

REGIONE DEL VENETO
CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA
COMUNI DI CONCORDIA SAGITTARIA e PORTOGRUARO

**PROGETTO DI IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN LOCALITA' LEVADA
NEL COMUNE DI CONCORDIA SAGITTARIA (VE)**

Procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.152/2006 e ss.mm.ii.

*Procedura abilitativa semplificata e comunicazione per gli impianti alimentati da energia rinnovabile
Impianti FOTOVOLTAICI DI POTENZA INFERIORE A 20 MW Art. 6, d.lgs. 28 del 3.03.2011
(rif. modifica Legge 108 del 29.07.2021)*

GRUPPO DI PROGETTAZIONE



STUDIO DI INGEGNERIA

Dott. Ing. ANTONIO CAPELLINO

iscritto all'ordine degli Ingegneri di Cuneo al n° A647

Corso Armando Diaz, 23/1

12084 Mondovì - (CN)

☎ 0174/551247

✉ info@studiocapellino.it

✉ antonio.capellino@ingpec.eu

Dott. Arch. DANIELE BORGNA
Via G. Pascoli, 39/6 - 12084 Mondovì (CN)
☎ 339-3131477
✉ daniele.borgna@studiocapellino.it

Geom. ALBERTO BALSAMO
S.S. 28 Nord, 81 - 12084 Mondovì (CN)
☎ 347-4097196
✉ alberto.balsamo@studiocapellino.it

Dott. Ing. ALBERTO BONELLO
Strada di Pascomonti - 12084 Mondovì (CN)
☎ 328-4541205
✉ alberto.bonello@studiocapellino.it

Dott. Arch. IVANO GARELLI
Via Sacheri 191 - 12080 Pianfei (CN)
☎ 331-8459912
✉ ivano.garelli@studiocapellino.it



VEGA Parco Scientifico e Tecnologico

Via delle Industrie, 5 - Marghera (Venezia)

☎ 041 5093820 - 041 5093886

✉ info@eambientegroup.com

eambientegroup.com

Arch. Giulia Moraschi

iscritta all'ordine degli Architetti di Mantova n° 623/A

**RELAZIONE GEOLOGICA
E GEOTECNICA**

Identificatore nome file:

R06_GEOL_R00

RICHIEDENTE



EDISON Spa

Sede Legale:

Foro Buonaparte, 31 - 20121 Milano

Partita IVA 08263330014

☎ 02/6222.1

www.edison.it

PROGETTO DEFINITIVO

Ottobre 2021

LAVORO

COS 001/01

SCALA

Elaborato

R6



studio di geologia rigo perricone

**REGIONE VENETO
CITTÀ METROPOLITANA DI VENEZIA
COMUNE DI CONCORDIA SAGGITARIA**

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

**per il progetto di impianto fotovoltaico in località
Levada nel Comune di Concordia Sagittaria (VE)**

Richiedente: FIN.CI. s.n.c.

Cividale del Friuli, 21/07/2021

Dott. Davide Rigo



Firmato digitalmente da:
RIGO DAVIDE
Firmato il 21/07/2021 08:44
Seriale Certificato: 80591
Valido dal 19/01/2021 al 19/01/2024
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Dott. Luigi Perricone



Firmato digitalmente da:
PERRICONE LUIGI
Firmato il 21/07/2021 08:45
Seriale Certificato: 80682
Valido dal 19/01/2021 al 19/01/2024
InfoCamere Qualified Electronic Signature CA

Viale Libertà 28 corte 3 int. 8 - 33043 Cividale del Friuli (UD)
Cell: D.Rigo +393291398590 L.Perricone +393283015732
E-mail: studiorigoperricone@gmail.com web:www.studiogeologiarigoperricone.eu
P.IVA / C.F. 02559330309

Indice generale

1	PREMESSA SULL'OPERA.....	3
2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	3
3	VINCOLISTICA.....	3
	3.1 Descrizione del sito d'intervento.....	3
	3.2 Individuazione e/o definizione delle problematiche ambientali.....	3
	3.3 Analisi documenti e cartografia da Piani Urbanistici.....	3
	3.4 Pericolosità sismica.....	3
4	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-GEOMORFOLOGICO, STRUTTURALE GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	3
5	INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE.....	4
	5.1 Programma d'indagine in funzione degli obiettivi del progetto.....	4
6	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	4
	6.1 Assetto Idrogeologico locale.....	5
	6.2 Grado affidabilità modello proposto.....	5
7	MODELLAZIONE SISMO-STRATIGRAFICA E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO.....	5
	7.1 Analisi di risposta sismica locale.....	5
	7.1.1 Definizione dell'azione sismica di base.....	5
	7.1.2 Stima sperimentale delle frequenze di amplificazione del suolo.....	5
	7.1.3 Determinazione sperimentale del profilo di Vs.....	5
	7.2 Approccio semplificato.....	5
	7.2.1 Classificazione del sito in categorie semplificate come da Norme Tecniche sulle Costruzioni di riferimento.....	5
	7.3 Identificazione e descrizione di fattori di criticità e/o pericolosità indotti dall'azione sismica.....	5
	7.4 Analisi della suscettibilità a liquefazione.....	5
	7.4.1 Suscettibilità alla liquefazione.....	6
8	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SOTTOSUOLO.....	6
	8.1 Unità litotecniche di riferimento.....	6
9	ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA CON RIFERIMENTO AL PROGETTO E PRESCRIZIONI GEOLOGICHE DI INDIRIZZO.....	6
	9.1.1 Pericolosità geomorfologica.....	6
	9.1.2 Problematiche idrogeologiche.....	6
	9.1.3 Problematiche legate a subsidenza e/o fenomeni di cedimento.....	6
10	CONCLUSIONI.....	6

Allegati:

- documentazione relativa alla strumentazione impiegata nella prove penetrometriche
- risposta sismica del terreno, ai sensi del D.M. 17/01/2018
- modellazione sismica ai sensi del D.M. 17/01/2018
- corografia in scala 1:10000
- ubicazione delle indagini eseguite in scala 1:5000
- carta geolitologica in scala 1:10000
- carta della pericolosità idraulica in scala 1:25000
- calcolo della Magnitudo attesa per il sito con il metodo della disaggregazione
- verifica suscettibilità alla liquefazione
- mappa delle sorgenti sismogeniche e della sismicità storica
- serie storica della sismicità dell'area
- risposta sismica locale (indagine HVSR) ai sensi del D.M. 17/01/2018
- diagrammi penetrometrici CPTU

1 PREMESSA SULL'OPERA

In data 28/05/2021, è stata eseguita un'indagine geologica per il progetto di *impianto fotovoltaico in località Levada nel Comune di Concordia Sagittaria (VE)*.

Si tratta di un intervento in contesto pianiziale rurale, ad Ovest del centro di Concordia Sagittaria.

2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Sono state eseguite le indagini specifiche finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico ai sensi della vigente normativa (D.M. 11/3/88, D.R. n. 244 in data 9 marzo 2021 - BUR 38 del 16 marzo 2021, D.M. 17/1/2018), dello standard metodologico redatto dall'Ordine dei Geologi della Regione del Veneto, approvato con delibera n° 58 del 19/12/2019.

3 VINCOLISTICA

3.1 Descrizione del sito d'intervento

Si tratta di intervento localizzato in località Levada, a ovest del centro di Concordia Sagittaria, in area rurale.

3.2 Individuazione e/o definizione delle problematiche ambientali

Il sito non è soggetto, ai sensi del *Piano di Assetto del Territorio del Comune di Concordia Sagittaria, Tav. 1 - Carta dei vincoli e della pianificazione territoriale* ad alcun vincolo.

3.3 Analisi documenti e cartografia da Piani Urbanistici

Ai sensi del *Piano di Assetto del Territorio del Comune di Concordia Sagittaria, Tav. 4 - Carta della Trasformabilità* l'area di indagine ricade nell'*Ambito Territoriale Omogeneo (ATO) di Teson*, con destinazione a *prevalente destinazione produttiva e commerciale*.

3.4 Pericolosità sismica

Definizione della zona sismica di appartenenza: il Comune di Concordia Sagittaria, ai sensi della Delibera della Giunta Regionale n. 244 in data 9 marzo 2021 (BUR 38 del 16 marzo 2021) rientra nella ZONA 3.

4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-GEOMORFOLOGICO, STRUTTURALE GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

La porzione di territorio in esame appartiene fisiograficamente alla bassa pianura veneto-friulana che risulta modellata su una coltre di depositi terziari e quaternari di natura prevalentemente clastica con uno spessore complessivo di circa 400 m. La sedimentazione quaternaria è composta da una serie basale marina a cui si intervallano orizzonti continentali che diventano più frequenti verso l'alto della sequenza, molto spesso fra loro distinti da livelli torbosi di potenza anche metrica. Durante il periodo di glaciazione würmiana si assiste all'instaurarsi di un regime sedimentario prettamente continentale: le aree pianiziali fungono da bacino di deposizione dei principali corsi fluviali e fluvio-glaciali.

Ai sensi della *Carta delle Unità Geologiche della provincia di Venezia*, il sito rientra *Sistema alluvionale del Tagliamento, Unità di Torresella* (pleistocene sup.) che comprende i sedimenti del sistema del Tagliamento formati durante la fase cataglaciale del LGM, (ghiacciaio tilaventino in ritiro dall'anfiteatro morenico); tale unità è formata da sabbie, limi sabbiosi, sabbie ghiaiose, ghiaie sabbiose e limose che corrispondono a dossi fluviali, larghi 100-300 m, che si elevano di un paio di metri al massimo rispetto alla pianura circostante. I paleovalvei sono larghi 60-100 m, hanno una tipologia *wandering* e sono caratterizzati da depositi ghiaioso-sabbiosi con stratificazione incrociata tabulare, presenza di ciottoli di fango, strutture di erosione e riempimento e talvolta superfici di riattivazione. I canali sono fondi al massimo 3-4 m e sono riempiti totalmente da sabbie ghiaiose o ghiaie.

La medesima fonte, segnala la presenza di 2 *tracce di corso fluviale di risorgiva estinto* che interessano il lotto in studio.

Dal punto di vista idrografico l'area esaminata si trova ubicata in destra idrografica del Canale Paludetto, affluente di destra del Lemene.

La fonte bibliografica consultata (P.A.T. del Comune di Concordia Sagittaria) inquadra il sito:

- ai sensi della *Carta Geolitologica* nel contesto dei *materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente sabbiosa* a cui si intercalano lingue di *materiali alluvionali, fluvioglaciali, morenici o lacustri a tessitura prevalentemente limo-argillosa*;
- ai sensi della *Carta Idrogeologica* in area in cui la profondità della falda risulta compresa fra 0 e 2m dal p.c.;
- ai sensi della *Carta Geomorfologica* in area in cui si riconoscono *tracce di corsi fluviali estinti, a livello di pianura o leggermente incassati*;
- ai sensi della *Carta delle fragilità* nel contesto delle *Terreni idonei a condizione "A": aree a morfologia di dosso fluviale, in prevalenza sabbiose prossime a fiumi*.

Idrogeologicamente questo settore è contraddistinto da un'idrostruttura a più falde sovrapposte e in pressione, ubicate nei livelli più permeabili (sabbie), separate da lenti di materiali argillosi a bassa permeabilità; ai sensi dell'*Indagine sulla acque sotterranee del Portogruarese* (G.A.L. "Venezia Orientale" – Portogruaro VE, 2001) la principali falde sovrapposte sono 10, con profondità che arrivano ad oltre 580m dal p.c.

Prossima alla superficie topografica si può riconoscere la presenza di un livello o lama d'acqua, poco potente e discontinuo, definibile in modo più appropriato come pseudo-falda o adunamento freatico, costituito da un insieme di piccole falde superficiali in comunicazione idraulica tra loro e talora dotate di debole pressione. Questa riveste comunque un ruolo importante non tanto in termini idrogeologici, quanto in termini geotecnici, influenzando in modo rilevante la risposta meccanica dei terreni di fondazione. Coerentemente nel corso delle indagini geologiche svolte sono state osservate condizioni di saturazione a partire dalla profondità di 0,4 m dal p.c.

5 INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE

Sono state eseguite le indagini opportune finalizzate alla ricostruzione del modello geologico e geologico-tecnico.

5.1 Programma d'indagine in funzione degli obiettivi del progetto

Data la tipologia di intervento, e le condizioni logistiche (difficoltà di accesso al lotto), sono state eseguite 2 prove penetrometriche di tipo statico con piezocono (CPTU) fino alla quota massima di - 12,7 m circa dal piano campagna.

E' stata, inoltre, effettuata un'indagine tromografica, con Tromino ® Moho, per la verifica della frequenza caratteristica del sito e la valutazione della $V_{s,eq}$, ai sensi della vigente normativa sismica.

Tali indagini hanno permesso un inquadramento stratigrafico del lotto in esame, che risulta costituito da termini sabbioso limosi variamente argillosi.

Si vedano in allegato:

- le caratteristiche strumentali CPTU
- i diagrammi stratigrafici risultanti;

6 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Unità Litologiche in ordine stratigrafico:

1. **Unità Litologica L1:** limo argilloso fino alla profondità rilevata di circa 0,8 m dal p.c.- unità litotecnica **U1** nella modellazione geologico-tecnica;
2. **Unità Litologica L2:** sabbia limosa argillosa fino alla profondità massima rilevata di circa 3,9 m dal p.c.- unità litotecnica **U2** nella modellazione geologico-tecnica;
3. **Unità Litologica L3:** argilla limosa fino alla profondità massima rilevata di circa 9,3 m dal p.c - unità litotecnica **U3** nella modellazione geologico-tecnica;
4. **Unità Litologica L4:** sabbia limosa fino alla profondità rilevata di circa 8,3 m dal p.c - unità litotecnica **U4** nella modellazione geologico-tecnica;
5. **Unità Litologica L1:** limo argilloso, per la restante profondità di indagine.

6.1 Assetto Idrogeologico locale

Sono state rilevate condizioni di saturazione a partire dalla profondità di circa **-0,4 m dal p.c.**

6.2 Grado affidabilità modello proposto

Alla luce dei dati disponibili e dell'entità dell'intervento, questo modello si ritiene attendibile.

7 MODELLAZIONE SISMO-STRATIGRAFICA E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

Dato il modello geologico di riferimento proposto, si ritiene sia utilizzabile l'approccio semplificato, con identificazione della categoria di suolo.

7.1 Analisi di risposta sismica locale

7.1.1 Definizione dell'azione sismica di base

E' possibile assumere i seguenti parametri di pericolosità sismica, assimilando l'opera a costruzioni di **classe d'uso II**, per S.L.V. (per gli altri Stati Limite si veda in allegato):

coordinate (ED50): Latitudine 45,75423 Longitudine 12,807868

"Stato Limite"	Tr [anni]	A _g [g]	F _o [-]	T _c [s]	Ss:	Cc:	St:	Kh:	Kv:	β
Salvaguardia Vita	475	0,101	2,571	0,374	1,500	1,450	1,000	0,036	0,018	0,240

Il rilievo di campagna non ha evidenziato aree di dissesto geostatico reale o presunto nella zona di progetto o nelle sue vicinanze. Non si sono inoltre riscontrate evidenze morfologiche indicatrici di deformazioni neotettoniche; la bibliografia disponibile non segnala la presenza di faglie attive e sismogeniche nell'area in esame (si veda l'allegato "Mappa delle sorgenti sismogenetiche e della sismicità storica"). Per quanto attiene alla sismicità storica della zona, si riporta, in allegato ("Serie storica della sismicità"), l'elenco dei terremoti (con $3,92 < M_w < 7,41$) la cui area epicentrale ricade in un intorno significativo dal sito di progetto. Dai dati indicati si osserva che la suddetta area è contraddistinta da sismicità bassa.

7.1.2 Stima sperimentale delle frequenze di amplificazione del suolo

Assenti.

7.1.3 Determinazione sperimentale del profilo di Vs

Il modello di inversione ottenuto dall'indagine tomografica e vincolato alle prove geognostiche *in situ* ha fornito valori di $V_{s,eq}$ compresi fra 180 m/s e 360 m/s (si veda in allegato).

7.2 Approccio semplificato

7.2.1 Classificazione del sito in categorie semplificate come da Norme Tecniche sulle Costruzioni di riferimento

Il terreno può essere classificato in categoria "C", categoria topografica T1.

7.3 Identificazione e descrizione di fattori di criticità e/o pericolosità indotti dall'azione sismica

Assenti.

7.4 Analisi della suscettibilità a liquefazione

La stima della magnitudo momento attesa M_w , associata allo stato limite analizzato (SLV), viene effettuata attraverso il metodo della *disaggregazione della pericolosità sismica* che consente di calcolare il terremoto di scenario a partire dalla mappa di pericolosità sismica di base (esse1-gis.mi.ingv.it). La disaggregazione consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito: nella sua forma bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M.

Sulla base dei valori di disaggregazione si può stimare una magnitudo momento attesa per il sito di studio pari a $M_w=5.81$ e una distanza epicentrale $R=51,76$ km (deviazione standard pari a 1.71).

Si veda allegato.

7.4.1 Suscettibilità alla liquefazione

La verifica alla liquefazione dei suoli incoerenti, eseguita sulla base delle risultanze della prova penetrometrica statica con piezocono CPTU (elaborazione software *Cliq-3* con metodo di ROBERTSON 2009) non evidenzia elevate criticità (con $M_w=5,81$ e $A_{max}=0,15g$) risultando un $F_s < 1$ solo per alcuni strati di limitata potenza e separati da livelli non liquefacibili.

Si vedano i grafici in allegato.

8 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SOTTOSUOLO

8.1 Unità litotecniche di riferimento

Condizioni drenate

	profondità considerata dal p.c. [m]:		tipo di terreno:	Qc media [Kg/cm ²]:	peso per unità di volume [Kg/m ³]:	angolo attrito [gradi]:	Coesione efficace c' [Kg/cm ²]:	modulo di compressibilità: [Kg/cm ²]	coefficiente di permeabilità k: [m/s]
	CPTU1	CPTU2							
1	-	0,0-0,8	limo argilloso Unità Litologica U1	12	1780	-	0,12	46	$2 \cdot 10^{-9}$
2	0,0-3,9	0,8-2,7	sabbia limosa argillosa unità litotecnica U2	40-42	1810	27	-	62	$2,5 \cdot 10^{-5}$
3	3,9-9,3	2,7-6,5	argilla limosa unità litotecnica U3	12-13	1800	-	0,12	46	$2,6 \cdot 10^{-7}$
4	-	6,5-8,3	sabbia limosa unità litotecnica U4	73	1820	32	-	109	$2 \cdot 10^{-5}$
5	9,3-11,7	8,3-12,7	limo argilloso Unità Litologica U1	11-18	1780	-	0,1	46	$3,6 \cdot 10^{-7}$

9 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA CON RIFERIMENTO AL PROGETTO E PRESCRIZIONI GEOLOGICHE DI INDIRIZZO

9.1.1 Pericolosità geomorfologica

Assente.

9.1.2 Problematiche idrogeologiche

Si raccomanda di tenere conto della presenza di livelli saturi dalla profondità di -0,4 m dal p.c.

9.1.3 Problematiche legate a subsidenza e/o fenomeni di cedimento

Si osserva che localmente (CPTU 2) è stato rilevato un livello superficiale costituito da limo argilloso (U1) di mediocri caratteristiche meccaniche.

10 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono illustrati i risultati di un'indagine geologica condotta per il progetto di *impianto fotovoltaico in località Levada nel Comune di Concordia Sagittaria (VE)*.

L'indagine ha permesso di caratterizzare il suolo, che risulta costituito da termini sabbioso limosi variamente argillosi.

- Si raccomanda di tenere conto della presenza di livelli saturi dalla profondità di -0,4 m dal p.c;
- si osserva che localmente (CPTU 2) è stato rilevato un livello superficiale costituito da limo argilloso (U1) di mediocri caratteristiche meccaniche.

Premesso quanto sopra, si attesta la compatibilità geologica del progetto.

DOCUMENTAZIONE STRUMENTAZIONE IMPIEGATA NELLE PROVE PENETROMETRICHE

La strumentazione impiegata è un penetrometro statico e dinamico superpesante prodotto dalla ditta Pagani Geotechnical Equipment e soddisfa gli standard DPSH (*dynamic probing super heavy*) essendo costruiti in conformità delle norme tecniche dell'Eurocodice 7 (UNI ENV 1997-3:2002 o EN ISO 22476-2:2005). Di seguito si riportano le caratteristiche strumentali:

Penetrometro Pagani TG 63-100.

		DPSH
Maglio	Massa M (kg)	63,5 ± 0,5
Cono	Altezza di caduta H (mm)	750 ± 20
	Angolo di apertura (°)	90
	Area di base A (cm ²)	20
	Diametro della punta D (mm)	50,5 ± 0,3
	Diametro della punta usurato D (mm)	49
	Altezza cilindro di base cono (mm)	51 ± 2
	Altezza parte conica (mm)	25,3 ± 0,4
Aste	Massa massima (kg/m)	6
	Diametro esterno massimo (mm)	32
	Massima deviazione su 5 m	0,1
	Lunghezza aste (mm)	1000
Penetrazione	Penetrazione standard	20 (N ₁₀)
Lavoro specifico per colpo (kJ/m²)		238

		CPT
Max pressione operativa [bar]		245
Forza di infissione [kN]		100
Forza di estrazione [kN]		120
Velocità di infissione senza carico [cm/sec]		0 ÷ 13
Velocità di estrazione senza carico [cm/sec]		0 ÷ 10
Corsa [mm]		1250

		CPTU TGAS-07 (piezocono 10 cm ²)		
Sensore	Fondo scala	Risoluzione	Precisione	
QC (MPa)	0 - 100	24 bit	0,005	
FS (kPa)	1600	24 bit	0,040	
U2 (kPa)	2500	24 bit	0,040	
TILT (°)	20	12 bit	0,500	

Penetrometro Pagani DPM 30-20

		DPM 30-20
Maglio	Massa M (kg)	30
Cono	Altezza di caduta H (mm)	200
	Angolo di apertura (°)	60
	Area di base A (cm ²)	10
	Diametro della punta D (mm)	35,6
	Aste	Massa massima (kg/m)

	Diametro esterno massimo (mm)	20
	Lunghezza aste (mm)	1000
	Passo (cm)	10
Lavoro specifico per colpo (Kg/cm ²)		6

Le prove penetrometriche dinamiche DP rispondono ai requisiti delle "International Standard Procedures". In particolare la prova DPSH (superpesante) consente di normalizzare il valore di N20 per fornire affidabili correlazioni con i dati delle NSPT.

Le prove penetrometriche statiche CPT/CPTU (100 kN) consistono essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica/elettrica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante (2 cm/sec).

Nelle prove con la punta meccanica (CPT) *Begemann*, le grandezze Qc (resistenza di punta), FS (attrito laterale) e Qt (resistenza totale) vengono misurate per mezzo di una cella di carico e visualizzate sul display della scheda elettronica di acquisizione. Intervallo di misura 20 cm.

Nelle prove con *piezocono* (CPTU), le grandezze Qc (resistenza di punta), FS (attrito laterale) e U2 (pressioni neutre) vengono misurate dai relativi sensori e visualizzati sul display del sistema di acquisizione TGAS-07 e registrati automaticamente su scheda di memoria interna. Intervallo di misura 1 cm.

RISPOSTA SISMICA DEL TERRENO, AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018

Per la valutazione della risposta sismica del terreno, è necessario valutare la velocità equivalente delle onde di taglio e, laddove il substrato abbia profondità superiore a 30 m, la velocità $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$. In presenza di stratificazione, la velocità Vs equivalente risulta la sommatoria delle velocità nei vari strati di terreno, considerati ognuno con il proprio spessore:

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

con:

h_i spessore (in metri) dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di stratificato

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s

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

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR (legate allo stato limite progettualmente definito), nel periodo di riferimento VR ($VR = VN \times CU$ con VN vita nominale e CU coefficiente d'uso della struttura). Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Parametri sismici sito

Sito in esame. (coordinate espresse in ED50)

latitudine: 45,75423
 longitudine: 12,807868
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito	ID	Lat	Lon	Distanza
Sito 1	ID: 11423	Lat: 45,7328	Lon: 12,7745	Distanza: 3518,374
Sito 2	ID: 11424	Lat: 45,7332	Lon: 12,8460	Distanza: 3772,091
Sito 3	ID: 11202	Lat: 45,7832	Lon: 12,8455	Distanza: 4347,063
Sito 4	ID: 11201	Lat: 45,7828	Lon: 12,7740	Distanza: 4123,908

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
 Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,033 g
 Fo: 2,580
 Tc*: 0,221 [s]

Danno (SLD):
 Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,040 g
 Fo: 2,595
 Tc*: 0,263 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
 Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,101 g
 Fo: 2,571
 Tc*: 0,374 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
 Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,129 g
 Fo: 2,601
 Tc*: 0,401 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,730
 St: 1,000
 Kh: 0,010
 Kv: 0,005
 Amax: 0,484
 Beta: 0,200

SLD:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,630
 St: 1,000
 Kh: 0,012
 Kv: 0,006
 Amax: 0,590
 Beta: 0,200

SLV:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,450
 St: 1,000
 Kh: 0,036
 Kv: 0,018
 Amax: 1,482
 Beta: 0,240

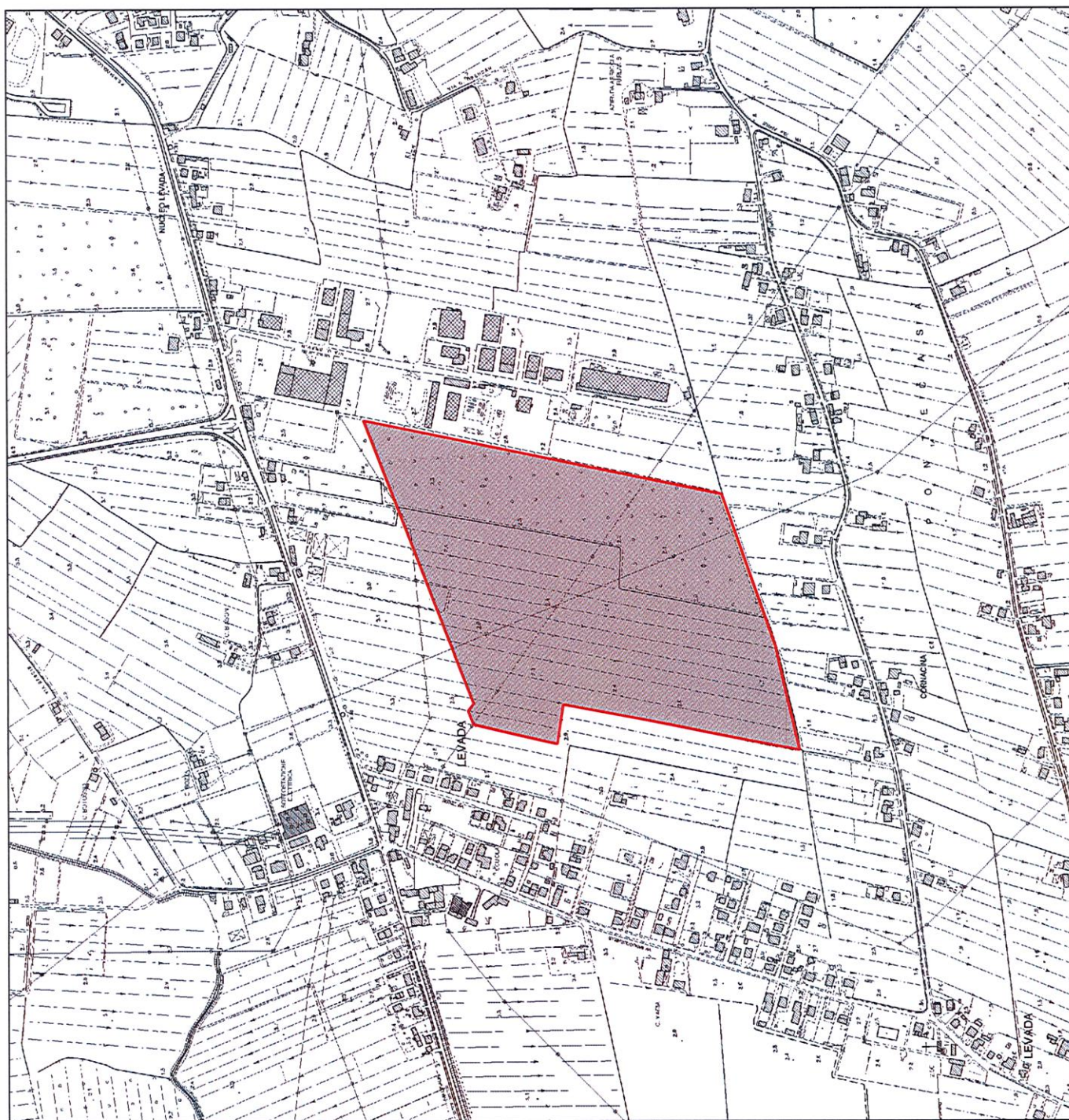
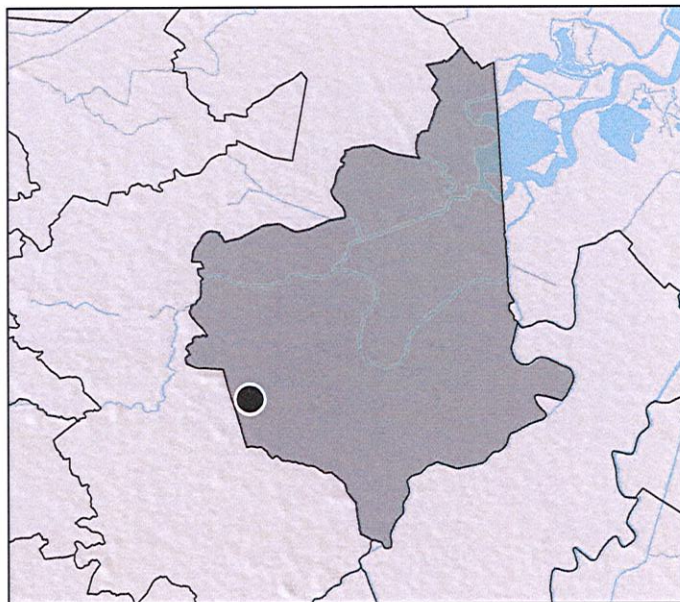
SLC:
 Ss: 1,500
 Cc: 1,420
 St: 1,000
 Kh: 0,046
 Kv: 0,023
 Amax: 1,892
 Beta: 0,240

COROGRAFIA DELL'AREA DI INDAGINE
(scala 1:10.000)



 Area di indagine

Quadro d'unione (scala 1:200.000)



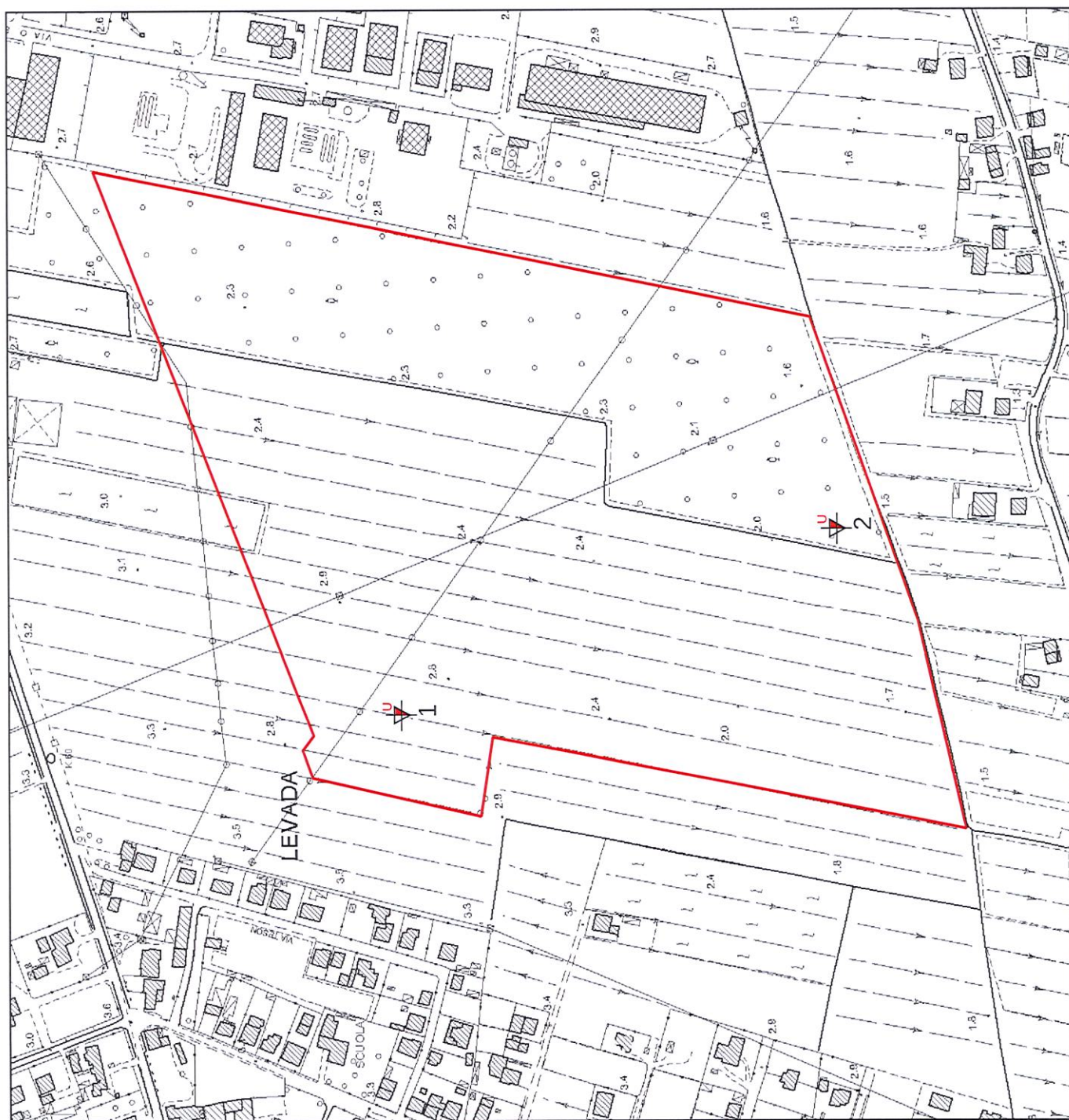
UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE
(scala 1:5.000)



 Area di indagine

Indagini eseguite

 CPTU - Prova penetrometrica statica con piezometro



CARTA GEOLITOLÓGICA

(scala 1:10.000)

(tratta da Tavola Geolitologica PAT)



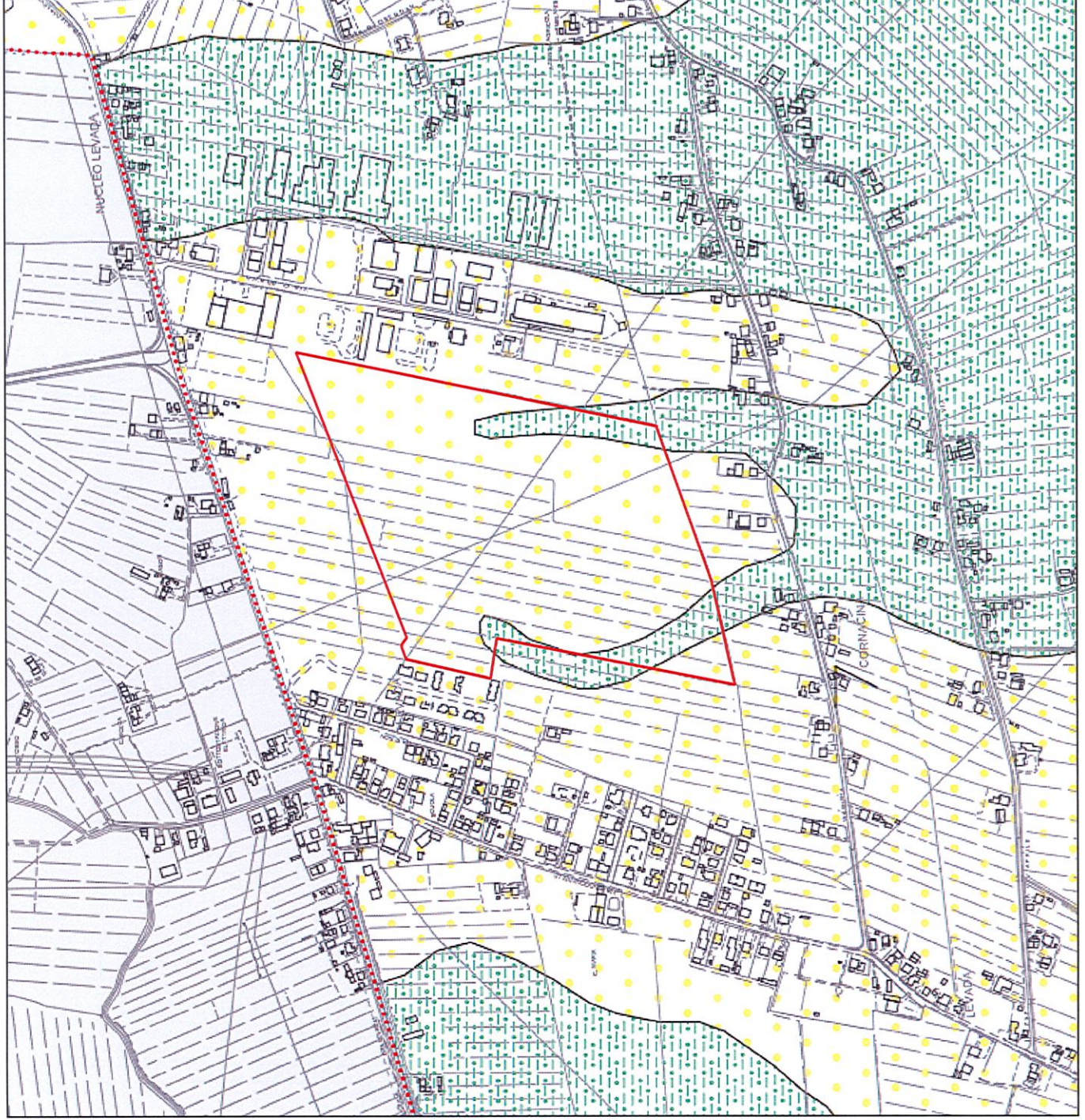
Area di indagine



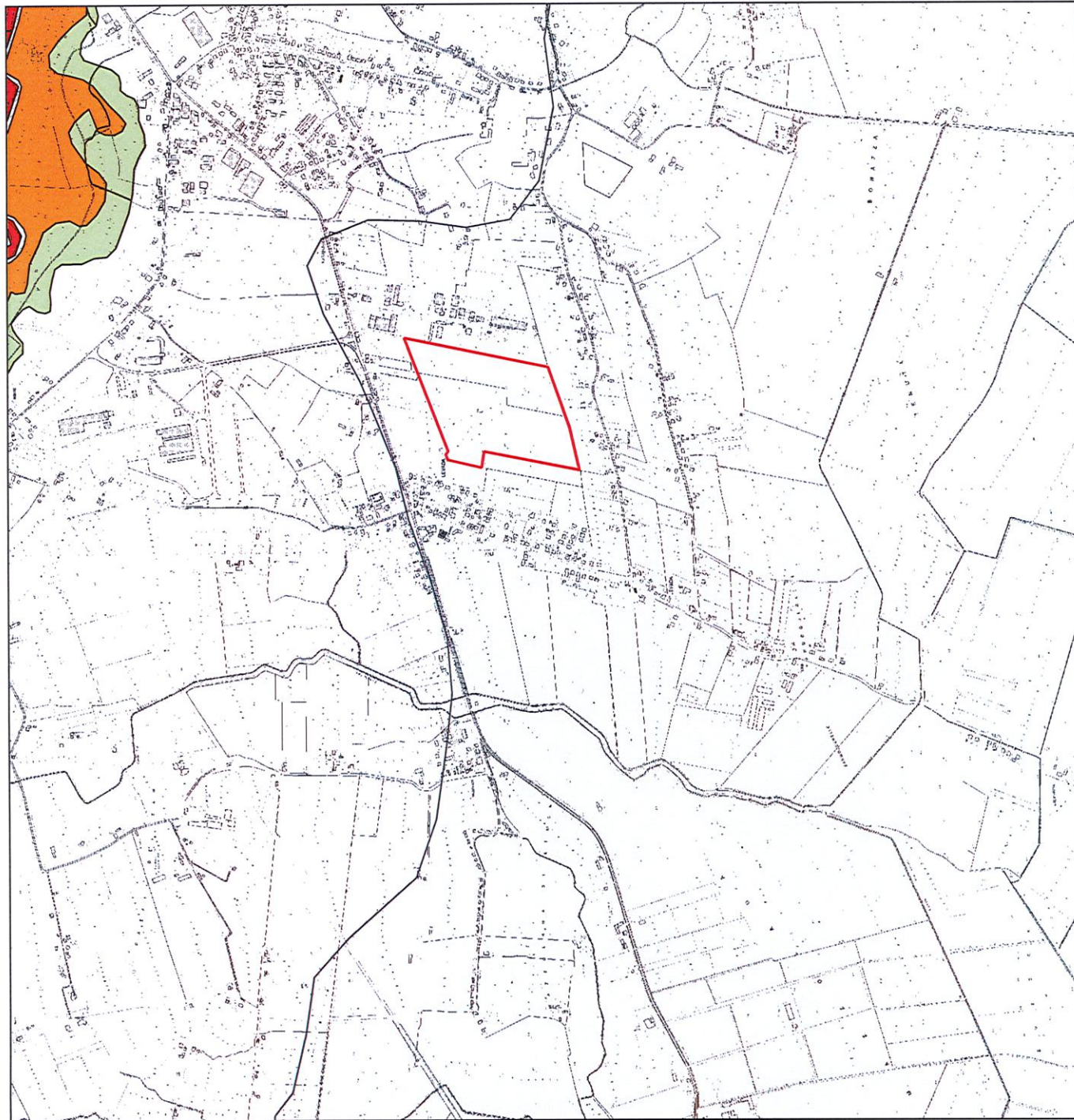
Materiali alluvionali, fluvio-glaciali, morenici o lacustri a tessuto prevalentemente limo-argilloso



Materiali alluvionali, fluvio-glaciali, morenici o lacustri a tessuto prevalentemente sabbioso



CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA
(scala 1:25.000)



Area di indagine

Pericolosità idraulica (PAI Lemene)

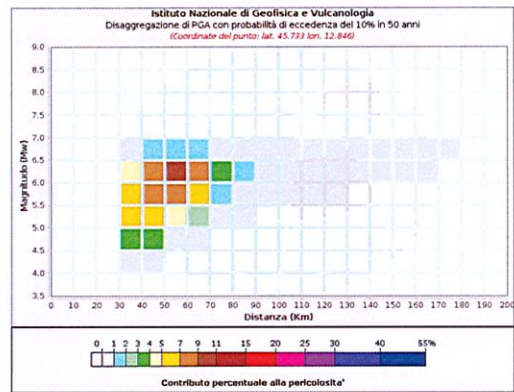
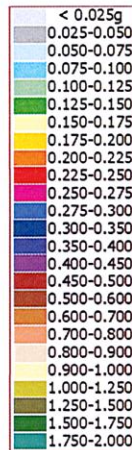
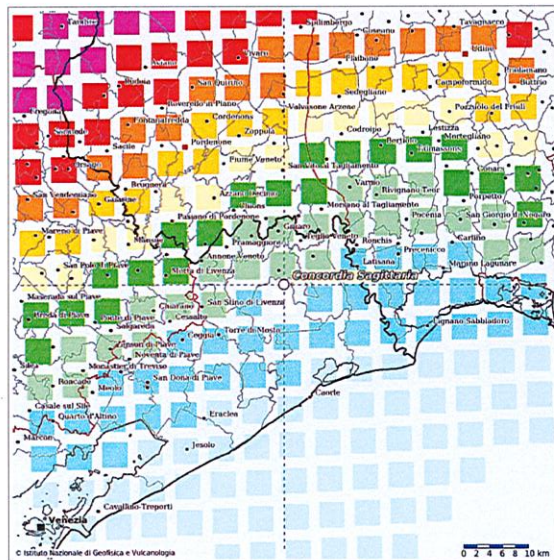
P1 - pericolo moderato

P2 - pericolo medio

P3 - pericolo elevato

Superficie allagata nelle alluvioni
degli ultimi 60 anni. PTRC 2020

Calcolo magnitudo attesa con il metodo della Disaggregazione



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 45.733 lon. 12.846)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.6790	3.4900	5.3100	5.8100	4.9700	0.8160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.1430	3.0000	6.6400	8.6800	8.5700	1.5300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.8500	4.9400	8.2700	9.5800	1.8600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0346	2.1200	5.1800	7.0000	1.4700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.4130	1.9800	3.1400	0.7020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0349	0.6100	1.2000	0.2850	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1170	0.3200	0.0806	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0132	0.0566	0.0144	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.0250	0.0070	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0167	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0095	0.0042	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0044	0.0028	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

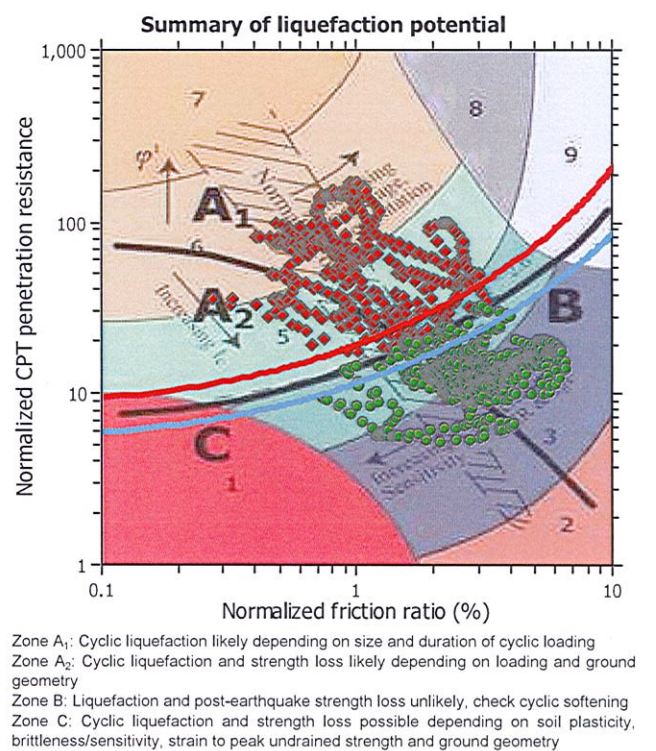
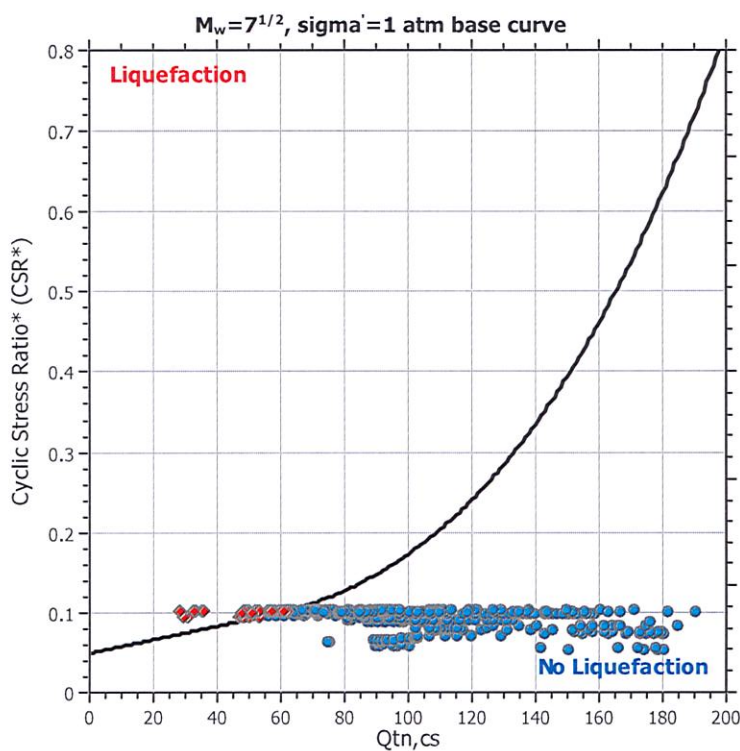
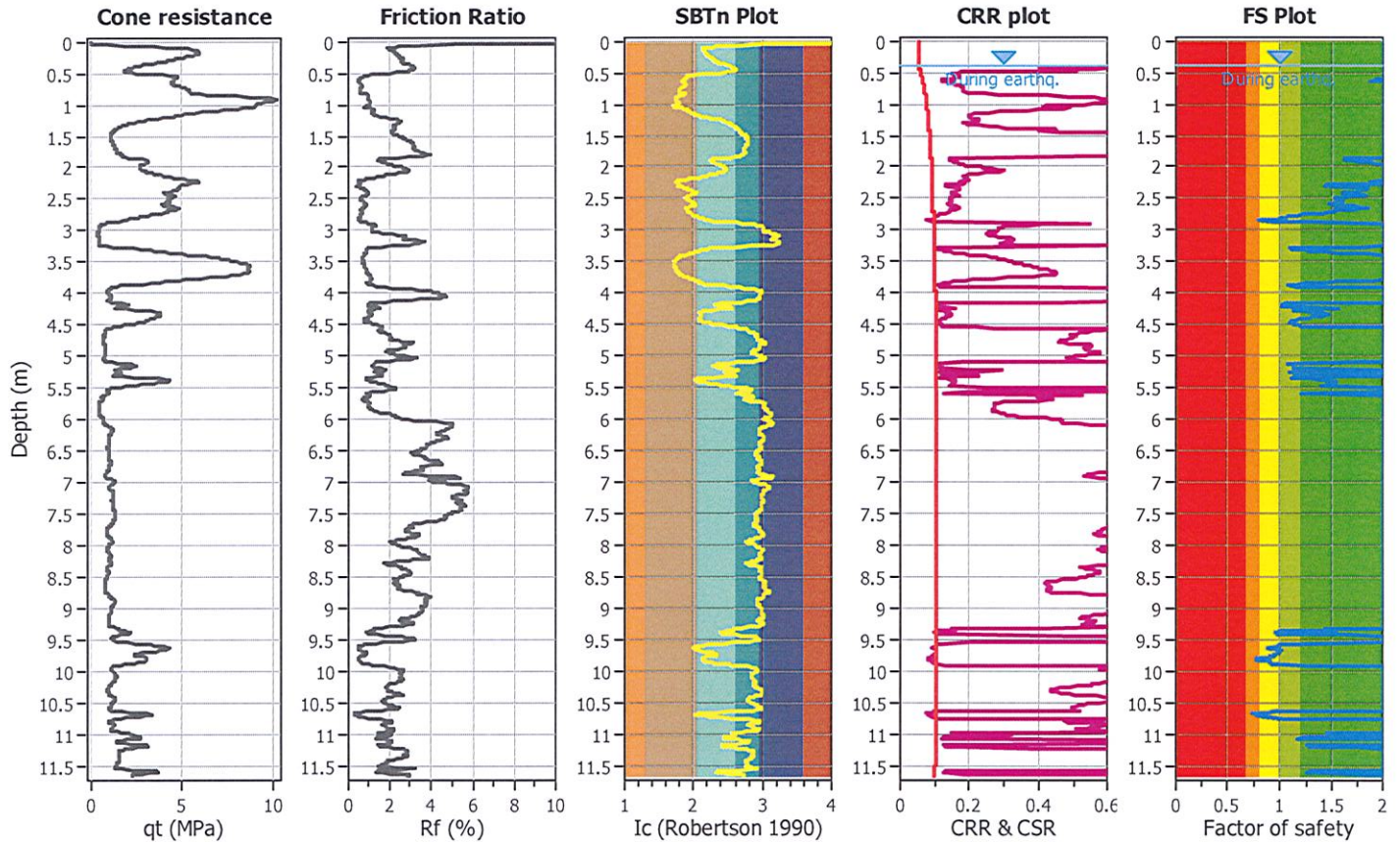
Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.81	51.7	1.71

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

CPT file : 1-Con

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	0.40 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	0.40 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	5.81	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.15	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes	MSF method:	Method based

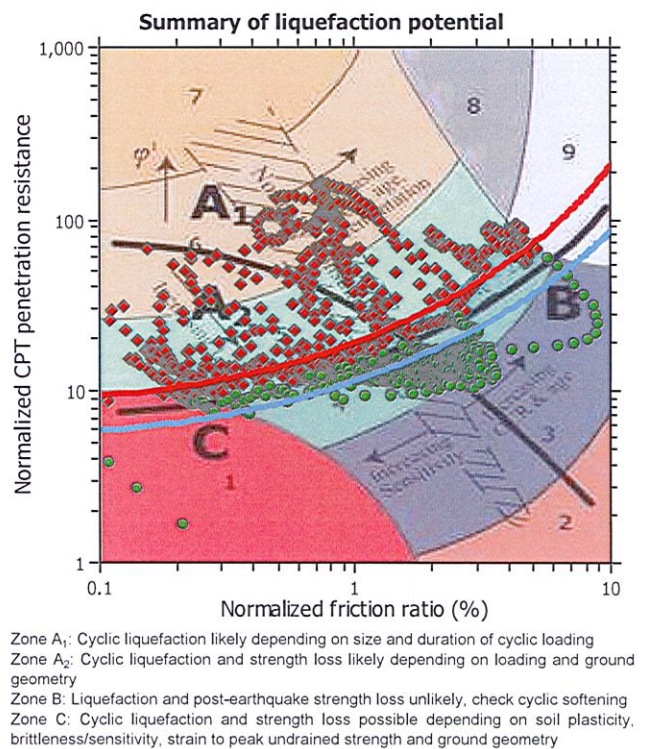
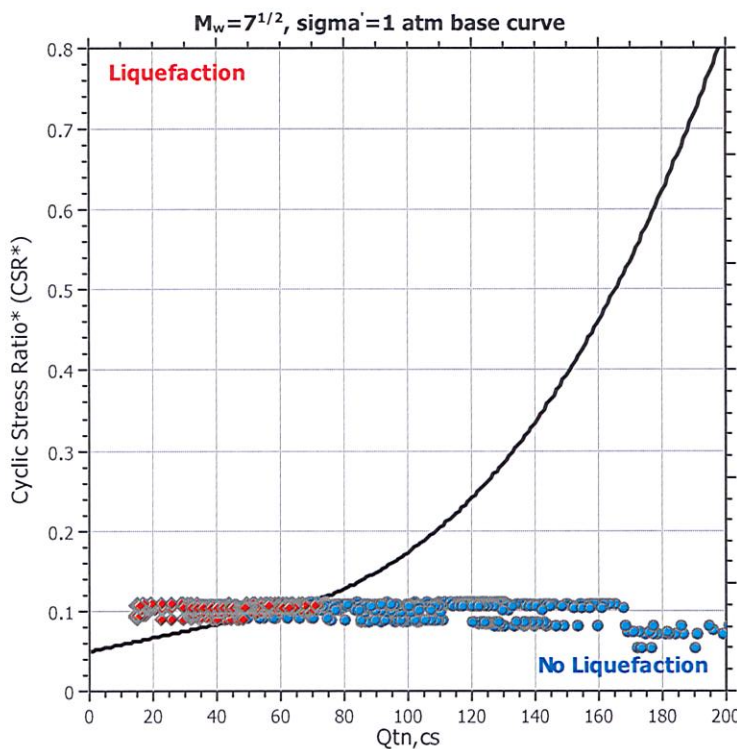
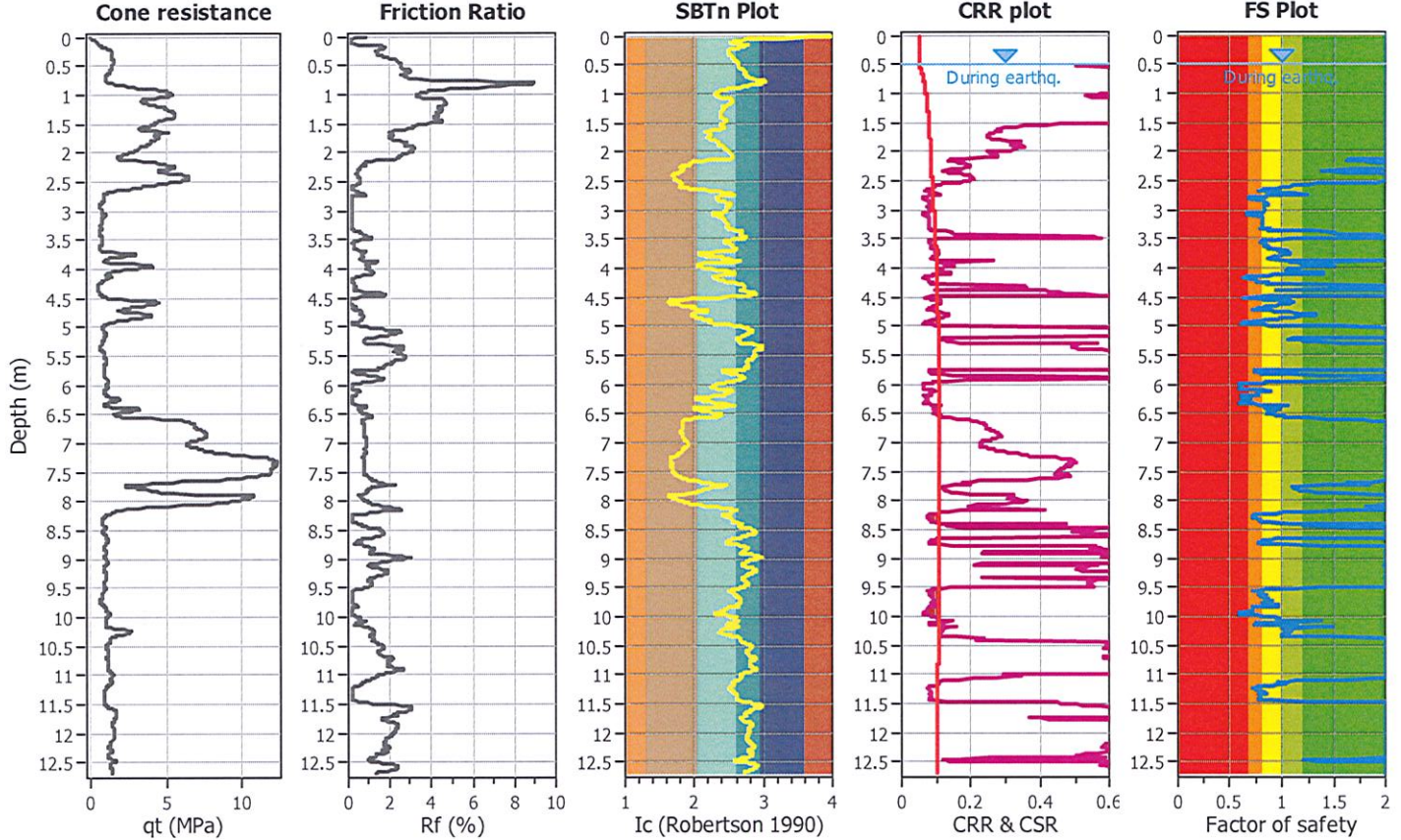


LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

CPT file : 2-Con

Input parameters and analysis data

Analysis method:	Robertson (2009)	G.W.T. (in-situ):	0.50 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson (2009)	G.W.T. (earthq.):	0.50 m	Fill height:	N/A	applied:	All soils
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	5.81	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.15	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_σ applied:	Yes	MSF method:	Method based

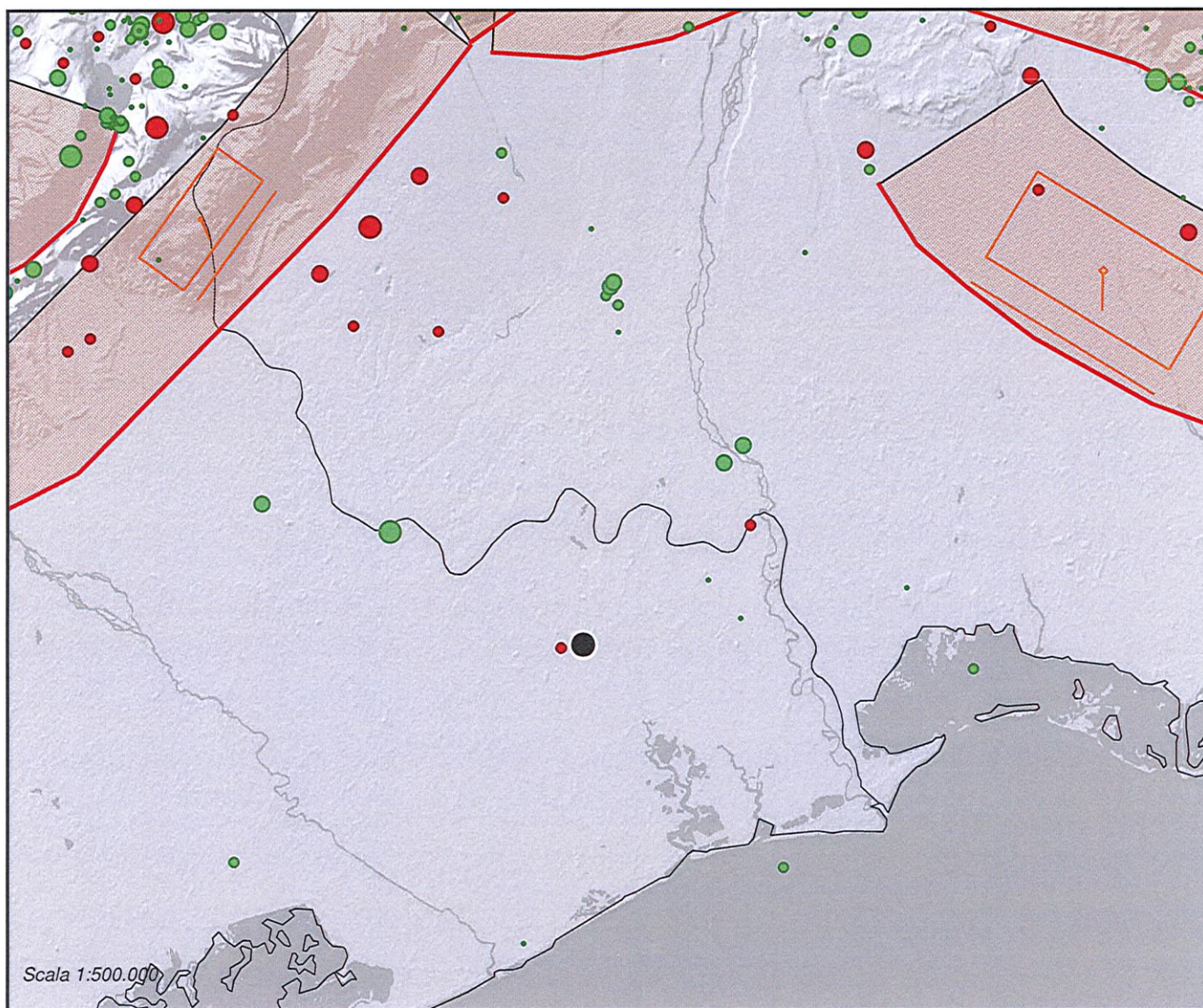


Zone A₁: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
 Zone A₂: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
 Zone B: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
 Zone C: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

MAPPA DELLE SORGENTI SISMOGENICHE E DELLA SISMICITÀ STORICA

dati tratti da "Database of Individual Seismogenic Sources" (DISS 3.2.1) e da "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" (CPTI15)
© INGV 2005-2018 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

e da Centro Ricerche Sismologiche - OGS Udine (periodo di riferimento 2001 - 2020)



● Area di indagine

Sismicità storica - CPTI15 (magnitudo momento)

- 2.4 - 3.3
- 3.3 - 4.3
- 4.3 - 5.3
- 5.3 - 6.3
- 6.3 - 7.3

Terremoti - Centro ricerche sismologiche

- 2.0 - 2.2
- 2.2 - 2.5
- 2.5 - 2.9
- 2.9 - 3.5
- 3.5 - 5.2

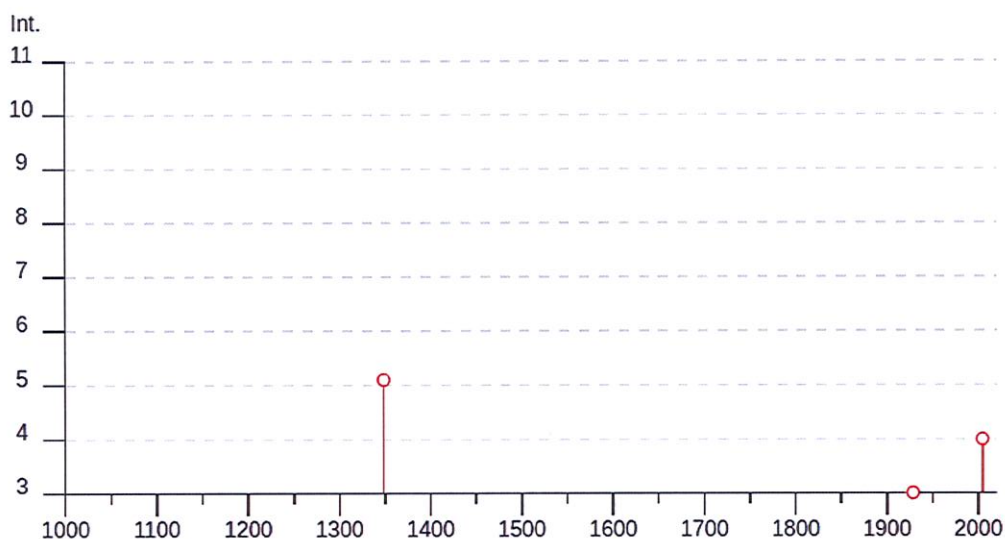
■ Piani inclinati delle sorgenti sismogeniche composite

□ Sorgente sismogenica individuale

— Traccia superficiale della sorgente sismogenica composta

Serie storica della sismicità del Comune di Concordia Sagittaria

PlaceID IT_27927
 Coordinates (lat, lon) 45.756, 12.846
 Municipality (ISTAT 2015) Concordia Sagittaria
 Province Venezia
 Region Veneto
 No. of reported earthquakes 5



Effects	Reported earthquakes							NMDP	Io	Mw
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area			
HF	1348	01	25				Alpi Giulie	89	9	6.63
NF	1897	06	11	12	45		Asolano	47	5-6	4.44
3	1928	03	27	08	32		Carnia	359	9	6.02
NF	1991	10	05	05	14	0	Prealpi Giulie	186	5-6	4.51
4	2004	07	12	13	04	06	Slovenia nord-occidentale	353		5.12

Tratto da CPTI15:

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
 doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>

RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'attuale normativa antisismica intende fornire una base quantitativa per la classificazione dei suoli in termini di effetti di sito. Il parametro chiave di questa base quantitativa è la velocità equivalente ($V_{s,eq}$) delle onde di taglio S; laddove il substrato abbia profondità superiore a 30 m, la velocità $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$.

La metodologia adottata della misura a stazione singola del tremore sismico, attraverso i rapporti spettrali, porta alla misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo: le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, permettono di stimare in maniera rapida sia la stratigrafia superficiale che il $V_{s,eq}$.

Essendo il suolo assimilabile ad un corpo viscoelastico, è possibile pertanto misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto. Queste frequenze vengono determinate dalle proprietà meccaniche e dalla morfologia attorno al punto di misura. La risposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione il rumore sismico di fondo.

Gli effetti di sito sono amplificazioni locali delle onde sismiche dovute a particolari condizioni geologiche e topografiche. Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella delle strutture, si produce un'amplificazione molto elevata delle onde sismiche e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo (fenomeno della *doppia risonanza*).

Metodologia adottata e strumentazione utilizzata

La metodologia HVSR, adottata nel presente lavoro, è una tecnica di tipo passivo dal momento che sfrutta il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento...), dall'attività dinamica terrestre e dall'attività antropica (microtremori).

Ad ogni frequenza di risonanza rilevata corrisponde una variazione apprezzabile dei parametri elastici del sottosuolo e quindi ciò permette di discriminare, in un sistema stratificato, la presenza dei diversi orizzonti. Lo spessore (h) di tali orizzonti è poi ricavabile grazie alla relazione semplificata che lega la frequenza di risonanza (fr) alla velocità delle onde di taglio (Vs):

$$fr = Vs/4h \quad (1)$$

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

Nel presente lavoro è stata effettuata una misura di microtremore e come stratigrafia di ancoraggio, si è utilizzata quella ottenuta dalla prova penetrometrica statica con pizocono CPTU 2 eseguita nel sito.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale modello "Tromino" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ad alta risoluzione adatti a misurazioni di rumore ambientale. Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici, ortogonali tra loro, con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico.

Durante la fase di processing in studio, i dati vengono convertiti in file ASCII mediante il software "Grilla", fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

- il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo di 20 minuti;

In fase operativa si sono eseguite le seguenti operazioni:

- la registrazione è stata suddivisa in finestre temporali di 20 secondi ciascuna;
- per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
- per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale;
- vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti;
- si costruisce poi un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita;
- si adatta la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde di taglio S.

Risultati dei rilievi tromografici

HVSR 1

Frequenza fondamentale di risonanza di sito: non rilevata

La curva HVSR non evidenzia alcuna frequenza caratteristica di risonanza del sito (fig. 1). Non sono presenti, nell'intervallo di frequenze ingegneristiche, picchi che verifichino le condizioni di "chiarezza" della curva secondo le LINEE GUIDA SESAME (si veda più avanti).

Si nota una leggera inversione di velocità cui segue una sostanziale omogeneità del sottosuolo in termini sismici con una costante crescita delle velocità di propagazione delle onde di taglio.

Si escludono criticità in termini di amplificazioni sismiche locali.

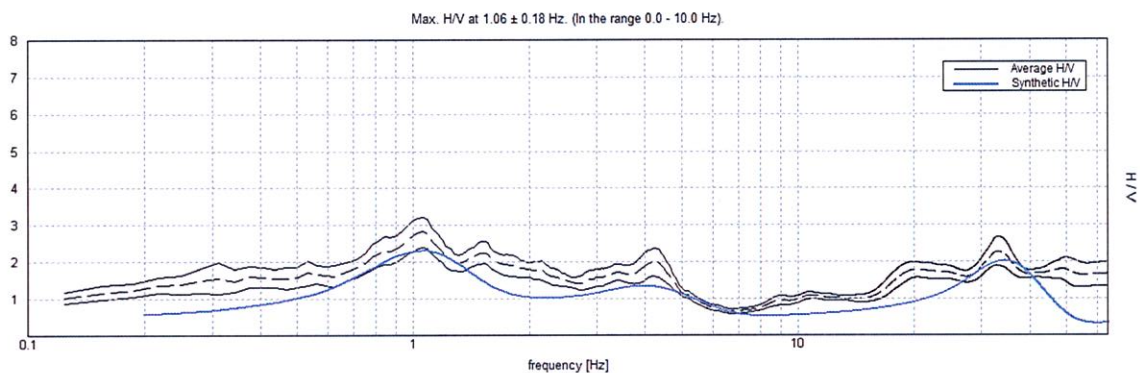


Fig. 1 Rapporto spettrale H/V misurato. Con la linea tratteggiata l'H/V medio, l'intervallo di confidenza al 95%, con linea più spessa la curva sintetica

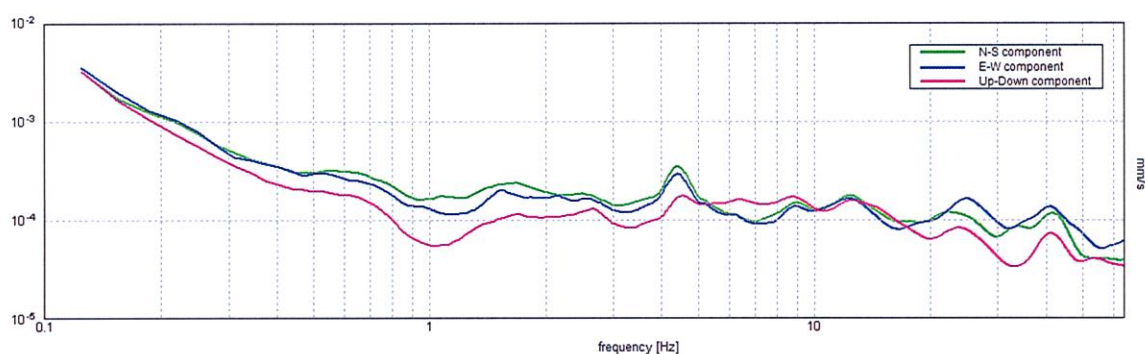


Fig. 2 Analisi spettrale delle tre componenti del moto

Il modello di inversione consente di definire la seguente sismostratigrafia in termini di onde di taglio (fig. 3):

sismostrato	Vs (m/s)	Spessori (m)
1	110	0.8
2	210	1.9
3	180	3
4	240	8
5	360	20
6	>410	Inf.
V _{seq} = 269 m/s (relativo alla quota prova CPTU 2)		

La velocità equivalente delle onde di taglio **Vs**, calcolata a partire dalla quota di inizio della prova CPTU 2, è pari a circa **270 m/s**, che riconduce il tipo di suolo nella categoria **C**.

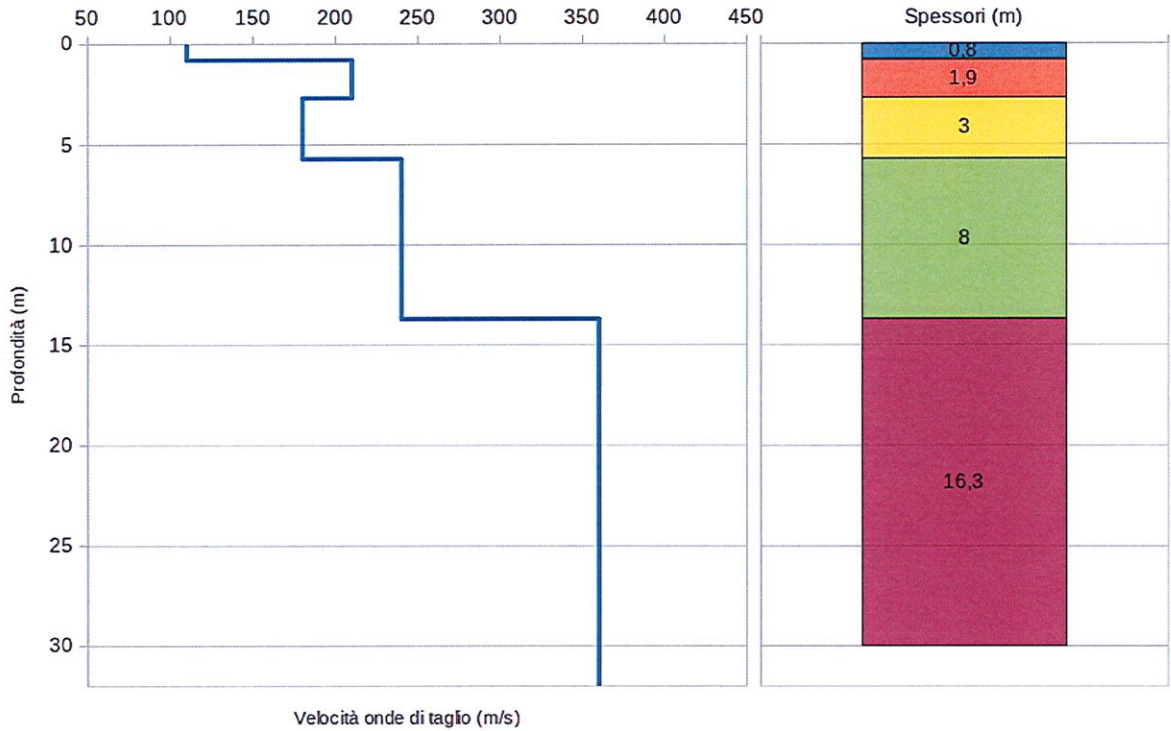


Fig. 3 Modello delle onde di taglio

Verifica di attendibilità del dato acquisito secondo le LINEE GUIDA SESAME (2005)

Criteri basilari per la definizione dell'affidabilità della curva HVSR e il loro esito positivo è condizione necessaria per estrarre qualsiasi informazione o interpretazione del dato			
$f_0 > 10 / L_w$	1.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	531.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 52	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$			
Chiarezza del picco			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	0.25 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.81 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.16865 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.17919 < 0.10625		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4019 < 1.78	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{HV}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{HV}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log HV}(f)$	standard deviation of $\log A_{HV}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

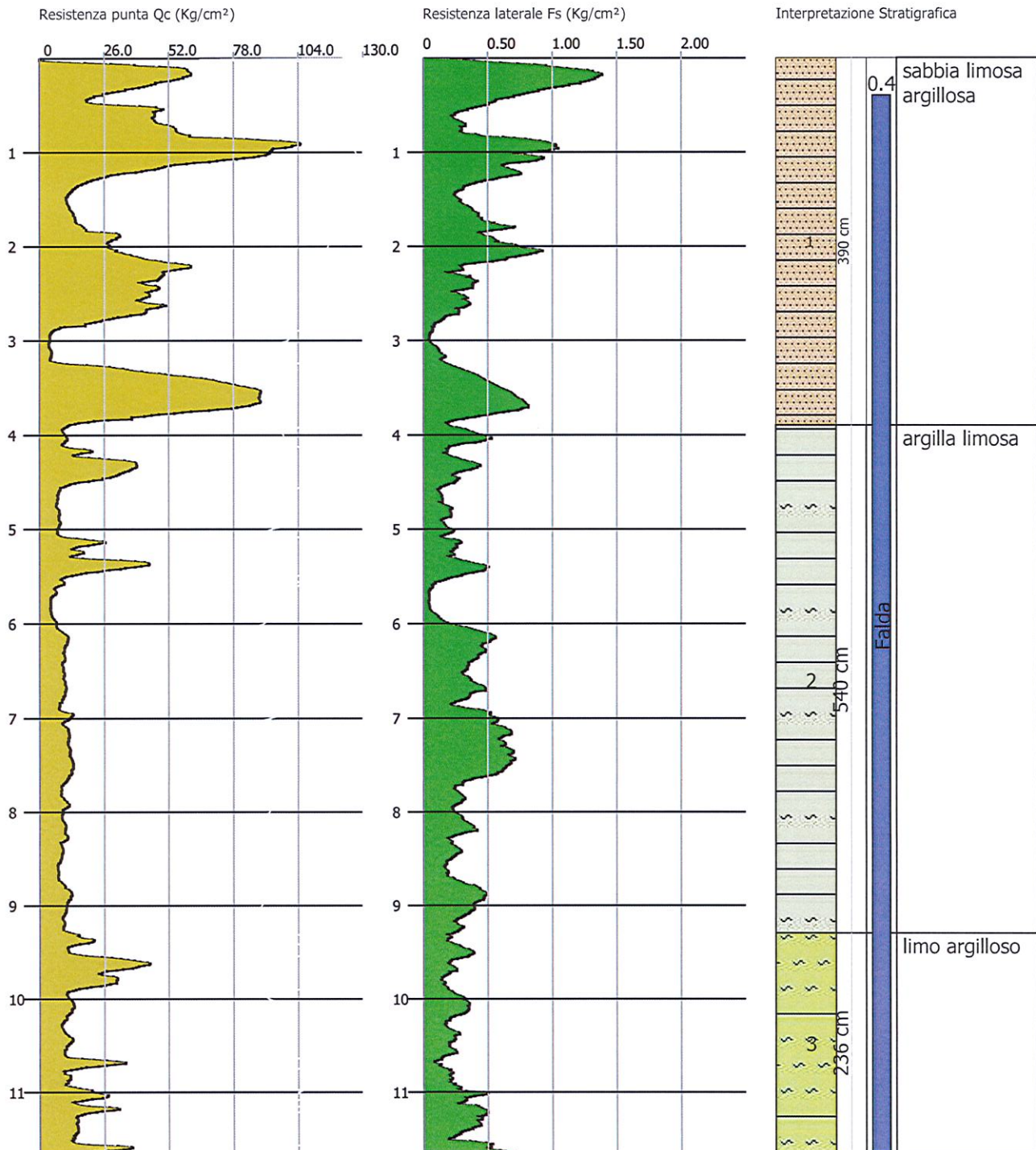
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Probe CPTU - Piezocone Nr.1
Strumento utilizzato PAGANI 200 kN (CPTU)

Committente:
Cantiere:
Località:

Studio Capellino
realizzazione impianto fotovoltaico
Levada, Concordia Saggitaria (VE)

Data: 28/05/2021



Probe CPTU - Piezocone Nr.2
 Strumento utilizzato PAGANI 200 kN (CPTU)

Committente: Studio Capellino
 Cantiere: realizzazione impianto fotovoltaico
 Località: Levada, Concordia Saggitaria (VE)

Data: 28/05/2021

