

PROVINCIA DI PARMA

COMUNI DI TRAVERSETOLO E MONTECHIARUGOLO

3162_6252_PA_PAUR_INT3_R05.1_Rev0_Relazione geotecnica di approfondimento

Studio geologico e sismico di fattibilità propedeutico agli interventi per la realizzazione di un nuovo impianto agrivoltaico avanzato "Parma" da prevedersi nei comuni di Traversetolo (PR) e Montechiarugolo (PR)

[Area censita al N.C.T. del Comune di Traversetolo Foglio 2 Mappali 5, 45, 61, 64, 82, 87, 95, 96, 97, 150, 284 e 287]

[Area censita al N.C.T. del Comune di Montechiarugolo Foglio 43 Mappali 5, 7, 8 e 28]

Committente:

Green Frogs Parma S.r.l.

Via Fratelli Cairoli, 2

25122 Brescia (BS)

Analisi geologica e geotecnica:

MaC Studio Tecnico e Geologico

CO WORKING

Dott. Geol. Geom. Luca Calzolari - Geologo

Via Cotti, 13 - 43035 Felino (PR)

E-mail info@studiomac.it

PEC luca.calzolari@pec.epap.it

Maggio, 2026



Dott. Geol. Luca Calzolari

SOMMARIO:

1. PREMESSA	4
2. UBICAZIONE OPERA IN PROGETTO.....	5
PARTE I – STUDIO GEOLOGICO	8
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO	9
4. IDROGEOLOGIA	12
5. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE.....	15
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE (Prove penetrometriche D.P.S.H. – Allegato 1)	17
7. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI.....	19
Modello geomeccanico e litostratimetrico	19
8. TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA (ERT)	22
PARTE II – STUDIO SISMICO	26
9. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	26
Zonizzazione sismogenetica.....	26
Sismicità del territorio	27
Classificazione sismica comunale	30
10. AZIONE SISMICA	32
Premessa.....	32
Parametri di riferimento rigido orizzontale	32
Risposta sismica locale – EFFETTO DI SITO –	35
Parametri di classificazione e determinazione delle categorie di sottosuolo.....	35
Condizioni topografiche.....	36
INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA “MASW”	37
Caratteristiche generali dell'indagine.....	37
Strumentazione impiegata	37
MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR - HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (IPOTESI DI NAKAMURA) SUL TERRENO	39
Cenni metodologici	39
Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione.....	40
Elaborazione ed analisi dei dati.....	40
Analisi dei dati HVSR 1	41
Analisi dei dati HVSR 2	42
Analisi dei dati HVSR 3	44
11. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO – COMUNE DI TRAVERSETOLO E COMUNE DI MONTECHIARUGOLO.....	47
12. DETERMINAZIONE PRELIMINARE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	48
13. CONCLUSIONI	50
Studio geologico.....	50
Studio sismico	51

Tavole ed Allegati

TAVOLA I	Stralcio Carta Topografica Regionale	1:25.000 (modificata)
TAVOLA II	Stralcio Carta Tecnica Regionale	1:5.000 (modificata)
TAVOLA III	Stralcio planimetrico Catastale	1:2.000 (modificata)
TAVOLA IV	Stralcio Carta Geologica d'Italia	1:100.000 (modificata)
TAVOLA IV bis	Stralcio Carta Geologica Regione Emilia Romagna	1:10.000 (modificata)
TAVOLA V	Stralcio RUE del Comune di Traversetolo	1:10.000 (modificata)
TAVOLA VI	Stralcio PSC del Comune di Traversetolo – Carta dei Vincoli Idrogeologici	1:10.000 (modificata)
TAVOLA VII	Stralcio PSC del Comune di Traversetolo – Sistema dei vincoli e delle tutele	1:10.000 (modificata)
TAVOLA VIII	Stralcio PSC del Comune di Traversetolo – Ambiti e trasformazioni territoriali	1:10.000 (modificata)
TAVOLA IX	Stralcio RUE del Comune di Montechiarugolo	1:5.000 (modificata)
TAVOLA X	Stralcio PUG del Comune di Montechiarugolo – Carta disciplina degli interventi	1:5.000 (modificata)
TAVOLA XI	Stralcio PUG del Comune di Montechiarugolo – Carta tavola dei vincoli paesaggistici	1:11.500 (modificata)
TAVOLA XII	Stralcio Piano Infraregionale Attività Estrattive	1:100.000 (modificata)
TAVOLA XIII	Stralcio Carta del Piano di Gestione del Rischio alluvioni – Tavola della pericolosità	
TAVOLA XIII bis	Stralcio Carta del Piano di Gestione del Rischio alluvioni - Tavola del Rischio	
TAVOLA XIV	Stralcio Carta microzonazione sismica carta delle indagini - Traversetolo	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XV	Stralcio Carta microzonazione sismica carta delle indagini - Montechiarugolo	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVI	Stralcio Carta delle frequenze naturali del terreno - Traversetolo	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVII	Stralcio Carta Geologico tecnica – Traversetolo	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVIII	Stralcio Carta Geologico tecnica - Montechiarugolo	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIX	Stralcio Carta delle MOPS - Traversetolo	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XX	Stralcio Carta delle MOPS - Montechiarugolo	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XXI	Stralcio Carta delle Velocità delle onde di taglio S - Traversetolo	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XXII	Stralcio Carta microzonazione sismica livello 3 FA-PGA	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XXIII	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-IS 0.1-0.5s	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XXIV	Stralcio Carta microzonazione sismica FA-IS 0.5-1.0s	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XXV	Ripresa aerofotogrammetrica	
TAVOLA XXVI	Pericolosità sismica locale	
Allegato 1	Prove penetrometriche statiche (CPT) e dinamiche (DPSH)	
Allegato 2	Documentazione fotografica	
Allegato 3	Report Grilla	
Allegato 4	Tomografie elettriche verticali (ERT)	

1. PREMESSA

Su incarico della Ditta Green Frogs S.r.l., a seguito della richiesta di integrazioni da parte del Comune di Traversetolo *“Rispetto alle indagini geognostiche si evince dallo specifico elaborato che le stesse sono state eseguite solo in prossimità della strada, vista l'estensione dell'area e degli interventi previsti, si ritiene necessario integrare la stessa con ulteriori indagini diffuse”*, è stata effettuata un'indagine geologico-tecnica atta a connotare le condizioni “geologiche” zonali nonché le condizioni stratimeccaniche e di rischio sismico di interesse, propedeutico agli interventi per la realizzazione di un nuovo impianto agrivoltaico avanzato denominato “Parma” da prevedersi nei comuni di Traversetolo (PR) e Montechiarugolo (PR).

Normativa di riferimento:

- D.M. LL.PP. 11/03/88 – “Norme Tecniche riguardanti le indagini...” G.U. Rep. Ita. N° 127 del 1/06/88;
- Circ LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988 "Istruzione per l'applicazione del D.M. 11-03-1988";
- D.M. LL.PP. 16/01/96 – “Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche” G.U. Rep. Ita. N° 29 del 5/02/96;
- L.R. Regione Emilia Romagna n°20/2000 e successive modifiche ed integrazioni;
- D.P.C.M. n° 3274 del 20/02/03 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica ...” G.U. Rep. Ita. N° 252 del 29/10/03;
- Linee Guida AGI, 2005 (ed. provv.) – “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica” del marzo 2005;
- Del. di Giunta Regionale n. 1677/2005;
- Ass. Lgs. Regione Emilia-Romagna – Oggetto 2131 – Approvazione atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 “Disciplina ...” in merito a “Indirizzi per gli studi ... territoriale ed urbanistica” (Proposta della giunta regionale in data 10 gennaio 2007, n°1)
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale – Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, recante “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circ 21 gennaio 2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;

Lo studio, come anzi detto, verrà articolato in due distinte parti (ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni):

1. lo **studio geologico (caratterizzazione e modellazione geologica del sito)**, volto a definire:
 - la caratterizzazione morfologica della zona, i lineamenti geomorfologici e la loro tendenza evolutiva, i caratteri litologici, stratigrafici e strutturali, il grado di alterazione, la degradabilità dei terreni e la pericolosità geologica del territorio;
 - lo schema idrologico definendo la posizione e le caratteristiche delle eventuali falde idriche presenti;
 - le proprietà fisico-meccaniche dei principali tipi di terreno presenti (mediante l'individuazione di unità geologico-tecnico locali);

2. lo **studio sismico**, volto a definire:

- i parametri sismici di riferimento per il sito;
- la categoria sismica del suolo di fondazione;
- la stima dell'azione sismica di progetto e della pericolosità sismica del sito (definita sulla base degli spettri di risposta elastici e dei valori di accelerazione massima attesa) per i diversi stati limite prescritti dalla vigente normativa;

Si è provveduto all'esecuzione della seguente relazione nel mese di maggio 2026.

2. UBICAZIONE OPERA IN PROGETTO

L'area di studio è ubicata parzialmente all'interno del comune di Traversetolo, in località Mamiano e in parte nel Comune di Montechiarugolo. Il regolamento Urbanistico del Comune di Traversetolo classifica l'area come "*Ambiti di riqualificazione e trasformazione funzionale ART** (art. 8.6)" (Tavola V), mentre il RUE del Comune di Montechiarugolo la colloca in parte in "*Zona agricola per funzioni connesse alla conduzione del fondo/E1* (art. 105)" e "*Zone di protezione idrogeologica/E4* (art. 6)" (Tavola IX). All'interno del PSC comunale di Traversetolo, viene identificata in "*Territorio urbanizzabile*" (Tavola VI), "*Area di inondazione per piena catastrofica - fascia C* (art. 10.18)" e in zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (art. 10.19), in particolare a "*Vulnerabilità a sensibilità attenuata*" (Tavola VII). Il PSC del Comune di Montechiarugolo classifica l'area all'interno di ambiti rurali, in particolare "*Ad alta vocazione agricola - art. 42*" e la porzione più a ovest del lotto viene definita come "*Corridoi ecologici per il potenziamento dell'equipaggiamento vegetazionale - art. 57*" (Tavola X).

I terreni sono posti ad un'altezza di circa 150 metri s.l.m., in un contesto prettamente pianeggiante con una blanda pendenza con immersione verso nord nord-est (Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00 Lat. 44.680709° - Lon. 10.340359° Tavola I, II e XV).

L'area è censita al Nuovo Catasto Terreni del Comune di Traversetolo al Foglio 2 Mappali 5, 45, 61, 64, 82, 87, 95, 96, 97, 150, 284 e 287 E AL Nuovo Catasto Terreni del Comune di Montechiarugolo al Foglio 43 Mappali 5, 7, 8 e 28 (Tavola III).

Come anzi detto il presente studio si pone a corredo del progetto per la realizzazione di un nuovo impianto agrivoltaico avanzato denominato "Parma" da prevedersi nei comuni di Traversetolo (PR) e Montechiarugolo (PR).



Fotografia 1 – Inquadramento da drone area oggetto di intervento



Fotografia 2 – Inquadramento da drone area oggetto di intervento



Fotografia 3 – Inquadramento da drone area oggetto di intervento

PARTE I – STUDIO GEOLOGICO

Come anticipato in premessa, il seguente studio geologico è stato redatto al fine di supportare le richieste avanzate dal Comune di Traversetolo, relative alla necessità di integrare le prove in situ eseguite.

La prima campagna geognostica è stata eseguita in data 11 dicembre 2023, comprendendo:

- n. 2 prove penetrometriche di tipo dinamico (DP);
- n. 1 stendimento sismico con la metodologia MASW (M1);
- n. 1 sondaggio a percussione (S1);
- n. 1 stendimento di tomografia geoelettrica (ERT1).

Dopo una fase preliminare che ha permesso l'inquadramento geologico e la caratterizzazione geomorfologica dei terreni, si è proceduto alla caratterizzazione dei suoli di fondazione, mediante la realizzazione di ulteriori indagini geognostiche effettuate in maggio 2026. In accordo con il progettista dell'intervento ed anche in relazione alle possibilità offerte dal lotto, si è provveduto alla realizzazione di:

- n. 1 prova penetrometrica di tipo statico (CPT);
- n. 2 prove penetrometriche di tipo dinamico (DPSH);
- n. 3 acquisizione di microtremore a stazione singola HVSR;
- n. 2 stendimenti sismici con la metodologia MASW;
- n. 1 stendimento tomografia geoelettrica (ERT).

Si specifica come le indagini geognostiche siano state spinte sino a tale profondità in relazione alla necessità di investigare il cosiddetto "volume significativo", inteso come il volume interessato dalla trasmissione dei carichi dell'opera esistente, così come definito dalle raccomandazioni AGI 1975 inerenti la programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche nonché al punto "B3", lettera "B" del succitato D.M. 11/03/1988 e all'art. 7.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018.

La comparsa di un orizzonte particolarmente competente nelle porzioni più superficiali che ha determinato in breve l'interruzione per rifiuto delle attrezzature nelle prove penetrometriche dinamiche, permette di ipotizzare in prossimità di detto intervallo, una completa dissipazione dei carichi; per questo motivo l'intervallo investigato può essere considerato come il volume significativo anzi definito.

Per una definizione a più ampia scala del comparto dal punto di vista sismico, in aggiunta ai dati geofisici sito specifici acquisiti, si sono utilizzati gli studi di micro-zonazione sismica di terzo livello disponibili per il territorio del Comune di Traversetolo.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO

L'Appennino Settentrionale risulta dalla sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografica: un Insieme Esterno Umbro-Toscano ed un insieme Interno Ligure-Emiliano.

L'insieme Esterno è costituito essenzialmente da uno zoccolo continentale appartenente alla Placca Apula su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le successioni mesozoico-terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria.

L'Insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che, per la presenza di ofioliti (rocce ignee tipiche della litosfera oceanica) si sono invece originate in un oceano estendendosi eventualmente anche sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti. Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da ovest verso est (vergenza appenninica) sull'Insieme Esterno, che ha avuto ruolo di avampaese, costituendo perciò una coltre alloctona.

L'insieme Interno comprende due domini detti rispettivamente Ligure Interno e Ligure Esterno (Liguridi), separati da un contatto tettonico lungo il quale il primo si accavalla sul secondo, poggiando per il resto anche sulla Falda Toscana con la sola interposizione dell'Unità di Canetolo. Pur essendo entrambe caratterizzati dalla presenza di ofioliti, queste assumono un differente significato. Mentre nelle Liguridi Interne hanno caratteristiche sicuramente oceaniche (le maggiori masse ofiolitiche si trovano ancora in posizione primaria alla base della successione sedimentaria) nelle Liguridi Esterne non si conoscono ofioliti che costituiscano sicuramente la base della successione, ma compaiono invece come masse scivolte in gran parte nel bacino di sedimentazione ligure del Cretacico superiore e pertanto intercalate in quei sedimenti. Tali depositi rimaneggiati sono un indizio della vicinanza di un rilievo oceanico tettonicamente attivo situato verosimilmente fra Ligure Interno ed Esterno. A questo rilievo ipotetico (Cretacico superiore) che avrebbe in qualche modo separato i due domini è stato dato il nome di "Ruga del Bracco".

Il Dominio Ligure Esterno comprende esclusivamente unità alloctone che hanno abbandonato il loro substrato originario e risultano abitualmente distinti nei *Complessi di base* di età per lo più compresa tra l'Albiano ed il Campaniano inferiore e delle formazioni torbiditiche a dominante calcarea conosciute come flysch ad elmintoidi (Campaniano-Paleocene). Questi nella sola fascia esterna sono seguite da altri flysch anch'essi calcarei, di età paleocenico-eocenica.

L'area oggetto di studio ricade nel Dominio Ligure Esterno ed in particolare nella zona più esterna chiamata anche "Emiliana" caratterizzata dalla comparsa di unità tettoniche (M. Caio, Solignano, M. Cassio, ecc.) in cui i clasti ofiolitici diventano una componente occasionale o sono addirittura assenti. Nei "Complessi di base" compaiono invece estese formazioni terrigene silicoclastiche, quali le Arenarie di Ostia, di Scabiazza, le Argille di San Siro, di provenienza continentale. Infine, mentre nella zona più interna (sempre del Dominio Ligure Esterno) la sedimentazione termina con il flysch ad elmintoidi alla fine del Maastrichtiano o all'inizio del Paleocene, nella Zona Emiliana la successione si completa con potentissimi flysch paleocenico-eocenici che, dopo essersi parzialmente sedimentati sul flysch ad elmintoidi, sono stati in buona parte scollati per costruire unità a se stanti (M. Sporno, Farini d'Olmo, Val Luretta, ecc.) (Figg.re 1 e 2 int.)

A partire dal Miocene superiore sul versante padano continua la compressione con la migrazione verso nord, nord-est del fronte di accavallamento appenninico, con la formazione di

bacini fluvio-lacustri plio-pleistocenici. Le successioni sedimentarie di tutti questi bacini, sono molto simili e costituite da depositi detritici. Esse cominciano sempre con peliti basali grigio-azzurre contenenti livelli ligniferi seguiti da sabbie e conglomerati, mostrando così una stessa tendenza evolutiva, da una fase francamente lacustre e/o palustre ad una di piana alluvionale intermontana.

Sul quaternario marino si verifica in questo modo (netta discordanza angolare) la deposizione dei sistemi deposizionali fluviali del Mindel, del Riss e del Wurm, cui succedono le alluvioni medie e recenti.

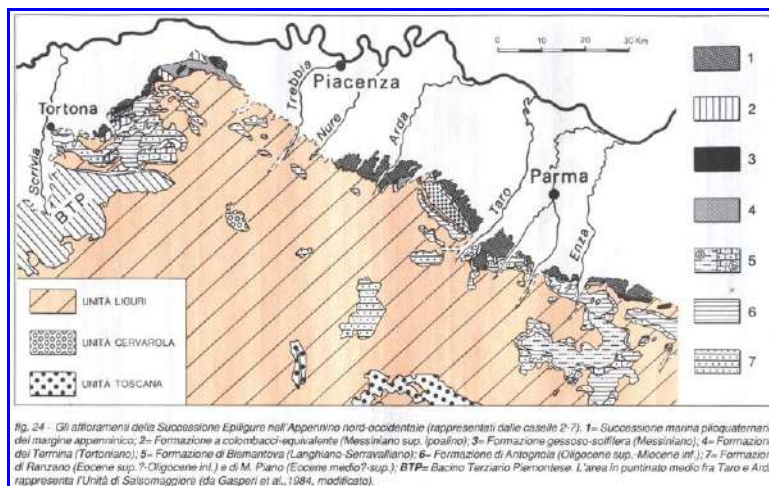


Figura 2int - Rapporti tra Insieme Interno (o Dominio) Ligure e la Successione Epiligure (G. Papani e L. Vernia)

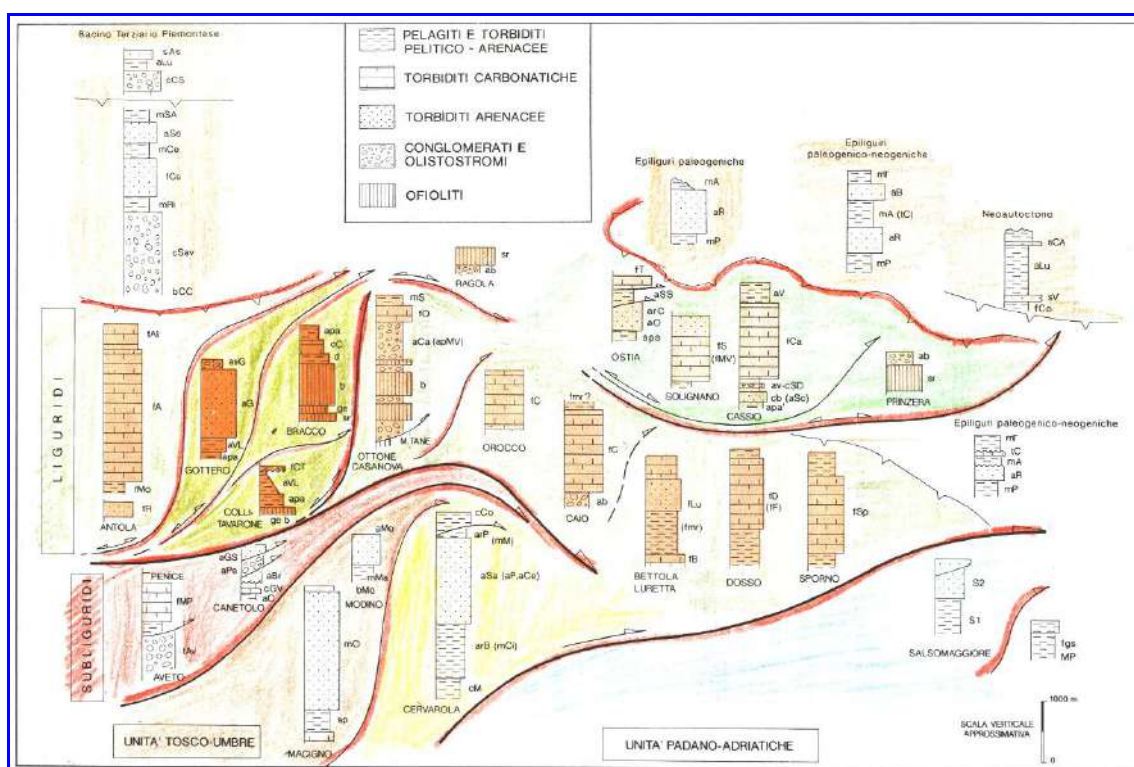


Figura 3 int - Rappresentazione semplificata della litostratigrafia delle principali Unità presenti (P. Vescovi)

Descrizione delle Formazioni nell'area di studio

(Sulla base delle Note Illustrative della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:10.000, Sezione 200 090 Basilicanova).

DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA

Questi depositi si sono formati ad opera di vari processi sedimentari, legati principalmente alla dinamica fluviale. I depositi alluvionali sono stati distinti in depositi alluvionali in evoluzione e depositi alluvionali recenti, dal punto di vista litologico sono costituiti da ghiaie, decisamente prevalenti, sabbie e da locali blocchi, di dimensioni fino a plurimetriche. I depositi alluvionali in evoluzione occupano l'alveo attuale del corso d'acqua, i depositi alluvionali recenti i tratti temporaneamente abbandonati, ma che sono potenzialmente interessati dalle dinamiche fluviali in regime di piena ordinaria, sono quindi depositi soggetti ancora a rimobilizzazione.

SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo, affiorante con i suoi terreni più antichi sul margine appenninico padano è stato suddiviso in due unità principali, denominate come segue:

- Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, **AES**
- Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, **AEI**

Queste due unità sono separate, in corrispondenza del margine appenninico, da una superficie di discontinuità, spesso con discordanza angolare ed erosione, testimonianza di una fase tettonica regionale databile alla fine del Pleistocene inferiore.

Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)

Si tratta di un'unità alluvionale, terrazzata, costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza degli apparati fluviali principali (depositi di conoide e depositi intravallivi terrazzati), passanti a limi prevalenti con rare intercalazioni di sabbia e ghiaia nelle aree di interconoide. L'età complessiva dell'unità è Pleistocene medio - Olocene.

spessore massimo di circa 100 m;

spessore minimo di circa 20 m

L'AES risulta suddivisibile in 5 Subsintemi, affioranti a quote progressivamente decrescenti lungo il margine appenninico; in ordine crescente di età:

- Subsintema di Ravenna – **AES8** (che comprende l'unità di Modena **AES8a**)
- Subsintema di Villa Verucchio – **AES7** (suddiviso nell'unità di Vignola – **AES7b** e di Niviano – **AES7a**)
- Subsintema di Agazzano – **AES3**
- Subsintema di Maiatico – **AES2** (suddiviso nell'unità di Fico Rosso – **AES2b** e di Miano – **AES2a**)
- Subsintema di Monterlinzana – **AES1**

La sedimentazione dell'AES prende inizio al termine di un evento minore, ancorchè regionale, di sollevamento delle strutture compressive appenniniche, registrato in affioramento da una superficie di discontinuità erosiva. Tale superficie, riconoscibile anche nei profili sismici, risulta particolarmente evidente in corrispondenza dei principali fronti strutturali sepolti (DI DIO *et alii*, 1997a,b).

AES8a – Unità di Modena

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

4. IDROGEOLOGIA

La pianura alluvionale è stata costruita dall'azione combinata dei corsi d'acqua appenninici ed è costituita dalle loro conoidi pleisto-oloceniche, raccordate e livellate a formare una superficie sub-pianeggiante con lieve immersione da SSO (limite collinare) a NNE (alveo del Fiume Po). I corsi d'acqua, all'uscita delle valli, dove hanno costruito la parte più elevata delle loro conoidi, hanno divagato nell'antistante pianura, depositando i materiali litoidi provenienti dall'erosione dei bacini montani.

La permeabilità dei sedimenti alluvionali è dovuta ad una porosità intergranulare: i clasti che li costituiscono, di forma e dimensioni molto varie lasciano dei vuoti comunicanti nel corpo del sedimento; il grado di permeabilità è direttamente proporzionale alle dimensioni dei pori, che dipendono dalla classazione, dalla disposizione relativa e dalla forma dei granuli, per cui depositi ghiaiosi e sabbiosi (definiti a granulometria grossolana) sono più permeabili di depositi limosi (definiti a granulometria fine); le argille sono normalmente considerate impermeabili.

La classazione granulometrica dall'apice della conoide alle aree più distali, è fondamentale per la comprensione della geometria del sistema idrogeologico. L'insieme dei meccanismi geologico-sedimentari determina la geometria degli acquiferi profondi, che coincidono con gli alvei sepolti, dispersi a diversi livelli in un corpo impermeabile o semipermeabile. L'alta e la media pianura sarebbero quindi formate da un **sistema idrogeologico plurifalda, con acquiferi separati ed indipendenti**.

Il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia – Romagna ha proposto una stratigrafia valida a livello di bacino per i depositi alluvionali e marino marginali presenti nelle prime centinaia di metri del sottosuolo, riassunta schematicamente nella figura riportata in seguito.

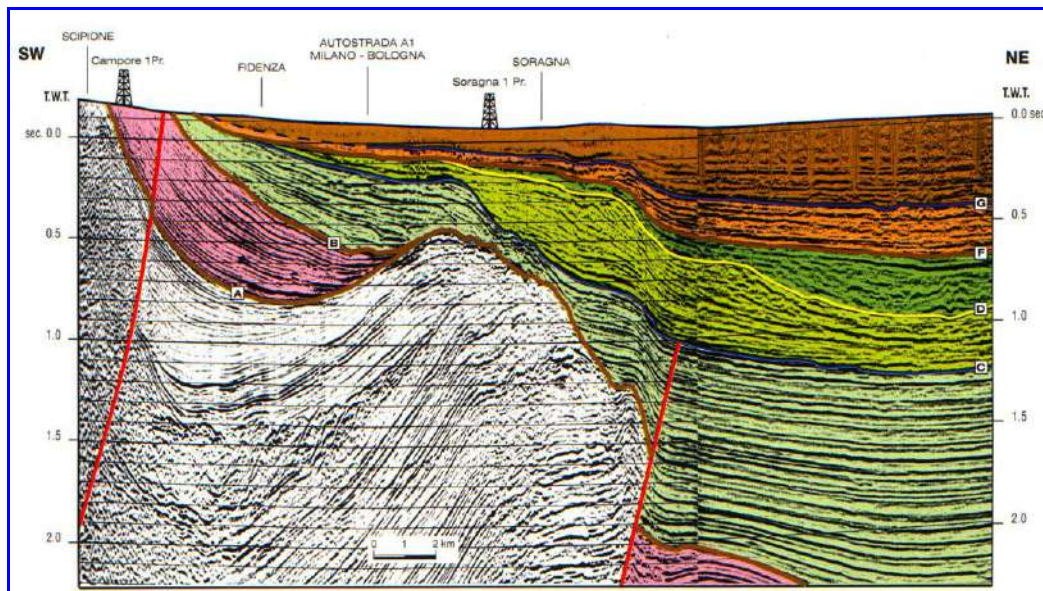
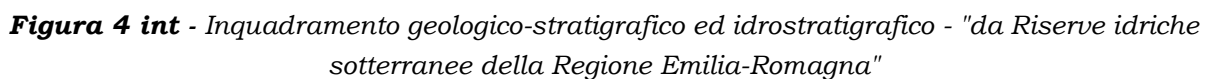


Figura 3 int - Profilo sismico interpretato - "da Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna"

I depositi della pianura sono stati suddivisi in tre nuove unità stratigrafiche, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C: il Gruppo Acquifero A è il più recente ed ha un'età che va dall'Attuale sino a 350.000 – 450.000 anni; il Gruppo Acquifero B, intermedio, va da 350.000 – 450.000 anni sino a 650.000 circa; il Gruppo Acquifero C è il più vecchio e va da 650.000 sino a oltre 3 milioni di anni. Il Gruppo Acquifero A ed il Gruppo Acquifero B sono costituiti principalmente da depositi alluvionali ed in particolare dalle ghiaie delle conoidi alluvionali, dai depositi fini di piana alluvionale e dalle sabbie della piana del Fiume Po; il gruppo acquifero C è formato principalmente da depositi costieri e marino marginali ed è costituito principalmente da pacchi di sabbie alternati a sedimenti più fini. In prossimità dei principali sbocchi vallivi il gruppo acquifero C contiene anche delle ghiaie intercalate alle sabbie, che costituiscono i delta conoide dei fiumi appenninici durante il Pleistocene inferiore e medio.

Le Unità Idrostratigrafiche sono formate da una o più sequenze deposizionali caratterizzate da alternanze cicliche di depositi fini (alla base) e grossolani (al tetto) molto spessi. Una sequenza deposizionale è una successione di sedimenti geneticamente legati tra loro (sono depositi durante lo stesso intervallo di tempo e con meccanismi della sedimentazione legati tra loro), compresi alla base e al tetto da superfici di discontinuità della sedimentazione e da superfici di continuità ad esse correlate. All'interno di ciascuna sequenza, si trovano depositi costituiti da differenti litologie, corrispondenti a vari sistemi e ambienti deposizionali. Alla base di ciascuna sequenza si trova un livello molto continuo a scarsa permeabilità che funge da acquicludo tra le diverse unità individuate.



14

5. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

Il lotto in oggetto si colloca in parte all'interno del territorio urbanizzato dell'abitato di Mamiano e in parte nel Comune di Montechiarugolo, ad un'altezza di circa 150 metri s.l.m., inserita in un contesto morfologico sub pianeggiante, caratterizzato da una blanda pendenza con immersione verso nord nord-est, in accordo con la vergenza appenninica. Nel complesso l'area di studio risulta essere, per tutte le caratteristiche al contorno, **assolutamente stabile e con bassissima predisposizione al dissesto** (Tavola I, II e XV).

La gestione delle acque meteoriche di superficie risulta essere ben regimata, nelle aree agricole al contorno, grazie alla rete di scoline e fossi legata alla sistemazione agraria mantenuta efficace dalla costante manutenzione legata alle attività agricole presenti al contorno. Anche il sistema di raccolta delle acque legata alle infrastrutture viarie risulta efficiente. Al contorno, grazie anche ad una certa permeabilità dei suoli, non si sono notati fenomeni di ristagno od impantanamento.

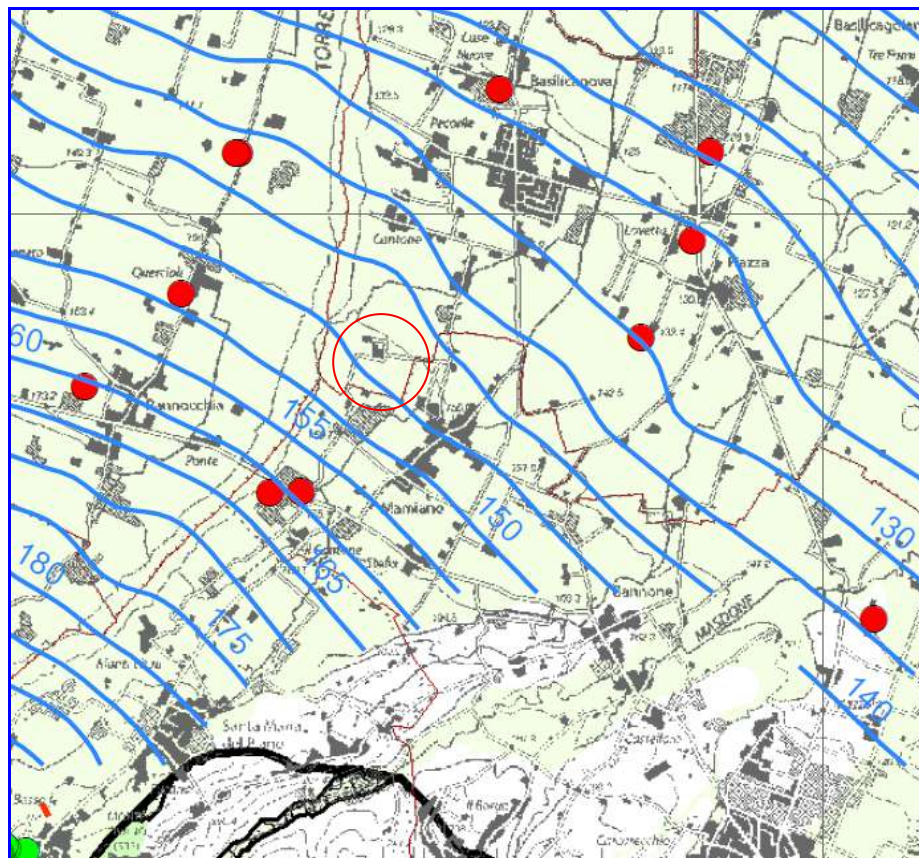
L'idrografia di superficie è caratterizzata dal Torrente Parma, posto ad ovest ad una distanza di circa 280 metri, con direzione di scorrimento verso nord.

L'area secondo il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) risulta essere inserita in uno scenario P1-L con scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi ed associata ad una categoria di rischio moderato o nullo R1 (Tavola XIII e XIII bis).

Nella cartografia tematica di cui agli strumenti del PSC del Comune di Traversetolo (Carta Unica del Territorio 2 – Tavola VII), l'area risulta inserita in fascia C (Art. 10.18), come area di inondazione per piena catastrofica, in zona a vulnerabilità a sensibilità attenuata in relazione alla tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei.

Nel corso delle indagini effettuate non si è osservata la presenza di un **sistema di circolazione idrica vero e proprio**. Tuttavia come evidenziato da bibliografia (*Valutazione dello stato delle acque sotterranee 2014-2019, ARPAE Emilia-Romagna*) e nel corso di precedenti studi realizzati nel medesimo contesto morfologico e stratigrafico e in zone limitrofe a quella d'indagine **il valore minimo medio annuale relativo agli acquiferi confinati inferiori di pianura alluvionale è stato registrato nel 2019 e risulta pari a circa 6,5 m dal piano campagna**.

La cartografia tematica esistente, in particolare la "Tavola QC Idro A5 del Piano Infraregionale delle Attività Estrattive – Carta Idrogeologica della Pianura e dei Sistemi Idrogeologici dell'Appennino Parmense" delinea l'andamento delle linee isofreatiche mediante pozzi e punti di controllo della rete piezometrica. Nell'area indagata le linee sono riportate ad una quota assoluta di circa 144 metri sul livello del mare, indicando una soggiacenza media di circa 6 metri dal piano campagna in corrispondenza dell'intervallo ghiaioso riconosciuto nel corso delle indagini.



ANALISI IDROGEOLOGICA DELLA PIANURA PARMENSE

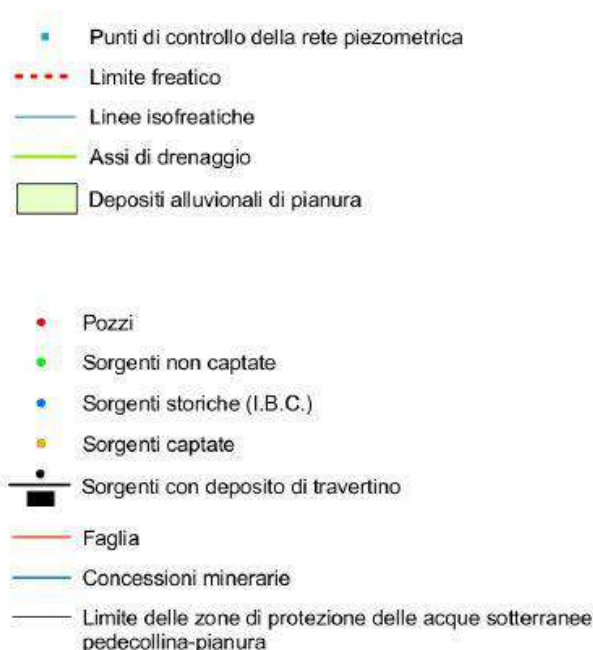


Figura -5-int Stralcio Tavola QC Idro A5 PIAE della Regione Emilia Romagna (si veda Tavola XII)

L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica Regione Emilia-Romagna scala 1:10.000 Foglio 199 080 Tavola IV bis e PSC del Comune di Parma – Carta Geologica), si colloca in corrispondenza dei depositi di conoide alluvionale dell'**Unità Idice** appartenente all' **AESSa – Unità di Modena**. I depositi sono costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi. Questi depositi corrispondono all' **Diluvium Tardivo Q_{1r}** (Carta Geologica d'Italia 1:100.000 foglio 73 Parma - Tavola IV) costituito da alluvioni ghiaiose con lenti argilloso-sabbiose dell'alta Pianura, a suolo prevalentemente bruno.

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE (Prove penetrometriche D.P.S.H. – Allegato 1)

Le caratteristiche geolitologiche dei terreni di fondazione sono state investigate mediante la realizzazione di prove penetrometriche, una di tipo statico e due di tipo dinamico. La presenza di un orizzonte ghiaioso pochi metri al di sotto del piano campagna ha fatto preferire le indagini di tipo dinamico, più adatte rispetto a quelle statiche per terreni di questa natura. In aggiunta a tali indagini è stato realizzato un sondaggio con escavatore meccanico (Allegato 2) che ha confermato la stratigrafia individuata dalle prove.

Le caratteristiche geolitologiche di superficie al contorno dell'area di studio evidenziano la presenza di un orizzonte ghiaioso pochi metri al di sotto del piano campagna che ha portato le indagini al rifiuto strumentale.

Per le indagini statiche si è utilizzato un penetrometro Pagani tipo TG 73/100-200, in grado di operare sia indagini di tipo statico sia dinamico. Le indagini di tipo statico sono state realizzate montando una punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² – apertura 60°) con manicotto laterale (superficie 150 cm²), costante di trasformazione $C_t = 10$ e velocità di avanzamento della punta 2 cm/s. In questo caso le indagini consistono nell'infissione della punta nel terreno, con valori di resistenza registrati a mezzo di una cella di carico, che rilevano distintamente, in un tratto di 20 centimetri, la resistenza all'avanzamento della sola punta e di quella del complesso punta + manicotto laterale. I valori così discretizzati sulla verticale permettono di ricavare, oltre ai valori di resistenza, anche una connotazione litologica (indiretta) dei depositi.

Per le indagini dinamiche si è utilizzato un penetrometro tipo TG 73/100-200 avente le seguenti caratteristiche:

Massa maglio = 73 kg; altezza di caduta = 75 cm; area punta = 20,43 cm²; peso aste = 7,13 kg/m; penetrazione standard = 30 cm.

L'indagine consiste nell'infingere nel terreno una serie di aste con punta conica. Il sistema di infissione è costituito da un maglio che batte sulle aste, il dato rilevato è il numero di colpi (numero di volte) che occorre per abbassare il sistema aste/punta di 30 cm nel terreno. Si ottengono così diagrammi che discretizzano il sottosuolo in livelli di 30 cm per l'intera profondità di indagine.

Le caratteristiche del terreno sono state ricavate dalla comparazione dei risultati ottenuti nella presente campagna di indagini ed al compendio con le risultanze di precedenti campagne geognostiche, nonché i dati bibliografici presenti al contorno.

Qualora lo ritenga necessario il Progettista potrà richiedere integrazioni ed approfondimenti al piano delle indagini considerato nella presente relazione.

L'ampiezza dell'indagine, in accordo con le "Raccomandazioni AGI 1975", nonché al punto "B3", lettera "B" del sopraccitato DM 11.03.88 e con l'art. 7.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018, anche in ragione delle caratteristiche dell'opera in progetto, sono state spinte ben oltre il limite della porzione di sottosuolo interessato direttamente ed in direttamente dalla costruzione del manufatto ("volume significativo").

I risultati delle singole prove sono riportati nell' Allegato 1, con letture effettuate ogni 20 centimetri (prove statiche). L'interpretazione della stratigrafia del suolo è stata ricavata mediando i valori risultanti dai modelli di Begemann, 1965 - Raccomandazioni AGI, 1977 e di Schmertmann, 1978 (Figura 6 - int.) Tali modelli empirici, permettono di riconoscere la litologia del terreno in base al rapporto tra i valori di resistenza delle prove.

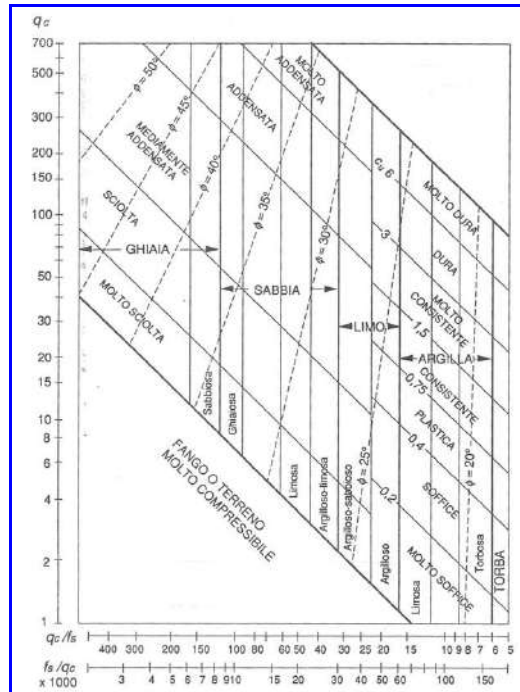


Figura 6 int Litologia in funzione di qc e fs (prove penetrometriche statiche)

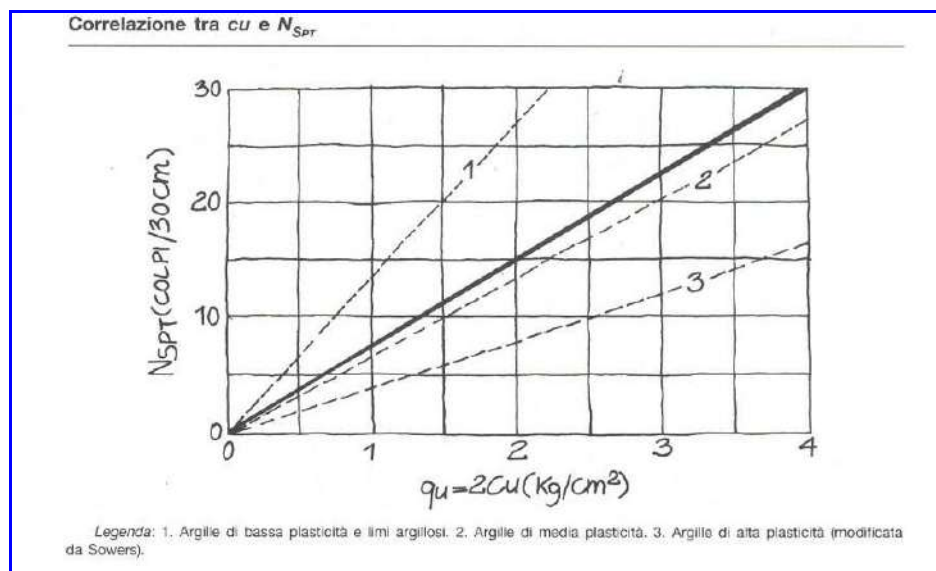


Figura -7 int - Correlazioni tra c_u ed N_{spt}

7. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI

Modello geomeccanico e litostratimetrico

Dall'analisi delle prove penetrometriche realizzate ed il compendio dei dati acquisiti nel corso del precedente studio, è stato possibile ricostruire il modello geomeccanico e litostratimetrico della porzione di sottosuolo di interesse.

Il sottosuolo è stato suddiviso in 2 intervalli, oltre alla coltre di alterazione superficiale (suoli e terreni rimaneggiati), distinti essenzialmente sulla base dei differenti valori di resistenza meccanica riscontrati (Tabella 1-int).

I parametri geomeccanici riportati per ciascun intervallo, riassumono le principali caratteristiche geotecniche dei terreni e rappresentano la determinazione del loro valore caratteristico come stima cautelativa e ragionata del loro valore per lo stato limite ultimo (SLU) operata sulla base dell'interpretazione dei risultati delle prove in sito e delle misure effettuate (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

In particolare sono stati determinati:

- γ : peso dell'unità di volume del terreno;
- γ_{SAT} : peso dell'unità di volume del terreno (saturo);
- γ' : peso dell'unità di volume del terreno (saturo);
- **Cu**: coesione non drenata nel caso di terreni a comportamento coesivo;
- Φ' : angolo di attrito efficace nel caso di terreni a comportamento granulare.
- **E**: modulo di deformazione edometrico (stimato da Mitchell e Gardner, 1975).

Il **primo (A)** intervallo considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme, è caratterizzato da terreni coesivi, prevalentemente limoso-argillosi riscontrati esclusivamente in corrispondenza delle prove dinamiche. La prima verticale DPSH1 evidenzia terreni mediamente consistenti con valori di NSPT intorno ai 6 colpi, mentre la seconda verticale d'indagine DPSH2 mostra valori di NSPT più bassi intorno ai 3 colpi, attribuibile a terreni scarsamente consistenti. In via cautelativa, ai fini della caratterizzazione geotecnica dell'intervallo, sono stati assunti i valori medi più bassi.

(da -0.30 m a -1.20/-1.50 m dal piano campagna)

Natura coesiva

- γ : $1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$;
- γ_{SAT} : $1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$;
- γ' : $0.90 \text{ t/m}^3 = 8.83 \text{ kN/m}^3$;
- **Cu**: $0.40 \text{ kg/cm}^2 = 39.23 \text{ kPa}$;
- **E**: $30 \text{ kg/cm}^2 = 2.94 \text{ Mpa}$.

Il **secondo (B)** intervallo individuato è stato posto al passaggio a depositi granulari, caratterizzati da depositi sabbioso-ghiaiosi prevalenti. Questi depositi sono caratterizzati da un notevole aumento dei valori di resistenza alla punta, superiori a 130 kg/cm^2 rapidamente crescenti con la profondità che in breve determinato il raggiungimento del limite strumentale delle prove penetrometriche dinamiche ($N_{SPT} > 100$). Il valore preso di riferimento per l'angolo d'attrito efficace, è stato diminuito, in ottica cautelativa, per tener conto della percentuale di depositi limoso argillosi presenti.

(da -0.60/-1.20/1.50 m a -1.80/ -2.70/ -3.30 m dal piano campagna)

Natura granulare

- γ : 1.85 t/m³ = 18.14 kN/m³;
- γ_{SAT} : 1.90 t/m³ = 18.63 kN/m³;
- γ' : 0.90 t/m³ = 8.83 kN/m³;
- Φ' 38°;
- **E**: >370 kg/cm² = 36.29 Mpa.

Intervallo	Z _{min} (m)	Z _{max} (m)	γ (t/m³)	γ _{SAT} (t/m³)	γ'(t/m³)	Cu (kg/cm2)	Φ' (°)	E (kg/cm2)
			γ(KN/m³)	γ _{SAT} (KN/m³)	γ'(KN/m³)	Cu (KPa)		E (MPa)
Suoli	0.00	-0.60/-0.30						
A	-0.30	-1.20/-1.50	1.85	1.90	0.90	0.40	---	30
			18.14	18.63	8.83	39.23		2.94
B	-0.60/-1.20/- 1.50	-1.80/-2.70/- 3.30	1.85	1.90	0.90	---	38°	>370
			18.14	18.63	8.83	---		>36.29

Tabella 1-int Intervalli litologicamente e geomeccanicamente uniformi individuati

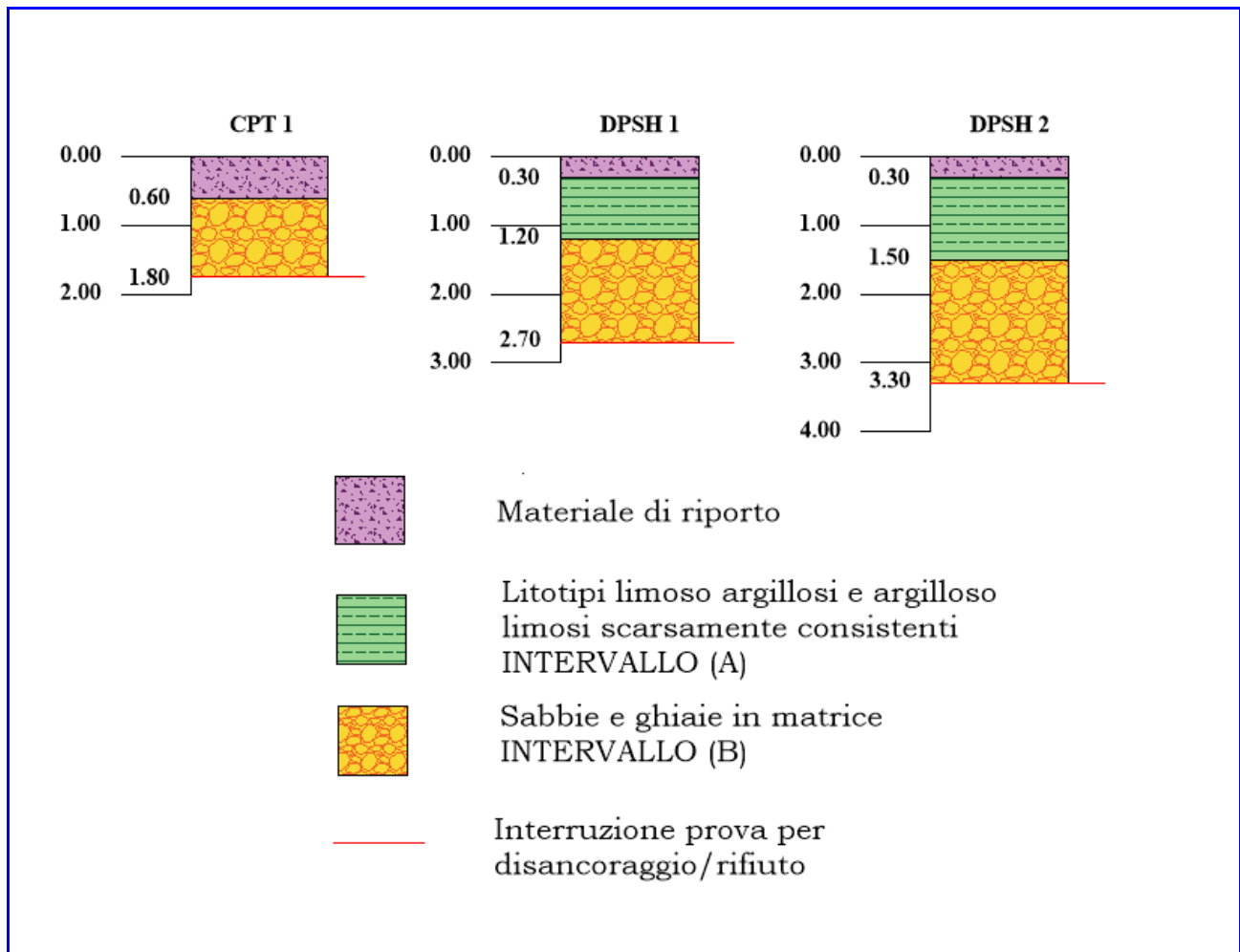


Figura 8 int – Modello litostratimetrico locale

Qualora lo ritenga opportuno e sotto la propria completa responsabilità, il Progettista potrà utilizzare i parametri fisico-meccanici sopra riportati, desunti dalle risultanze dell'indagine geognostica svolta in sito, ai fini della definizione del modello geotecnico (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

8. TOMOGRAFIA DI RESISTIVITA' ELETTRICA (ERT)

La tomografia di resistività elettrica, che viene indicata con l'acronimo ERT (*Electrical Resistivity Tomography*), è una tecnica diagnostica che consente di determinare la distribuzione di resistività elettrica nel sottosuolo a partire da un gran numero di misure di potenziale elettrico compiute mediante elettrodi posti sulla superficie del terreno. Lo scopo dell'investigazione è di ottenere più informazioni possibili sulle strutture del terreno (tipo di litologia, zone umide o sature, anomalie resistive attribuibili a cavità o a disomogeneità del terreno al di sotto degli edifici) e una visione d'insieme della zona interessata tramite l'uso di metodi non invasivi.

La maggior parte dei materiali presenta caratteri di conducibilità di tipo elettrolitico dato che, con le eccezioni di alcuni minerali metallici, quasi tutti i minerali sono isolanti. La conducibilità è dovuta quindi essenzialmente all'acqua interstiziale ed è in larga misura funzione della porosità, del contenuto d'acqua e della quantità di sali disciolti nell'acqua. La presenza di fluidi nel sottosuolo fa sì che rocce e terreni, attraversati dalla corrente, si comportino relativamente come dei buoni conduttori di elettricità; al contrario le strutture con scarso contenuto di fluidi come rocce asciutte non fratturate e cavità naturali o di natura antropica si comportano come dei cattivi conduttori, se non addirittura come degli isolanti.

Pertanto, le geometrie sepolte rispondono al flusso di corrente artificiale, immessa con diverse modalità, in funzione del parametro fisico che regola tale comportamento: la resistività elettrica ρ (Ohm·m).

La successiva Figura (Figura 9-int) mostra gli intervalli di resistività per alcuni litotipi, e, come è possibile osservare, spesso questi valori si sovrappongono, rendendo problematica la fase di identificazione della roccia. Inoltre, tali valori sono grosso modo indicativi e le reali correlazioni litologia-proprietà elettriche è bene siano controllate da "sondaggi di taratura" (indagini geognostiche dirette).

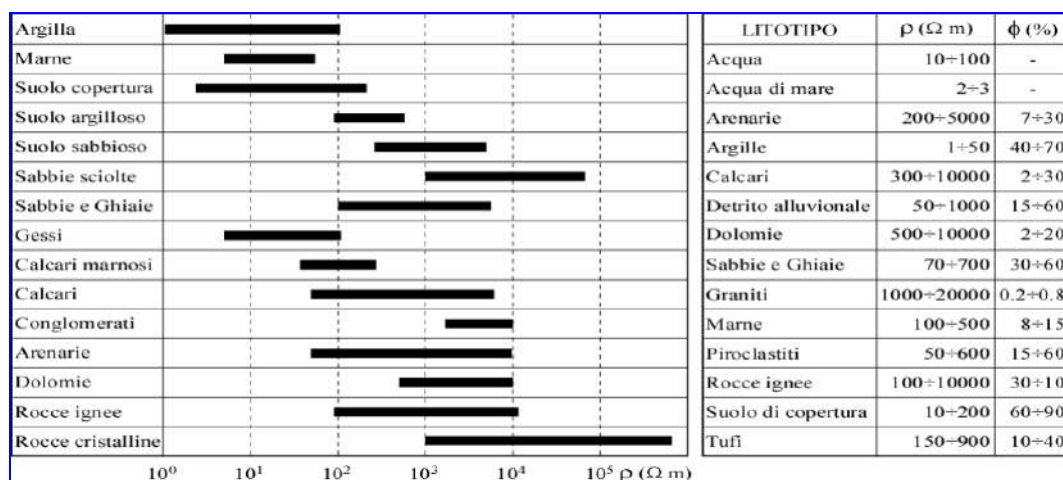


Figura 9 int Schema indicativo dei valori di resistività e porosità per vari materiali

Nella presente campagna, le indagini sono state effettuate realizzando due stese direzione circa est-ovest di 92 m in cui gli elettrodi, in numero totale di 47, presentano un'interdistanza di 2 m. Gli elettrodi sono stati poi accoppiati con un GEORESISTIVIMETRO AMBROGEO mod. MANGUSTA SYSTEM MC 48E, acquisitore digitale modulare per prospezione geoelettrica multielettrodo.

Il georesistivimetro è dotato di un sistema di gestione automatica degli elettrodi, in grado cioè di commutare gli elettrodi disposti lungo la sezione da investigare in elettrodi di immissione di corrente (punti di energizzazione del terreno) e in elettrodi di misura del potenziale elettrico con tutte le possibili combinazioni quadripolari. In questo caso si è scelto di eseguire tutte le analisi con combinazione quadripolare di tipo Wenner (Figura 10-int).

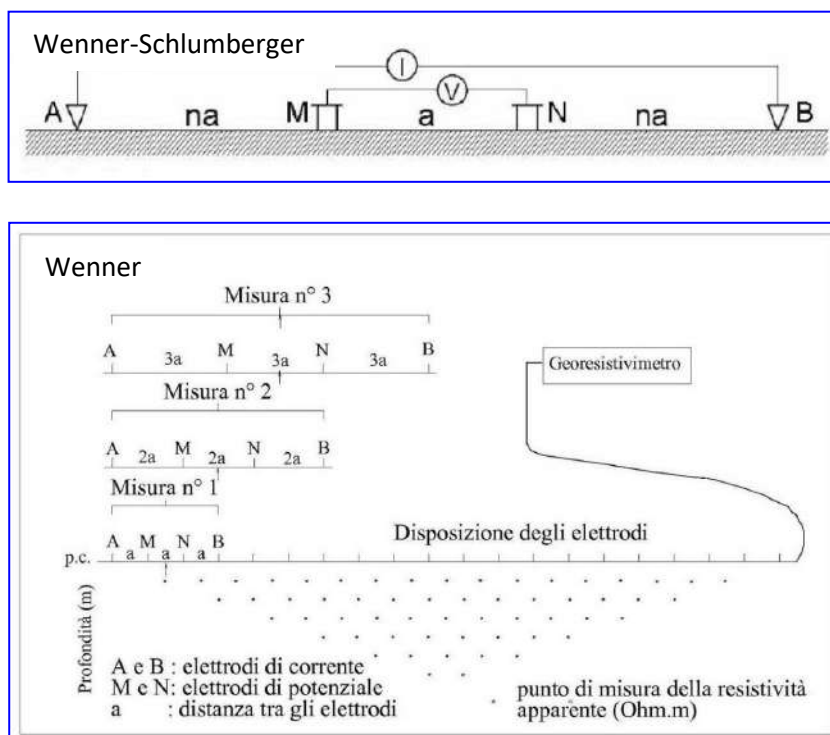


Figura 10 int Combinazione quadripolare di tipo Wenner-Schlumberger e Wenner.



Figure 11 e 12- int Report fotografico dell'acquisizione ERT

Risultati e considerazioni

Nell'ambito delle verifiche geotecniche e geofisiche presso il lotto oggetto di studio è stata eseguita **1 indagine geoelettrica** (ERT – Electrical Resistivity Tomography) (Tavola III) lungo un profilo di 94,00 m disposto longitudinalmente rispetto alla carraia che borda il lato nord-est del campo.

Le indagini hanno indagato profondità comprese tra circa **18 e 20 m dal piano campagna**, nella loro porzione centrale, utilizzando configurazioni Wenner e Wenner-Schlumberger.

Le tavole delle sezioni geoelettriche sono consultabili all'Allegato 4.

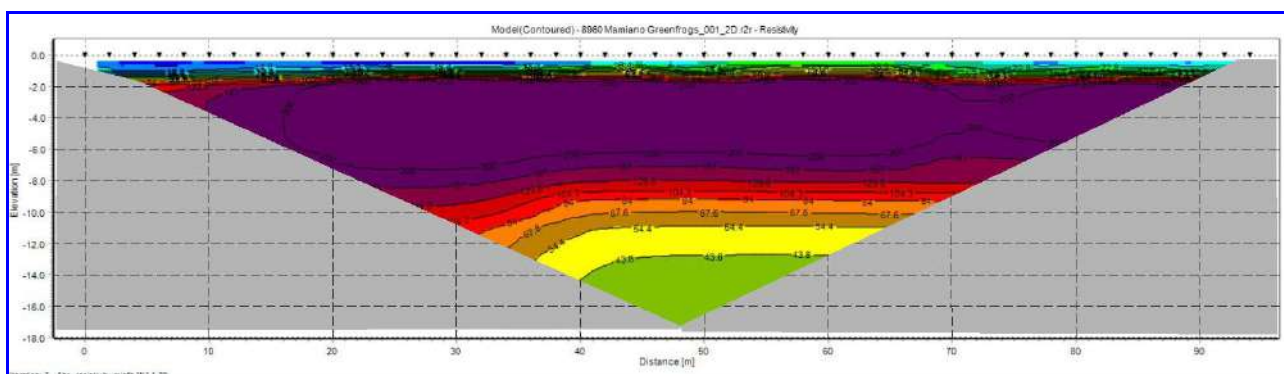


Figura 13 int Elaborazione dell'acquisizione ERT – Configurazione Wenner

L'elaborazione dei dati, acquisiti **con configurazione Wenner**, evidenzia una marcata variabilità verticale dei valori di resistività elettrica, compresi tra circa 5 e oltre 300 $\Omega \cdot m$, associata a una buona continuità laterale degli orizzonti individuati.

In sintesi, la sezione tomografica può essere suddivisa in tre principali intervalli:

- 1) Dal piano campagna fino a circa -2,00 m da p.c. Si riconosce un primo orizzonte superficiale, riferibile al terreno di copertura agricolo detensionato, caratterizzato da bassi valori di resistività. La resistività media di tale livello si mantiene generalmente inferiore a 25/30 $\Omega \cdot m$, confermando la prevalente natura coesiva dei terreni.
- 2) Da circa -2,00 m fino a -11,00/-12,00 m da p.c. La porzione centrale della sezione è caratterizzata da valori di resistività molto elevati, riconducibili alla presenza di materiali granulari grossolani, verosimilmente ghiaiosi.
- 3) Al di sotto di circa -11,00/-12,00 m da p.c. La porzione più profonda della stesa mostra una progressiva diminuzione dei valori di resistività, interpretabile come un graduale passaggio da terreni a prevalente componente ghiaiosa verso litologie a granulometria più fine, possibilmente limoso-sabbiose.

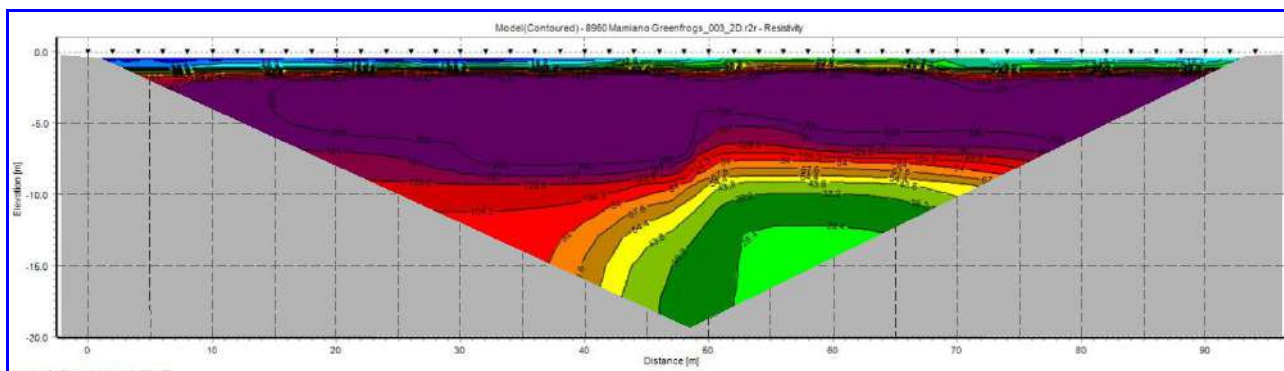


Figura 14 int Elaborazione dell'acquisizione ERT – **Configurazione Wenner-Schlumberger**

L'elaborazione dei dati, acquisiti con **configurazione Wenner-Schlumberger**, evidenzia una marcata variabilità verticale della resistività elettrica, con valori compresi tra circa 5 e oltre 300 $\Omega \cdot m$, associata a una modesta continuità laterale degli orizzonti individuati.

In sintesi, la sezione tomografica può essere suddivisa in tre principali intervalli:

- 1) Dal piano campagna fino a circa -2,00 m da p.c. Si riconosce un primo orizzonte superficiale, riferibile al terreno di copertura agricolo detensionato, caratterizzato da bassi valori di resistività. La resistività media di tale livello si mantiene generalmente inferiore a 25/30 $\Omega \cdot m$, confermando la prevalente natura coesiva dei terreni.
- 2) Da circa -2,00 m fino a -10,00/-11,00 m da p.c. La porzione centrale della sezione è caratterizzata da valori di resistività molto elevati, riconducibili alla presenza di materiali granulari grossolani, verosimilmente ghiaiosi.
- 3) Al di sotto di circa -10,00/-11,00 m da p.c. La porzione più profonda della stesa mostra una progressiva diminuzione dei valori di resistività, interpretabile come un graduale passaggio da terreni a prevalente componente ghiaiosa verso litologie a granulometria più fine, possibilmente limoso-sabbiose.

Rispetto alla tomografia acquisita con configurazione Wenner, il limite tra il secondo e il terzo intervallo risulta meno netto. Tale passaggio sembra approfondirsi nella prima porzione della stesa, per poi risalire progressivamente verso quote più superficiali nella seconda parte, attestandosi indicativamente intorno a -10,00 m da p.c.

PARTE II – STUDIO SISMICO**9. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO**

[tratto da Studio di Microzonazione sismica (primo e secondo livello di approfondimento)
Gennaio 2015 – aggiornato e parzialmente modificato]

Zonizzazione sismogenetica

Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata "ZS9" (Figura 8 int.), a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004, che prevede una suddivisione in 36 zone, i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico-strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.). Essa risulta estremamente importante per gli studi pianificazione territoriale e, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.

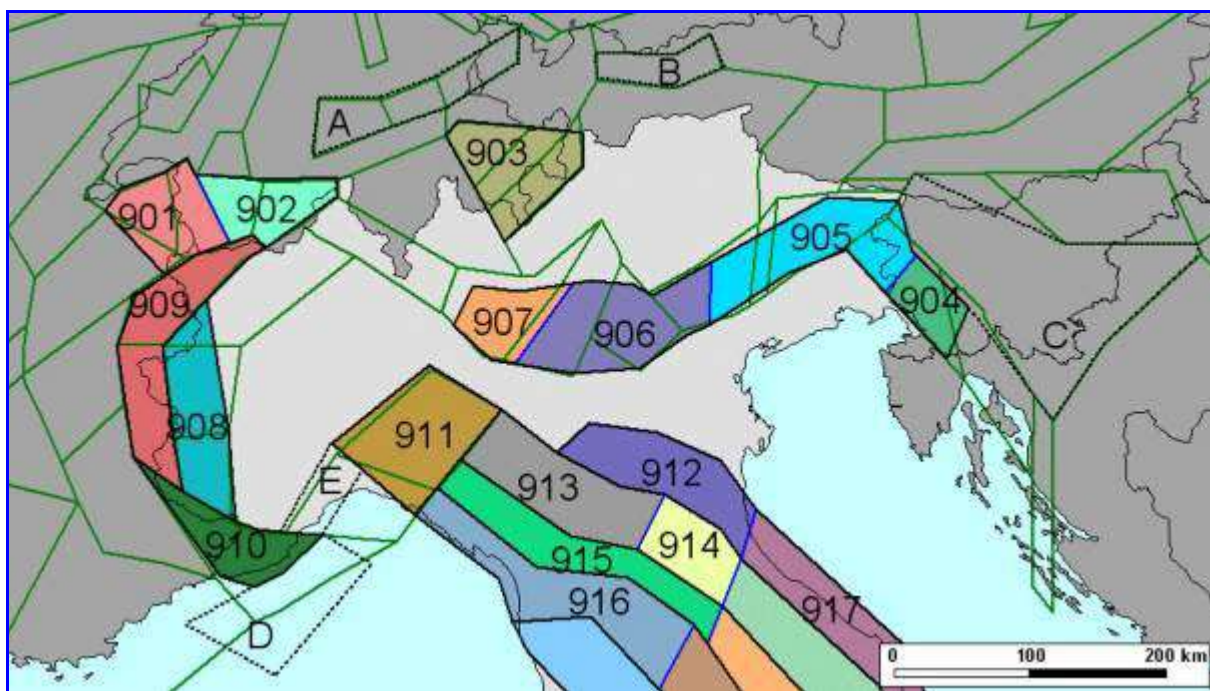


Figura 15 int – Stralcio della zonizzazione sismogenetica ZS9

Più specificatamente, il territorio di studio ricade nella zona sismogenetica "913" denominata "Appennino Emiliano".

La Zona 913 è caratterizzata da terremoti di magnitudo medio – bassa, originati da movimenti prevalentemente compressivi in direzione NW con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture sepolte attive. Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km ed i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a $M_{wmax} = 5,91$. A corredo degli studi di zonizzazione sono stati raccolti ed analizzati quasi 2.500 terremoti, spalmati sugli ultimi 1000 anni, limitatamente agli eventi contraddistinti da intensità epicentrale pari ad almeno il V-VI della scala MCS.

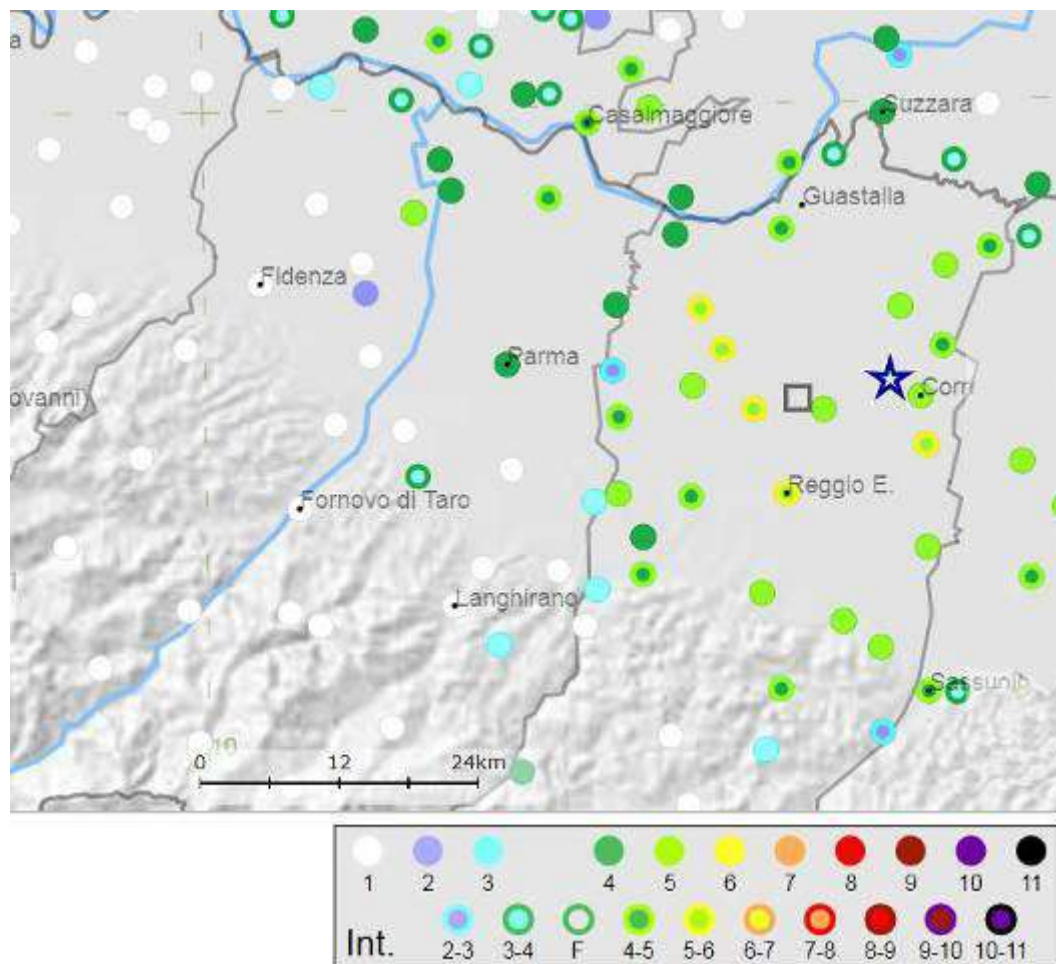


Figura 16 int – Principali terremoti in Emilia -Romagna dall'anno 1.000 d.c. al 1990 con indicazione della magnitudo

Sismicità del territorio

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità evidenziando, sia la distribuzione spaziotemporale degli eventi, sia le caratteristiche di intensità degli stessi, seguita da una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

L'appennino nord – occidentale è caratterizzato da una sismicità da moderata a media, che si manifesta principalmente lungo le zone di accavallamento frontale del margine appenninico e secondo una fascia con direttrice appenninica che, dalla zona di Varzi, si estende quasi con continuità sino a Borgo Val di Taro e alla Lunigiana, proseguendo poi verso strutture del *graben* della Garfagnana. Allineamenti di terremoti si trovano anche lungo lineamenti trasversali alle due fasce longitudinali e sembrano quasi collegarle; particolarmente evidente è la distribuzione di sismi lungo la Val Parma e la Val Taro.

La storia sismica comunale è stata dedotta da DBMI11 la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al Comune di Traversetolo e di Motnechiarugolo.

Essa è riassunta nella Tabella 2, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito ($I_s > III$ grado della scala MCS), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno, il mese, il giorno, l'ora e il minuto in cui si è verificato, la denominazione dell'area dei maggiori effetti (Area Epicentrale), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_0) e la magnitudo momento (M_w).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	🔗	1832	03	13	03	30	Reggiano	97	7-8	5.51
6-7	🔗	1983	11	09	16	29	5 Parmense	850	6-7	5.04
6	🔗	1898	03	04	21	05	Parmense	313	7-8	5.37
5-6	🔗	2008	12	23	15	24	2 Parmense	291	6-7	5.36
5	🔗	1886	10	15	02	20	Collecchio	44	6	4.70
5	🔗	1961	08	13	22	34	1 Parmense	22	5-6	4.37
5	🔗	1961	08	14	01	03	0 Parmense	14	5-6	4.47
4-5	🔗	1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4-5	🔗	1988	03	15	12	03	1 Reggiano	160	6	4.57
4-5	🔗	1996	10	15	09	55	5 Pianura emiliana	135	7	5.38
4	🔗	1967	04	03	16	36	1 Reggiano	45	5	4.44
3-4	🔗	1995	10	10	06	54	2 Lunigiana	341	7	4.82
3	🔗	1937	09	17	12	19	0 Parmense	34	7	4.77
3	🔗	1969	06	24	13	25	1 Parmense	15	5	4.21
2	🔗	1936	10	18	03	10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
NF	🔗	1904	11	17	05	02	Pistoiese	204	7	5.10
NF	🔗	1986	12	06	17	07	1 Ferrarese	604	6	4.43
NF	🔗	1989	10	03	09	41	3 Appennino parmense	91	4	4.04
NF	🔗	1995	12	31	21	29	4 Appennino reggiano	96	4-5	4.51
NF	🔗	1996	10	26	04	56	5 Pianura emiliana	63	5-6	3.94
NF	🔗	1996	12	16	09	09	5 Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	🔗	1998	02	21	02	21	1 Pianura emiliana	104	5	3.93
NF	🔗	2000	06	18	07	42	0 Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	🔗	2002	06	08	20	13	0 Frignano	115	4	4.23
NF	🔗	2002	06	18	22	23	3 Frignano	186	4	4.30
NF	🔗	2002	06	19	22	11	1 Frignano	52	3	4.03
NF	🔗	2002	11	13	10	48	0 Franciacorta	768	5	4.21

Tabella 2 int – Massimi eventi sismici verificatisi nel comune di Traversetolo reperiti dall'Archivio DBMI15

Dalla lettura della tabella si deduce che, tra quelli censiti nel DBMI15, sono diversi gli eventi sismici che hanno avuto un risentimento significativo a Traversetolo e tra questi spiccano il terremoto con epicentro nel reggiano del 13.03.1832, a cui è stata attribuita una Mw = 5.51 ed effetti pari al 7° grado della scala MCS, il terremoto con epicentro nel parmense del 09.11.1983 a cui è stata attribuita una Mw = 5.04 ed effetti pari al 6-7° grado della scala MCS. Il più recente terremoto registrato ne parmense è del 23.12.2008 a cui è stata attribuita un Mw = 5.36 ed effetti pari a 5-6° gradi della scala MCS.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7		1971	07	15	01	33	2 Parmense	228	8	5.51
6		1983	11	09	16	29	5 Parmense	850	6-7	5.04
5-6		1465	04	07	15	30	Pianura emiliana	5	5-6	4.40
5-6		1572	06	04	22		Parmense	5	6	4.63
5-6		2008	12	23	15	24	2 Parmense	291	6-7	5.36
5		1455	12	20	20	45	Appennino bolognese	5	5-6	4.40
5		1996	10	15	09	55	5 Pianura emiliana	135	7	5.38
4		1988	03	15	12	03	1 Reggiano	160	6	4.57
4		1995	10	10	06	54	2 Lunigiana	341	7	4.82
F		1474	03	11	20	30	Modena	3	5	4.16
F		1995	08	24	17	27	3 Appennino pistoiese	56	6	4.45
3-4		1886	10	15	02	20	Collecchio	44	6	4.70
3		1995	12	31	21	29	4 Appennino reggiano	96	4-5	4.51
3		1996	10	26	04	56	5 Pianura emiliana	63	5-6	3.94
2-3		1998	02	21	02	21	1 Pianura emiliana	104	5	3.93
2-3		2000	06	18	07	42	0 Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF		1986	12	06	17	07	1 Ferrarese	604	6	4.43
NF		2002	06	08	20	13	0 Frignano	115	4	4.23
NF		2002	06	18	22	23	3 Frignano	186	4	4.30
NF		2002	11	13	10	48	0 Franciacorta	768	5	4.21

Tabella 2 int bis – Massimi eventi sismici verificatisi nel comune di Montechiarugolo reperiti dall'Archivio DBMI15

Dalla lettura della tabella si deduce che, tra quelli censiti nel DBMI15, sono diversi gli eventi sismici che hanno avuto un risentimento significativo a Montechiarugolo e tra questi spiccano il terremoto con epicentro nel Parmense del 15.07.1971, a cui è stata attribuita una Mw = 5.51 ed effetti pari al 7° grado della scala MCS.

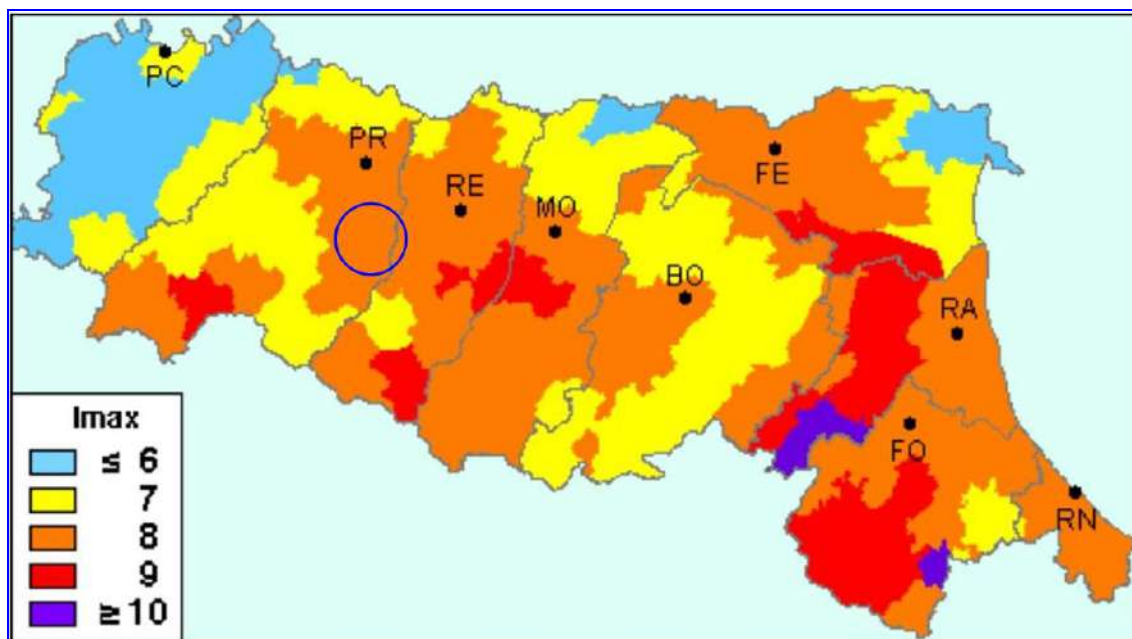


Figura 17 int – Carta della massima intensità macrosismica osservata nei comuni dell'Emilia Romagna

Classificazione sismica comunale

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'All. 1, punto 3 dell'OPCM 3274/2003, utilizzando e aggiornando la precedente proposta nel 1998. La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta ($S=12$), media ($S=9$) e bassa ($S=6$), contemplati nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione. Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche. In questo modo ad ogni area del territorio nazionale è stato attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

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.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.225
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	2.810
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	2.185

La classificazione vigente identifica il **Comune di Traversetolo** e il **Comune di Montechiarugolo** in **zona 3** (Fig. 11), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra $0,05 \cdot g$ e $0,15 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

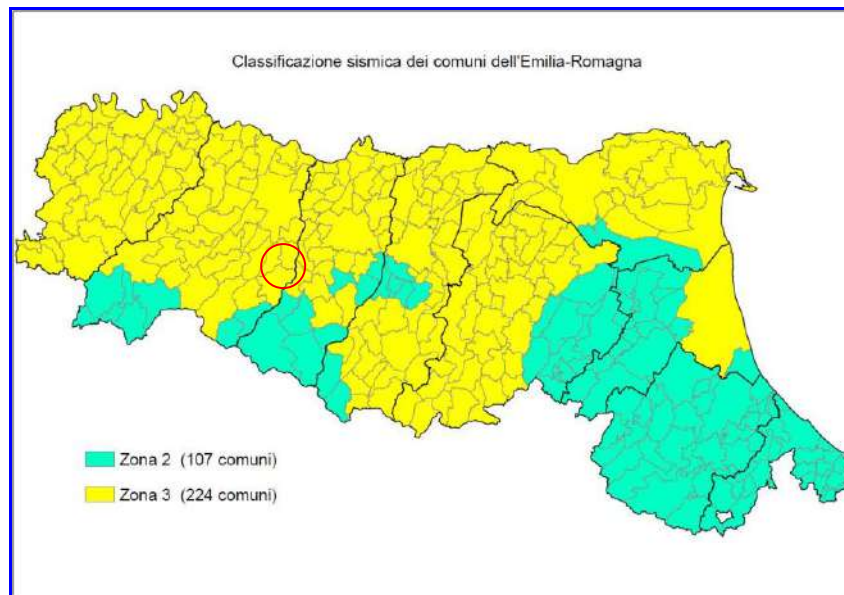


Figura 18 int – Nuova classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna

L'elaborazione dei parametri della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta da INGV (2004) e riportata nell'OPCM 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", identifica, per la fascia territoriale in oggetto, valori di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresi tra 0,150 g e 0,175 g (ricavato dalle mappe interattive di pericolosità sismica dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia – INGV. Figura 12 int.).

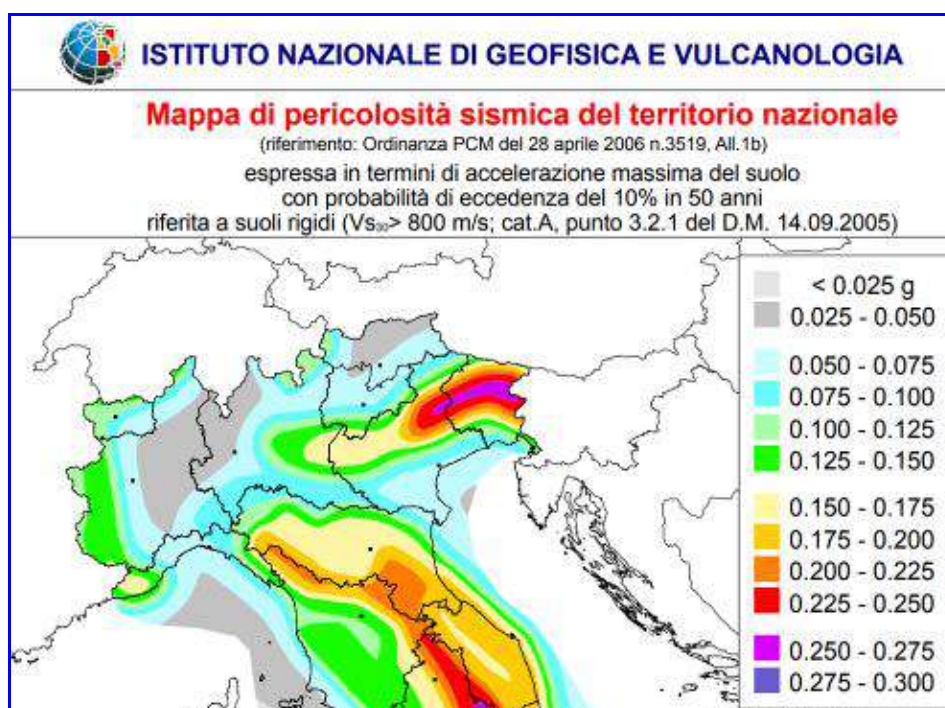


Figura 19 int – Mappa di pericolosità sismica ricavata dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia

10. AZIONE SISMICA

Premessa

L'attuale filosofia di progettazione prestazionale richiede l'analisi della risposta di un sistema a più terremoti di diversa intensità; il sistema deve soddisfare requisiti minimi di sicurezza rispetto agli stati limite di funzionalità e collasso, per ciascuno degli eventi considerati. Generalmente si prescrive una duplice verifica, con riferimento a due peculiari eventi sismici, differenti tra loro per "probabilità di occorrenza":

- un terremoto "probabile" (L_1), caratterizzato da un'intensità che ha una probabilità di eccedenza (P_1) in un arco temporale (T_s) correlato alla durata del sistema in esame;
- un terremoto "severo" e "poco probabile" (L_2), caratterizzato da una intensità che, nello stesso periodo di riferimento (T_s), ha una probabilità di eccedenza (P_2) più bassa.

Tipicamente il terremoto di riferimento L_1 è definito come l'evento che ha una probabilità di eccedenza del 50 % durante la vita nominale del sistema, mentre quello di livello L_2 corrisponde ad una probabilità di eccedenza del 10 %.

Nell'ambito della progettazione devono essere chiaramente definite, per l'opera in esame, le prestazioni che devono essere soddisfatte, come grado di danno ammissibile per i differenti terremoti di progetto. I tre gradi di danno individuabili (Tabella 3-int) in relazione ai terremoti di differente livello (L_1 ed L_2) concorrono nel definire tre classi di prestazione (Tabella 4-int).

Parametri di riferimento rigido orizzontale

Al fine di poter definire le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, deve essere valutata la **"pericolosità sismica di base"** del sito di costruzione.

Questa 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 – si veda paragrafo successivo), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$.

Ai fini dell'applicazione del D.M. 17/01/2018, sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV, sono stati definiti, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{VR}), i valori dei parametri di sito necessari per determinare le forme spettrali di progetto.

Tali parametri sono:

- a_g accelerazione orizzontale massima sul 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.

Essi dipendono da:

- **LON** longitudine del sito oggetto di studio;
- **LAT** latitudine del sito oggetto di studio;
- **V_R** **periodo di riferimento:** definisce un intervallo temporale al quale devono essere rapportate le azioni sismiche su ciascuna costruzione.
 $V_R = V_N \times C_U$;
- **V_N** **vita nominale** dell'opera in progetto, cioè numero di anni nel corso dei quali l'opera deve poter essere usata per lo scopo per la quale è destinata, essendo soggetta alla ordinaria manutenzione

- **C_U** **coefficiente d'uso** è definito al variare della classe d'uso dell'opera che a sua volta suddivide le costruzioni in relazione alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso dell'opera

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Vita nominale V_N per diversi tipi di opere (D.M. 17/01/2018 – Tabella 2.4.I)

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in <i>Classe d'uso III</i> o in <i>Classe d'uso IV</i> , reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in <i>Classe d'uso IV</i> . Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Classi di costruzioni secondo il D.M. 17/01/2018

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Valori del coefficiente d'uso C_U (D.M. 17/01/2018 – Tabella 2.4.II)

Sulla base dei valori di progetto e dei siti di riferimento, sono di seguito riportati i parametri di sito da considerare al fine della determinazione delle forme spettrali da utili per la definizione dell'azione sismica di progetto:

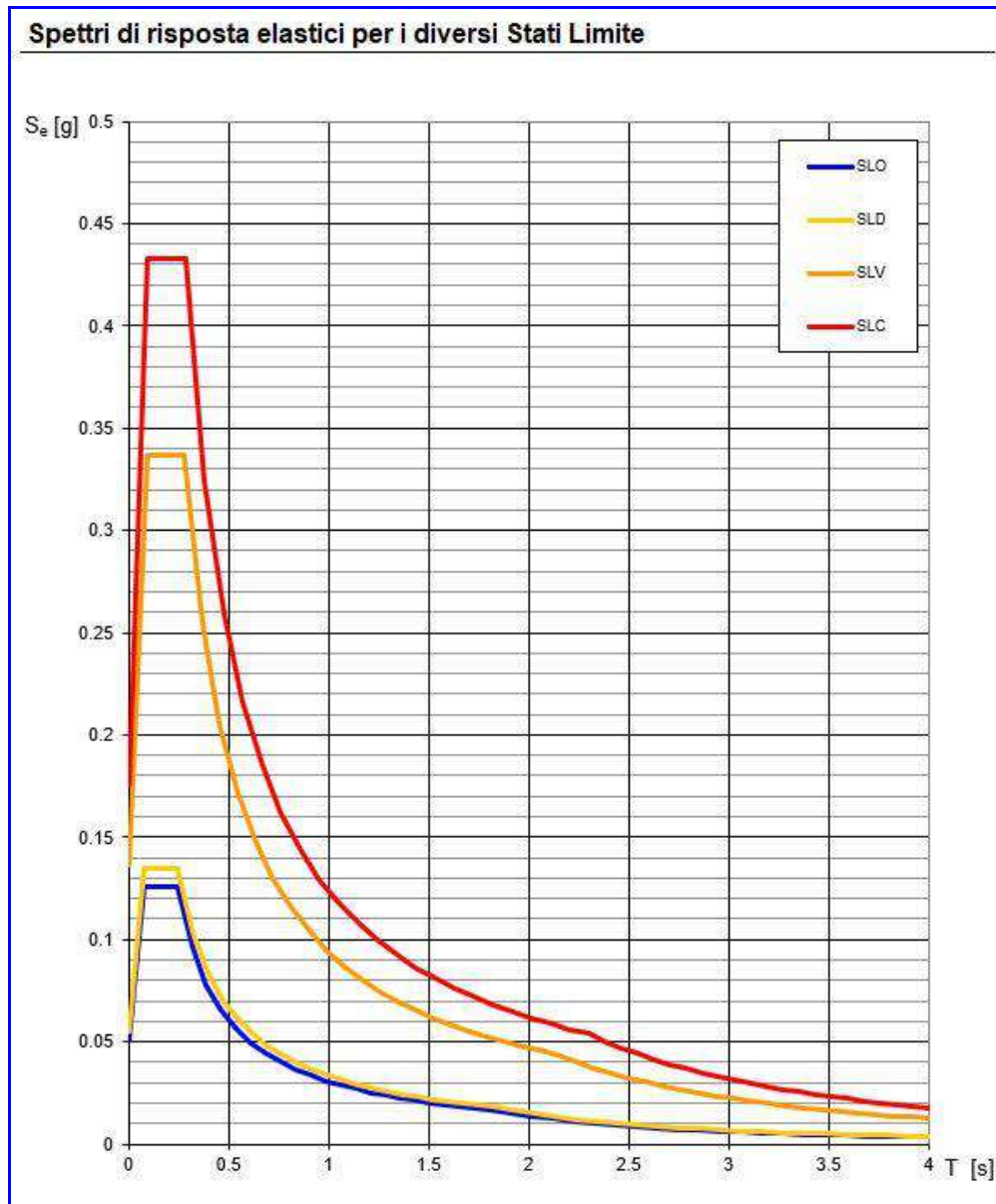
LON	E 10.340359°
LAT	N 44.680709°
V_N	50 anni
Classe	II
C_U	0.7

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T_c^* (s)
SLO	30	0.051	2.468	0.243
SLD	35	0.055	2.473	0.247
SLV	332	0.137	2.464	0.279
SLC	682	0.176	2.467	0.286

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.I)

Di seguito è riportato lo spettro di risposta elastico di riferimento (riferimento rigido con superficie topografica orizzontale - sottosuolo di categoria A) per il sito oggetto di studio, che esprime l'accelerazione spettrale (S) in funzione del periodo di vibrazione della struttura (T) e delle diverse probabilità di superamento legate agli stati limite sopra descritti.



Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite
(elaborazioni effettuate con "Spettri NTC-18" ver. 1.03)

Risposta sismica locale – EFFETTO DI SITO –

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalla complessa interazione tra le onde sismiche e le particolari condizioni locali, cioè l'insieme delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche dei depositi di terreno ed ammassi rocciosi e delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Sotto certe condizioni questa interazione determina una specifica risposta sismica locale rispetto a quella che si avrebbe in un sito di riferimento ideale, rigido con superficie topografica orizzontale.

Si denomina “risposta sismica locale” l'azione sismica quale emerge in “superficie” a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Per individuare in modo univoco la risposta sismica si assume come “superficie” il “piano di riferimento” per le diverse tipologie strutturali:

- per fondazioni superficiali questo coincide con il piano di imposta delle stesse;
- per fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali;
- nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera;
- per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Parametri di classificazione e determinazione delle categorie di sottosuolo

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Categorie di sottosuolo (D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.II)

Il parametro meccanico di base per la classificazione di un sito è $V_{s,eq}$ calcolato secondo la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = H / \left(\sum_{i=1}^N (h_i / V_{s,i}) \right)$$

Dove:

h_i spessore dell'i-esimo strato

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

N numero di strati

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia e terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

La profondità H del substrato è calcolata a partire dal piano di imposta per le fondazioni superficiali, dalla testa dei pali per le fondazioni profonde e a partire dalla testa dell'opera per le opere di sostegno.

$V_{s,eq} = V_{s,30}$ quando la profondità del substrato sia superiore a 30 metri.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} [m/s]$$

h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Le elaborazioni effettuate hanno permesso di attribuire al sito indagato la categoria di sottosuolo "B".

Condizioni topografiche

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, sono prescritte specifiche analisi di risposta sismica locale nel caso di condizioni topografiche complesse: e tabella.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Categorie topografiche (D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.IV)

Categorie topografiche riferite a geometrie prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore ai 30 metri

Le osservazioni effettuate hanno permesso di attribuire al sito indagato la categoria topografica "T1"

STATO LIMITE		Ss	Cc	St	k_h	k_v	Amax [m/s ²]	β
SLE	SLO	1,200	1,460	1,000	0,012	0,006	0,600	0,200
	SLD	1,200	1,450	1,000	0,013	0,007	0,642	0,200
SLU	SLV	1,200	1,420	1,000	0,039	0,020	1,607	0,240
	SLC	1,200	1,410	1,000	0,051	0,025	2,066	0,240

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA "MASW"

Caratteristiche generali dell'indagine

L'indagine effettuata è stata condotta con l'ausilio della tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), alla luce degli spazi e della logistica operativa riscontrata in cantiere, nonché tenendo conto delle finalità dell'indagine e del grado di dettaglio auspicabile dai risultati.

La tecnica Masw permette di realizzare una modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di superficie (di *Rayleigh* e di *Love*), attraverso una dettagliata ricostruzione della distribuzione delle onde S nel sottosuolo, realizzata mediante modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde superficiali, registrate da opportuno sismografo, con l'ausilio di geofoni di superficie a bassa frequenza ed indotte mediante energizzazione con fonte artificiale (massa battente).

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1) acquisizione dei dati sperimentali;
- 2) estrazione della curva di dispersione;
- 3) inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D), che descrive la variazione di Vs con la profondità.

Strumentazione impiegata

Per l'indagine effettuata si è acquisito i dati con un tromografo digitale *Moho* S.r.L modello "*Tromino ENGY BLU*", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 1024 Hz. Attraverso l'uso di un trigger radio wireless, con cui si registrano e regolano i tempi di energizzazione, questo strumento permette di eseguire prove di *sismica attiva* come la prova MASW.

La linea di acquisizione si è sviluppata su una lunghezza di 48 metri su cui si sono eseguite energizzazioni ogni 3 metri di distanza fino al raggiungimento di 16 energizzazioni.

In questo caso la registrazione è stata effettuata con una frequenza di campionamento di 512 Hz.

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software per prove MASW "Grilla" della *Moho* S.r.l.

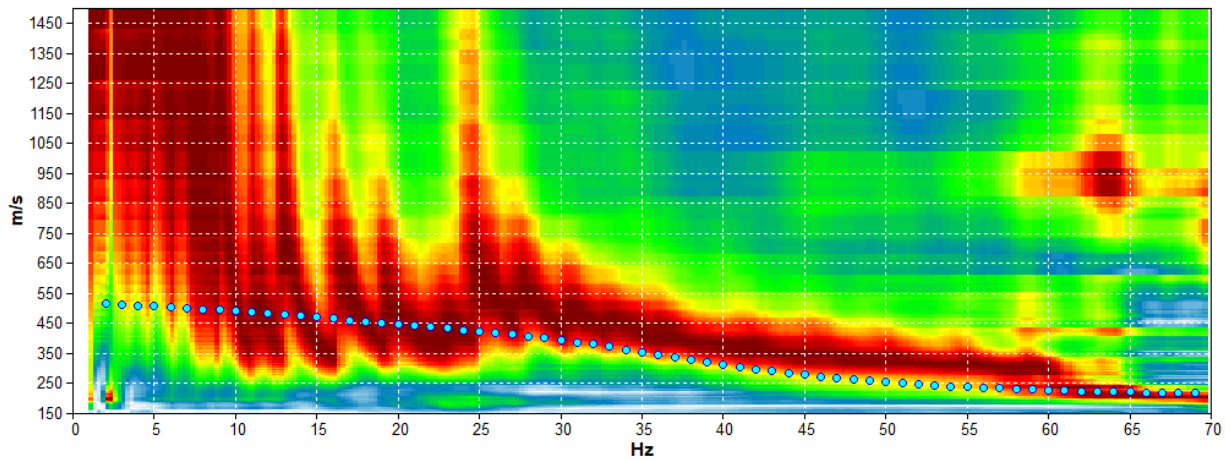


Figura 20 int –Velocità di fase/frequenza

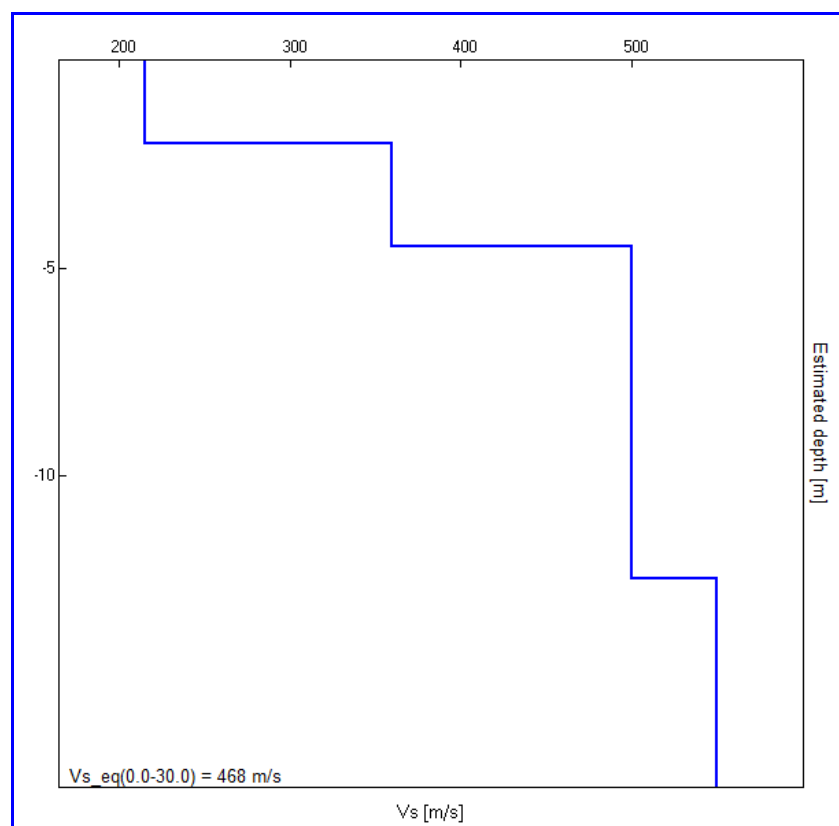


Figura 21 int Velocità onde S/profondità

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	215	0.45
4.50	2.50	360	0.45
12.50	8.00	500	0.45
inf.	inf.	550	0.45

$V_{s_eq} (0.0-30.0) = 468 \text{ m/s}$

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità $V_{s30}=468 \text{ m/sec}$** , che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo B** (così come definita nella normativa vigente).

MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR - HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (IPOTESI DI NAKAMURA) SUL TERRENO

Cenni metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione *HVSR* è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

È interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da *Nakamura* (*Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33*) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di *Rayleigh* che si propagano in un singolo strato soffice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di *Nakamura* sono le seguenti:

- i microtremori sono generati da sorgenti superficiali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;
- le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;
- la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;
- il picco visibile nei rapporti *H/V* (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde *S* verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di *Rayleigh*.

Le principali applicazioni delle prove *H/V* si possono così sintetizzare:

- misura delle frequenze di risonanza dei suoli e dei fabbricati;
- effetti di sito e microzonazione sismica (curve *H/V*, metodo di *Nakamura*);
- stratigrafia sismica passiva;
- V_{s30} da *fit* vincolato della curva *H/V*;
- segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze *H/V*, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione **f_0** .

È possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove V_s è la velocità media delle onde di taglio, e H è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR, in mancanza di un solido ancoraggio stratigrafico e senza quantitative informazioni sulle V_s ottenute da misure MASW/ESAC-REMI o da altri metodi da prove in foro (Cross-Hole, Down-Hole), non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde S e quindi della valutazione della V_{s30} .

Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta *Moho S.r.L* modello "Tromino ENG Y BLU", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 1024 Hz.

In questo caso la registrazione ha avuto una lunghezza di 20 minuti, con un campionamento a 128 Hz.

Data la situazione logistica dell'area da indagare le prove sono state realizzate nelle aree verdi disponibili.

Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software "Grilla".

Il programma consente di effettuare:

- analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri Sesame);
- determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- creazione di un *report* automatico con tabelle e illustrazioni.

Analisi dei dati HVSr 1

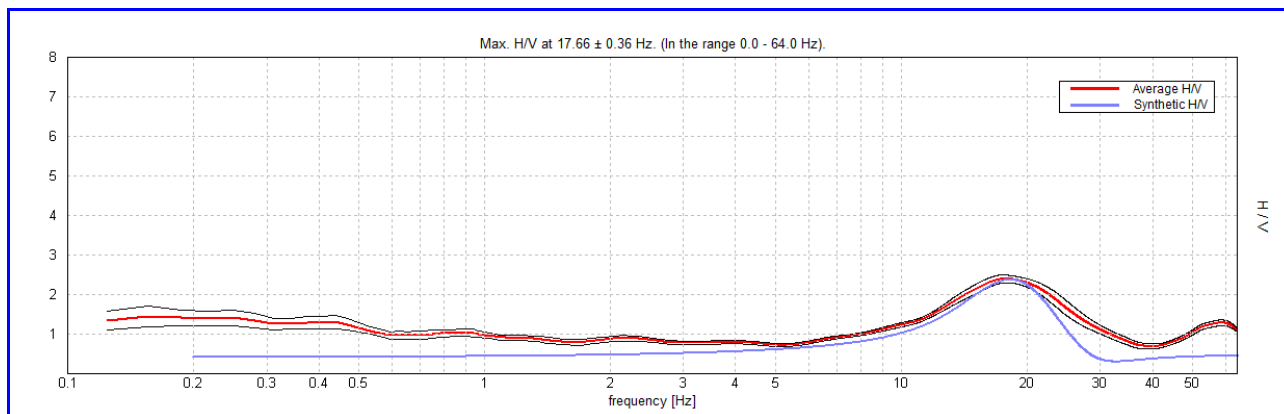


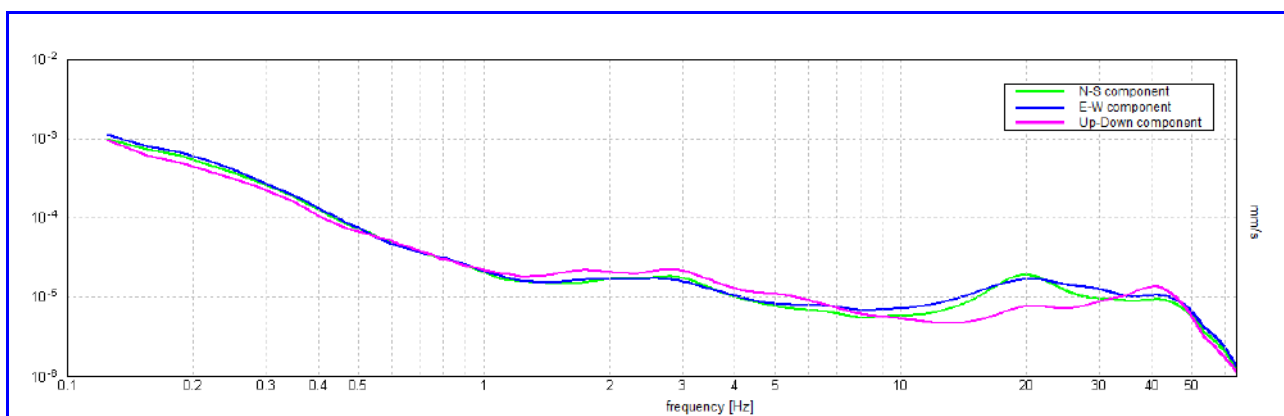
Figura 22 int – Rapporto H/V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- la frequenza di sito con maggiore ampiezza è stata riconosciuta ad una frequenza di 17.66 ± 0.36 Hz, nel range compreso tra 0.0 ed i 64 Hz. Questo picco risulta essere certamente di natura stratigrafica e corrispondente al passaggio tra litotipo argillosi-limosi a litotipi granulari, ad una profondità di circa 2.80 m da piano campagna. Il rapporto H/V presenta valori intorno a 2.5;

- i picchi analizzati soddisfano entrambe le due condizioni fondamentali che permettono di definirli come picchi di origine stratigrafica:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;



chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;

- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S) per tutto lo spettro di frequenze analizzato. Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);

- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0.5 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita".

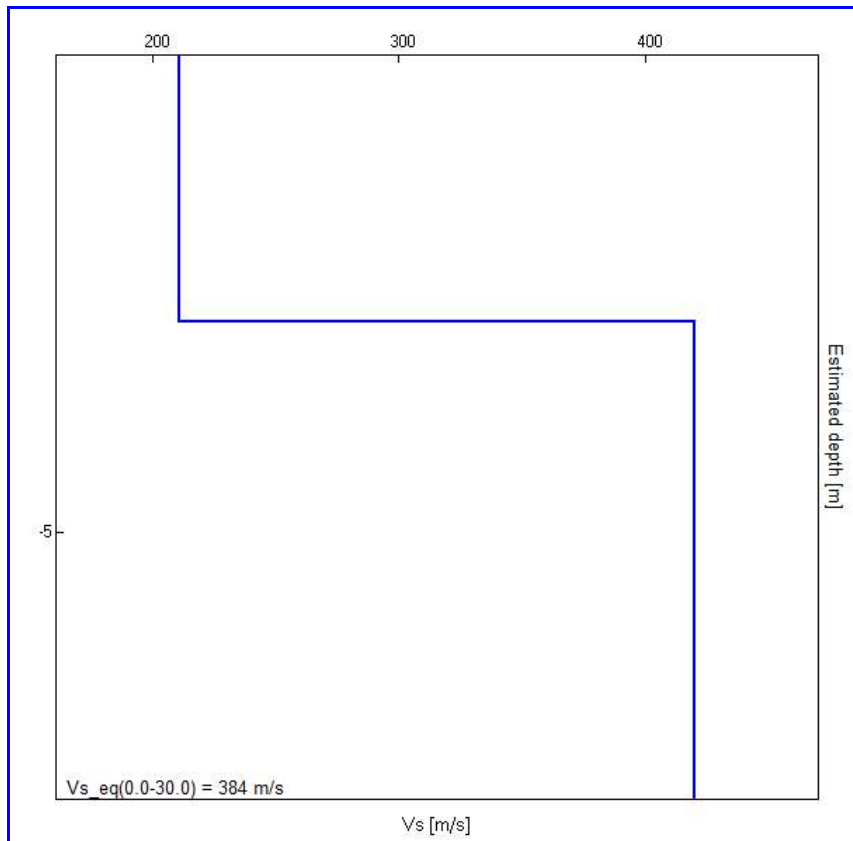


Figura 23 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSR 1

Analisi dei dati HVSR 2

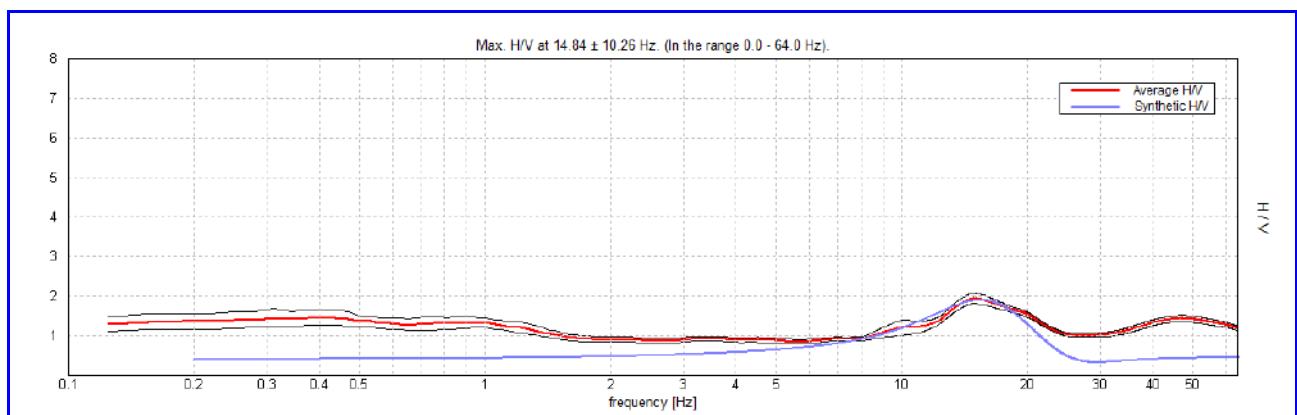
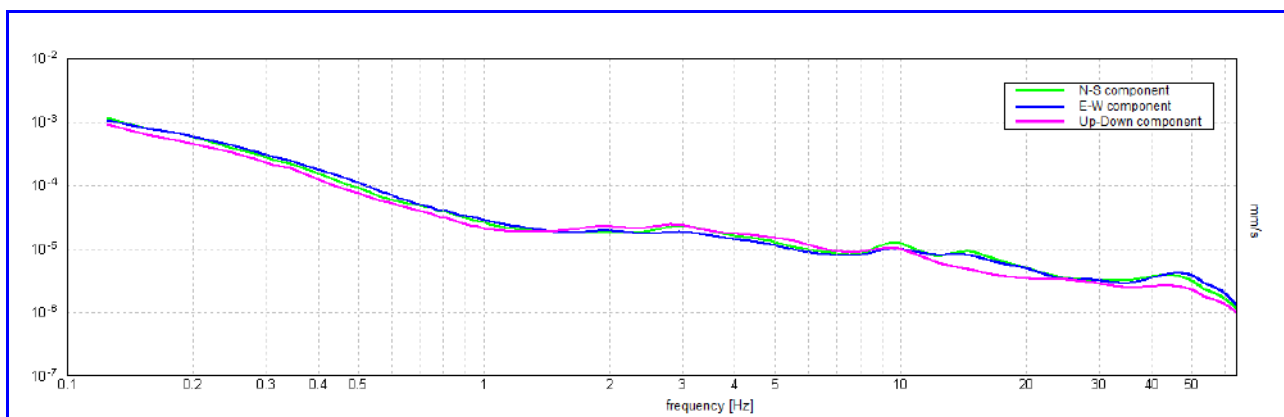


Figura 24 int – Rapporto H/ V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- la frequenza di sito con maggiore ampiezza è stata riconosciuta ad una frequenza di 14.84 ± 10.26 Hz, nel range compreso tra 0.0 ed i 64 Hz. Questo picco non risulta avere valenza ai fini ingegneristici. Il rapporto H/V presenta valori intorno a 2;
- i picchi analizzati soddisfano entrambe le due condizioni fondamentali che permettono di definirli come picchi di origine stratigrafica:
minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;



chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;

- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S) per tutto lo spettro di frequenze analizzato. Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0.5 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita".

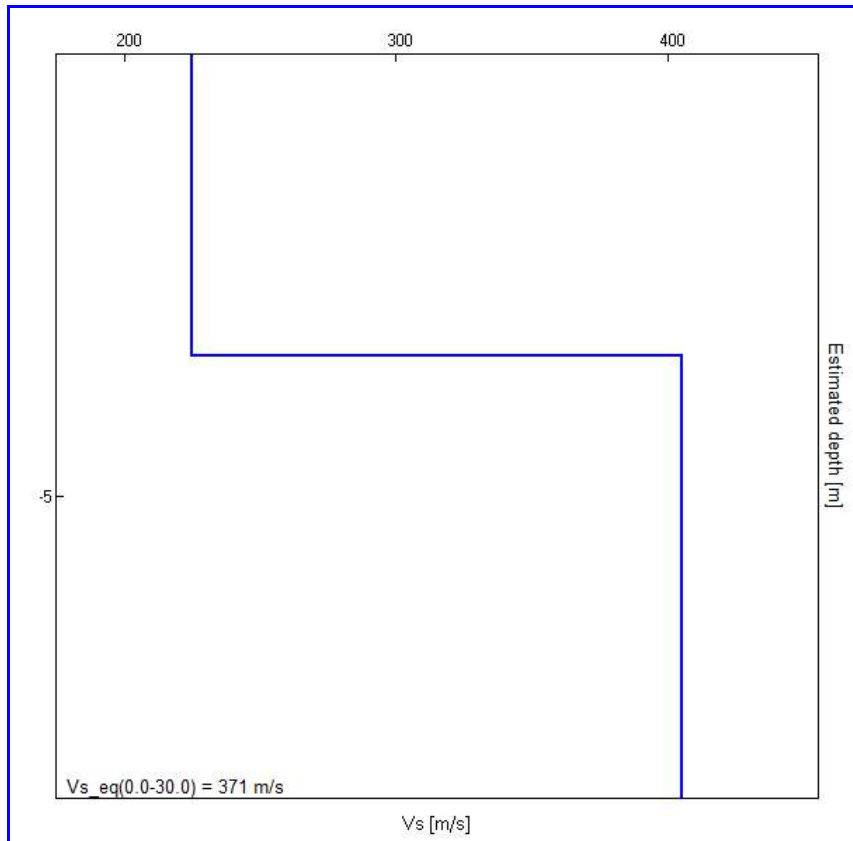


Figura 25 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSR 2

Analisi dei dati HVSR 3

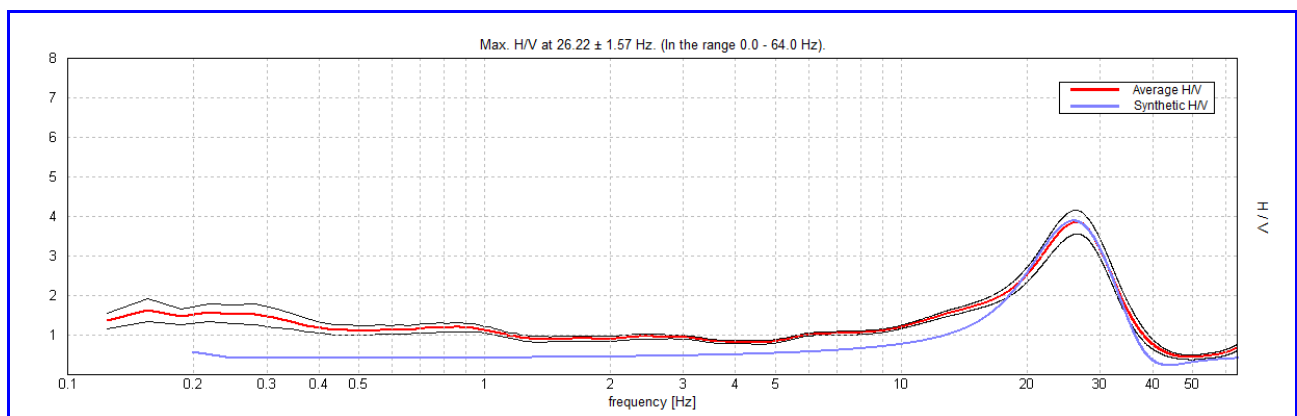
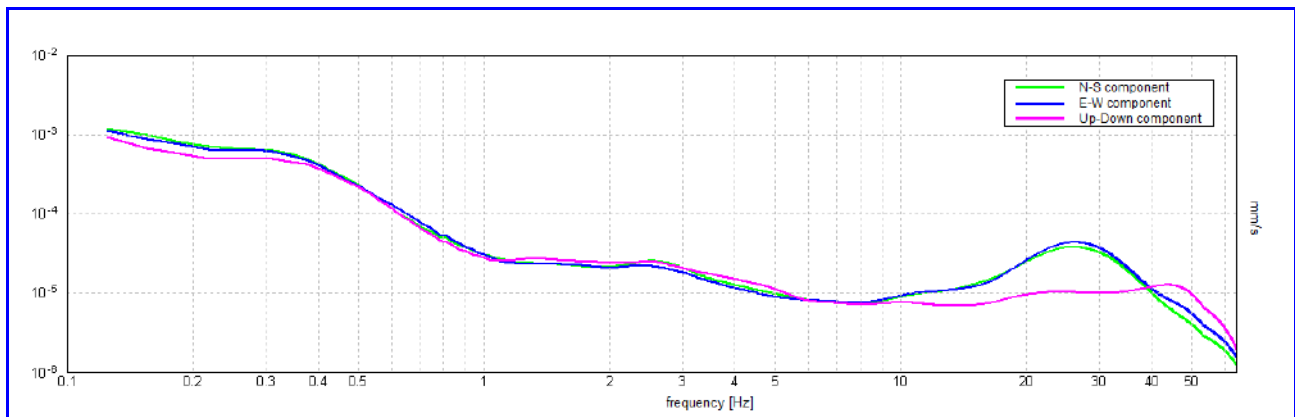


Figura 26 int – Rapporto H/V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- la frequenza di sito con maggiore ampiezza è stata riconosciuta ad una frequenza di 26.22 ± 1.57 Hz, nel range compreso tra 0.0 ed i 64 Hz. Questo picco risulta essere certamente di natura stratigrafica e corrispondente al passaggio tra litotipo argilloso-limosi a litotipi granulari, ad una profondità di circa 1.75 m da piano campagna. Il rapporto H/V presenta valori intorno a 4;
- i picchi analizzati soddisfano entrambe le due condizioni fondamentali che permettono di definirli come picchi di origine stratigrafica:
minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad

una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;



chiusura della curva H/V ad un valore di $2f_0$: qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;

- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S) per tutto lo spettro di frequenze analizzato. Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0.5 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita".

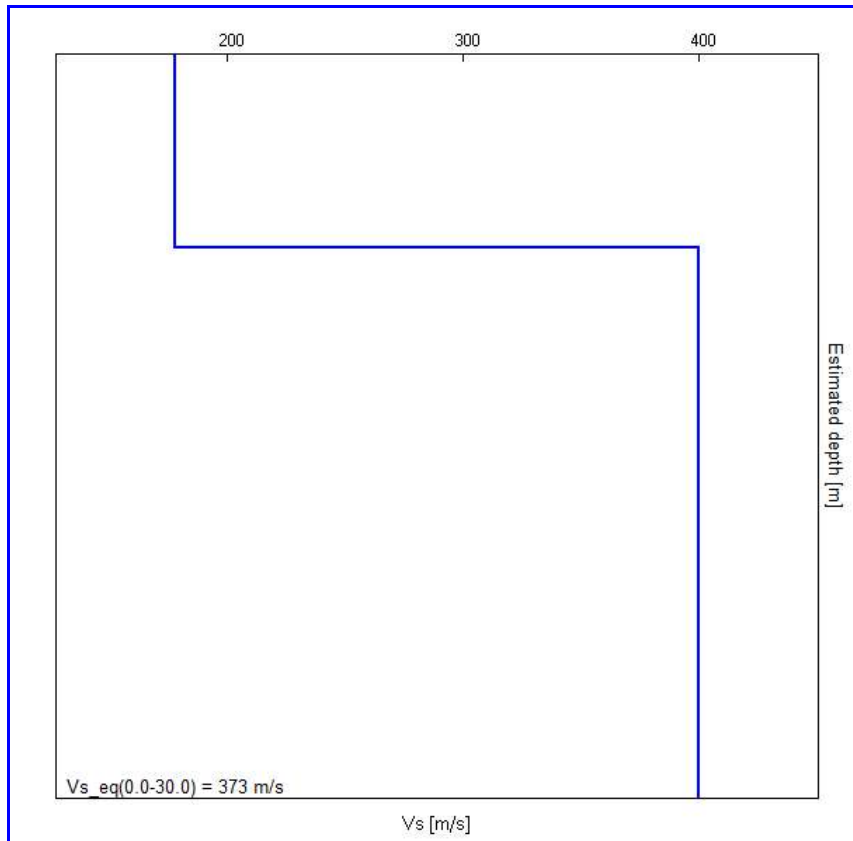


Figura 27 int Profilo Vs profondo ricavato dall'inversione della prova HVSr 3

11. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III LIVELLO – COMUNE DI TRAVERSETOLO E COMUNE DI MONTECHIARUGOLO

L'Amministrazione Comunale ha provveduto alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica di III livello in parte del territorio comunale.

Di seguito si riporta una sintesi di quanto evidenziato dagli studi effettuati. Gli stralci delle tavole tematiche relativamente all'areale indagato sono riportati in allegato.

Sintesi degli studi di microzonazione sismica – Comune di Traversetolo

- Frequenza naturale dei terreni:
Zona compresa in una Classe di frequenza con $F_0 > 8$ – Tavola XVI;
- Carta geologico tecnica:
Terreni di copertura: GP – Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia – Tavola XVII;
- MOPS – Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica:
2001 ZONA 1: Successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi alluvionali ghiaiosi con ridotta o assenza copertura di materiali fini limo-sabbiosi – Tavola XIX;
- Velocità delle onde di taglio S:
VSH = 466 Velocità V_s (m/s) delle onde di taglio S nei primi 30 m di terreno – Tavola XXI;
- FA_{PGA}: Fattore di amplificazione in termini di picco di accelerazione (Peak Ground Acceleration):
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{PGA} 1.5 ed 1.6 – Tavola XXII;
- FA_{is 0.1-0.5 s}: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.1-0.5 s:
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{is 0.1-0.5 s} 1.5 e 1.6 – Tavola XXIII;
- FA_{is 0.5-1.0 s}: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.5-1.0 s:
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA_{is 0.5-1.0 s} 1.3 e 1.4 – Tavola XXIV;

Sintesi degli studi di microzonazione sismica – Comune di Montechiarugolo

- Carta geologico tecnica:
Terreni di copertura: MLtf – Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità – Tavola XVIII;

- MOPS – Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica:

2001 ZONA 1: Successione stratigrafica costituita da alternanze di orizzonti a tessitura fine (argille e limi) e orizzonti a tessitura grossolana (ghiaie e ciottoli), sormontati da una coltre di copertura a tessitura fine con spessore medio di circa 5 metri – Tavola XX;

12. DETERMINAZIONE PRELIMINARE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

In condizioni sismiche, il termine “liquefazione” comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive, causano una riduzione della resistenza al taglio. La riduzione della resistenza può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzata e definitiva.

La liquefazione include tre principali fenomeni. Il primo è la “fluidificazione” che avviene quando le tensioni tangenziali richieste per assicurare le condizioni di equilibrio statico sono maggiori della resistenza al taglio del terreno al termine del terremoto. Ne consegue che una volta avviate, le deformazioni prodotte dalla fluidificazione possono proseguire anche dopo il terremoto. Il secondo fenomeno è quello della “mobilità ciclica” che si verifica quando le tensioni di taglio necessarie all’equilibrio statico sono minori della resistenza del terreno al termine del terremoto; in tal caso le deformazioni si sviluppano in maniera incrementale durante il terremoto. Il terzo fenomeno, che rappresenta un caso particolare di mobilità ciclica, è quello della “liquefazione ciclica” che si verifica nelle condizioni di free-field e piano campagna orizzontale.

Posizione del problema

In linea di principio, l’analisi di suscettibilità alla liquefazione di un dato sito richiede:

1. la valutazione delle caratteristiche dell’evento sismico atteso (fattore scatenante)
2. la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo (fattore predisponente);
3. la stima degli effetti conseguenti alla liquefazione.

In relazione al tipo di analisi prescelto, le caratteristiche del moto sismico dovranno essere valutate in termini di grandezze rappresentative (es. magnitudo, durata o storia temporale delle accelerazioni).

Per la caratterizzazione geotecnica del sito in esame dovranno essere effettuate opportune indagini in sito che permettano, direttamente od attraverso correlazioni empiriche, di caratterizzare:

- la profondità della falda;
- le condizioni stratigrafiche;
- le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni costituenti il deposito.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di pericolosità di liquefazione, se il livello di danno indotto dal fenomeno non è compatibile con la stabilità del sito, dovrà essere eventualmente valutata la possibilità di non utilizzare il sito o di modificare le caratteristiche dei manufatti oggetto di studio (od eventualmente di migliorare le caratteristiche meccaniche dei terreni).

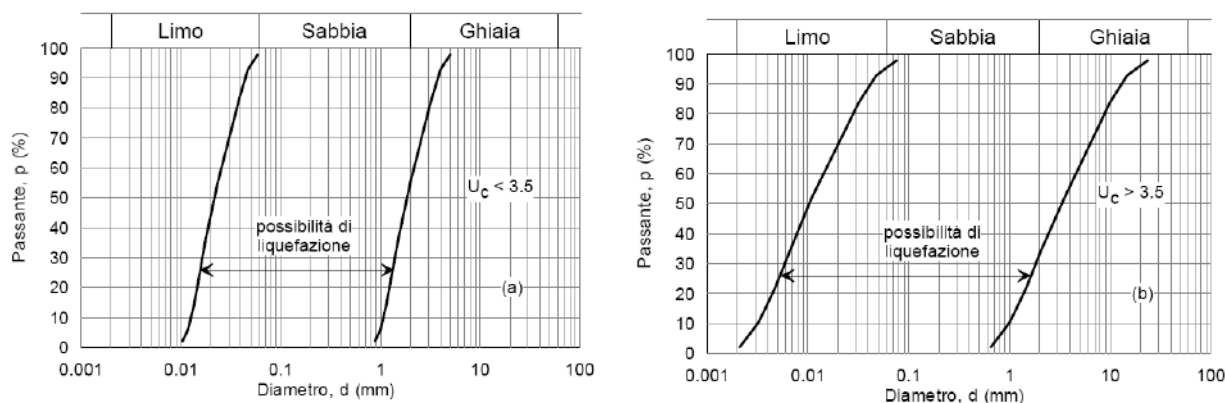
Rischio di liquefazione: verifica preliminare

Ai fini della presente relazione (in accordo con la normativa di riferimento), il termine “liquefazione” denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidezza causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Sulla base di un’analisi preliminare della sismicità del sito e delle caratteristiche geotecniche del deposito, si può ritenere che la probabilità che si verifichi la liquefazione sia estremamente bassa o nulla nel caso in cui si manifesti almeno una delle seguenti condizioni (art. 7.11.3.4.2 N.T.C.):

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$



La natura dei depositi riscontrati sotto il profilo litologico e dei processi morfogenetici deposizionali che li hanno formati permette di escludere il rischio di liquefazione per il sito oggetto di studio.

13. CONCLUSIONI

Il presente lavoro si è prefisso lo scopo di valutare le condizioni zonali dell'area di studio, esaminando il contesto geologico, morfologico ed idrologico presenti, insieme alla caratterizzazione geotecnica preliminare del sito, al fine di poter supportare l'intervento in ambito di progetto.

Di seguito si riporta una sintesi dei principali aspetti emersi:

Studio geologico

Il lotto in oggetto si colloca in parte all'interno del territorio urbanizzato dell'abitato di Mamiano e in parte nel Comune di Montechiarugolo, ad un'altezza di circa 150 metri s.l.m., inserita in un contesto morfologico sub pianeggiante, caratterizzato da una blanda pendenza con immersione verso nord nord-est, in accordo con la vergenza appenninica. Nel complesso l'area di studio risulta essere, per tutte le caratteristiche al contorno, **assolutamente stabile e con bassissima predisposizione al dissesto** (Tavola I, II e XV).

La gestione delle acque meteoriche di superficie risulta essere ben regimata, nelle aree agricole al contorno, grazie alla rete di scoline e fossi legata alla sistemazione agraria mantenuta efficace dalla costante manutenzione legata alle attività agricole presenti al contorno. Anche il sistema di raccolta delle acque legata alle infrastrutture viarie risulta efficiente. Al contorno, grazie anche ad una certa permeabilità dei suoli, non si sono notati fenomeni di ristagno od impantanamento.

L'idrografia di superficie è caratterizzata dal Torrente Parma, posto ad ovest ad una distanza di circa 280 metri, con direzione di scorrimento verso nord.

L'area secondo il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) risulta essere inserita in uno scenario P1-L con scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi ed associata ad una categoria di rischio moderato o nullo R1 (Tavola XIII e XIII bis).

Nella cartografia tematica di cui agli strumenti del PSC del Comune di Traversetolo (Carta Unica del Territorio 2 – Tavola VII), l'area risulta inserita in fascia C (Art. 10.18), come area di inondazione per piena catastrofica, in zona a vulnerabilità a sensibilità attenuata in relazione alla tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei.

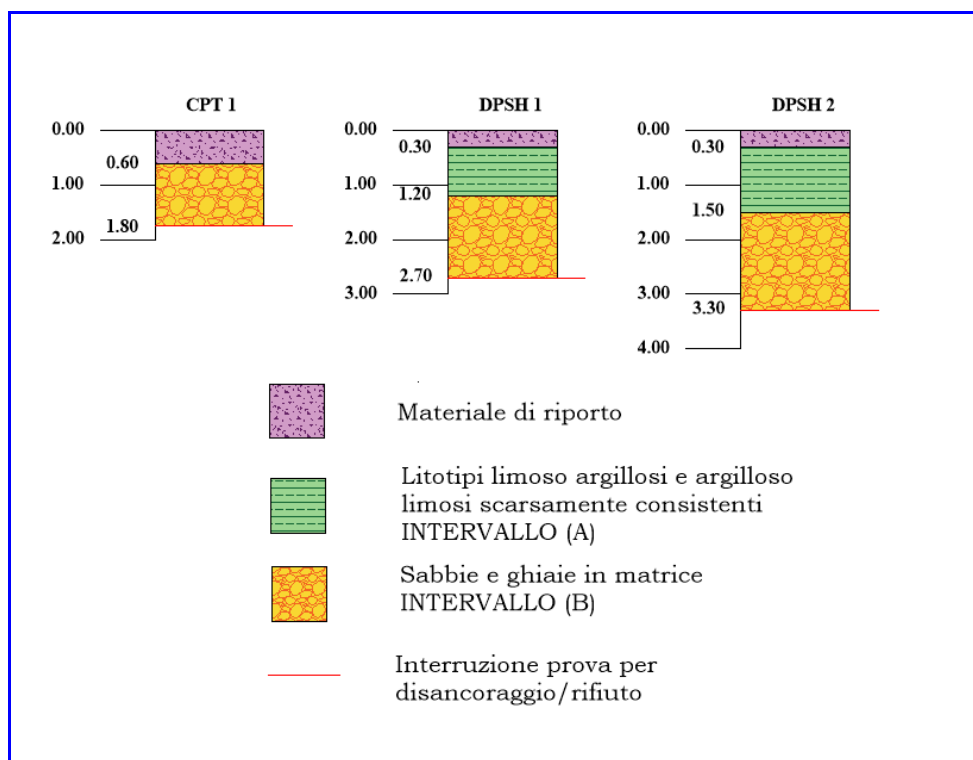
Nel corso delle indagini effettuate non si è osservata la presenza di un **sistema di circolazione idrica vero e proprio**. Tuttavia come evidenziato da bibliografia (*Valutazione dello stato delle acque sotterranee 2014-2019, ARPAE Emilia-Romagna*) e nel corso di precedenti studi realizzati nel medesimo contesto morfologico e stratigrafico e in zone limitrofe a quella d'indagine **il valore minimo medio annuale relativo agli acquiferi confinati inferiori di pianura alluvionale è stato registrato nel 2019 e risulta pari a circa 6,5 m dal piano campagna**.

La cartografia tematica esistente, in particolare la "Tavola QC Idro A5 del Piano Infraregionale delle Attività Estrattive – Carta Idrogeologica della Pianura e dei Sistemi Idrogeologici dell'Appennino Parmense" delinea l'andamento delle linee isofreatiche mediante pozzi e punti di controllo della rete piezometrica. Nell'area indagata le linee sono riportate ad una quota assoluta di circa 144 metri sul livello del mare, indicando una soggiacenza media di circa 6 metri dal piano campagna in corrispondenza dell'intervallo ghiaioso riconosciuto nel corso delle indagini.

L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica Regione Emilia-Romagna scala 1:10.000 Foglio 199 080 Tavola IV bis e PSC del Comune di Parma – Carta Geologica), si colloca in corrispondenza dei depositi di conioide alluvionale dell'**Unità Idice** appartenente all' **AESSa – Unità di Modena**. I depositi sono costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi. Questi depositi corrispondono all' **Diluvium Tardivo Q_{1r}** (Carta Geologica d'Italia 1:100.000 foglio 73 Parma - Tavola IV) costituito da alluvioni ghiaiose con lenti argilloso-sabbiose dell'alta Pianura, a suolo prevalentemente bruno.

Intervallo	Z _{min} (m)	Z _{max} (m)	γ (t/m ³)	γ_{SAT} (t/m ³)	γ' (t/m ³)	Cu (kg/cm ²)	Φ' (°)	E (kg/cm ²)
			γ (KN/m ³)	γ_{SAT} (KN/m ³)	γ' (KN/m ³)	Cu (KPa)		E (MPa)
Suoli	0.00	-0.60/-0.30						
A	-0.30	-1.20/-1.50	1.85	1.90	0.90	0.40	---	30
			18.14	18.63	8.83	39.23		2.94
B	-0.60/-1.20/- 1.50	-1.80/-2.70/- 3.30	1.85	1.90	0.90	---	38°	>370
			18.14	18.63	8.83	---		>36.29

Tabella 2-int Intervalli litologicamente e geomeccanicamente uniformi individuati



Qualora lo ritenga opportuno e sotto la propria completa responsabilità, il Progettista potrà utilizzare i parametri fisico-meccanici sopra riportati, desunti dalle risultanze dell'indagine geognostica svolta in sito, ai fini della definizione del modello geotecnico (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

Studio sismico

I parametri necessari per la determinazione delle forme spettrali da utili per la definizione dell'azione sismica di progetto sono stati ricavati dal programma messo a punto dal Ministero "Spettri NTC-18" ver. 1.0.3 in accordo con quanto previsto dal D.M. 17/01/2018

LON	E 10.340359°
LAT	N 44.680709°
V_N	50 anni
Classe	II
C_U	0.7

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T_c* (s)
SLO	30	0.051	2.468	0.243
SLD	35	0.055	2.473	0.247
SLV	332	0.137	2.464	0.279
SLC	682	0.176	2.467	0.286

Per la classificazione del sito in oggetto si è definito il parametro meccanico di base definito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, V_{s30} realizzando indagini geofisiche in sito mediante la tecnica "MASW".

Le elaborazioni effettuate hanno permesso di attribuire al sito indagato la categoria di sottosuolo "B" e la categoria topografica "T1".

La natura dei depositi riscontrati sotto il profilo litologico e dei processi morfo-genetici deposizionali che li hanno formati permette di escludere il rischio di liquefazione per il sito oggetto di studio.

Coefficienti sismici



Tipo

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m)

1

us (m)

0.1



Cat. Sottosuolo

B



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,46	1,45	1,42	1,41
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

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



0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.013	0.039	0.051
kv	0.006	0.007	0.020	0.025
Amax [m/s²]	0.600	0.642	1.607	2.066
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

La seguente campagna geognostica integrativa, eseguita a seguito delle richieste formulate dal Comune di Traversetolo di approfondire lo studio precedente mediante ulteriori indagini, conferma sostanzialmente quanto già riscontrato nel corso della campagna di dicembre 2023.

In particolare, le risultanze ottenute evidenziano la presenza omogenea di un primo livello superficiale di natura coesiva, prevalentemente limo-argillosa, seguito da un orizzonte più profondo costituito da terreni granulari a prevalente componente ghiaioso-sabbiosa fino almeno 10 metri oltre i quali le indagini geoelettriche hanno evidenziato la possibile presenza di successioni a componente limoso sabbiosa.

A seguito delle considerazioni effettuate, derivanti dalle valutazioni geologiche e geologico-tecniche formulate e fatte salve le prescrizioni di cui sopra, si ritiene di poter esprimere **un parere del tutto favorevole alla realizzazione delle opere in ambito di progetto.**

San Michele Tiorre, li 13 maggio 2026



Dott. Geol. Luca Calzolari

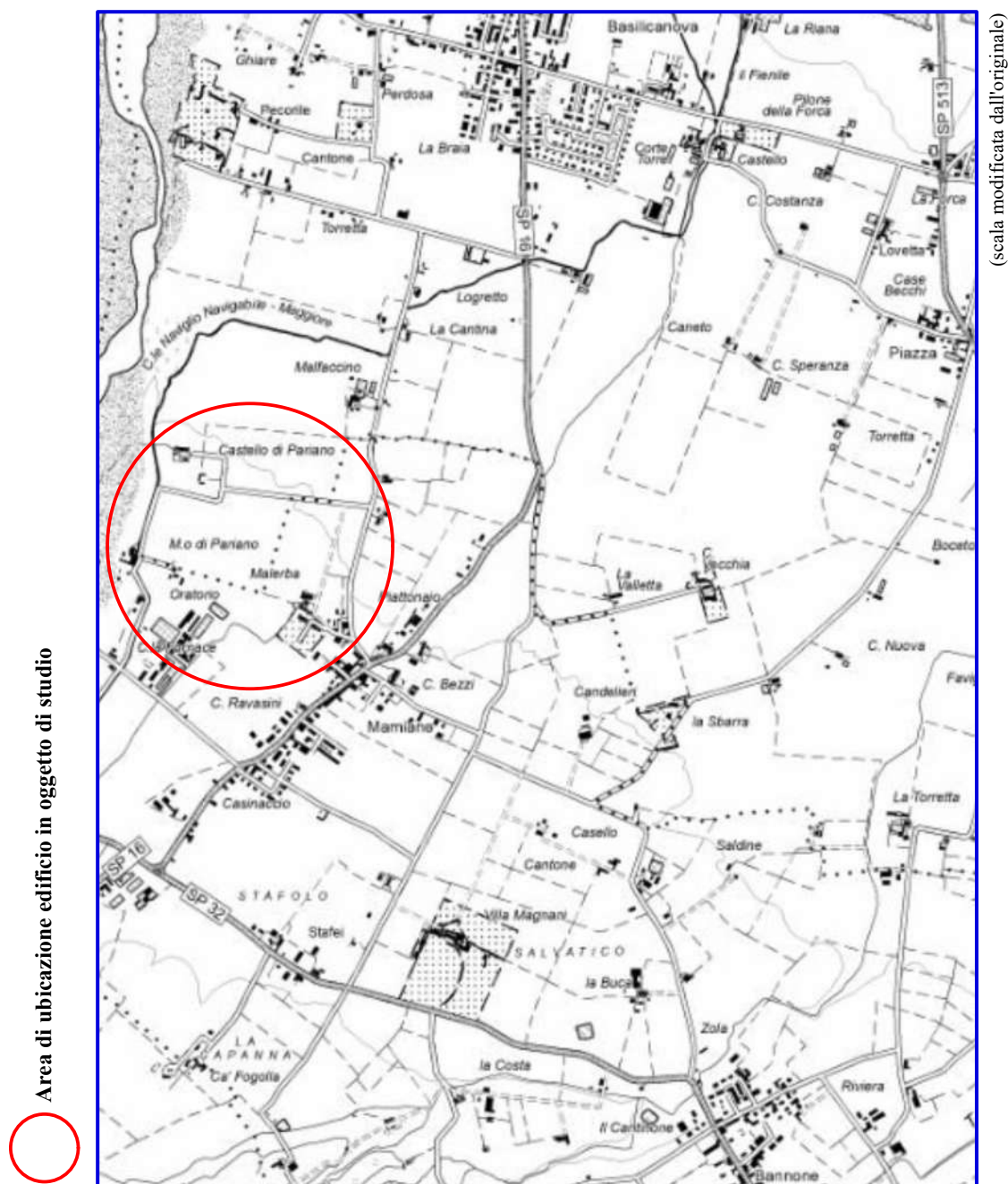
TAVOLE

Tavola I

STRALCIO CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE BIBBIANO

Tavola 200 - SO

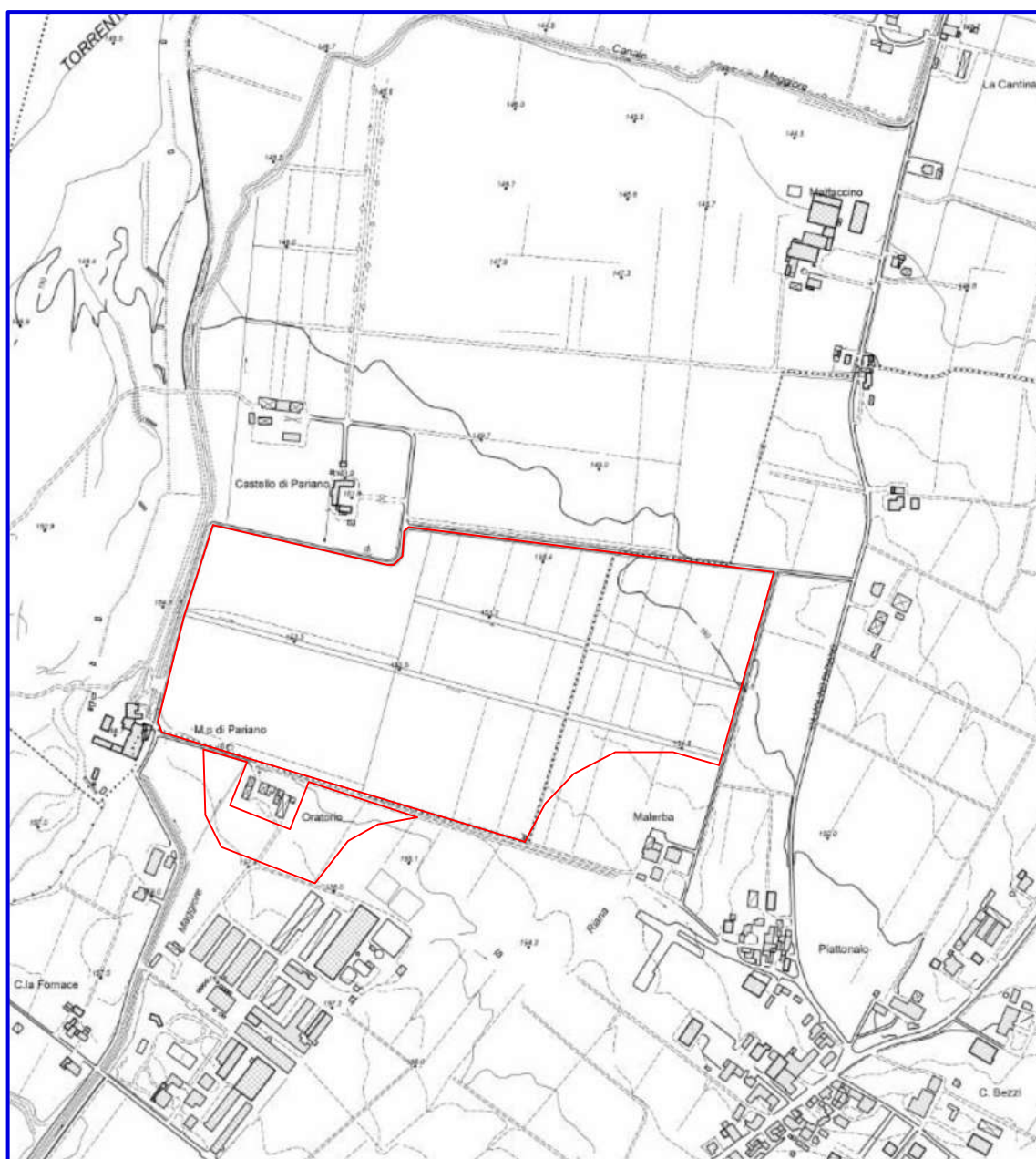
Scala 1:25.000



(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

Tavola II

STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE BASILICANOVA Foglio 200 - SO Elemento 094 Scala 1:5.000

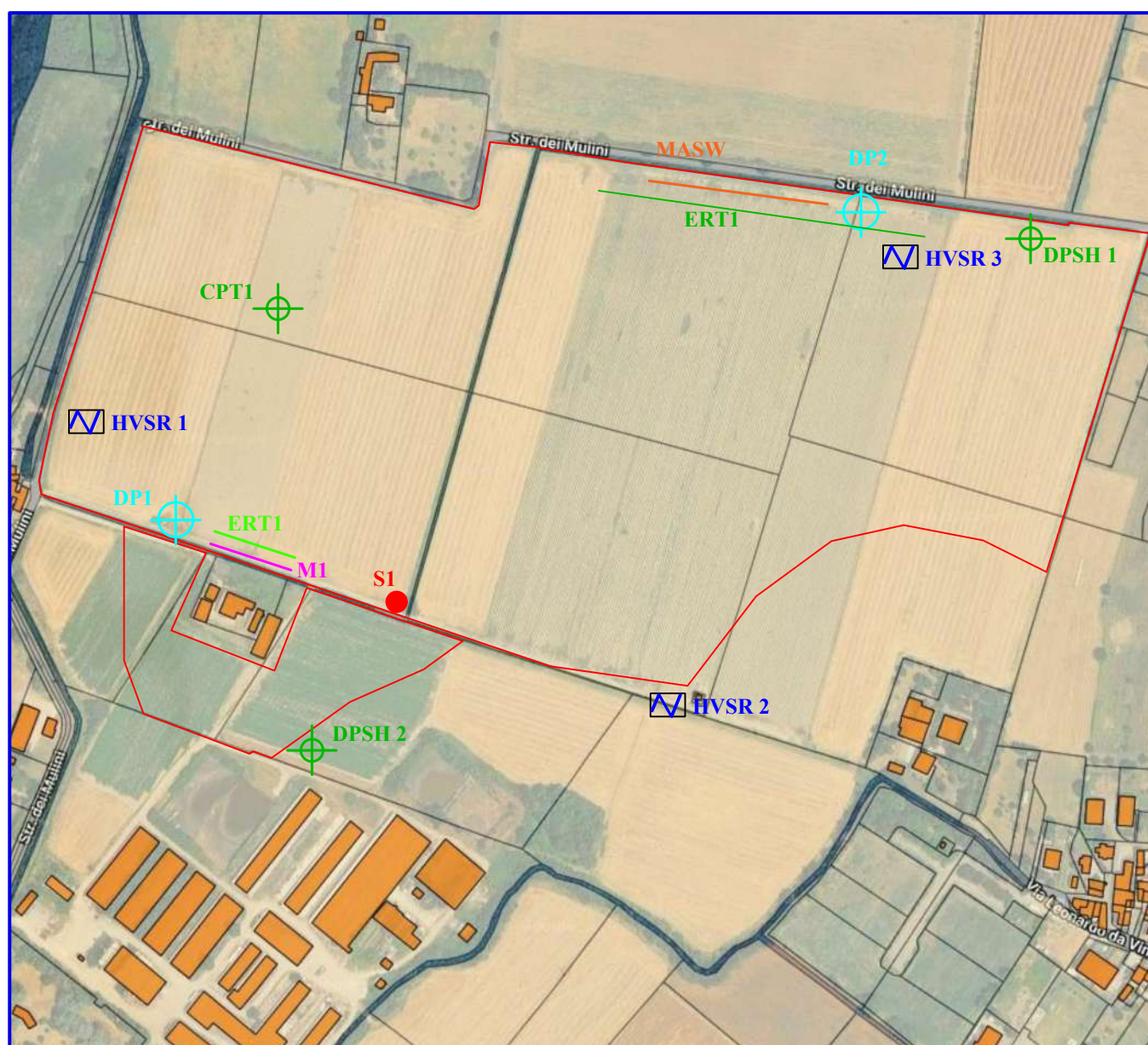


(scala modificata dall'originale)



Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

Tavola III**STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE E
UBICAZIONE DELLE PROVE EFFETTUATE****Scala 1:2.000****Comune di Traversetolo - Foglio 2 - Mappali vari
Comune di Montechiarugolo - Foglio 43 - Mappali vari**

(scala modificata dall'originale)



Area in oggetto di studio

(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

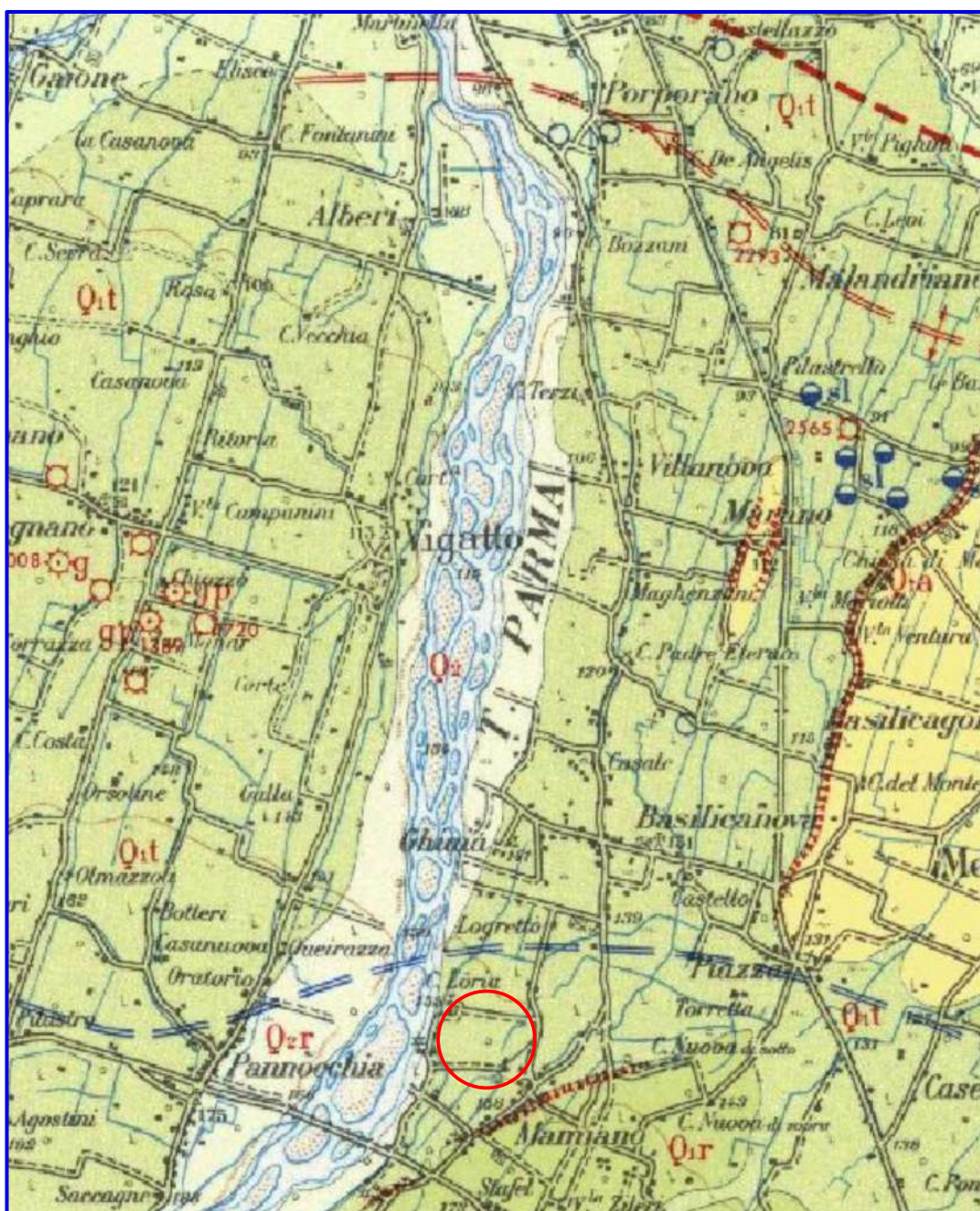
Campagna dicembre 2023:

Campagna maggio 2026:

Stendimento MASW (M1) **S1** Sondaggio a
percussione
Prove penetrometriche di tipo dinamico (DP1-DP2)
Stendimento di tomografia geoelettrica (ERT1)Stendimento MASW  Indagini HVSR
Prove penetrometriche di tipo dinamico (DPSH) e
statico (CPT)
Stendimento di tomografia geoelettrica (ERT1)

Tavola IV

STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - Foglio 73 - PARMA Scala 1:100.000



(scala modificata dall'originale)



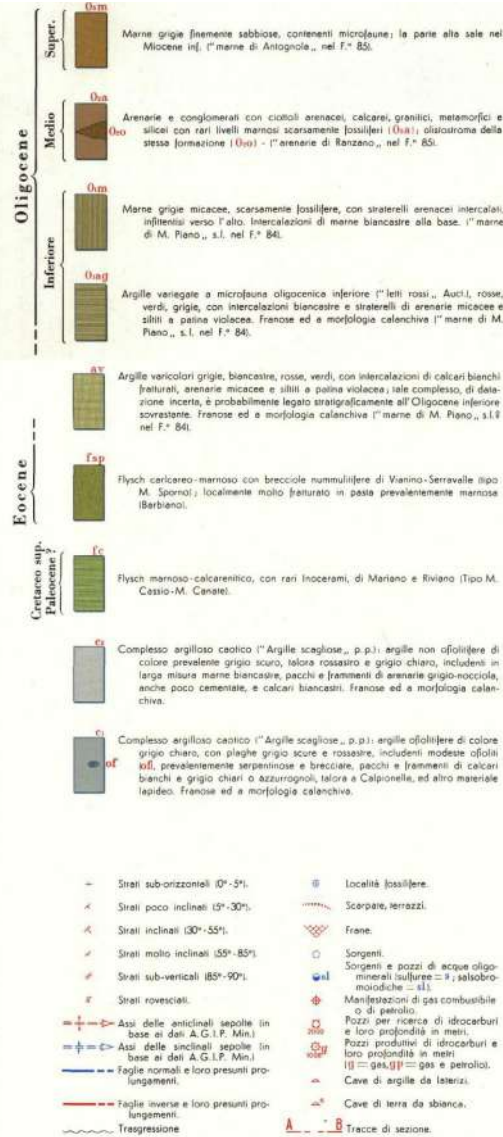
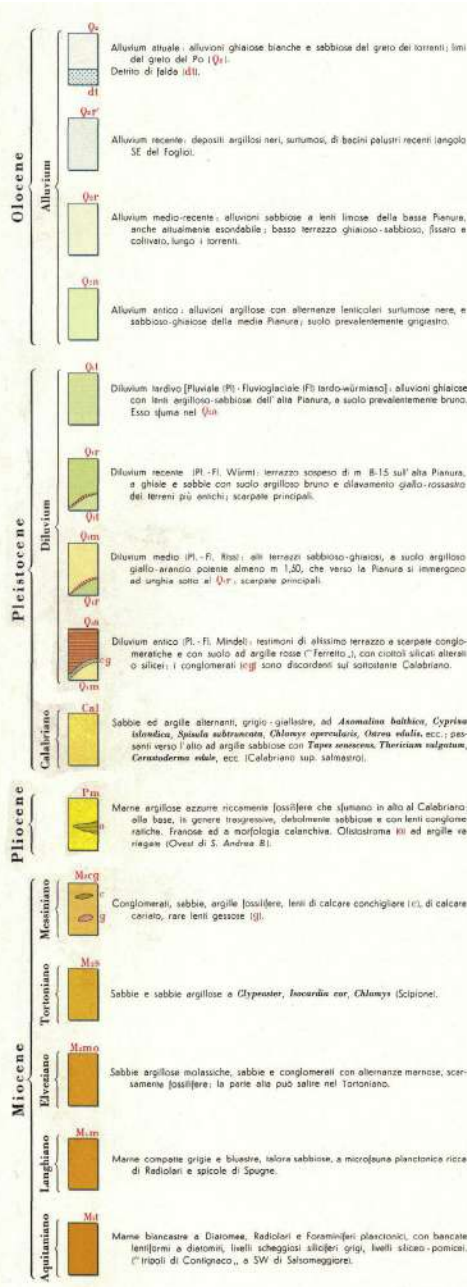
Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

LEGENDA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

- Foglio 73 -

PARMA



Schema dei rapporti stratigrafici
(Scala 1 : 25.000)

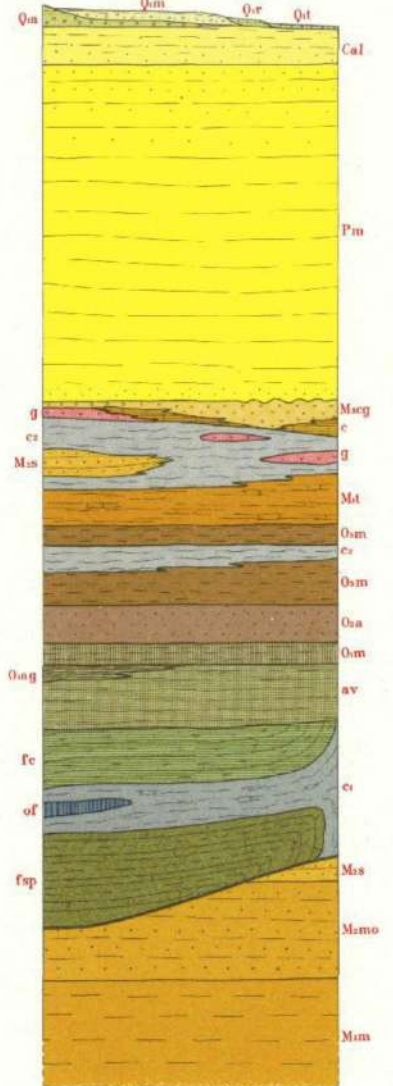
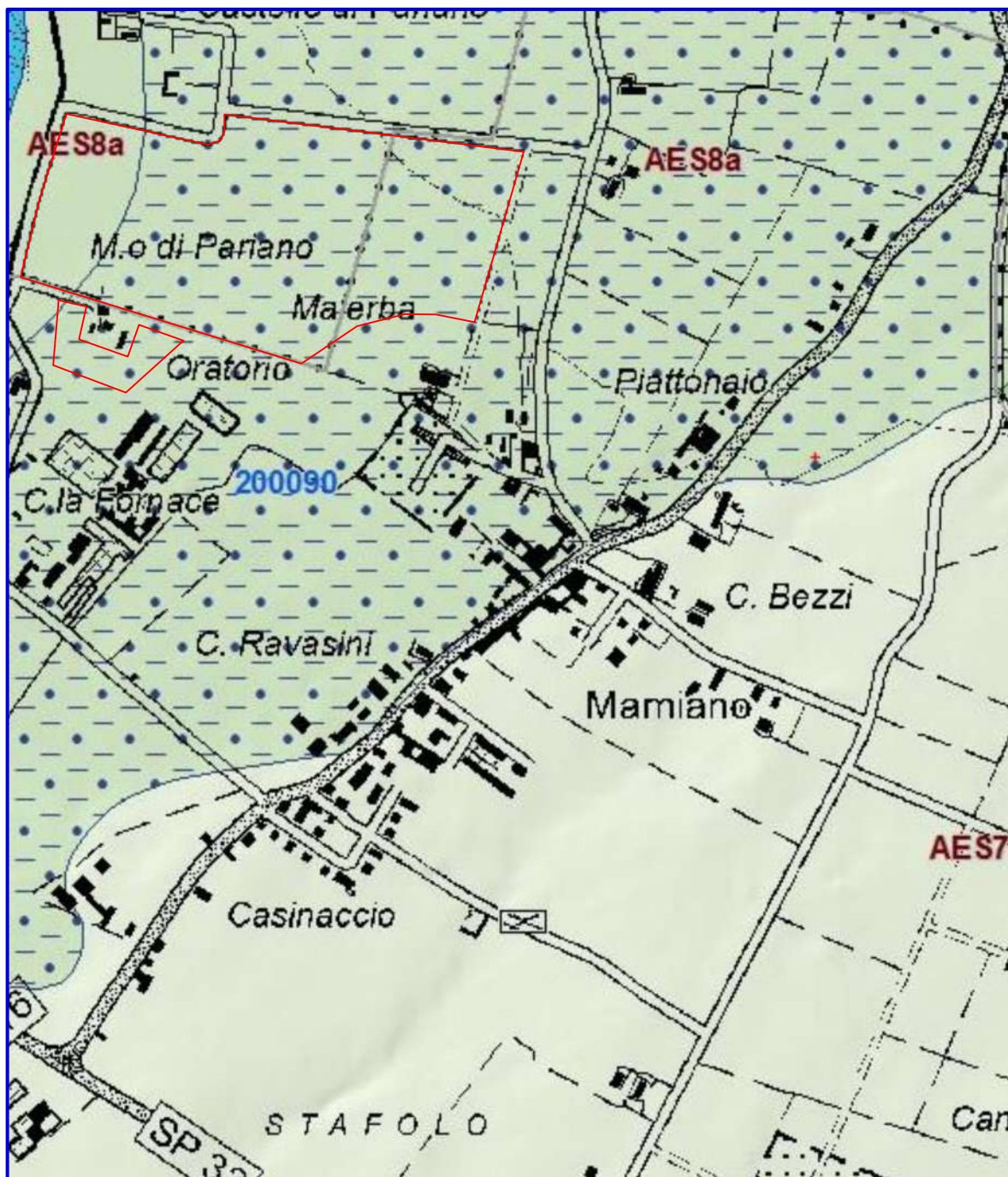


Tavola IV bis

STRALCIO CARTA GEOLOGICA REGIONALE EMILIA ROMAGNA - Scala 1:10.000 Foglio 200090 - BASILICANOVA



Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

STRALCIO LEGENZDA CARTA GEOLOGICA REGIONALE EMILIA ROMAGNA - Scala 1:10.000 Foglio 200090 - BASILICANOVA

AES8a - Unità di Modena

Parma Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

(Olocene)

Reggio nell'Emilia Depositati ghiaiosi e fini. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo e grigio-giallastro. Corrisponde al primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C.. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m).

(Post-VI secolo d.C.)

AES7a - Unità di Niviano

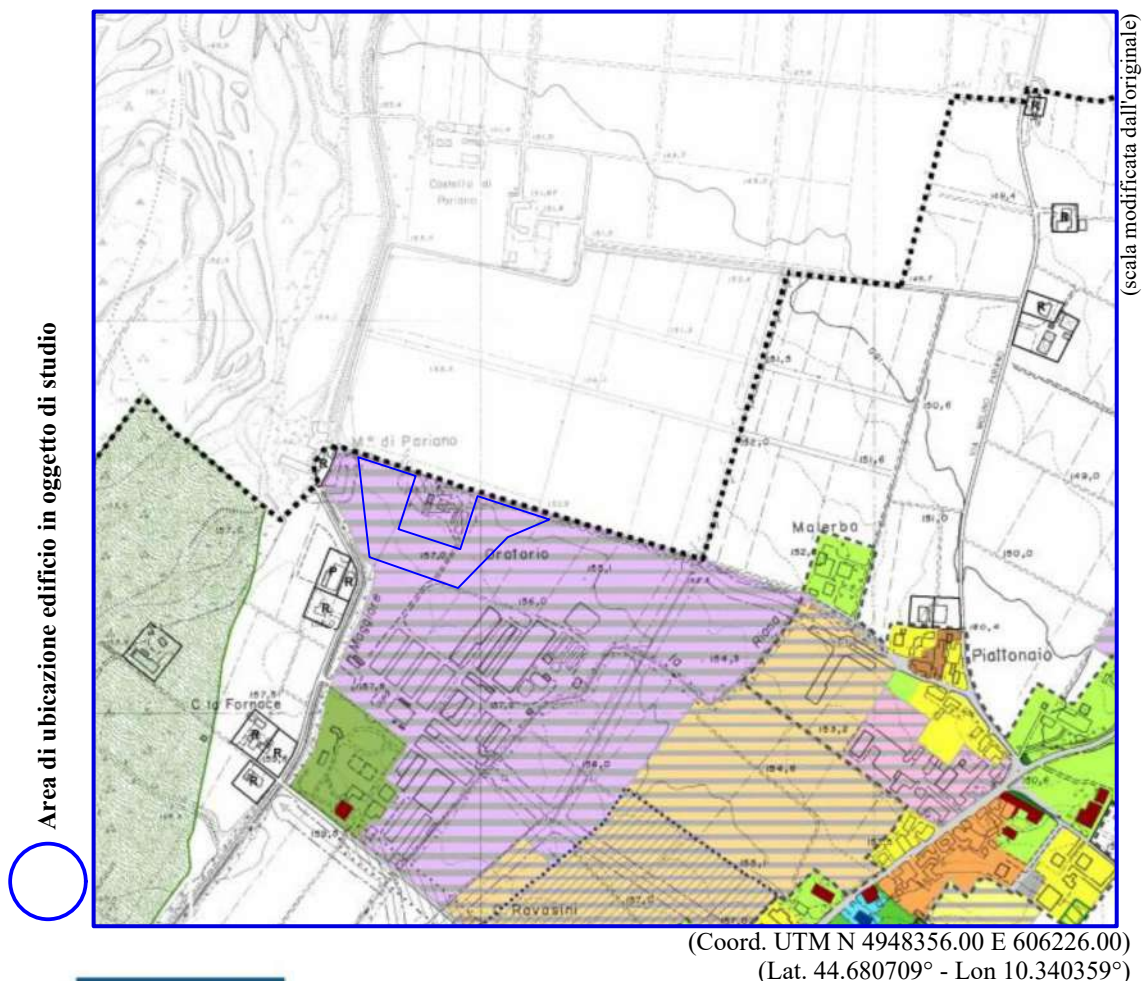
Parma Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e può raggiungere i 4-5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Lo spessore massimo è di circa 15 metri.

(Pleistocene sup.)

Reggio nell'Emilia Depositati continentali ghiaioso sabbiosi dei terrazzi intravallivi e di conoide dei fiumi principali, e limo-sabbiosi dei torrenti minori. Al tetto suoli decarbonatati, a luoghi rubefatti, con fronte di alterazione < 5 metri, orizzonti superficiali con colore variabile a seconda della litologia da rosso bruno a giallo bruno. Contatto inferiore in discontinuità su unità più antiche. Contatto superiore coincidente con la superficie topografica nelle aree intravallive e pedecollinari, sepolto da AES7b e AES8 nell'alta pianura. Potenza affiorante < 10 m o non valutabile.

(Pleistocene sup.)

**STRALCIO DEL RUE
DEL COMUNE DI TRAVERSETOLO
Scala 1:10.000**



**STRALCIO DEL PSC
DEL COMUNE DI TRAVERSETOLO
CARTA DEI VINCOLI IDROGEOLOGICI
Scala 1:10.000**



(scala modificata dall'originale)

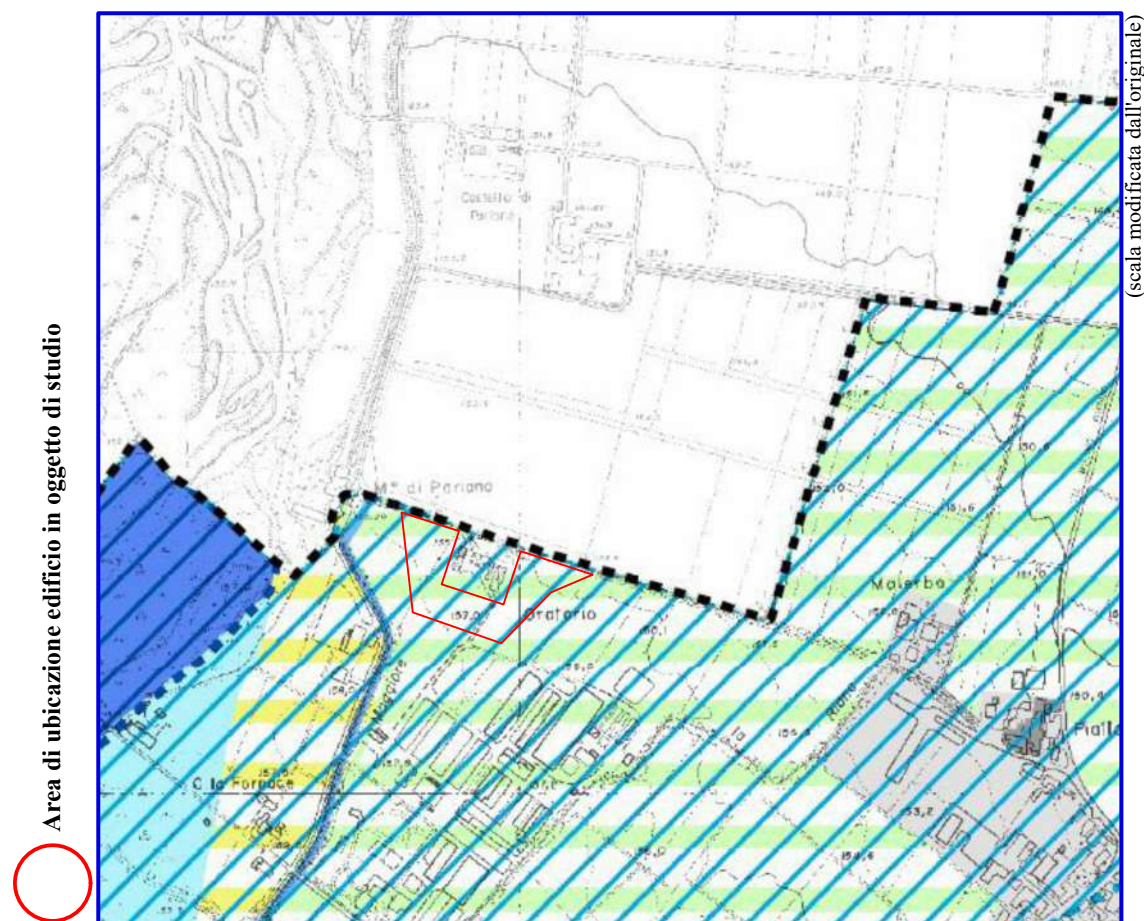
(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)



PSC Titolo VII - Sistema dei vincoli e delle tutele
CAPO V - Vincolo idrogeologico

LEGENDA

- | | |
|---|--|
|  | Aree soggette a vincolo idrogeologico (Art.10.40) |
|  | Confine Comunale |
|  | Territorio urbanizzato |
|  | Territorio urbanizzabile |
|  | Ambiti specializzati per attività produttive esistenti |
|  | Ambiti specializzati per attività produttive di sviluppo |
|  | Ambiti di riqualificazione in territorio rurale |
|  | Nuclei rurali di antico insediamento |

Tavola VII**STRALCIO DEL PSC
DEL COMUNE DI TRAVERSETOLO
CARTA SISTEMA DEI VINCOLI E DELLE TUTELE
Scala 1:10.000**

(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)



PSC Titolo VII - Sistema dei vincoli e delle tutele
CAPO II - Tutela delle risorse idriche, assetto idrogeologico
e stabilità dei versanti

LEGENDA

- Zona di deflusso della piena - fascia A - ambito A1 (Art.10.16)
- Zona di deflusso della piena - fascia A - ambito A2 (Art.10.16)
- Zone di tutela ambientale ed idraulica dei corsi d'acqua - fascia B (Art.10.15)
- Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10.17)
- Area di inondazione per piena catastrofica - fascia C (Art.10.18)
- Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (Art.10.19)
 - Bacini drenanti direttamente su aree vulnerabili
 - Vulnerabilità a sensibilità elevata
 - Vulnerabilità a sensibilità attenuata
- Area di ricarica degli acquiferi
- Area a pericolosità geomorfologica molto elevata (Art.10.20)
- Area a pericolosità geomorfologica elevata (Art.10.21)
- Area a pericolosità geomorfologica moderata (Art.10.22)

CAPO IV - Fasce di rispetto e di tutela**LEGENDA**

- Pozzi per la captazione di acque destinate al consumo umano
- Rispetto ai punti di captazione di acque destinate al consumo umano (Art.10.37)
- Fascia di rispetto ristretta
- Fascia di rispetto allargata
- Tessuti urbanizzati di antico impianto
- Tessuti urbanizzati di impianto recente
- Confine Comunale

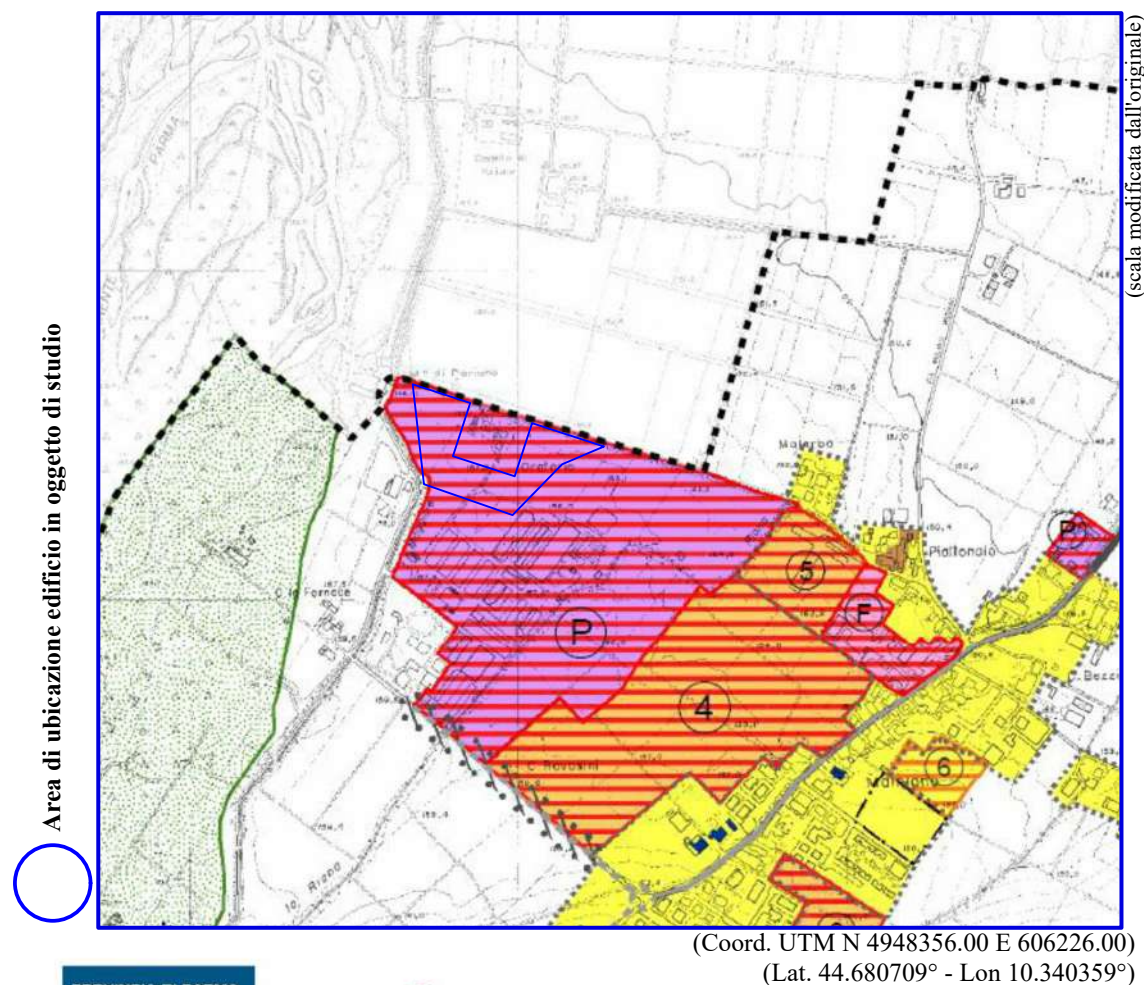
Tavola VIII

STRALCIO DEL PSC

DEL COMUNE DI TRAVERSETOLO

CARTA DEGLI AMBITI E DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI

Scala 1:10.000

**TERRITORIO URBANIZZABILE**

-  Ambiti per nuovi insediamenti già previsti dal P.R.G. previgente confermati - ANC
-  Ambiti per i nuovi insediamenti - AN
-  Ambiti di riqualificazione e trasformazione funzionale - ART**

Tavola IX

STRALCIO DEL RUE DEL COMUNE DI MONTECHIARUGOLO

Scala 1:5.000



(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

REGIONE EMILIA ROMAGNA PROVINCIA DI PARMA

COMUNE DI MONTECHIARUGOLO

R.U.E.

REGOLAMENTO URBANISTICO EDILIZIO

STRUMENTO URBANISTICO VIGENTE

Approvato con delibera di Consiglio Comunale n. 88 del 09/10/2015

ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO
BASILICANOVA SUD
PIAZZA

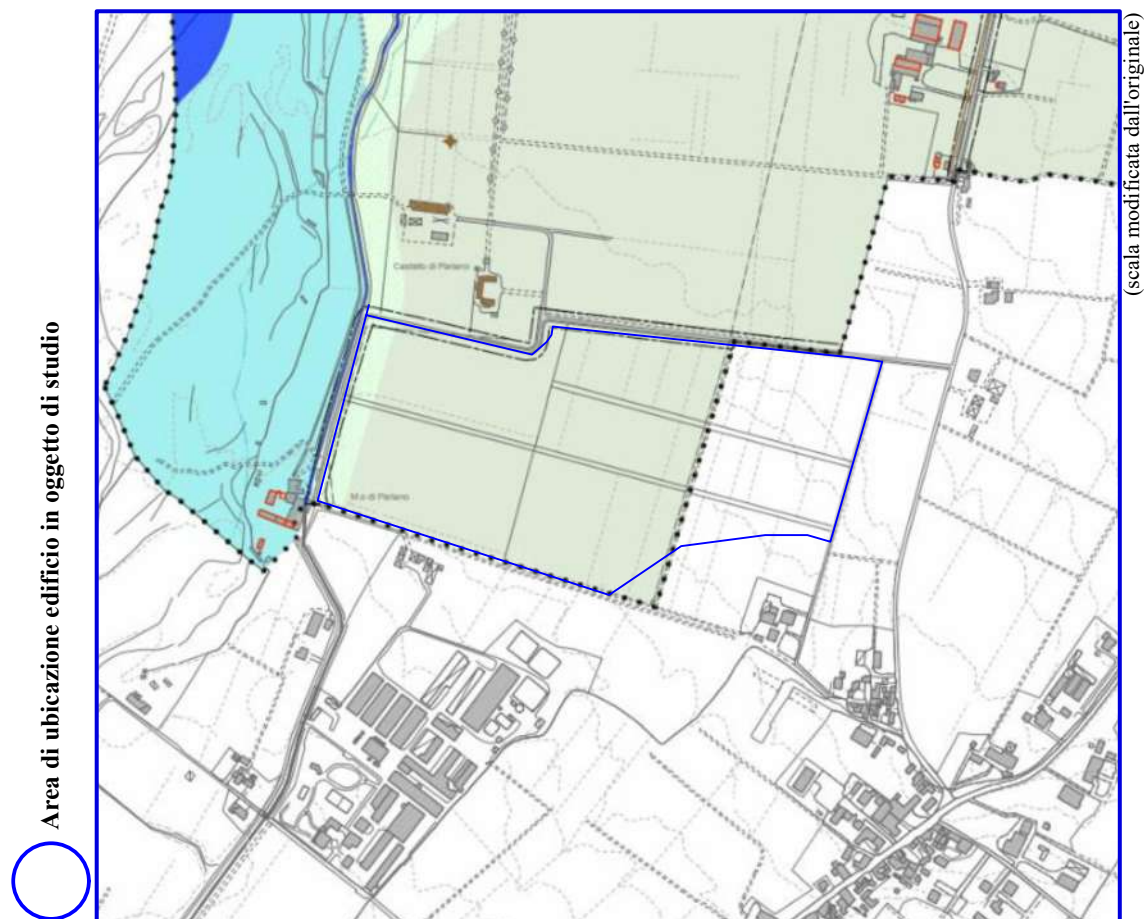
TAV. RUE 1.7
RAPPORTO 1:5000

SISTEMA AMBIENTALE (TITOLO II° N.T.A. - R.U.E.)

- Zone di tutela/E3 (Art. 5)
 - Zone di protezione idrogeologica/E4 (Art. 6)
 - Perimetro delle zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini, corsi d'acqua (Art. 17 P.T.P.R. - Art. 12)
 - Perimetro delle zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale (Art. 19 P.T.P.R. - Art. 14)
 - Perimetro delle Unità di paesaggio
 - Perimetro delle zone da sottoporre a progetti di tutela, recupero e valorizzazione
- Territorio rurale
- Zona agricola per funzioni connesse alla conduzione del fondo/E1 (Art. 105)

Tavola X

STRALCIO DEL PUG DEL COMUNE DI MONTECHIARUGOLO CARTA DISCIPLINA DEGLI INTERVENTI Scala 1:5.000



(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

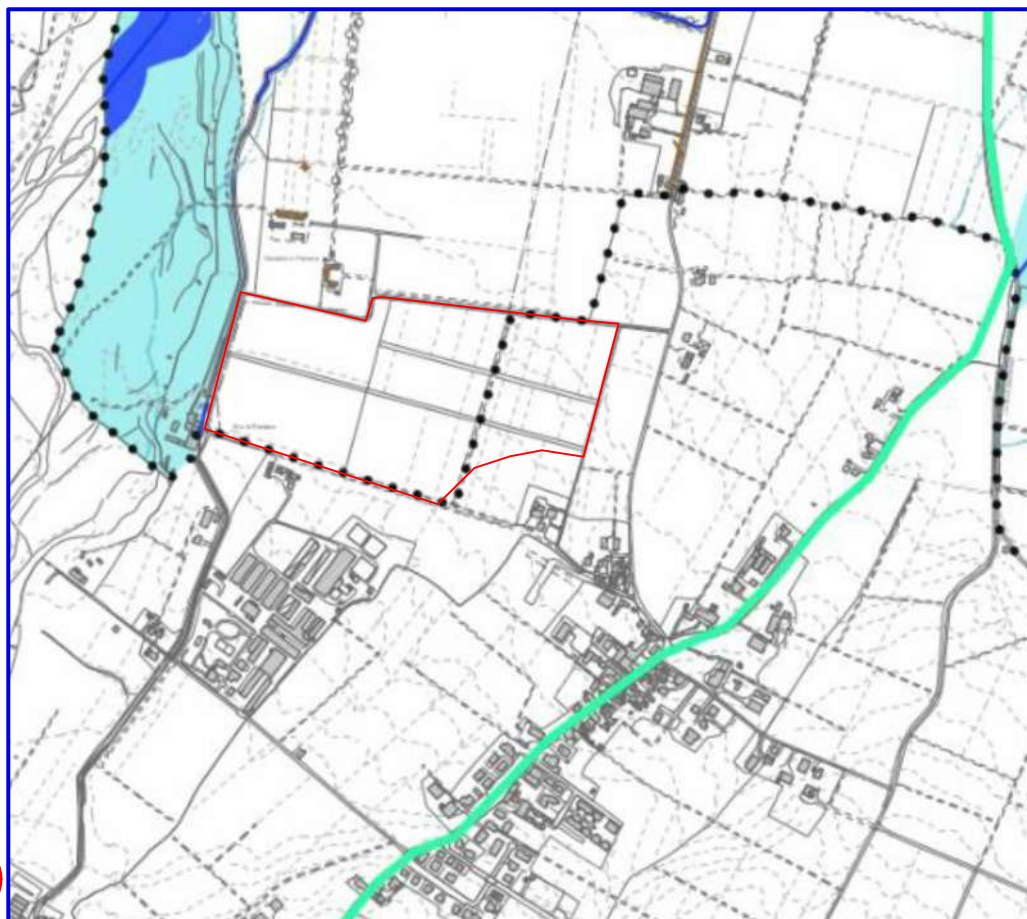


ambiti rurali	
	agricolo normale - art.42
	ad alta vocazione agricola - art.42
	valore paesaggistico - art.42
	valore naturale ed ambientale - art.42
	corridoi ecologici per il potenziamento dell'equipaggiamento vegetazionale - art.57
	aree di alveo - art.42
	aree boscate - art.42
	cabina AT - art.42
	impianto tecnologico - art.42, comma 3
	zone agricole speciali - art.49

Tavola XI

STRALCIO DEL PUG DEL COMUNE DI MONTECHIARUGOLO CARTA TAVOLA DEI VINCOLI PAESAGGISTICI Scala 1:11.500

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio



(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

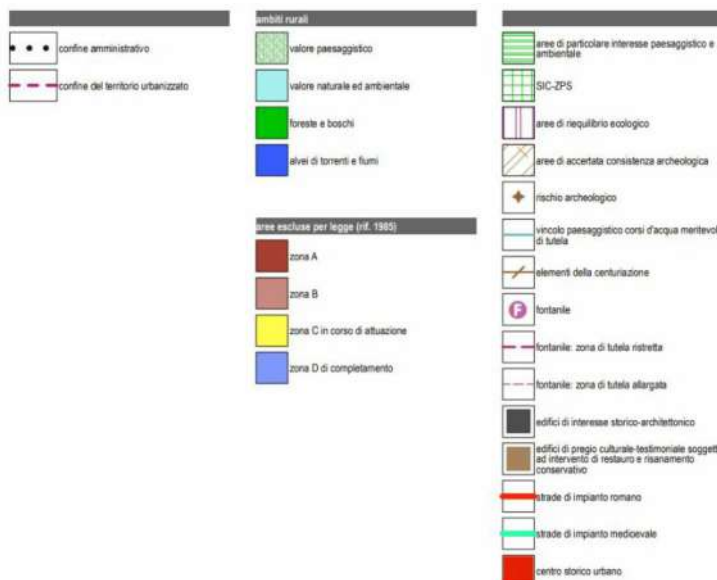
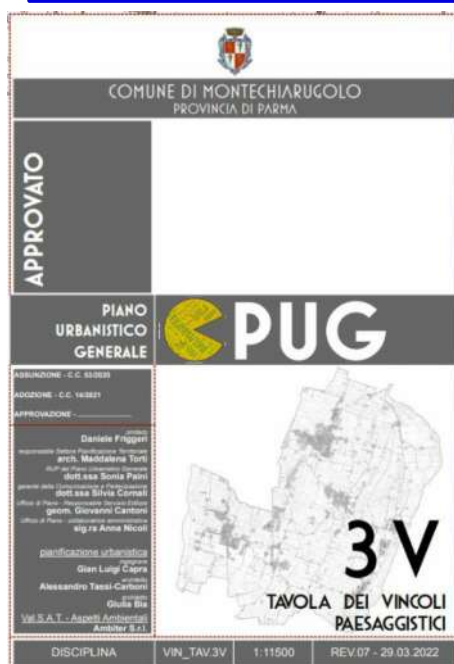
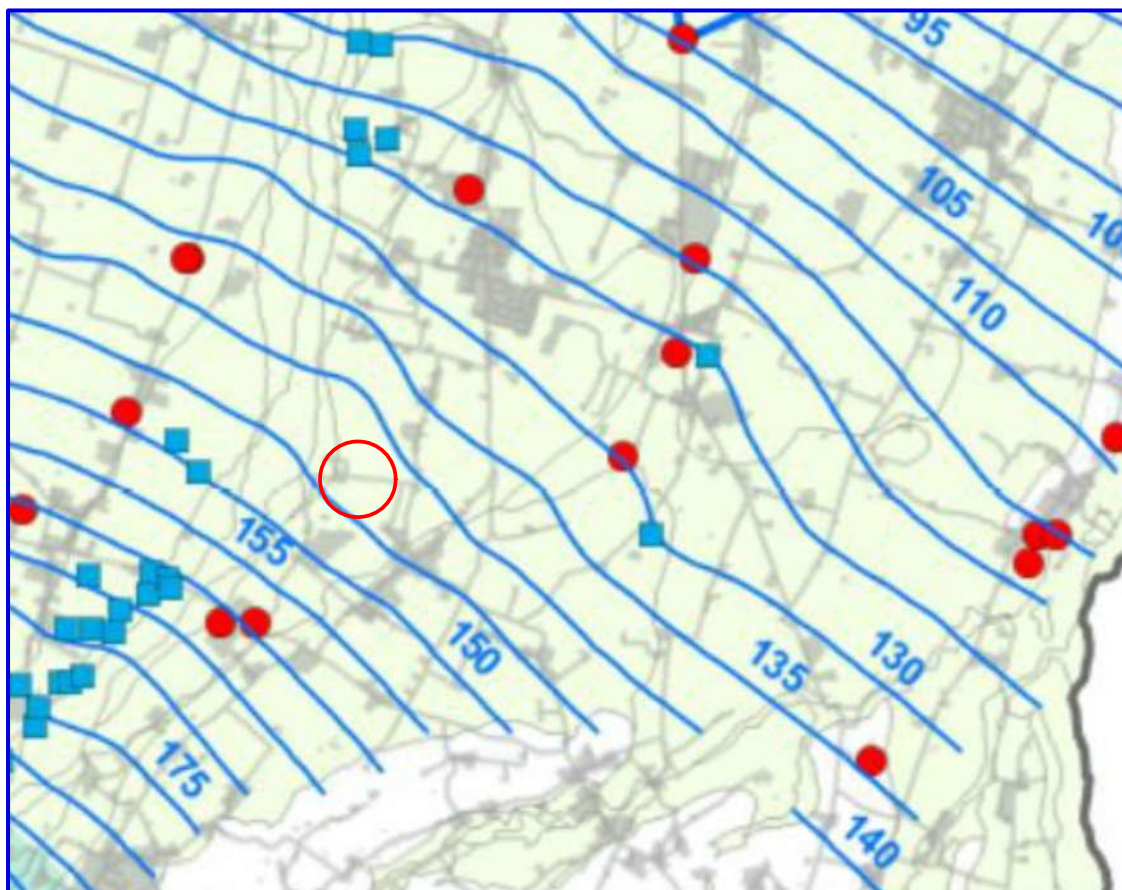


Tavola XII**STRALCIO PIANO INFRAREGIONALE ATTIVITÀ
ESTRATTIVE**
Scala 1:100.000

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

PROVINCIA DI PARMA
Servizio Pianificazione Territoriale
U.O. Sistemi Informativi Territoriali - Sicurezza Territoriale

PIAE
Piano Infraregionale
Attività Estrattive

Tavola QC Idro A5
Carta dei sistemi idrogeologici

Consultazione preliminare ai sensi dell'art.44
L/R 24/2017 "Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del
suolo"

Scala 1:100.000

Assunzione	Adozione	Approvazione
Del. C.P. n°.....	Del. C.P. n°.....	Del. C.P. n°.....

Il Dirigente	Il responsabile U.O.	Gruppo di lavoro
Geol. Andrea Ruffini	Ing. Andrea Corradi	Analisi Geologica e SIT Geol. Martino Piazza Analisi statistica e dati Dott. Andrea Galani Dott.ssa Monica Cavalli Segreteria amministrativa Sig.ra Stefania Vicini

Luglio 2023

ZANZUCCHI ASSOCIATI art

Analisi idrogeologica della pianura parmense

- Depositi alluvionali di pianura
- Limite freatico
- Linee isofreatiche
- Assi di drenaggio
- Pozzi
- Sorgenti non captate
- Sorgenti storiche (I.B.C.)
- Sorgenti captate
- Sorgenti con deposito di travertino
- Cavità e grotte
- Faglie
- Concessioni minerarie
- Limite delle zone di protezione delle acque sotterranee pedecollina-pianura

Tavola XIII

**STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL
RISCHIO ALLUVIONI
Tavola delle esondazioni
Scala 1:25.000**

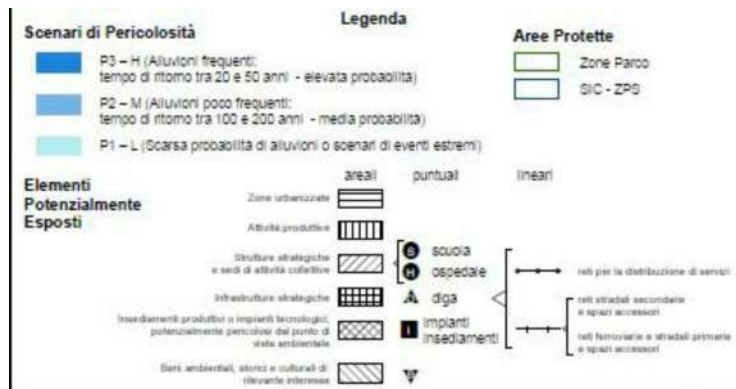
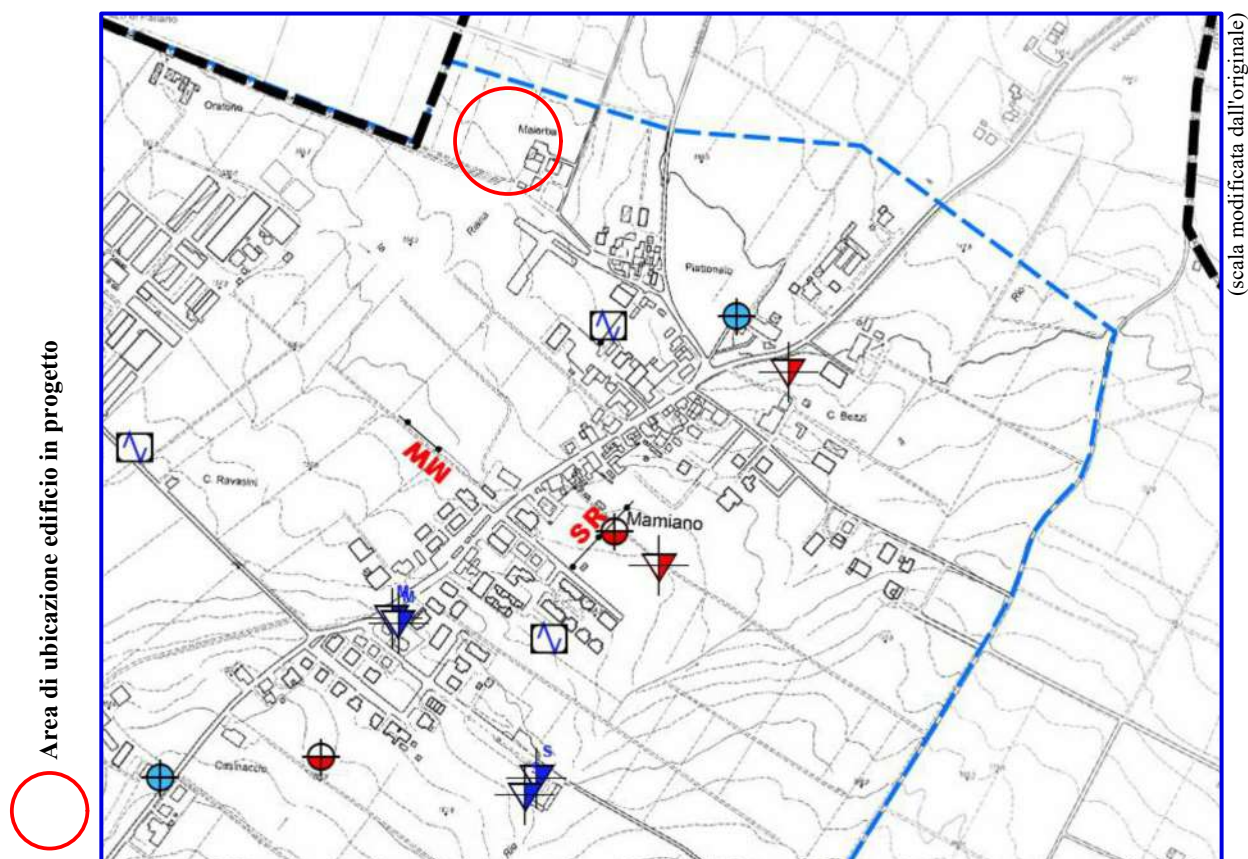


Tavola XIII bis**STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL
RISCHIO ALLUVIONI****Tavola del rischio****Scala 1:25.000**

Tavola XIV**STRALCIO CARTA DELLE INDAGINI
COMUNE DI TRAVERSETOLO
Scala 1:10.000**

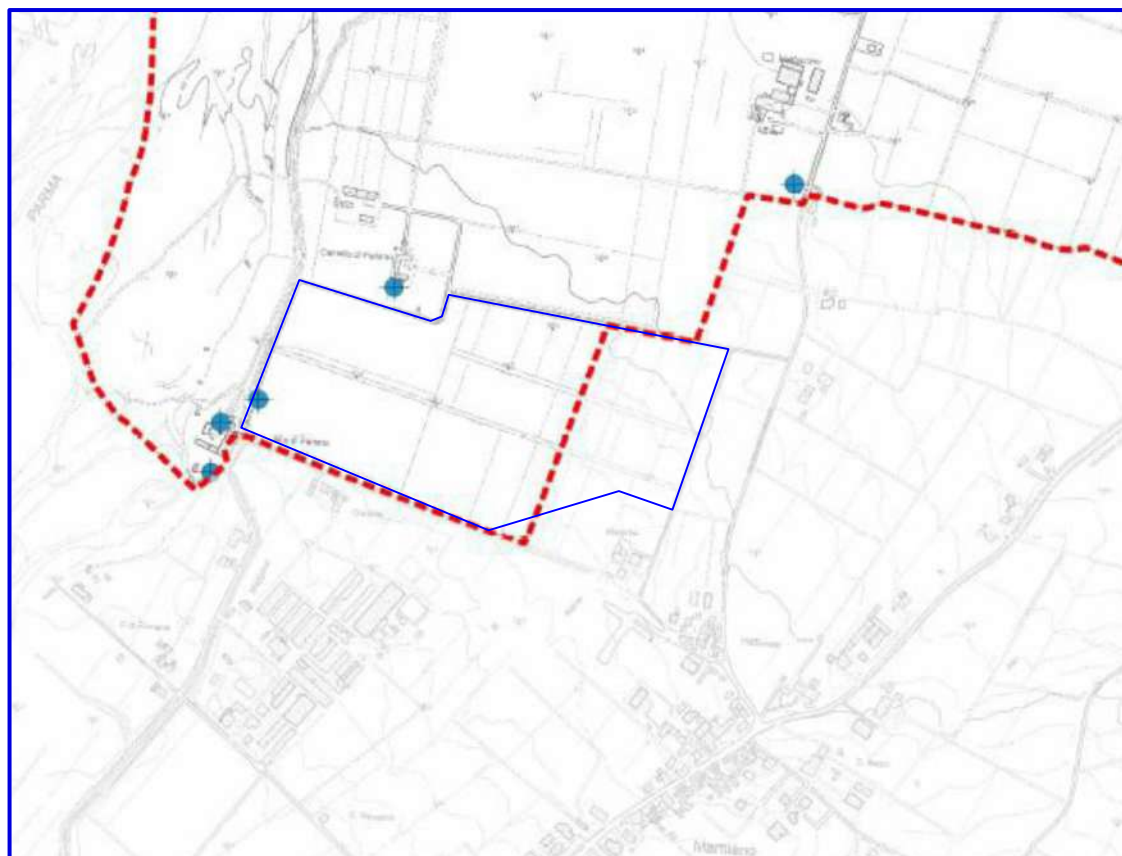
(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)



- Sondaggio a carotaggio continuo
- Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- Prova penetrometrica dinamica super pesante (DS)
- Prova penetrometrica dinamica pesante (DP)
- Prova penetrometrica dinamica media (DM)
- Prova penetrometrica dinamica leggera (DL)
- Pozzo per acqua
- Trincea o pozzetto esplorativo
- Pozzo per idrocarburi
- Stazione microtremore a stazione singola (HVSR)
- MW** MASW
- RM** Prova REfraction Microtremors
- SR** Profilo sismico a rifrazione
- ERT** Tomografia elettrica

Tavola XV**STRALCIO CARTA DELLE INDAGINI
COMUNE DI MONTECHIARUGOLO
Scala 1:10.000**

Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

**MICROZONAZIONE SISMICA
Carta delle indagini**

scala 1:10.000

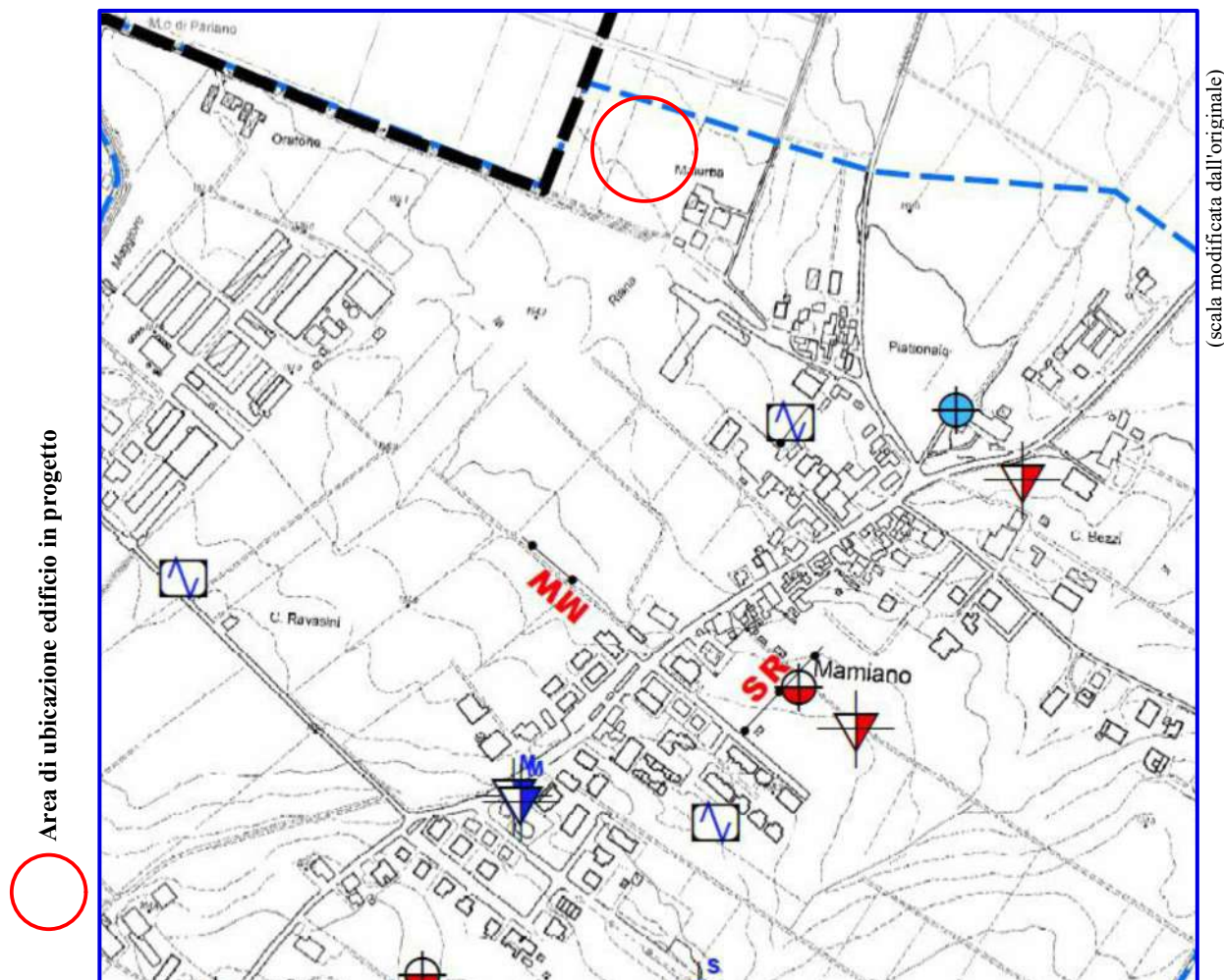
Regione Emilia-Romagna
Comune di Montechiarugolo

Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore Direzione tecnica Dott. Geol. Carlo Caleffi Dott. Geol. Francesco Ceccati Collaboratori Dott. Geol. Matteo Baisi Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Giulia Mainardi	Data Marzo 2018
---------------------------	---	--------------------

- Confine comunale
- Area oggetto di microzonazione sismica
- Sondaggio a carotaggio continuo
- Pozzo per acqua
- Pozzo per idrocarburi
- Trincea o pozzetto esplorativo
- Penetrometria statica CPT
- Penetrometria dinamica media
- Penetrometria dinamica super pesante
- Penetrometria dinamica pesante
- Prova sismica in foro tipo down-hole
- Microtremori a stazione sismica (HVS)
- MW
- REMI
- SR
- SEV
- MA3B
- REMI
- Profilo sismico a rifrazione
- Sondaggio elettrico verticale

Tavola XVI

STRALCIO CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI COMUNE DI TRAVERSETOLO Scala 1:10.000



(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)



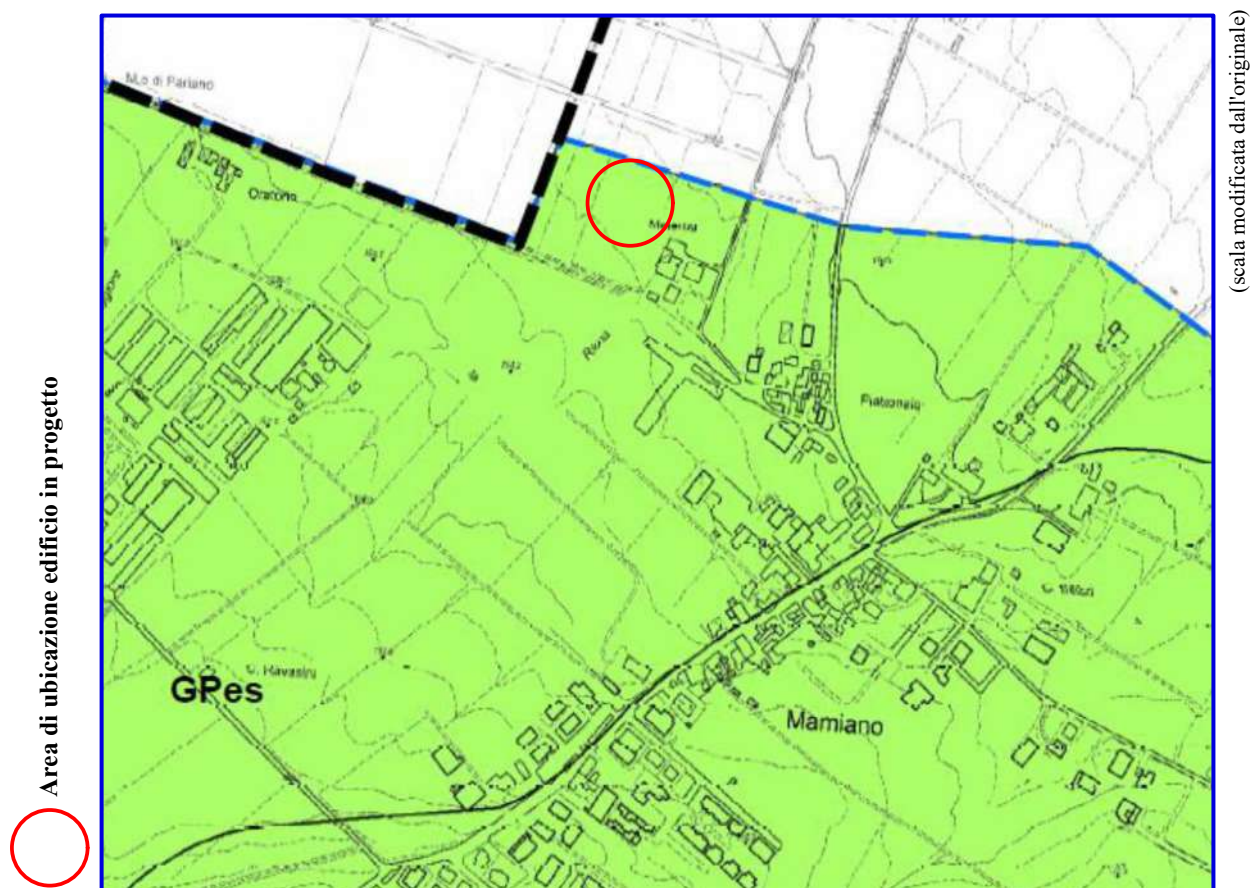
Legenda

frequenza picco significativo (Hz)	ampiezza picco		
	1,5 < w0 ≤ 2	2 < w0 ≤ 3	w0 > 3
$F_0 \leq 0,5$			
$0,5 < F_0 \leq 1$			
$1 < F_0 \leq 2$			
$2 < F_0 \leq 3$			
$F_0 > 3$			
Assenza di picchi significativi			

A lato del simbolo sono riportate la frequenza relativa al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente.

Confine comunale

Area oggetto di microzonazione

Tavola XVII**STRALCIO CARTA GEOLOGICO TECNICA
COMUNE DI TRAVERSETOLO
Scala 1:10.000**

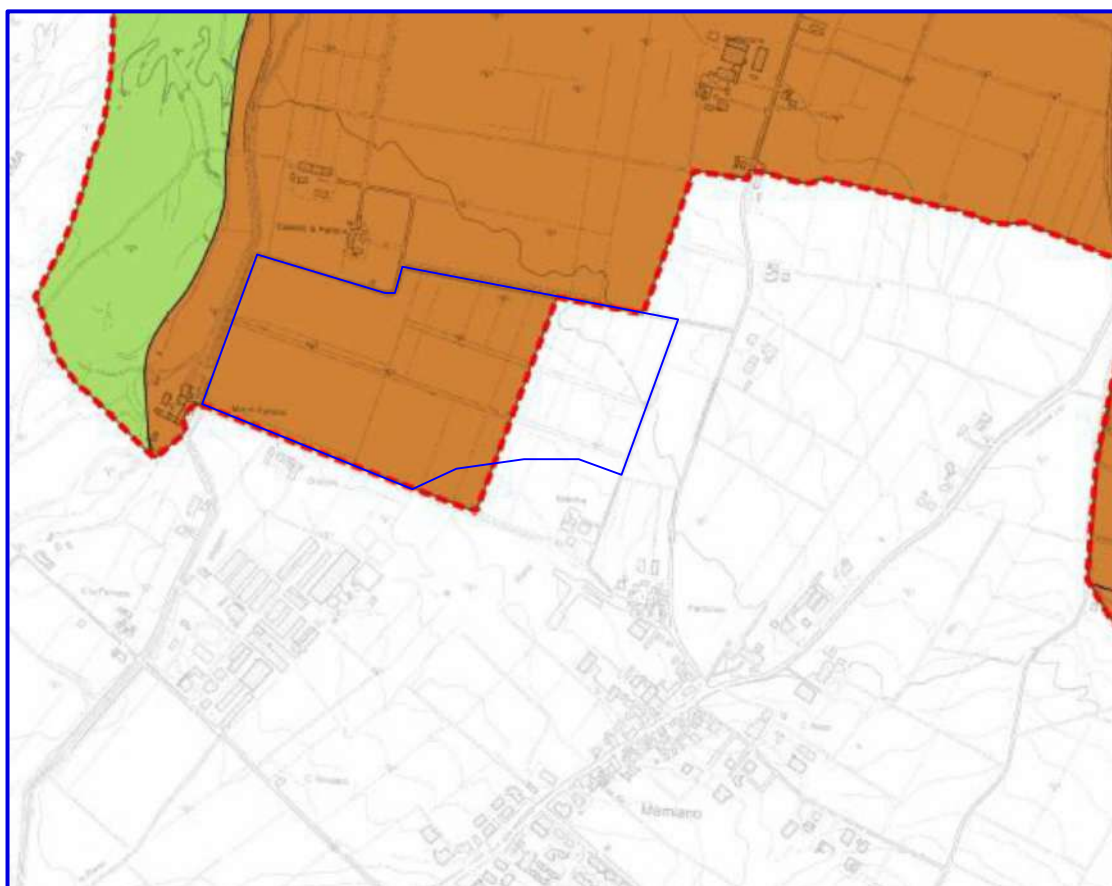
(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

**Terreni di copertura**

GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
CL	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre

Tavola XVIII**STRALCIO CARTA GEOLOGICO TECNICA**
Scala 1:10.000

Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta geologico-technica
per la microzonazione sismica
scala 1:10.000Regione Emilia-Romagna
Comune di Montechiarugolo

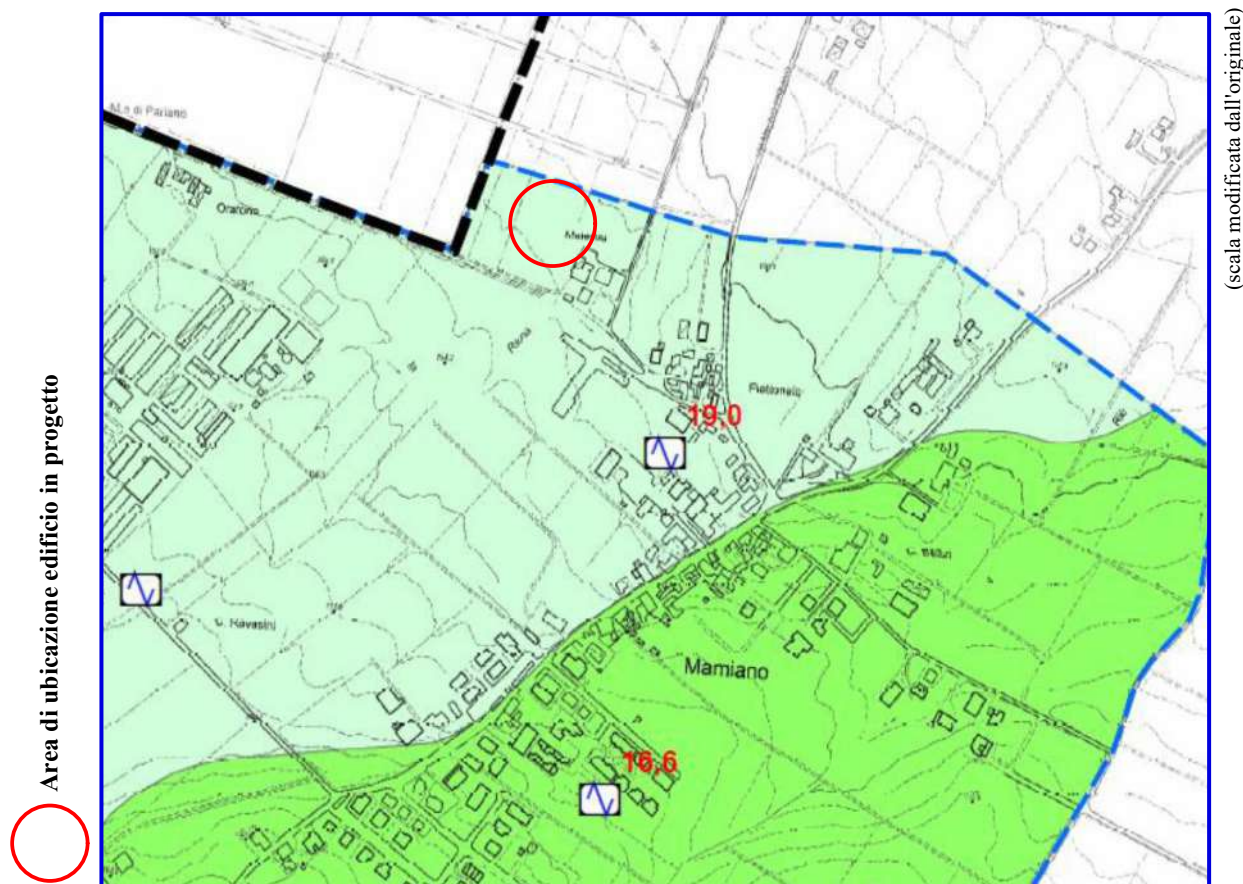
Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore EN GEO www.engeo.it Direzione tecnica Dott. Geol. Carlo Calzolari Dott. Geol. Francesco Cervati Collaboratori Dott. Geol. Massimo Bacci Dott. Geol. Alessandro Ferrari UNITA' Giulia Martini	Data Marzo 2018
---------------------------	--	--------------------

Terreni di copertura

GMpd	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
MLtf	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
MHpD	Limi inorganici, sabbie fini, limi micacei o diatomicei

Elementi tettonico strutturali Anticlinale**Elementi geologici e idrogeologici**

-  Pozzo o sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico.
-  Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico.

Tavola XIX**STRALCIO CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE
IN PROSPETTIVA SISMICA - MOPS
COMUNE DI TRAVERSETOLO
Scala 1:10.000**

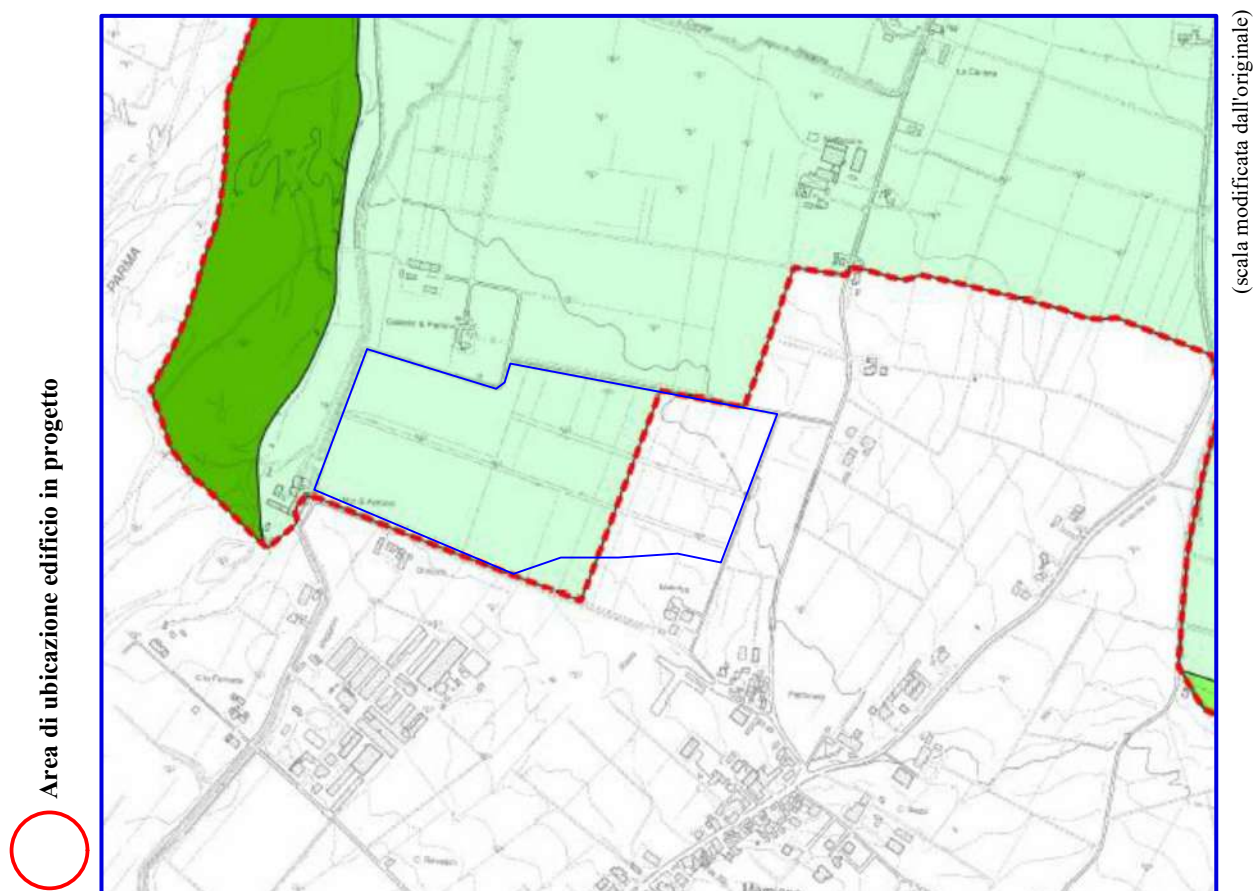
(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)**Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

- | | |
|------|---|
| 2001 | ZONA 1: successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi alluvionali ghiaiosi con ridotta o assente copertura di materiali fini limo-sabbiosi. |
| 2002 | ZONA 2: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 3-7 m che ricopre depositi alluvionali ghiaiosi. |
| 2003 | ZONA 3: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 5-7 m che ricopre alternanze di orizzonti ghiaiosi e argillosi di origine alluvionale. |
| 2004 | ZONA 4: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 3-7 m che ricopre un orizzonte ghiaioso-argilloso di origine alluvionale, a sua volta sovrastante un substrato granulare non rigido di ambiente marino-marginale. |
| 2005 | ZONA 5: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 9-10 m che ricopre alternanze di orizzonti ghiaiosi e argillosi di origine alluvionale. |
| 2006 | ZONA 6: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 2-5 m che ricopre un primo orizzonte ghiaioso, seguito da alternanze di livelli ghiaiosi e argillosi di origine alluvionale. |
| 2007 | ZONA 7: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 1-2 m che ricopre un orizzonte ghiaioso-argilloso di origine alluvionale (spessore circa 10 m), a sua volta sovrastante un substrato granulare non rigido di ambiente marino-marginale che in profondità viene a contatto con argille sovracconsolidate. |
| 2008 | ZONA 8: successione stratigrafica costituita da un livello superficiale limo-argilloso dello spessore di 2-3 m che ricopre un orizzonte ghiaioso-argilloso di origine alluvionale, a sua volta sovrastante un substrato coesivo sovracconsolidato non rigido di ambiente marino, il cui tetto si colloca a profondità di 5-6 m. Localmente il substrato dei depositi alluvionali è costituito da depositi granulari di ambiente marino-marginale di ridotto spessore. |
| 2009 | ZONA 9: successione stratigrafica costituita da un substrato granulare non rigido di ambiente marino-marginale con ridotta coltre eluvio-colluviale, che in profondità viene a contatto con argille sovracconsolidate. |
| 2010 | ZONA 10: successione stratigrafica costituita da un substrato coesivo sovracconsolidato non rigido di ambiente marino con ridotta coltre eluvio-colluviale. |
| 2011 | ZONA 11: successione stratigrafica costituita da un substrato marnoso-argilloso non rigido di ambiente marino con ridotta coltre eluvio-colluviale. |

Tavola XX

STRALCIO CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA - MOPS COMUNE DI MONTECHIARUGOLO Scala 1:10.000



(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)



MICROZONAZIONE SISMICA Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Montechiarugolo



Regione: Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore: Elaborazione tecnica: Dott. Geol. Carlo Caffelli Dott. Geol. Francesco Ceratti Collaboratori: Dott. Geol. Matteo Bazzi Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Giulia Maineri	Data: Marzo 2018
----------------------------	---	---------------------

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

2001

Zona 1: Successione stratigrafica costituita da alternanze di orizzonti a tessitura fine (argille e limi) e orizzonti a tessitura grossolana (ghiaie e ciottoli), sormontati da una coltre di copertura a tessitura fine con spessore medio di circa 5 metri

2002

Zona 2: Successione stratigrafica costituita da alternanze di orizzonti a tessitura fine (argille e limi) e orizzonti a tessitura grossolana (ghiaie e ciottoli), sormontati da una coltre di copertura a tessitura fine con spessore di circa 10/15 metri

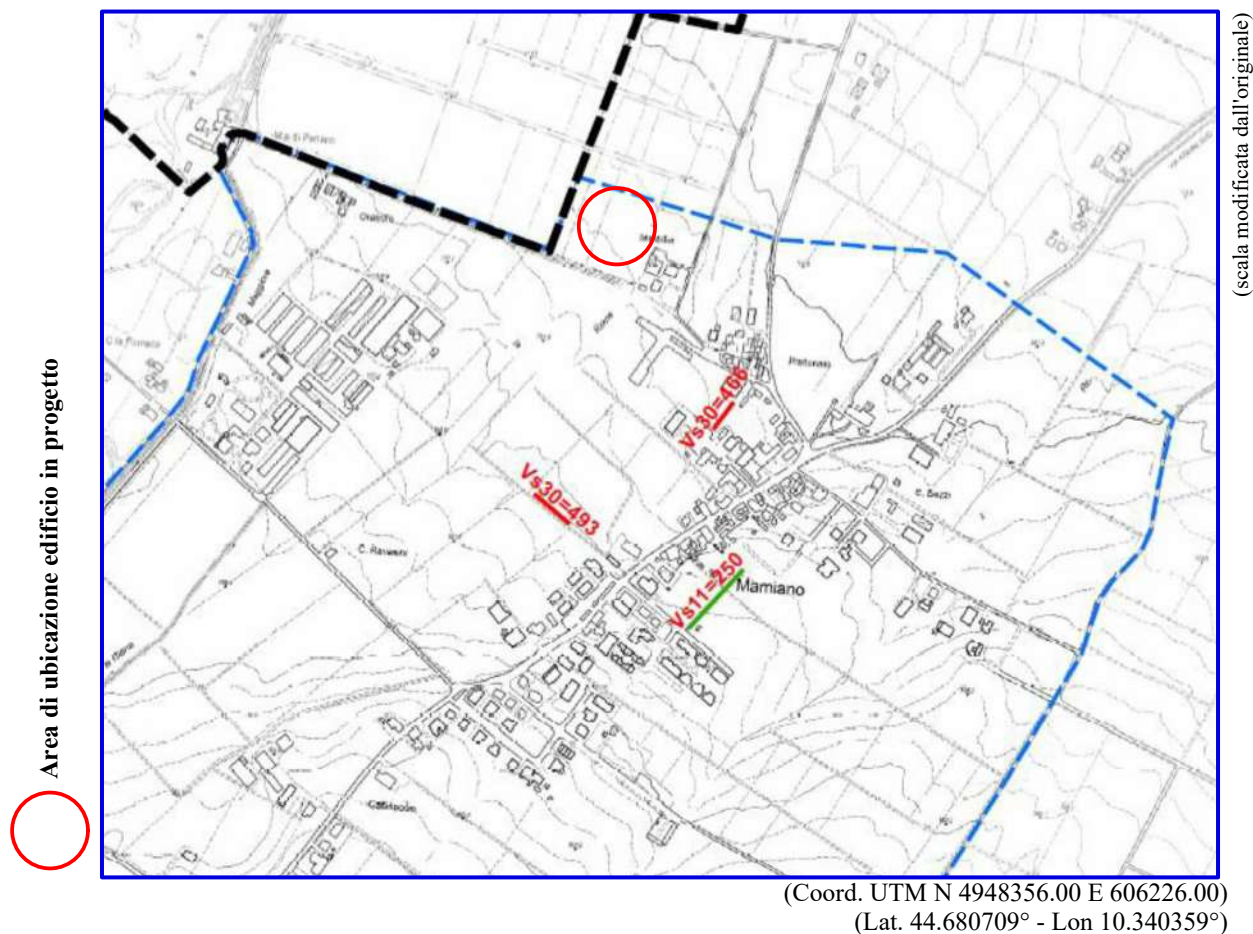
2003

Zona 3: Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente ghiaiosi coperti da una coltre fine di pochi metri (circa 3 metri)

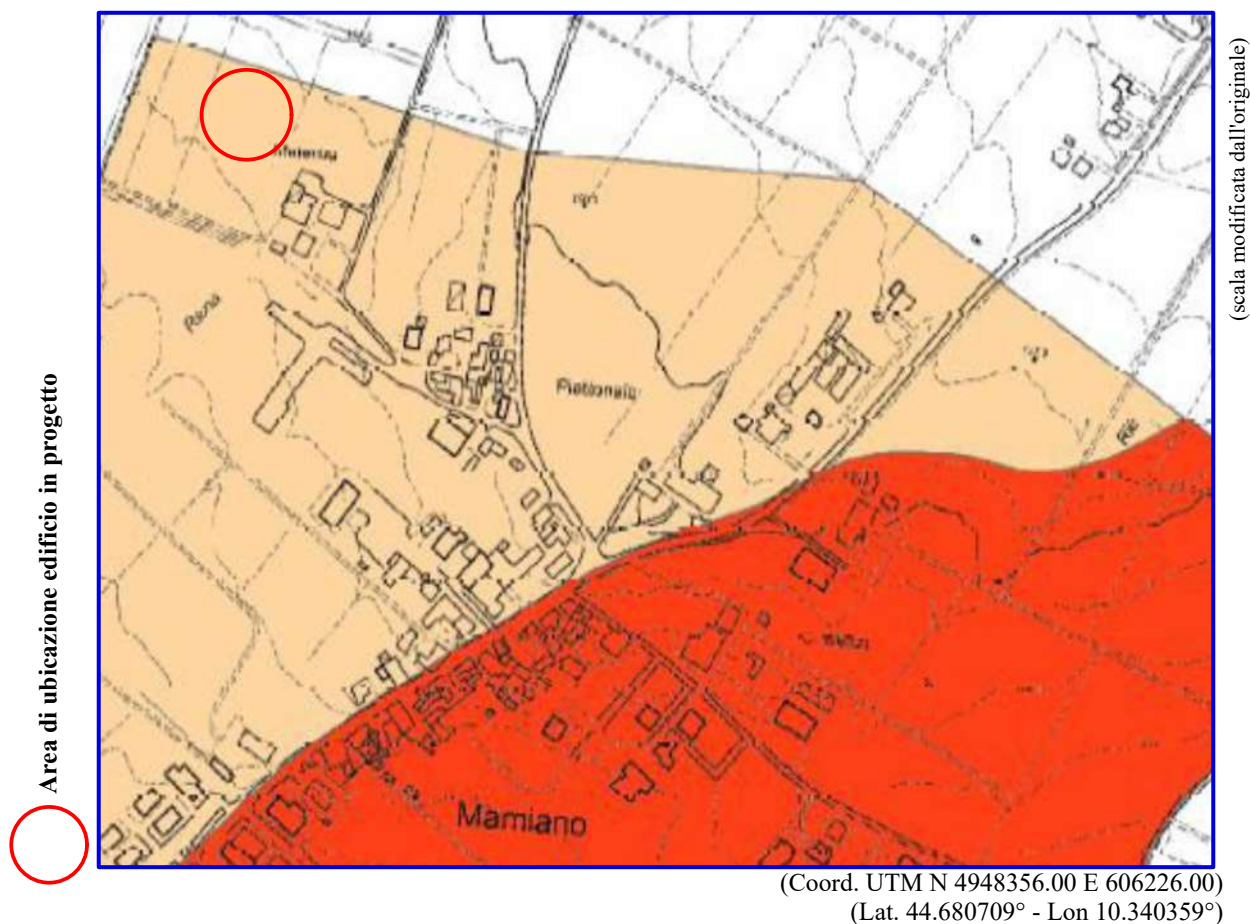
Punti di misura di rumore sismico



Punto di misura di rumore sismico con indicazione del valore di f₀

Tavola XXI**STRALCIO CARTA DELLE VELOCITA'
DELLE ONDE DI TAGLIO S
COMUNE DI TRAVERSETOLO
Scala 1:5.000****Legenda**

- 190 MAGW con indicato il valore di V_{s30} o V_{sh} in m/s
- 190 BEM con indicato il valore di V_{s30} o V_{sh} in m/s
- 190 Distorta e rifrazione con interpretazione delle V_s e indicato il valore di V_{s30} o V_{sh} in m/s
- Interpretazione misura microtermometri e stazione singola con indicato il valore di V_{s30} o V_{sh} in m/s
- Confine comunale
- Area oggetto di microzonazione

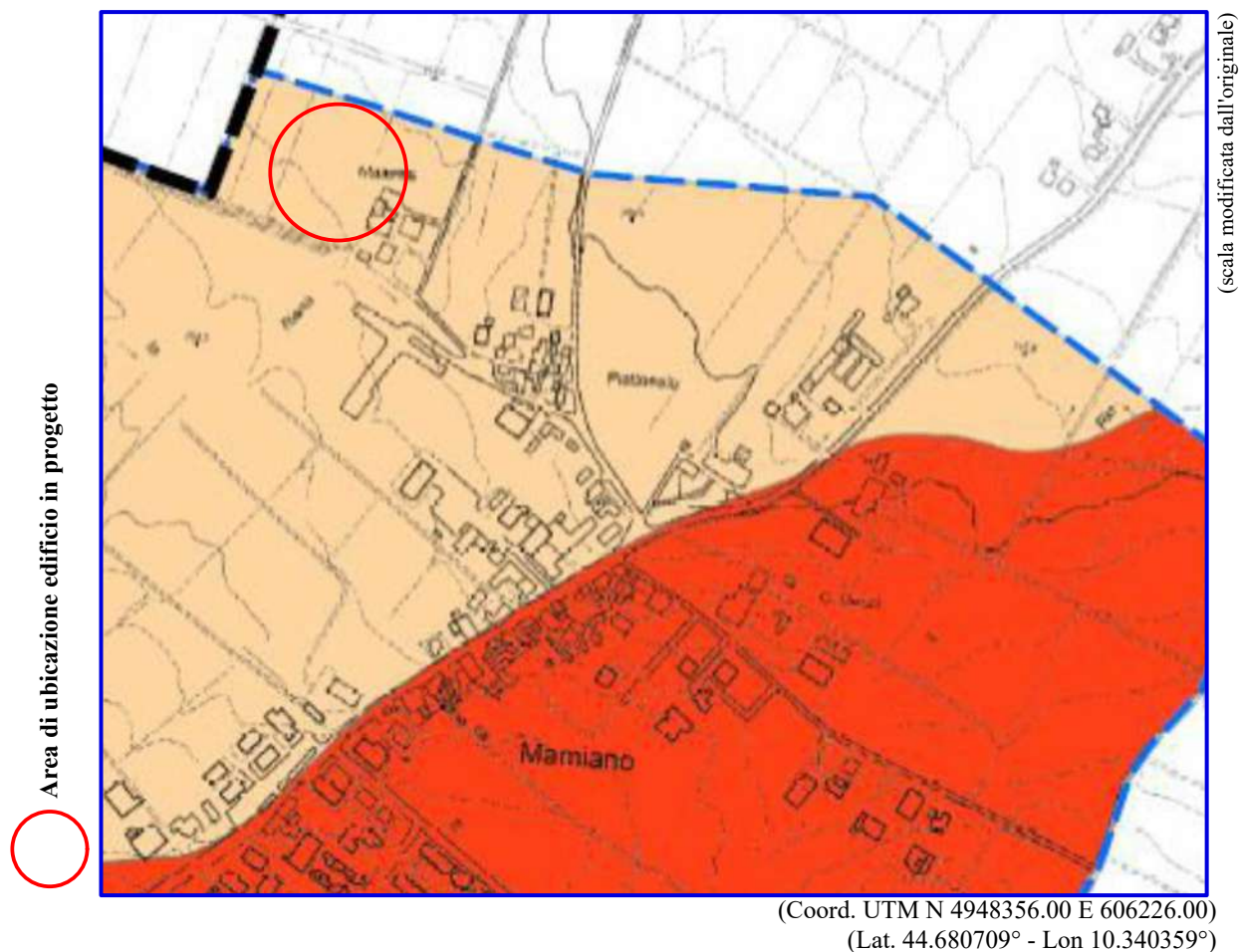
Tavola XXII**STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE
SISMICA LIVELLO 3 FA-PGA
COMUNE DI TRAVERSETOLO
Scala 1:5.000****Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

I valori dei Fattori di Amplificazione sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 2193/2015 della Regione Emilia-Romagna

	FA P.G.A. = 1,3 - 1,4
	FA P.G.A. = 1,5 - 1,6
	FA P.G.A. = 1,7 - 1,8
	FA P.G.A. = 1,9 - 2,0
	FA P.G.A. = 2,1 - 2,2
	FA P.G.A. = 2,3 - 2,4
	FA P.G.A. = 2,5 - 3,0

Tavola XXIII

STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI TRAVERSETOLO FA-IS 0.1 - 0.5 s Scala 1:5.000



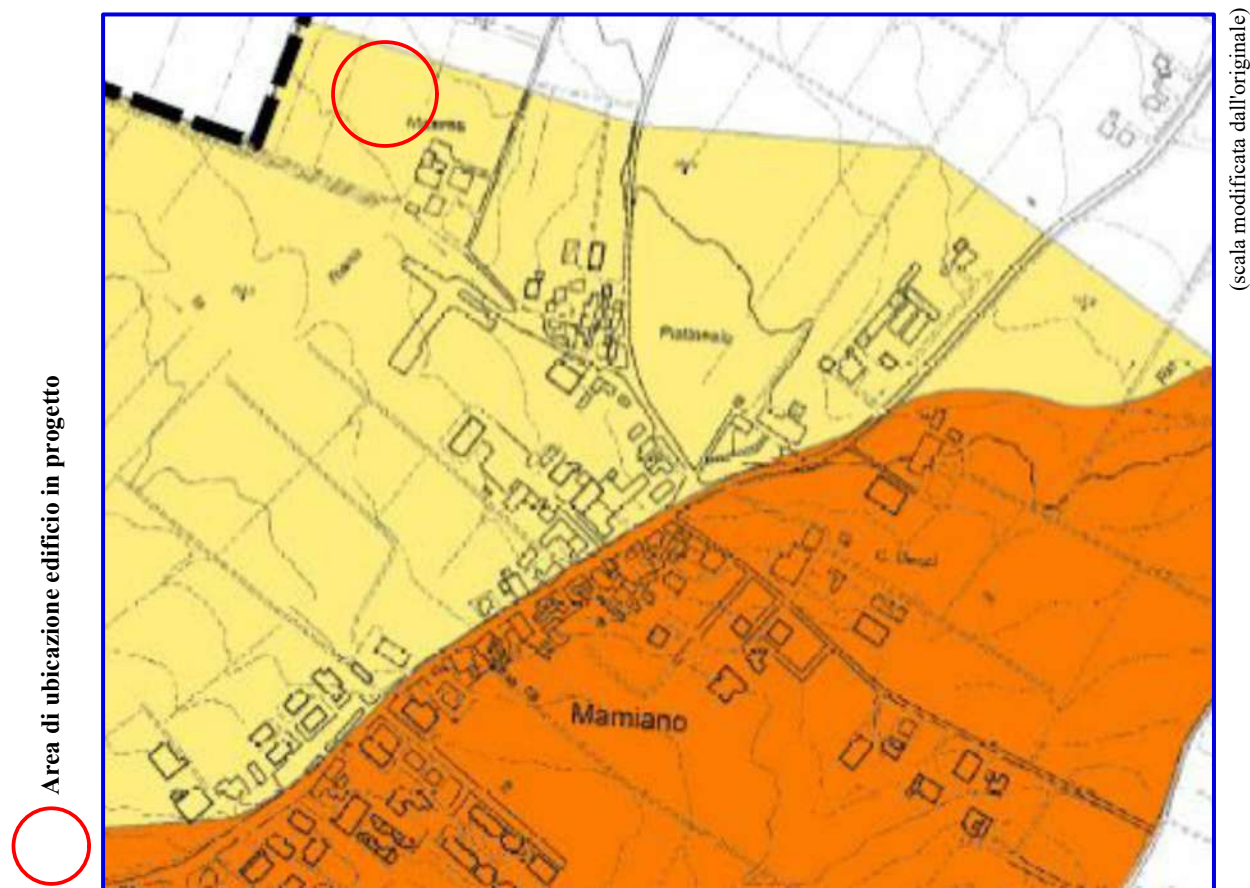
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

I valori dei Fattori di Amplificazione sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 2193/2015 della Regione Emilia-Romagna

	FA I.S. 0,1-0,5s = 1,3 - 1,4
	FA I.S. 0,1-0,5s = 1,5 - 1,6
	FA I.S. 0,1-0,5s = 1,7 - 1,8
	FA I.S. 0,1-0,5s = 1,9 - 2,0
	FA I.S. 0,1-0,5s = 2,1 - 2,2
	FA I.S. 0,1-0,5s = 2,3 - 2,4
	FA I.S. 0,1-0,5s = 2,5 - 3,0

Tavola XXIV

STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI TRAVERSETOLO FH-IS 0.5 - 1.0 s Scala 1:5.000



(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

I valori dei Fattori di Amplificazione sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 2193/2015 della Regione Emilia-Romagna

	FA I.S. 0,5-1,0s = 1,3 - 1,4
	FA I.S. 0,5-1,0s = 1,5 - 1,6
	FA I.S. 0,5-1,0s = 1,7 - 1,8
	FA I.S. 0,5-1,0s = 1,9 - 2,0
	FA I.S. 0,5-1,0s = 2,1 - 2,2
	FA I.S. 0,5-1,0s = 2,3 - 2,4
	FA I.S. 0,5-1,0s = 2,5 - 3,0

Tavola XV

STRALCIO RIPRESA AEROFOTOGRAMMETRICA Google Earth 2025

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio



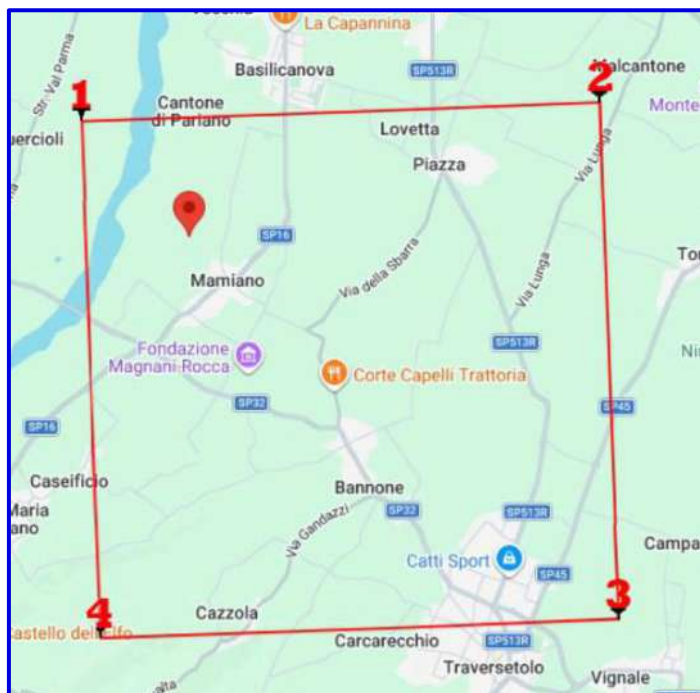
(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)



Tavola XXVI

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE



(Coord. UTM N 4948356.00 E 606226.00)
(Lat. 44.680709° - Lon 10.340359°)

Stati limite

Classe Edificio

I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli...

Vita Nominale

50

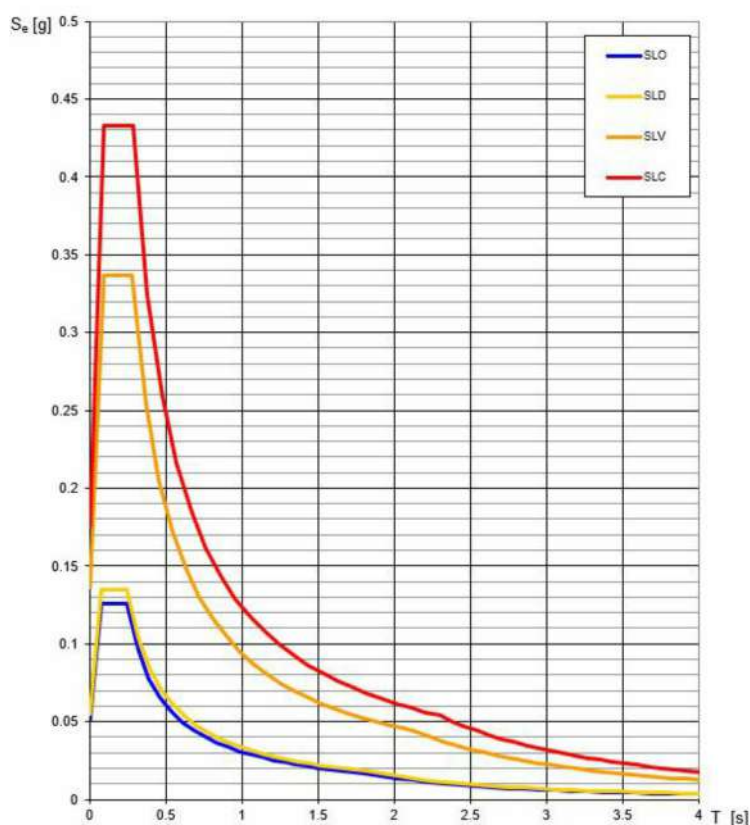
Interpolazione

Media ponderata

CU = 0.7

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0.051	2.468	0.243
Danno (SLD)	35	0.055	2.473	0.247
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.137	2.464	0.279
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.176	2.467	0.286
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Coefficienti sismici

Tipo	Stabilità dei pendii e fondazioni
☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.	
H (m)	us (m)
1	0.1
Cat. Sottosuolo	B
Cat. Topografica	T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,46	1,45	1,42	1,41
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

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

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.013	0.039	0.051
kv	0.006	0.007	0.020	0.025
Amax [m/s ²]	0.600	0.642	1.607	2.066
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

ALLEGATO 1

Prove Penetrometriche Statiche (CPT)

Prove Penetrometriche Dinamiche (DPSH)



Prova Penetrometrica Statica
Lectture di Campagna/Valori di Resistenza

CPT **1**

Committente Green Frogs Srl
Cantiere privato
Località 0
Comune Montechiarugolo (PR)

Data 09/05/2026
Quota inizio piano campagna
Prof. Falda / metri

Profondità	Lectture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

Profondità	Lectture Campagna		qc	fs	RF
m	punta	laterale	kg/cm2		

0.20	---	---	---	0.200	0.0
0.40	12	15	12.00	0.933	12.9
0.60	18	32	18.00	3.933	4.6
0.80	132	191	132.00	4.600	28.7
1.00	195	264	195.00	2.000	97.5
1.20	297	327	297.00	2.867	103.6
1.40	372	415	372.00	4.133	90.0
1.60	359	421	359.00	3.467	103.6
1.80	436	488	436.00	---	---
2.00	---	---	---	---	---
2.20	---	---	---	---	---
2.40	---	---	---	---	---
2.60	---	---	---	---	---
2.80	---	---	---	---	---
3.00	---	---	---	---	---
3.20	---	---	---	---	---
3.40	---	---	---	---	---
3.60	---	---	---	---	---
3.80	---	---	---	---	---
4.00	---	---	---	---	---
4.20	---	---	---	---	---
4.40	---	---	---	---	---
4.60	---	---	---	---	---
4.80	---	---	---	---	---
5.00	---	---	---	---	---
5.20	---	---	---	---	---
5.40	---	---	---	---	---
5.60	---	---	---	---	---
5.80	---	---	---	---	---
6.00	---	---	---	---	---
6.20	---	---	---	---	---
6.40	---	---	---	---	---
6.60	---	---	---	---	---
6.80	---	---	---	---	---
7.00	---	---	---	---	---
7.20	---	---	---	---	---
7.40	---	---	---	---	---
7.60	---	---	---	---	---

7.80	---	---	---	---	---
8.00	---	---	---	---	---
8.20	---	---	---	---	---
8.40	---	---	---	---	---
8.60	---	---	---	---	---
8.80	---	---	---	---	---
9.00	---	---	---	---	---
9.20	---	---	---	---	---
9.40	---	---	---	---	---
9.60	---	---	---	---	---
9.80	---	---	---	---	---
10.00	---	---	---	---	---
10.20	---	---	---	---	---
10.40	---	---	---	---	---
10.60	---	---	---	---	---
10.80	---	---	---	---	---
11.00	---	---	---	---	---
11.20	---	---	---	---	---
11.40	---	---	---	---	---
11.60	---	---	---	---	---
11.80	---	---	---	---	---
12.00	---	---	---	---	---
12.20	---	---	---	---	---
12.40	---	---	---	---	---
12.60	---	---	---	---	---
12.80	---	---	---	---	---
13.00	---	---	---	---	---
13.20	---	---	---	---	---
13.40	---	---	---	---	---
13.60	---	---	---	---	---
13.80	---	---	---	---	---
14.00	---	---	---	---	---
14.20	---	---	---	---	---
14.40	---	---	---	---	---
14.60	---	---	---	---	---
14.80	---	---	---	---	---
15.00	---	---	---	---	---
15.20	---	---	---	---	---

Penetrometro Statico tipo Pagani da 10/20 t
Costante di trasformazione Ct=10 - Velocità avanzamento punta 2cm/s
Punta meccanica tipo Begemann = 35,7 mm (area punta 10 mm² - apertura 60°)
Manicotto laterale (superficie 150 cm²)



**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

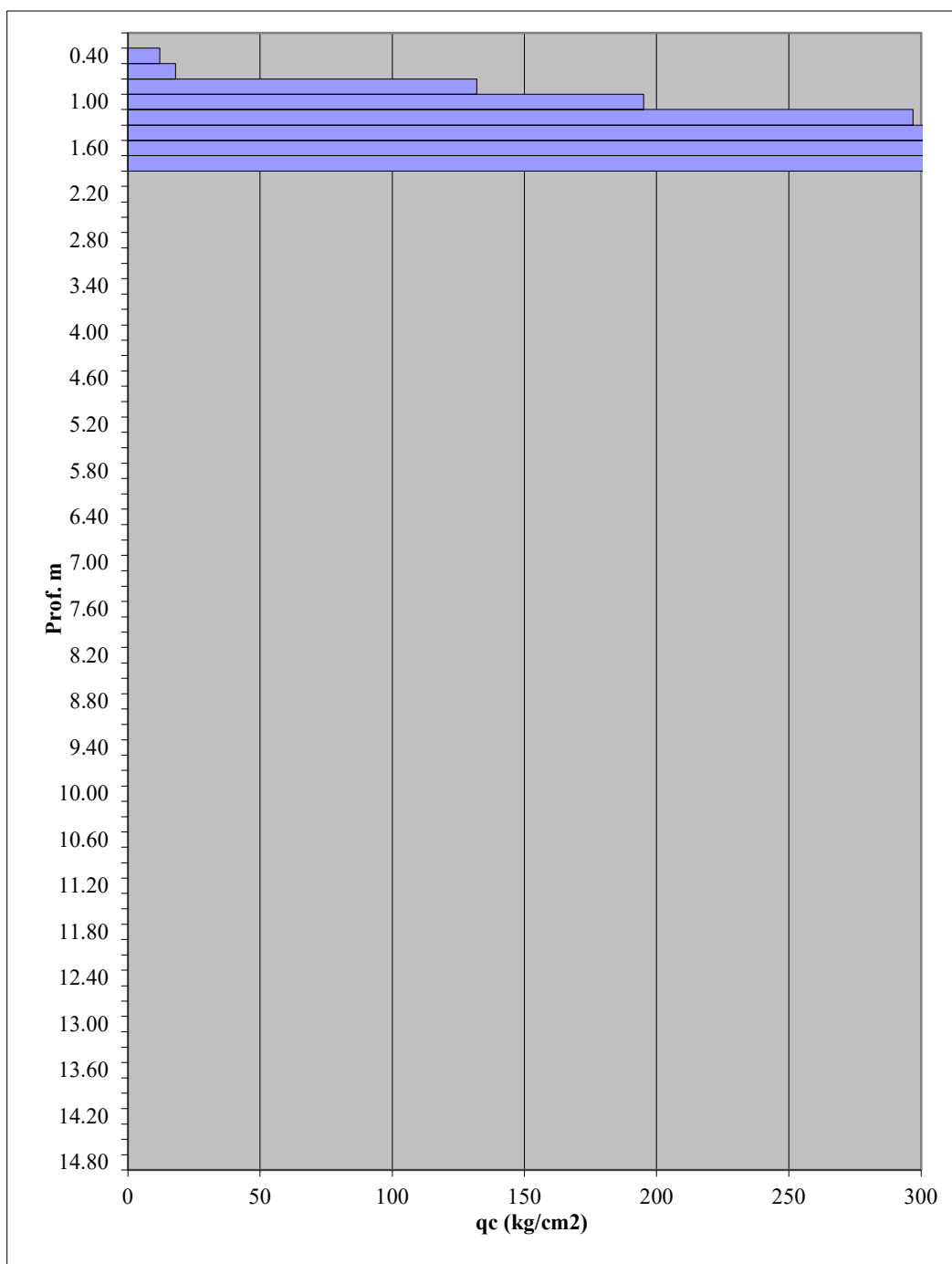
CPT

1

Committente Green Frogs Srl
Cantiere privato
Località 0
Comune Montechiarugolo (PR)

Data 09/05/2026
Quota inizio piano campagna
Prof. Falda / metri

Resistenza alla Punta (Cone Resistance)





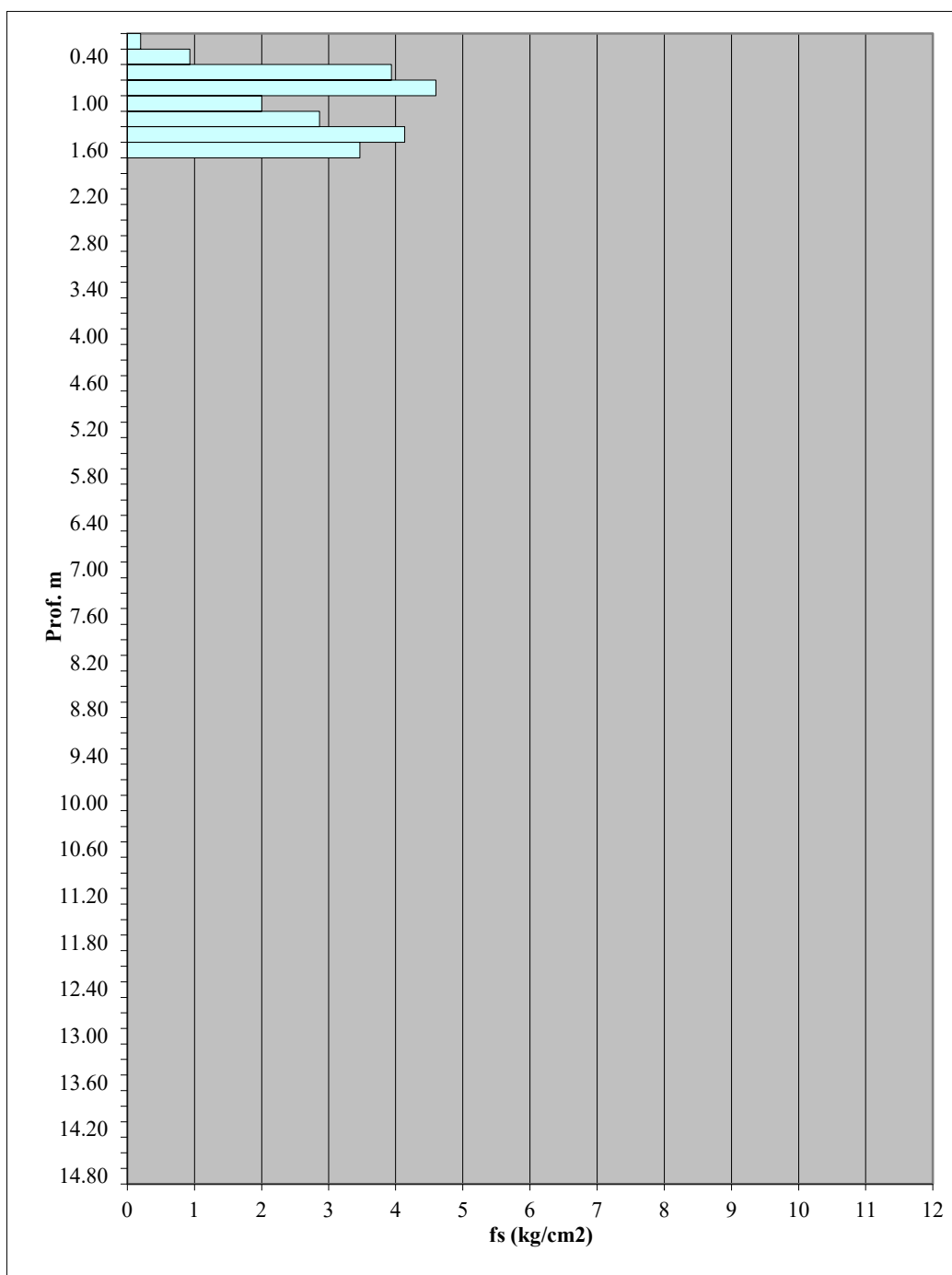
**Prova Penetrometrica Statica
Diagramma di Resistenza**

CPT **1**

Committente Green Frogs Srl
Cantiere privato
Località 0
Comune Montechiarugolo (PR)

Data 09/05/2026
Quota inizio piano campagna
Prof. Falda / metri

Resistenza Unitaria di attrito laterale locale





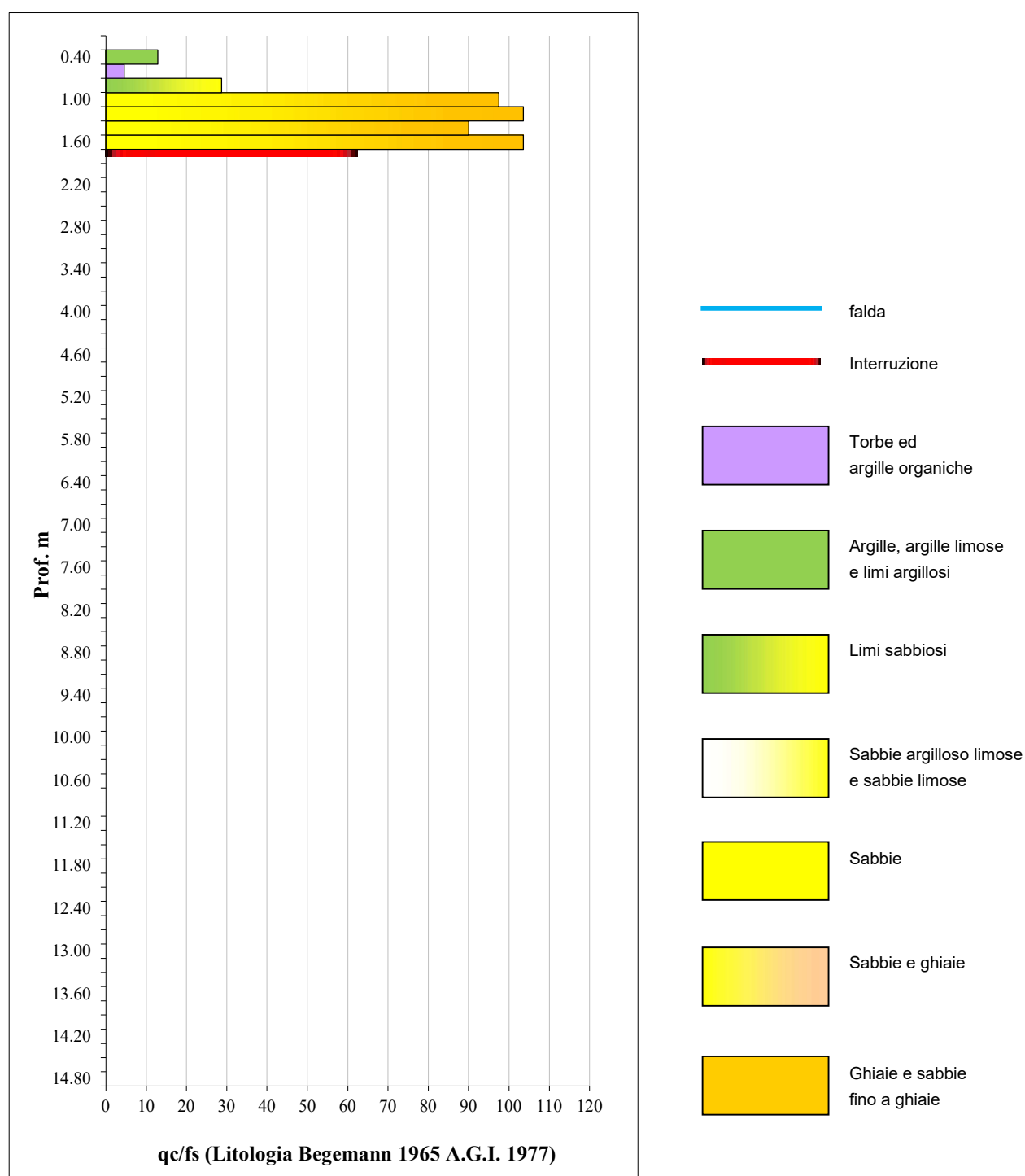
**Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche**

CPT **1**

Committente Green Frogs Srl
Cantiere privato
Località 0
Comune Montechiarugolo (PR)

Data: 09/05/2026
Quota inizio: piano campagna
Prof. Falda: / metri

Valutazioni Litologiche





Prova Penetrometrica Statica
Valutazioni Litologiche - Tabella Parametri Geotecnici

CPT

1

Committente Green Frogs Srl
Cantiere privato
Località 0
Comune Montechiarugolo (PR)

Data:
Quota inizio:
Prof. Falda:

09/05/2026
piano campagn
/ metri

Prof. m	qc kg/cm2	fs kg/cm2	RF	Litologia - Consistenza addensamento (Begemann, 1977- Searle)	Natura	g' t/m3	s'vo kg/cm2	Cu	Mo	OCR (-)	f (dm) °	f (my) °	DR (%)	f (1s) °	f (2s) °	f (3s) °	f (4s) °
0.20	---	0.200	0.0	---	coesive	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0.40	12.00	---	---	---	plastica	2.10	0.07	0.54	42	55.6	---	---	---	---	---	---	---
0.60	18.00	3.933	4.6	torbe	coesive	2.00	0.11	0.77	63	71.9	---	---	---	---	---	---	---
0.80	132.00	4.600	28.7	limi argilloso-sabbiosi	dura	1.70	0.15	3.96	396	375.7	---	---	---	---	---	---	---
1.00	195.00	2.000	97.5	sabbia e ghiaia	addensata	1.70	0.19	5.85	585	455.3	47	41	136	47	47	48	49
1.20	297.00	2.867	103.6	sabbia e ghiaia	addensata	1.70	0.23	8.91	891	606.8	48	43	146	48	48	49	50
1.40	372.00	4.133	90.0	sabbia e ghiaia	++add,	1.70	0.27	11.16	1116	658.0	49	44	150	49	49	49	50
1.60	359.00	3.467	103.6	sabbia e ghiaia	++add,	1.70	0.31	10.77	1077	529.6	48	43	145	48	48	49	50
1.80	436.00	---	---	---	++add,	1.70	0.35	13.08	1308	580.1	48	44	149	49	49	49	50
2.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7.00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7.40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

g'= peso di unità di volume del terreno alleggerito

s'vo = Tensione verticale geostatica (efficace) del terreno

Cu = coesione non drenata

Mo = Modulo confinato drenato (Mitchell & Gardner, 1975) non ricavato da prove su campioni

OCR = Rapporto di sovraconsolidazione (Ladd e Foot)

f (dm) = angolo di attrito interno efficace (Durgunoglu&Mitchell)

f (my) = angolo di attrito interno efficace (Meyerhof)

f (1s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia fine unif.(Schmertmann)

f (2s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia media unif. (Schmertmann)

f (3s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia grossa unif.(Schmertmann)

f (4s) = angolo di attrito interno efficace - sabbia-ghiaia (Schmertmann)

DR = Densità relativa (Harman)

Prova Penetrometrica n.

1

(DPSH)

Prof. m	Colpi (DPSH) N 30(DPSH)	Res.Punta qc (Mpa)	Res.Punta		S	sigma	Angolo attr.	Modulo E
			qc (kg/cm2)	qc (bar)	(bar)	(kg/cm2)	Gradi °	(kg/cm2)
0.30	3	1.80	18.4	18	0.02	0.02	28	27.53
0.60	6	3.60	36.7	36	0.05	0.05	28	55.06
0.90	6	3.60	36.7	36	0.07	0.07	28	55.06
1.20	7	4.20	42.8	42	0.09	0.10	30	64.24
1.50	13	7.80	79.5	78	0.12	0.12	33	119.30
1.80	20	12.00	122.4	120	0.14	0.14	36	183.55
2.10	39	23.40	238.6	234	0.16	0.17	37	357.91
2.40	62	37.20	379.3	372	0.19	0.19	37	568.99
2.70	100	60.00	611.8	600	0.21	0.22	37	917.73
3.00	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
3.30	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
3.60	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
3.90	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
4.20	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
4.50	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
4.80	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
5.10	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
5.40	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
5.70	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
6.00	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
6.30	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
6.60	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
6.90	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
7.20	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
7.50	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
7.80	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
8.10	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
8.40	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
8.70	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
9.00	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
9.30	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
9.60	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
9.90	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
10.20	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
10.50	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
10.80	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
11.10	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
11.40	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
11.70	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
12.00	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00
12.30	0	0.00	0.0	0 -	-	-	30	0.00

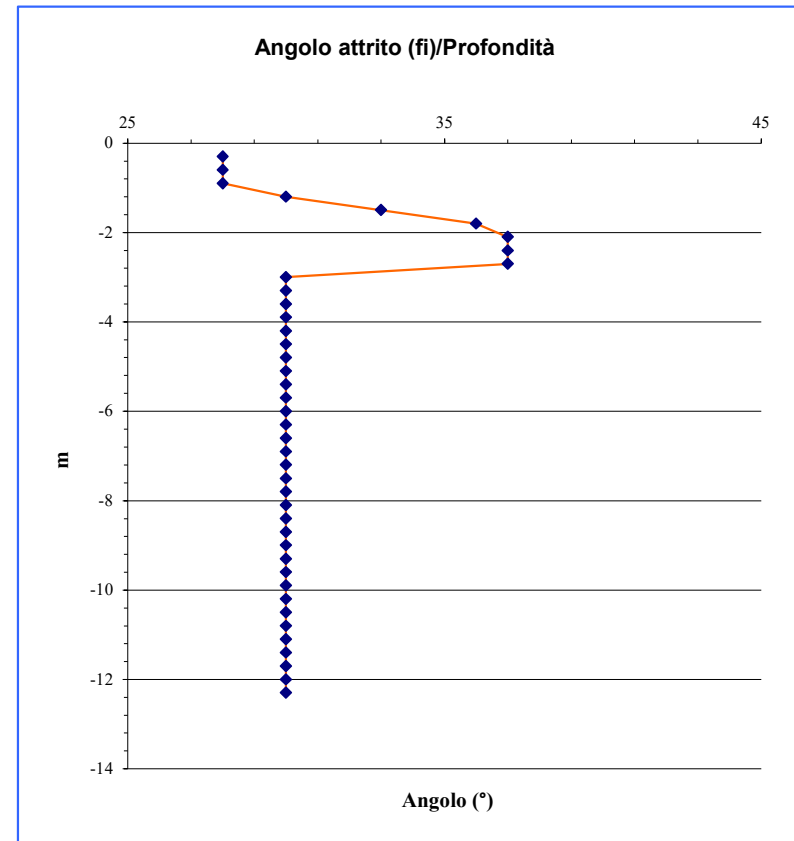
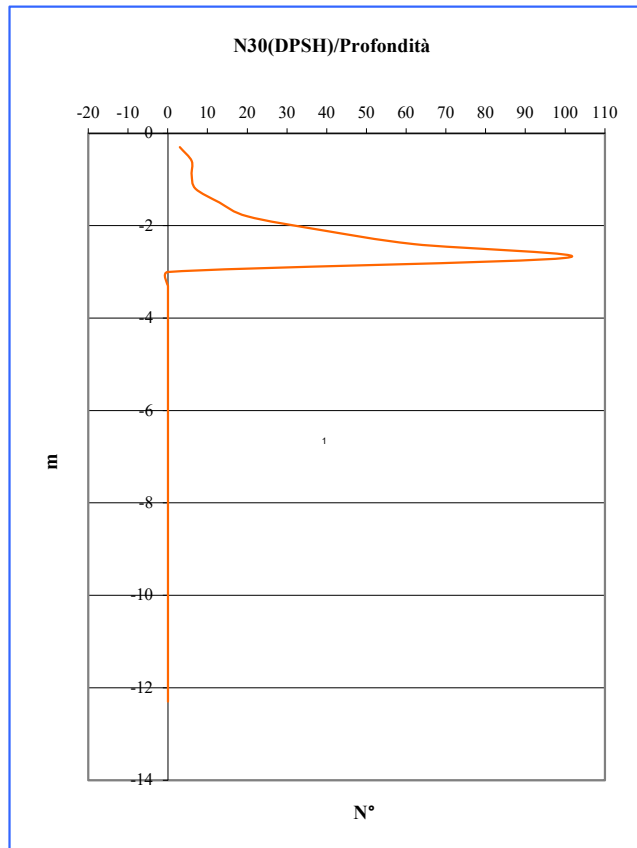
Profondità falda /
 Cantiere **privato**
 Committente **Green Frogs Srl**
 Data **09/05/2026**

MaC Studio Tecnico e Geologico

Prova Penetrometrica n.

1

(DPSH)



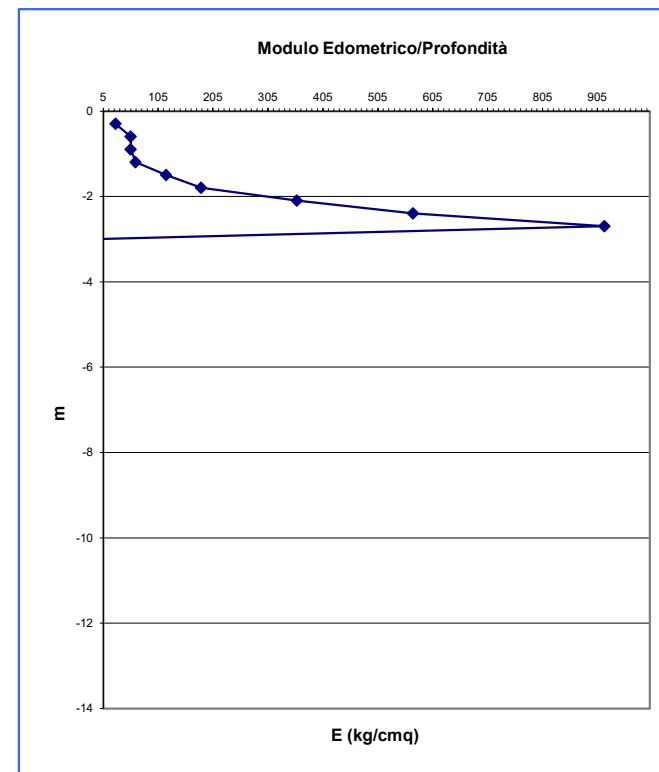
Correlazione SPT

Prova Penetrometrica	n.
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

1

(DPSH)

Prof.	N	Terzaghi e Peck cu (Kpa)	Terzaghi e Peck cu (kg/cm2)	Classificazione orientativa (Terzaghi, Peck, Skempton)
0.30	3	18.75	0.19	Sabbia molto sciolta o argilla tenera
0.60	6	37.51	0.38	Sabbia sciolta o argilla media
0.90	6	37.51	0.38	Sabbia sciolta o argilla media
1.20	7	43.76	0.45	Sabbia sciolta o argilla media
1.50	13	81.26	0.83	Sabbia media o argilla media
1.80	20	125.02	1.27	Sabbia media o argilla molto compatta
2.10	39	243.79	2.49	Sabbia addensata o argilla dura
2.40	62	387.57	3.95	Sabbia molto addensata
2.70	100	625.11	6.37	Sabbia molto addensata
3.00	0	0.00	0.00	-
3.30	0	0.00	0.00	-
3.60	0	0.00	0.00	-
3.90	0	0.00	0.00	-
4.20	0	0.00	0.00	-
4.50	0	0.00	0.00	-
4.80	0	0.00	0.00	-
5.10	0	0.00	0.00	-
5.40	0	0.00	0.00	-
5.70	0	0.00	0.00	-
6.00	0	0.00	0.00	-
6.30	0	0.00	0.00	-
6.60	0	0.00	0.00	-
6.90	0	0.00	0.00	-
7.20	0	0.00	0.00	-
7.50	0	0.00	0.00	-
7.80	0	0.00	0.00	-
8.10	0	0.00	0.00	-
8.40	0	0.00	0.00	-
8.70	0	0.00	0.00	-
9.00	0	0.00	0.00	-
9.30	0	0.00	0.00	-
9.60	0	0.00	0.00	-
9.90	0	0.00	0.00	-
10.20	0	0.00	0.00	-
10.50	0	0.00	0.00	-
10.80	0	0.00	0.00	-
11.10	0	0.00	0.00	-
11.40	0	0.00	0.00	-
11.70	0	0.00	0.00	-
12.00	0	0.00	0.00	-
12.30	0	0.00	0.00	-



Prova Penetrometrica n.

2

(DPSH)

Prof. m	Colpi (DPSH) N 30(DPSH)	Res.Punta qc (Mpa)	Res.Punta		S	sigma	Angolo attr.	Modulo E
			qc (kg/cm2)	qc (bar)	(bar)	(kg/cm2)	Gradi °	(kg/cm2)
0.30	1	0.60	6.1	6	0.02	0.02	28	9.18
0.60	3	1.80	18.4	18	0.05	0.05	28	27.53
0.90	3	1.80	18.4	18	0.07	0.07	28	27.53
1.20	3	1.80	18.4	18	0.09	0.10	28	27.53
1.50	3	1.80	18.4	18	0.12	0.12	28	27.53
1.80	9	5.40	55.1	54	0.14	0.14	31	82.60
2.10	21	12.60	128.5	126	0.16	0.17	36	192.72
2.40	47	28.20	287.6	282	0.19	0.19	37	431.33
2.70	55	33.00	336.5	330	0.21	0.22	37	504.75
3.00	71	42.60	434.4	426	0.24	0.24	37	651.59
3.30	100	60.00	611.8	600	0.26	0.26	37	917.73
3.60	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
3.90	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
4.20	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
4.50	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
4.80	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
5.10	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
5.40	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
5.70	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
6.00	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
6.30	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
6.60	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
6.90	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
7.20	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
7.50	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
7.80	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
8.10	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
8.40	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
8.70	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
9.00	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
9.30	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
9.60	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
9.90	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
10.20	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
10.50	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
10.80	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
11.10	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
11.40	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
11.70	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
12.00	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00
12.30	0	0.00	0.0	0	-	-	30	0.00

Profondità falda /
 Cantiere **privato**
 Committente **Green Frogs S.r.l.**
 Data **09/05/2026**

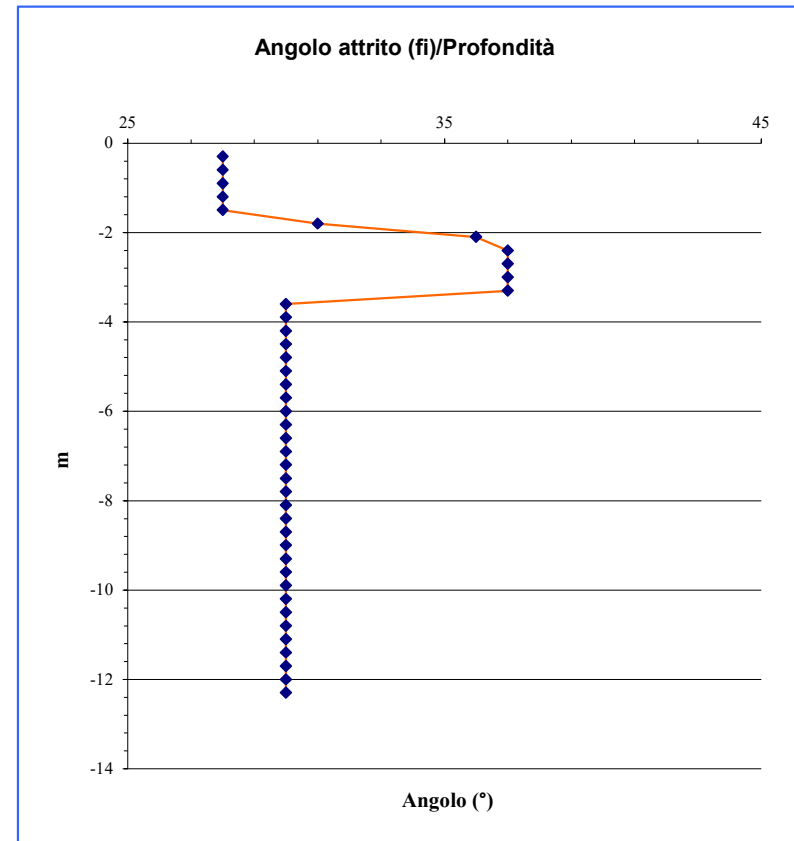
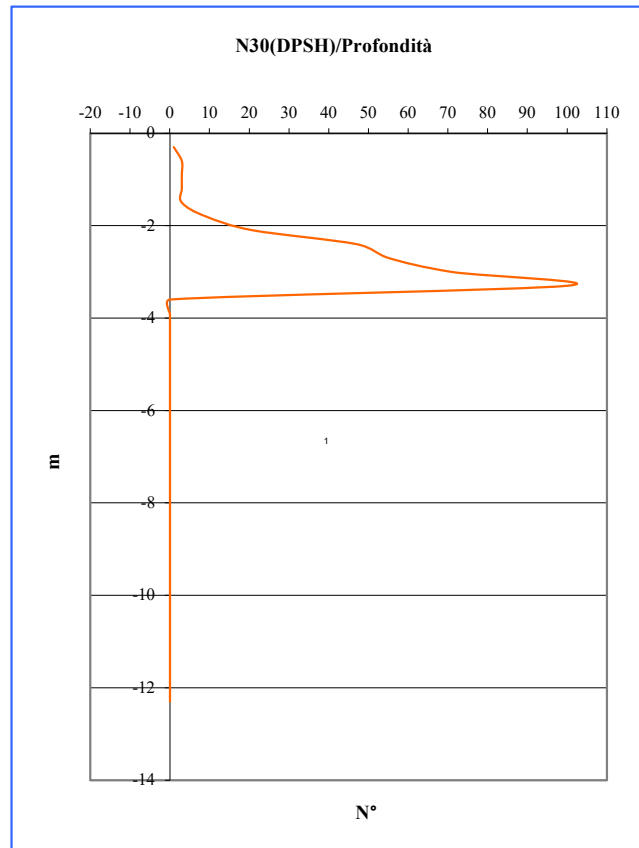
MaC Studio Tecnico e Geologico

Prova Penetrometrica

n.

2

(DPSH)



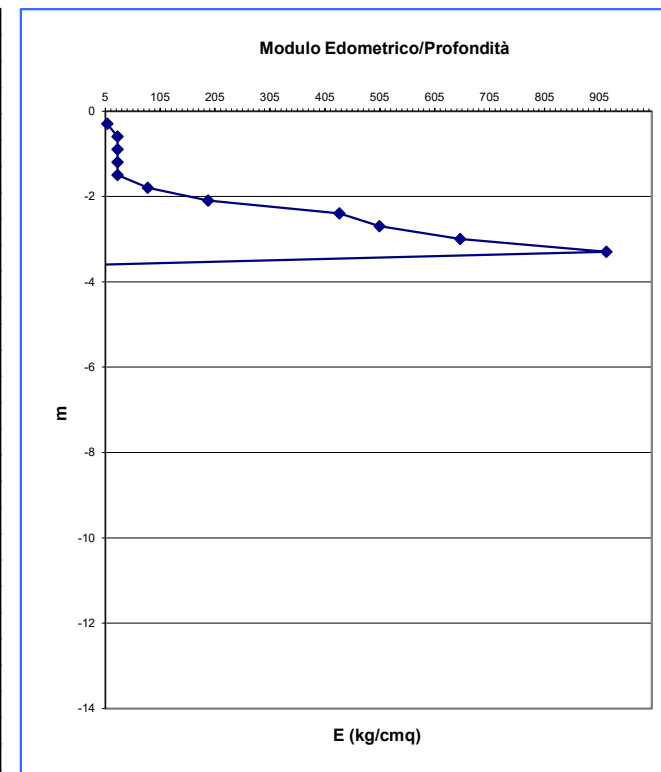
Correlazione SPT

Prova Penetrometrica	n.
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

2

(DPSH)

Prof.	N	Terzaghi e Peck cu (Kpa)	Terzaghi e Peck cu (kg/cm2)	Classificazione orientativa (Terzaghi, Peck, Skempton)
0.30	1	6.25	0.06	Argilla molle
0.60	3	18.75	0.19	Sabbia molto sciolta o argilla tenera
0.90	3	18.75	0.19	Sabbia molto sciolta o argilla tenera
1.20	3	18.75	0.19	Sabbia molto sciolta o argilla tenera
1.50	3	18.75	0.19	Sabbia molto sciolta o argilla tenera
1.80	9	56.26	0.57	Sabbia sciolta o argilla media
2.10	21	131.27	1.34	Sabbia media o argilla molto compatta
2.40	47	293.80	3.00	Sabbia addensata o argilla dura
2.70	55	343.81	3.51	Sabbia molto addensata
3.00	71	443.83	4.53	Sabbia molto addensata
3.30	100	625.11	6.37	Sabbia molto addensata
3.60	0	0.00	0.00	-
3.90	0	0.00	0.00	-
4.20	0	0.00	0.00	-
4.50	0	0.00	0.00	-
4.80	0	0.00	0.00	-
5.10	0	0.00	0.00	-
5.40	0	0.00	0.00	-
5.70	0	0.00	0.00	-
6.00	0	0.00	0.00	-
6.30	0	0.00	0.00	-
6.60	0	0.00	0.00	-
6.90	0	0.00	0.00	-
7.20	0	0.00	0.00	-
7.50	0	0.00	0.00	-
7.80	0	0.00	0.00	-
8.10	0	0.00	0.00	-
8.40	0	0.00	0.00	-
8.70	0	0.00	0.00	-
9.00	0	0.00	0.00	-
9.30	0	0.00	0.00	-
9.60	0	0.00	0.00	-
9.90	0	0.00	0.00	-
10.20	0	0.00	0.00	-
10.50	0	0.00	0.00	-
10.80	0	0.00	0.00	-
11.10	0	0.00	0.00	-
11.40	0	0.00	0.00	-
11.70	0	0.00	0.00	-
12.00	0	0.00	0.00	-
12.30	0	0.00	0.00	-



ALLEGATO 2

Documentazione Fotografica



Foto 1 Prova MASW



Foto 2 Prova MASW



Foto 3 Prova HVSR 1



Foto 4 Prova HVSr 1



Foto 5 Prova HVSR 2

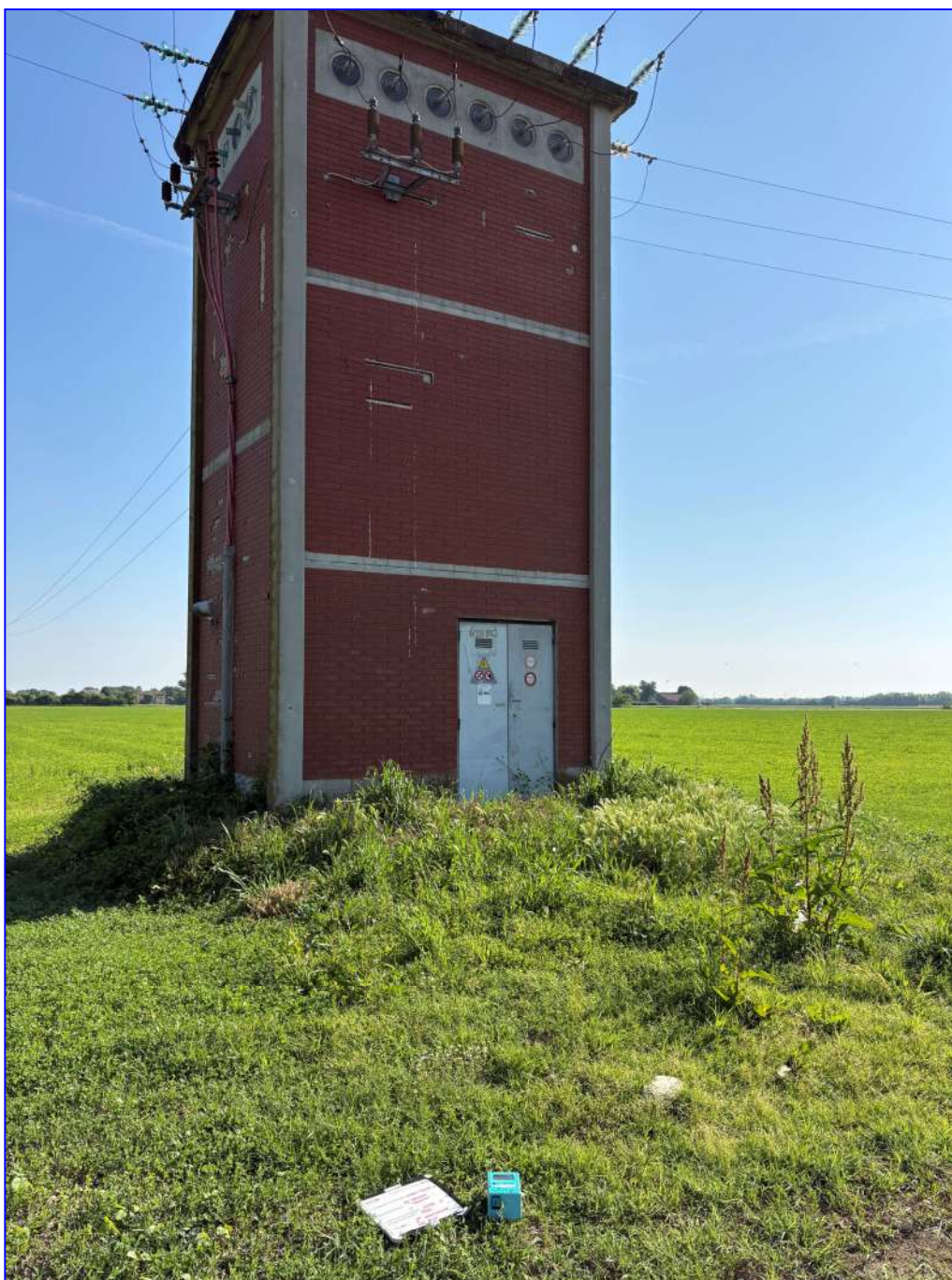


Foto 6 Prova HVSR 2



Foto 7 Prova HVSr 3



Foto 8 Prova HVSR 3



Foto 9 Prova ERT 1



Foto 10 Prova ERT 1



Foto 11 Prova CPT



Foto 12 Prova DPSH 1



Foto 13 Prova DPSH 2

ALLEGATO 3

Report GRILLA

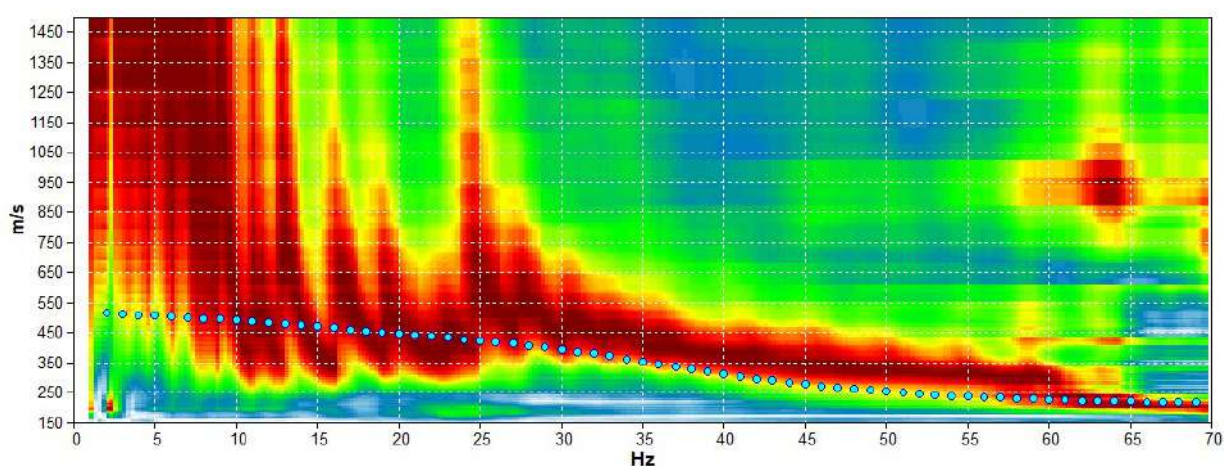
8960_GREENFROGS_MAMIANO_RG, [Z] MASW

Inizio registrazione: 13/05/2026 08:52:28 Fine registrazione: 13/05/2026 09:02:41
Durata registrazione: 0h00'03". Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ; B9
; B10 ; B11 ; B12 ; B13 ; B14 ; B15 ; B16 ; B17

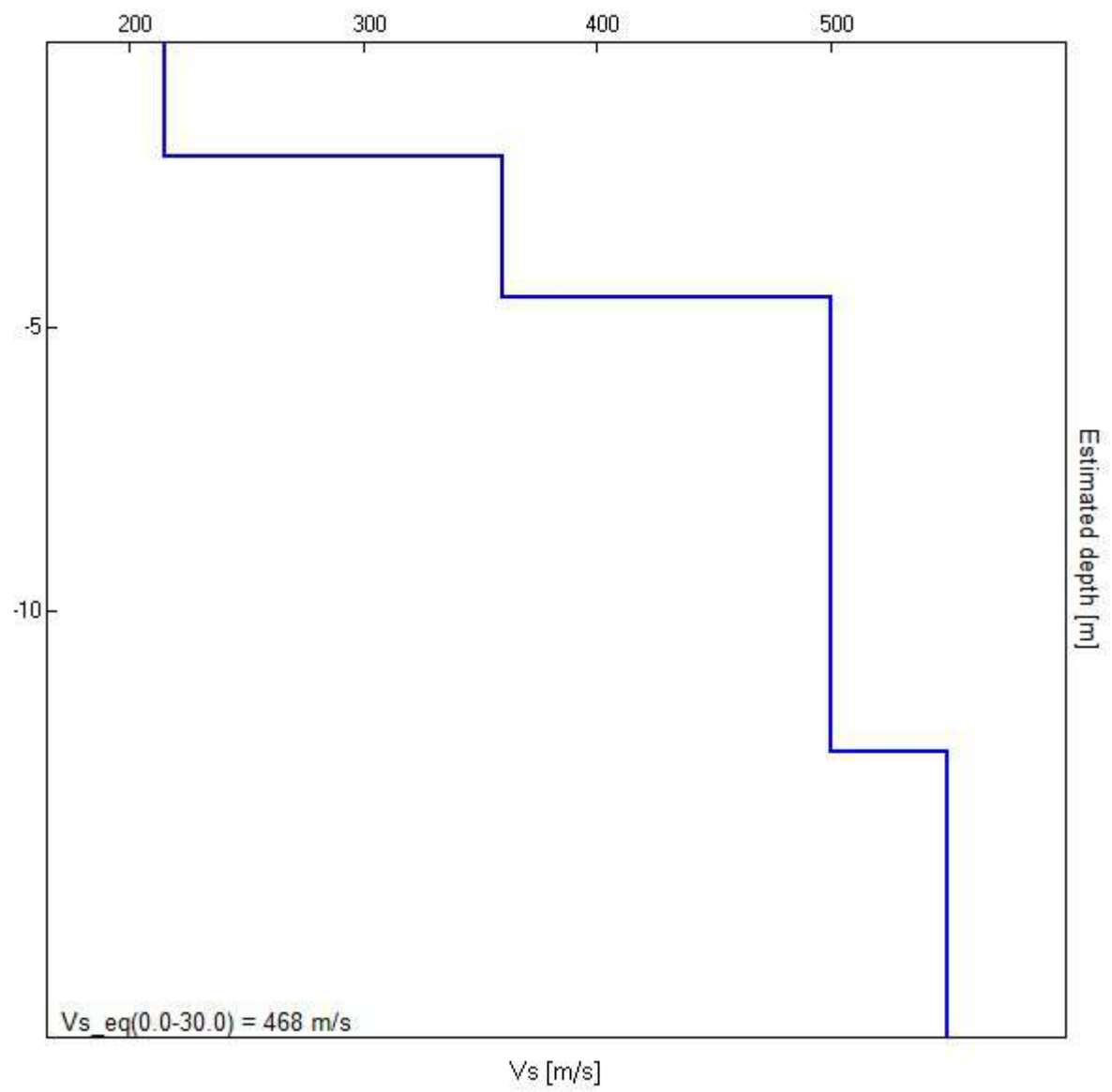
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	215	0.45
4.50	2.50	360	0.45
12.50	8.00	500	0.45
inf.	inf.	550	0.45

Vs_eq (0.0-30.0) = 468 m/s



8960_GREENFROGS_MAMIAMO_HVSR_RG, HVSR 1

Strumento: TEB-0574/01-21

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 179

Inizio registrazione: 09/05/2026 07:05:32 Fine registrazione: 09/05/2026 07:25:32

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; wless trig.

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)

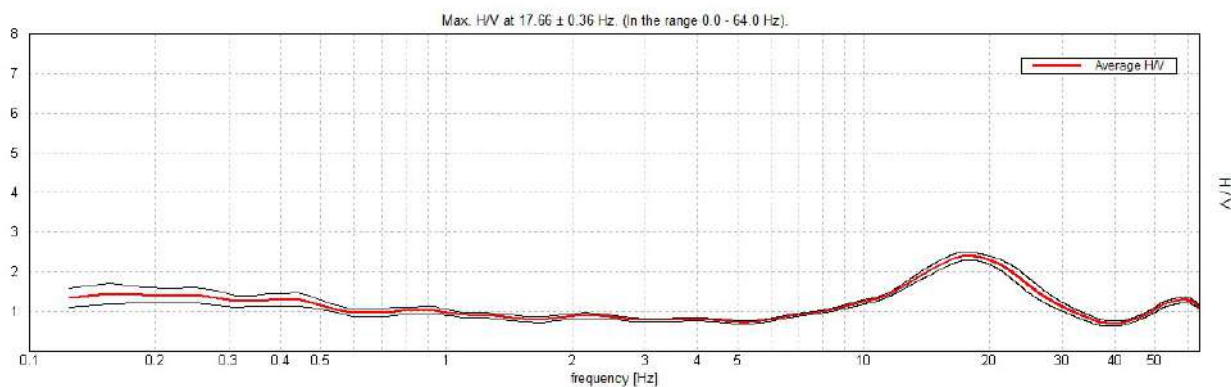
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

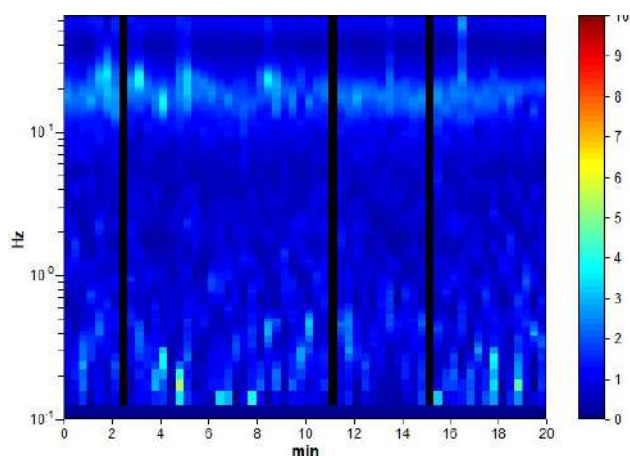
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 20%

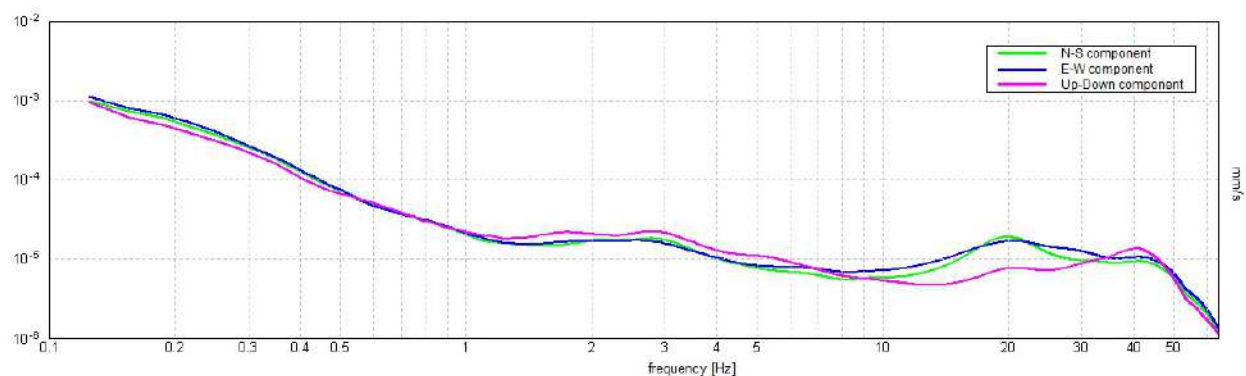
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



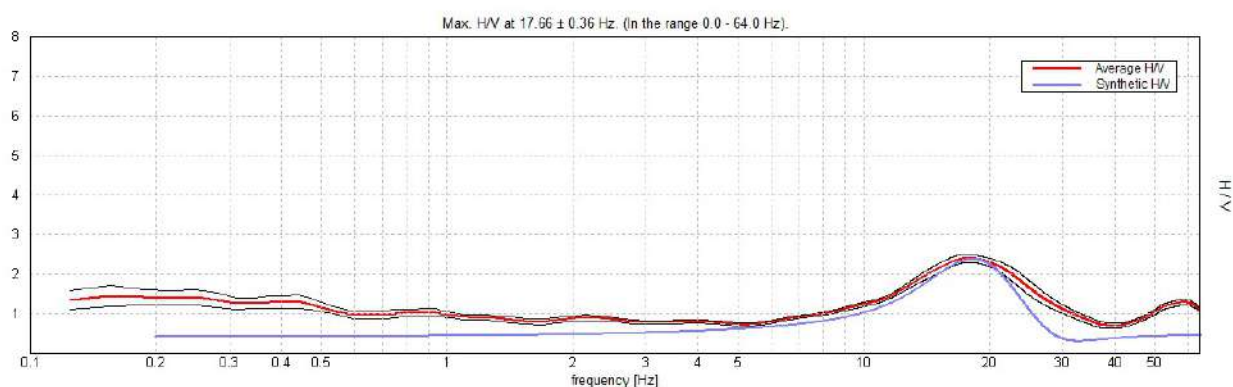
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



**Profondità alla base
dello strato [m]**

2.80
inf.

Spessore [m]

2.80
inf.

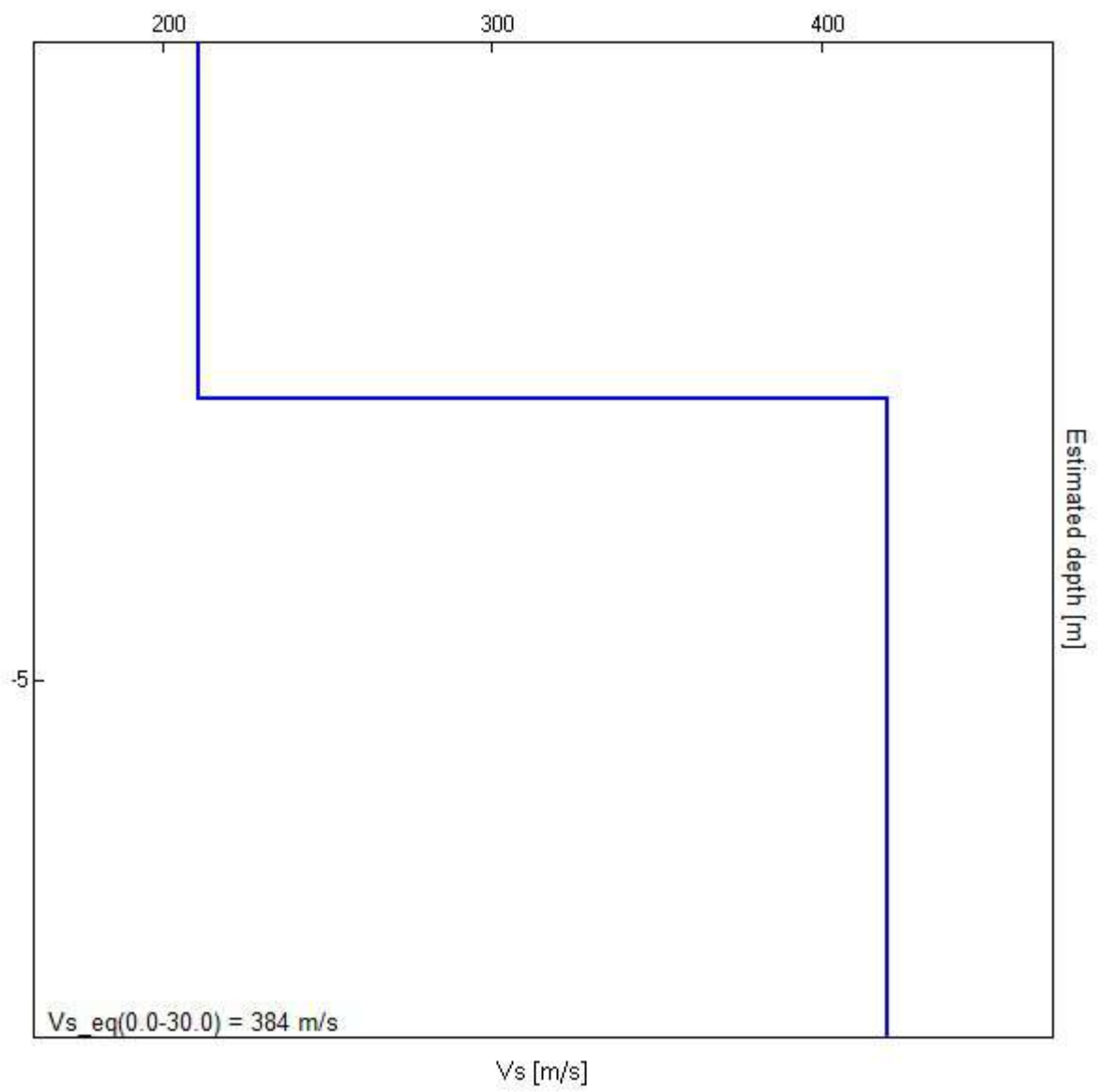
Vs [m/s]

211
420

Rapporto di Poisson

0.42
0.42

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 384 \text{ m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 17.66 ± 0.36 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$17.66 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$20128.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 849	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.594 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	29.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.40 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02056 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.363 < 0.88281$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1004 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

8960_GREENFROGS_MAMIAMO_HVSR_RG, HVSR2

Strumento: TEB-0574/01-21

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 179

Inizio registrazione: 09/05/2026 07:36:04 Fine registrazione: 09/05/2026 07:56:04

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; wless trig.

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)

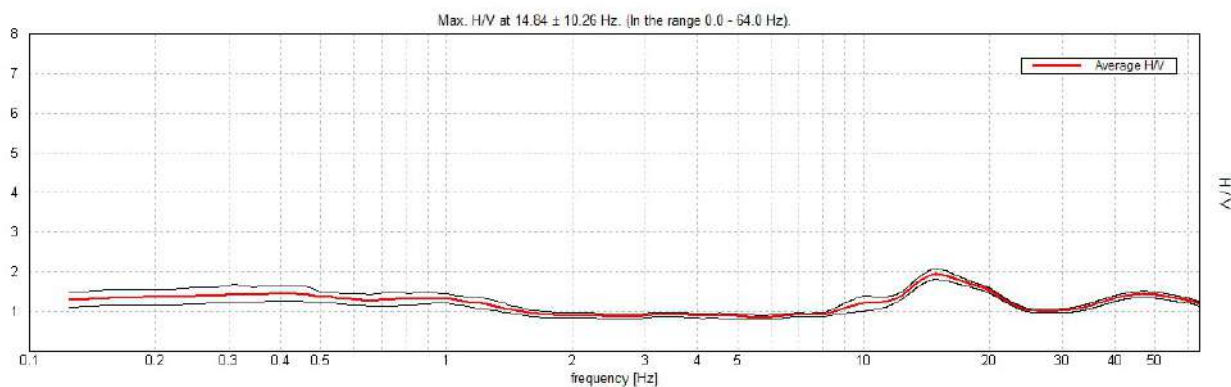
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

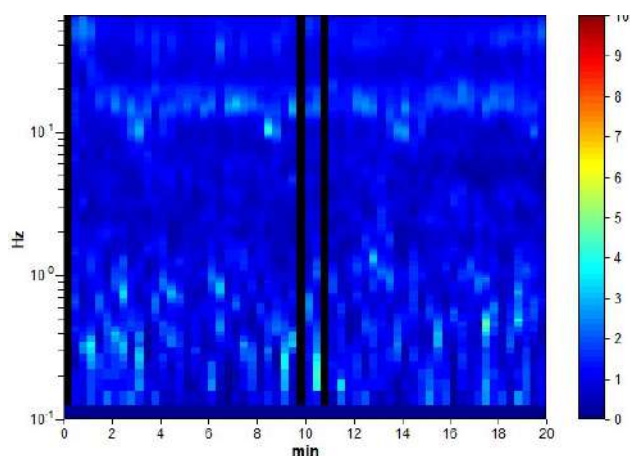
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 20%

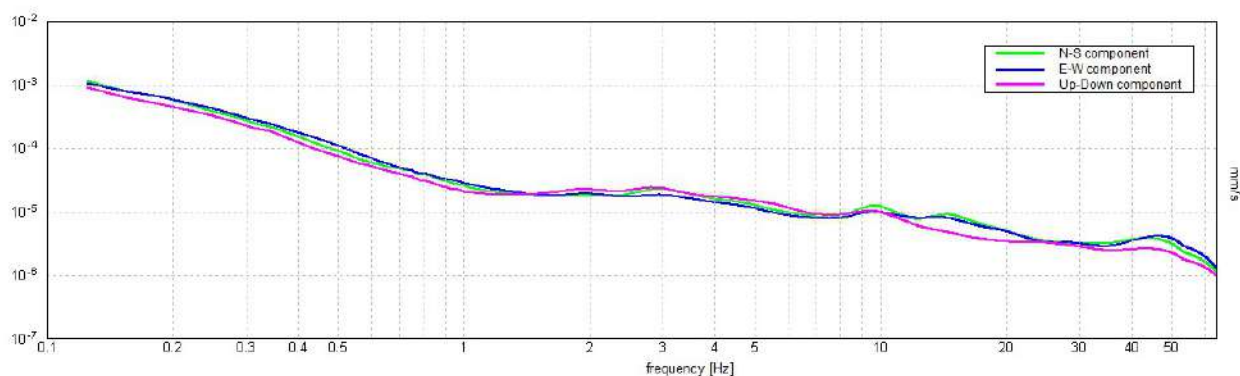
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



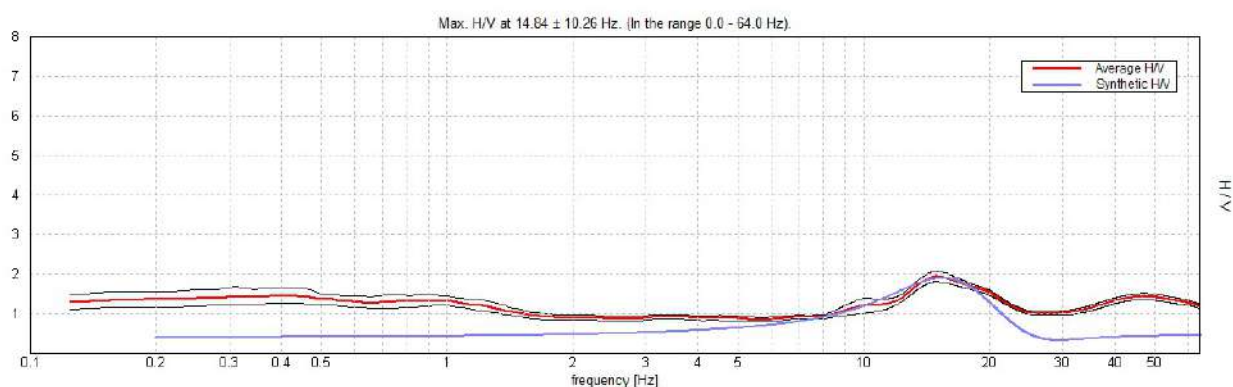
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



**Profondità alla base
dello strato [m]**

3.40
inf.

Spessore [m]

3.40
inf.

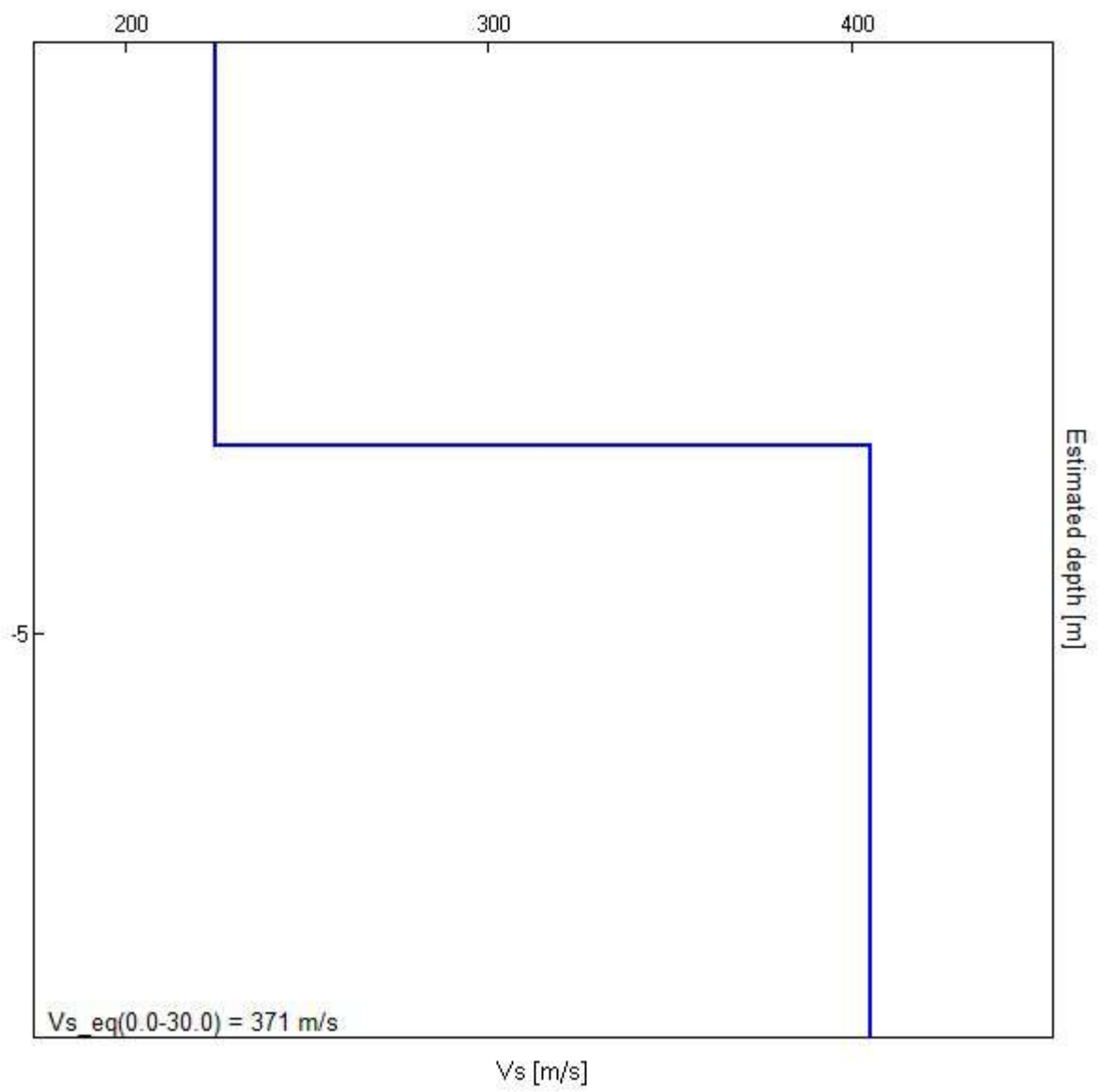
Vs [m/s]

225
405

Rapporto di Poisson

0.45
0.45

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 371 \text{ m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 14.84 ± 10.26 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$14.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$16921.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 713	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	8.313 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.94 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.69093 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$10.25597 < 0.74219$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1284 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

8960_GREENFROGS_MAMIAMO_HVSR_RG, HVSR3

Strumento: TEB-0574/01-21

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 179

Inizio registrazione: 13/05/2026 08:16:10 Fine registrazione: 13/05/2026 08:36:10

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN; wless trig.

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 88% tracciato (selezione manuale)

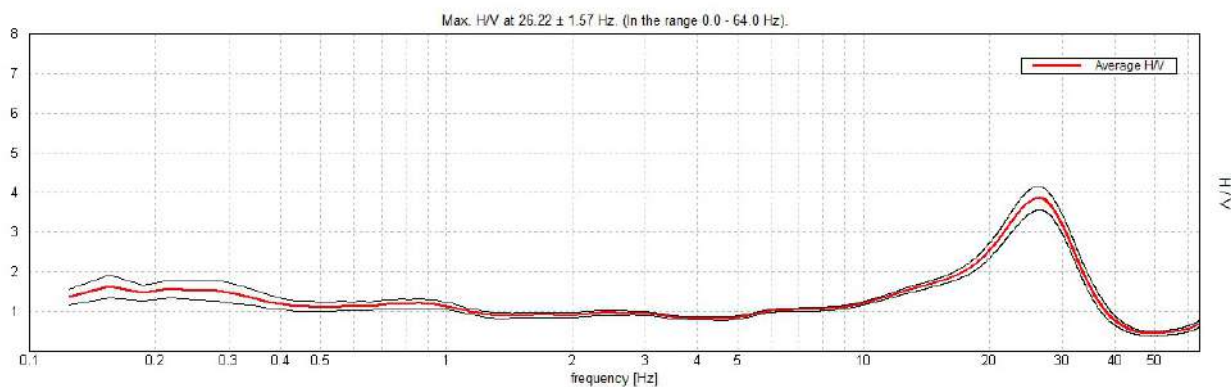
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

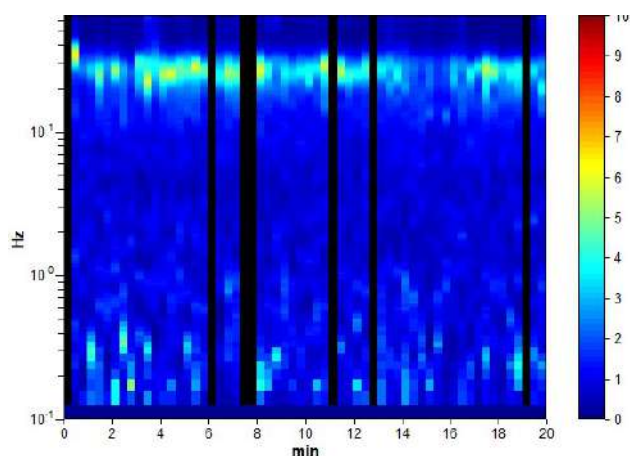
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 20%

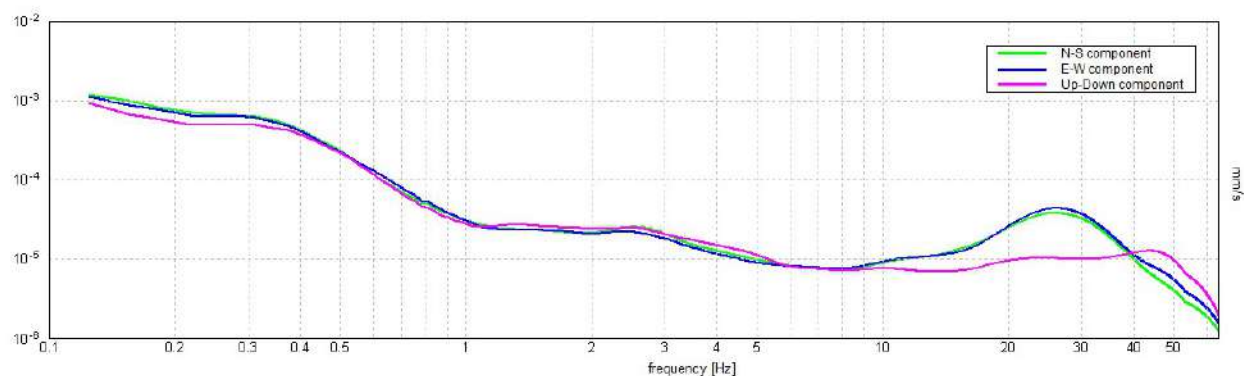
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



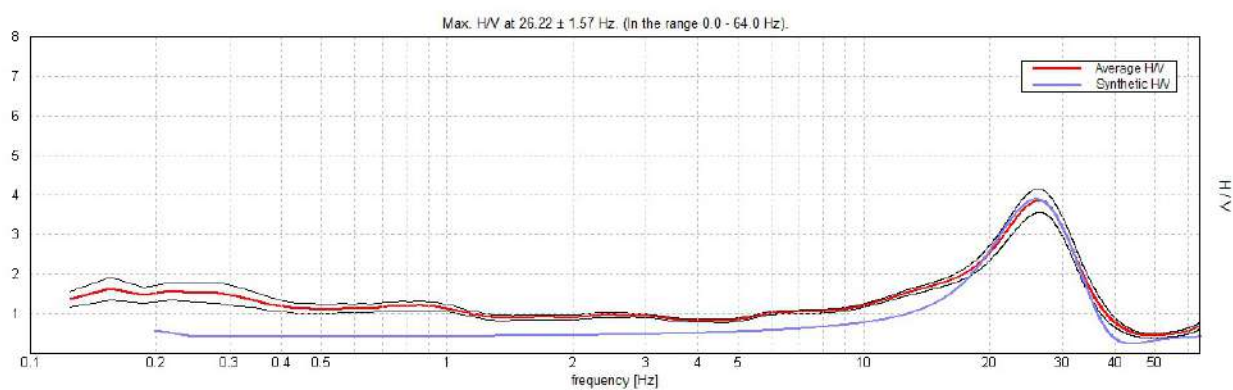
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



**Profondità alla base
dello strato [m]**

1.75
inf.

Spessore [m]

1.75
inf.

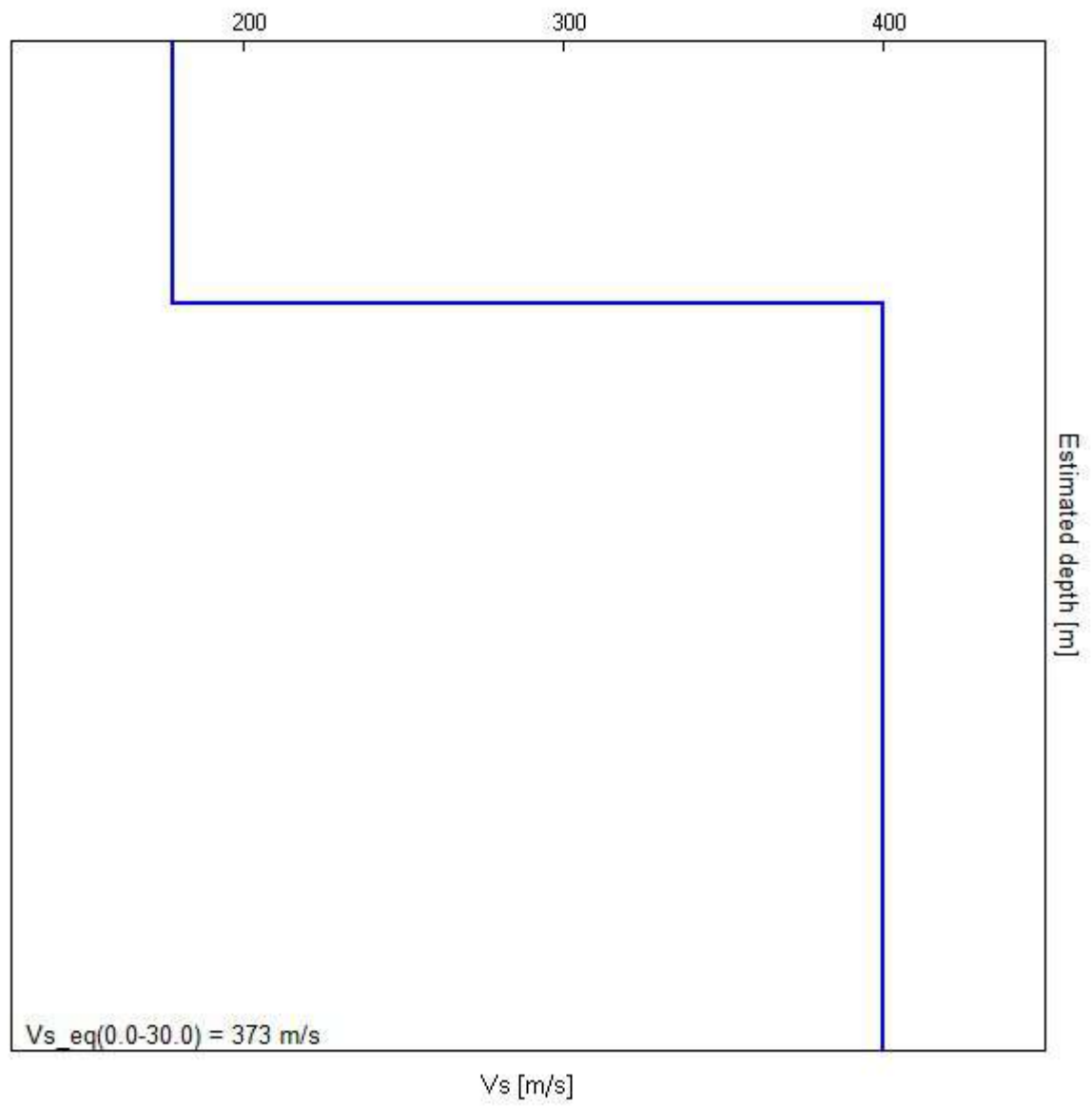
Vs [m/s]

178
400

Rapporto di Poisson

0.42
0.42

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 373 \text{ m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 26.22 ± 1.57 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$26.22 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$27791.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1259	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	16.75 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	33.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.86 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05989 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.5703 < 1.31094$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2996 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

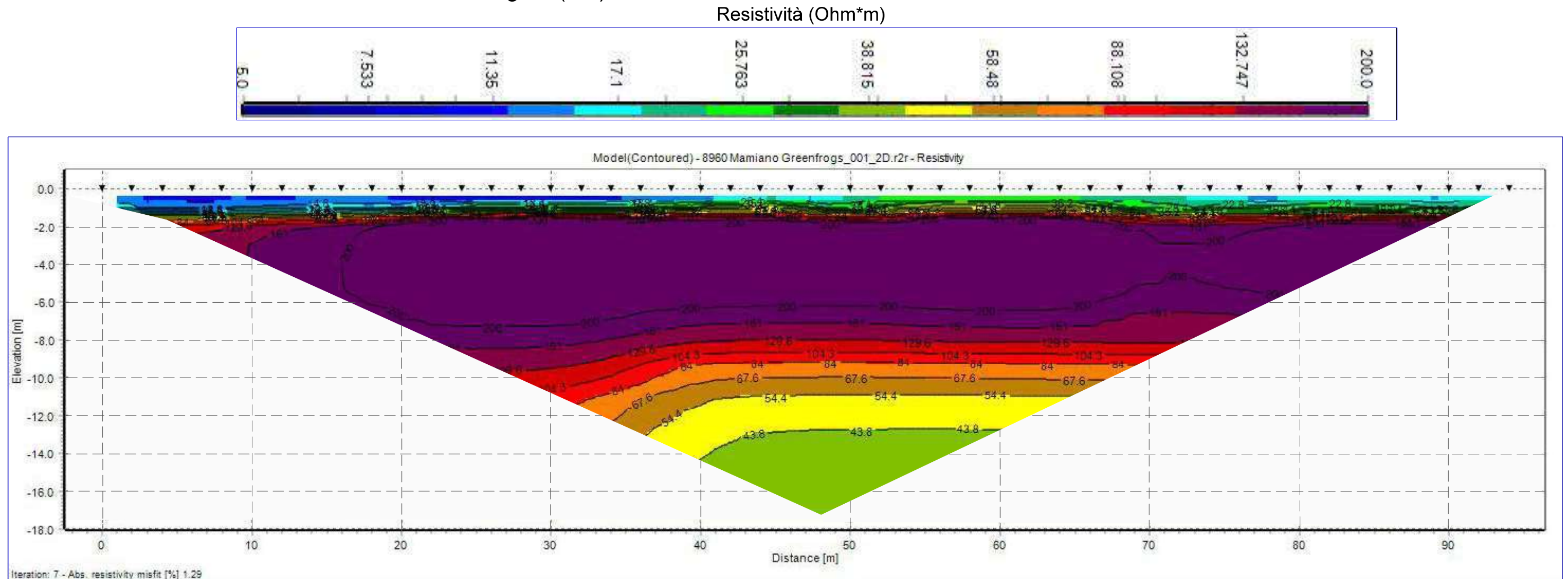
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

ALLEGATO 4

Tomografia Elettrica Verticale (ERT)

Tomografia Elettrica Verticale (ERT) - Wenner

Mamiano - Comuni di Traversetolo e Montechiarugolo (PR)



Durante la campagna di indagine è stata eseguita una prospezione geoelettrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 94,00 m disposto longitudinalmente rispetto alla carraia che borda il lato nord-est del campo, più precisamente, la fine della stesa corrisponde all'incirca con l'angolo nord-est del campo stesso, mentre la profondità massima di indagine è stata di circa 17,00 m dal piano campagna.

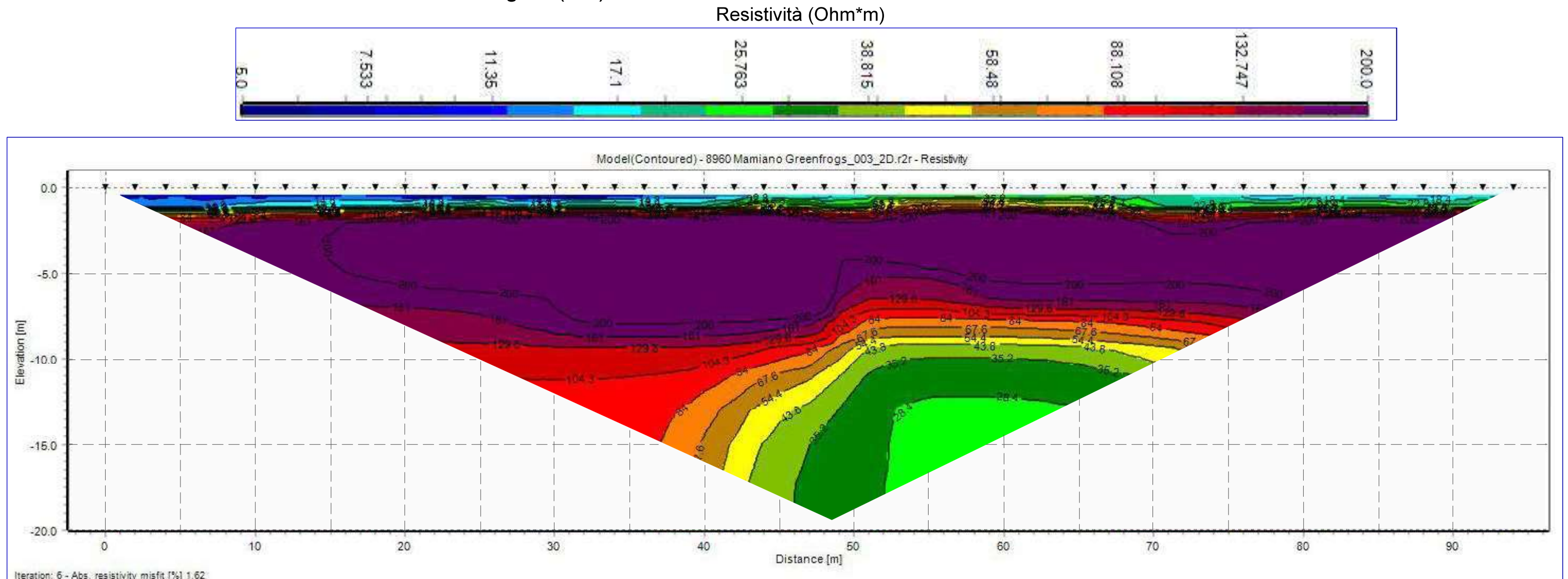
L'elaborazione dei dati, acquisiti con configurazione Wenner, mostra una marcata variabilità verticale della resistività elettrica (valori compresi tra ~5 e >300 $\Omega \cdot m$), mentre mostra una buona continuità laterale.

In sintesi si può suddividere la tomografia in tre intervalli:

- 1) Tra il piano campagna e -2,00 m da p.c. dove si evidenzia la presenza del terreno di copertura agricolo detensionato a basse resistività. La resistività media di questo orizzonte rimane sotto i 25/30 $\Omega \cdot m$ testimoniando la natura coesiva dell'orizzonte.
- 2) La porzione centrale della stesa è ricompresa tra -2,00 m e circa -11,00/12,00 metri dal piano campagna, questa zona è caratterizzata da resistività molto alte tipiche su substrati ghiaiosi.
- 3) la porzione più profonda della stesa mostra una progressiva diminuzione delle resistività testimoniando un graduale passaggio da terreni a componente ghiaiosa fino a terreni possibilmente limoso-sabbiosi al di sotto dei -12,00 metri dal piano campagna.

Tomografia Elettrica Verticale (ERT) - Wenner-Schlumberger

Mamiano - Comuni di Traversetolo e Montechiarugolo (PR)



Durante la campagna di indagine è stata eseguita una prospezione geoelettrica mediante tomografia elettrica (ERT – Electrical Resistivity Tomography) lungo un profilo di 94,00 m disposto longitudinalmente rispetto alla carraia che borda il lato nord-est del campo, più precisamente, la fine della stesa corrisponde all'incirca con l'angolo nord-est del campo stesso, mentre la profondità massima di indagine è stata di circa 17,00 m dal piano campagna.

L'elaborazione dei dati, acquisiti con configurazione Wenner-Schlumberger, mostra una marcata variabilità verticale della resistività elettrica (valori compresi tra ~5 e >300 $\Omega\cdot m$), mentre mostra una modesta continuità laterale.

In sintesi si può suddividere la tomografia in tre intervalli:

- 1) Tra il piano campagna e -2,00 m da p.c. dove si evidenzia la presenza del terreno di copertura agricolo detensionato a basse resistività. La resistività media di questo orizzonte rimane sotto i 25/30 $\Omega\cdot m$ testimoniando la natura coesiva dell'orizzonte.
- 2) La porzione centrale della stesa è ricompresa tra -2,00 m e circa -10,00/11,00 metri dal piano campagna, questa zona è caratterizzata da resistività molto alte tipiche su substrati ghiaiosi.
- 3) la porzione più profonda della stesa mostra una progressiva diminuzione delle resistività testimoniando un graduale passaggio da terreni a componente ghiaiosa fino a terreni possibilmente limoso-sabbiosi al di sotto dei -11,00 metri dal piano campagna.

Rispetto alla tomografia Wenner il limite tra l'intervallo 2 e 3 è meno definito e sembrerebbe approfondirsi nella prima parte della stesa per poi tornare più superficiale (-10,00 m da p.c.) nella seconda porzione.