezia Giulia”.

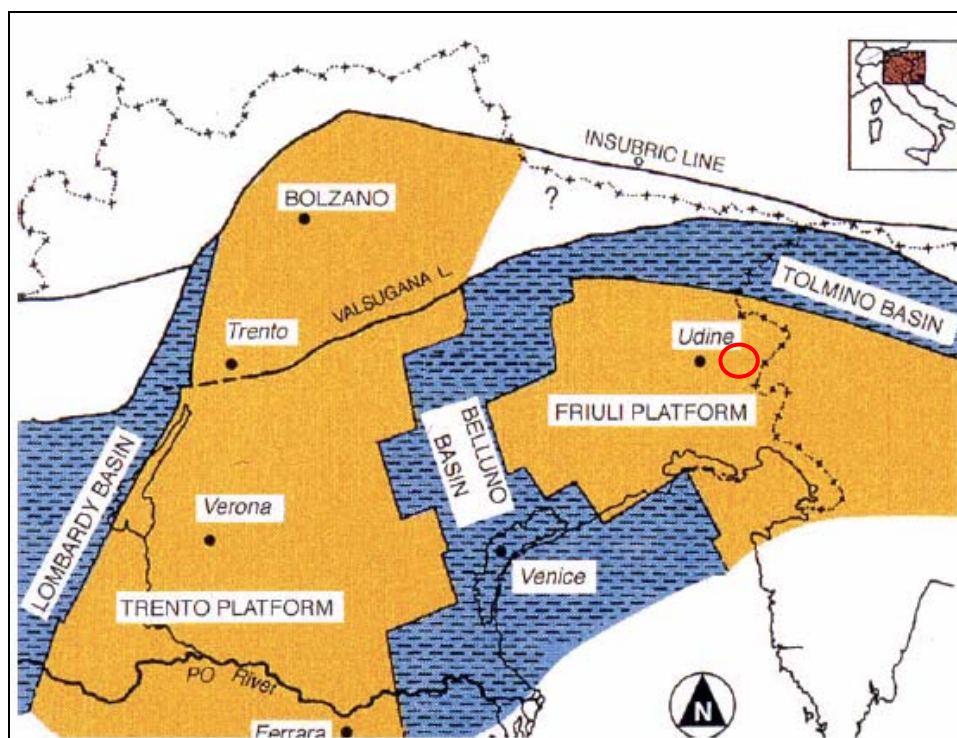
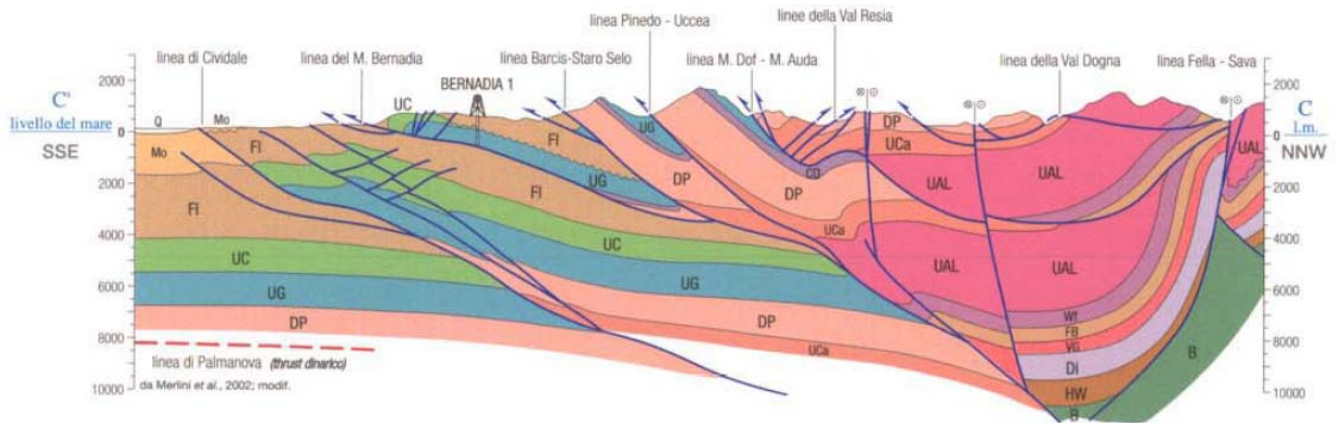


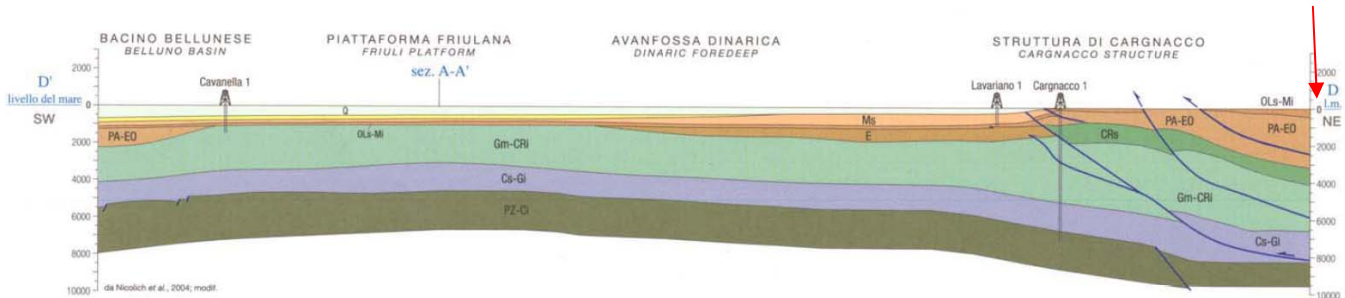
Figura 9: Individuazione dei bacini e piattaforme nella paleogeografia del Giurassico inf. Delle Alpi Venete a seguito della tettonica distensiva (da Masetti, 1996)

### 2.3 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

Nell'area di interesse la successione stratigrafica dei terreni affioranti e del sottosuolo può essere desunta dalle sezioni geo-stratigrafiche di seguito riportate e tratte dalla Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia. La sezione C'C evidenzia è rappresentativa della zona montana settentrionale della Regione, a Nord dell'area in esame. Come risulta dalla sezione, nella zona montana affiorano i termini litoidi intensamente fratturati ed articolati dei rilievi alpini. Mentre verso Sud (Sezioni D'-D) prevalgono affioramenti di depositi continentali quaternari che celano, con spessori anche notevoli, il bedrock litoide in assetto quasi tabulare.



PREMARIACCO



**Legenda sezioni sottosuolo**  
*Legend of the subsoil cross sections*

Q	Quaternario Quaternary	PA-EO	Paleocene-Eocene Paleocene-Eocene
PL	Pliocene Pliocene	CRs	Cretaceo sup. Upper Cretaceous
Ms	Miocene sup. Upper Miocene	Gs-CRI	Giurassico sup.-Cretaceo inf. Upper Jurassic-Lower Cretaceous
OLS-Mi	Oligocene sup.-Miocene Inf. Upper Oligocene-Lower Miocene	Gm-CRI	Giurassico medio-Cretaceo inf. Middle Jurassic-Lower Cretaceous
E	Eocene Eocene	Gm	Giurassico medio Middle Jurassic
PA-OL	Paleocene-Oligocene Paleocene-Oligocene	Cs-Gi	Carnico sup.-Giurassico inf. Upper Carnian-Lower Jurassic
		Pz-O	Paleozoico-Carnico inf. Paleozoic-Lower Carnian

Figura 10: Sezioni tratte da "Carta geologica del Friuli Venezia Giulia".

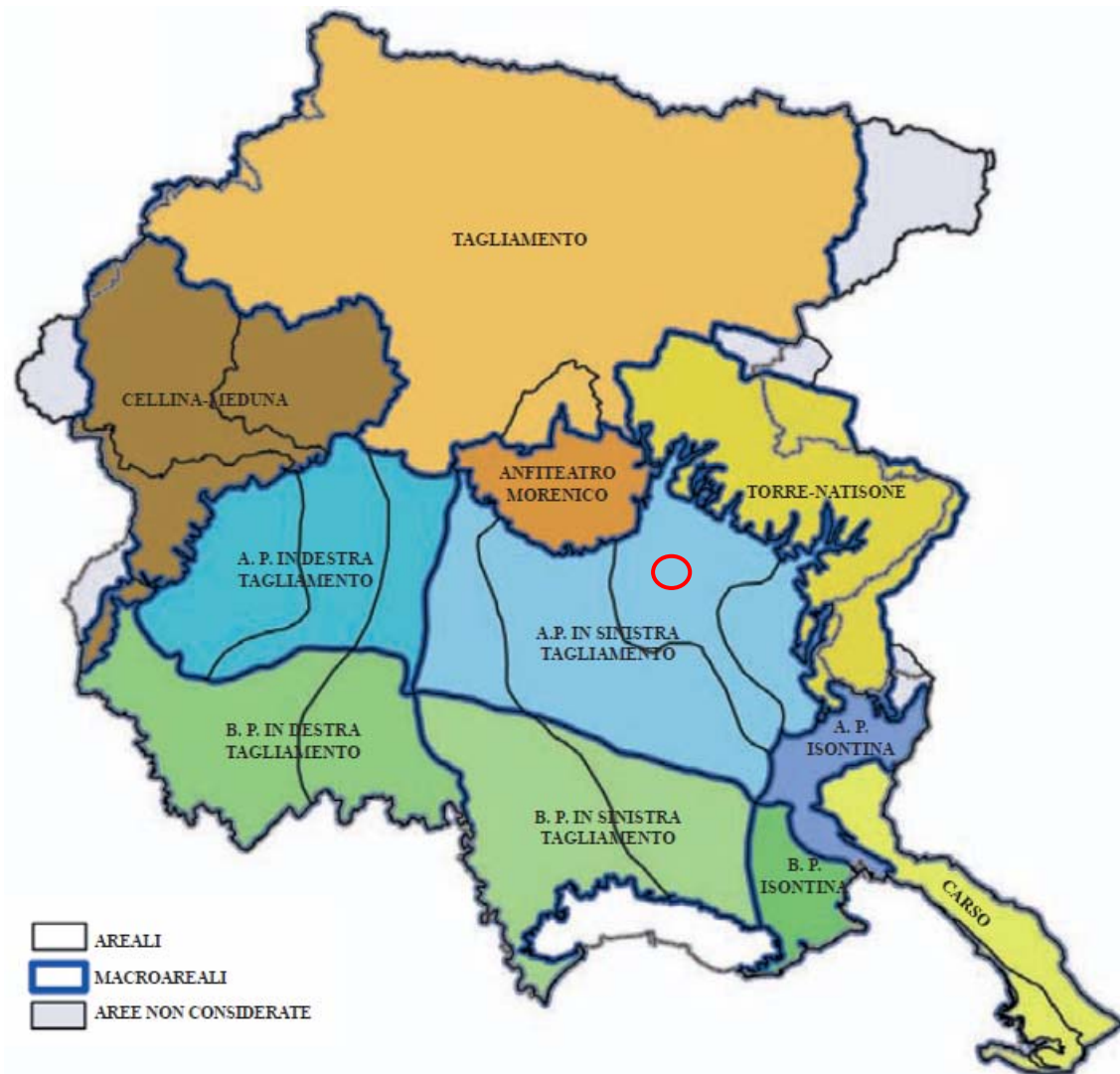
I conglomerati della pianura sono puddinghe poligeniche costituite prevalentemente da ghiaie e ciottoli calcarei di diametro generalmente inferiori a 15 cm. Derivano dalla cementazione dei depositi alluvionali grossolani per la deposizione dei sali calcarei disciolti nelle acque. Le naturali variazioni del grado di cementazione e/o le locali variazioni granulometriche, determinano un diverso grado di erodibilità nei conglomerati.

I depositi superficiali sono per lo più il prodotto della deposizione di sedimenti avvenuta durante il Quaternario.

## 2.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

Sulla base dei più consolidati schemi idrogeologici regionali, è possibile suddividere l'intero territorio in sette distinte province idrogeologiche:

- **Alta pianura pordenonese**, che si estende dal limite dei rilievi sino a nord di Pordenone. L'alimentazione dei bacini montani si approfondisce molto velocemente e verso valle la falda freatica, che è molto potente, ed è interessata da numerose opere di emungimento.
- **Bassa pianura pordenonese**, estesa nella zona a sud-ovest di Pordenone, dove le falde artesiane sono alimentate principalmente dalle acque disperse nei conoidi dei torrenti Cellina e Meduna (nell'area di Pordenone sia superficialmente che a grandi profondità) con direzione preferenziale di deflusso da sud a sud-ovest.
- **Anfiteatro morenico** e fascia meridionale immediatamente al piede. Qui le falde artesiane e/o quelle sospese sono contenute in conglomerati fessurati o in orizzonti sabbiosi mentre quelle freatiche sono obbligate nelle depressioni intramoreniche con un basso tasso di circolazione legato alle sole precipitazioni locali.
- **Alta pianura centro-orientale**, compresa tra il T. Corno ed il T. Torre. Qui la falda freatica risente solo in parte degli apporti del Tagliamento (riconoscibili per l'elevato tenore dei solfati). Il maggior apporto viene dalla percolazione meteorica e dalle perdite subalveo in destra idrografica del T. Torre (con elevato rapporto Ca/Mg).
- **Alta e Bassa pianura in destra e sinistra Tagliamento**, una zona in cui è prevalente l'influenza delle acque disperse dal Tagliamento che rimpinguano la falda freatica e le falde in pressione. La dispersione si verifica in maniera più accentuata in sinistra Tagliamento (fino alla zona ad ovest di Gonars) che in destra (fino ad est di Fiume Veneto). Questo perchè le acque sotterranee del Tagliamento sono bloccate ad ovest dalle acque disperse nel conoide Cellina-Meduna.



<sup>41</sup> I Corpi Idrici Sotterranei ("documentazione tecnica a supporto della valutazione globale provvisoria dei problemi prioritari per la gestione delle acque nella Regione Friuli Venezia Giulia", atto approvato con delibera della Giunta regionale, n. 1309 del 11.06.2009) sono stati perimetrati:

- in area montana, in base ai complessi idrogeologici riconosciuti in funzione dell'orografia, delle caratteristiche geologiche e geostutturali, della distribuzione delle aree carsiche distinte per grado di carsificazione;
- nella pianura, tenendo in considerazione le province idrogeologiche, definite sulla base delle caratteristiche idrogeologiche e geochemiche delle acque di falda, e la distribuzione delle zone di inquinamento delle acque da nitrati, erbicidi, solventi organici clorurati e cromo.

Figura 11: Tratto da "Carta geologica del Friuli Venezia Giulia".

- **Bassa pianura centro-orientale, dai dintorni di Talmassons verso Ruda**, che si estende verso sud fino ad Aquileia. Tale ambito risente dell'alimentazione proveniente dall'Alta pianura centro-orientale e della diminuzione del deflusso sotterraneo del Tagliamento. Poiché gli acquiferi artesiani si caricano dei contaminanti trasportati dalle acque freatiche, si rinviene un'elevata concentrazione di nitrati nelle falde anche a notevole profondità.
- **Fascia dei conoidi dei fiumi Torre, Natisone, Isonzo**, area caratterizzata dal deflusso sotterraneo delle acque freatiche ed artesiane provenienti dal sistema Torre-Natisone- Isonzo, che si caratterizzano per il basso contenuto di solfati e nitrati e per il relativamente elevato rapporto Ca/Mg (bacini ricchi in calcari ed arenarie calcaree e poveri in dolomie).

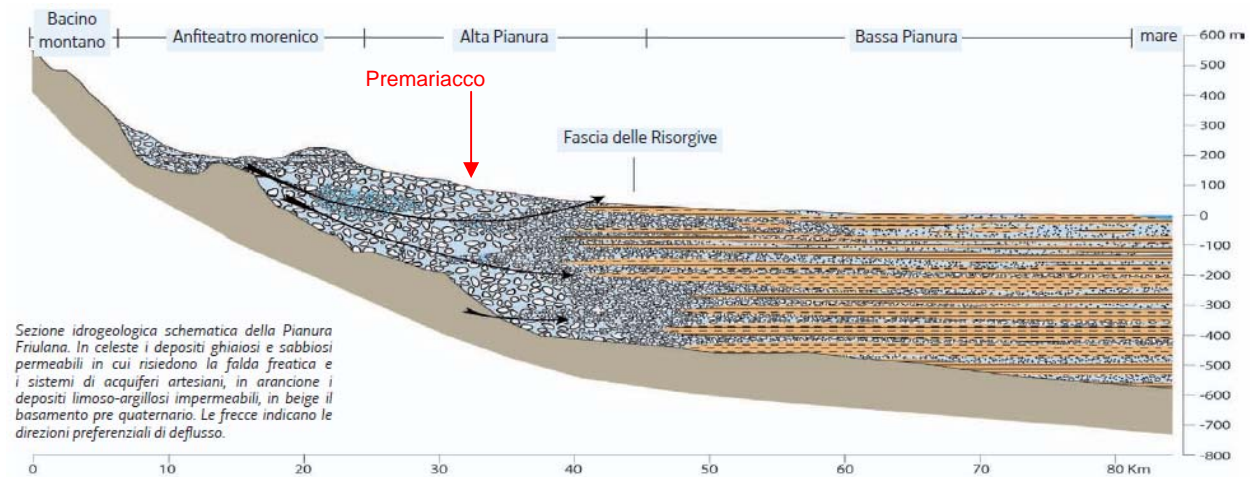


Figura 12: Tratto da “Risorse idriche sotterranee del Friuli Venezia Giulia” (Università degli Studi di Trieste Dipartimento di Geoscienze)

La sezione idrogeologica evidenzia in modo sintetico l'assetto della pianura friulana. A monte i depositi morenici bordano le pendici dei rilievi e creano un dosso (Anfiteatro Morenico), a valle la pianura detritica va a sfumare in depositi via via più fini. Proprio al contatto tra depositi detritici grossolani e materiale fine si manifestano una serie di sorgenti il cui allineamento da origine alla “Fascia delle risorgive”.

Il comune di Premariacco ricade in corrispondenza dell'alta pianura. L'alimentazione degli acquiferi proviene dai rilievi alpini, dei serbatoi contenuti negli orizzonti carbonatici porosi e permeabili, ma il materasso ghiaioso della media pianura, che raggiunge anche spessori dell'ordine dei 700 m nella zona sud-occidentale, essendo fortemente permeabile, facilita l'assorbimento di gran parte dei corsi d'acqua che vi scorrono. Nella zona in esame la falda freatica è posta ad una profondità variabile tra circa i 40 ed i 60 m.

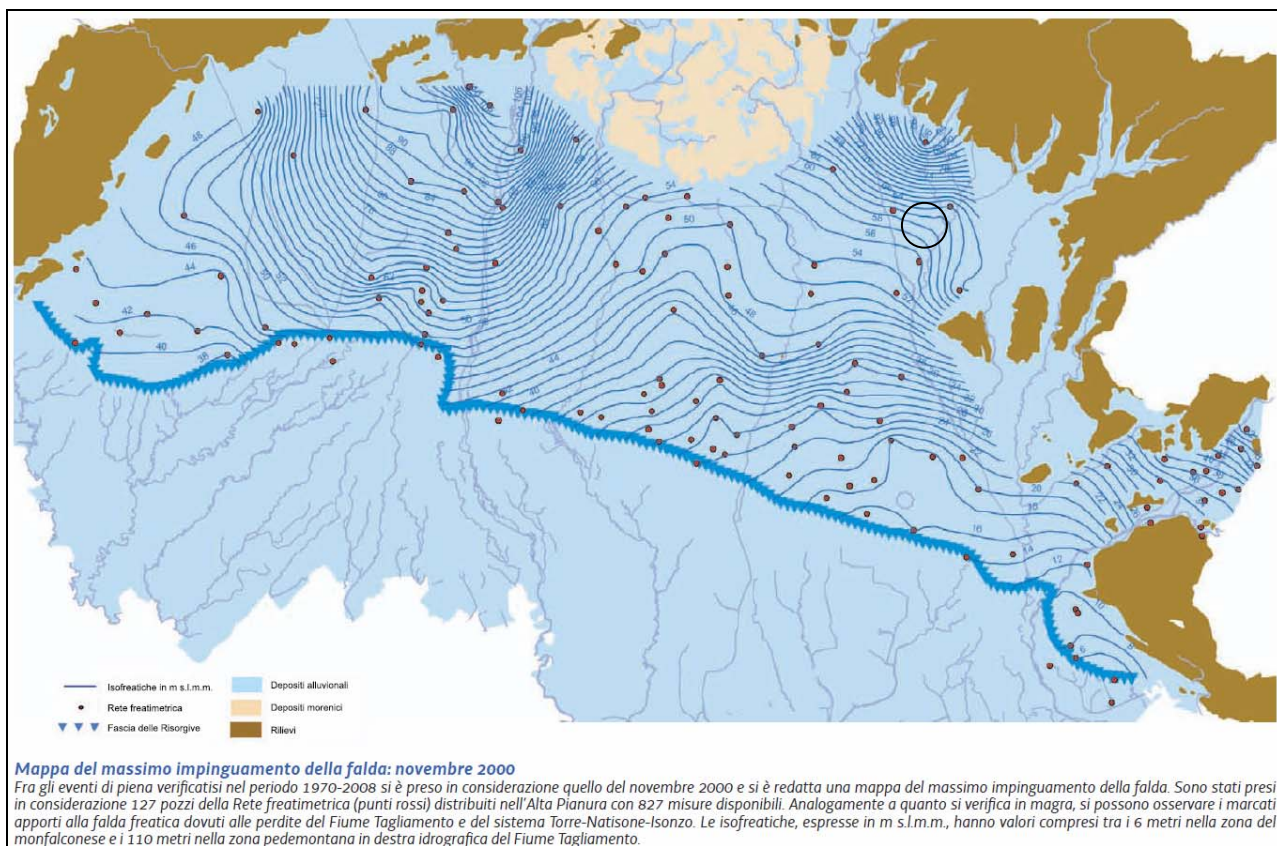


Figura 13: Isofreatiche novembre 2000

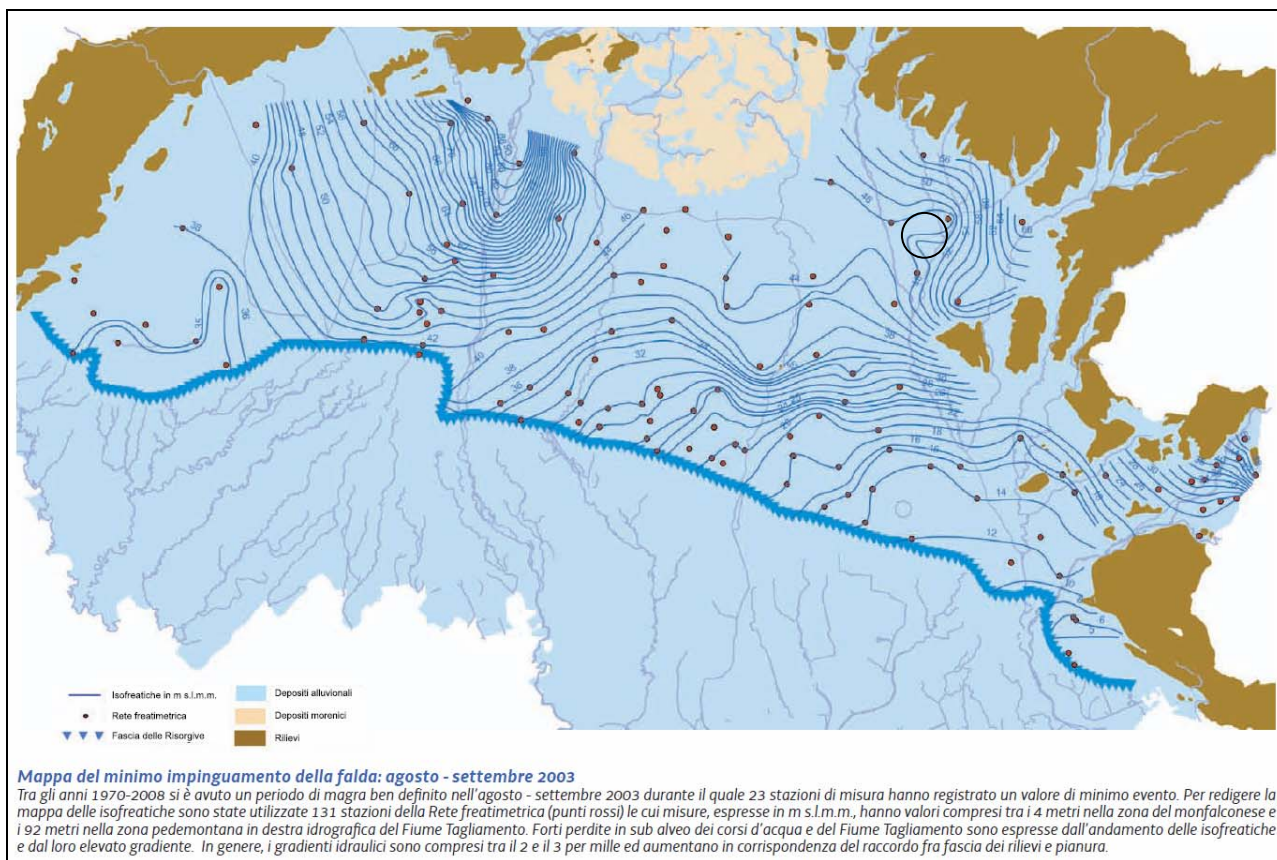


Figura 14: Isofreatiche agosto-settembre 2003

### 2.4.1 CONTAMINANTI

L'ARPA del FVG, sulla scorta di quanto richiesto dal D.Lgs 30/09, ha individuato i corpi idrici regionali e ne ha valutato lo stato chimico/ambientale.

In particolare a seguito dei risultati del monitoraggio 2009-2014 e sulla scorta dei dati pregressi, la situazione dei corpi idrici è quella evidenziata nella seguente tabella.

Si trova uno stato di qualità scarso per i corpi idrici contenuti soprattutto nell'alta pianura friulana.

Nella successiva tabella di sintesi sono evidenziate nei diversi campi tali valutazioni, con una proposta finale di giudizio di qualità solo per l'area di interesse. Nel caso specifico il Comune di Premariacco ricade in un'area con giudizio con qualità delle acque di falda "scarso".

CORPO IDRICO	STAZIONI TOT	PERCENTUALE STAZIONI SCARSE	PARAMETRI CHE HANNO PORTATO ALLO STATO NON BUONO DEL CORPO IDRICO <small>HA NOTAZIONE "R" INDICA LA PRESENZA MEDIA IN CONCENTRAZIONI INFERIORI AI VALORI SOGLIA MA &gt;75% V.S. LE VOCI IN CORSIVO INDICANO SUPERAMENTI DEI V.S. DA PARTE DI PARAMETRI CHE, DOPO VALUTAZIONE ESPERTA, NON HANNO PORTATO ALLO SCADIMENTO DELLO STATO DEL CORPO IDRICO)</small>	GIUDIZIO DI QUALITÀ
P09	8	50%	Ammonio, Desetilterbutilazina, Metolachlor, Nitrati, Nitriti, 2-idrossiatrazina_R, Terbutilazina_R	SCARSO

Figura 3 – Stato di qualità dei corpi idrici sotterranei freatici e montano-collinari al dic. 2015 (valutati sul periodo 2009-2014)

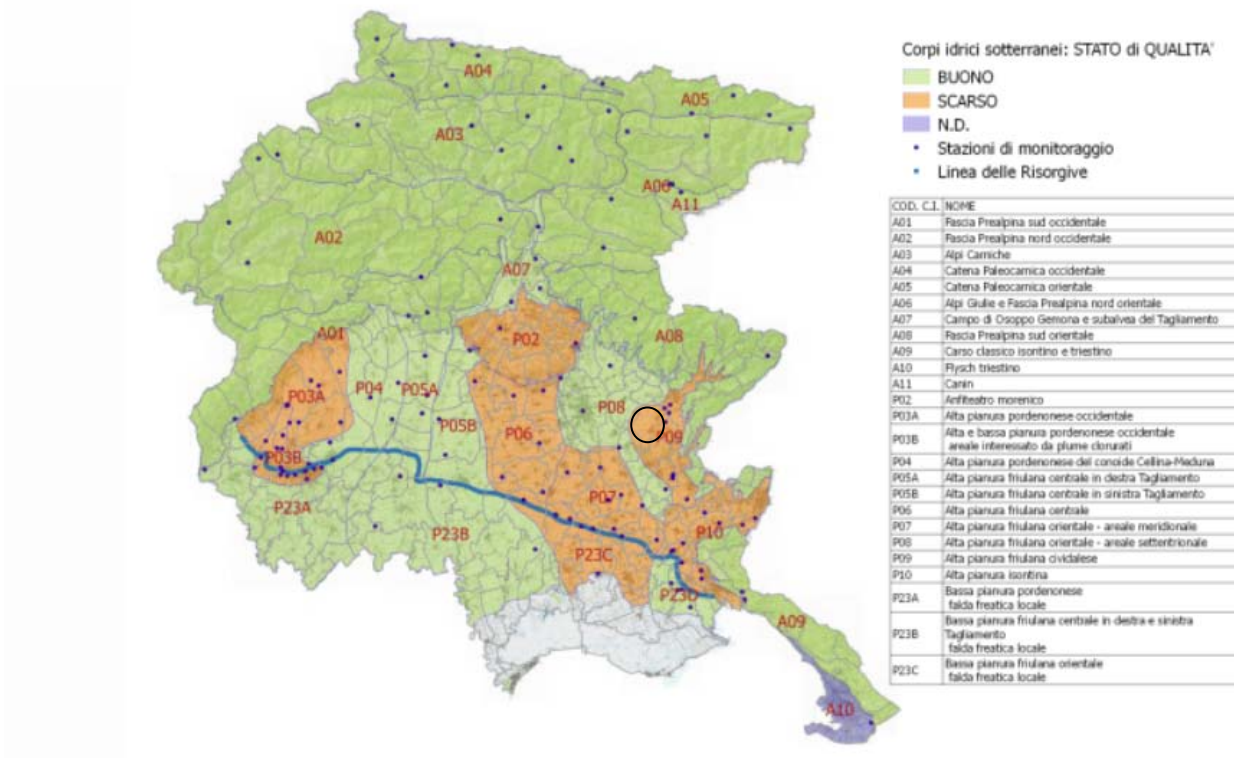


Figura 15: Tratto da "Qualità corpi idrici sotterranei" Arpa.

## 2.5 INQUADRAMENTO IDRAULICO

Per la caratterizzazione idraulica dell'area si fa riferimento agli studi relativi al "Piano stralcio per l'assetto idrogeologico" dell'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave, Brenta-Bacchiglione), recentemente sostituita in applicazione del D.M. 25 ottobre 2016, n. 294, dall'Autorità di bacino Distrettuale delle Alpi Orientali.

Come ricordato l'area di interesse ricade nel bacino del Fiume Natisone, in prossimità del blando spartiacque con il Torrente Malina. Entrambi i corsi d'acqua appartengono al bacino del Fiume Isonzo. Il sistema idrografico del Torre-Natisone prende origine nel periodo Wurmiano quando, durante l'ultima glaciazione che interessò l'Europa, le masse di ghiaccio, che da Nord scendevano lungo le valli alpine, alimentavano i due ghiacciai del Tagliamento e dell'Isonzo-Natisone. Le acque di fusione hanno contribuito alla formazione delle attuali pianure, caratterizzate da profondi materassi ghiaiosi, formati con la deposizione di materiali incoerenti di origine fluvio-glaciale prima e di sola origine fluviale poi. Da qui la peculiare strutturazione filtrante dei vasti letti del Torre, del Malina e del Natisone che comporta la ricordata "non continuità idraulica" in assenza di eventi di piena significativi. L'analisi a piccola scala dell'area di pianura mostra che il Fiume Natisone ha elementi di pericolosità sia idraulica che geologico-idraulica, piuttosto concentrati all'interno del suo attuale alveo. Proprio le anse di Premariacco sono una delle poche aree interessate da significativa pericolosità, in un contesto altrimenti piuttosto tranquillo.

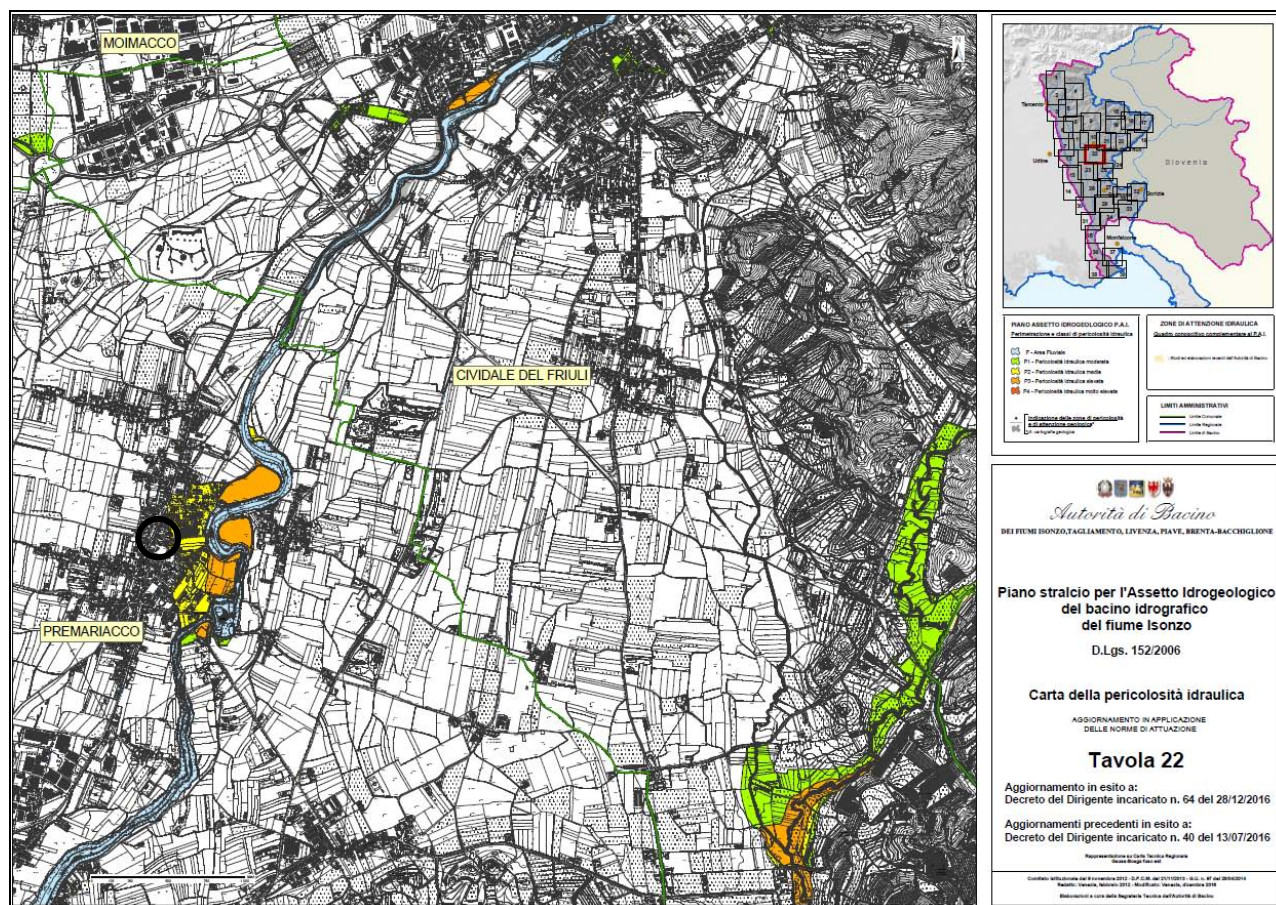


Figura 16: Carta di Pericolosità idraulica, tavola 22 "PAI del bacino idrografico del Fiume Isonzo"

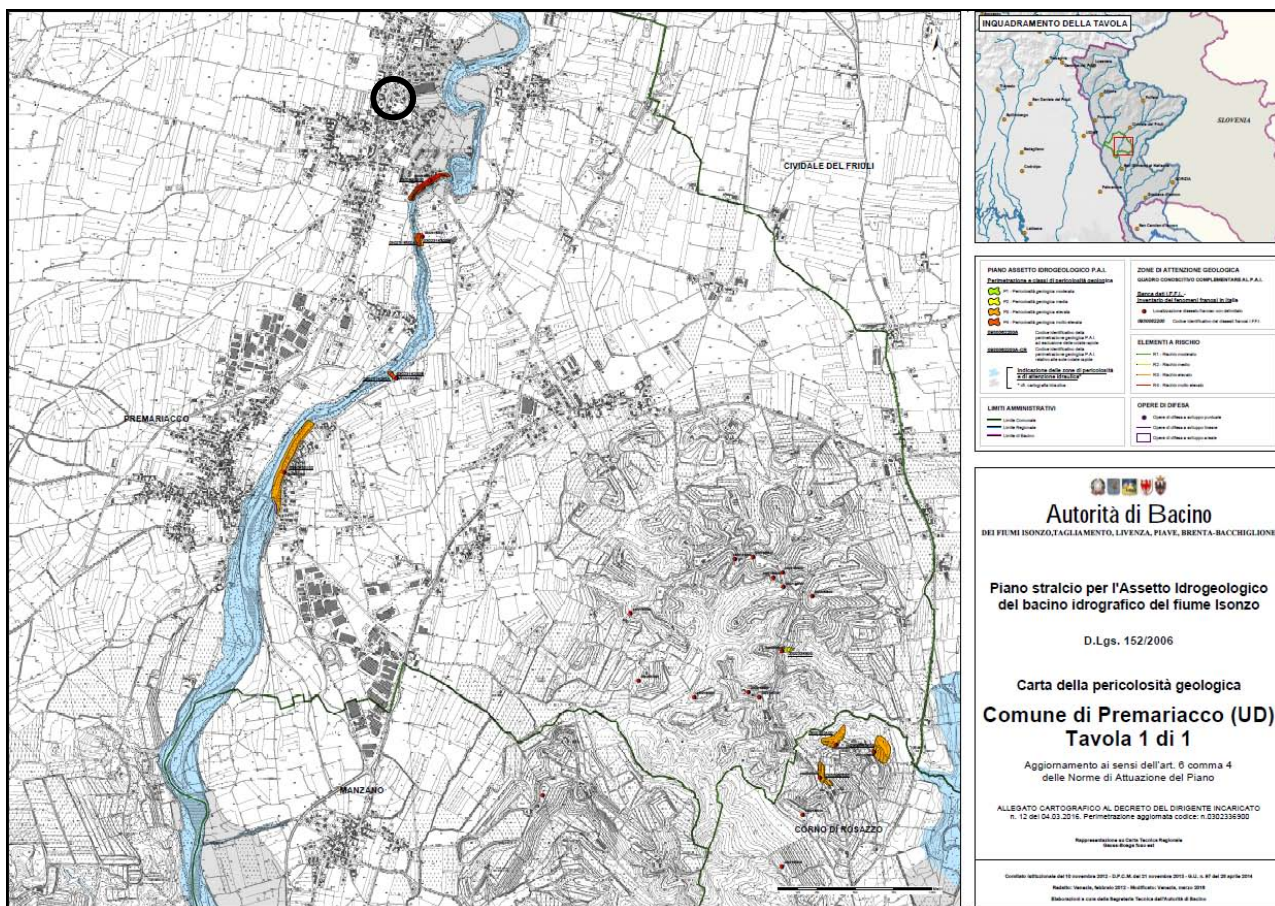


Figura 17: Carta di Pericolosità geologica, tavola Premariacco "PAI del bacino idrografico del Fiume Isonzo"

A partire da novembre 2002, il Servizio territorio montano e manutenzioni, si è dotato di un archivio delle segnalazioni di eventi dissesto che provengono dai tecnici che lavorano sul territorio ed appartenenti agli uffici della Direzione centrale (Stazioni forestali, Ispettorati e tecnici del Servizio).

Nella successiva cartografia, è possibile individuare i principali eventi catastrofici documentati in passato, alcuni dei quali sono collegabili al reticolo idrografico del Natisone.



- Eventi di dissesto idraulico a rappresentazione puntiforme
- Eventi di dissesto idraulico a rappresentazione lineare
- Eventi di Dissesto Idraulico - dati storici
- Eventi di dissesto idraulico a rappresentazione poligonale
- DTM

Figura 18: da webgis "Consultazione CDO PPR-FVG"

## 2.6 INQUADRAMENTO SISMICO

Gli effetti locali prodotti da eventi sismici assumono una diversa rilevanza in funzione della sismicità di base del territorio comunale e della relativa accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Il Comune di Premariacco nella vecchia classificazione nazionale fino all'anno 2003 era classificato come zona sismica 2 (Deliberazione della Giunta regionale n. 2325 del 01/08/2003).

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	707
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.198
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	2.855
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	2.244

Con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 845 del 06/05/2010, pubblicata sul Bollettino Ufficiale n. 20 del 19/05/2010, la Regione Friuli Venezia Giulia ha dato attuazione al dettato dell'art. 3, comma 2, lettera a) della L.R. 16/2009, provvedendo alla classificazione sismica del territorio regionale, assegnando ciascun Comune ad una zona sismica ed individuando l'area di alta e bassa sismicità di appartenenza, come riportato nell'allegato 1 alla Deliberazione stessa, di cui si riporta un estratto.

Allegato 1

### Classificazione sismica del territorio del Friuli Venezia Giulia

(Ordinanza n. 3519 del 28.04.2006 pubblicata sulla G.U. n. 108 del 11.05.2006 - Decreto del Ministro delle infrastrutture del 14.01.2008 pubblicato sul supplemento ordinario n. 30 della G.U. n. 29 del 4.2.2008)

#### Provincia di Udine

Codice ISTAT	COMUNE	Nuove zone sismiche	Aree di Alta/Bassa sismicità	Zone sismiche previgenti (d.g.r. 2325/2003)
6030083	Premariacco	2	Alta	2

In base a tale classificazione il comune di Premariacco ricade quindi in un ambito areale caratterizzato da alta sismicità.

Zona sismica 2

Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.

Il valore di accelerazione orizzontale massima convenzionale  $a_g$ , espresso come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , per la zona sismica (su base nazionale) è pari a 0.25g.

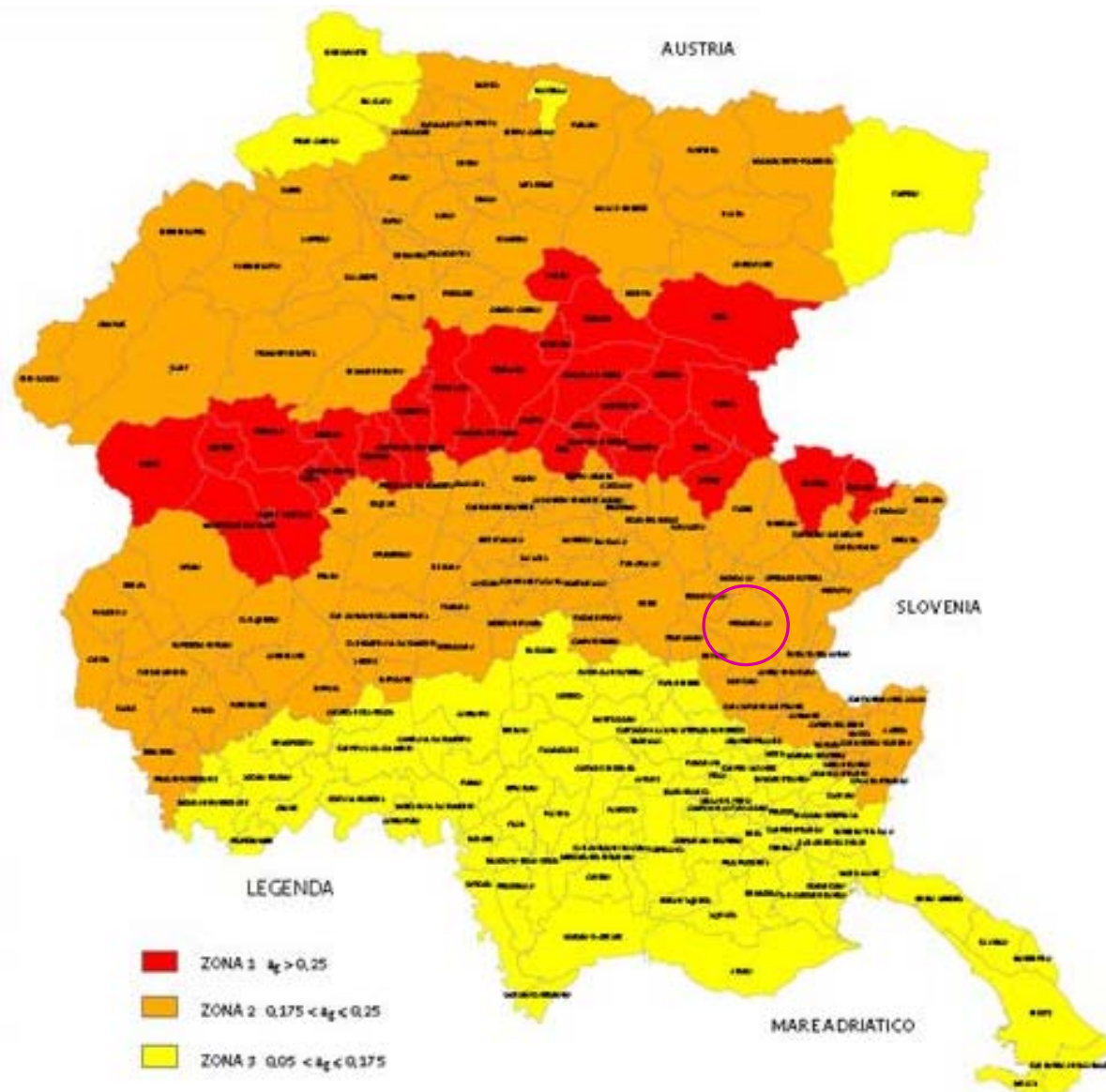


Figura 19: Friuli Venezia Giulia mappa classificazione sismica

### 2.6.1 ZONANZIONE SISMOGENETICA

Sotto il profilo sismico, gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9, che prevede una suddivisione in 36 zone i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc..

Le zone sismogenetiche sono porzioni della crosta o del mantello terrestre da cui possono originarsi i terremoti.



Figura 20: Zone Sismogenetiche ZS905 su base Google Map

La zona in esame ricade nella fascia dell'Arco Alpino (ZS dalla 901 alla 910) ed in particolare nella zona ZS 905 (Friuli - Veneto Orientale).

Essa ricade (assieme alla 904 e, subordinatamente, 906) al settore in cui si è osservata la massima convergenza tra le placche adriatica ed europea, caratterizzato dalle strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate (Zanferrari et al., 1982; Slejko et al., 1989; Valensise e Pantosti, 2001; Peruzza et al., 2002; Galadini et al., 2002) e, nelle aree ad est del confine friulano, da faglie trascorrenti destre con direzione NW-SE (trend dinarico) (es., Bernardis et al., 2000; Bajc et al., 2001; Vrabc, 2001).

La zona 905 ricalca le zone 4 e 5 di ZS4 della precedente classificazione, con un ampliamento verso Sud-Est e verso Ovest per includere sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili di terremoti con  $M > 6$ , cartografate in studi successivi a ZS4 (Valensise e Pantosti, 2001; Galadini et al., 2002).

Inoltre, la zona 905 racchiude un'area nella quale la frequenza di eventi sismici (anche per le magnitudo medio-alte) è nettamente superiore a quella delle zone adiacenti, come mostrato dal catalogo CPT12.

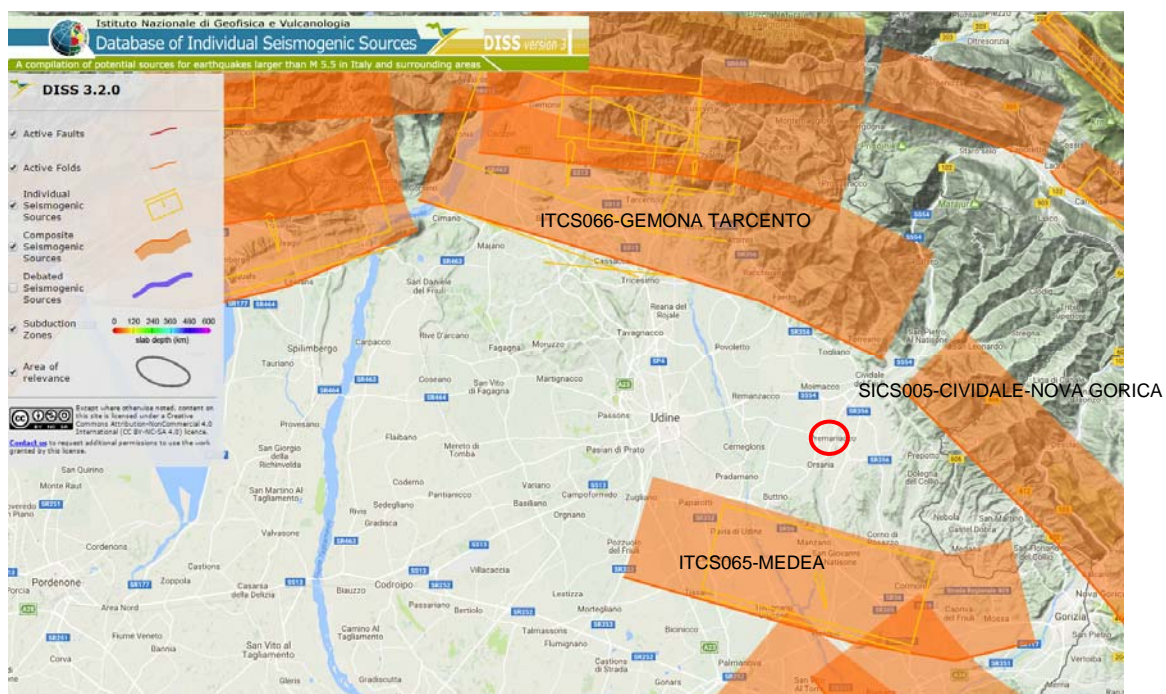
Si è ritenuto opportuno rimarcare queste peculiari caratteristiche del rilascio di terremoti distinguendo la zona friulana dalle adiacenti zone 904 e 906. La zona 905, infine, comprende la sorgente del Montello

(potenzialmente responsabile di terremoti con  $M > 6$ ) che, in base ai dati attualmente disponibili, è definibile come "silente" (cioè mancano, nei cataloghi disponibili, terremoti storici con magnitudo prossima a quella massima attesa).

Il valore di  $M_w$  massimo è di 6.66 (CPTI2MwMax), così come tratto dal rapporto redatto dal Gruppo di Lavoro MPS (Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici).

## 2.6.2 PROGETTO ITHACA

Il progetto ITHACA (consultabile sul sito INGV), che censisce le strutture tettoniche attive in Italia (in modo particolare le faglie capaci), evidenzia che la Città di Premariacco non è attraversata dalle principali faglie sismogenetiche note dell'Italia Settentrionale.



faglie sismogenetiche tratte da sito INGV

Entro 15 km dal centro di Premariacco, sono censiti nel progetto Ithaca tre "sistemi sismogenetici":

- **ITCS066 GEMONA TARENTO** che appartiene al sistema compressivo della catena sudalpina orientale che confina con la pianura veneto-friulana in Italia nord-orientale e continua sul confine Italia-Slovenia. Questo fronte rappresenta la convergenza tra l'Africa (la micropietra Adriatica) e l'Europa;



The European Database of Seismogenic Faults

Source Info Summary

References

## General information

Region	Central Mediterranean
Code	ITCS066
Name	Gemona-Tarcento
Compiler(s)	Burrato P.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1)
Created	08/01/2005
Updated	12/05/2011

## Parametric information

Parameter	Qual. Evidence
Min Depth (km)	2 LD Based on geological and seismological data from various authors.
Max Depth (km)	8 LD Based on geological and seismological data from various authors.
Strike (deg)	270 - 300 LD Based on geological and seismological data from various authors.
Dip (deg)	30 - 40 LD Based on geological and seismological data from various authors.
Rake (deg)	90 - 110 LD Based on geological and geodetic data.
Slip Rate (mm/y)	0.3 - 0.5 OD Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude (Mw)	6.5 LD Derived from the largest associated historical earthquake (CPTI04).

Q-keys: LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement

## Affiliations

1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, I-00143 Roma, Italy

- **SICS005 - Cividale-Nova Gorica**, il cui dominio di deformazione è posizionato tra il dominio di spinta nella zona Friuli ed il dominio delle Dinaridi.



The European Database of Seismogenic Faults

Source Info Summary

References

## General information

Region	Central Mediterranean
Code	SICS005
Name	Cividale-Nova Gorica
Compiler(s)	Kastelic V.(1), Burrato P.(1)
Contributor(s)	Kastelic V.(1), Burrato P.(1)
Created	08/01/2005
Updated	29/04/2009

## Parametric information


Parameter	Qual. Evidence
Min Depth (km)	1 EJ Inferred from geologic and regional structural setting.
Max Depth (km)	9 EJ Inferred from geologic and regional structural setting.
Strike (deg)	300 - 335 OD Based on geologic and geomorphological field data.
Dip (deg)	40 - 85 OD Based on geologic and structural field data and geomorphological observations.
Rake (deg)	120 - 180 OD Based on interpretation of microkinematic field data and seismological data.
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 0.5 EJ Calculated from geodetic and geodynamic data.
Max Magnitude (Mw)	5.5 EJ Assumed from regional seismological data.

Q-keys: LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement

## Affiliations


1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, I-00143 Roma, Italy

- **ITCS065 - MEDEA**, che è la più meridionale espressione del sistema di spinta complessiva della catena sudalpino orientale che confina con la pianura veneto-friulana, nel nord-est d'Italia e che continua sul confine Italia-Slovenia.



**SHARE**  
The European Database of Seismogenic Faults

Source Info Summary



**General information**

<b>Region</b>	Central Mediterranean
<b>Code</b>	ITCS065
<b>Name</b>	Medea
<b>Compiler(s)</b>	Burrato P.(1)
<b>Contributor(s)</b>	Burrato P.(1)
<b>Created</b>	15/11/2005
<b>Updated</b>	12/05/2011

**Parametric information**

Parameter	Qual. Evidence
<b>Min Depth (km)</b>	0.5
<b>Max Depth (km)</b>	7
<b>Strike (deg)</b>	255 - 300
<b>Dip (deg)</b>	40 - 50
<b>Rake (deg)</b>	110 - 130
<b>Slip Rate (mm/y)</b>	0.1 - 0.3
<b>Max Magnitude (Mw)</b>	6.4

**Q-keys:** LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement

**Affiliations**

1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, I-00143 Roma, Italy

### 2.6.3 PERICOLOSITÀ SISMICA

Riguardo ai dati di Disaggregazione della pericolosità sismica per il sito, sono stati estratti dal portale internet dell'INGV i valori riportati nella Mappa interattiva di Pericolosità Sismica e che sono riportati nelle seguenti immagini e tabelle.

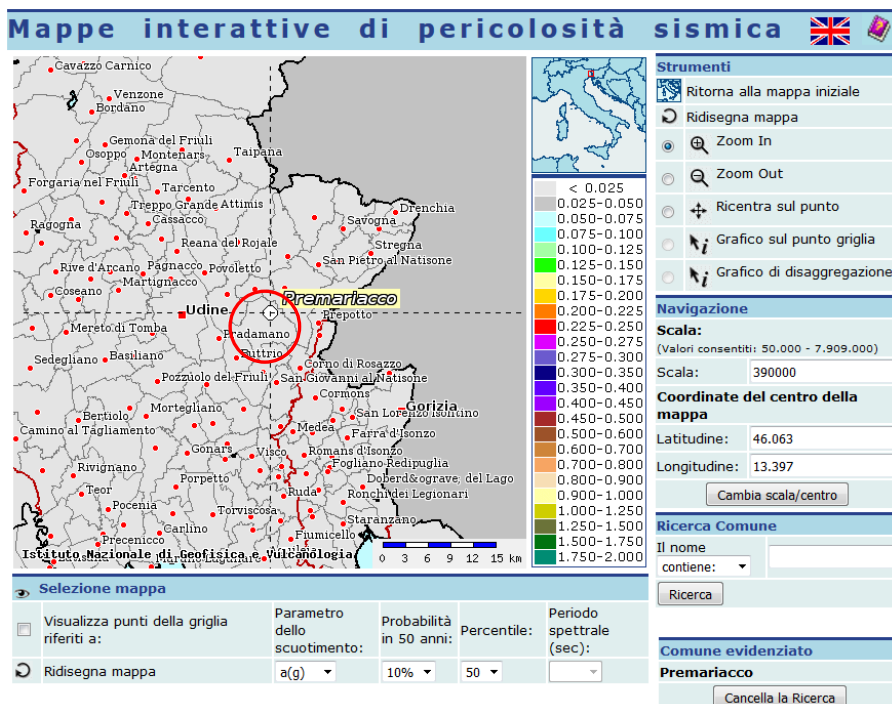
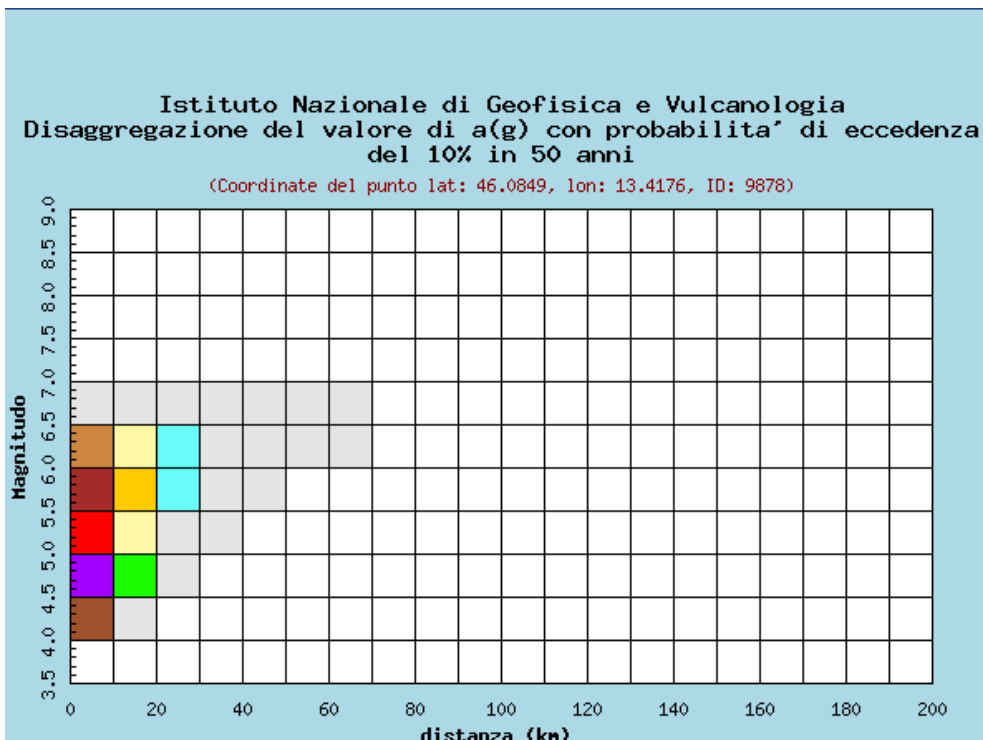
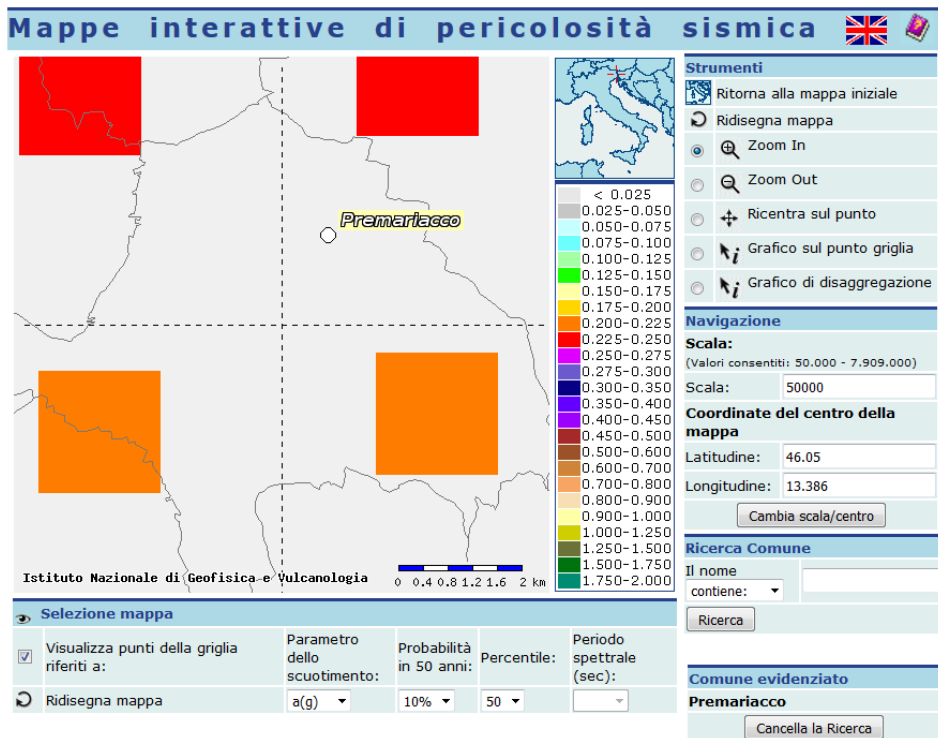


Figura 21 e succ.: mappe ed estratti per la determinazione della pericolosità sismica (INGV)



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 46.0849, lon: 13.4176, ID: 9878)										
	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	0.000	10.900	25.400	19.600	12.800	7.170	0.931	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.605	3.010	4.760	5.340	4.720	0.794	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.025	0.424	1.040	1.420	0.299	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.003	0.126	0.348	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.089	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.260	7.480	0.830

## 2.6.4 DATABASE DEI TERREMOTI

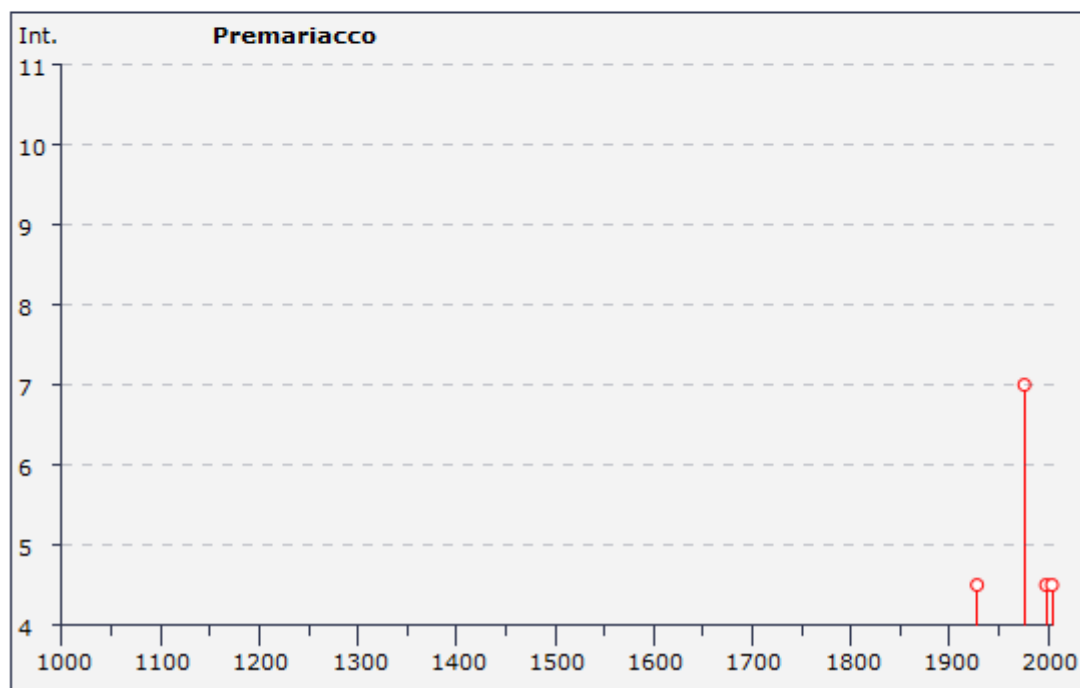
Di seguito viene riportato il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti che hanno interessato il comune di Premariacco e che sono inserite nel catalogo parametrico CPTI15.

### Storia sismica di Premariacco [46.061, 13.396]



Numero di eventi: 8

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
4-5	1928 03 27 08:32	Carnia	359	9 5.84 ±0.09
NF	1956 11 05 19:45	PALUZZA	27	6 4.98 ±0.28
7	1976 05 06 20:00	Friuli	770	9-10 6.46 ±0.09
3	1988 02 01 14:21	VENZONE	273	6 4.65 ±0.09
3	1990 11 11 22:16	Alpi Giulie	101	4.64 ±0.25
4-5	1998 04 12 10:55	Slovenia	227	5.66 ±0.09
3-4	2002 02 14 03:18	Carnia	173	6 4.74 ±0.09
4-5	2004 07 12 13:04	Alpi Giulie	366	5.19 ±0.09





## Località vicine (within 10km)

Località	Stato	NMD	Distanza
Buttrio	IT	10	7km
Cividale del Friuli	IT	26	4km
Corno di Rosazzo	IT	6	8km
Dolegna del Collio	IT	5	7km
Ippolis	IT	3	2km
Manzano	IT	6	8km
Moimacco	IT	7	3km
Povoletto	IT	6	10km
Pradamano	IT	7	8km
Prepotto	IT	4	7km
Remanzacco	IT	6	6km
San Giovanni al Natisone	IT	9	9km
San Pietro al Natisone	IT	8	10km
Torreano	IT	5	8km
Ziracco	IT	3	7km

### 3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

#### 3.1 INDAGINI PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO

In questa fase del progetto considerando che l'opera in progetto è da ritenersi "rilevante" (edificio adibito a scuola)<sup>1</sup> si è deciso di realizzare un approfondimento di indagine per arrivare alla corretta definizione dei parametri geotecnici necessari per la progettazione dell'opera.

L'indagine ha permesso anche di caratterizzare sismicamente il sottosuolo così come indicato nelle NTC08. Tipologia e numero di indagini sono state decise con i restanti Progettisti, sulla base delle strutture previste e dell'inquadramento geolitologico preliminare.

Nel dettaglio sono state realizzate:

- a) n°2 prove penetrometriche DPHS spinte al rifiuto;
- b) n°2 sondaggi a conservazione di nucleo fino a 15 mt di profondità dal piano campagna;
- c) n°6 prove SPT in corrispondenza dei fori di sondaggio;
- d) n°2 stendimenti MASW (MASW1 e MASW2) da 50 m cadauno;
- e) n°2 prove HVSr (HVSr).

Di seguito si riporta l'ubicazione delle prove e i prospetti di sintesi delle indagini. L'ubicazione e i risultati completi delle prove sono indicati nel Report restituito dalla ditta GeoAlpina srl ed allegato alle presente relazione.

---

<sup>1</sup> Asili Nido e Scuole di ogni ordine e grado, sono da considerarsi "strategici" solo esclusivamente nei casi in cui siano individuate dai Piani di Protezione Civile comunale, quali strutture idonee alla gestione dell'emergenza.

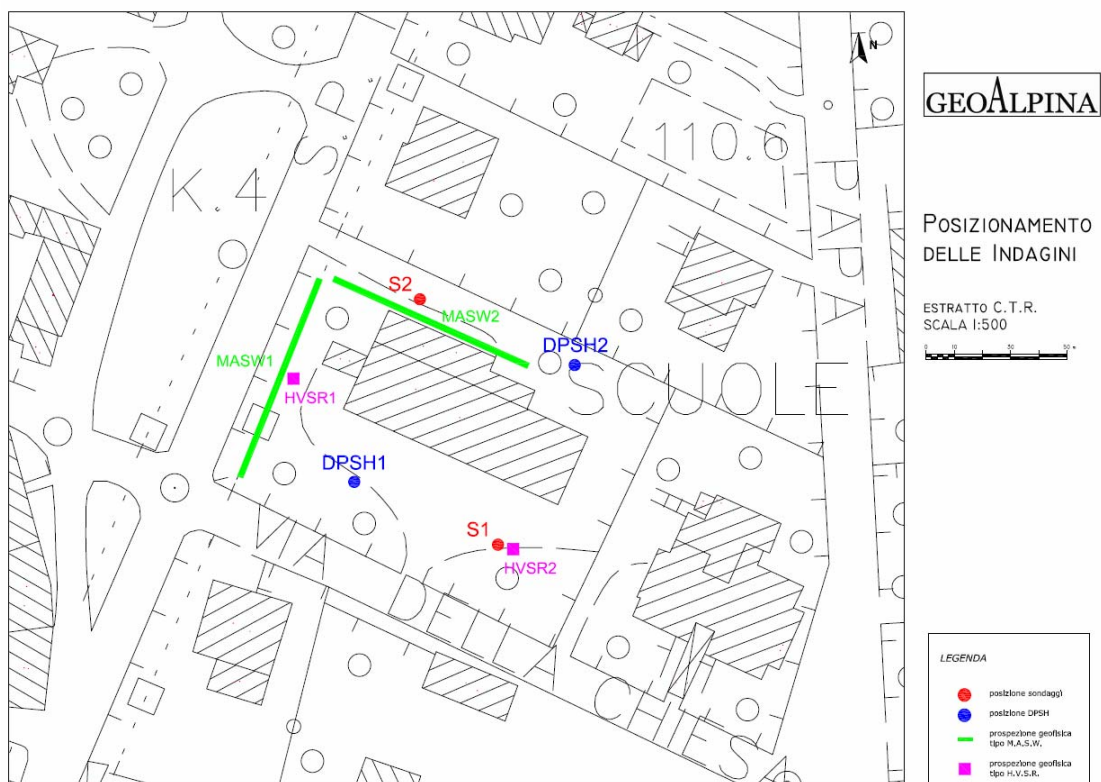

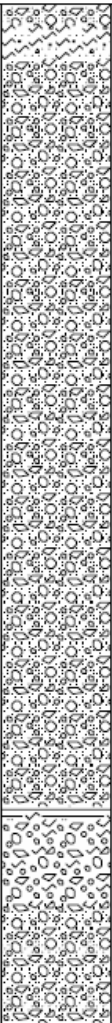
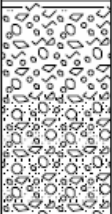


Figura 22: ubicazione delle indagini eseguite



## Sondaggio S2

DOC.		SEZIONE LITOLOGICA		GEOALPINA		 Geoalpina s.r.l. Via Aquileia, 23 - 33100 Udine Tel. 0432 511785 - Fax 0432 26374 Info@geoalpina.it						
PAG.												
COMMITTENTE:		COMUNE DI PREMARIACCO										
CANTIERE:		NUOVA SCUOLA ELEMENTARE - PREMARIACCO (UD)										
PERFORAZIONE N.	S2	RESPONSABILE:	dott. De Giusto A.	INIZIO SONDAGGIO:	29/03/17							
COORDINATE;Nord		OPERATORE:	LI Pira R.	FINE SONDAGGIO:	30/03/17							
COORDINATE: Est		ATTREZZATURA:	Mustang 9-T1	QUOTA Piano Camp.:								
Da m:	0,00	A m:	15,00	Profondità Finale m:	15,00							
DESCRIZIONE STRATIGRAFICA				PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	CAMPIONI	S.P.T.					
					TIPO	NUMERO	PROFONDITA' m da p.c.	POCKET PENETROMETER Kg/cm <sup>2</sup>	TORVAIE Kg/cm <sup>2</sup>	N	H	
Riporto: ghiaia poligenica grossolana arrotondata sabbiosa marrone.				0.30								
Limo sabbioso marrone con ghiala poligenica decalcificata.				0.80								
1	Ghiaia poligenica grossolana arrotondata sabbiosa debolmente limosa marrone con ciottoli fino a 11 cm.					1.50					25 *	1,50
2											27	1,65
											33	1,80
												1,95
3	Ghiala poligenica da fina a grossa arrotondata sabbiosa debolmente limosa nocciola con ciottoli fino a 12 cm.					4.30					RIF *	3,00
4												3,09
5												
6	Ghiala poligenica da fina a grossa arrotondata sabbiosa debolmente limosa nocciola con rari livelli cementati.					7.00						
7												
8												
9												
10	Ghiala poligenica da fina a grossa arrotondata sabbiosa debolmente limosa nocciola alternata a livelli centimetrici di conglomerato.					11.80						
11												
12	Argilla limosa marrone.				12.00			0.75	0.68			
13	Ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata con limo argilloso debolmente sabbiosa marrone rossastro e con un livello di conglomerato a 12,50 m.				13.20							
14	Ghiala poligenica da fina a grossa arrotondata sabbiosa debolmente limosa nocciola alternata a livelli centimetrici di conglomerato. Ciottoli fino a 11 cm.				15.00							
15	Fine sondaggio a 15,00 m.											
16												
17												
18												
19												
20												

### PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

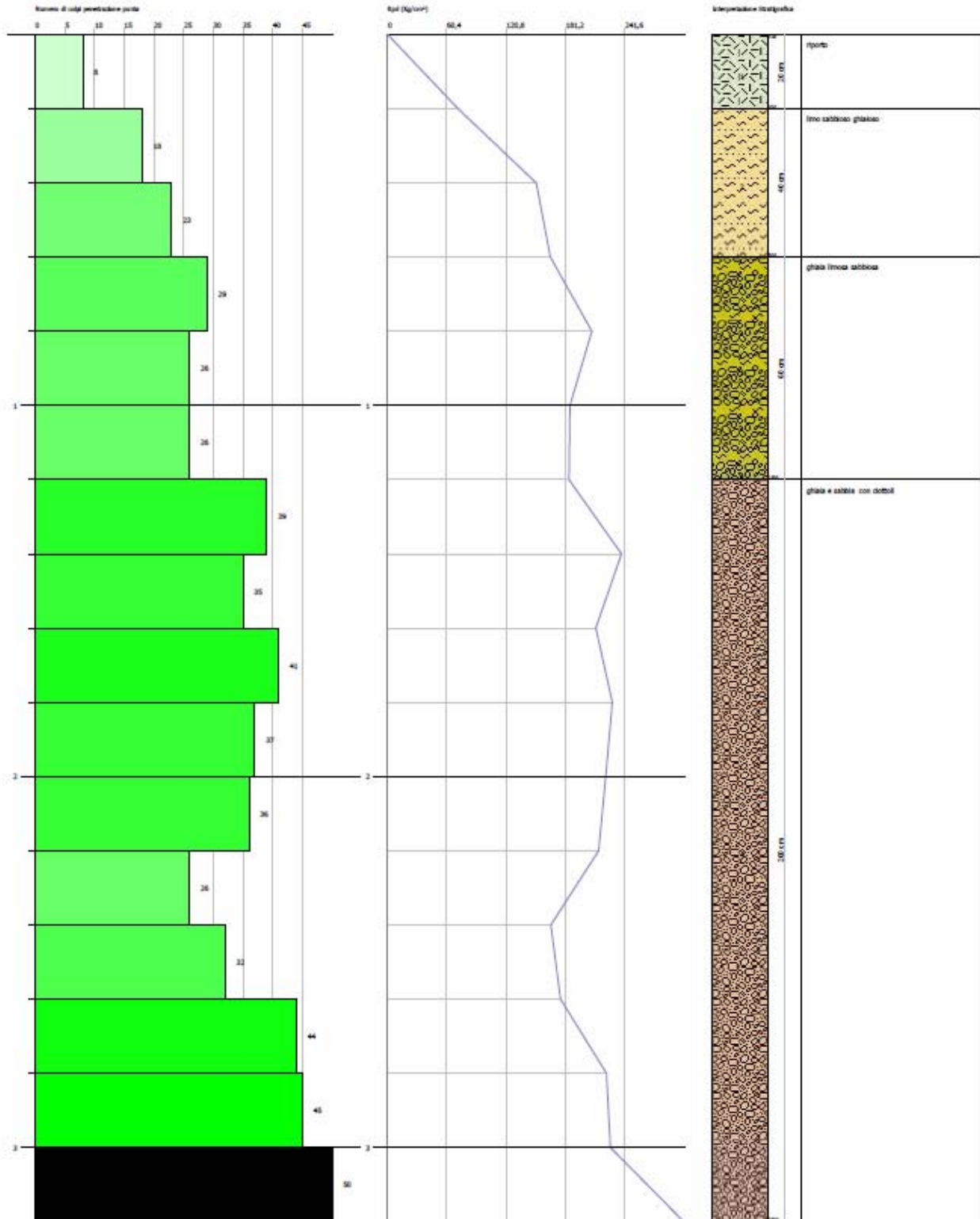
Studio di Ingegneria S.p.A. srl  
 Via. Enea 26/3  
 33040 Clabote del Friuli (UD)  
 www.studiogeologicoingegneria.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Caratteristiche:  
 Caricatore:  
 Località:

Data: 29/03/2017

Scala 1:1



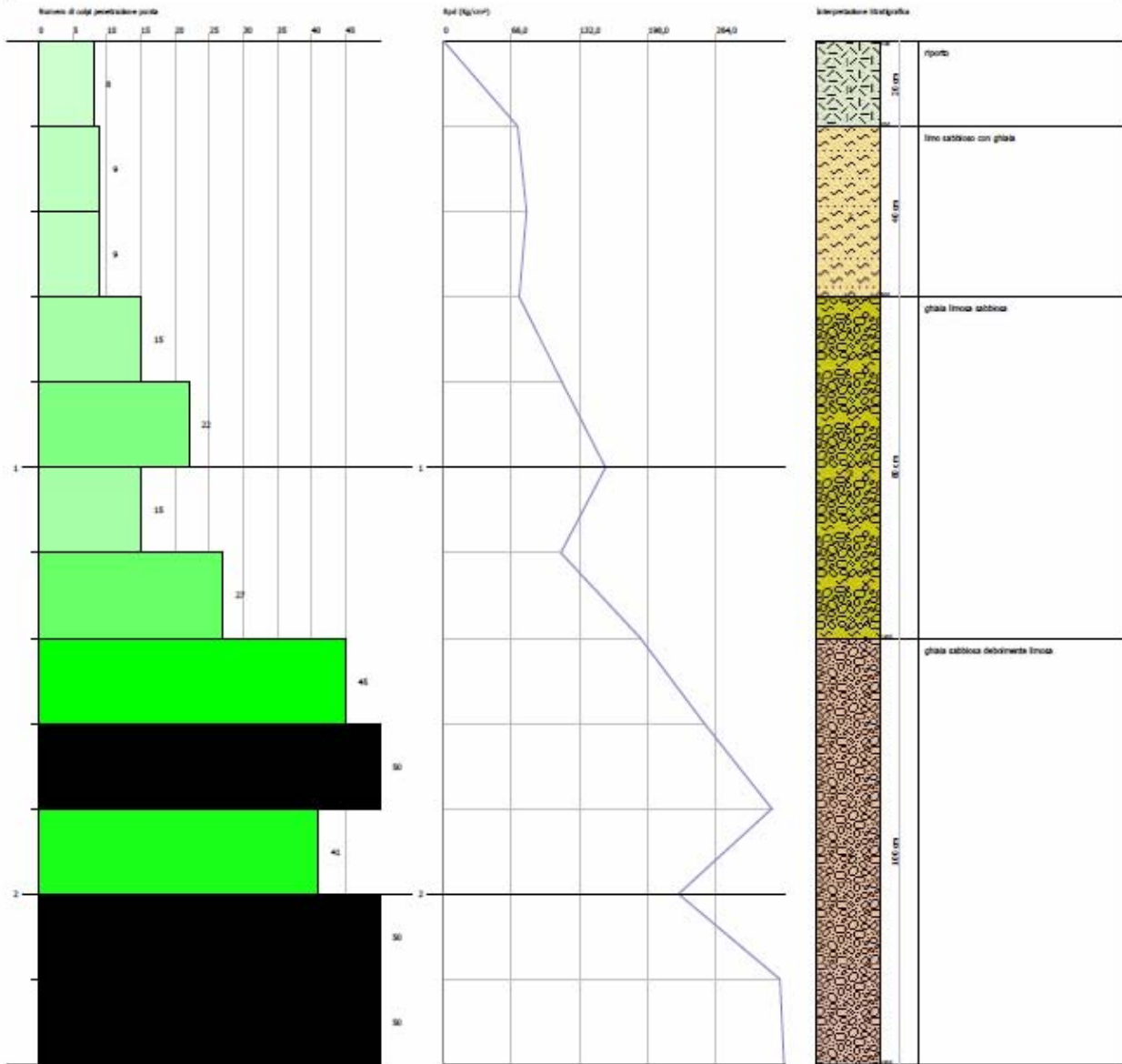
Studio di Geologia S.p.A. srl  
 Viale Eredi 20/3  
 33041 Cislone del Friuli (UD)  
 www.studiogeologiaipremariacco.it

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
 Strumento utilizzato... DPHS TG 63-200 PAGANI

Caratteristiche:  
 Caricatore:  
 Località:

Data: 29/03/2017

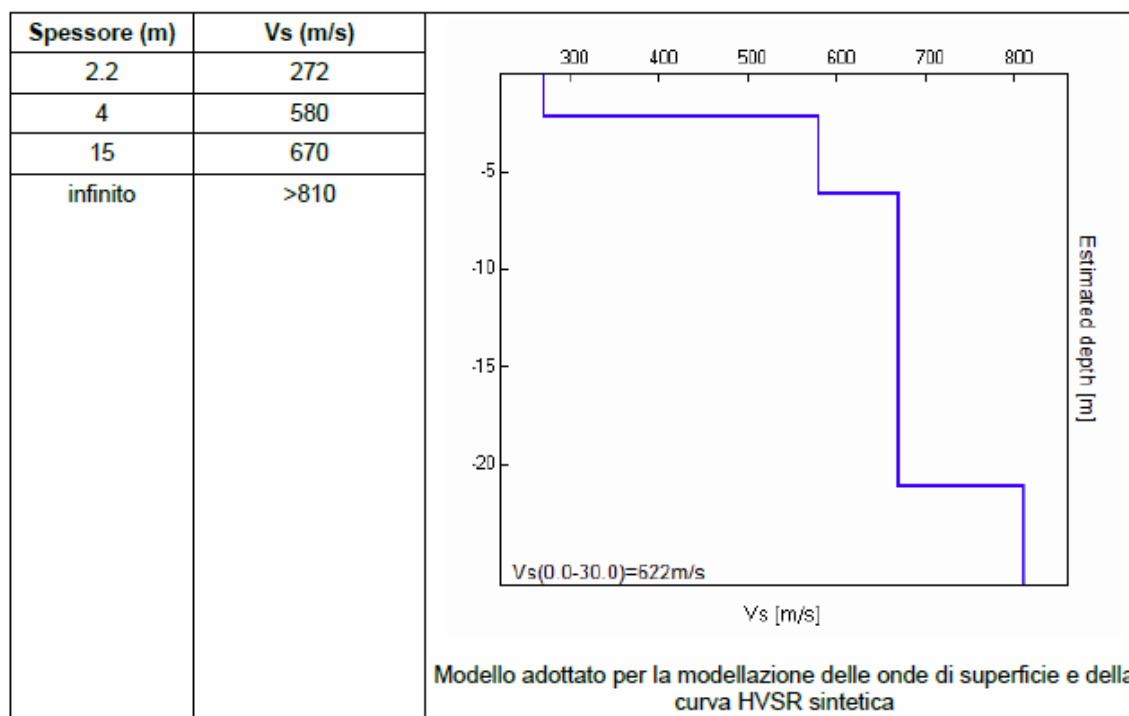
Scala 1:



STENDIMENTI MASW

MASW1

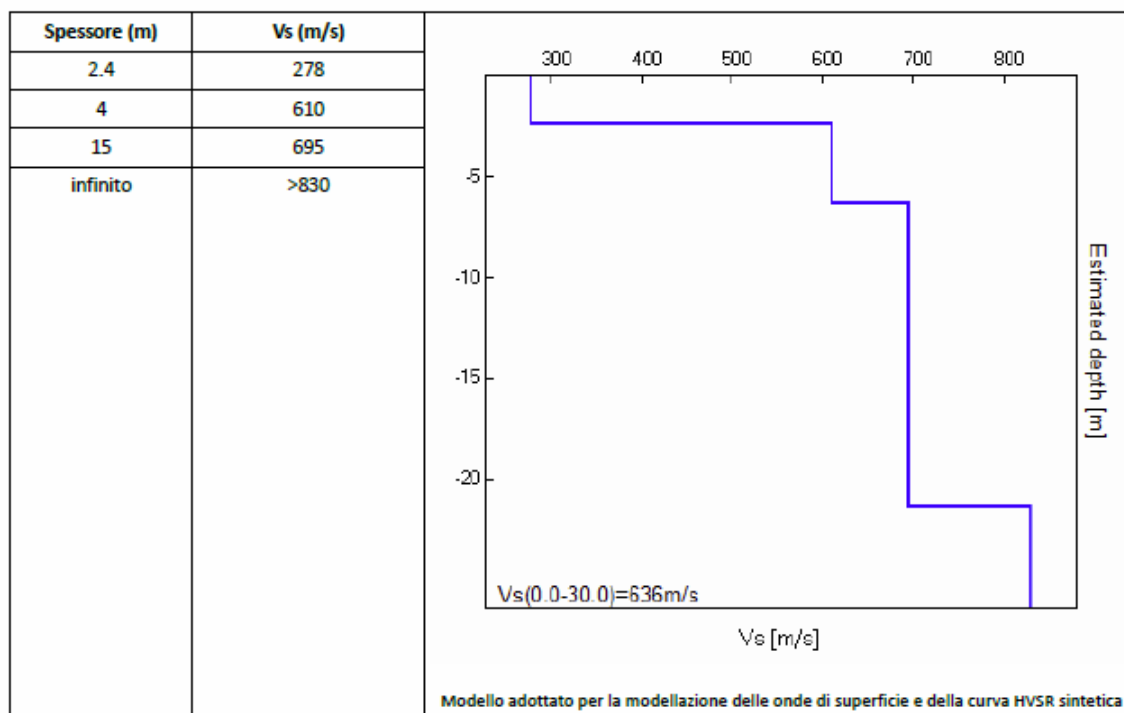
Il modello del sottosuolo individuato è il seguente:



La velocità equivalente delle onde di taglio Vs, riferita al piano campagna, è pari a circa 620 m/s che riconduce il tipo di suolo alla categoria B.

MASW2

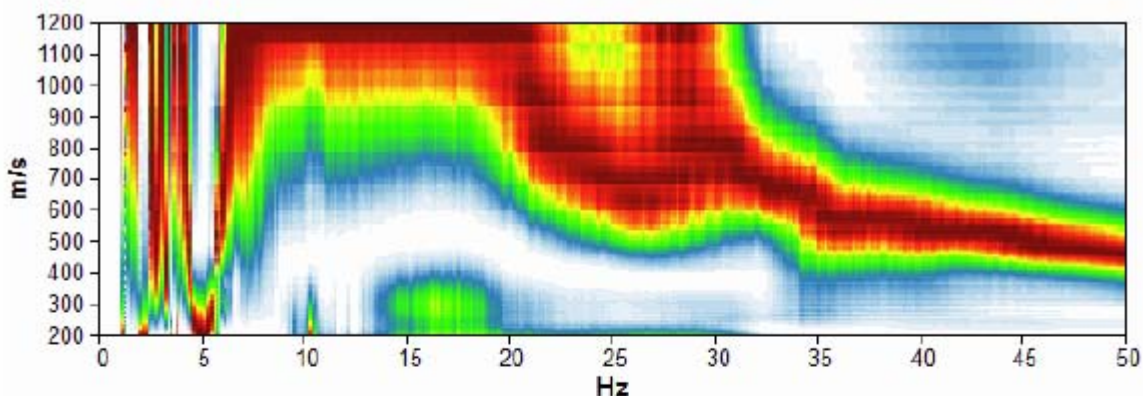
**Il modello del sottosuolo individuato è il seguente:**



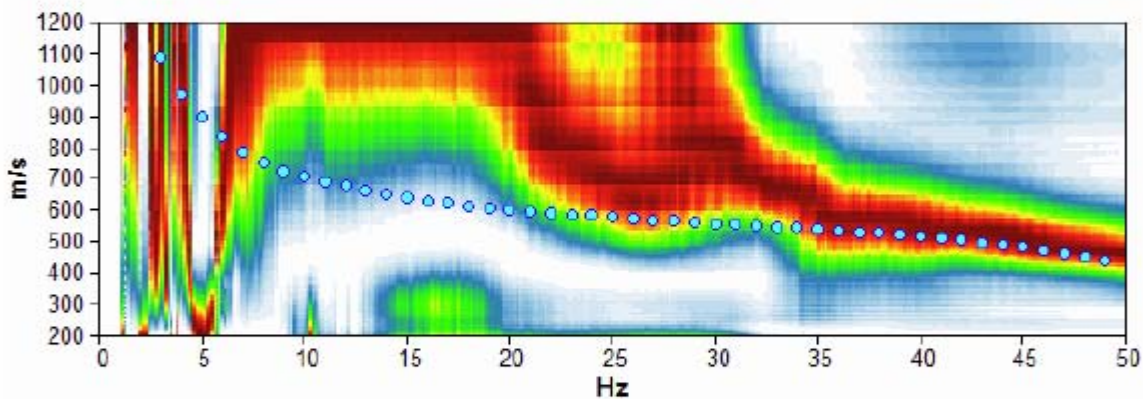
La velocità equivalente delle onde di taglio  $V_s$ , riferita al piano campagna, è pari a circa 635 m/s che riconduce il tipo di suolo alla categoria B.

### STAZIONI HVSR

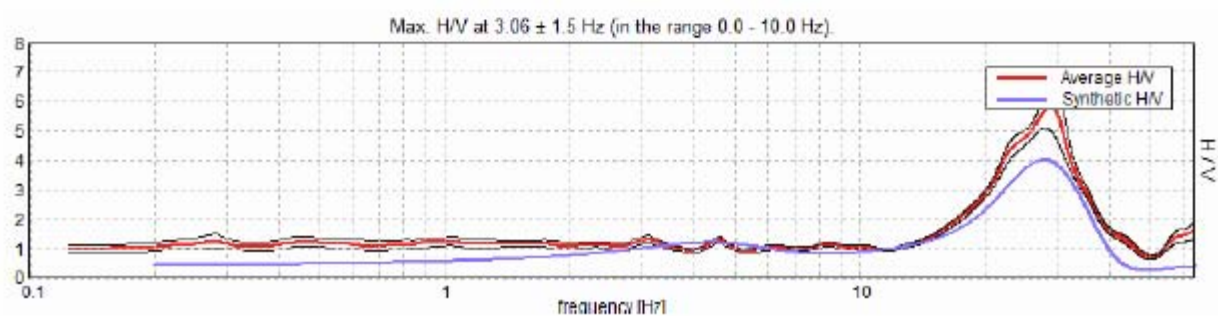
#### HVSR1



Spettro di velocità (onde di Rayleigh, componente Z)

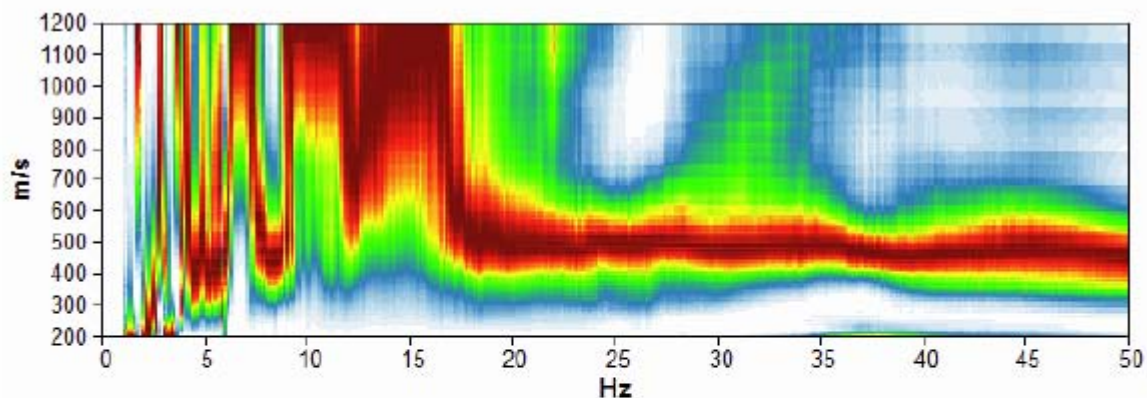


Curva di dispersione (onde di Rayleigh, componente Z)

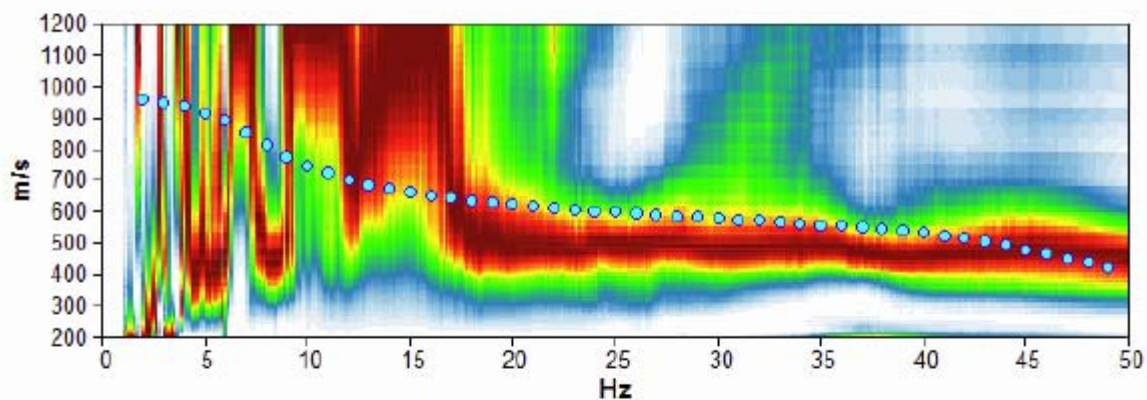


Curva sintetica HVSR modellata

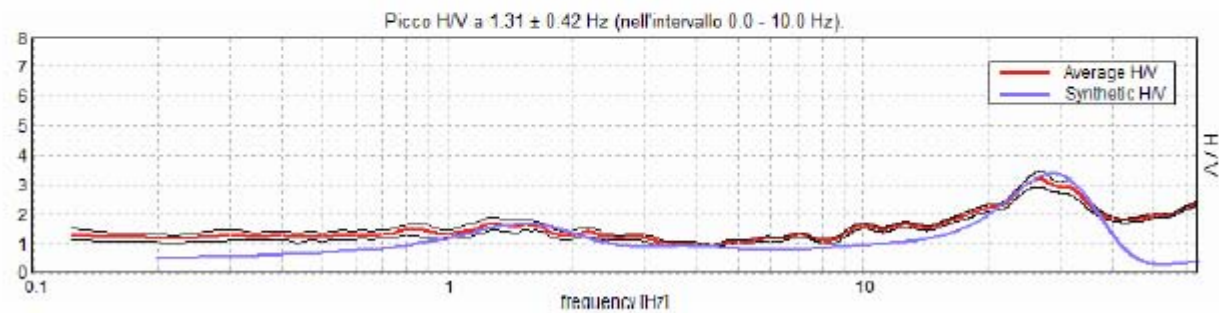
HVSR2



Spettro di velocità (onde di Rayleigh, componente z)



Curva di dispersione (onde di Rayleigh, componente z)



Curva sintetica HVSR modellata

## 4. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

### 4.1 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO LOCALE

L'area interessata dal progetto ha un assetto sub pianeggiante, lievemente degradante verso Sud è posta ad quota di circa 110 mt slm, ai margini orientali dell'alta pianura friulana.

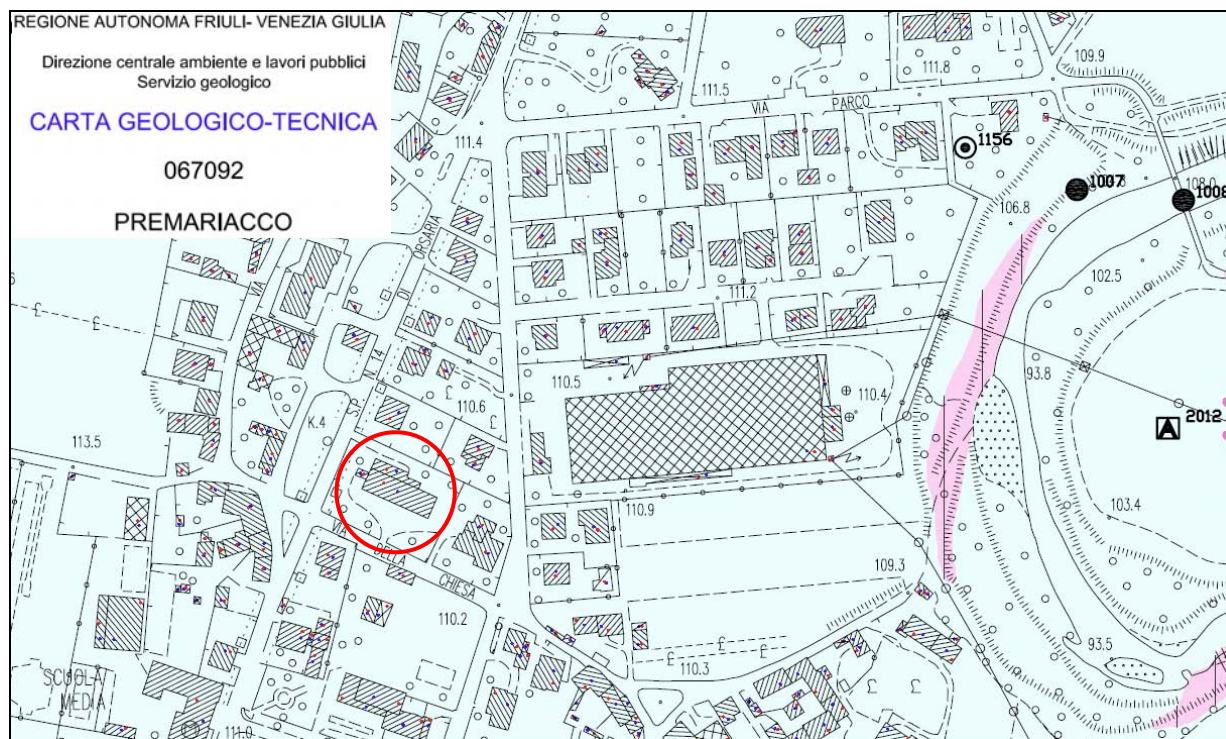
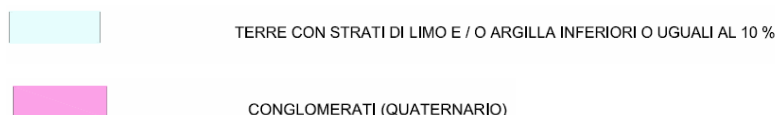


Figura 23: tratto da Carta geologico-tecnica, sezione 067092 Premariacco



In quest'ambito affiorano conglomerati, ovvero puddinghe poligeniche costituite prevalentemente da ghiaie e ciottoli calcarei di diametro generalmente inferiori a 15 cm. Derivano dalla cementazione dei depositi alluvionali grossolani per la deposizione dei sali calcarei disciolti nelle acque. Le naturali variazioni del grado di cementazione e/o le locali variazioni granulometriche, determinano un diverso grado di erodibilità nei conglomerati. Le facies conglomeratiche alluvionali prive di fossili non consentono una loro precisa datazione. Le più recenti ricerche li attribuiscono al Pleistocene inf. e medio. Questi depositi cementati rivestono grande significato geodinamico in quanto testimonianze di sollevamenti recenti ed in atto che hanno concorso all'approfondimento delle forre.

Dalle conoscenze geo-litologiche e dalle indagini realizzate si è potuta ricostruire la stratigrafia del sottosuolo come segue (per un maggior dettaglio si rimanda ai logs dei sondaggi e penetrometrie). Si fa presente che tale rappresentazione è comunque da ritenersi decisamente schematica, data la variabilità sia orizzontale che verticale dei depositi.

Dallo studio condotto e dall'analisi dei dati forniti dall'indagine geognostica si ritiene che i depositi affioranti sono caratterizzati dalla presenza di n°3 orizzonti stratigrafici principali:

Orizzonte	Profondità media dal p.c. in m.	Litologia
1	0.0 – 1.5	Limo sabbioso marrone con ghiaia posto a copertura di ghiaie poligeniche grossolane e ciottoli. L'orizzonte in superficie è ricoperto da un sottile strato di riporto ghiaioso e laterizi.
2	1.5 - 7.0	Ghiaia poligenica da fine a grossolana arrotondata debolmente limosa con ciottoli e rari livelli cementati.
3	7.0 - 15.0	Ghiaia poligenica da fine a grossa, arrotondata con matrice sabbiosa debolmente limosa con livelli di conglomerato e rari livelli cementati.

Per meglio comprendere l'assetto stratigrafico dei terreni affioranti ed i loro rapporti spaziali, è stata tracciata una sezione stratigrafica schematica che raccoglie le informazioni geologiche, litologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dell'area in esame. La sezione è orientata in senso meridiano con assetto NNW-SSE ed è riportata schematicamente di seguito ( originale in calce alla relazione).

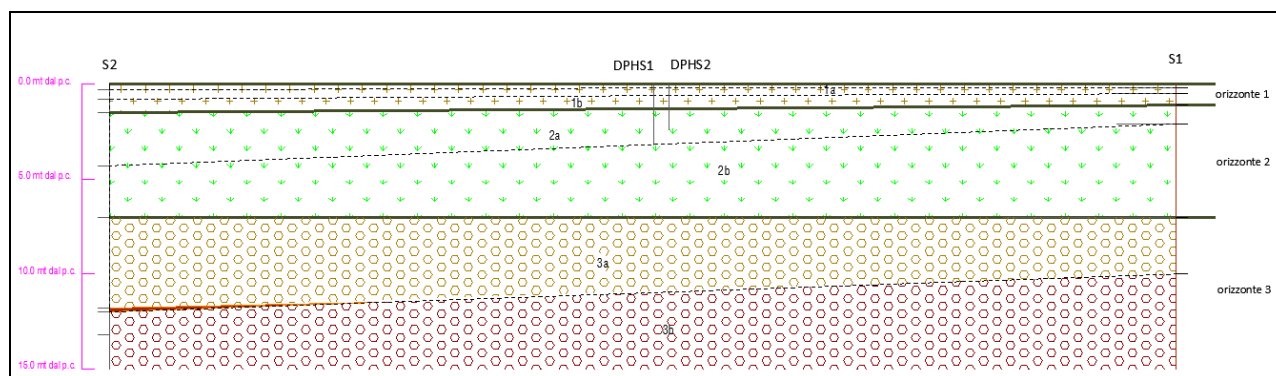


Figura 24: sezione litologica realizzata con le prove in situ

Come si evince dall'osservazione della sezione, sono presenti n°3 orizzonti stratigrafici caratterizzati da un assetto tabulare. Passando da S2 a S1 si nota che l'orizzonte 1, si mantiene ad una profondità media di circa 2 m.

Dall'esame delle prove in situ, che hanno interessato l'orizzonte 1 e la parte superficiale dell'orizzonte 2 (2a) risulta che i terreni sono caratterizzati da soddisfacenti parametri geotecnici

Inoltre va rilevato che vi è una discreta corrispondenza tra i dati stratigrafici ed i dati sismici Velocità delle onde S (Vs). Per l'orizzonte 3 pur disponendo dei dati per la ricostruzione stratigrafica (sondaggi S1 e S2) non si ha una caratterizzazione geotecnica. La stratigrafia evidenzia la presenza di terreni che in letteratura sono confrontabili con soddisfacenti terreni sotto fondanti. Dall'osservazione dei componenti litologici e dei loro rapporti tessiturali si ritiene che i parametri geotecnici dell'orizzonte 3 non si discostino molto da quelli dell'orizzonte 2.

## 4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

A Nord e Sud del sito di interesse la Carta di sintesi GEO-CGT foglio 067 Cividale, sezione 067090 censisce due strutture di faglia. Si tratta di due faglie incerte/ sepolte che hanno un assetto sub verticale. Entrambe sono disposte NO-SE e immergenti verso NO.

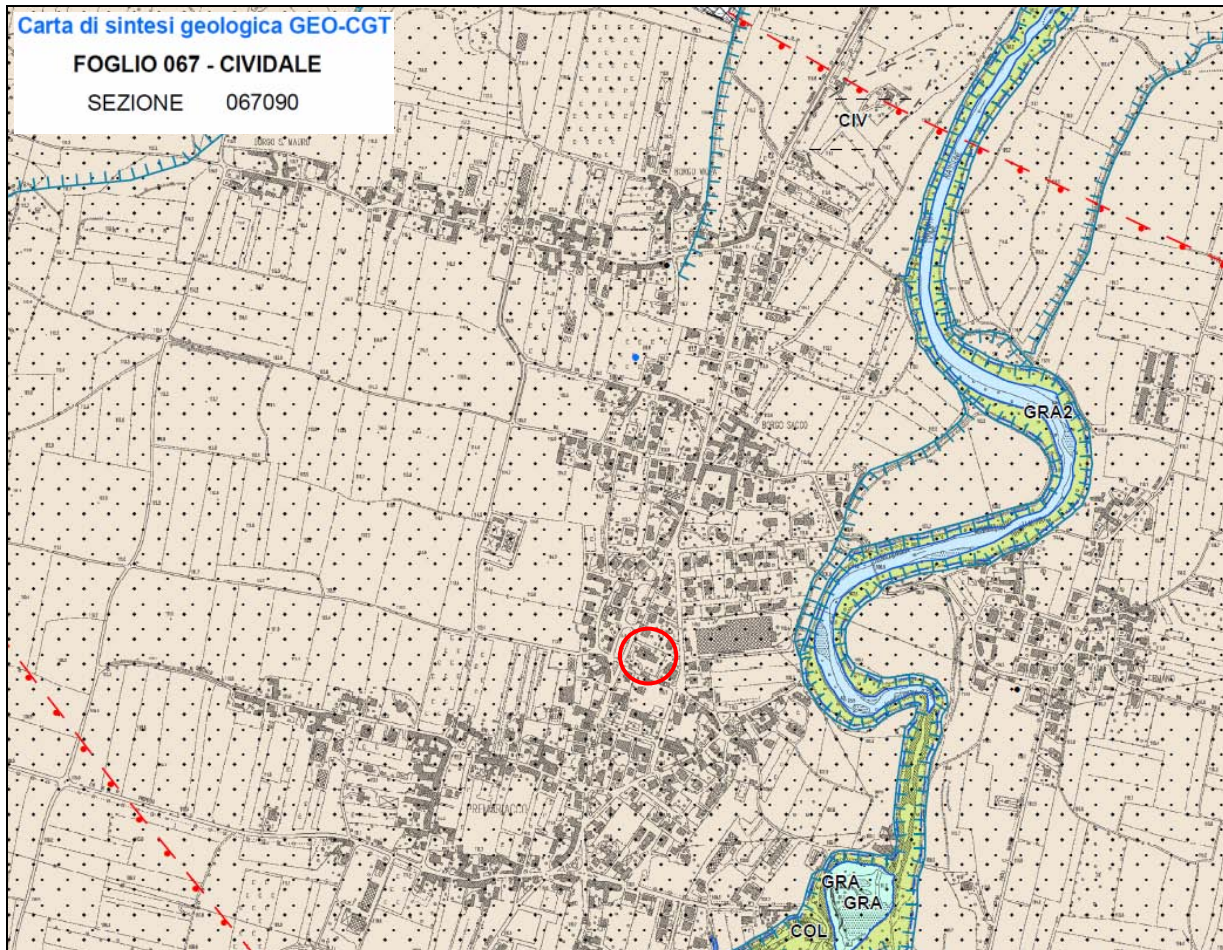


Figura 25: Carta di sintesi geologica GEO-CGT, Foglio 067 CIVIDALE, Sezione 067090



La formazione affiorante è cartografata come Unità di Cividale deposta nel Pleistocene sup. Nell'area in esame non sono indicate faglie e/o discontinuità tettoniche né superficiali che profonde.

### 4.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO LOCALE

L'intera area è caratterizzata dalla presenza di una falda libera alimentata dalle falde acquifere contenute negli acquiferi alpini. L'accentuata permeabilità dei depositi affioranti dell'alta pianura friulana fa sì che la superficie freatica sia posta ad una profondità di circa 60 mt dal piano campagna.

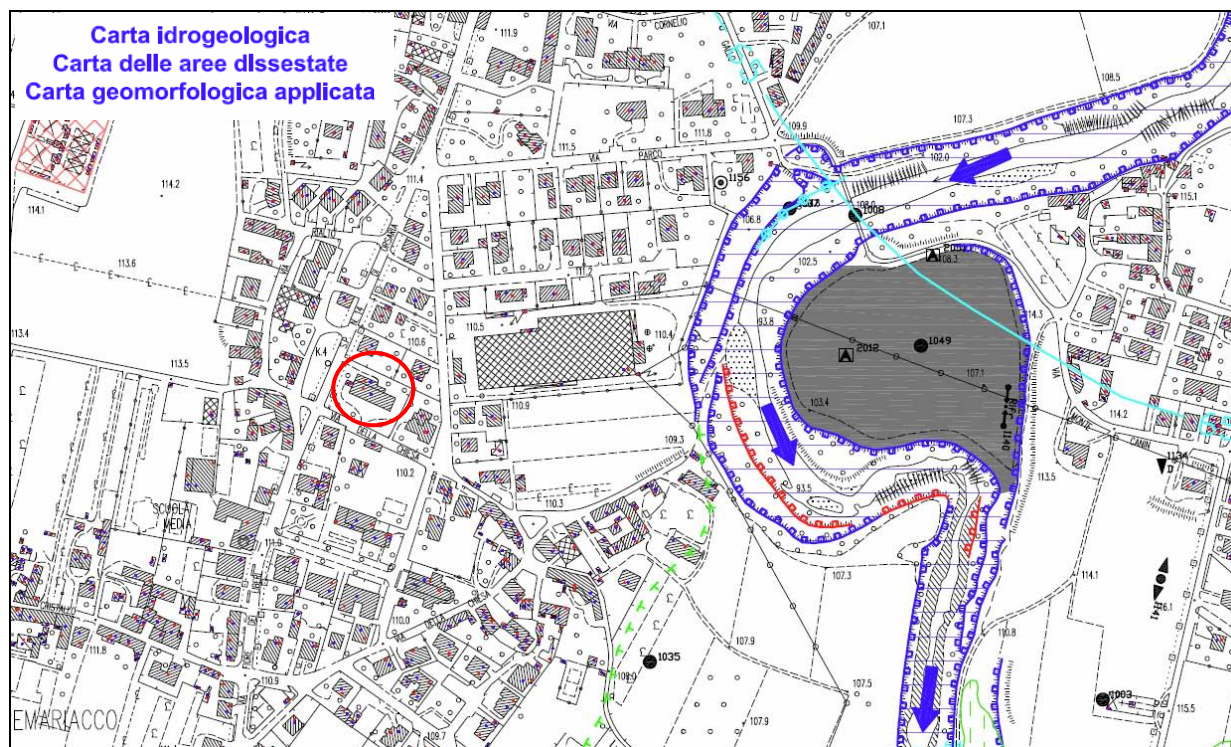


Figura 26: Carta idrogeologica, Carta delle aree dissestate, Carta geomorfologica applicata



I sondaggi effettuati spinti fino a 15 mt dal p.c. hanno interessato il non saturo e mai intercettato falde superficiali.

Sulla base di tali dati si può assumere che l'opera in progetto non andrà ad interagire con quest'ultima sia in fase di realizzazione dei lavori (sifonamento degli scavi) che in fase di esercizio (galleggiamento).

#### 4.4 INQUADRAMENTO IDRAULICO LOCALE

Gli studi di natura idraulica condotti dal PAI evidenziano che l'area di interesse è lambita ad Est da una zona a pericolosità media (P2) legata all'esondazione del torrente Natisone.

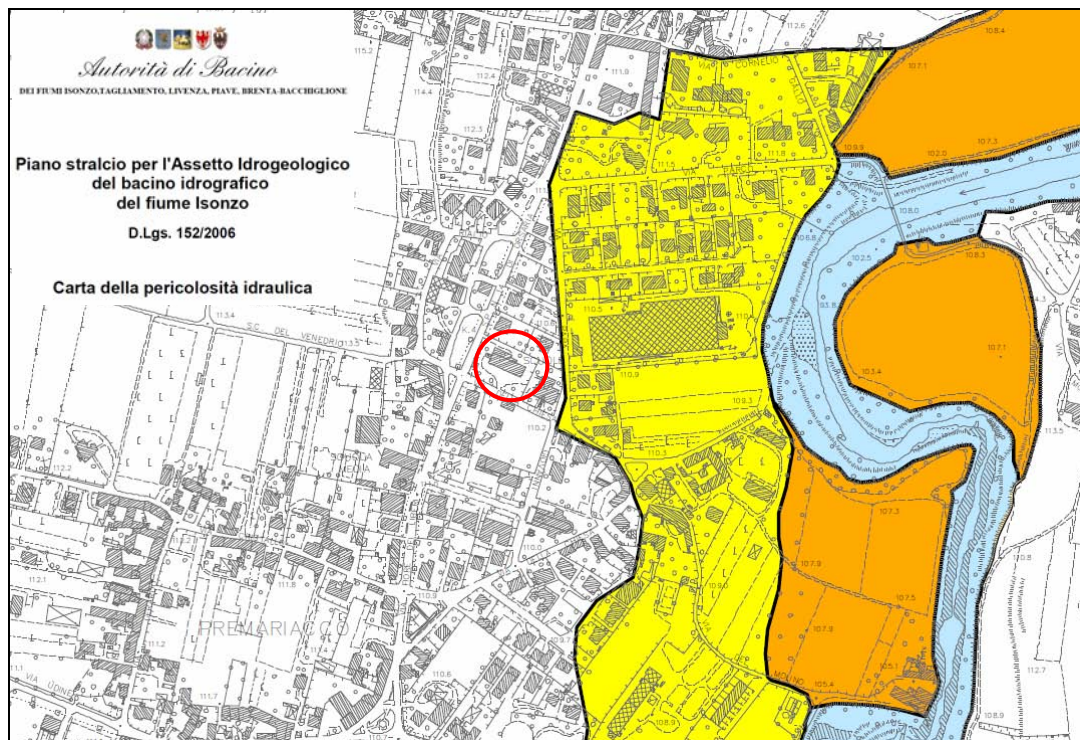









Figura 27: Dettaglio sull'area di interesse della Carta di Pericolosità idraulica, tavola 22 "PAI del bacino idrografico del Fiume Isonzo"

#### PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I.

##### Perimetrazione e classi di pericolosità idraulica

-  F - Area Fluviale
-  P1 - Pericolosità idraulica moderata
-  P2 - Pericolosità idraulica media
-  P3 - Pericolosità idraulica elevata
-  P4 - Pericolosità idraulica molto elevata

  **Indicazione delle zone di pericolosità e di attenzione geologica\***  
\*cfr. cartografia geologica

Per le zone P2 le NTA del PAI dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta Bacchiglione<sup>2</sup> prescrivono quanto segue:

<sup>2</sup> Recentemente sostituita in applicazione del D.M. 25 ottobre 2016, n. 294, dall'Autorità di bacino Distrettuale delle Alpi Orientali.

**ART. 11 - Disciplina degli interventi nelle aree classificate a pericolosità media P2**

1. Nelle aree classificate a pericolosità idraulica, geologica e valanghiva media P2, possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P4 e P3.
2. L'attuazione delle previsioni e degli interventi degli strumenti urbanistici vigenti alla data di adozione del Piano (01.12.2012) è subordinata alla verifica da parte delle amministrazioni comunali della compatibilità con le situazioni di pericolosità evidenziate dal Piano e deve essere conforme alle disposizioni indicate dall'art. 8. Gli interventi dovranno essere realizzati secondo soluzioni costruttive funzionali a rendere compatibili i nuovi edifici con la specifica natura o tipologia di pericolo individuata.
3. Nelle aree classificate a pericolosità media P2 la pianificazione urbanistica e territoriale può prevedere:
  - a. nuove zone di espansione per infrastrutture stradali, ferroviarie e servizi che non prevedano la realizzazione di volumetrie edilizie, purché ne sia segnalata la condizione di pericolosità e tengano conto dei possibili livelli idrometrici conseguenti alla piena di riferimento;
  - b. nuove zone da destinare a parcheggi, solo se imposti dagli standard urbanistici, purché compatibili con le condizioni di pericolosità che devono essere segnalate;
  - c. piani di recupero e valorizzazione di complessi malghivi, stavoli e casere senza aumento di volumetria diversa dall'adeguamento igienico-sanitario e/o adeguamenti tecnico-costruttivi e di incremento dell'efficienza energetica, purché compatibili con la specifica natura o tipologia di pericolo individuata. Tali interventi sono ammessi esclusivamente per le aree a pericolosità geologica;
  - d. nuove zone su cui localizzare impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili, non diversamente localizzabili ovvero mancanti di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili, purché compatibili con le condizioni di pericolo riscontrate e che non provochino un peggioramento delle stesse.

## 5. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

In generale si ricorda che ai sensi della CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (rif. C6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA), come valori caratteristici dei parametri geotecnici sono possono essere scelti i valori medi poiché: “Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti”.

Per la determinazione della stratigrafia dei terreni e la loro parametrizzazione geotecnica si fa riferimento ai risultati delle prove SPT, dell'indagine penetrometrica e sismica.

Non è stato possibile eseguire delle prove di laboratorio a causa della natura granulometrica dei terreni indagati.

In generale si può osservare che i dati raccolti confermano la grande uniformità delle caratteristiche non solo litologiche, ma anche geotecniche dei terreni.

In corrispondenza dei fori di sondaggio sono state eseguite prove SPT a diverse quote (1.50 mt, 3.0 mt e 4.0 mt), che hanno individuato orizzonti da densi e molto addensati: il materiale indagato è generalmente caratterizzato da un alto numero di colpi  $N_{spt}$  e in tre casi non è stato possibile completare la prova a causa del rifiuto. Anche le prove penetrometriche evidenziano la presenza di terreni ben addensati e hanno dato rifiuto a circa 3.0 mt dal p.c.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri geotecnici caratteristici, desunti dall'elaborazione delle indagini condotte.

TABELLA RIASSUNTIVA PARAMETRI CARATTERISTICI										
Orizzonti	Profondità	SPT		DPSH						Masw
	In m	Nspt	$\phi'^3$	$\phi'^4$	Cu	Dr <sup>5</sup>	E <sup>6</sup>	M	$\gamma$	Vs
			°	°	kPa	%	kg/cmq	Kg/cmq	t/mc	m/s
1	a	0.0-0.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	b	0.3-0.8			36. <sub>38</sub>	63. <sub>44</sub>	224. <sub>65</sub>	88. <sub>94</sub>	1.52-1.7	
	c	0.8-1.5			31. <sub>68</sub>	39. <sub>52</sub>	140. <sub>70</sub>	54. <sub>45</sub>		
2	a	1.5-4.3	82-60	45	39. <sub>24</sub> -43. <sub>22</sub>	-	72. <sub>49</sub> -84. <sub>21</sub>	275. <sub>75</sub> -346. <sub>70</sub>	109. <sub>93</sub> -139. <sub>08</sub>	1.78-1.88
			37-rif	40	36. <sub>02</sub> -49. <sub>6</sub>	-	39. <sub>52</sub> -62. <sub>31</sub>	219. <sub>20</sub> -460. <sub>65</sub>	86. <sub>70</sub> -185. <sub>89</sub>	2.05-2.22
	b	4.3-7.0	-	-	-	-	-	-	-	-
3	a	7.0-11.8	-	-	-	-	-	-	-	-
	b	11.8-15.0	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>3</sup> Phi ricavato con il metodo di Sowers (1961) è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 4 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 7 m per terreni in falda ( $\sigma > 5-8$  t/mq). I valori sono approssimati:  $\phi = 28 + 0.28 N_{SPT}$

<sup>4</sup> Phi ricavato con il metodo di Sowers (1961) è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova inferiori a circa 4 m per terreni sopra falda e inferiori a circa 7 m per terreni in falda ( $\sigma > 5-8$  t/mq).

<sup>5</sup> Densità relativa ricavata con metodo di Skempton. Il metodo è valido per le sabbie da fini a grossolane, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati. Nel caso di depositi ghiaiosi il valore di Dr(%) viene sovrastimato, nei depositi limosi viene sottostimato.

<sup>6</sup> Modulo di Young ricavato con metodo di Bowles (1982) per sabbie medie.

## 6. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

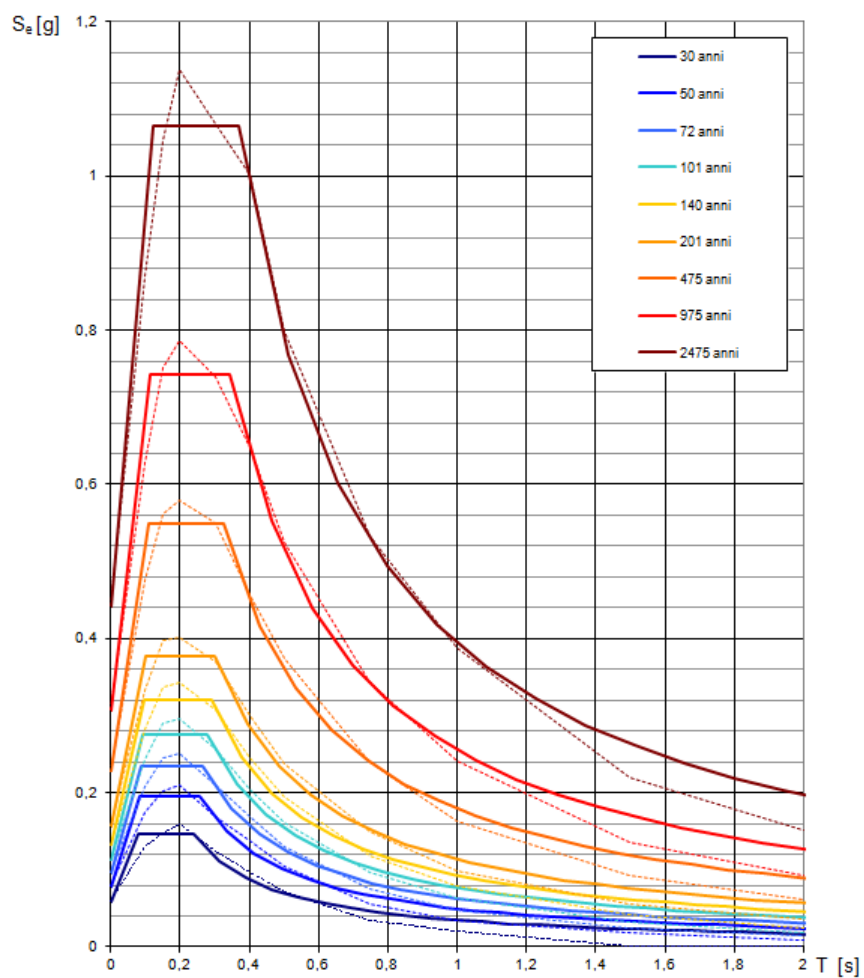
### 6.1 PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

I terreni interessati dal progetto hanno un punto mediano che presenta le seguenti coordinate geografiche (in gradi sessagesimali-decimali riferite al datum ED50):

Latitudine	46.062097°	N
Longitudine	13.396686°	E

Di seguito si propongono i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c$  per i vari tempi di ritorno. Tali parametri sono stati calcolati mediante il foglio di calcolo pubblicato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, attraverso una media ponderata dei valori posti ai vertici della maglia individuata nell'Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale".

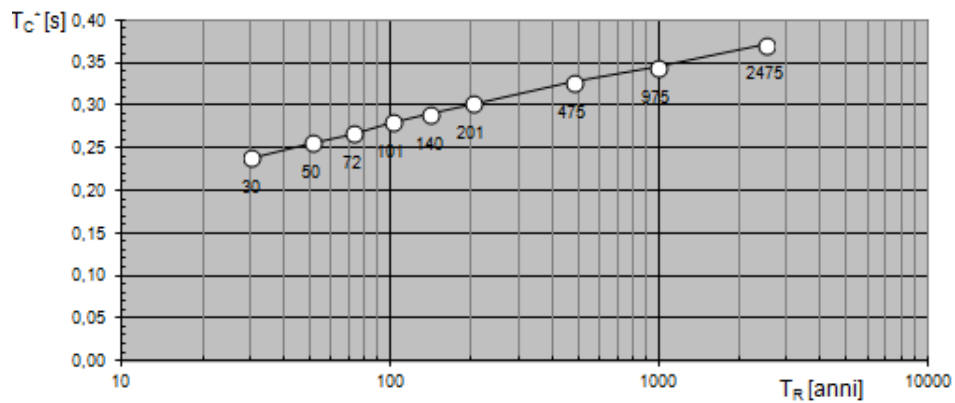
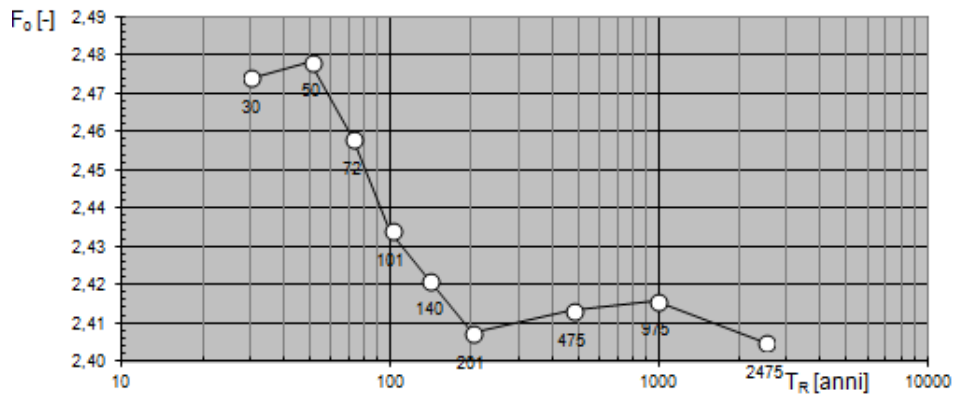
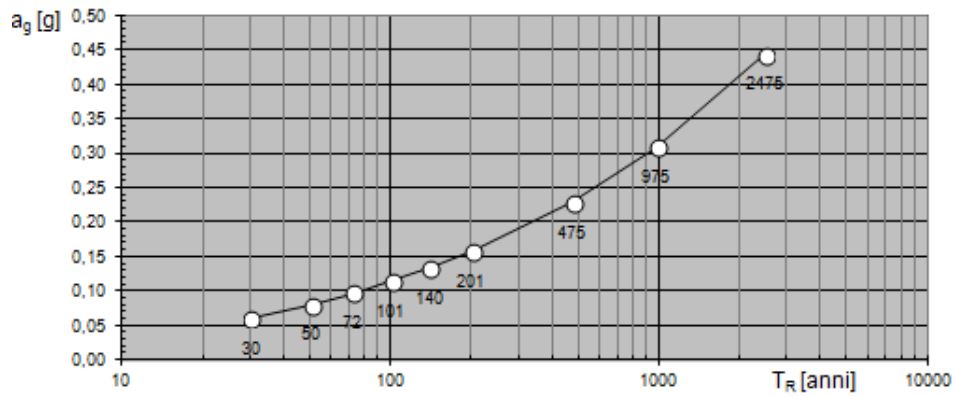
$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c$ [s]
30	0.059	2.474	0.238
50	0.079	2.478	0.256
72	0.096	2.458	0.266
101	0.113	2.434	0.280
140	0.133	2.421	0.289
201	0.157	2.407	0.302
475	0.228	2.413	0.326
975	0.307	2.416	0.344
2475	0.443	2.405	0.371

**Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto SI-INGV da cui sono derivati.

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C$ : variabilità col periodo di ritorno $T_R$



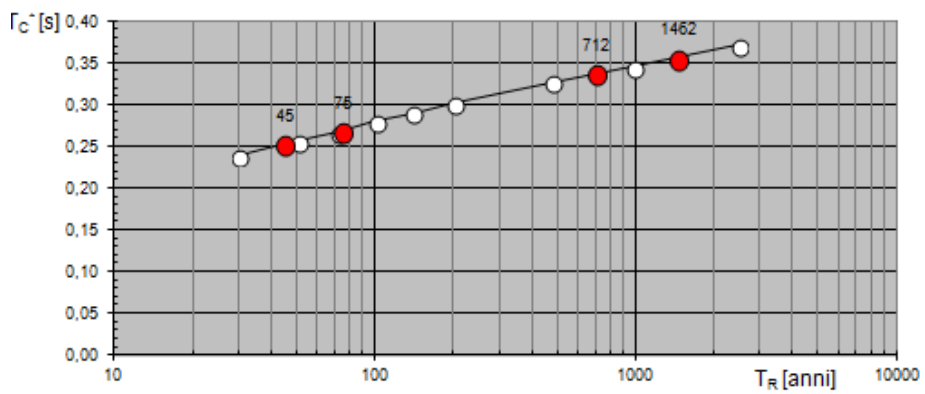
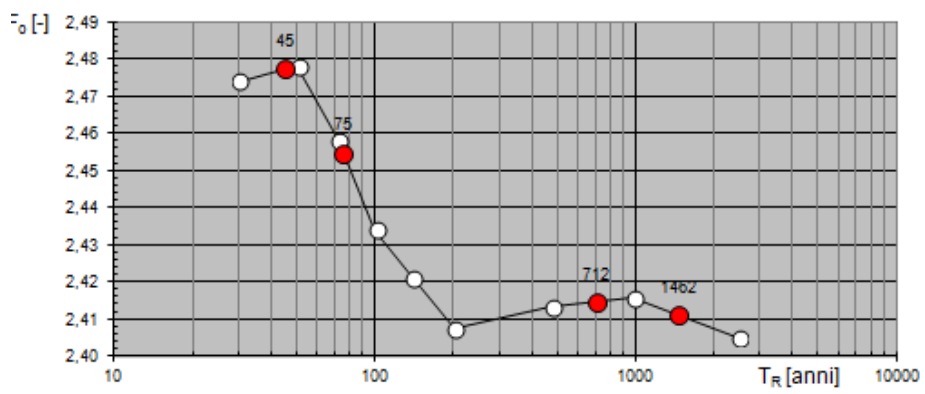
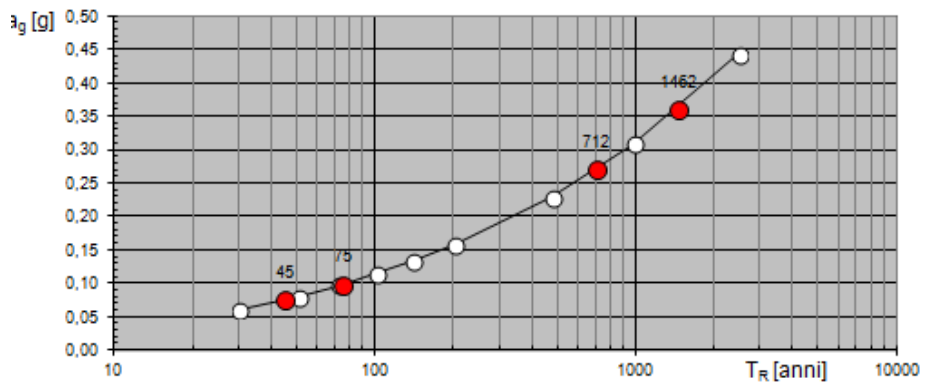
## 6.2 STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Per quanto riguarda i principali parametri riguardanti la strategia di progettazione (vita nominale, classe d'uso, etc), si rimanda alle competenze e alle scelte del Progettista Strutturale e del RdP.

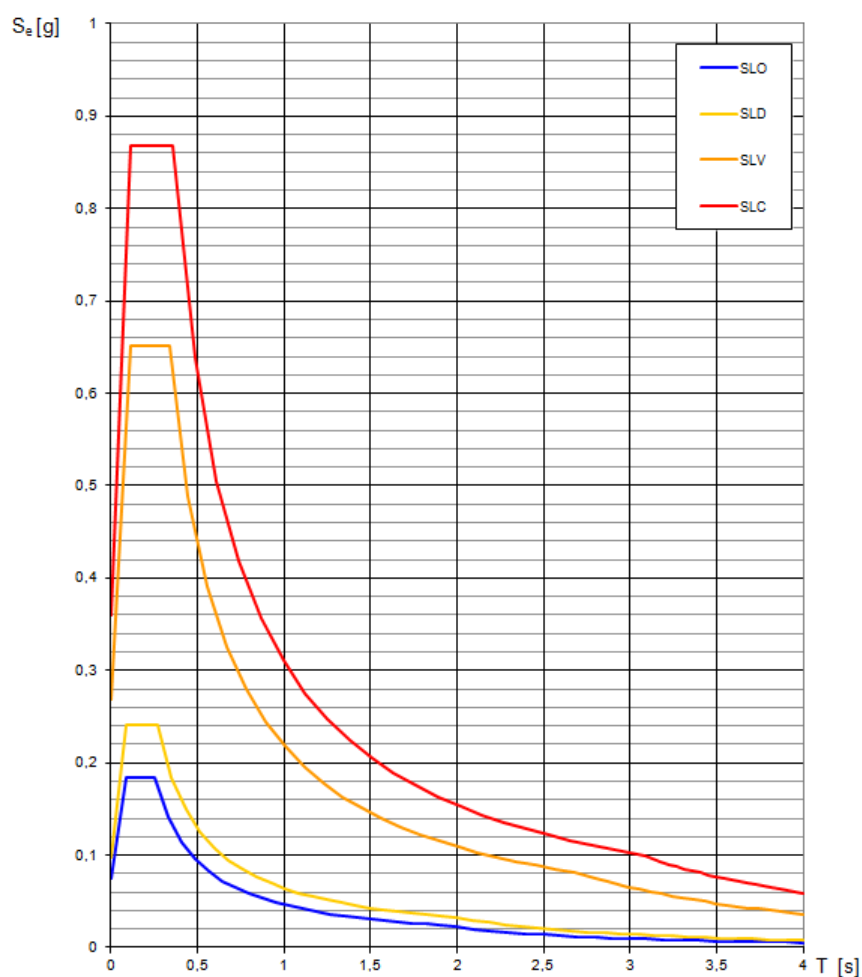
Per un calcolo a titolo d'esempio dello spettro sismico, si considerano:

Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III
Coefficiente $C_U$	1.5

**Valori di progetto dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  in funzione del periodo di ritorno**



### Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Dai valori delle precedenti tabelle, è possibile calcolare i parametri d'azione  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per ciascun stato limite:

STATO LIMITE	TR [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	TC [s]
SLO	45	0.075	2.477	0.252
SLD	75	0.098	2.455	0.268
SLV	712	0.270	2.415	0.336
SLC	1462	0.360	2.411	0.356

### 6.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per l'identificazione della categoria di sottosuolo si è fatto riferimento ai dati forniti dalle prove sismiche effettuate (n°2 prove di tipo MASW e n°2 HVSr).

L'ubicazione degli stendimenti è riportata nell'apposita planimetria.

La classificazione della categoria di sottosuolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$ , definita mediante l'equazione 3.2.1 delle NTC08.

Da quanto si evince dai certificati delle prove, le indagini sismiche, evidenziano i seguenti valori di  $V_{s30}$ :

PROVA	$V_{s30}$ m/s
MASW1	620
MASW2	635

Basandosi sui valori ottenuti, si può affermare che tutte le indagini effettuate ed i dati raccolti concordano nell'attribuire al terreno in esame la classe di sottosuolo di categoria B, mostrando un comportamento sismico piuttosto omogeneo nell'area.

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

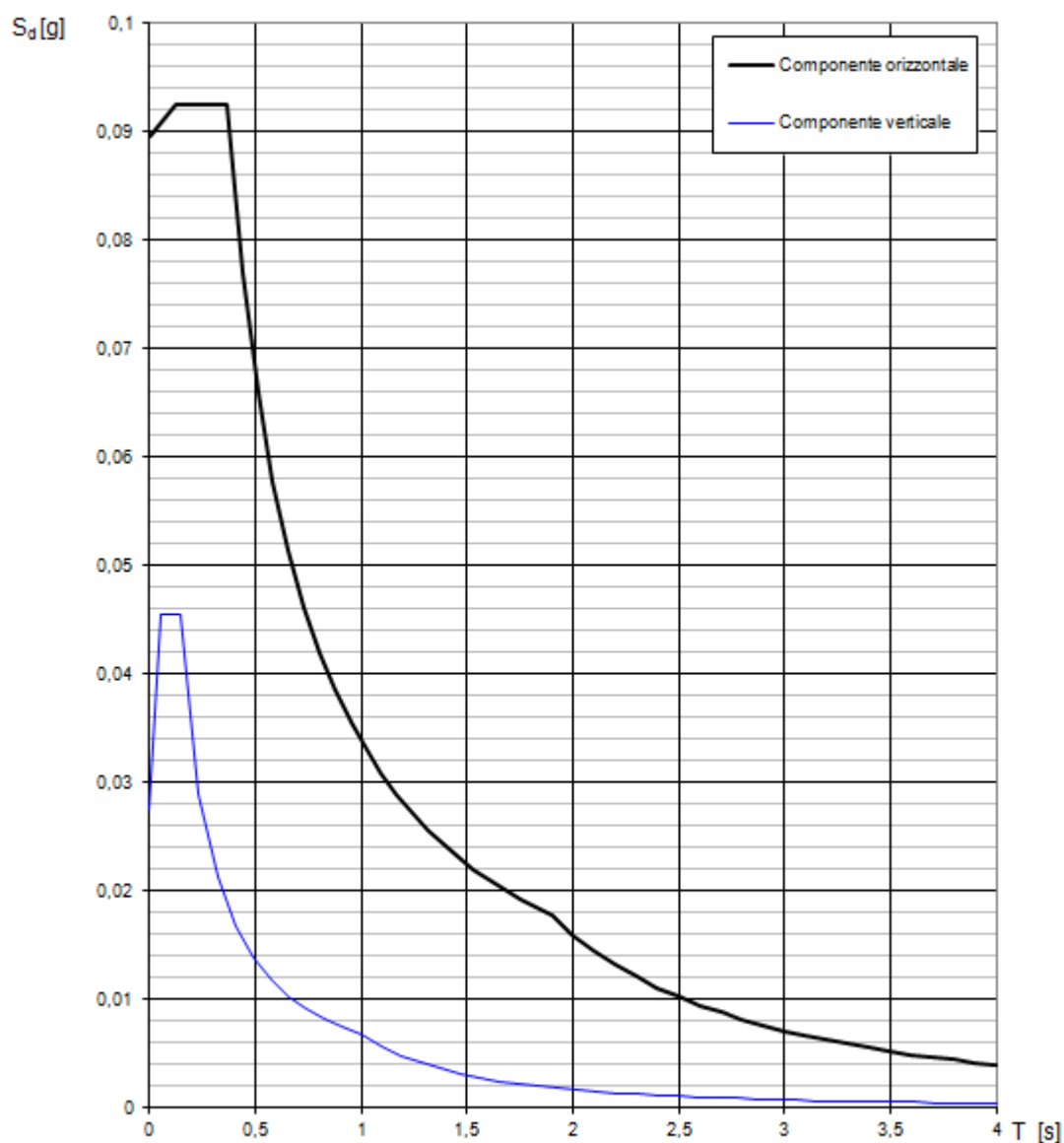
Si deve evidenziare che un'attenta analisi dei logs della prova mostrano un aumento delle velocità fino a valori rispettivamente di 810 e 830 m/s entro i 30 metri dal piano campagna. Calcolando che la stima delle velocità porta ad errori facilmente superiori al 10% e che l'aumento risulta progressivo, si ritiene che l'assimilazione al suolo B sia comunque più che giustificata.

Le ubicazioni in carta delle indagini sismiche sono riportate in calce alla relazione.

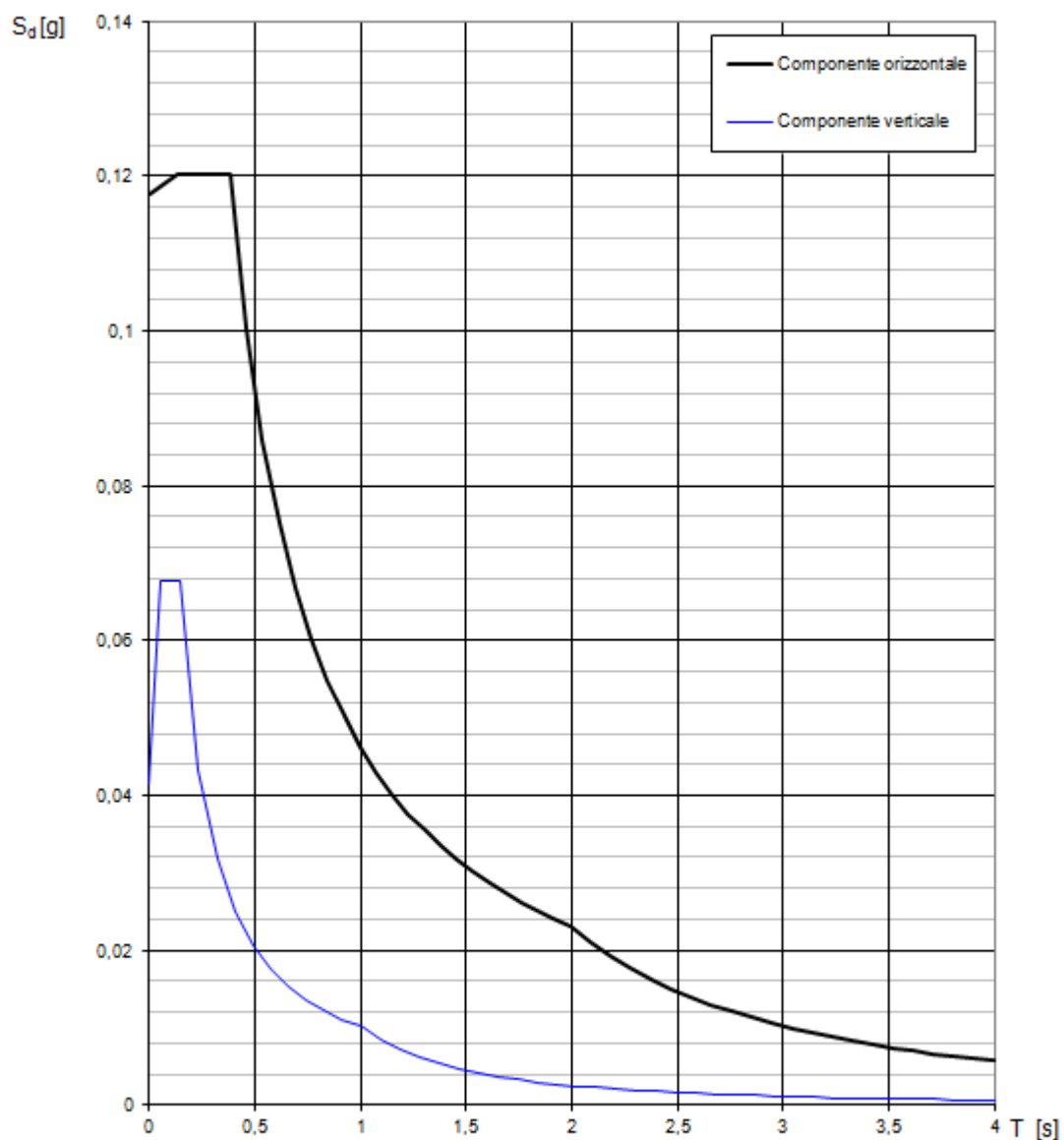
### 6.4 PARAMETRI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

In base alla categoria di suolo ed alle informazioni precedentemente desunte si hanno i seguenti parametri di amplificazione stratigrafica:

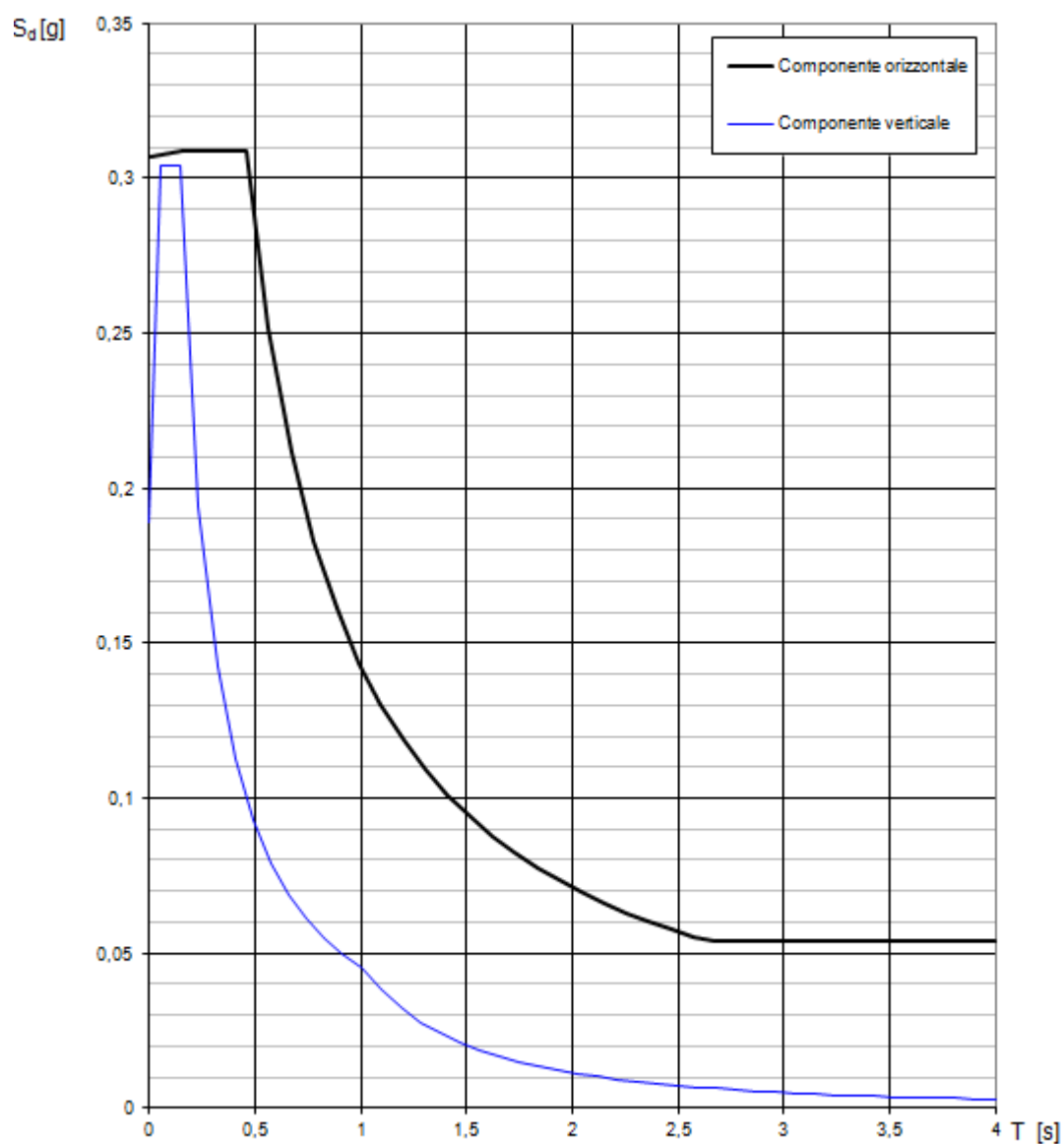
STATO LIMITE	$S_s$ (orizzontale)	$S_s$ (verticale)	$C_c$
SLO	1.200	1	1.449
SLD	1.200	1	1.431
SLV	1.140	1	1.368
SLC	1.053	1	1.353

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLO**

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

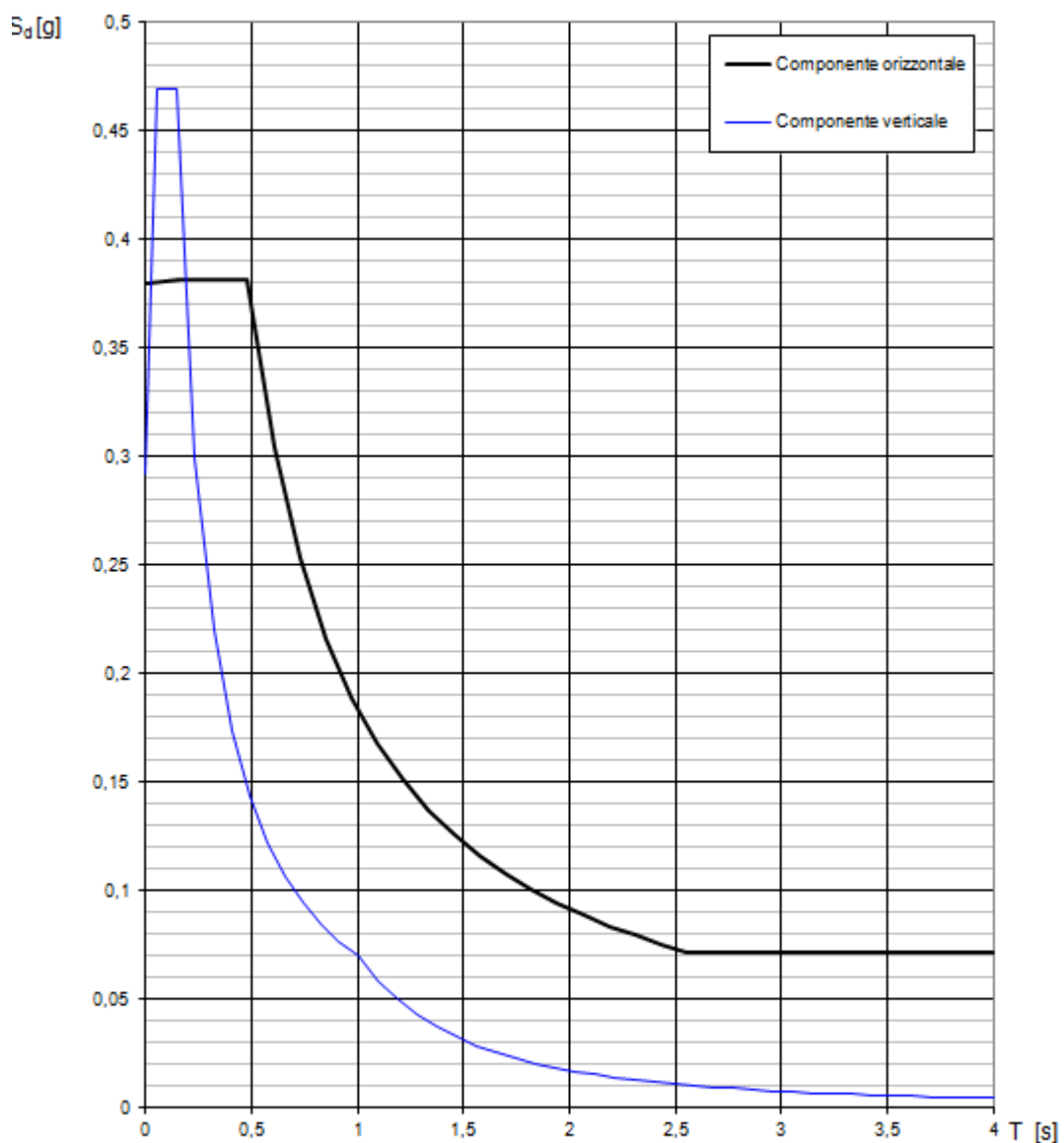
**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLD**

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV**

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLC



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

## 6.5 CATEGORIA TOPOGRAFICA

La classe topografica è legata alla configurazione del piano campagna ed è determinabile attraverso la Tabella 3.2.IV delle NTC, i valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica sono presentati nella Tabella 3.2.VI delle NTC.

L'area di progetto ricade in una ambito di pianura con pendenze decisamente blande.

Nella seguente tabella è riportata la classe per il sito in esame:

Categoria topografica	Descrizione	Valore massimo coefficiente $S_T$
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0

## 6.6 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle NTC08 al 7.2.5.1 si afferma che "In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:  $a_{max} = a_g \cdot S$  in cui  $S$  è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al § 3.2.3.2, e  $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido".

E' così ora possibile fornire per ciascuno stato limite, l'accelerazione orizzontale massima attesa sul sito:

STATO LIMITE	$a_g$ [g]	$S_s$ (orizzontale)	$S_T$	$g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]
SLO	0.075	1.200	1.0	9.81	0.883
SLD	0.098	1.200	1.0	9.81	1.154
SLV	0.270	1.140	1.0	9.81	3.020
SLC	0.360	1.053	1.0	9.81	3.719

## 6.7 SPETTRI DI RISPOSTA

Ai fini dell'elaborazione degli spettri di risposta per ogni stato limite considerato, il progettista strutturale dovrà determinare i parametri concernenti le percentuali di smorzamento viscoso  $\xi$  ed i fattori  $q$  (valore di struttura) e  $q_0$  (valore massimo del fattore di struttura).

## 6.8 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

L'elaborazione dei dati penetrometrici di cui alla relazione sulle indagini dello GeoAlpina non evidenzia fenomeni anche locali di liquefazione.

PROVA DPSH1:

### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34	Seed e Idriss (1971)	--

PROVA DPSH2:

### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13	Seed e Idriss (1971)	--

L'indagine e i rilevamenti di campagna hanno evidenziato la presenza di un deposito ghiaioso molto addensato con scarsa matrice limoso sabbiosa. La falda è posta ad una profondità notevolmente superiore a 15 mt dal p.c.

Pertanto ricadendo il sito in uno dei casi per i quali le NTC08 consentono l'omissione della verifica (7.11.3.4.2, punto 3 "assenza di falda"), non sono state effettuate verifiche alla liquefazione.

## 7. ALTRE VERIFICHE

L'opera in esame si inserisce in un contesto tipicamente di pianura e quindi non è prevista una verifica di stabilità del pendio.

Deve essere eseguita la verifica dei fronti di scavo con profondità superiore a 2 metri e nei quali sia prevista la permanenza di operai, nonché per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti. Si rimanda in tal senso agli specifici elaborati progettuali, in quanto tale verifica non è di competenza dello scrivente.

Qualora necessario, e comunque secondo quanto previsto dalla vigente normativa, i fronti di scavo dovranno essere opportunamente stabilizzati e/o armati, per permettere di effettuare le lavorazioni in sicurezza.

## 8. TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il progetto in esame prevede delle operazioni di scavo minime per la posa in opera delle fondazioni.

Con riferimento all'art. n. 266 del Dlgs. 152/2006 e alla **L.R. 21 dicembre 2012, n. 26** "*Legge di manutenzione dell'ordinamento regionale 2012*", [art. 199 relativo all'inserimento nella L.R. 35/1986 (Disciplina delle attività estrattive) della semplificazione amministrativa delle procedure relative alle terre e rocce da scavo provenienti da cantieri di piccole dimensioni (minori di 6.000 mc)], si può affermare che le terre e rocce da scavo riguardante il presente intervento sono da definirsi provenienti da cantiere di piccole dimensioni essendo il movimento terra, per quantità, inferiore a 6.000 mc.

Le terre e rocce da scavo di risulta sono da considerarsi provenienti da terreni naturali e di riporto, quest'ultimi costituiti da terreni e rocce naturali e in minima porzione da inerti antropici (restano esclusi da tali considerazioni eventuali materiali laterizi e quelli provenienti dalla demolizione di pavimentazioni o manufatti).

La caratterizzazione chimica delle terre e rocce da scavo è stata effettuata sulla base delle conoscenze e della letteratura scientifica con riferimento alle specifiche caratteristiche litologiche del materiale oggetto di scavo. Si può altresì affermare che le terre e rocce da scavo provenienti dal presente cantiere non sono da ritenersi contaminate da presenza di idrocarburi o metalli pesanti.

In considerazione alle caratteristiche geologico stratigrafiche riscontrate si omettono ulteriori indagini ed analisi. Il terreno proveniente dagli scavi necessari alla realizzazione dell'opera, potrà essere riutilizzato in sito per ripristinare lo stato dei luoghi.

## 9. CONCLUSIONI

L'area in esame non presenta particolari criticità dal punto di vista geologico, geomorfologico idrogeologica ed idraulica.

In riferimento alle indagini eseguite i terreni fondali sono stati suddivisi in 3 orizzonti stratigrafici/geotecnici.

La caratterizzazione dei parametri geotecnici è stata eseguita in maniera approfondita per l'orizzonte "2".

All'interno di tale orizzonte sono stati rinvenuti materiali caratterizzati da soddisfacenti valori dei parametri geotecnici.

In caso di difformità rispetto a quanto previsto, lo scrivente dovrà essere tempestivamente avvisato.

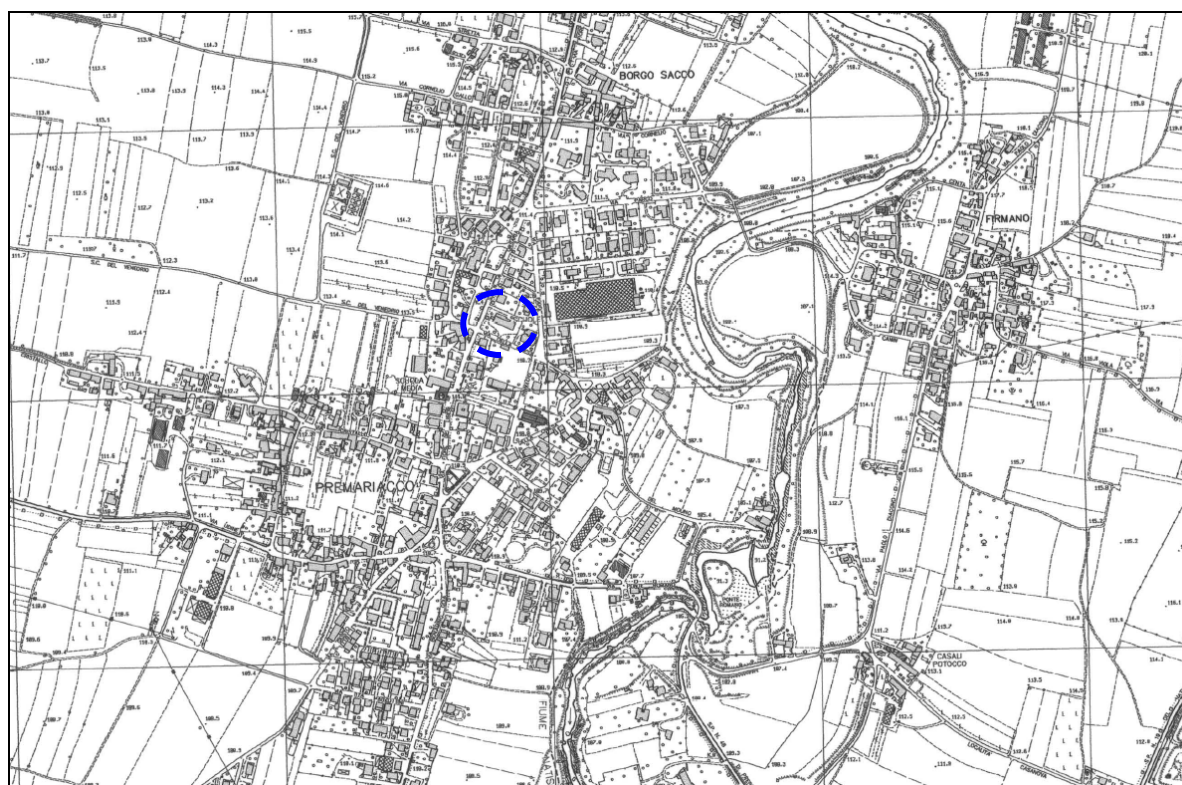
Per ogni altro dettaglio si rimanda agli specifici elaborati tecnici.

# CARTA TECNICA REGIONALE

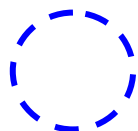


CARTA TECNICA REGIONALE NUMERICA

067090  
PREMARIACCO



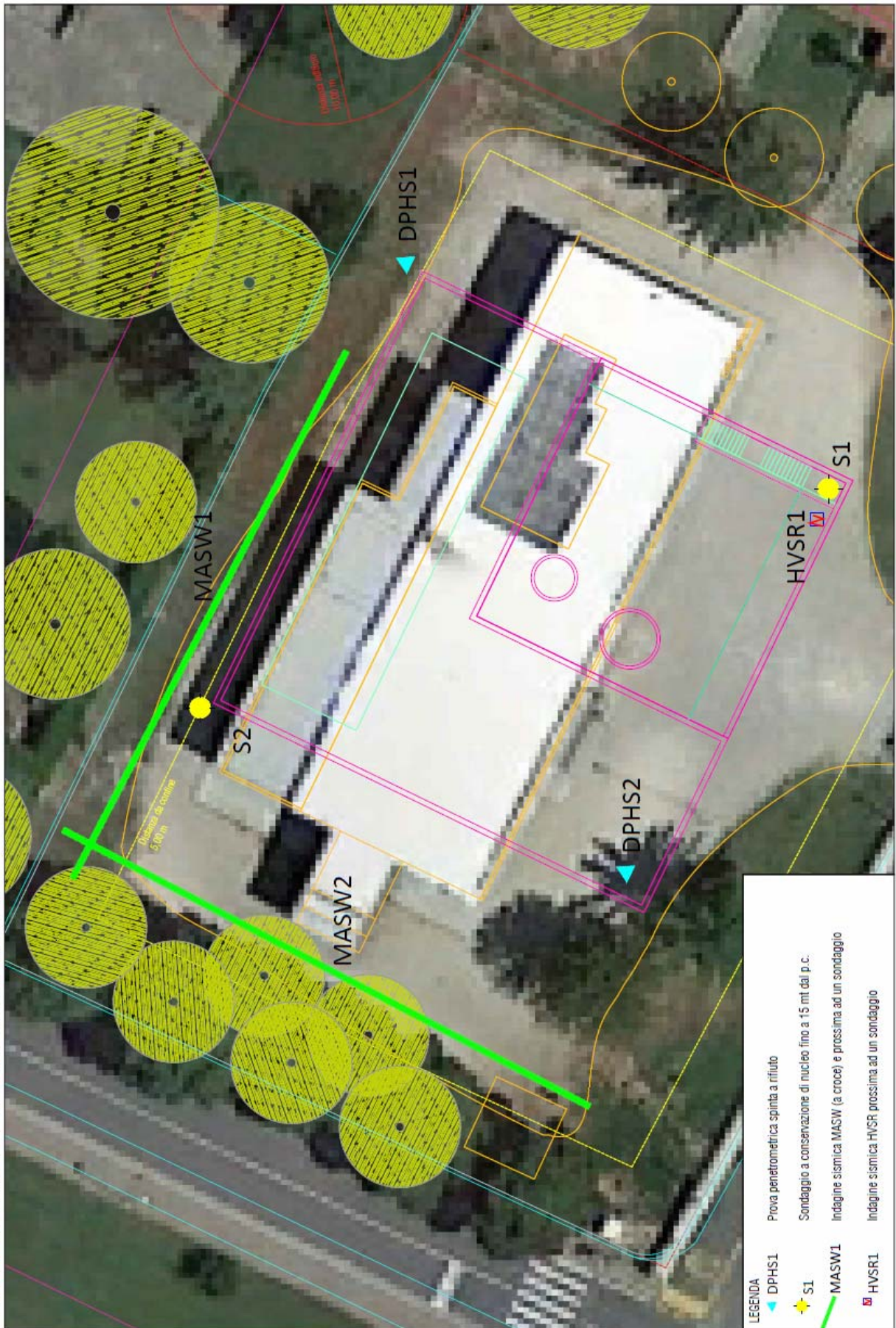
Scala 1:10.000



Ubicazione area in esame

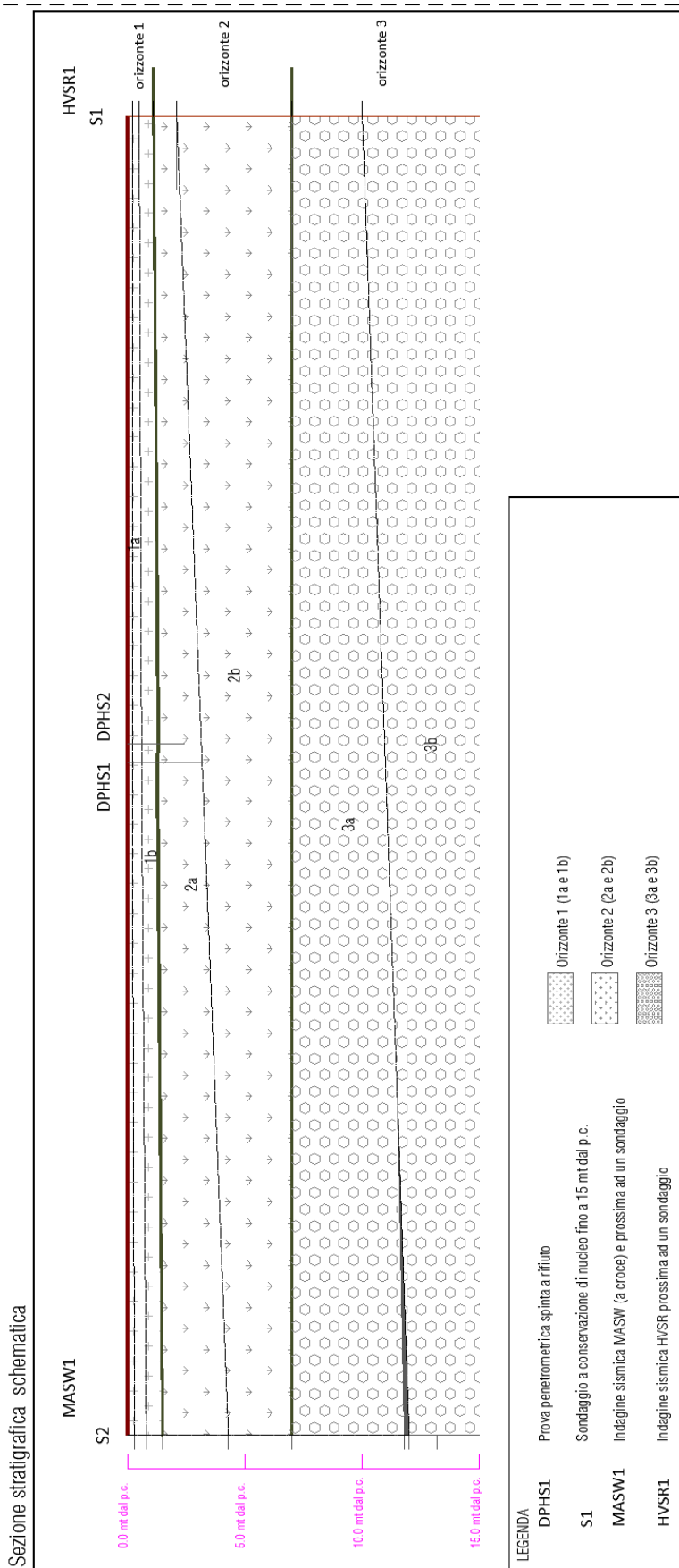
## UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'INGOMBRO DEL NUOVO EDIFICIO E' INDICATO IN MAGENTA



LEGENDA	
	Prova penetrometrica spinta a rifrullo
	Sondaggio a conservazione di nucleo fino a 15 mt dal p.c.
	Indagine sismica MASW (a croce) e prossima ad un sondaggio
	Indagine sismica MASW (a croce) e prossima ad un sondaggio
	Indagine sismica HVSR prossima ad un sondaggio

# SEZIONE SCHEMATICA



# PRG COMUNE PREMARIACCO

## COMUNE DI PREMARIACCO



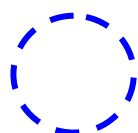
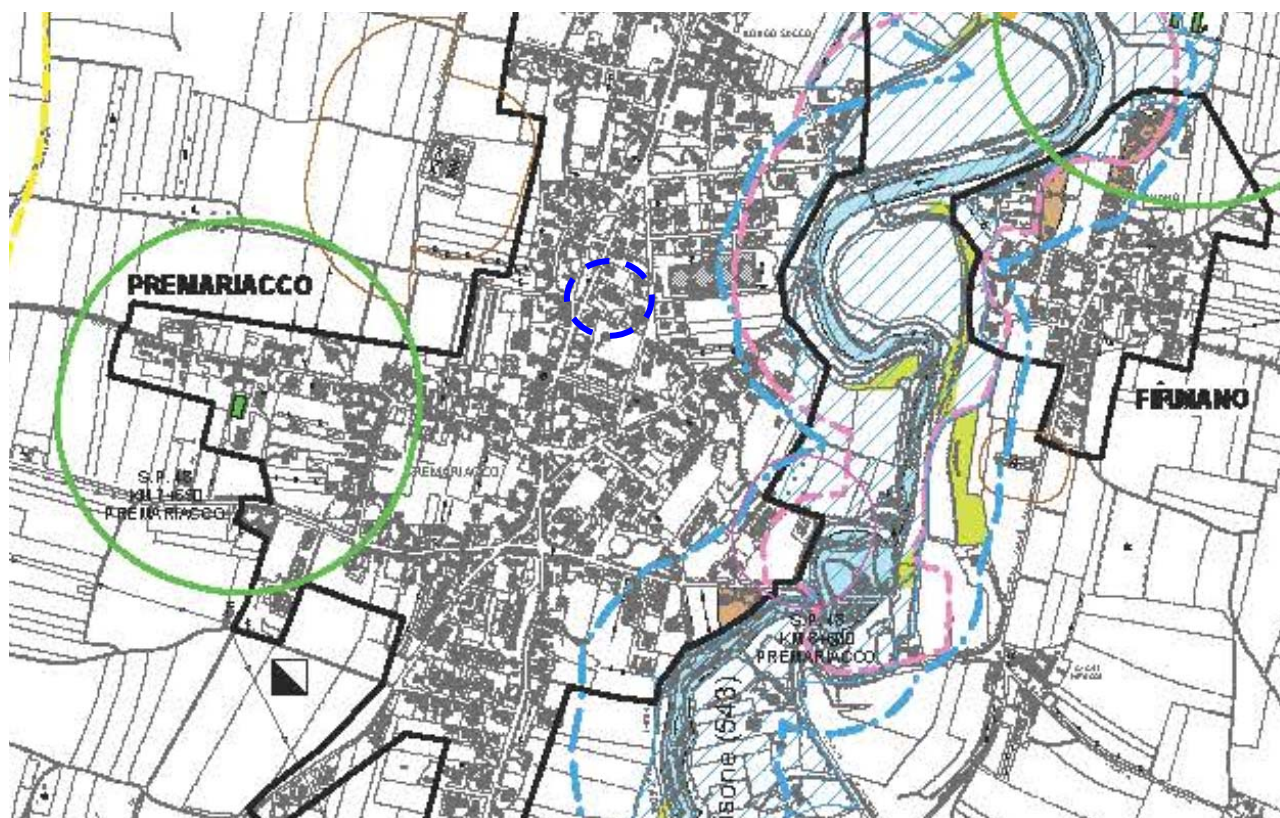
Data 15.06.2011

PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE  
**VARIANTE n° 4**  
CARTA DEI VINCOLI

TAVOLA

**A2**

Scala 1:10000



Ubicazione area in esame (esente da vincoli PRG)

## **REPORT INDAGINI**

# GEOALPINA

Geoalpina S.r.l. 33100 Udine, via Aquileia, 23 tel 0432 511785 - fax 0432 26374  
[info@geoalpina.it](mailto:info@geoalpina.it) [posta@pec.geoalpina.it](mailto:posta@pec.geoalpina.it) [www.geoalpina.it](http://www.geoalpina.it)

## **REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA PROVINCIA DI UDINE COMUNE DI PREMARIACCO**

**INDAGINE GEOGNOSTICA PROPEDEUTICA  
ALLA PROGETTAZIONE DELLA NUOVA  
SCUOLA ELEMENTARE**

# **RELAZIONE TECNICA**

Udine, Marzo 2017



## INDICE

- 1 - Descrizione del lavoro
- 2 - Inquadramento geografico del cantiere e posizionamento dei sondaggi sul sito
- 3 - Descrizione delle attrezzature di perforazione
- 4- Stratigrafia dei sondaggi
- 5 – Fotografie delle cassette catalogatrici
- 6 – Prove penetrometriche dinamiche
- 7 – Prospezioni geofisiche
- 8 – Conclusioni

## 1- DESCRIZIONE DEL LAVORO

Il Comune di Premariacco ha affidato alla Società di Ingegneria Cooprogetti di Gubbio la progettazione della nuova Scuola Elementare Comunale, in Via Fiore dei Liberi, angolo Via della Chiesa ed alla scrivente Gealpina le indagini geognostiche.

Su indicazione del Geologo Dr. Fausto Pelicci sono stati eseguiti 2 sondaggi, 2 prove penetrometriche pesanti, 2 stendimenti MASW e due prospezioni HVSr .

I sondaggi, spinti a 15 metri sono stati eseguiti per tutta lunghezza con l'ausilio di rivestimenti in acciaio  $\varnothing$  127 mm con prove SPT con una sonda idraulica a rotazione ATLAS Copco Mustang M-T1 montata su autocarro IVECO Magirus 190 attrezzata con martello oleodinamico a percussione in testa che ha garantito, oltre ad uno spedito avanzamento, ottimi risultati quantitativi e qualitativi nel recupero del terreno che, dopo esser stato estratto dai tubi carotieri, è stato posto in cassette e fotografato.

Le cassette, lunghe un metro e larghe mezzo metro, contenenti cinque metri di materiale, dopo essere state fotografate sono state immagazzinate presso il magazzino dell'appaltatore..

L'indagine è stata eseguita secondo le seguenti specifiche tecniche:

- “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche” A.G.I., Associazione Geotecnica Italiana, Giugno 1977, secondo le “Modalità tecnologiche per l'esecuzione di indagini geognostiche” e
- “Norme di misurazione” dell'ANISIG, Associazione Nazionale Imprese Specializzate in Indagini geognostiche, Milano, 1997, Decreto Ministeriale 25/10/99, n° 471

**2- INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL CANTIERE E POSIZIONE DEI SONDAGGI SUL  
SITO**



**GEOALPINA**

**COROGRAFIA**

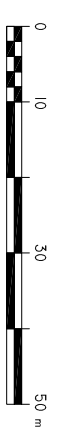
SCALA 1:5000







ESTRATTO C. T. R.

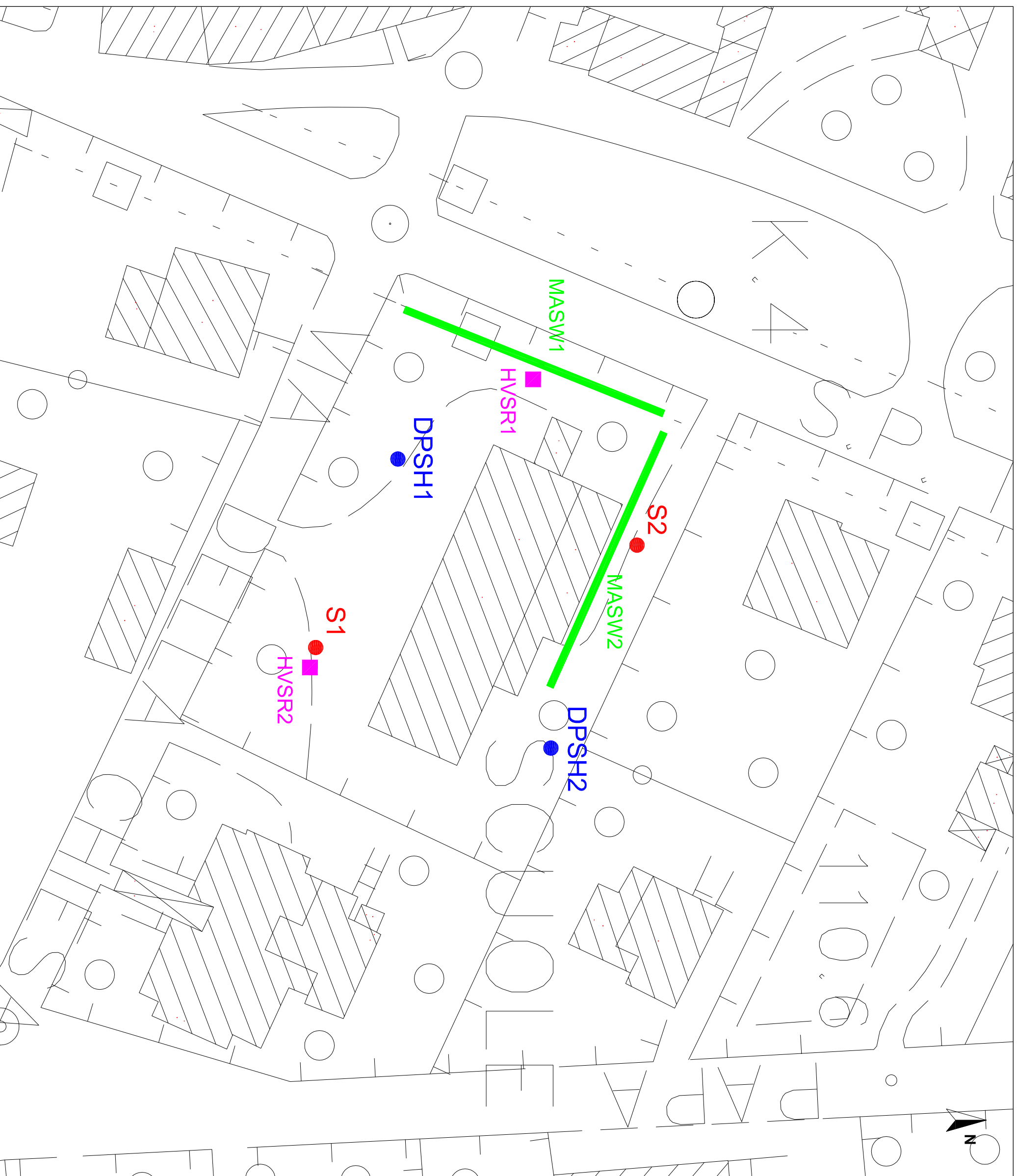
## POSIZIONAMENTO DELLE INDAGINI

ESTRATTO C. T. R.  
SCALA 1:500



**LEGENDA**

-  posizione sondaggi
-  posizione DPSH
-  prospezione geofisica tipo M.A.S.W.
-  prospezione geofisica tipo H.V.S.R.



### 3- DESCRIZIONE DELLE ATTREZZATURE DI SONDAGGIO

#### **AUTOCARRO IVECO Magirus 190 Targa CT358YR**

ATTREZZATO CON SONDA AUTOCARRATA ATLAS COPCO MUSTANG 9-T1

#### **Motore Diesel Deutz F6L914, 6 cilindri raffreddato ad aria**

Potenza motore	84	Kw
Coppia max	1.200	kg./m
Testa di rotazione RH 130 a 8 rapporti		
Spinta max	96,7	kN.
Trazione max	96,7	kN
Coppia massima	1490	kg/m
Velocità avanzamento testa a rotazione	14	cm/sec.
Velocità estrazione testa di rotazione	22	cm/sec.
Velocità di rotazione	0-655	giri /min.
Corsa testa di rotazione	3700	mm.
Peso macchina standard	15.700	kg

#### **Argano**

Tiro argano	20,0	kN
Capacità fune	80	ml
Velocità massima	60	m/min.

#### **Martello idraulico in testa Krupp HB 5A**

Pressione di esercizio	150	bar
Portata dell'olio	55	l/min
Frequenza di percussione	3000	min-1
Energia per battuta	140	Nm

#### **ASTE DI PERFORAZIONE**

lunghezza	1500	mm.
diametro est.	76	mm.
diametro int.	32	mm.
manicotto conico	NWY	
peso	21	kg.

#### **ASTE PER STANDARD PENETRATION TEST**

lunghezza	1500	mm.
diametro est.	50	mm.
spessore	7	mm.
peso	7,4	kg./m

#### **CAMPIONATORE RAYMOND per SPT**

(a scarpa aperta e a punta chiusa)

diametro	50	mm.
Peso	7,2	kg.

## TUBI DI RIVESTIMENTO

diametro est.	152,4	mm.
spessore	10	mm.
peso	35	kg./m.
diametro est.	127	mm.
spessore	8	mm.
peso	23,5	kg./m.

## DOPPIO CAROTIERE NT6

foro	101	mm.
carota	79	mm.
lunghezza	1500/3000	mm.
Peso	46	kg.

## CAROTIERE SEMPLICE.

diametro	101	mm.
diametro	127	mm.
diametro	131	mm.
diametro	152	mm.

## ATTREZZATURE VARIE DI SUPPORTO

AUTOCARRO 35 q. IVECO Daily Targa EJ234KP  
 moto pompa per acqua  
 elettropompe sommerse Grundfoss  
 vascone mix bentonite in nylon  
 vascone metallico  
 maglio per S.P.T.  
 teste di rotazione aste  
 teste di rotazione rivestimenti  
 minuterie e ricambi  
 cassette catalogatrici in ABS capacità 5 metri

**4 STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI**

COMMITTENTE: **COMUNE DI PREMARIACCO**  
 CANTIERE: **NUOVA SCUOLA ELEMENTARE - PREMARIACCO (UD)**

PERFORAZIONE N: S1 RESPONSABILE: dott. De Giusto A.  
 COORDINATE: Nord OPERATORE: Li Pira R.  
 COORDINATE: Est ATTEZZATURA: Mustang 9-T1  
 Da m.: 0,00 A m.: 15,00 Profondità Finale m.: 15,00

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	CAMPIONI		POCKET PENETROMETER Kg/cm <sup>2</sup>	TORVANE Kg/cm <sup>2</sup>	S.P.T.	
			TIPO	NUMERO			PROFONDITA' m da p.c.	N
Riparto: ghiaia e laterizi in matrice sabbiosa marrone. Limo sabbioso ghiaioso marrone.	0,20 0,50							
Ghiaia poligenica grossolana arrotondata limoso sabbiosa marrone. ciottoli fino a 10 cm.	1,10 2,10						37* 40 42	1,50 1,65 1,80 1,95
Ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata limoso sabbiosa nocciola con ciottoli fino a 11 cm.	7,00						10* 16 21	3,00 3,15 3,30 3,45
Ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata sabbiosa debolmente limosa nocciola con rari livelli cementati con ciottoli fino a 10 cm. Tra 12,00-12,50 m livello maggiormente limoso rossastro.	10,00						35* RIF	4,00 4,15 4,17
Fine sondaggio a 15,00 m.	15,00							

- CAMPIONE RIMANEGGIATO
- CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T.
- CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST
- SPEZZONE DI CAROTA
- CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI
- CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE
- CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO

MANOVRA DI CAROTAGGIO	T.C.R. %	S.C.R. %	R.Q.D. %	DIMENSIONE SPEZZIONI			PROVE		STRUMENTAZIONE	METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	DATA
				< 5 cm	5-10 cm	> 10 cm	TIPO	NUMERO					
										CAROTAGGIO CONTINUO A SECCO	CAROTIERE SEMPLICE ø 131 MM	ø 152 MM	29/03/17
										15,00	15,00		15,00

RILIEVO H<sub>2</sub>O DURANTE LA PERFORAZIONE  
 PROF. FORO: \_\_\_\_\_ PROF. ACQUA: \_\_\_\_\_  
 SERA: GG \_\_\_\_\_ H \_\_\_\_\_  
 MATTINA: GG \_\_\_\_\_ H \_\_\_\_\_

NOTE  
 N.B.:  
 -materiale raccolto in n° 3 cassette catalogate  
 trici  
 -\* SPT eseguito con punta chiusa

COMMITTENTE: **COMUNE DI PREMARIACCO**  
 CANTIERE: **NUOVA SCUOLA ELEMENTARE - PREMARIACCO (UD)**

PERFORAZIONE N: S2 RESPONSABILE: dott. De Giusto A.  
 COORDINATE: Nord OPERATORE: Li Pira R.  
 COORDINATE: Est ATTREZZATURA: Mustang 9-T1  
 Da m.: 0,00 A m.: 15,00 Profondità Finale m.: 15,00

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFONDITA' m da p.c.	SIMBOLOGIA STRATIGRAFICA	CAMPIONI		POCKET PENETROMETER Kg/cm <sup>2</sup>	TORVANE Kg/cm <sup>2</sup>	S.P.T.	
			TIPO	NUMERO			PROFONDITA' m da p.c.	N
Riporto: ghiaia poligenica grossolana arrotondata sabbiosa marrone.	0.30							
Limo sabbioso marrone con ghiaia poligenica decalcificata.	0.80							
Ghiaia poligenica grossolana arrotondata sabbiosa debolmente limosa marrone con ciottoli fino a 11 cm.	1.50							
Ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata sabbiosa debolmente limosa nocciola con ciottoli fino a 12 cm.	4.30							
Ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata sabbiosa debolmente limosa nocciola con rari livelli cementati.	7.00							
Ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata sabbiosa debolmente limosa nocciola alternata a livelli centimetrici di conglomerato.	11.80							
Argilla limosa marrone.	12.00				0.75	0.68		
Ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata con limo argilloso debolmente sabbiosa marrone rossastro e con un livello di conglomerato a 12.50 m.	13.20							
Ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata sabbiosa debolmente limosa nocciola alternata a livelli centimetrici di conglomerato. Ciottoli fino a 11 cm.	15.00							
Fine sondaggio a 15.00 m.	15.00							

- CAMPIONE RIMANEGGIATO
- CAMPIONE RIMANEGGIATO DA S.P.T.
- CAMPIONE RIMANEGGIATO DA VANE TEST
- SPEZZONE DI CAROTA
- CAMPIONE INDISTURBATO PARETI SOTTILI
- CAMPIONE INDISTURBATO A PISTONE
- CAMPIONE INDISTURBATO ROTATIVO

RILIEVO H <sub>2</sub> O DURANTE LA PERFORAZIONE			
PROF. FORO	PROF. ACQUA	SERA	MATTINA
		GG	H
		GG	H

PROVE IN FORO

MANOVRA DI CAROTAGGIO	T.C.R. %	S.C.R. %	R.Q.D. %	DIMENSIONE SPEZZONI			PROVE		STRUMENTAZIONE	METODO DI PERFORAZIONE	ATTREZZO DI PERFORAZIONE	RIVESTIMENTO	DATA
				< 5 cm	5-10 cm	> 10 cm	TIPO	NUMERO					
										CAROTAGGIO CONTINUO A SECCO		ø 152 MM	29/03/17
										CAROTIERE SEMPLICE ø 131 MM		7.00	9.00
													30/03/17
													15.00
													15.00

N.B.:  
 -materiale raccolto in n° 3 cassette catalogate  
 -\* SPT eseguito con punta chiusa

**5 - FOTOGRAFIE DELLE CASSETTE CATALOGATRICI**



Sondaggio S1: posizionamento delle attrezzature.



Sondaggio S1: cassetta n° 1, da 0.00 m a 5.00 m.



Sondaggio S1: cassetta n° 2, da 5.00 m a 10.00 m.



Sondaggio S1: cassetta n° 3, da 10.00 m a 15.00 m.





Sondaggio S2: cassetta n° 2, da 5.00 m a 10.00 m.



Sondaggio S2: cassetta n° 3, da 10.00 m a 15.00 m.

## 6 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

### 6. 1. Introduzione:

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno per mezzo di idoneo dispositivo a percussione e misurando il numero di colpi necessari all'infissione per tratti consecutivi di lunghezza standard.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato in continuo e di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con parametri geotecnici derivati dai sondaggi geognostici.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette con riferimento ai più noti studiosi, deve comunque essere trattato con le opportune cautele e alla luce di esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici si rileva la seguente prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

L'indagine penetrometrica eseguita nel sito di Premariacco è stata eseguita con un penetrometro DPSH (Dinamic Probing Super Heavy) prodotto dalla Ditta Pagani avente le seguenti caratteristiche:

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63.5	Kg
Altezza di caduta libera	0.75	m
Peso sistema di battuta	0.6	Kg
Diametro punta conica	50.46	mm
Area di base punta	20cm <sup>2</sup>	
Lunghezza delle aste	1 m	
Peso aste a metro	6 Kg/m	
Profondità giunzione prima asta	0.80	m

Avanzamento punta	0.20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Coeff. Correlazione	1.493	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90°	

### 6. 2. Correlazione con $N_{spt}$

Poiché l'SPT, acronimo di "Standard "Penetration Test", è la prova geotecnica più significativa che si esegue nei fori di sondaggio nei terreni granulari per verificarne lo stato di addensamento e quindi ricavare i parametri geotecnici, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova penetrometrica dinamica con  $N_{spt}$ .

Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = 1,5 N_{dpsh}$$

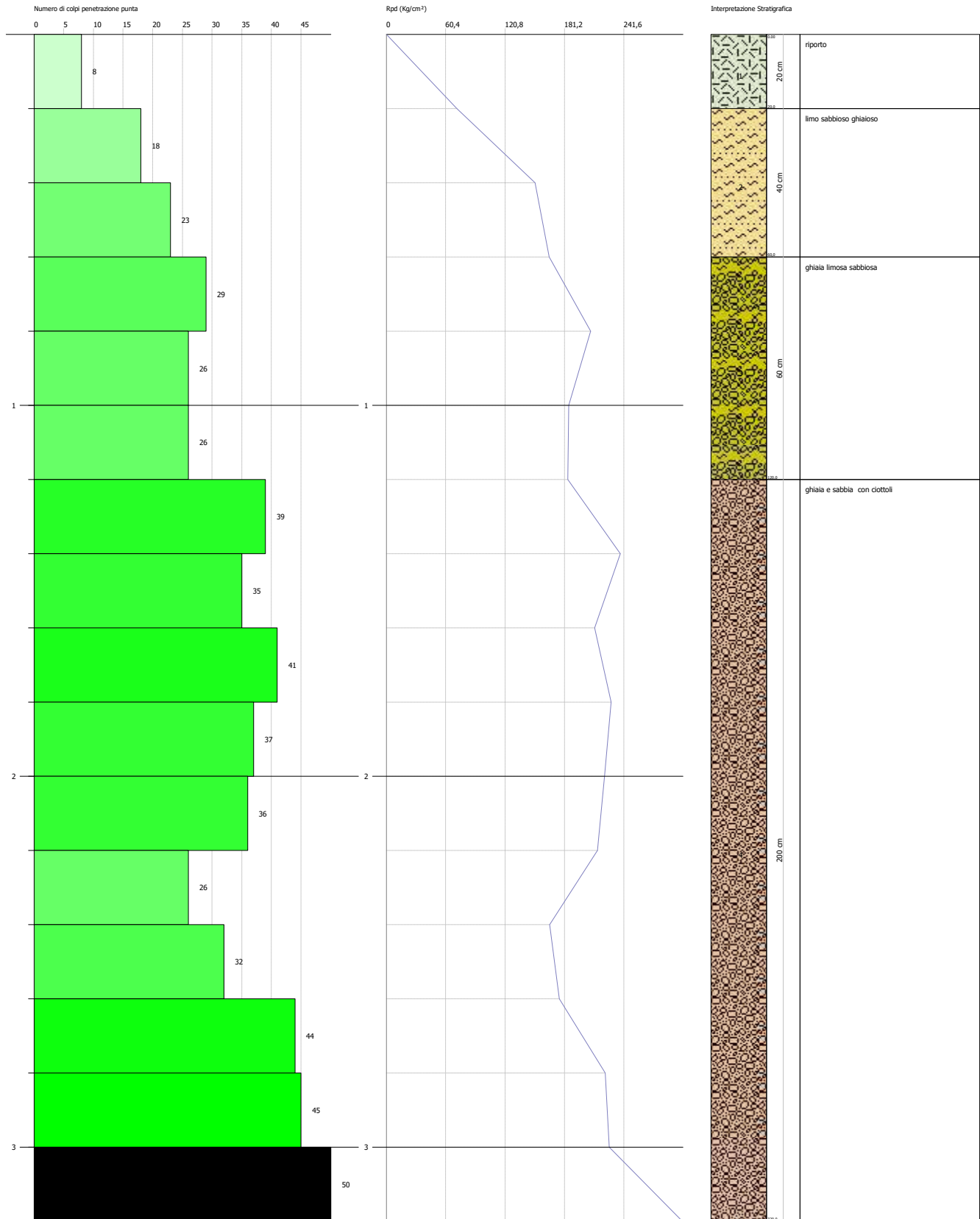
Nelle pagine seguenti sono riportati i grafici delle prove e una elaborazione indicativa sei parametri geotecnici attribuibili.

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente:  
 Cantiere:  
 Località:

Data: 29/03/2017

Scala 1:15

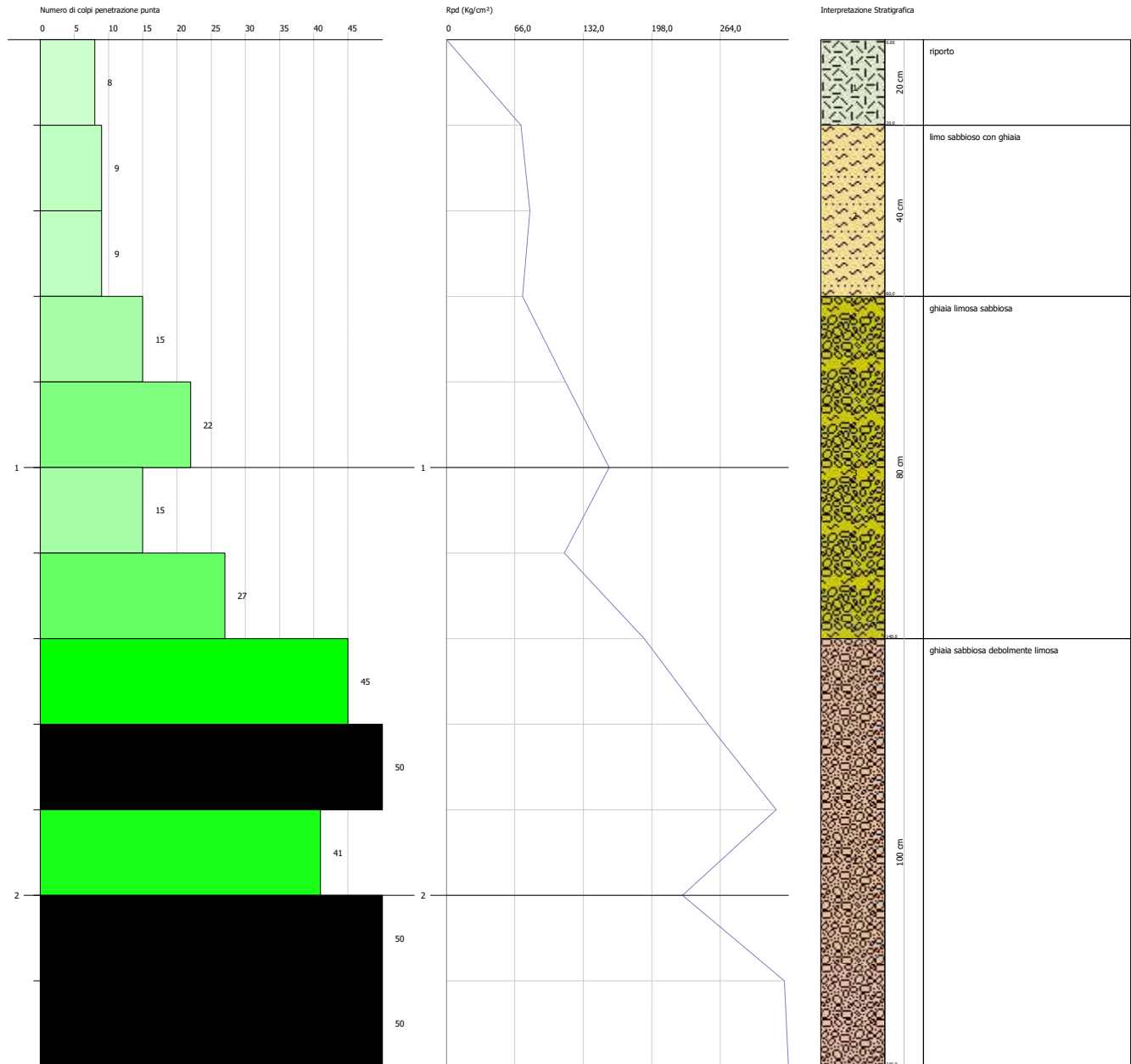


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI**

Committente:  
 Cantiere:  
 Località:

Data: 29/03/2017

Scala 1:15



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Cantiere: Località:	
----------------------------------------	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda non rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI  
 29/03/2017  
 3,20 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	8	0,855	71,84	84,06	3,59	4,20
0,40	18	0,801	151,45	189,13	7,57	9,46
0,60	23	0,747	165,69	221,80	8,28	11,09
0,80	29	0,743	207,88	279,66	10,39	13,98
1,00	26	0,740	185,48	250,73	9,27	12,54
1,20	26	0,736	184,60	250,73	9,23	12,54
1,40	39	0,633	238,02	376,09	11,90	18,80
1,60	35	0,680	211,94	311,88	10,60	15,59
1,80	41	0,626	228,82	365,34	11,44	18,27
2,00	37	0,673	221,95	329,70	11,10	16,49
2,20	36	0,670	214,97	320,79	10,75	16,04
2,40	26	0,717	166,15	231,68	8,31	11,58
2,60	32	0,664	176,03	265,01	8,80	13,25
2,80	44	0,611	222,80	364,39	11,14	18,22
3,00	45	0,609	226,84	372,68	11,34	18,63
3,20	60	0,606	301,12	496,90	15,06	24,85

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,2	8	84,06		0	0,0	0,0	0,0	1,46	11,68	riporto
0,6	20,5	205,46	Incoerente	0	1,7	2,06	0,03	1,46	29,93	limo sabbioso ghiaioso
1,2	27,5	265,19	Incoerente	0	1,88	2,17	0,12	1,46	40,15	ghiaia limosa sabbiosa
3,2	36,67	322,01	Incoerente	0	1,87	2,16	0,37	1,48	54,34	ghiaia e sabbia con ciottoli

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	68,38	100	100	63,44
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	74,03	100	100	72,49
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	76,2	100	100	84,21

### Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93	35,55	28,55	36,38	37,85	39,65	42	32-35	36,19	35,98	48,54	39,47
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15	38,47	31,47	39,24	35,51	41,49	42	35-38	39,54	39,05	50,76	43,34
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34	42,53	35,53	43,22	33,64	42,66	42	>38	43,55	43,3	52,48	47,97

### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93	390,50	239,44	353,87	404,48	224,65
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15	452,29	321,20	474,47	481,12	275,75
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34	526,18	434,72	641,91	587,55	346,70

**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93	179,58	88,94	212,50	171,49
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15	240,90	109,93	285,07	217,07
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34	326,04	139,08	385,81	280,36

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93	Meyerhof ed altri	1,70
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15	Meyerhof ed altri	1,78
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34	Meyerhof ed altri	1,88

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,06
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,11
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,17

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93	(A.G.I.)	0,3
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15	(A.G.I.)	0,27
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34	(A.G.I.)	0,24

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93	1586,55	997,27
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15	2091,11	1193,33
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34	2779,24	1435,71

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93	Ohta & Goto (1978) Limi	103,2
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15	Ohta & Goto (1978) Limi	126,98
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34	Ohta & Goto (1978) Limi	159

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93		---
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15		---
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - limo sabbioso ghiaioso	29,93	0,60	29,93		---
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	40,15	1,20	40,15		---
[4] - ghiaia e sabbia con ciottoli	54,34	3,20	54,34		---

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 29/03/2017  
 Profondità prova 2,40 mt  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	8	0,855	71,84	84,06	3,59	4,20
0,40	9	0,851	80,45	94,57	4,02	4,73
0,60	9	0,847	73,51	86,79	3,68	4,34
0,80	15	0,793	114,76	144,65	5,74	7,23
1,00	22	0,740	156,94	212,16	7,85	10,61
1,20	15	0,786	113,73	144,65	5,69	7,23
1,40	27	0,733	190,82	260,37	9,54	13,02
1,60	45	0,630	252,44	400,99	12,62	20,05
1,80	57	0,626	318,12	507,92	15,91	25,40
2,00	41	0,623	227,68	365,34	11,38	18,27
2,20	59	0,620	326,02	525,74	16,30	26,29
2,40	60	0,617	329,96	534,65	16,50	26,73

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,2	8	84,06		0	0,0	0,0	0,0	1,46	11,68	riporto
0,6	9	90,68	Incoerente	0	1,52	1,94	0,03	1,46	13,14	limo sabbioso con ghiaia
1,4	19,75	190,46	Incoerente	0	1,69	2,05	0,13	1,46	28,84	ghiaia limosa sabbiosa
2,4	52,4	466,93	Incoerente	0	1,96	2,22	0,29	1,47	77,13	ghiaia sabbiosa debolmente limosa

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	47,03	89,07	100	39,52
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	64,42	100	100	62,31
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	89,35	100	100	100

### Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owaski & Iwasaki
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14	30,75	23,75	31,68	36,76	34,82	40,47	30-32	29,04	30,94	41,37	31,21
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84	35,24	28,24	36,08	34,9	39,41	42	32-35	35,8	35,65	47,86	39,02
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13	49,04	42,04	49,6	34,7	41,15	42	>38	49,01	50,14	55,82	54,28

### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14	258,74	105,12	155,75	278,55	140,70
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84	383,33	230,72	341,01	396,30	219,20
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13	626,88	617,04	910,83	758,47	460,65

### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14	78,84	54,45	93,29	96,60
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84	173,04	86,70	204,76	166,63
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13	462,78	185,89	547,62	382,00

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14	Meyerhof ed altri	1,52
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84	Meyerhof ed altri	1,69
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13	Meyerhof ed altri	1,96

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,05
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,22

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14	(A.G.I.)	0,33
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84	(A.G.I.)	0,3
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13	(A.G.I.)	0,2

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14	731,80	603,08
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84	1532,18	974,92
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13	3862,81	1778,29

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14	Ohta & Goto (1978) Limi	89,5
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84	Ohta & Goto (1978) Limi	122,38
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13	Ohta & Goto (1978) Limi	164,21

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13	Seed e Idriss (1971)	--

**Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$** 

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14		---
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84		---
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13		---

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - limo sabbioso con ghiaia	13,14	0,60	13,14		---
[3] - ghiaia limosa sabbiosa	28,84	1,40	28,84		---
[4] - ghiaia sabbiosa debolmente limosa	77,13	2,40	77,13		---

## 7 PROSPEZIONI GEOFISICHE

### 7.1 MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) in onde di Rayleigh

La MASW è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh e Love, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato esse risultano dispersive, ovvero onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo. Il metodo MASW utilizzato si definisce, nel caso specifico, di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono state generate in un punto sulla superficie con l'ausilio di una fonte energizzante.

Per ovviare al problema della non-univocità della soluzione dei metodi geofisici applicati separatamente si è proceduto ad eseguire una misura di microtremore HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). Il ricorso combinato all'indagine MASW (in onde di Rayleigh) e a quella HVSR (analisi congiunta) ha consentito di vincolare in maniera univoca il modello di inversione del dato misurato.

Le caratteristiche, la geometria dello stendimento sismico e i parametri di acquisizione sono riassunti di seguito:

Sismografo	SoilSpy Rosina
N° di geofoni	9 (verticali [Z ])
Frequenza geofoni	4,5 Hz
Distanza fra geofoni (dx)	5 m
Minimo offset (mo)	5 m
Frequenza di campionamento	1024 Hz
Stendimento	lineare
Sorgente di energizzazione Verticale (V)	Mazza battente, 8 kg

Acquisiti i dati di campagna, il metodo MASW si compone di tre fasi successive:

1. la prima prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. la seconda consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica;
3. la terza ed ultima consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30m di profondità  $V_{s30}$  e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

Nell'indagine MASW si è tenuto conto della componente verticale (Z) delle onde di Rayleigh.

## 7.2 METODO HVSR

La metodologia adottata della misura a stazione singola del tremore sismico HVSR è una tecnica non invasiva, rapida e che non richiede fonti di energizzazione esterne (da cui tecnica passiva); essa conduce alla determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo utilizzando 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 rapporto fra le accelerazioni del moto sismico in corrispondenza del basamento rigido e della superficie rappresenta il fattore di amplificazione (A); la sua variazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione  $A(f)$  del deposito. Il moto sismico risulta amplificato a determinate frequenze che corrispondono alle frequenze naturali del deposito: di interesse è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito, denominata frequenza fondamentale di risonanza. Le frequenze di risonanza corrispondono, quindi, ai massimi della funzione che rappresenta i rapporti spettrali medi in funzione della frequenza (funzione  $H/V$ ). L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura.

Essendo il suolo assimilabile ad un corpo viscoelastico, è possibile, pertanto, misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto. La risposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione il rumore sismico di fondo, generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento, etc.), dall'attività dinamica terrestre e dall'attività antropica (microtremori). Il tremore sismico è costituito principalmente da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Le variazioni in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico subisce dalla sorgente alla superficie si definiscono "effetti di sito" e sono dovute, pertanto, a particolari condizioni geologiche e topografiche.

Se la frequenza fondamentale di risonanza del suolo coincide con quella dei manufatti, si produce un'amplificazione molto elevata delle onde sismiche e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo (fenomeno della doppia risonanza).

Per la determinazione delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo finalizzato all'interpretazione dei rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato (virtualmente illimitati) a strati piani e paralleli. Si costruisce, pertanto, un modello teorico HVSR avente tante discontinuità quante quelle evidenziate dalla curva della registrazione tomografica, a cui si adatterà una curva teorica, ottenendo gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde VS.

Lo spessore (h) di tali orizzonti è ricavabile grazie alla relazione semplificata che lega la frequenza di risonanza ( $f_r$ ) alla velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ):

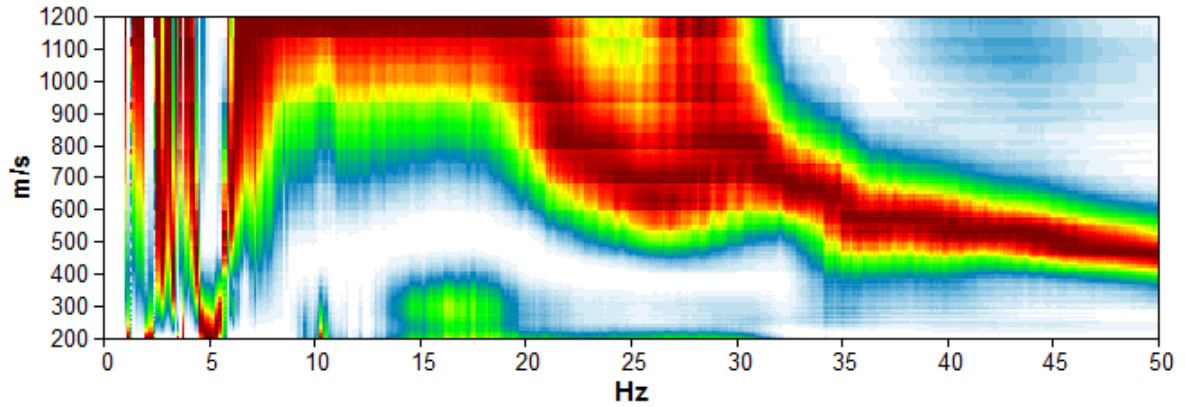
$$f_r = V_s / 4h \quad (1)$$

In mancanza della velocità delle  $V_s$  e in virtù dell'equazione (1), la tecnica HVSR deve essere quantomeno abbinata a metodi di prospezione di tipo geotecnico (penetrometrie, sondaggi meccanici) in grado di fornire un'adeguata descrizione stratigrafica del sottosuolo.

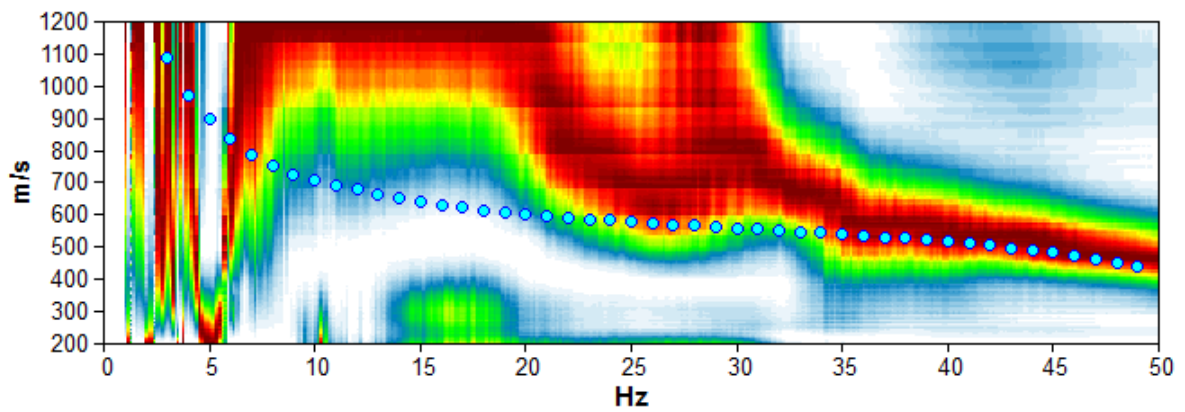
## 7.3 Analisi congiunta MASW 1 e HVSR 1

L'inversione e l'analisi dei dati sono state condotte considerando congiuntamente la dispersione delle onde di Rayleigh (componente Z) e il rapporto spettrale  $H/V$ . L'inversione congiunta rappresenta certamente l'unico modo sia per ridurre la non-unicità della soluzione che per giungere ad un'interpretazione affidabile e vincolata dei dati stessi.

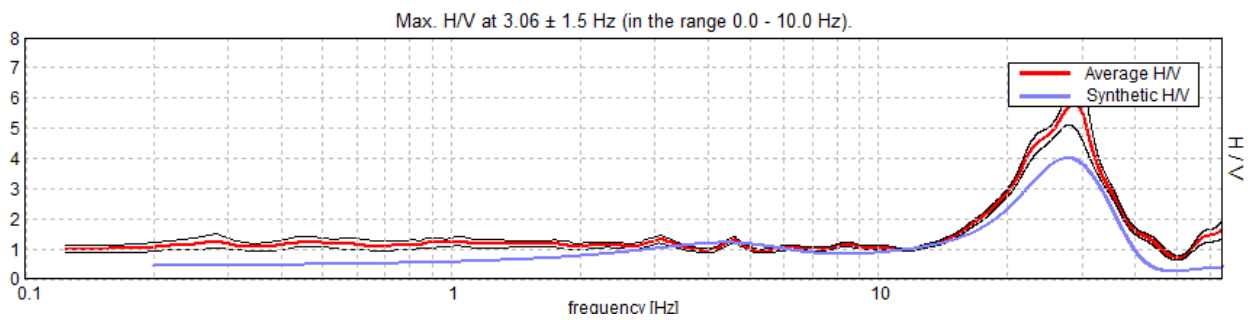
Di seguito si riportano gli spettri di velocità con la sovrapposizione delle curve di dispersione del modo fondamentale per le onde di Rayleigh (componente Z) e la curva sintetica HVSR modellata.



Spettro di velocità (onde di Rayleigh, componente Z)

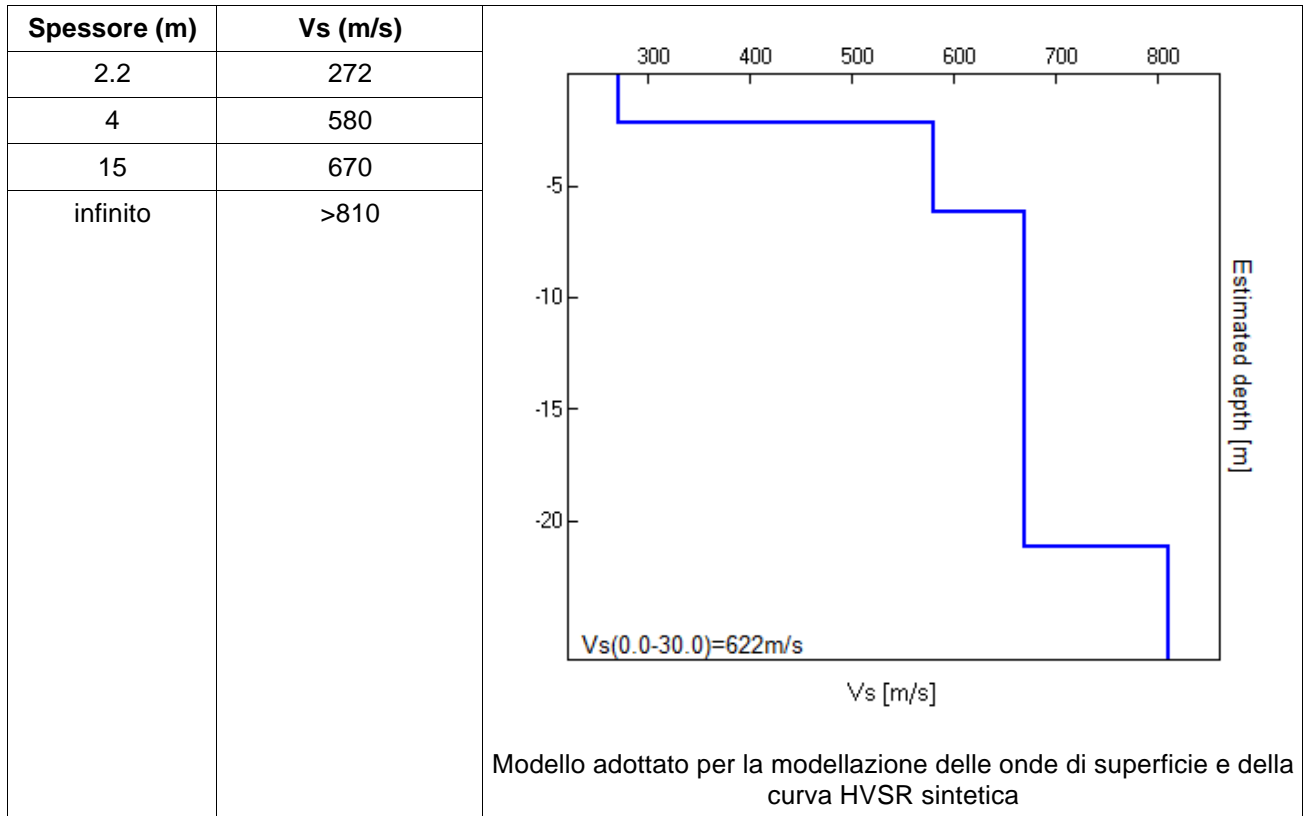


Curva di dispersione (onde di Rayleigh, componente Z)



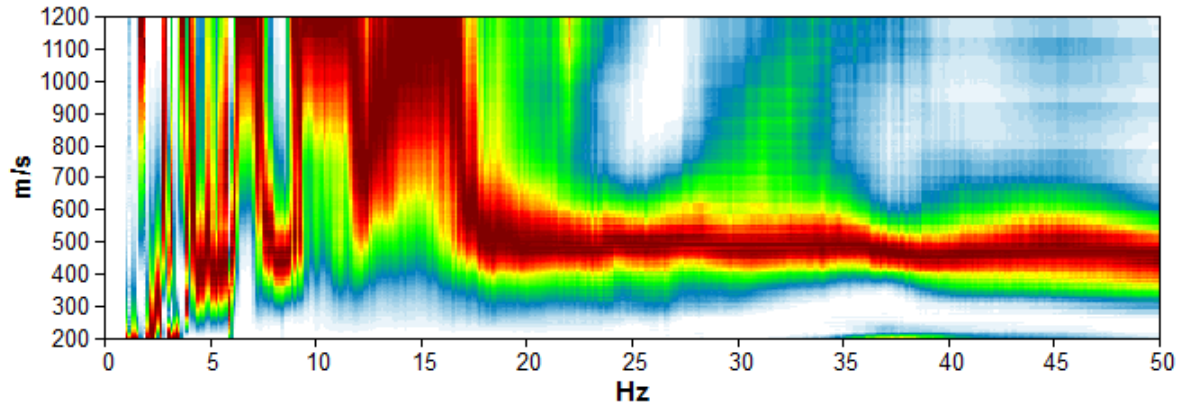
Curva sintetica HVSR modellata

**Il modello del sottosuolo individuato è il seguente:**

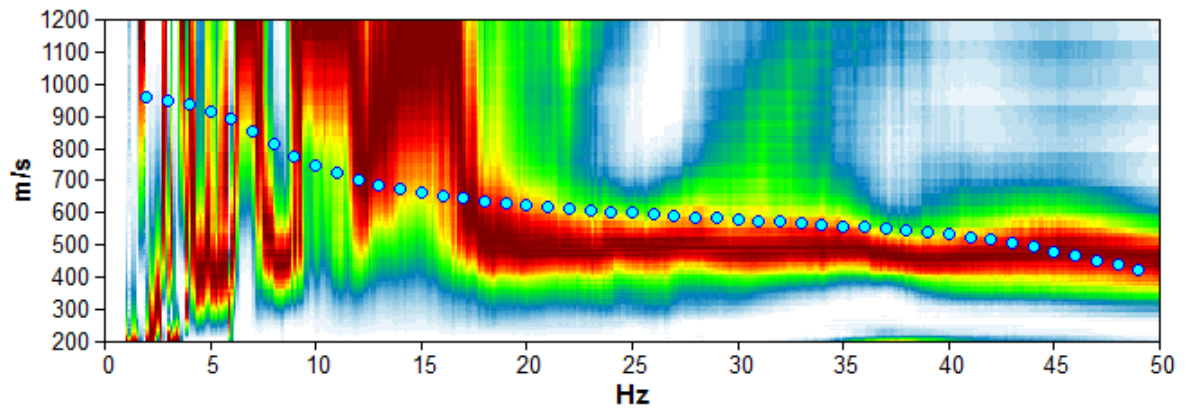


**La velocità equivalente delle onde di taglio Vs, riferita al piano campagna, è pari a circa 620 m/s che riconduce il tipo di suolo alla categoria B.**

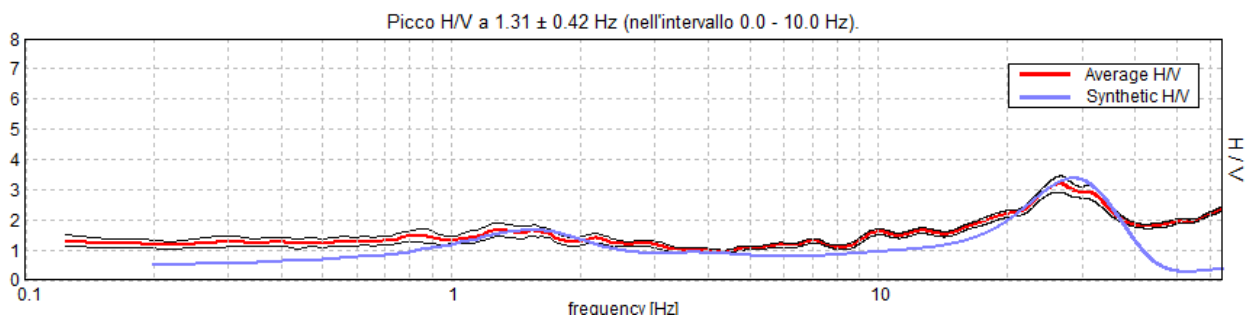
7.4 Analisi congiunta MASW 2 e HVSr 2



Spettro di velocità (onde di Rayleigh, componente Z)

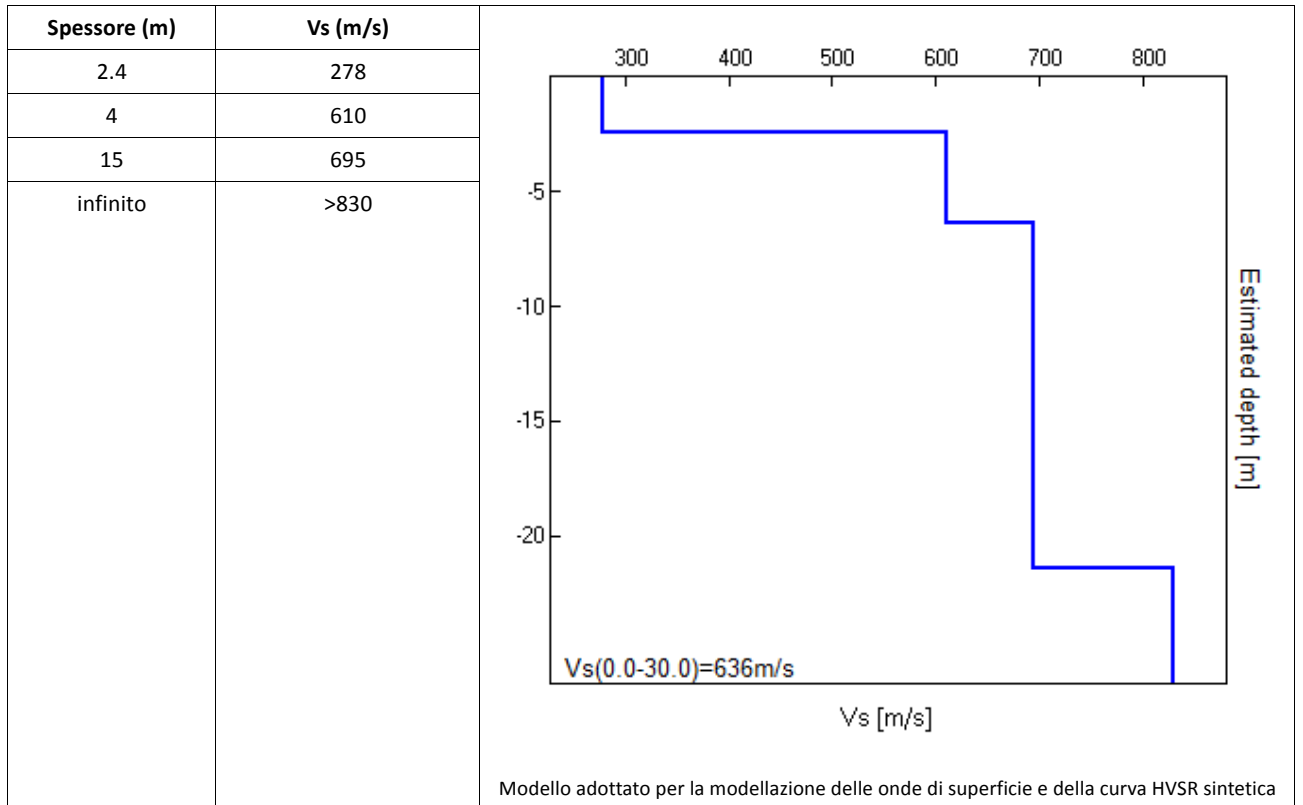


Curva di dispersione (onde di Rayleigh, componente Z)



Curva sintetica HVSr modellata

**Il modello del sottosuolo individuato è il seguente:**



**La velocità equivalente delle onde di taglio Vs, riferita al piano campagna, è pari a circa 635 m/s che riconduce il tipo di suolo alla categoria B.**

**8 - CONCLUSIONI**

La presente indagine ha comportato l'esecuzione di 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti e 2 prospezioni sismiche MASW-HVSR, ha evidenziato la presenza continua, sotto i riporti superficiali, di una formazione granulare ghiaiosa e sabbiosa con variabili ma non rilevanti apporti di frazione fine

Le caratteristiche geotecniche della formazione, per quanto interessata allo sviluppo del progetto sono state definite con l'esecuzione di prove SPT in foro e con le prove DPSH.

Profondità m	Nspt		Note
	S1	S2	
1,50	82	60	
3,00	37	R	
4,00	35R	32R	

Per quanto riguarda i rapporti tre  $N_{spt}$  e i più comuni parametri geotecnici, alleghiamo qui di seguito una tabella ricavata dalla corrente letteratura geotecnica che si riferisce alle miscele granulari:

Sabbie, miscugli di sabbie e ghiaie	Densità relativa	Standard Penetration Test, N SPT N	Angolo di attrito
sciolto	< 0,2	< 4	< 30°
poco addensato	0,2 4,0	4 10	30° - 35°
moderatamente addensato	0,4 0,6	10 30	35° - 40°
addensato	0,6 0,8	30 50	40° - 45°
molto addensato	> 0,8	> 50	> 45°

***Le sequenze emerse dalle prospezioni geofisiche hanno messo in luce valori medi di  $V_{s30}$  che permettono l'ascrizione della zona alla tipologia "B" definita dal D.M. 14/01/2008***



Udine, 31 marzo 2017

dr. Luigi Plateo