

**PROVINCIA DI PARMA
COMUNE DI SORBOLO MEZZANI**

Studio di risposta sismica locale (RSL) a completamento della richiesta di integrazioni della Provincia di Parma - Servizio Pianificazione Territoriale - Trasporti - Programmazione Rete Scolastica Gestione Amministrativa del Patrimonio - Statistica - S.I.T. e Sicurezza Territoriale - Servizio Polizia Provinciale, nell'ambito del Procedimento unico ai sensi dell'art. 53, comma 1, lettera a) della L.R. n. 24/2017 per l'approvazione del progetto definitivo dell'intervento denominato "Potenziamento dell'offerta sportiva: realizzazione centro sportivo di Mezzano Inferiore" da attuare da parte del Comune di Sorbolo Mezzani in Sorbolo Mezzani (PR), località Mezzano Inferiore, Via Unità d'Italia, in variante alla pianificazione urbanistica vigente. - Rif. CIG Z6E352B208

[Area censita al N.C.T. del Comune di Traversetolo al Foglio 27 mappali 382p, 396p, 381, 197p, 388p, 124p, 125, 126, 127, 407p, 408p, 410, 196p, 409p, 64p, 63p, 56p]

Committente:
Servizio Tecnico Comune di Sorbolo Mezzani
Responsabile Servizio Tecnico: Ing. Valter Bertozzi
Piazza Libertà, 1
43058 – Sorbolo (PR)
E-mail: v.bertozzi@comune.sorbolomezzani.pr.it

Analisi geologica e geotecnica:
MaC Studio Tecnico e Geologico
Via Cotti, 13 – 43030 – San Michele Tiorre – Felino
P.IVA 02787240346
Tel. 0521-336.192 Fax 0521-336.193
E-mail info@studiomac.it

Febbraio, 2022



Dott. Geol. Luca Calzolari

SOMMARIO:

1. PREMESSA	4
2. UBICAZIONE OPERA IN PROGETTO	5
PARTE I – STUDIO GEOLOGICO	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO	8
DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA	10
SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO.....	10
4. IDREO GEOLOGIA	12
5. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE	14
6. INDAGINI GEOGNOSTICHE (Prove penetrometriche C.P.T., C.P.T.U. e sondaggio a carotaggio continuo)	16
7. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	18
8. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	21
Zonizzazione sismogenetica.....	21
Sismicità del territorio	22
Classificazione sismica comunale	23
9. AZIONE SISMICA	26
Premessa.....	26
Parametri di riferimento rigido orizzontale	26
Risposta sismica locale – EFFETTO DI SITO –	29
Parametri di classificazione e determinazione delle categorie di sottosuolo.....	29
Condizioni topografiche.....	30
INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA “DOWN-HOLE”	31
Cenni metodologici e modalità esecutive	31
Analisi dei risultati	32
Azione sismica e spettri di risposta elastici in accelerazione	34
Spettri di progetto.....	34
10. DETERMINAZIONE PRELIMINARE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	35
PARTE III – RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)	39
11. PREMESSA	39
12. CENNI TEORICI	40
13. DEFINIZIONE INPUT SISMICO	42
13.1 Macrozonazione sismica regionale ed Inquadramento geologico regionale	42
Strutture attive dell'Emilia — Romagna	43
13.2 Sismicità regionale	44
13.3 Inquadramento sismico e pericolosità sismica	46
13.4 Azione sismica di progetto	46
13.5 Dati di disaggregazione del sito in esame	51
13.6 Estrazione accelerogrammi di input – stato limite S.L.V.	53
14. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	55
14.1 Sismostratigrafia di input	55
14.2 Accelerogrammi di input	56
Spettri di risposta elastici di output	59
CONCLUSIONI	62
Studio geologico.....	62
Studio sismico	64
Risposta Sismica Locale (RSL)	65

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 III bis	Sintesi degli elementi di progetto	
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 PSC Comune di Sorbolo-Mezzani	1:10.000 (modificata)
TAVOLA VI	Stralcio RUE Comune di Sorbolo-Mezzani	1:2.000 (modificata)
TAVOLA VII	Stralcio del PTCP Carta Tutela Ambientale, Paesistica e Storico Culturale	1:25.000 (modificata)
TAVOLA VIII	Stralcio PIAE Carta Idrogeologica della Pianura e dei Sistemi Idrogeologici dell'Appennino Parmense	1:100.000 (modificata)
TAVOLA IX	Stralcio Carta del PGRA – Mappa della Pericolosità	1:25.000 (modificata)
TAVOLA IX bis	Stralcio Carta del PGRA – Mappa del Rischio	1:25.000 (modificata)
TAVOLA IX	Stralcio Carta delle indagini	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XI	Stralcio Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XII	Stralcio Carta microzone omogenee in prospettiva sismica – MOPS	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIII	Stralcio Carta velocità delle onde di taglio	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XIV	Stralcio Carta microzonazione sismica livello 3 – FA-PGA	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XV	Stralcio Carta microzonazione sismica – FA-IS 0.1_0.5 s	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVI	Stralcio Carta microzonazione sismica – FA-IS 0.5_1.0 s	1:10.000 (modificata)
TAVOLA XVII	Stralcio ripresa aerofotogrammetrica	
TAVOLA XVIII	Pericolosità sismica locale	
TABELLA I	Calcolo del potenziale di liquefazione	
Allegato 1	Prove penetrometriche statiche (CPTU) Ditta GEO-V srl	
Allegato 2	Risposta sismica locale	

1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Sorbolo Mezzani (CIG Z6E352B208) è stata effettuata un'indagine geologico-tecnica atta a connotare le condizioni "geologiche" zonali nonché le condizioni stratimeccaniche e di rischio sismico di interesse e studio di risposta sismica locale (RSL), a completamento della richiesta di integrazioni della Provincia di Parma - Servizio Pianificazione Territoriale - Trasporti - Programmazione Rete Scolastica Gestione Amministrativa del Patrimonio - Statistica - S.I.T. e Sicurezza Territoriale - Servizio Polizia Provinciale, nell'ambito del Procedimento unico ai sensi dell'art. 53, comma 1, lettera a) della L.R. n. 24/2017 per l'approvazione del progetto definitivo dell'intervento denominato "Potenziamento dell'offerta sportiva: realizzazione centro sportivo di Mezzano Inferiore" da attuare da parte del Comune di Sorbolo Mezzani in Sorbolo Mezzani (PR), località Mezzano Inferiore, Via Unità d'Italia, in variante alla pianificazione urbanistica vigente.

Lo studio è stato redatto in accordo con l'Ing. Valter Bertozzi, responsabile del Servizio Tecnico.

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 verrà articolato in tre 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-tecniche 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;
 - la stima preliminare del potenziale di liquefazione;
3. lo **studio di risposta sismica locale RSL** (approccio non semplificato) è stato richiesto in considerazione della tipologia e dell'importanza del complesso edilizio oggetto di verifica al fine di aumentare il grado di accuratezza nella previsione del moto sismico nel sito in esame e di definire in dettaglio l'azione sismica di progetto, come richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18).

Si è provveduto all'esecuzione della seguente relazione nel mese di febbraio 2022.

2. UBICAZIONE OPERA IN PROGETTO

L'area oggetto del presente studio è ubicata in Via Unità d'Italia in località Mezzano Inferiore nel Comune di Sorbolo Mezzani (PR). L'assetto morfologico al contorno può essere descritto come sub-pianeggiante e il lotto d'interesse è posto ad un'altitudine di circa 25 metri s.l.m., inserito in un contesto a prevalente vocazione rurale. (Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96 Lat. 44,907852° - Lon.10,465438° Tavola I, II, III e XVII).

L'area è censita al Catasto Terreni del Comune di Sorbolo Mezzani al foglio 27 mappali 382p, 396p, 381, 197p, 388p, 124p, 125, 126, 127, 407p, 408p, 410, 196p, 409p, 64p, 63p, 56p. (Tavola III) e secondo il RUE del Comune di Sorbolo Mezzani ricade nelle zone "Verde attrezzato e per lo sport" e "Attrezzature di interesse comunale" e nelle nel PSC comunale in "Ambiti ad alta vocazione produttiva agricola" e "Aree di valore naturale ed ambientale" (Tavole V e VI).

Come anzi detto il presente studio si pone a completamento della richiesta di integrazioni della Provincia di Parma - Servizio Pianificazione Territoriale - Trasporti - Programmazione Rete Scolastica Gestione Amministrativa del Patrimonio - Statistica - S.I.T. e Sicurezza Territoriale - Servizio Polizia Provinciale, nell'ambito del Procedimento unico ai sensi dell'art. 53, comma 1, lettera a) della L.R. n. 24/2017 per l'approvazione del progetto definitivo dell'intervento denominato "Potenziamento dell'offerta sportiva: realizzazione centro sportivo di Mezzano Inferiore" da attuare da parte del Comune di Sorbolo Mezzani in Sorbolo Mezzani (PR), località Mezzano Inferiore, Via Unità d'Italia, in variante alla pianificazione urbanistica vigente.

PARTE I – STUDIO GEOLOGICO

Per una completa analisi del sito in esame sono stati preventivamente consultati i dati delle indagini bibliografiche reperite nell'intorno dell'area in esame. In particolare sono state consultate le seguenti fonti:

- database regionale (disponibile al sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it>);
- studio geologico-geotecnico e caratterizzazione sismica comprensiva degli approfondimenti di risposta sismica locale (RSL) finalizzati alla progettazione dei lavori di miglioramento sismico e adeguamento funzionale dell'edificio già sede municipale di Mezzani redatta dal sottoscritto in data 16 novembre 2021 (Rif. CIG Z17332BB1F).
- relazione geologica e relazione sismica del progetto: Potenziamento dell'offerta sportiva, realizzazione Centro Sportivo di Mezzano Inferiore; redatta ad ottobre 2021 dal Dott. Geol. Giancarlo Bonini.

Particolare importanza per l'area in esame assume il sondaggio a carotaggio continuo P404, eseguito nel 2016 per lo studio di Microzonazione Sismica del Comune di Sorbolo-Mezzani. All'interno del foro di sondaggio sopra citato è stata eseguita una prova sismica Down Hole (Fig. 1 int), al fine di ottenere una stratigrafia interpretativa fino alla quota di 30 metri dall'attuale piano campagna, al fine di caratterizzare il "sito" in accordo con quanto previsto dal D.P.C.M 3274 e dalle "Norme tecniche per le costruzioni" – DM. 17/01/2018.



Figura 1 int – Ubicazione sondaggio P404

È stata inoltre consultata la relazione geologica e sismica "Costruzione di nuova scuola media, Località Mezzano Inferiore – Comune di Mezzani" del Gennaio 2007, redatta dal Dott. Geol. Stefano Mantovani, nella quale sono riportate le indagini geognostiche volte a caratterizzare un'area posta subito a nord del sito oggetto di studio della presente relazione.

In particolare la campagna geognostica che ha interessato l'area attualmente occupata dalla scuola media di Mezzano Inferiore ha visto l'esecuzione di 2 prove penetrometriche statiche (CPT1, CPT2) spinte fino ad una profondità massima di 10 m da p.c. (Fig. 2 int.).



Figura 2 int – Ubicazione area prove CPT

In data 13 Settembre 2021, nell'ambito della relazione geologica del Dott. Geol. Giancarlo Bonini, è stata eseguita una prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU) che ha raggiunto una profondità di 14.84 m da p.c. (Fig. 3 int.) e 9 saggi con escavatore meccanico che hanno raggiunto la profondità massima di circa 2.5 m dal p.c. (Fig. 4 int.)



Figura 3 int – Ubicazione area prove CPTU



Figura 4 int – Ubicazione sondaggi con escavatore meccanico

Infine sono stati analizzati anche i dati ricavati da un'ulteriore prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU1) eseguita dalla ditta GEO-V srl sempre all'interno del lotto in esame e i cui risultati sono riportati nell'Allegato 1.

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 seguiti 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 5 e 6 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.

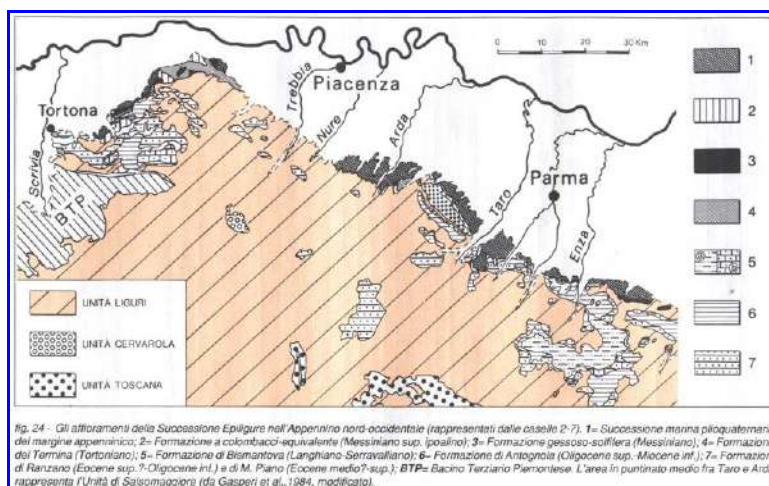


Figura 5 int - Rapporti tra Insieme Interno (o Dominio) Ligure e la Successione Epiliguri (G. Papani e L. Vernia)

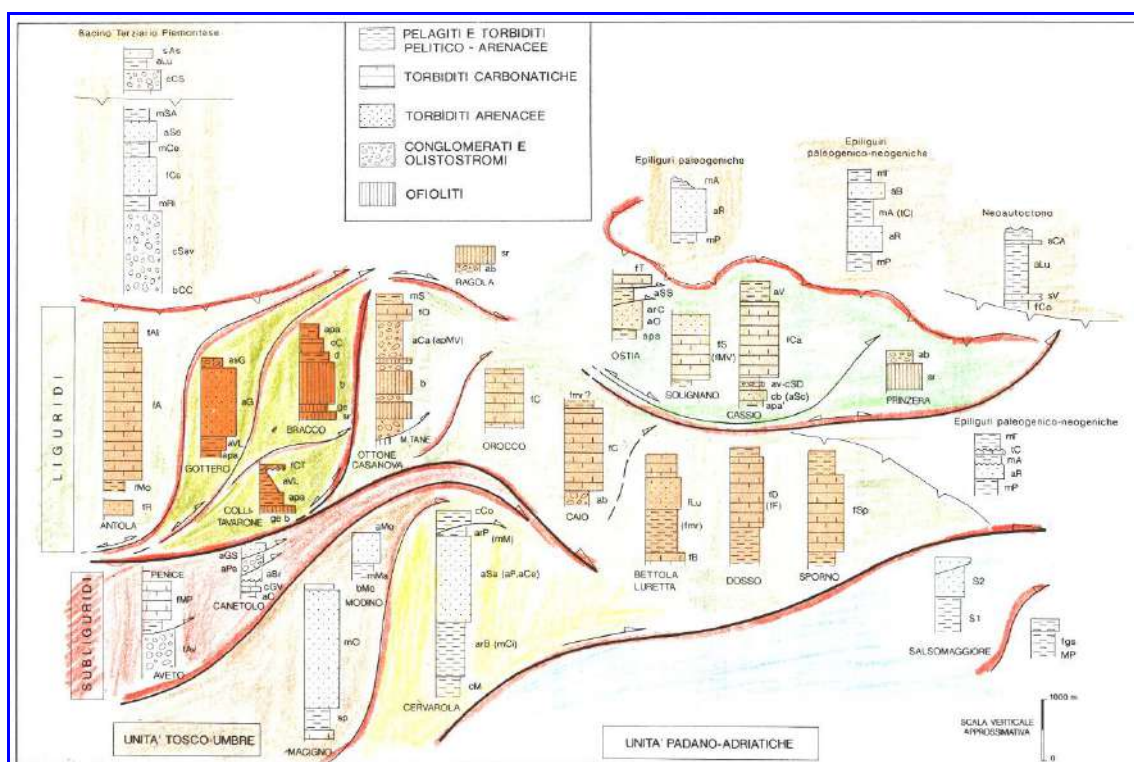


Figura 6 int - Rappresentazione semplificata della litostratigrafia delle principali Unità presenti (P. Vescovi)

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 182060 - Mezzani).

DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA

Questi depositi si sono formati ad opera di vari processi sedimentari, legati principalmente a fenomeni gravitativi e alla dinamica fluviale.

I depositi alluvionali sono stati distinti in depositi alluvionali in evoluzione (**b1**), depositi alluvionali recenti (**b1a**) e depositi alluvionali terrazzati (**bn**), 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. I depositi alluvionali terrazzati occupano porzioni ormai abbandonate dal corso d'acqua e risultano terrazzati in vari ordini a diverse quote al disopra dell'alveo, in relazione all'età del deposito; tali depositi possono essere rimobilizzati solo in casi di piene eccezionali e solo per gli ordini di terrazzi più giovani, sono quindi fissati da vegetazione stabile.

Questi depositi sono in genere ricoperti da sedimenti fini siltoso-argillosi con subordinate sabbie, che presentano differente grado di pedogenesi a seconda dell'età del deposito.

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**)

- Subsistema di Villa Verucchio - **AES7** (suddiviso nell'unità di Vignola -**AES7b** e di Niviano -**AES7a**)
- Subsistema di Agazzano - **AES3**
- Subsistema di Maiatico - **AES2** (suddiviso nell'unità di Fico Rosso - **AES2b** e di Miano - **AES2a**)
- Subsistema di Monterlinzana - **AES1**

La sedimentazione dell'AES prende inizio al termine di un evento minore, ancorché 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).

Subsistema di Ravenna (AES8)

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi: depositi intravallivi terrazzati. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m ed è di tipo A/Bw/Bk(C). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 m.

(Pleistocene sup. - Olocene)

Unità di Modena (AES8a)

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)

4. IDROGEOLOGIA

La pianura alluvionale tra i torrenti Enza e Nure 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.

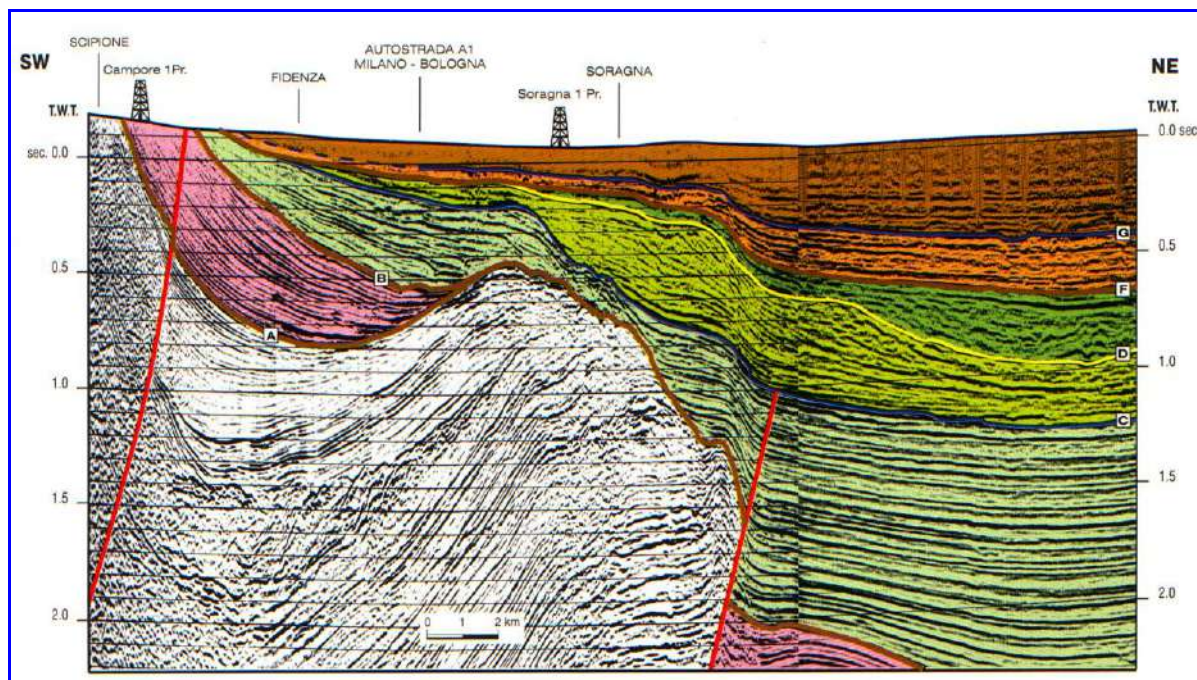
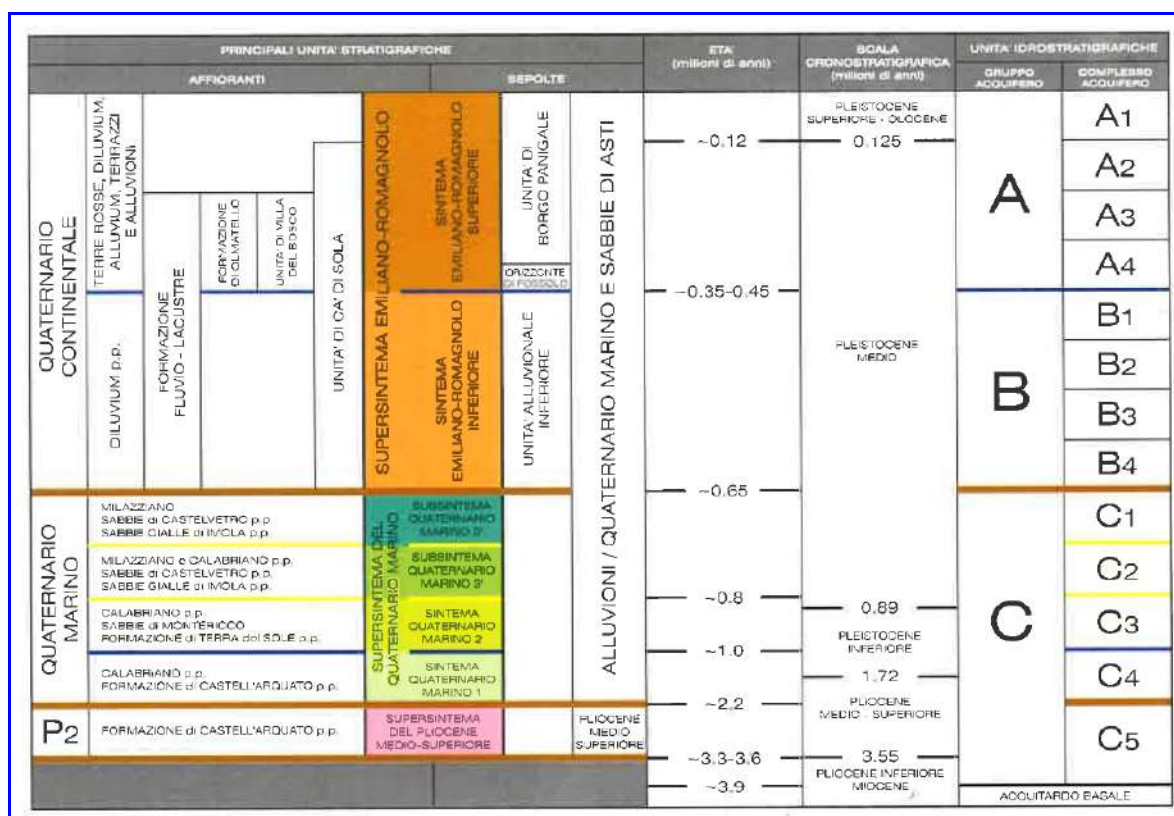


Figura 7-int Profilo sismico interpretato - "da Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna"

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

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.



All'interno di ciascun Gruppo Acquifero vengono poi distinti diversi Complessi Acquiferi, unità gerarchicamente inferiori (a cui comunque corrisponde un'unità stratigrafica della Carta Geologica) identificate dal nome del Gruppo Acquifero di appartenenza, seguito da un numero progressivo (A0, A1 ecc.). Anche i Complessi Acquiferi sono Unità Idrostratigrafiche e come tali rappresentano una sequenza deposizionale contraddistinta da un acquitardo basale molto continuo, a cui fa seguito una sedimentazione più fine che diventa poi decisamente grossolana nella porzione terminale della sequenza.

5. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

L'area oggetto del presente studio è ubicata in Via Unità d'Italia in località Mezzano Inferiore, piccola frazione del Comune di Sorbolo-Mezzani (PR), ad un'altezza di circa 25 m s.l.m. ed inserita in un contesto morfologico tipico della bassa pianura alluvionale, caratterizzato da andamenti sub-pianeggianti dei terreni. Per tutte le caratteristiche al contorno, l'area in oggetto risulta essere **assolutamente stabile e con bassissima predisposizione al dissesto** (Tavola I, II, XII).

L'idrografia di superficie dell'area, in ordine gerarchico crescente, è caratterizzata dalla presenza del Torrente Enza, che confluisce nel fiume Po a circa 3.5 km più a NE dell'area indagata (Corso d'acqua meritevole di tutela - PTCP della Provincia di Parma, C.1- Tutela Ambientale Paesistica Storico Culturale – Tavola VII). Inoltre, a nord e a sud del sito in esame sono presenti rispettivamente il Torrente Parma Morta ed il collettore Parmetta. Dal punto di vista morfologico l'area, a morfologia pianeggiante, è in prevalenza, il risultato dell'azione prodotta dalle acque di scorrimento superficiale e dall'attività antropica.

L'assetto morfologico ed altimetrico in rapporto ai corsi d'acqua presenti, è sintetizzato nella cartografia tematica esistente, secondo cui l'area oggetto di studio presenta **scenari di Pericolosità media (P2)** con alluvioni poco frequenti e **Classe di Rischio moderato o nullo (R1)** come definito dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Emilia Romagna (PGRA - Geoportale Regione Emilia Romagna - Tavola IX, IX bis). Si tenga presente **che la Classe di Rischio aumenterà a medio (R2) dopo la realizzazione dell'opera in ambito di progetto** per via della realizzazione di un nuovo “elemento esposto”.

All'interno dell'area di studio, dai dati bibliografici consultati, si osserva **si è osservata la presenza di un sistema di circolazione idrica sotterranea** alla profondità di circa 6,00 metri dal p.c. Si riportano in **Tabella 1 int** i dati di soggiacenza della falda reperiti in bibliografia per le prove eseguite nell'intorno dell'area in esame (da database RER).

Sigla	Quota p.c. (m)	Profondità raggiunta (m)	Profondità falda (m da p.c.)	Tipo di prova
182060P404	25.8	30	- 6.0	Sondaggio a carotaggio continuo
182060P501	25.6	43	-5.0/-5.7	Sondaggio a carotaggio continuo

Tabella 1 int Profondità della falda nei pressi del sito in esame

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica statica con piezocono, eseguita ad integrazione delle indagini reperite nel mese di settembre 2021, è stata reperita la falda a -6.00 m da p.c, mentre durante l'esecuzione della prova penetrometrica eseguita dalla ditta GEO-V srl nel mese di febbraio 2022, la falda è stata reperita alla quota di -5.40 m dal p.c.

Inoltre, nella “Carta geologico-tecnica” della Microzonazione sismica (II Livello) del Comune di Sorbolo-Mezzani ad est del sito in esame è riportato un dato di profondità di falda in area con sabbie e/o ghiaie pari a 1.4 m da p.c.

Le indagini eseguite e i dati bibliografici di soggiacenza della falda, indicano quindi una variazione di profondità della falda tra 1.4 e i 6 m da p.c.

Questi sistemi risultano pertanto caratterizzati da una forte stagionalità con lenti freatiche superficiali e discontinue, caratterizzate da livelli di soggiacenza assai variabili.

L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica Regione Emilia-Romagna scala 1:10.000 Sezione 182060 Tavola IV bis), si colloca in corrispondenza dei depositi alluvionali intravallivi **AES8a – Unità di Modena**. Le litologie sono

rappresentate da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. Questi depositi corrispondono all'**Alluvium recente Q_{2r}** costituiti da depositi argillosi neri, surtumosì, di bacini palustri recenti (Carta Geologica d'Italia 1:100.000 foglio 74 Reggio nell'Emilia - Tavola IV).

La cartografia tematica esistente, in particolare la "Tavola A.6 del Piano Infraregionale delle Attività Estrattive – Carta Idrogeologica della Pianura e dei Sistemi Idrogeologici dell'Appennino Parmense" che delinea l'andamento delle linee isofreatiche mediante pozzi e punti di controllo della rete piezometrica, individua nell'area indagata un livello medio di soggiacenza compreso tra i 4.00 ed i 5.00 metri dal piano campagna, quindi in linea con quanto osservato nel corso delle indagini [linee isofreatiche interpolate ad una quota di 22/23 metri s.l.m.].

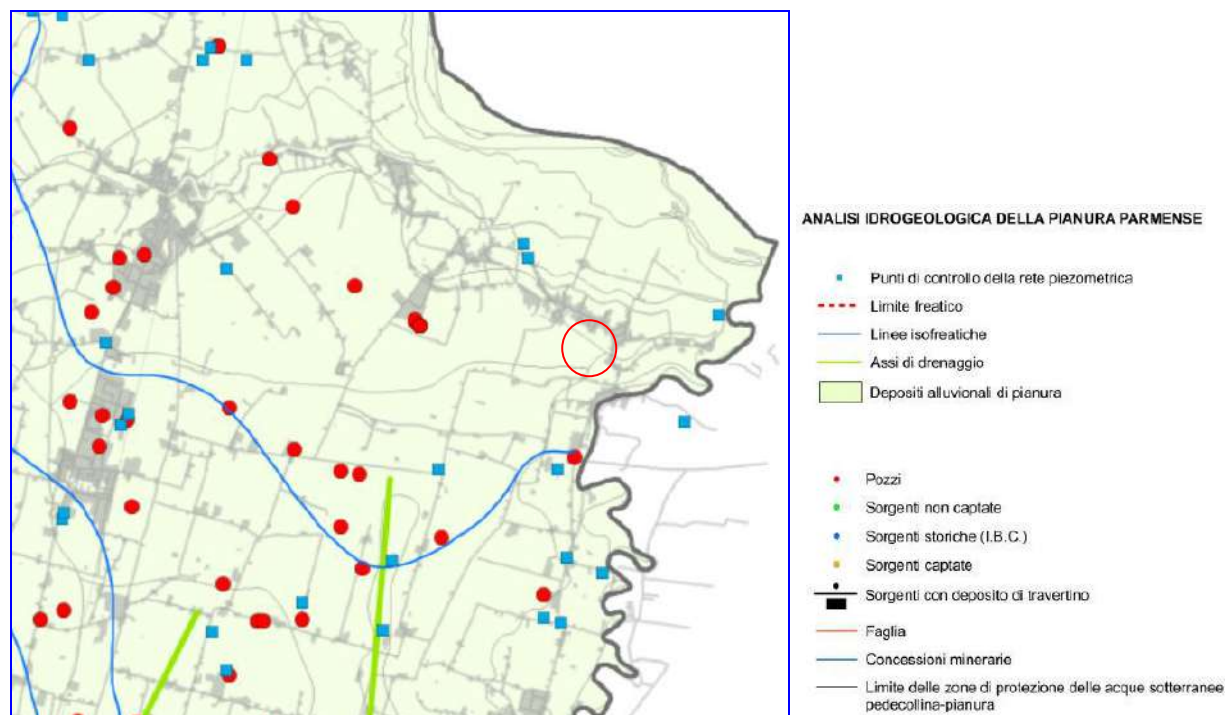


Figura -8bis-int Stralcio Tavola A.6 PIAE della Regione Emilia Romagna

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE (Prove penetrometriche C.P.T., C.P.T.U. e sondaggio a carotaggio continuo)

Le caratteristiche geolitologiche di superficie al contorno dell'area di studio evidenziano la presenza di depositi prevalentemente limoso argillosi discontinui (tra quelli superficiali che maggiormente interessano per la caratterizzazione geotecnica del sito).

Il contesto litologico presente ha fatto preferire l'utilizzo di un penetrometro statico, che risulta essere il più idoneo allo studio dei litotipi fini superficiali indagati. In particolare è stato utilizzato un penetrometro statico tipo Pagani da 10/20t; costante di trasformazione $C_t = 10$ e velocità di avanzamento della punta 2 cm/s. Sul penetrometro è stata montata una punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² – apertura 60°) con manicotto laterale (superficie 150 cm²).

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").

Le caratteristiche del terreno sono state ricavate dall'indagine realizzata. I risultati delle singole prove sono riportati negli Allegati (Letture di campagna/Valori di resistenza - Diagrammi di Resistenza - Valutazioni Litologiche), 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 9 - int.) Tali modelli empirici, permettono di riconoscere la litologia del terreno in base al rapporto tra i valori di resistenza delle prove.

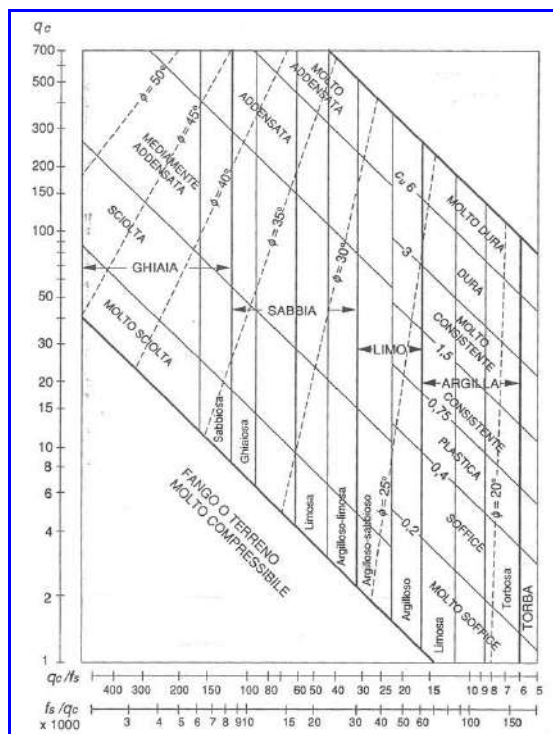


Figura 9 int - Litologia in funzione di qc ed fs

Come già detto, sono stati inoltre analizzati i dati geognostici relativi ad un sondaggio a carotaggio continuo realizzato in vicinanza dell'area di studio e spinto fino alla profondità di -30.00 metri dal piano campagna.

L'analisi macroscopica delle carote estratte ha permesso una puntuale ricostruzione del substrato indagato, riassunta nella stratigrafia riportata in Fig.10 int.

Profondità (m dal pc)	Descrizione litologica
0.00-3.00	Limo debolmente sabbioso marrone, con frammenti di laterizio e reti radicali sparsi
3.00-5.10	Limo sabbioso marrone chiaro
5.10-7.00	Sabbia medio fine debolmente limosa marrone
7.00-11.95	Sabbia medio grossolana grigia, non rara presenza sparsa di frammenti lignei
11.95-12.20	Frammento ligneo
12.20-12.80	Sabbia medio grossolana grigia
12.80-18.40	Sabbia medio grossolana grigia, debolmente ghiaiosa. Ghiaia poligenica arrotondata Ø max 2 cm
18.40-19.10	Trovante ligneo
19.10-22.50	Sabbia medio grossolana grigia, debolmente ghiaiosa con rari resti lignei sparsi. Ghiaia poligenica arrotondata Ø max 5 cm
22.50-25.50	Sabbia medio grossolana grigia, debolmente ghiaiosa. Ghiaia poligenica arrotondata Ø max 3 cm
25.50-29.50	Sabbia medio grossolana grigia
29.50-30.00	Sabbia medio grossolana grigia, debolmente ghiaiosa. Ghiaia poligenica arrotondata Ø max 5 cm

Figura 10 int Stratigrafia ricavata dall'interpretazione delle carote estratte

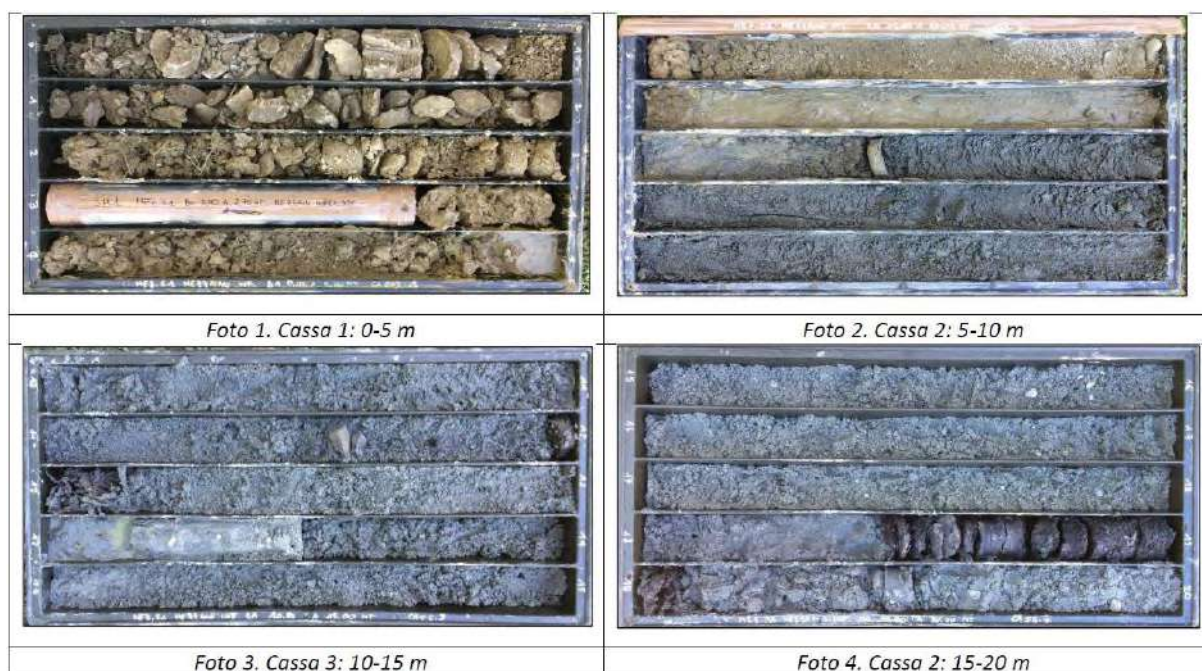


Figura 11 int Fotografia delle carote estratte

7. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI

Il modello geomeccanico e litostratimetrico della porzione di sottosuolo di interesse è stato ricostruito mediante l'elaborazione della prova penetrometrica di tipo statico (CPTU1) realizzata dalla ditta GEO-V srl e dal compendio con le risultanze di precedenti studi.

Il sottosuolo può essere descritto come rappresentato da quattro intervalli, prescindendo dalla coltre di alterazione superficiale (suoli) e dalla eventuale presenza di piccole lenti granulari non significative ai fini della caratterizzazione geotecnica del sito (Tabella 2 int).

I parametri geomeccanici riportati 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 (in sito);
- γ_{SAT} : peso dell'unità di volume del terreno (saturo);
- γ' : peso dell'unità di volume del terreno (alleggerito dalla spinta idrostatica);
- **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).

L'intervallo **(A)**: livello di origine naturale/alluvionale costituito prevalentemente da argilla limosa e limo sabbioso. Questo livello è stato riconosciuto sino alla profondità di circa 1.30 e 2.00 m dal p.c. dalle prove CPTU eseguite all'interno dell'area di studio.

(da 0.50 metri fino a -1.30/-2.00 metri dal piano campagna)

Natura coesiva

- γ : $1.83 \text{ t/m}^3 = 18.00 \text{ kN/m}^3$;
- γ_{SAT} : $1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$;
- γ' : $0.90 \text{ t/m}^3 = 8.82 \text{ kN/m}^3$;
- **Cu**: $1.09 - 1.96 \text{ kg/cm}^2 = 107.3 - 192.8 \text{ kPa}$;
- **E**: $59 - 99 \text{ kg/cm}^2 = 5.8 - 9.8 \text{ MPa}$;

L'intervallo **(B)**: livello costituito prevalentemente da sabbie fini e grossolane. Questo livello è stato riconosciuto sino alla profondità di circa 3.30 e 7.20 m da p.c. dalle prove CPTU eseguite all'interno dell'area di studio.

(da -1.30/-2.00 metri fino a -3.30/-7.20 metri dal piano campagna)

Natura granulare

- γ : $1.83 \text{ t/m}^3 = 18.00 \text{ kN/m}^3$;
- γ_{SAT} : $1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$;
- γ' : $0.85 \text{ t/m}^3 = 8.33 \text{ kN/m}^3$;
- Φ' : $25.5^\circ - 37.6^\circ$;
- **E**: $73.41 - 96.87 \text{ kg/cm}^2 = 7.2 - 9.5 \text{ MPa}$

L'intervallo **(C)**: livello costituito prevalentemente da sabbie medio grossolane compatte. Questo livello è stato riconosciuto sino alla profondità di circa 11.00 e 12.90 m da p.c. dalle prove CPTU eseguite all'interno dell'area di studio.

(da -3.30/-7.20 metri fino a -11.00/-12.90 metri dal piano campagna)

Natura granulare

- γ : $1.77 \text{ t/m}^3 = 17.40 \text{ kN/m}^3$;
- γ_{SAT} : $1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$;
- γ' : $0.85 \text{ t/m}^3 = 8.33 \text{ kN/m}^3$;
- Φ' : $29.1^\circ - 34.6^\circ$;
- E : $104 - 159 \text{ kg/cm}^2 = 10.2 - 15.6 \text{ MPa}$;

L'intervallo **(D)**: livello costituito prevalentemente da sabbie medio grossolane/grossolane e compatte. Questo livello è stato riconosciuto sino alla profondità di circa 12.90 e 14.80 m dal p.c., quote alle quali è avvenuta l'interruzione delle prove penetrometriche CPTU.

(da -11.00/-12.90 metri dal piano campagna sino ad interruzione delle prove)

Natura granulare

- γ : $1.79 \text{ t/m}^3 = 17.60 \text{ kN/m}^3$;
- γ_{SAT} : $1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$;
- γ' : $0.85 \text{ t/m}^3 = 8.33 \text{ kN/m}^3$;
- Φ' : $30.4^\circ - 34.7^\circ$;
- E : $169 - 286 \text{ kg/cm}^2 = 16.6 - 28.1 \text{ MPa}$;

Intervallo	Z _{min} (m)	Z _{max} (m)	$\gamma \text{ (t/m}^3\text{)}$	$\gamma_{\text{SAT}} \text{ (t/m}^3\text{)}$	$\gamma' \text{ (t/m}^3\text{)}$	$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	Φ'	$E \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
			$\gamma \text{ (KN/m}^3\text{)}$	$\gamma_{\text{SAT}} \text{ (KN/m}^3\text{)}$	$\gamma' \text{ (KN/m}^3\text{)}$	$C_u \text{ (KPa)}$		$E \text{ (MPa)}$
Suoli	0.00	-0.50	---	---	---	---	---	---
A	-0.50	-1.30/2.00	1.83	1.90	0.90	1.09 - 1.96	---	59 - 99
			18.00	18.63	8.82	107.3 - 192.8		5.8 - 9.8
B	-1.30/2.00	-3.30/-7.20	1.83	1.85	0.85	---	25.5°	73.41 - 96.87
			18.00	18.14	8.33		37.6°	7.2 - 9.5
C	-3.30/-7.20	-11.00/-12.90	1.77	1.85	0.85	---	29.1°	104 - 159
			17.40	18.14	8.33		34.6°	10.2 - 15.6
D	-11.00/-12.90	interruzione	1.79	1.85	0.85	---	30.4°	169 - 286
			17.60	18.14	8.33		34.7°	16.6 - 28.1

Tabella 2-int Intervalli litologicamente e geomeccanicamente uniformi individuati

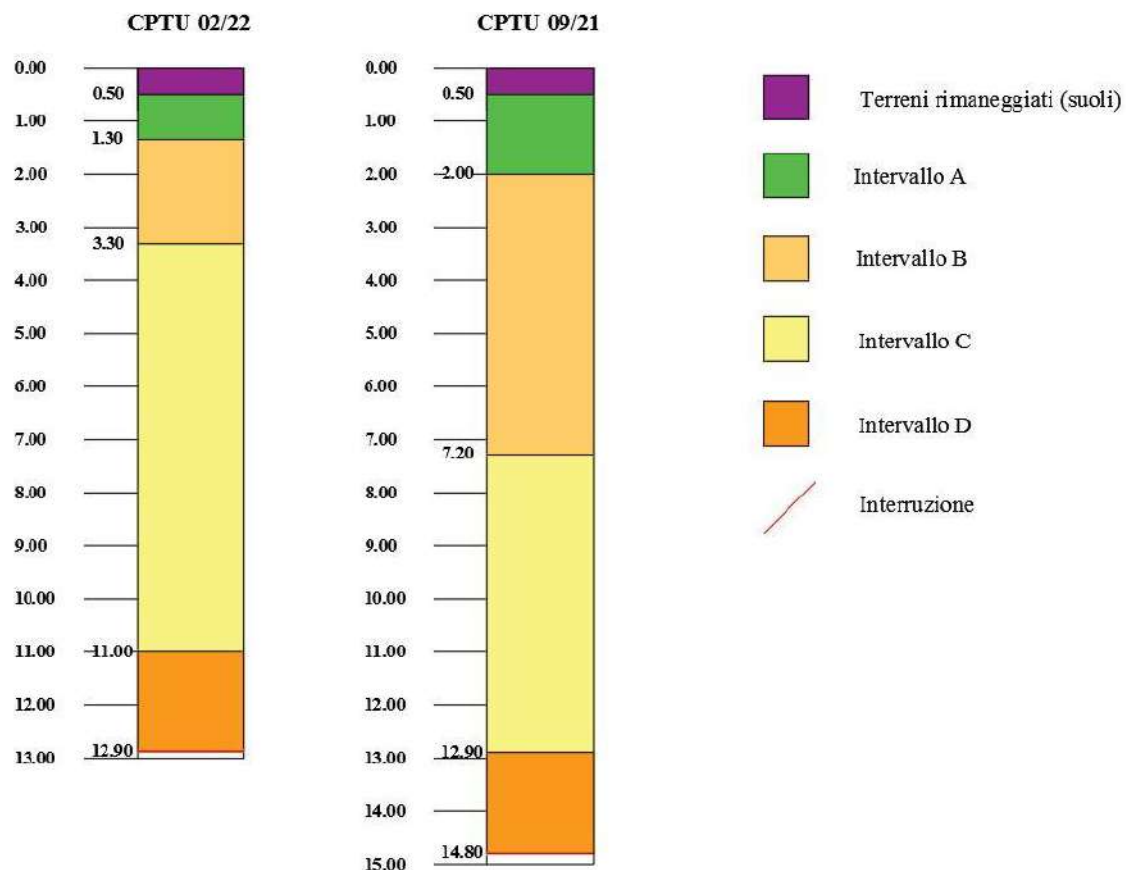


Figura 12 int – Modello litostratimettrico locale

8. 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 13 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 ed, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.

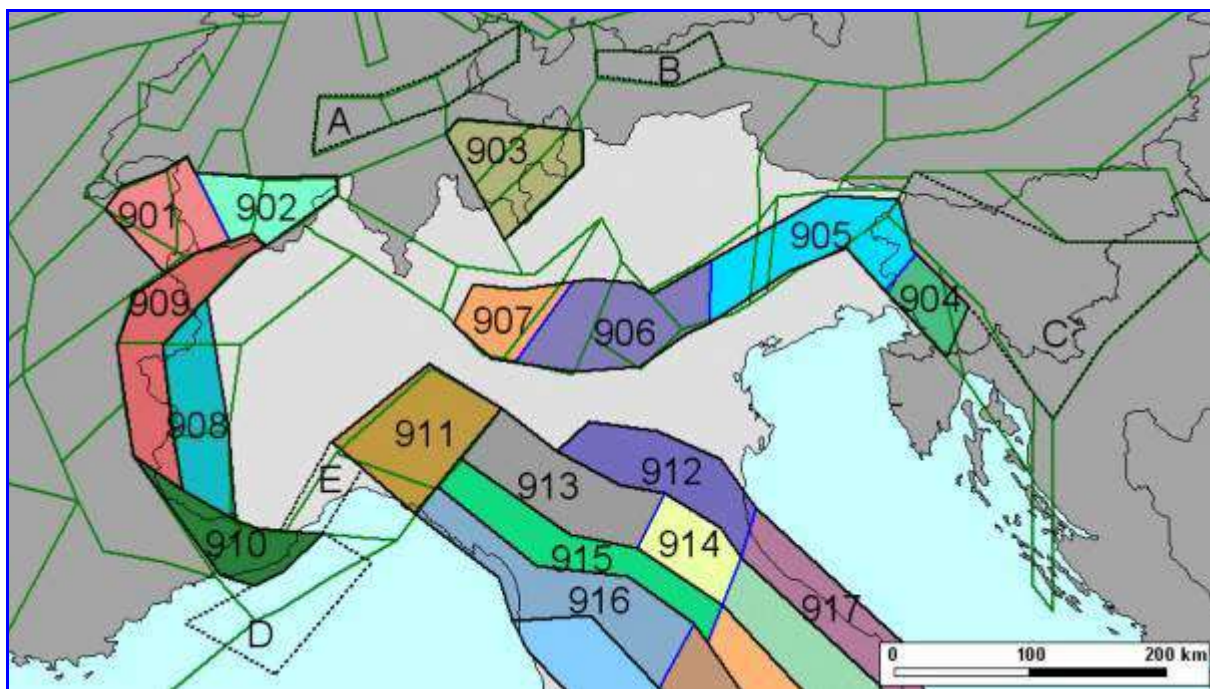


Figura 13 int – Stralcio della zonizzazione sismogenetica ZS9

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.

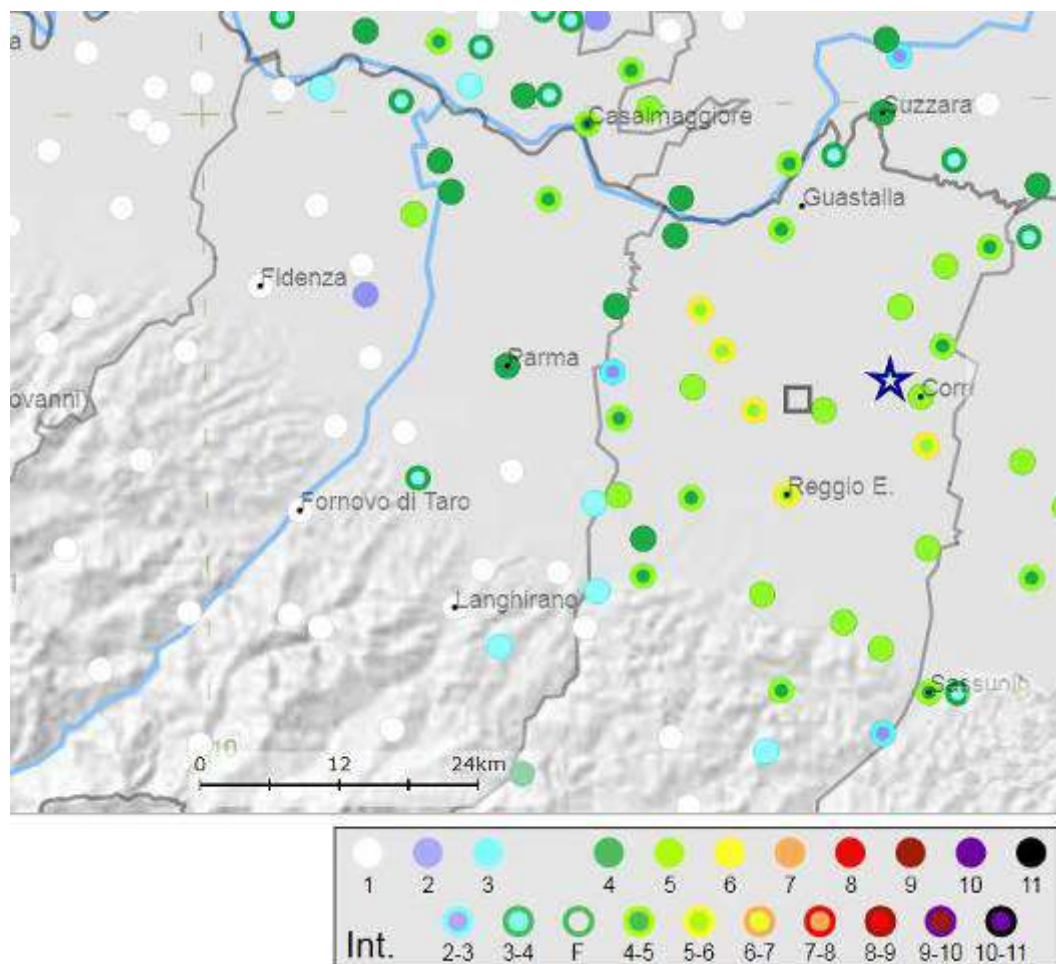


Figura 14 int – Principali terremoti in Emilia -Romagna dall'anno 1.000 d.c. al 1990 con indicazione della magnitudo

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 DBMI15 la versione 2021 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 Mezzani.

Essa è riassunta nella Tabella 3 int, 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_o) e la magnitudo momento (M_w).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1967	04	03	16	36	18	Reggiano	45	5	4.44
6	1983	11	09	16	29	52	Parmense	850	6-7	5.04
4	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
3-4	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33
5	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	1996	10	26	04	56	0	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
3	1996	10	26	06	50	2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4	1996	11	25	19	47	5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
NF	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	1997	05	12	22	13	0	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
NF	1998	02	21	02	21	0	Pianura emiliana	104	5	3.93
5	2012	01	25	08	06	3	Pianura emiliana	25	5-6	4.98

Tabella 3 int – Massimi eventi sismici verificatisi nel comune di Mezzani reperiti dall'Archivio DBMI15

Dalla lettura di tabella si evidenzia che il massimo evento sismico censito e osservato nel territorio di Mezzani si è verificato il 09 novembre del 1983 con un'intensità al sito del VI grado della scala MCS.

Nei cataloghi sismologici esaminati nel presente studio non sono stati individuati terremoti aventi epicentro nel Comune di Mezzani, ma il terremoto che ha avuto maggiori effetti nel settore in esame è certamente l'evento appena citato nel Parmense.

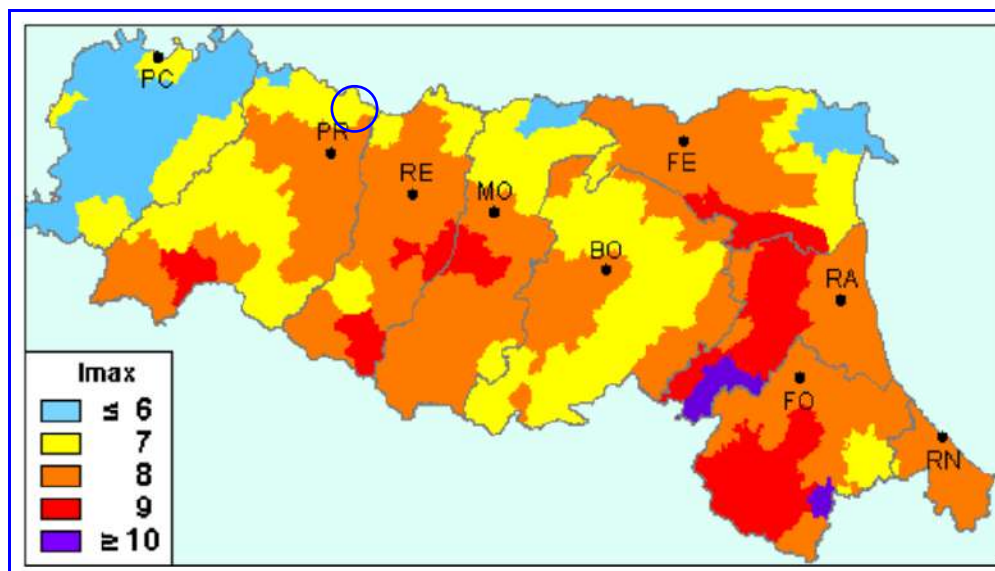


Figura 15 int – Carta della massima intensità macrosismica osservata nei comuni dell'Emilia Romagna

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, 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 Sorbolo Mezzani** in **zona 3** (Fig. 16), 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).

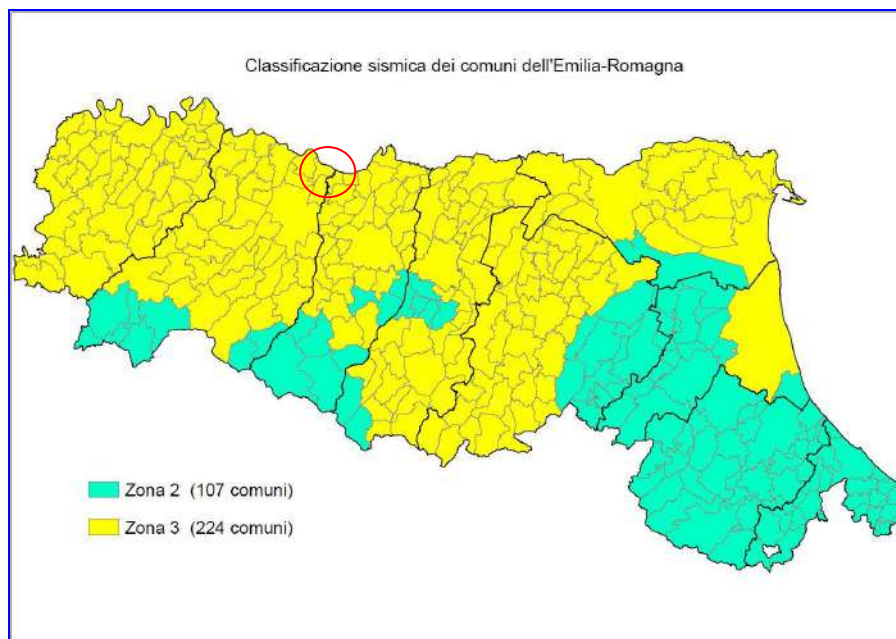


Figura 16 int – Nuova classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna

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 $0,05 \text{ g}$ e $0,15 \text{ g}$ (ricavato dalle mappe interattive di pericolosità sismica dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia – INGV. Figura 17 int.).

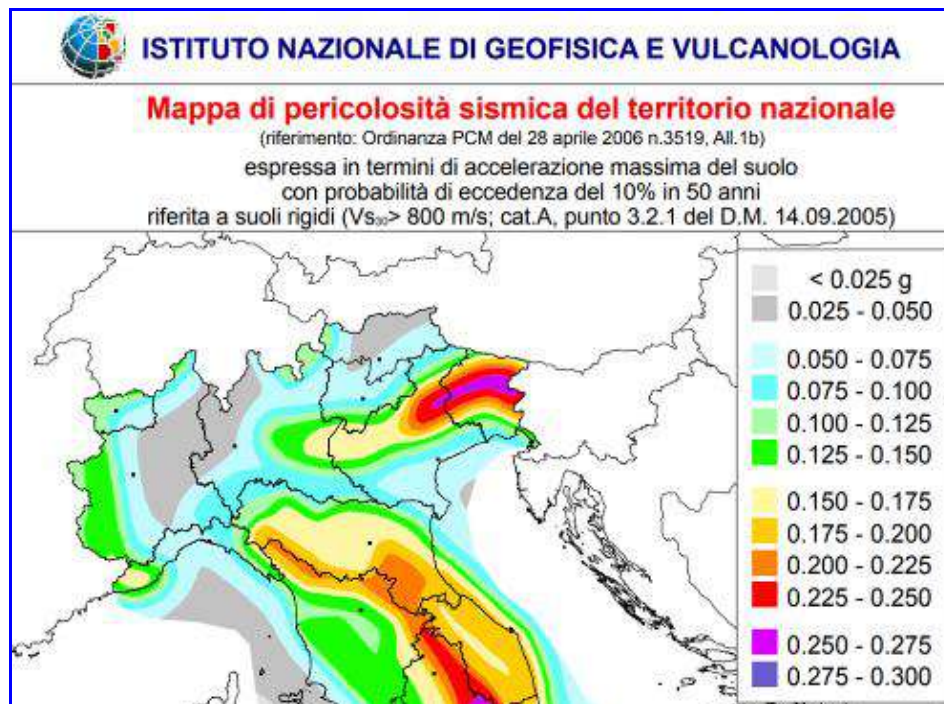


Figura 17 int – Mapa di pericolosità sismica ricavata dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia

9. 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)

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	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 Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	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)

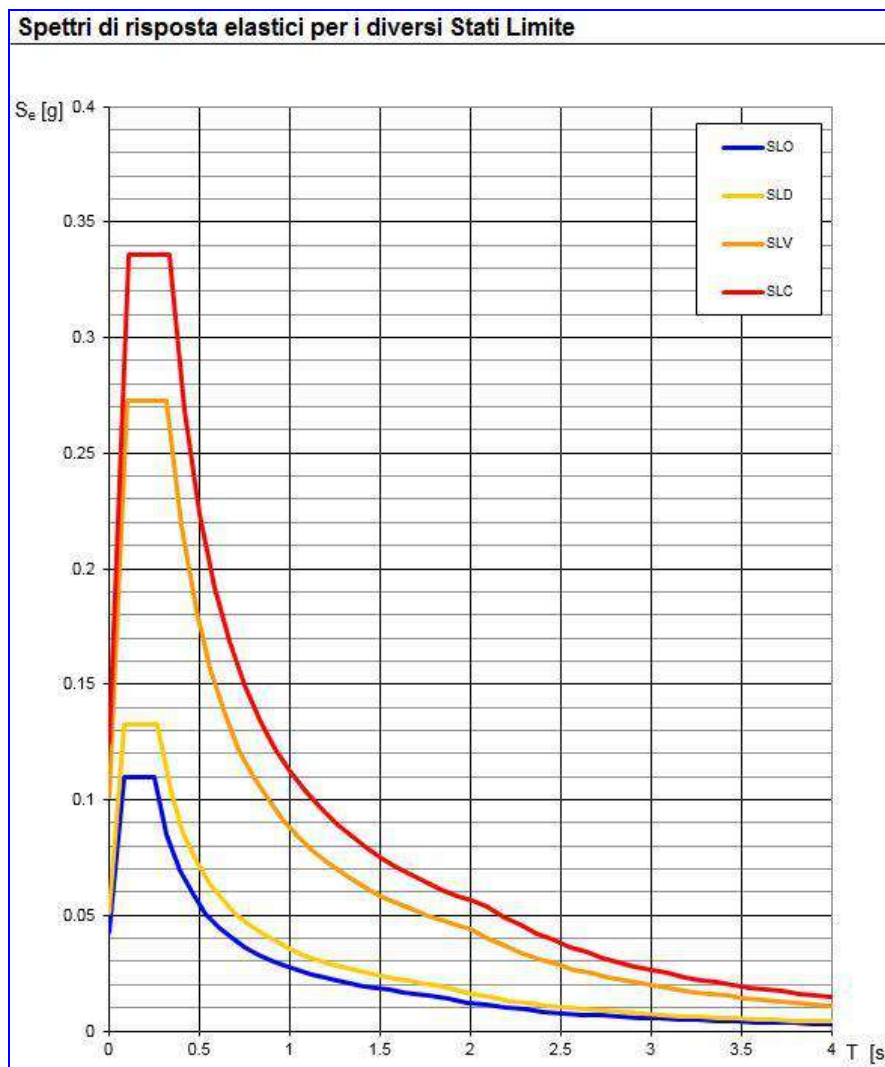
Sulla base dei valori di progetto e dei siti di riferimento, sono di seguito riportati i parametri di sito da considerare al fine della determinazione delle forme spettrali da utili per la definizione dell'azione sismica di progetto:

LON	10,465438°
LAT	44,907852°
V_N	50 anni
Classe	III
C_U	1.5

STATO LIMITE	T _R (anni)	a _g (g)	F ₀	T _c * (s)
SLO	45	0,042	2,566	0,250
SLD	75	0,051	2,584	0,269
SLV	712	0,100	2,694	0,325
SLC	1462	0,124	2,685	0,338

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)



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

Risposta sismica locale – EFFETTO DI SITO –

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.

Le modifiche del moto sismico prodotte dalle condizioni locali sono complessivamente indicate come effetti di sito. In relazione alle tipologie di indagine condotte ed ai dati geotecnici disponibili verranno utilizzati metodi di studio basati sulla definizione di categorie di sottosuolo (in accordo con quanto proposto dall’Eurocodice 8 – EC8).

Parametri di classificazione e determinazione delle categorie di sottosuolo

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

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.

Per la classificazione del sito in oggetto si è definito il parametro meccanico di base definito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, $V_{s,eq}$ realizzando indagini geofisiche in sito mediante la tecnica "MASW" brevemente descritta nel successivo paragrafo.

Essendo il substrato in posto superiore ai 30 metri è possibile utilizzare il parametro $V_{s,30}$ individuato dalle prove MASW.

Le elaborazioni effettuate hanno permesso di attribuire al sito indagato la categoria di sottosuolo "C" (si veda oltre).

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

STATO LIMITE		Ss	Cc	St	k_h	k_v	Amax [m/s ²]	β
SLE	SLO	1,500	1.660	1,000	0,013	0,006	0.623	0.200
	SLD	1,500	1.620	1,000	0,015	0,008	0.746	0.200
SLU	SLV	1,500	1.520	1,000	0,030	0,015	1.469	0.200
	SLC	1,480	1.500	1,000	0,044	0,022	1.818	0.240

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA “DOWN-HOLE”

Cenni metodologici e modalità esecutive

La tecnica del *Down-Hole* consiste nel misurare i tempi di arrivo delle onde sismiche P e S generate da una specifica sorgente ad un geofono tridimensionale (costituito da tre geofoni orientati secondo le tre direzioni spaziali) posto in un foro di sondaggio a profondità crescenti.

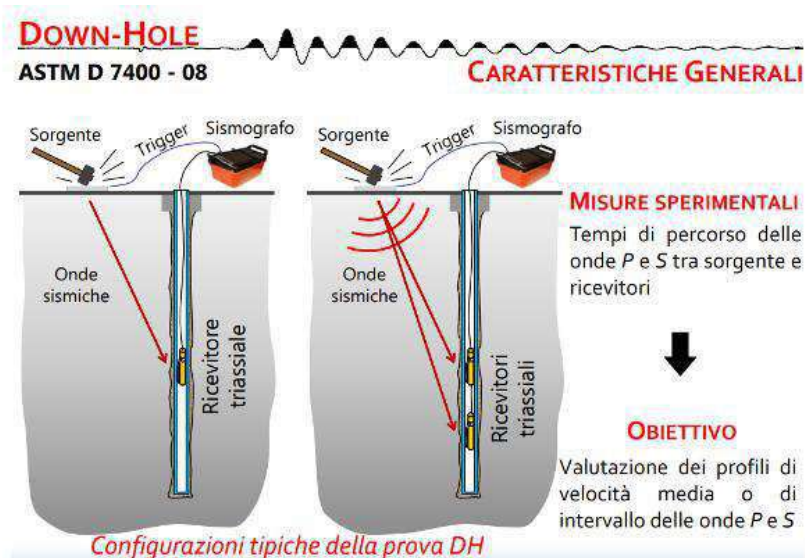


Figura 18 int – Schema della prova Down-Hole, in questo caso è stato utilizzato un unico ricevitore triassiale

I principi della prova e le modalità esecutive, facendo riferimento allo schema sopra-riportato, si possono così sintetizzare:

- la misura è effettuata utilizzando un singolo foro nel quale è alloggiato il geofono; l'energizzazione è stata effettuata in superficie a nota dal foro;
- l'apparato base di misura comprende una strumentazione per l'acquisizione dei segnali (sismografo multicanale *Geometrics* tipo Geode e geofono da foro a 3 e dispositivo di starter) ed un sistema che li genera attraverso la percussione sul terreno ad opera di una massa battente (mazza da Kg. 5);
- nella fase di energizzazione il geofono alloggiato nel foro è stato vincolato alle pareti del tubo con un dispositivo pneumatico a pistoncini;
- le onde *P* sono state generate con percussioni applicate in senso verticale ad una piastra di alluminio appoggiata sulla superficie del terreno;
- le onde *S* sono state generate percuotendo orizzontalmente una trave vincolata al terreno per avere un sismogramma con una prevalente fase *S*;
- il sistema di impatto per generare l'onda *S*, è costituito da un parallelepipedo in teflon incassato nel terreno ben vincolato al piano campagna dalla massa di un automezzo.

Analisi dei risultati

Come detto precedentemente, sono stati analizzati i dati ricavati dall'indagine down-hole, realizzata poco più a nord dell'area oggetto di studio, nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica del Comune di Sorbolo-Mezzani. I risultati della prova sono riportati nelle Fig 19 int e Tab 3 int .

Sulla base dei valori di Vs ricavati dall'indagine si individua una **categoria di sottosuolo di tipo C**; in particolare il valore di Vs30 è risultato pari a **221 m/s**.

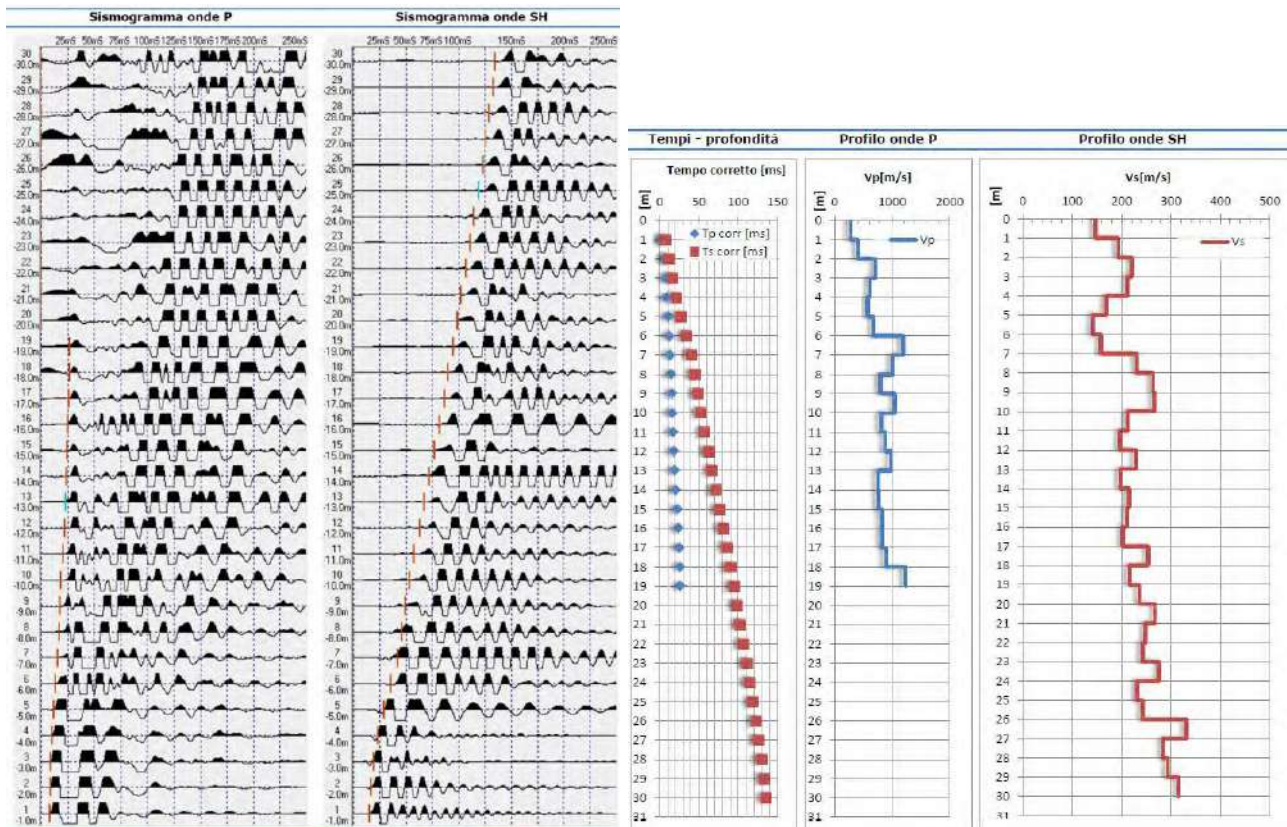


Figura 19 int – Report indagine Down-Hole

Shot n	Profondità [m]	Tp [ms]	Ts [ms]	Tp corr. [ms]	Ts corr. [ms]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	Vs _m [m/s]
30	1	8.1	15.2	3.62	6.80	276.1	147.1	147.1
29	2	8.6	16.9	6.08	11.95	406.7	194.1	167.4
28	3	9.0	19.8	7.49	16.47	710.6	221.0	182.1
27	4	10.2	23.7	9.12	21.20	611.7	211.7	188.7
26	5	11.7	29.2	10.86	27.11	574.7	169.1	184.4
25	6	13.0	36.0	12.33	34.15	680.4	142.0	175.7
24	7	13.7	42.1	13.17	40.48	1190.5	158.0	172.9
23	8	14.6	46.2	14.16	44.82	1008.9	230.4	178.5
22	9	15.8	49.8	15.42	48.61	793.9	263.6	185.1
21	10	16.7	53.4	16.38	52.36	1050.5	266.7	191.0
20	11	17.9	58.0	17.61	57.06	809.3	212.7	192.8
19	12	19.0	63.0	18.74	62.14	884.8	196.9	193.1
18	13	20.0	67.3	19.77	66.52	974.7	228.6	195.4
17	14	21.3	72.3	21.09	71.57	758.4	197.8	195.6
16	15	22.6	76.9	22.40	76.23	760.0	215.0	196.8
15	16	23.8	81.6	23.62	80.97	823.4	210.8	197.6
14	17	25.0	86.5	24.83	85.91	824.7	202.5	197.9
13	18	26.1	90.4	25.94	89.85	899.6	253.8	200.3
12	19	26.9	95.0	26.75	94.48	1231.8	215.9	201.1
11	20	n.d*	99.2	n.d*	98.71	n.d*	236.4	202.6
10	21	n.d*	102.9	n.d*	102.44	n.d*	268.2	205.0
9	22	n.d*	106.9	n.d*	106.46	n.d*	248.5	206.6
8	23	n.d*	111.0	n.d*	110.58	n.d*	242.6	208.0
7	24	n.d*	114.6	n.d*	114.20	n.d*	276.1	210.1
6	25	n.d*	118.9	n.d*	118.52	n.d*	231.6	210.9
5	26	n.d*	123.0	n.d*	122.64	n.d*	242.9	212.0
4	27	n.d*	126.0	n.d*	125.66	n.d*	331.3	214.9
3	28	n.d*	129.5	n.d*	129.17	n.d*	284.5	216.8
2	29	n.d*	132.9	n.d*	132.59	n.d*	292.9	218.7
1	30	n.d*	135.3	n.d*	135.75	n.d*	315.7	221.0

*n.d.: a causa di disturbi ambientali non risulta determinabile il primo arrivo delle onde generate.

Tabella 3 int – Valori Vp e Vs ricavati dall'indagine Down-Hole

Azione sismica e spettri di risposta elastici in accelerazione

Alla scala del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale può essere decomposta secondo tre componenti (direzioni ortogonali) rappresentate generalmente mediante spettri di risposta. Qualora la costruzione sia di dimensioni limitate o le sue fondazioni siano sufficientemente rigide e resistenti, si può assumere che il moto sia lo stesso per tutti i punti al di sotto della costruzione. Altrimenti si deve tener conto della variabilità spaziale del moto (art.7.3.2.5 N.T.C.).

La rappresentazione di riferimento per le componenti dell'azione sismica è lo **spettro di risposta elastico in accelerazione** che esprime una forma spettrale (spettro normalizzato) per uno smorzamento convenzionale del 5% moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale.

Spettri di progetto

Per gli **stati limite di esercizio** lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata

Per gli **stati limite ultimi** qualora le verifiche non vengano effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto la non linearità di materiale.

In tal caso, non disponendo delle caratteristiche strutturali definitive delle opere in progetto, verranno presi in considerazione gli spettri relativi al terreno anche per SLV, di seguito esposti e desunti dall'utilizzo del programma "*Spettri di risposta ver. 1.03*" – Consiglio Superiore Lavori Pubblici e dal software *Geostru-spettri2*.

Le risposte ascrivibili al comportamento inelastico della struttura a seguito di sollecitazione sismica, saranno oggetto di valutazione da parte del Progettista incaricato.

10. 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).

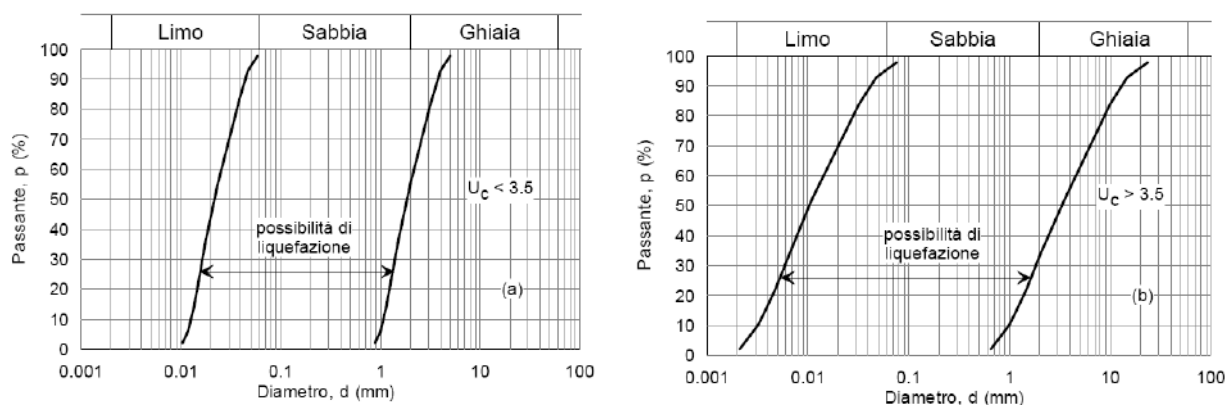
Rischio di liquefazione: verifica preliminare

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 $U_c > 3,5$



Non avendo potuto escludere la possibilità di liquefazione per i depositi indagati, (impossibilità di veder soddisfatti i punti 1 e 2 del precedente paragrafo) sulla base dell’analisi preliminare delle caratteristiche del sito e del deposito, si è proceduto alla verifica a liquefazione applicando alcuni metodi di analisi empirica e semplificata noti in letteratura.

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T):

$$F_s = \frac{R}{T}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1.

La grandezza T dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche, statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da stendimenti di sismica a rifrazione.

Calcolo dello sforzo di taglio indotto dal sisma (T)

La grandezza T viene ricavata attraverso la relazione:

$$T = 0,65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \frac{1}{MSF}$$

dove:

a_{\max}	= accelerazione sismica massima;
g	= accelerazione di gravità = 980.7 cm/s ² ;
σ_{v0}	= pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
σ'_{v0}	= pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
r_d	= coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:
$r_d = 1 - 0.00765z$	per $z \leq 9.15$ m
$r_d = 1.174 - 0.0267z$	per $9.15 < z \leq 23$ m
$r_d = 0.774 - 0.008z$	per $23 < z \leq 30$ m
$r_d = 0.5$	per $z > 30$ m

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con la relazione

$$MSF = \left(\frac{M}{7.5} \right)^{-3.3}$$

se $M < 7.5$ o, se $M > 7.5$, con la formula

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$$

Calcolo della resistenza al taglio mobilitata (R)

a) Da prove penetrometriche statiche – metodo di Robertson e Wride (1997)

Il metodo di Robertson e Wride permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati della prova penetrometrica statica (CPT). La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0,883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0,05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50$$

e

$$R = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0,08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente.

Viene considerato non liquefacibile un deposito in cui sia $F_s > 1$.

Questa procedura è raccomandata dal National Center for Earthquake Reasearch (NCEER).

Calcolo dell'indice di liquefacibilità

Una stima del rischio di liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro indice di liquefazione (IL). Tale indice viene definito dalla seguente relazione:

$$IL = \sum_{i=1}^n FW(z) \Delta z$$

dove: n = numero degli intervalli di calcolo di F_s lungo la verticale;

$F = 1 - F_s$ per $F_s \leq 1$ e $F = 0$ per $F_s > 1$;

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

$W(z) = 10 - 0,5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

In base al valore di IL ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione attraverso la seguente tabella:

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
0<IL≤5	Basso
5<IL≤15	Alto
15<IL	Molto alto

Tramite l'applicazione dei metodi elencati si ottiene un **indice di liquefazione IL = 5,18**, che corrisponde ad un **rischio di liquefazione ALTO**.

PARTE III – RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)**11. PREMESSA**

In considerazione della tipologia e dell'importanza del complesso edilizio oggetto di verifica si è ritenuto opportuno procedere alla redazione di uno studio di risposta sismica locale RSL (approccio non semplificato), al fine di aumentare il grado di accuratezza nella previsione del moto sismico nel sito in esame e di definire in dettaglio l'azione sismica di progetto, come richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC18).

Tale approccio è ritenuto la via ufficiale delle NTC18 (Cap. 3.2.2) per la definizione dell'azione sismica di progetto. Le stesse norme, come anzi detto, permettono in alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, di fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito.

Come già detto precedentemente (Capitoli 3 e 9), gli studi realizzati sono stati redatti grazie ad i risultati dell'indagine Down-Hole eseguita nel 2016 nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica del Comune, insieme ai risultati delle indagini eseguite dal sottoscritto nell'ambito dello studio geologico redatto per la progettazione del miglioramento sismico dell'edificio già sede municipale di Mezzani.

12. CENNI TEORICI

L'analisi di risposta sismica locale *RSL* prevede un approccio di tipo quantitativo e consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico più o meno sofisticati (modelli monodimensionali 1D, bidimensionali 2D e tridimensionali 3D), basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale.

I concetti fondamentali su cui si basano i codici di calcolo numerico riguardano la teoria della propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo e la teoria del comportamento non lineare e dissipativo dei terreni in condizioni dinamiche.

La valutazione della risposta sismica locale deve tener conto non solo delle variazioni di ampiezza massima del moto sismico di riferimento, ma anche dell'effetto di filtraggio esercitato su di esso dal terreno, cioè delle modifiche nel contenuto in frequenza.

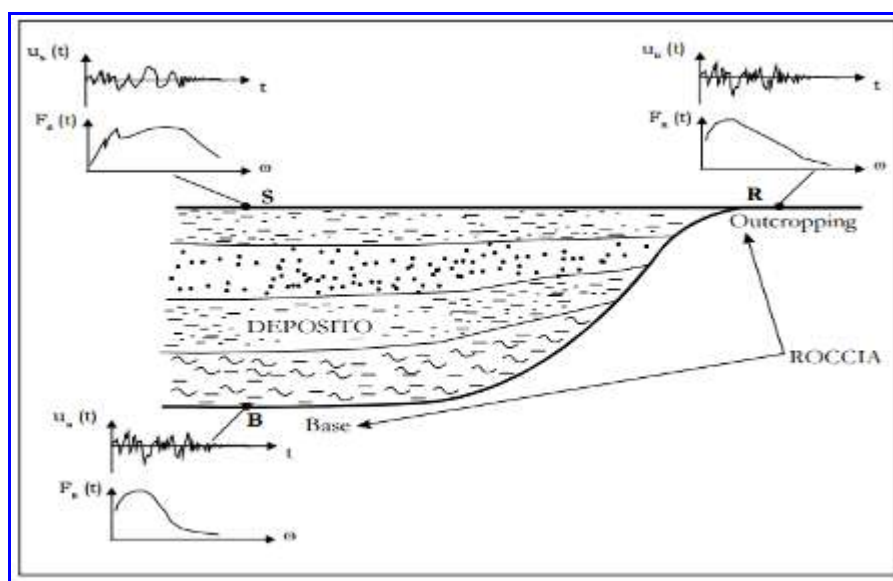


Figura 21 int. Schema di risposta sismica locale

L'obiettivo finale di una modellazione numerica di risposta sismica locale ai fini progettuali è quello di fornire lo spettro di risposta in accelerazione (velocità o spostamento) relativo all'opera di interesse.

In sintesi le analisi di risposta sismica locale *RSL* richiedono l'adozione di:

- un modello geometrico espresso in termini di sezioni e profili di calcolo, tenendo conto di eterogeneità della stratificazione (formazioni distinguibili secondo proprietà fisico-meccaniche), morfologia superficiale (rilievo topografico) e sepolta (andamento del substrato rigido);
- un modello meccanico del comportamento dei terreni di copertura ottenuto mediante apposite indagini in sito e in laboratorio per la determinazione della densità e dei parametri di deformabilità al taglio semplice;
- un modello numerico in grado di simulare la risposta del sottosuolo al terremoto di riferimento applicato al *bedrock* e di restituirne la risposta in superficie in termini di accelerogrammi e spettri di risposta.

Nel caso in esame, per le analisi di risposta sismica locale effettuate è stato utilizzato il programma *STRATA*, che utilizza un codice di calcolo monodimensionale 1D; esso calcola la risposta dinamica monodimensionale di una colonna di terreno utilizzando un modello di propagazione lineare delle onde, con proprietà dinamiche del terreno variabili in funzione del livello deformativo (analisi equivalente lineare *EQL*).

Le semplificazioni dell'analisi sono legate essenzialmente al modello fisico, caratterizzato da strati piani paralleli omogenei ed isotropi di estensione orizzontale infinita, cui sono associati definiti valori di spessore, densità, modulo di taglio e fattore di smorzamento.

La risposta del deposito di copertura che si sviluppa sopra la superficie del *bedrock* avviene inoltre in termini di tensioni totali ed è causata da onde di taglio polarizzate orizzontalmente (S_H) che si propagano verticalmente dal *bedrock* verso la superficie lungo una colonna verticale monodimensionale di terreno.

Il processo di analisi può essere sintetizzato come segue:

- estrazione degli accelerogrammi naturali da utilizzare come input sismici opportunamente scalati al valore di accelerazione del sito e deconvoluti (per stimare le sue caratteristiche se fosse registrato al tetto del substrato e non in superficie come di norma realmente accade);
- definizione del modello sismostratigrafico (spessori, V_s , densità, curve G/G_0 e D);
- calcolo dello spettro di risposta di input (utile per un successivo confronto con l'analogo dato finale);
- trasformazione del moto di *input* dal dominio del tempo al dominio delle frequenze (spettro di Fourier);
- esecuzione dell'analisi: sulla base del modello sismo-stratigrafico e quindi della funzione di trasferimento tipica del sito, lo spettro di *input* sarà modificato nell'attraversare il profilo. Il modello è iterativo e ciò comporta che all'aumentare della deformazione indotta, i valori di G/G_0 e D iniziali vengano progressivamente sostituiti con i valori degradati, sulla base delle curve dinamiche inserite per ogni strato;
- definizione dello spettro di risposta di output, relativo alla modifica dello spettro di risposta di input sulla base delle caratteristiche geologico-tecniche del sito; dal rapporto tra spettro di output e spettro di input sarà definibile la funzione di trasferimento peculiare del sito;
- mediante anti-trasformata di *Fourier* sarà definito l'accelerogramma di output, tramite il quale il programma calcolerà lo spettro di risposta di *output*.

In estrema sintesi, i programmi di calcolo di risposta sismica locale (RSL) valutano le modificazioni (in frequenza ed ampiezza) che il segnale sismico subisce nel tragitto fra il *bedrock* e la superficie.

13. DEFINIZIONE INPUT SISMICO

13.1 Macrozonazione sismica regionale ed Inquadramento geologico regionale

Il territorio regionale è formato dal versante padano dell'Appennino settentrionale e dalla Pianura Padana a Sud del fiume Po.

Pur essendo due ambienti geomorfologici ben distinti, l'Appennino settentrionale e la Pianura Padana sono strettamente correlati; il fronte della catena appenninica, infatti, non coincide con il limite morfologico catena-pianura (margine appenninico-padano) ma con gli archi esterni delle pieghe emiliane e ferraresi sottostanti i sedimenti Quaternari padani (si veda figura seguente)

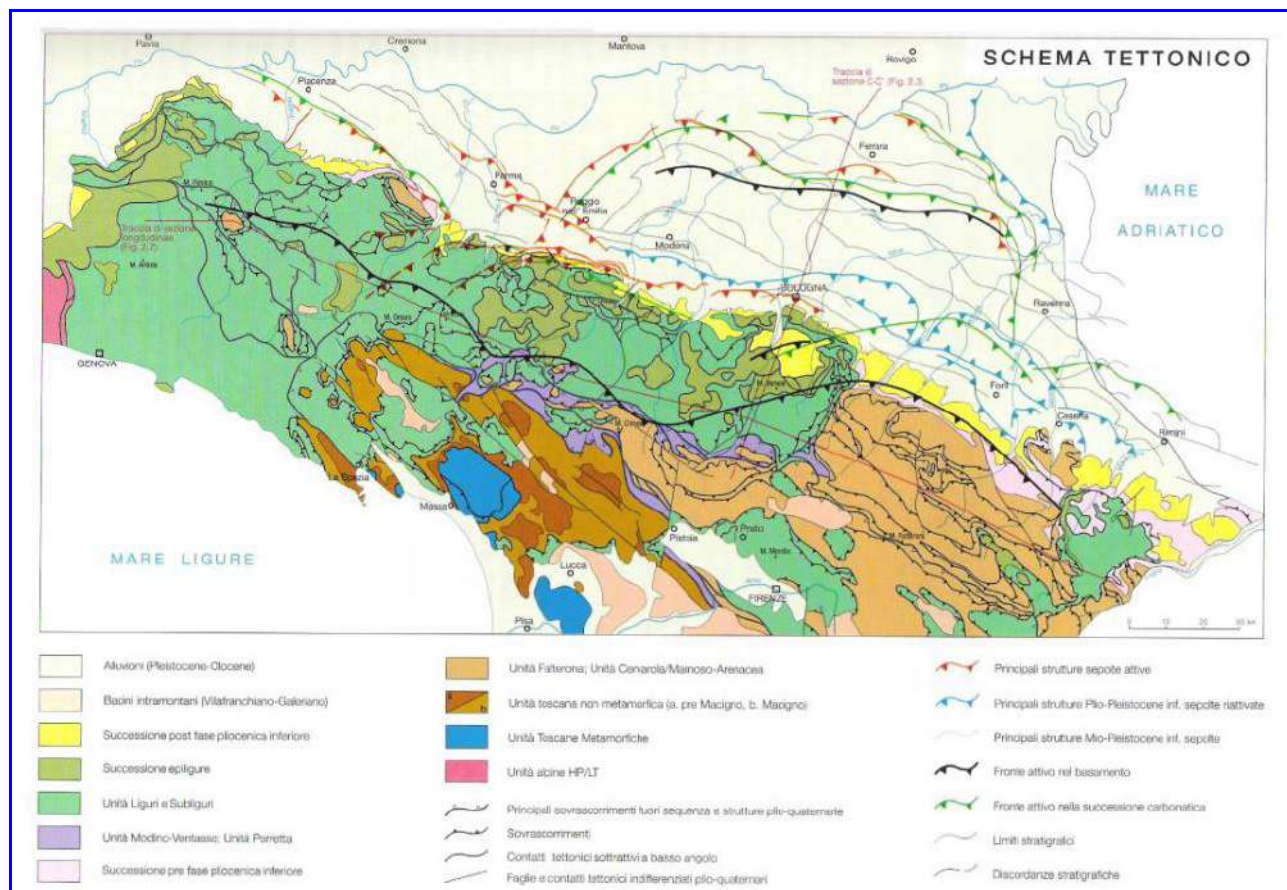


Figura 22 int. Schema tettonico regionale

Il vero fronte appenninico, quindi, circa all'altezza del fiume Po, sovrascorre verso Nord sulla piattaforma padano-veneta; è possibile, pertanto, asserire che l'evoluzione del territorio dell'Emilia-Romagna coincide con quella del settore esterno della catena nord-appenninica, catena a *thrusts* facente parte del sistema alpino, formatosi, perlopiù, a spese della placca adriatica per effetto dell'interazione fra la placca Africana e la Placca Euroasiatica.

Si tratta di un edificio costituito da una serie di Unità Tettoniche riferibili a due principali Domini:

Dominio Ligure, i cui sedimenti si sono originariamente depositi su crosta oceanica;

Dominio Tosco-Umbro-Marchigiano, rappresentato da successioni del margine continentale dell'Adria.

APPENNINO EMILIANO ROMAGNOLO

Tale settore appenninico può essere suddiviso in due zone principali:

- zona assiale;
- zona del margine appenninico - padano.

Zona assiale

Si tratta della parte morfologicamente più elevata della catena esterna che costituisce l'edificio le cui principali strutturazioni arrivano fino al Pliocene Inferiore e le cui Unità Tettoniche sono rappresentate dalle Unità Liguri e Subliguri con la sovrastante Successione Epiligure e dalle Unità Oligo-Mioceniche Toscane nonché dall'Unità Umbro-Marchigiano-Romagnola.

Margine appenninico-padano

Si tratta della zona posta a cavallo del limite morfologico Appennino — Pianura Padana formata dalle colline del basso appennino e dalla fascia pedemontana della pianura padana.

I terreni che affiorano nella zona collinare appartengono, essenzialmente, alla successione post-evaporitica, litologicamente costituita da peliti prevalenti sedimentate sul margine interno dell'avanfossa padano-adriatica (Formazione di Tetto, Formazione a Colombacci, Argille Azzurre) e delimitata da due *unconformities* di importanza regionale; alla base, infatti, essa poggia sulle evaporiti messiniane (Formazione Gessoso - Solfifera) mentre, al tetto, sono presenti i depositi continentali della Pianura Padana.

Localmente, le evaporiti messiniane hanno subito fenomeni di erosione e processi di risedimentazione; in questi casi alla discordanza basale è associata anche una lacuna erosiva ed il substrato della successione post — evaporitica è rappresentato, nell'Appennino Romagnolo, dalle peliti di chiusura dell'avanfossa romagnola o, nell'Appennino Emiliano e nel Montefeltro, dalle peliti sommitali della Successione Epiligure (Marne del Termina, Argille di Casa i Gessi) o dalle Unità Liguri.

Strutture attive dell'Emilia — Romagna

La convergenza tra le Placche Europea ed Africana è associata, nell'Appennino Settentrionale, ad un *pattern* deformativo e ad un'attività sismica complessi; il settore tirrenico della catena è, infatti, interessato da un prevalente campo deformativo estensionale mentre nel settore adriatico della medesima prevale una compressione attiva.

In quest'ultimo settore, in cui rientra l'Emilia-Romagna, l'attività tettonica è da ricondursi alla presenza di strutture compressive, quali sovrascorrimenti e piegamenti; nello specifico, risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno origine agli archi di Piacenza-Parma, Reggio Emilia e Ferrara.

A tali strutture, in particolare alla Dorsale Ferrarese, possono essere associate le fagliazioni superficiali osservabili in alcune aree della Pianura Padana, nelle Province di Reggio Emilia e Modena.

Lungo il margine, è attivo il *thrust* pede-appenninico tra Bologna e Parma mentre *blind thrust* attivi caratterizzano il settore a sud-est di Bologna.

Le principali strutture attive in Emilia-Romagna sono sintetizzate nella sottostante figura.

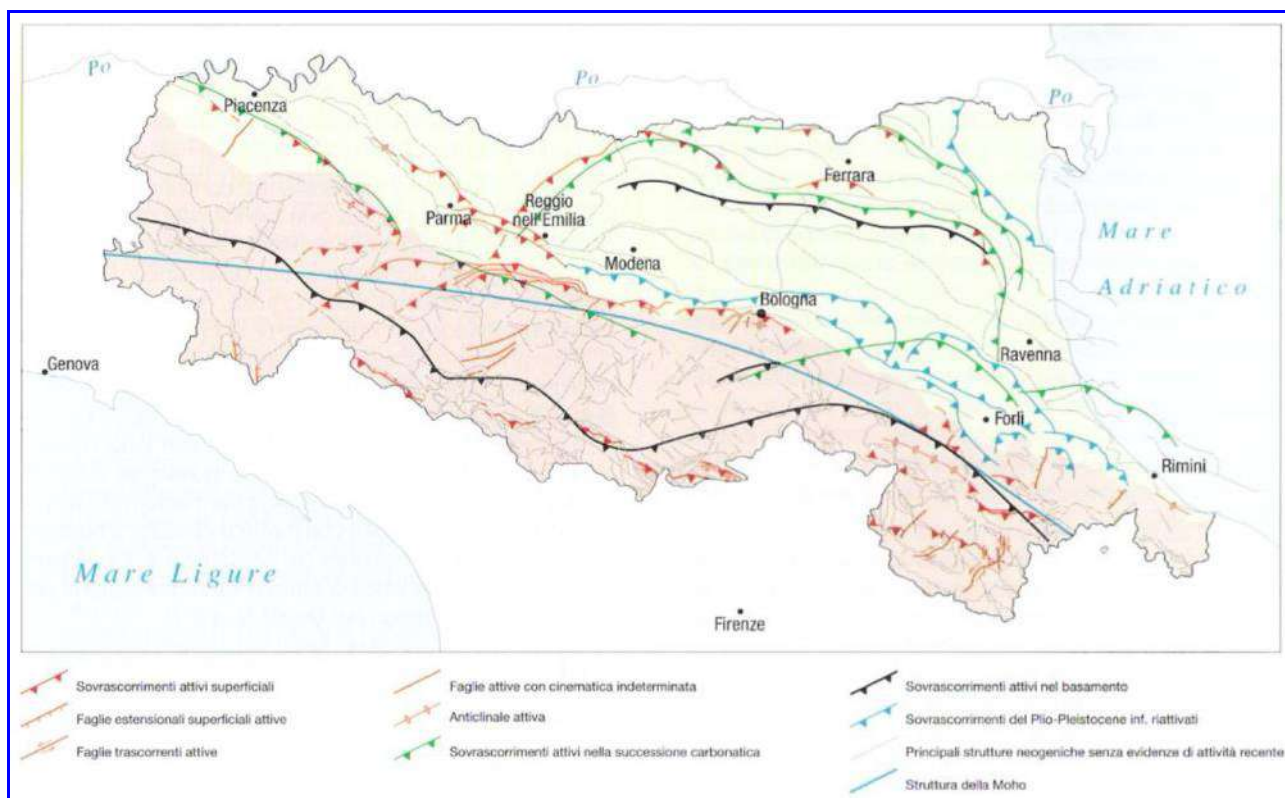


Figura 23 int. Principali strutture sismogenetiche attive in Emilia Romagna

L'esame di tale rappresentazione cartografica consente di riscontrare come le strutture attive nell'ambito del territorio regionale possano essere raggruppate in tre differenti settori:

- allineamento abbastanza continuo in corrispondenza del crinale appenninico, all'incirca coincidente con il fronte di accavallamento delle Unità Tettoniche Cervarola e Falterona sulle Liguridi, in Emilia, e sulla Marnoso-Arenacea, in Romagna;
- allineamento coincidente con gran parte del margine appenninico — padano, a sua volta suddivisibile, procedendo da NW verso SE, in tre ulteriori settori:
 - settore ad Ovest della Val Taro;
 - settore compreso tra le valli del Taro e dell'Idice (ad Est di Bologna);
 - settore ad Est della Valle dell'Idice, corrispondente con il margine romagnolo;
- allineamento coincidente con l'alto delle Pieghe Ferraresi e delle Pieghe Emiliane.

13.2 Sismicità regionale

La Regione Emilia - Romagna è interessata da una sismicità media in rapporto alla sismicità nazionale, con terremoti storici di Magnitudo massima compresa fra 5.5 e 6.0 della scala Richter ed intensità del IX - X grado della scala MCS.

I più intensi terremoti (Magnitudo > 5.5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese; altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minor energia (Magnitudo < 5.5) sono il margine appenninico - padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco della dorsale ferrarese ed il crinale appenninico.

Quest'ultimo risente della sismicità di due importanti aree sismogenetiche della Toscana, il Mugello e la Garfagnana dove, nell'ordine, nel 1919 e nel 1920, si sono verificati terremoti di Magnitudo superiore a 6.0.

Si propongono nella sottostante tabella i dati relativi ai terremoti più significativi per l'area emiliano-romagnola con intensità epicentrale (scala MCS) \geq VII - VIII; i dati epicentrali e di intensità ai siti sono stati tratti, rispettivamente, dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI) e dal database ad esso correlato.

Giorno – Mese Anno	Ora – Minuto - Secondo	Area massimi effetti	Intensità massima (scala MCS)	Intensità epicentrale (scala MCS)
11.06.1438	20	Parmense	80	80
11.08.1483	19.40	Romagna meridionale	85	80
05.06.1501	10	Appennino modenese	90	85
17.11.1570	19.10	Ferrara	80	75
10.09.1584	20.30	Appennino Tosco – Emiliano	90	90
18.03.1624	19.45	Argenta	85	75
22.03.1661	12.45	Appennino romagnolo	90	90
14.04.1672	15.45	Riminese	80	80
11.04.1688	11.30	Romagna	90	90
19.10.1768	23	Appennino romagnolo	90	90
04.04.1781		Faentino	90	90
25.12.1786	01	Riminese	80	80
30.10.1870		Meldola	80	80
16.08.1916	07.06.14	Alto Adriatico	80	80
10.11.1918	15.12.28	Appennino romagnolo	80	80
29.06.1919	15.06.13	Mugello	90	90
07.09.1920	05.55.40	Garfagnana	100	95
20.04.1929	01.09.46	Bolognese	80	70

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri mediamente ad una profondità inferiore a 15 km, è molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, soprattutto in corrispondenza della dorsale ferrarese.

I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti indicando direzioni di compressione sia NE-SW che NW-SE; i meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari.

Ne consegue che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

La sismicità crostale, con ipocentri mediamente compresi fra 15 e 35 km, ha una distribuzione simile a quella più superficiale ma è caratterizzata da una minore densità.

I meccanismi focali sono, anche in questo caso, compressivi e trascorrenti con direzione di compressione sia NW - SE che NE - SW; i meccanismi focali distensivi sono rari e ben localizzati.

La sismicità più profonda, essenzialmente a bassa Magnitudo con ipocentri da 35 km di profondità fin oltre i 50 km, interessa, perlopiù, il settore di catena ed il margine appenninico-padano e, solo raramente, la pianura.

Ne risulta un modello geodinamico attivo in cui le strutture superficiali della copertura, quelle crostali e quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti ed inquadrabili in un sistema transpressivo che rispetto alle zone esterne dell'avampaese padano, relativamente

stabili, assume il significato di un sistema di ordine inferiore all'interno di una zona di trascorrenza destra.

13.3 Inquadramento sismico e pericolosità sismica

(Concetti già menzionati nel corso dell'analisi sismica semplificata)

Il territorio comunale di Sorbolo-Mezzani (PR), in seguito all'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 ed alla D.G.R. 1435/2003 della Regione Emilia Romagna, è stato classificato in Zona Sismica 3.

Successivamente, l'O.P.C.M. 3519/2006 ha stabilito che la nuova suddivisione in zone sismiche deve avere come riferimento una nuova mappa di pericolosità sismica, allegata all'O.P.C.M., nella quale vengono espressi i valori di accelerazione sismica di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, risultato di valutazioni relative alla pericolosità sismica che hanno avuto come riferimento la zonazione sismogenetica ZS9, realizzata per tutto il territorio nazionale dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Gruppo di lavoro MPS 2004).

In accordo con le disposizioni normative nazionali e coerentemente con la mappa di pericolosità sismica la Giunta Regionale ha approvato, con D.G.R. 23 luglio 2018 n. 1164, l'aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia Romagna, disposta con propria deliberazione n. 1435/2003, confermando per il territorio comunale la Zona Sismica 3.

13.4 Azione sismica di progetto

Come riportato nelle NTC18 (Cap. 3.2) le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

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%

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per tali parametri, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B delle NTC08.

Come riferito in premessa, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi (approccio non semplificato) oppure in alternativa si può fare riferimento ad un approccio semplificato attraverso l'individuazione di categorie di sottosuolo (Tab. 3.2.II) e di categorie topografiche (Tab. 3.2.III).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

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 $i > 30^\circ$

La valutazione dell'amplificazione stratigrafica (valori del coefficiente stratigrafico S_s e del coefficiente C_c che modifica il valore del periodo T_c) viene effettuata in base alle espressioni fornite nella seguente tabella (Tab. 3.2.IV).

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

La valutazione dell'amplificazione topografica viene effettuata in base ai valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente tabella (Tab. 3.2.V); essa è consentita per

configurazioni superficiali semplici, mentre per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

In base alle considerazioni espresse in precedenza relativamente alla pericolosità sismica di base ed alla risposta sismica locale, è possibile effettuare una stima preliminare della pericolosità sismica del sito attraverso la determinazione dei coefficienti sismici corrispondenti a ciascuno degli stati limite considerati.

La categoria di sottosuolo dell'area in esame, caratterizzata da depositi con profondità H del substrato superiore a 30 metri dal piano di imposta delle strutture di fondazione, è stata definita in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio (onde S) ricavati attraverso le indagini sismiche realizzate, che hanno permesso di definire una **CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C**.

La categoria topografica dell'area in esame (pianeggiante) corrisponde a **T1**, alla quale è associato un valore del coefficiente topografico $S_T=1,0$ (assenza di amplificazione topografica).

L'edificio in oggetto è un'opera di **tipo 2** (costruzioni con livelli di prestazioni ordinari), a cui corrisponde una vita nominale minima **$V_N=50$ anni**. Per quanto attiene la classe d'uso che si riferisce alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, all'edificio è stata assegnata la classe d'uso **Classe III**, alla quale appartengono "(...)Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. (...)".

Inserendo all'interno del software "Geostru PS Parametri sismici" la localizzazione del sito in esame (sistema di riferimento UTM-ED50), i dati prestazionali dell'opera in esame (tipo di costruzione, vita nominale V_N , classe d'uso), la tipologia di fondazione, la categoria di sottosuolo e la categoria topografica, sono stati ottenuti i parametri sismici ed i coefficienti sismici riportati nei tabulati che seguono.

SITO IN ESAME (coordinate UTM-ED50)	
LATITUDINE	44,907852
LONGITUDINE	10,465438
TIPO DI COSTRUZIONE	2
VITA NOMINALE (V_N)	50 [anni]
CLASSE D'USO	III
VITA DI RIFERIMENTO (V_R)	75 [anni]

Considerando la "risposta sismica locale" del sito di intervento, ovvero i parametri ed i coefficienti sismici derivanti dalla categoria topografica T1 ($S_T=1,00$) e dalla categoria di sottosuolo

B ($S_s=1,50$) dell'area in esame, per ogni stato limite considerato si ottiene il valore dell'accelerazione sismica orizzontale massima del suolo a_{max} attesa al sito.

S.L. Stato limite		PV _R Probabilità di superamento	T _R Tempo ritorno [anni]	a _g [g]	S (S _s · S _t) [-]	a _{max} (a _g · S) [m/s ²]
S.L.E.	S.L.O.	81 %	45	0,042	1,500	0.623
	S.L.D.	63 %	75	0,051	1,500	0.746
S.L.U.	S.L.V.	10 %	712	0,100	1,500	1.469
	S.L.C.	5 %	1462	0,124	1,480	1.818

S.L. Stato limite		PV _R Probabilità di superamento	T _R Tempo ritorno [anni]	a _g [g]	F _o [-]	T _c * [s]
S.L.E.	S.L.O.	81 %	45	0,042	2,566	0,250
	S.L.D.	63 %	75	0,051	2,584	0,269
S.L.U.	S.L.V.	10 %	712	0,100	2,694	0,325
	S.L.C.	5 %	1462	0,124	2,685	0,338

S.L. Stato limite		S _s	C _c	S _t	k _h	k _v	β
S.L.E.	S.L.O.	1,500	1.660	1,000	0,013	0,006	0.200
	S.L.D.	1,500	1.620	1,000	0,015	0,008	0.200
S.L.U.	S.L.V.	1,500	1.520	1,000	0,030	0,015	0.200
	S.L.C.	1,480	1.500	1,000	0,044	0,022	0.240

Dove:

Tipo di costruzione	Rappresenta la tipologia dell'opera in progetto (N.T.C. – Tab. 2.4.I)
Vita nominale V_N	Rappresenta il n° di anni nel quale la struttura deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata (N.T.C. – Tab. 2.4.I)
Classe d'uso	Rappresenta l'uso a cui è destinata l'opera, con riferimento alle conseguenze di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche (N.T.C.– Par. 2.4.2)
Categoria di sottosuolo	Categoria a cui associare i terreni di fondazione, necessaria per la definizione dell'azione sismica di progetto (N.T.C. – Tab. 3.2.II)
Categoria topografica	Categoria a cui appartiene l'area di intervento, necessaria per la definizione dell'azione sismica di progetto (N.T.C. – Tab. 3.2.IV)
Coefficiente d'uso	Coefficiente che varia in funzione della classe d'uso (N.T.C. – Tab. 2.4.II)
Periodo di riferimento V_R	In relazione al quale vengono valutate le azioni sismiche sulle costruzioni; è il prodotto tra la vita nominale V _N ed il coefficiente d'uso C _u ⇒ V _R = V _N ·C _u (N.T.C. – Par. 2.4.3)
S.L.E.	Stato limite di esercizio
S.L.O.	Stato limite di operatività
S.L.D.	Stato limite di danno
S.L.U.	Stato limite ultimo

S.L.V.	Stato limite di salvaguardia della vita
S.L.C.	Stato limite di prevenzione del collasso
Probabilità di superamento PV_R	Associata agli stati limite, rappresenta la probabilità di superamento di ognuno di essi nel periodo di riferimento V_R della costruzione
T_R	Periodo di ritorno dell'azione sismica
a_g	Accelerazione sismica orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido orizzontale
F_o	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
S_s	Coefficiente di amplificazione stratigrafica che tiene conto della categoria di sottosuolo (N.T.C. – Par. 3.2.V)
S_t	Coefficiente di amplificazione topografica che tiene conto delle condizioni topografiche (N.T.C. – Par. 3.2.VI)
S	Coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione $S = S_s \cdot S_t$
C_c	Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (N.T.C. – Par. 3.2.V), utilizzato per la determinazione del periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_c
K_h	Coefficiente sismico orizzontale ($K_h = \beta \cdot a_{max}/g$)
K_v	Coefficiente sismico verticale ($K_v = K_h/2$)
a_{max}	Accelerazione sismica massima attesa al sito di progetto, prodotto tra il coefficiente S , l'accelerazione sismica massima a_g attesa su sito di riferimento rigido e l'accelerazione di gravità ($9,8 \text{ m/s}^2$)
β	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito a_{max} , funzione della categoria di sottosuolo (N.T.C. – Tab. 7.11.I)

Per la valutazione dell'accelerazione sismica orizzontale massima (**a_g**) attesa su sito di riferimento rigido orizzontale (Categoria di sottosuolo A) si è fatto riferimento anche al foglio di calcolo *“Spettri-NTC ver. 1.0.3”*, rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per la stima dell'azione sismica di progetto, che ha permesso di ottenere i valori di **a_g** riferiti agli stati limite di progetto riportati nella seguente tabella.

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_o	T_c^* (s)
SLO	45	0.043	2.562	0.250
SLD	75	0.051	2.584	0.269
SLV	712	0.101	2.692	0.324
SLC	1462	0.125	2.689	0.336

Nel presente studio verranno utilizzati i valori riportati in tabella ottenuti con il foglio di calcolo ministeriale (ritenuto quello ufficiale), in quanto i valori ottenuti con il software *“Geostru PS Parametri sismici”* sono leggermente differenti.

Nelle simulazioni effettuate, per lo stato limite ultimo S.L.V. (Stato limite di salvaguardia della vita) verrà pertanto utilizzato un valore di **$a_g=0,101g$** .

13.5 Dati di disaggregazione del sito in esame

Per definire le caratteristiche sismogenetiche del sito in esame è necessario definire i dati di disaggregazione, rappresentati da coppie di magnitudo e distanza epicentrale, che maggiormente concorrono alla pericolosità sismica di un determinato sito.

La magnitudo è una grandezza con carattere aleatorio e come tale deve essere trattata sia negli studi di microzonazione sismica che negli studi finalizzati alla progettazione di un'opera; il suo valore fornisce indicazioni sulla quantità di energia rilasciata durante un evento sismico, e quindi sulla capacità di generare cicli di deformazione del terreno.

Per la valutazione della magnitudo del sisma atteso, come riportato negli *"Indirizzi e criteri di Microzonazione Sismica (ICMS)"*, è possibile utilizzare il metodo della disaggregazione della pericolosità sismica, basato sulle Mappe interattive di pericolosità sismica pubblicate nel sito del Progetto S1 dell'I.N.G.V., svolto nell'ambito della Convenzione DPC-INGV 2004-2006.

Tale procedura consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità del sito in termini di magnitudo e distanza (M-R); in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito di intervento che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Esso costituisce una sorta di analisi inversa per estrarre dalla pericolosità di un determinato sito le caratteristiche magnitudo-distanza che maggiormente lo condizionano.

Il metodo della disaggregazione è quello più sofisticato e concettualmente più corretto ai fini di una valutazione della magnitudo di progetto coerente con l'impostazione probabilistica delle NTC18 (stati limite), in quanto anch'esso è un procedimento di tipo probabilistico che fornisce risultati per 9 periodi di ritorno, relativi alla disaggregazione dei valori mediani di accelerazione orizzontale massima del suolo a_g su suolo rigido di categoria A e superficie topografica orizzontale; i risultati sono espressi in termini di valori medi e modali dei parametri M (magnitudo), R (distanza epicentrale), ϵ (numero di deviazioni standard per cui un dato valore di a_g si discosta dal valore mediano predetto dalla legge di attenuazione).

Nel caso in esame si è reso necessario fare alcune valutazioni ragionate sui valori di a_g più opportuni da utilizzare in funzione della vita di riferimento V_R dell'opera in esame (**$V_R=75$ anni**), del tempo di ritorno **T_R** del sisma e della probabilità di eccedenza **P_{VR}** relativa agli stati limite di riferimento, secondo la seguente relazione:

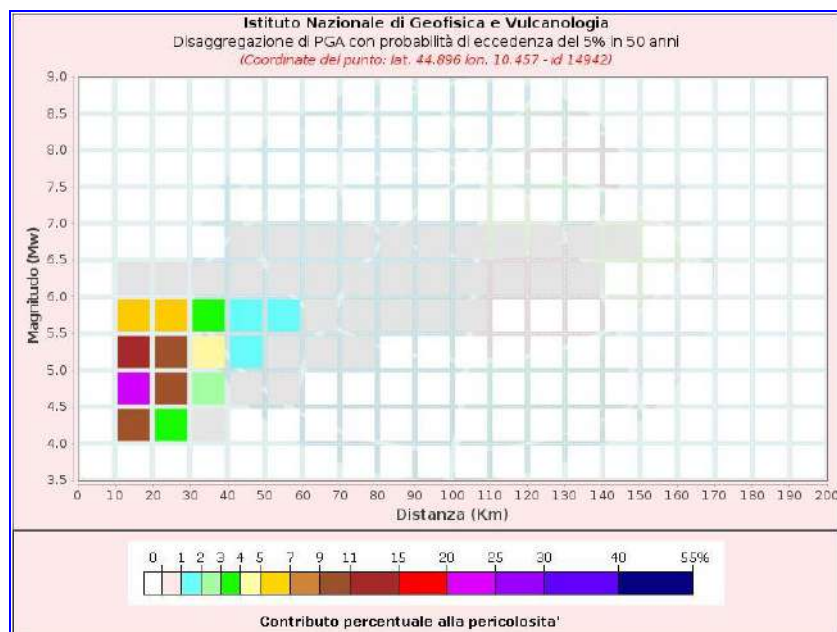
$$T_R = - V_R / \ln (1 - P_{VR}) = - C_U V_N / \ln (1 - P_{VR})$$

ovvero:

$T_R=712$ anni relativamente alla probabilità di superamento del 10% (S.L.V.)

Poiché la mappa di pericolosità sismica dell'I.N.G.V. si basa su un periodo di riferimento $V_R=50$ anni, cui corrisponde un tempo di ritorno, relativo alla probabilità di superamento del 10% (**S.L.V.**) in 50 anni, pari a $T_R=475$ anni (inferiore al $T_R=712$ anni di progetto), si è ritenuto di considerare in via cautelativa una **probabilità di superamento del 5% in 50 anni**, cui corrisponde un tempo di ritorno pari a **$T_R=975$ anni**.

STATO LIMITE S.L.V



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto: lat, 44.896 lon, 10.457 - id 14942)											
Distanza (km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0- 4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	9.8800	20.7000	13.3000	5.6500	0.1540	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	3.4100	10.9000	10.6000	6.4200	0.4100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.1420	2.3400	4.2500	3.3800	0.2440	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.1830	1.4800	1.7600	0.3820	0.0429	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0032	0.4450	1.0700	0.6030	0.1010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0622	0.4740	0.5390	0.1110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.1590	0.3170	0.0766	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0415	0.1530	0.0450	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0068	0.0628	0.0213	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0268	0.0111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0089	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.08	23.2	1.59

Figura 24 int – Estratto dei valori medi di magnitudo per gli S.L.V.

Come si evince dai grafici e dai valori di disaggregazione ottenuti, il sito in esame relativamente a $T_R=975$ anni (stato limite S.L.V.) è caratterizzato da una magnitudo **Mw=4.0÷6.0**, da una distanza epicentrale **R=10÷60km** e da un valore medio di magnitudo del terremoto di scenario pari a **Mw=5,08**.

I valori di magnitudo e distanza epicentrale vengono utilizzati per l'estrazione degli **accelerogrammi di input naturali (registrati)** dalle banche dati disponibili (ad ex. ESD, ITACA, SIMBAD), da inserire successivamente all'interno dei *software* di modellazione numerica della risposta sismica locale.

13.6 Estrazione accelerogrammi di input – stato limite S.L.V.

Come riportato nelle NTC18 (Cap. 3.2.3.6) gli stati limite, ultimi e di esercizio, possono essere verificati mediante l'uso di storie temporali del moto del terreno artificiali o naturali, ciascuna delle quali descrive una componente, orizzontale o verticale, dell'azione sismica; l'insieme delle tre componenti (due orizzontali, tra loro ortogonali, ed una verticale) costituisce un gruppo di storie temporali del moto del terreno.

L'uso di storie temporali del moto del terreno artificiali non è ammesso nelle analisi dinamiche di opere e sistemi geotecnici.

L'uso di storie temporali del moto del terreno naturali o registrate è ammesso a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata in base alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente ed alla massima accelerazione orizzontale attesa al sito. Devono essere selezionate e scalate in modo tale che i relativi spettri di risposta approssimino gli spettri di risposta elastici nel campo dei periodi propri di vibrazione di interesse per il problema in esame.

Nelle analisi di risposta sismica locale (Cap. 7.11.3.1) l'azione sismica di ingresso è descritta in termini di storia temporale dell'accelerazione (accelerogrammi) su di un sito di riferimento rigido ed affiorante con superficie topografica orizzontale (Categoria di sottosuolo A).

Nel presente studio per l'estrazione degli accelerogrammi naturali (registrazioni di eventi sismici reali) è stato utilizzato il *software web REXELweb*, che implementa un elevato numero di terremoti e consente di effettuare la ricerca di combinazioni di accelerogrammi naturali compatibili con gli spettri delle NTC18.

I dati utilizzati per l'estrazione di accelerogrammi spettro-compatibili sono riassunti nella seguente tabella.

STATO LIMITE S.L.V.	
Coordinate del sito (sistema di riferimento ED50)	Latitudine: 44,907852
	Longitudine: 10,465438
Strategia di progettazione	Vita nominale (V_N): 50 anni
	Classe d'uso: III
	Vita di riferimento (V_R): 75anni
Accelerazione sismica orizzontale massima (a_g) attesa su sito di riferimento rigido orizzontale (Categoria di sottosuolo A)	$a_g = 0,16g$
Dati di disaggregazione	Magnitudo (M_w) compresa tra 4.0 e 6.0
	Distanza (R) compresa tra 10 e 60 km

Ulteriori parametri impostati per l'estrazione degli accelerogrammi sono:

- analisi di una singola componente orizzontale del sisma (generalmente la più dannosa);

- massima tolleranza dello scarto tra spettro di riferimento del sito e spettro di risposta medio dei 7 accelerogrammi da estrarre compresa tra il 10% ed il 30%;
- intervallo di periodo in cui verificare la corrispondenza tra spettro di riferimento del sito e spettro di risposta medio dei 7 accelerogrammi da estrarre compreso tra $T=0,15s$ e $T=2,00s$;
- meccanismo focale compressivo (*thrust faulting*).

14. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

14.1 Sismostratigrafia di input

La definizione della sismografia di input necessaria per la modellazione con il *software* STRATA si è basata sui risultati derivanti dalla campagna di indagini geognostiche e dalle indagini geofisiche svolte nel sito di interesse, permettendo di ricostruire il modello geosismico dell'area in esame.

Il modello geosismico evidenzia un significativo aumento di velocità dopo 80 metri dal piano campagna. Tale orizzonte potrebbe essere considerato come bedrock sismico, in corrispondenza di un livello molto competente, cui si associano valori di velocità di $V_s=600$ m/s [inferiori quindi a quelli che convenzionalmente caratterizzano il “*bedrock sismico s.s.*” ($V_s=800$ m/s)].

Pur non avendo individuato la presenza di un “*bedrock sismico s.s.*” si ritiene di potere utilizzare detto orizzonte litologico come punto di generazione degli input sismici.

In riferimento alle curve dinamiche di variazione del modulo di rigidezza al taglio G e dello smorzamento D dei terreni in funzione della deformazione sismica crescente da utilizzare nella modellazione, sono state utilizzate quelle presenti nel database incorporato nel software.

Il modello geosismico del sito così definito è stato inserito all'interno del *software* STRATA, associando alle litologie individuate i corrispondenti valori di modulo di rigidezza al taglio (G) e di smorzamento (D), che variano secondo il processo di analisi equivalente lineare (EQL) utilizzato nelle simulazioni.

Site Profile				
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	1.00	Argilla limosa e limo sabbioso	147.00
2	1.00	3.00	Sabbie fine e sabbie grossolane	200.00
3	4.00	3.00	Sabbie medio grossolane	155.00
4	7.00	3.00	Sabbie medio grossolane	250.00
5	10.00	7.00	Sabbie medie e sabbie grossolane	205.00
6	17.00	9.00	Sabbie medie e sabbie grossolane	240.00
7	26.00	4.00	Sabbie medie e sabbie grossolane	300.00
8	30.00	50.00	Sabbie medie e sabbie grossolane	310.00
9	80.00	Half-Space	Bedrock	600.00

Figura 25 int -- Modello geosismico utilizzato per le simulazioni schermata software STRATA

Come indicato nelle NTC18 l'analisi di risposta sismica locale è stata realizzata in termini deterministici, considerando i parametri di input del modello geosismico come grandezze scalari ed ottenendo per ogni segnale sismico di input un segnale sismico di output.

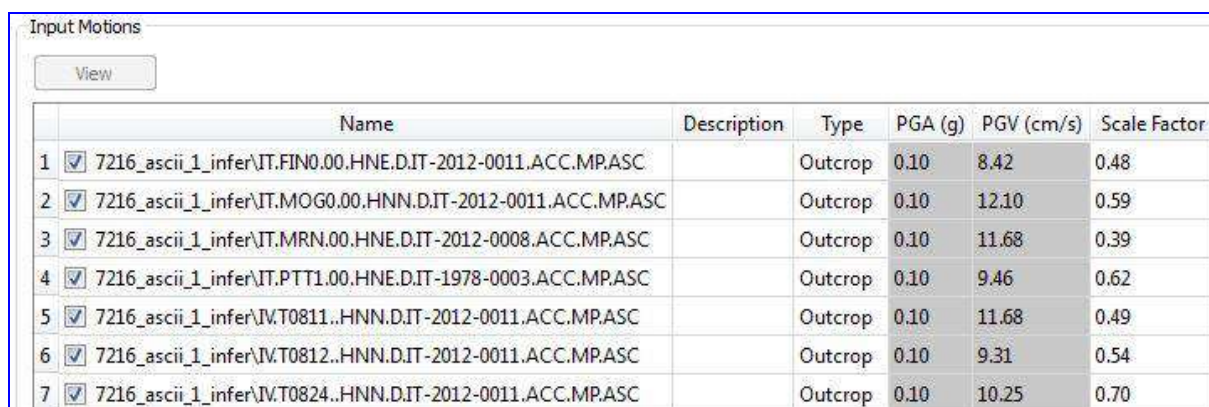
Si ritiene comunque opportuno sottolineare l'incertezza insita nei parametri di input sia relativamente ai parametri sismici (a_g , V_s) che ai parametri geomeccanici dei terreni (modulo di taglio, rapporto di smorzamento), tenuta in conto solamente da modellazioni realizzate in termini probabilistici, mediante le quali per ogni segnale sismico di input si ottengono vari segnali

probabilisticamente compatibili che riflettono la variabilità e l'incertezza dei parametri di *input*, chiamati anche “*realizzazioni*” in linguaggio statistico.

14.2 Accelerogrammi di input

Gli accelerogrammi naturali (registrati) spettro-compatibili estratti dalla piattaforma WebGIS di Eucentre sono stati importati all'interno del *software STRATA*, già compatibili con il formato utilizzato dal *software* di analisi.

Ciascun accelerogramma, rappresentazione nel dominio del tempo delle accelerazioni indotte al suolo da un evento sismico, è stato opportunamente “*scalato*” al valore accelerazione a_g del sito.



	Name	Description	Type	PGA (g)	PGV (cm/s)	Scale Factor
1	<input checked="" type="checkbox"/> 7216_ascii_1_infer\IT.FIN0.00.HNE.D.IT-2012-0011.ACC.MP.ASC		Outcrop	0.10	8.42	0.48
2	<input checked="" type="checkbox"/> 7216_ascii_1_infer\IT.MOG0.00.HNN.D.IT-2012-0011.ACC.MP.ASC		Outcrop	0.10	12.10	0.59
3	<input checked="" type="checkbox"/> 7216_ascii_1_infer\IT.MRN.00.HNE.D.IT-2012-0008.ACC.MP.ASC		Outcrop	0.10	11.68	0.39
4	<input checked="" type="checkbox"/> 7216_ascii_1_infer\IT.PTT1.00.HNE.D.IT-1978-0003.ACC.MP.ASC		Outcrop	0.10	9.46	0.62
5	<input checked="" type="checkbox"/> 7216_ascii_1_infer\IV.T0811..HNN.D.IT-2012-0011.ACC.MP.ASC		Outcrop	0.10	11.68	0.49
6	<input checked="" type="checkbox"/> 7216_ascii_1_infer\IV.T0812..HNN.D.IT-2012-0011.ACC.MP.ASC		Outcrop	0.10	9.31	0.54
7	<input checked="" type="checkbox"/> 7216_ascii_1_infer\IV.T0824..HNN.D.IT-2012-0011.ACC.MP.ASC		Outcrop	0.10	10.25	0.70

Figura 26 int - Accelerogrammi utilizzati per l'analisi (schermata software STRATA), scalati alla $PGA_{SLV}=0,101g$ (Stato Limite S.L.V.)

17.3 Risultati dell'analisi

Si riportano di seguito alcuni grafici esemplificativi delle simulazioni effettuate con il *software STRATA*.

Si ritiene opportuno sottolineare che come superficie di riferimento è stata adottata la superficie topografica in affioramento; è stato tuttavia verificato che, adottando come riferimento la profondità di imposta delle strutture di fondazione il risultato delle simulazioni non varia in maniera significativa.

1) Spettro di risposta elastico in accelerazione in superficie: rappresenta l'output generalmente richiesto per le verifiche sismiche delle strutture. La legenda del grafico è errata: le curve tratteggiate rappresentano il valore della mediana +/- Stdev (non +/- LogStdev).

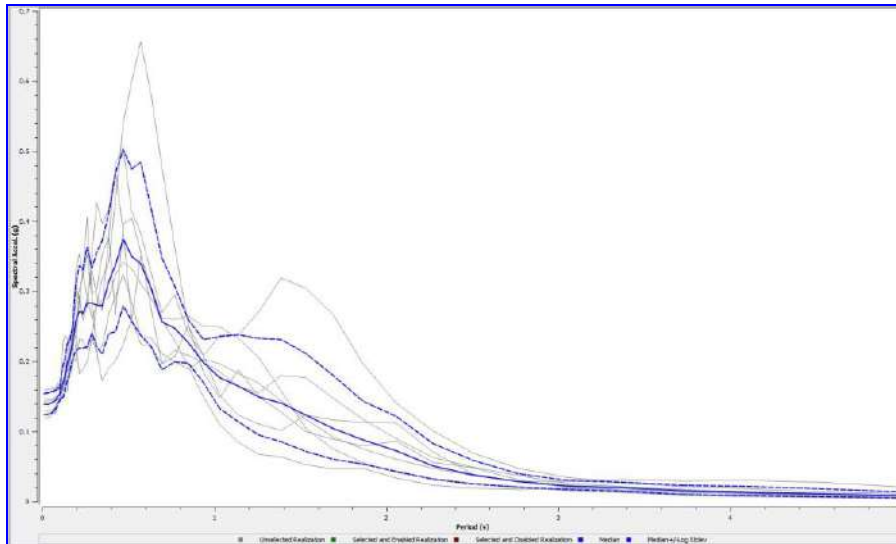


Figura 27 int - Spettro di risposta elastico in accelerazione in superfici -Simulazione allo stato limite S.L.V.

2) Rapporto spettrale: permette di stabilire l'amplificazione tra lo spettro di risposta elastico in accelerazione in superficie ed il corrispondente spettro di risposta elastico al *bedrock*. La legenda del grafico è errata: le curve tratteggiate rappresentano il valore della mediana +/- Stdev (non +/- LogStdev).

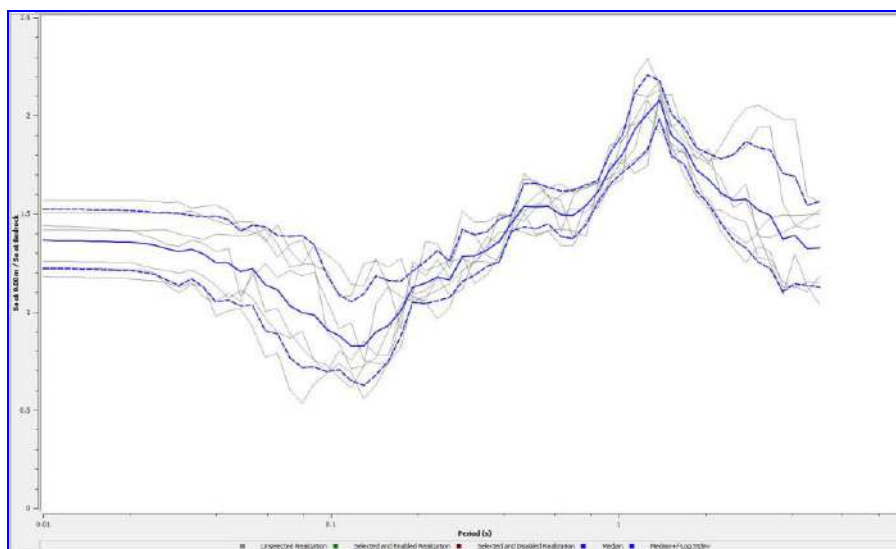


Figura 28 int - Rapporto spettrale (amplificazione del segnale sismico dal "bedrock" alla superficie)
Simulazione allo stato limite S.L.V.

3) Profilo dell'accelerazione PGA (Peak Ground Acceleration) dal bedrock alla superficie: permette di studiare l'andamento della PGA alle varie profondità.

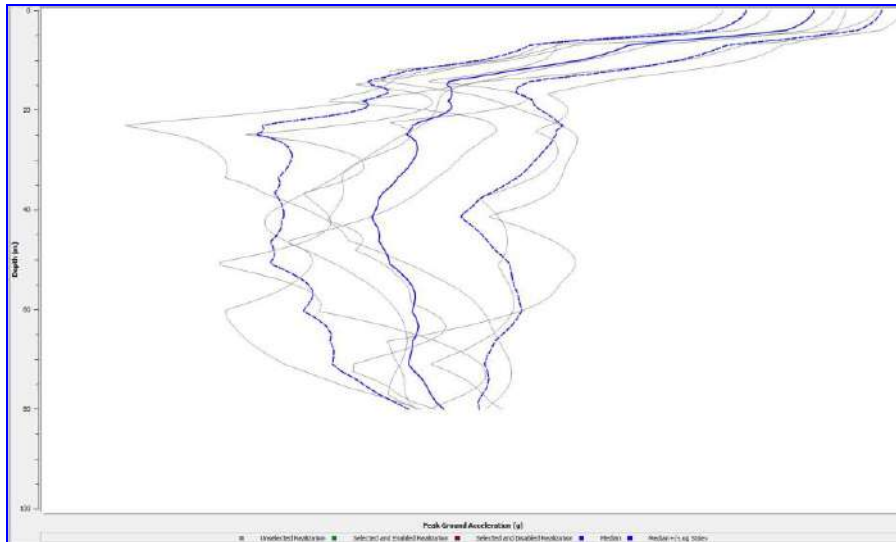


Figura 29 int - Profilo dell'accelerazione dal "bedrock" alla superficie) Simulazione allo stato limite S.L.V.

4) Funzione di trasferimento dell'accelerazione (in frequenza) dal bedrock alla superficie: è molto utile per definire il campo di frequenze entro il quale il sottosuolo nel sito amplifica il segnale sismico di input e per quantificare l'entità dell'amplificazione stessa. La legenda del grafico è errata: le curve tratteggiate rappresentano il valore della mediana +/- Stdev (non +/- LogStdev).

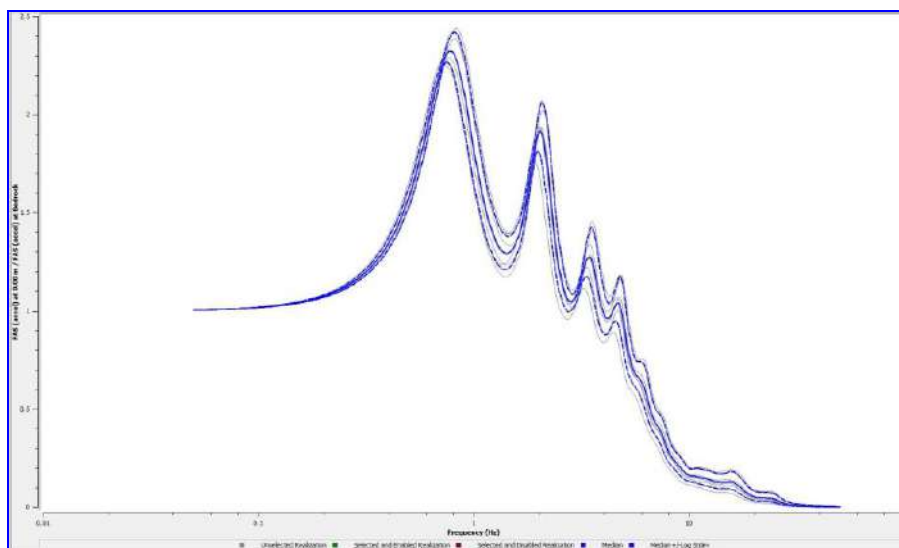


Figura 30 int - Funzione di trasferimento dell'accelerazione (in frequenza) dal "bedrock" alla superficie - Simulazione allo stato limite S.L.V.

Spettri di risposta elastici di output

I valori di *output* dell'analisi di risposta sismica locale RSL effettuata sono stati rappresentati in forma grafica mediante spettri di risposta elastici in accelerazione, relativamente allo stato limite ultimo S.L.V.

Come rappresentato nei grafici allegati, sono stati forniti gli spettri di risposta elastici corrispondenti alla **mediana** delle simulazioni effettuate ed alla **mediana + deviazione standard (Stdev)**, in accordo con quanto previsto dalla normativa nazionale ed internazionale che considera il valore mediano il riferimento di minima cautela.

Si ritiene opportuno sottolineare che gli spettri relativi alla **mediana + deviazione standard (Stdev)** sono stati ottenuti sulla base di valori tabellari approssimati ($\text{mediana} + \text{mediana} \cdot \text{LogStdev}$), in quanto il *software STRATA* non fornisce direttamente i valori tabellari di Stdev, ma solamente di LogStdev; i grafici ottenuti sulla base di tali valori rappresentano comunque un'accettabile approssimazione degli spettri di *output* derivanti dalla RSL effettuata con STRATA.

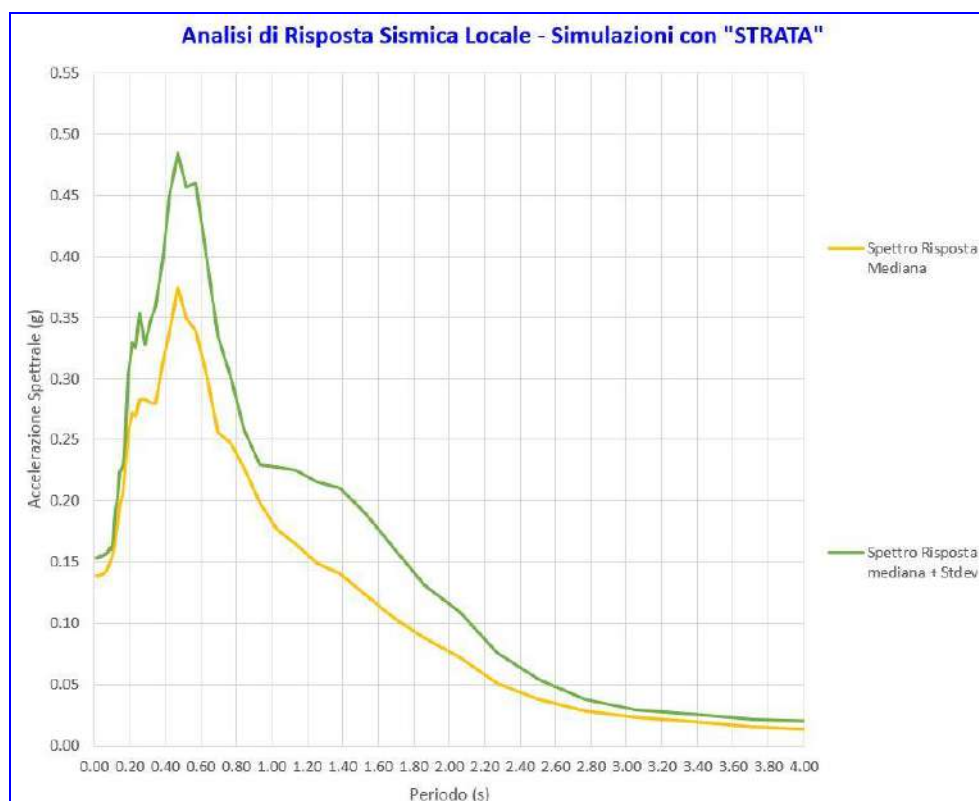


Figura 31 int – Spettri di risposta elastica mediana e mediana+stdev.

Gli spettri di risposta elastici di *output* sono stati confrontati con gli spettri di normativa relativi alle categorie di sottosuolo A, B, C, D, E.

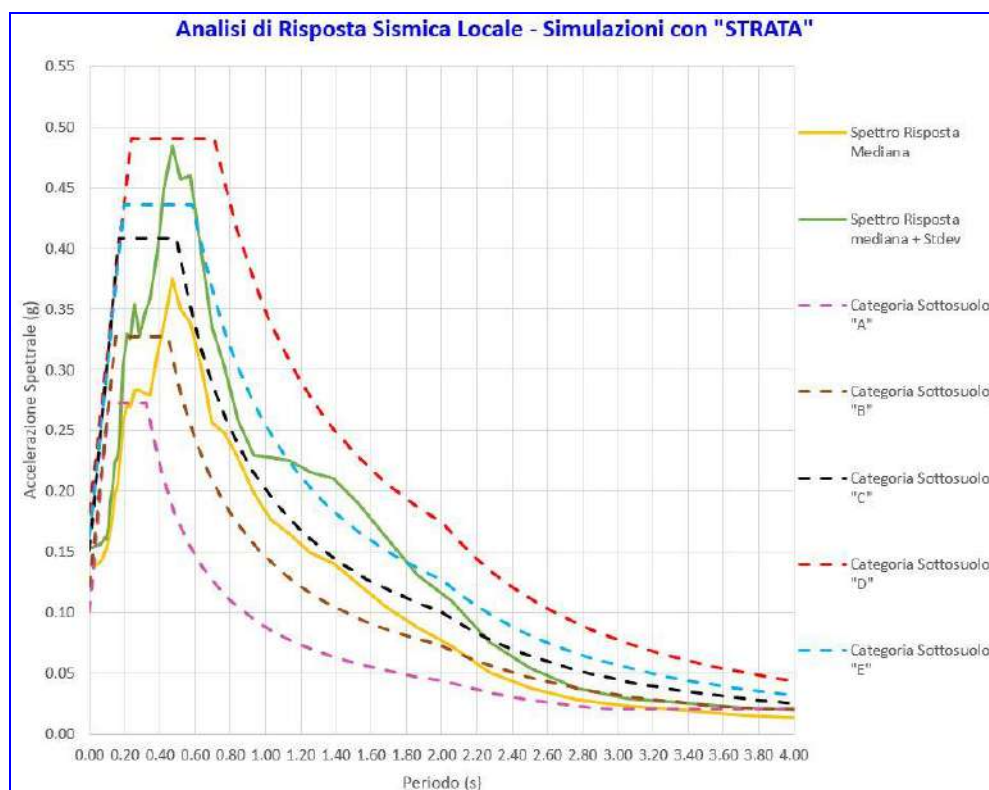


Figura 32 int – Spettri di risposta elastica mediana, mediana+stdev e spettri di risposta elastica da normativa NTC18 relativi alle categorie di sottosuolo A, B, C, D, E.

Di seguito si riportano i valori di *output*, in forma tabellare, dell'analisi di risposta sismica locale RSL effettuata con STRATA

Periodo	Mediana	Mediana + Stdev	Periodo	Mediana	Mediana + Stdev
T(s)	a (g)	a (g)	T(s)	a (g)	a (g)
0.0100	0.1386	0.1538	0.2593	0.2832	0.3539
0.0110	0.1386	0.1538	0.2861	0.2828	0.3283
0.0122	0.1387	0.1538	0.3158	0.2806	0.3472
0.0134	0.1387	0.1539	0.3486	0.2799	0.3594
0.0148	0.1387	0.1539	0.3847	0.3144	0.3989
0.0164	0.1387	0.1539	0.4246	0.3375	0.4485
0.0181	0.1388	0.1540	0.4686	0.3745	0.4843
0.0199	0.1388	0.1540	0.5172	0.3496	0.4566
0.0220	0.1389	0.1541	0.5708	0.3392	0.4599
0.0243	0.1390	0.1541	0.6300	0.3046	0.4014
0.0268	0.1390	0.1542	0.6953	0.2560	0.3346
0.0296	0.1391	0.1543	0.7674	0.2478	0.3021
0.0327	0.1392	0.1545	0.8469	0.2266	0.2578
0.0361	0.1394	0.1546	0.9347	0.1983	0.2292
0.0398	0.1396	0.1549	1.0316	0.1768	0.2275
0.0439	0.1400	0.1552	1.1386	0.1645	0.2253
0.0485	0.1403	0.1553	1.2566	0.1490	0.2157
0.0535	0.1410	0.1559	1.3869	0.1407	0.2106
0.0590	0.1421	0.1569	1.5307	0.1234	0.1897
0.0652	0.1428	0.1558	1.6894	0.1042	0.1616
0.0719	0.1445	0.1583	1.8645	0.0878	0.1308
0.0794	0.1458	0.1585	2.0578	0.0723	0.1100
0.0876	0.1509	0.1624	2.2711	0.0513	0.0761
0.0967	0.1519	0.1606	2.5066	0.0380	0.0546
0.1067	0.1599	0.1719	2.7665	0.0287	0.0383
0.1178	0.1696	0.1922	3.0533	0.0229	0.0291
0.1300	0.1783	0.2029	3.3698	0.0197	0.0261
0.1435	0.1975	0.2236	3.7192	0.0153	0.0216
0.1583	0.2058	0.2285	4.1048	0.0132	0.0195
0.1747	0.2263	0.2489	4.5303	0.0110	0.0165
0.1929	0.2570	0.3037	5.0000	0.0087	0.0127
0.2128	0.2715	0.3299			
0.2349	0.2695	0.3254			

Tabella 4 int – Valori di output dell’analisi di risposta sismica locale per le curve mediana e mediana+stdev.

La scelta della tipologia (**mediana normalizzata** oppure **mediana+stdev normalizzata**) degli spettri elastici derivanti dall’analisi di risposta sismica locale RSL da adottare per le verifiche sismiche è demandata al progettista in base al grado di “cautela” che si ritiene opportuno adottare.

CONCLUSIONI

Il presente lavoro si è prefisso lo scopo di valutare le condizioni “geologiche” zonali, le condizioni stratimeccaniche e di rischio sismico di interesse, comprensive degli approfondimenti di risposta sismica locale (RSL) da produrre a corredo della richiesta di integrazioni della Provincia di Parma - Servizio Pianificazione Territoriale - Trasporti - Programmazione Rete Scolastica Gestione Amministrativa del Patrimonio - Statistica - S.I.T. e Sicurezza Territoriale - Servizio Polizia Provinciale, nell’ambito del Procedimento unico ai sensi dell’art. 53, comma 1, lettera a) della L.R. n. 24/2017 per l’approvazione del progetto definitivo dell’intervento denominato “Potenziamento dell’offerta sportiva: realizzazione centro sportivo di Mezzano Inferiore” da attuare da parte del Comune di Sorbolo Mezzani in Sorbolo Mezzani (PR), località Mezzano Inferiore, Via Unità d’Italia, in variante alla pianificazione urbanistica vigente. Di seguito si riporta una sintesi dei principali aspetti emersi:

Studio geologico

L’area oggetto del presente studio è ubicata in Via Unità d’Italia in località Mezzano Inferiore, piccola frazione del Comune di Sorbolo-Mezzani (PR), ad un’altezza di circa 25 m s.l.m. ed inserita in un contesto morfologico tipico della bassa pianura alluvionale, caratterizzato da andamenti sub-pianeggianti dei terreni. Per tutte le caratteristiche al contorno, l’area in oggetto risulta essere **assolutamente stabile e con bassissima predisposizione al dissesto**.

L’idrografia di superficie dell’area, in ordine gerarchico crescente, è caratterizzata dalla presenza del Torrente Enza, che confluisce nel fiume Po a circa 3.5 km più a NE dell’area indagata (Corso d’acqua meritevole di tutela - PTCP della Provincia di Parma, C.1- Tutela Ambientale Paesistica Storico Culturale – Tavola VII). Inoltre, a nord e a sud del sito in esame sono presenti rispettivamente il Torrente Parma Morta ed il collettore Parmetta. Dal punto di vista morfologico l’area, a morfologia pianeggiante, è in prevalenza, il risultato dell’azione prodotta dalle acque di scorrimento superficiale e dall’attività antropica.

L’assetto morfologico ed altimetrico in rapporto ai corsi d’acqua presenti, è sintetizzato nella cartografia tematica esistente, secondo cui l’area oggetto di studio presenta **scenari di Pericolosità media (P2)** con alluvioni poco frequenti e **Classe di Rischio moderato o nullo (R1)** come definito dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni della Regione Emilia Romagna (PGRA - Geoportale Regione Emilia Romagna - Tavola IX, IX bis). Si tenga presente **che la Classe di Rischio aumenterà a medio (R2) dopo la realizzazione dell’opera in ambito di progetto** per via della realizzazione di un nuovo “elemento esposto”.

All’interno dell’area di studio, dai dati bibliografici consultati, si osserva si è osservata la presenza di un sistema di circolazione idrica sotterranea alla profondità di circa 6,00 metri dal p.c.

Durante l’esecuzione della prova penetrometrica statica con piezocono, eseguita ad integrazione delle indagini reperite nel mese di settembre 2021, è stata reperita la falda a -6.00 m da p.c, mentre durante l’esecuzione della prova penetrometrica eseguita dalla ditta GEO-V srl nel mese di febbraio 2022, la falda è stata reperita alla quota di -5.40 m dal p.c.

Inoltre, nella “Carta geologico-tecnica” della Microzonazione sismica (II Livello) del Comune di Sorbolo-Mezzani ad est del sito in esame è riportato un dato di profondità di falda in area con sabbie e/o ghiaie pari a 1.4 m da p.c.

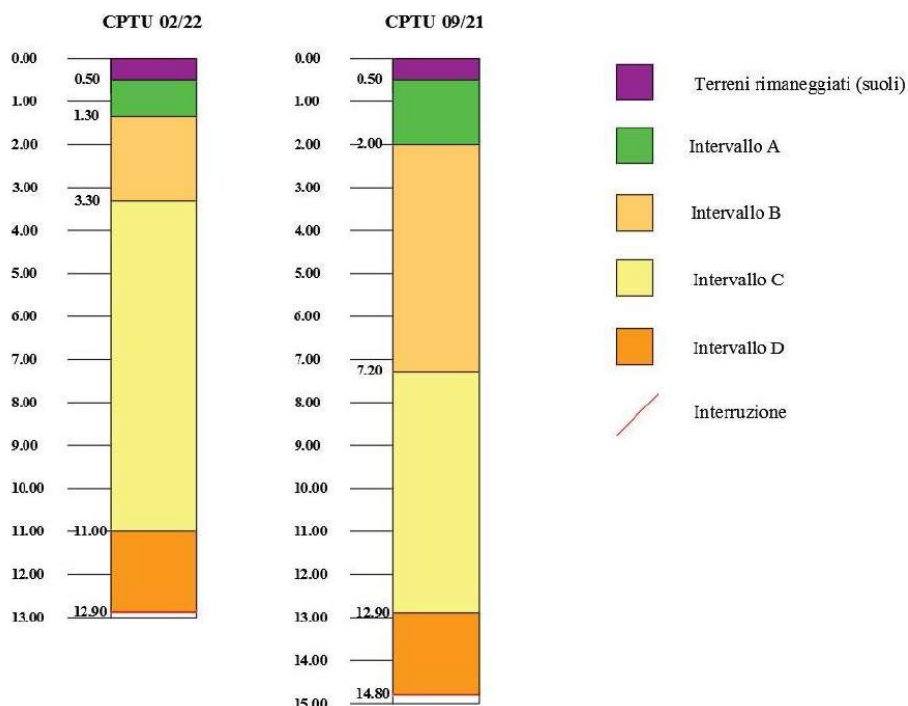
Le indagini eseguite e i dati bibliografici di soggiacenza della falda, indicano quindi una variazione di profondità della falda tra 1.4 e i 6 m da p.c.

Questi sistemi risultano pertanto caratterizzati da una forte stagionalità con lenti freatiche superficiali e discontinue, caratterizzate da livelli di soggiacenza assai variabili.

L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica Regione Emilia-Romagna scala 1:10.000 Sezione 182060 Tavola IV bis), si colloca in corrispondenza dei depositi alluvionali intravallivi **AES8a - Unità di Modena**. Le litologie sono rappresentate da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. Questi depositi corrispondono all'**Alluvium recente Q_{2r}** costituiti da depositi argillosi neri, surtumosi, di bacini palustri recenti (Carta Geologica d'Italia 1:100.000 foglio 74 Reggio nell'Emilia - Tavola IV).

I risultati delle indagini geognostiche realizzate permettono di supporre i seguenti intervalli reologicamente e geomeccanicamente uniformi:

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	-0.50	---	---	---	---	---	---
A	-0.50	-1.30/2.00	1.83	1.90	0.90	1.09 - 1.96	---	59 - 99
			18.00	18.63	8.82	107.3 - 192.8		5.8 - 9.8
B	-1.30/2.00	-3.30/-7.20	1.83	1.85	0.85	---	25.5°	73.41 - 96.87
			18.00	18.14	8.33		37.6°	7.2 - 9.5
C	-3.30/-7.20	-11.00/-12.90	1.77	1.85	0.85	---	29.1°	104 - 159
			17.40	18.14	8.33		34.6°	10.2 - 15.6
D	-11.00/-12.90	interruzione	1.79	1.85	0.85	---	30.4°	169 - 286
			17.60	18.14	8.33		34.7°	16.6 - 28.1



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-07" ver. 1.0.3 in accordo con quanto previsto dal D.M. 14/01/08

LON	10,465438°
LAT	44,907852°
V_N	50 anni
Classe	III
C_U	1.5

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F₀	T_c[*] (s)
SLO	45	0,042	2,566	0,250
SLD	75	0,051	2,584	0,269
SLV	712	0,100	2,694	0,325
SLC	1462	0,124	2,685	0,338

Per la classificazione del sito in oggetto si è definito il parametro meccanico di base definito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, Vs30 realizzando indagini geofisiche in sito mediante la tecnica "MASW".

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

Non avendo potuto escludere la possibilità di liquefazione per i depositi indagati, secondo quanto definito all'art. 7.11.3.4.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018 sulla base dell'analisi preliminare delle caratteristiche del sito e del deposito, si è proceduto alla verifica a liquefazione applicando alcuni metodi di analisi empirica e semplificata noti in letteratura.

Avendo ottenuto, con tutti i metodi applicati, fattori di sicurezza superiori a 1 e verifiche ampiamente positive, si ottiene un

indice di liquefazione IL = 5,18 che corrisponde ad un **rischio di liquefazione alto**.

Coefficienti sismici

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo C

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,66	1,62	1,52	1,50
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

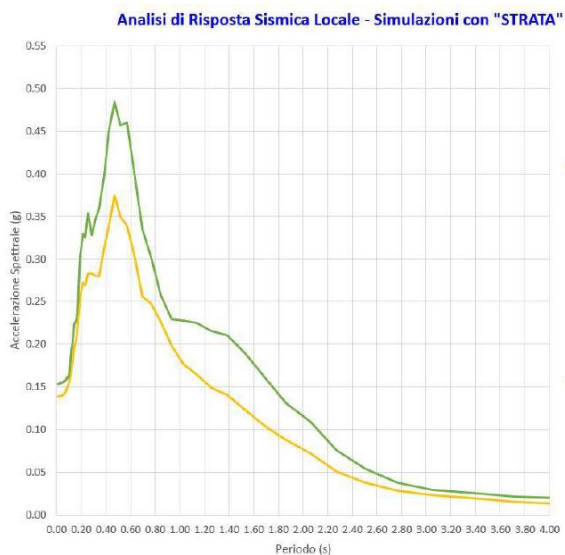
☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.015	0.030	0.044
kv	0.006	0.008	0.015	0.022
Amax [m/s²]	0.623	0.746	1.469	1.818
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

Risposta Sismica Locale (RSL)

L'analisi di risposta sismica locale RSL ha permesso la ricostruzione degli spettri di risposta elastica in accelerazione in superficie. In particolare sono stati forniti gli **spettri di risposta elastica** corrispondenti alla **mediana** delle simulazioni effettuate ed alla **mediana + deviazione standard (Stdev)**, sia in forma grafica che tabellare

La scelta della tipologia tra i due precedenti spettri elastici derivanti dall'analisi di risposta sismica locale RSL da adottare per le verifiche sismiche, è demandata al progettista in base al grado di "cautela" che si ritiene opportuno adottare.



Periodo T(s)	Mediana a (g)	Mediana + Stdev a (g)	Periodo T(s)	Mediana a (g)	Mediana + Stdev a (g)
0.0100	0.1386	0.1538	0.2593	0.2832	0.3539
0.0110	0.1386	0.1538	0.2861	0.2828	0.3283
0.0122	0.1387	0.1538	0.3158	0.2806	0.3472
0.0134	0.1387	0.1539	0.3486	0.2799	0.3594
0.0148	0.1387	0.1539	0.3847	0.3144	0.3989
0.0164	0.1387	0.1539	0.4246	0.3375	0.4485
0.0181	0.1388	0.1540	0.4686	0.3745	0.4843
0.0199	0.1388	0.1540	0.5172	0.3496	0.4566
0.0220	0.1389	0.1541	0.5708	0.3392	0.4599
0.0243	0.1390	0.1541	0.6300	0.3046	0.4014
0.0268	0.1390	0.1542	0.6953	0.2560	0.3346
0.0296	0.1391	0.1543	0.7674	0.2478	0.3021
0.0327	0.1392	0.1545	0.8469	0.2266	0.2578
0.0361	0.1394	0.1546	0.9347	0.1983	0.2292
0.0398	0.1396	0.1549	1.0316	0.1768	0.2275
0.0439	0.1400	0.1552	1.1386	0.1645	0.2253
0.0485	0.1403	0.1553	1.2566	0.1490	0.2157
0.0535	0.1410	0.1559	1.3869	0.1407	0.2106
0.0590	0.1421	0.1569	1.5307	0.1234	0.1897
0.0652	0.1428	0.1558	1.6894	0.1042	0.1616
0.0719	0.1445	0.1583	1.8645	0.0878	0.1308
0.0794	0.1458	0.1585	2.0578	0.0723	0.1100
0.0876	0.1509	0.1624	2.2711	0.0513	0.0761
0.0967	0.1519	0.1606	2.5066	0.0380	0.0546
0.1067	0.1599	0.1719	2.7665	0.0287	0.0383
0.1178	0.1696	0.1922	3.0533	0.0229	0.0291
0.1300	0.1783	0.2029	3.3698	0.0197	0.0261
0.1435	0.1975	0.2236	3.7192	0.0153	0.0216
0.1583	0.2058	0.2285	4.1048	0.0132	0.0195
0.1747	0.2263	0.2489	4.5303	0.0110	0.0165
0.1929	0.2570	0.3037	5.0000	0.0087	0.0127
0.2128	0.2715	0.3299			
0.2349	0.2695	0.3254			

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 agli interventi in ambito di progetto.**

San Michele Tiorre, li 22 febbraio 2022

Dott. Geol. Luca Calzolari



TAVOLE

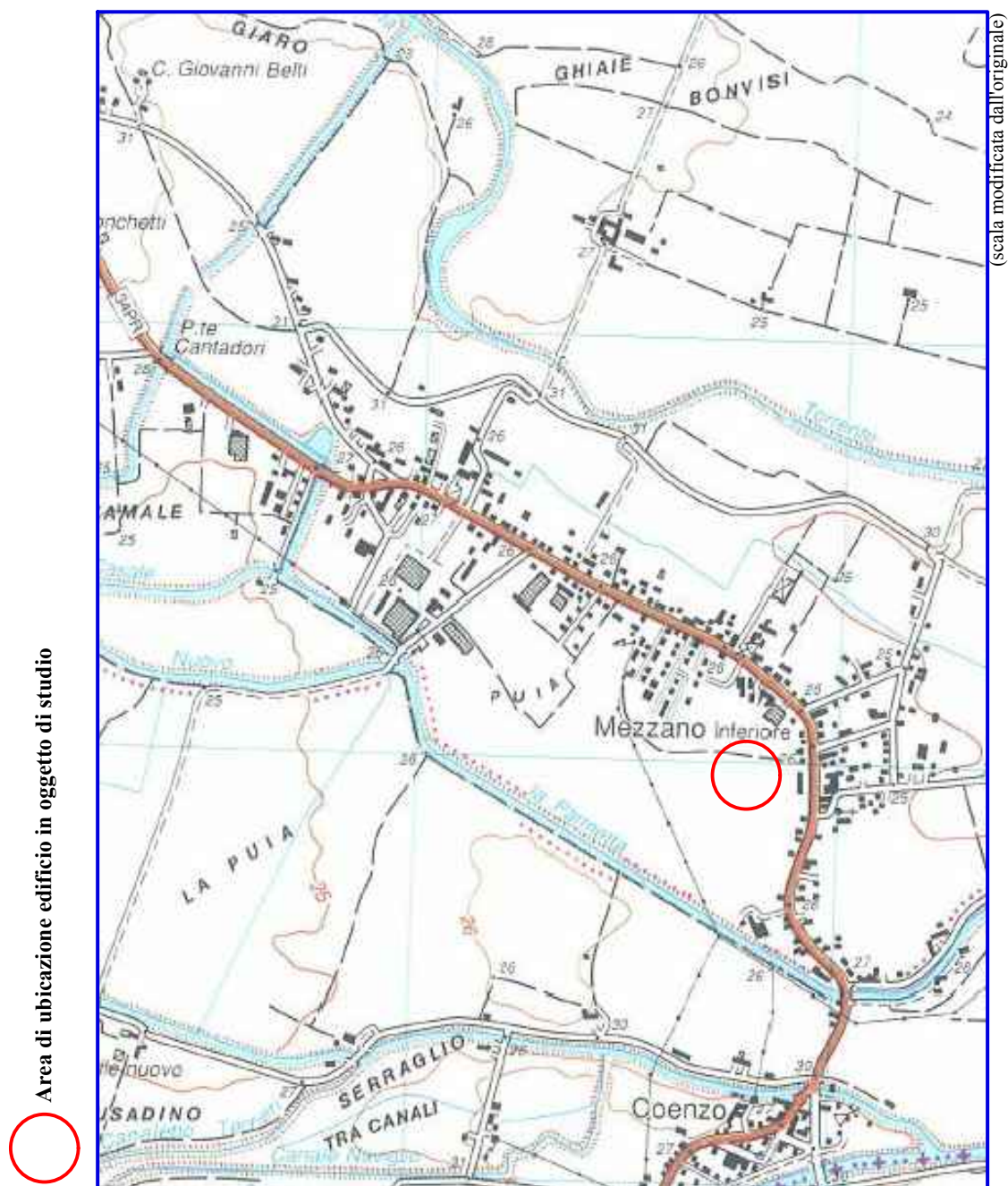
AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

Tavola I

STRALCIO CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE COLORNO

Tavola 182 - NO

Scala 1:25.000



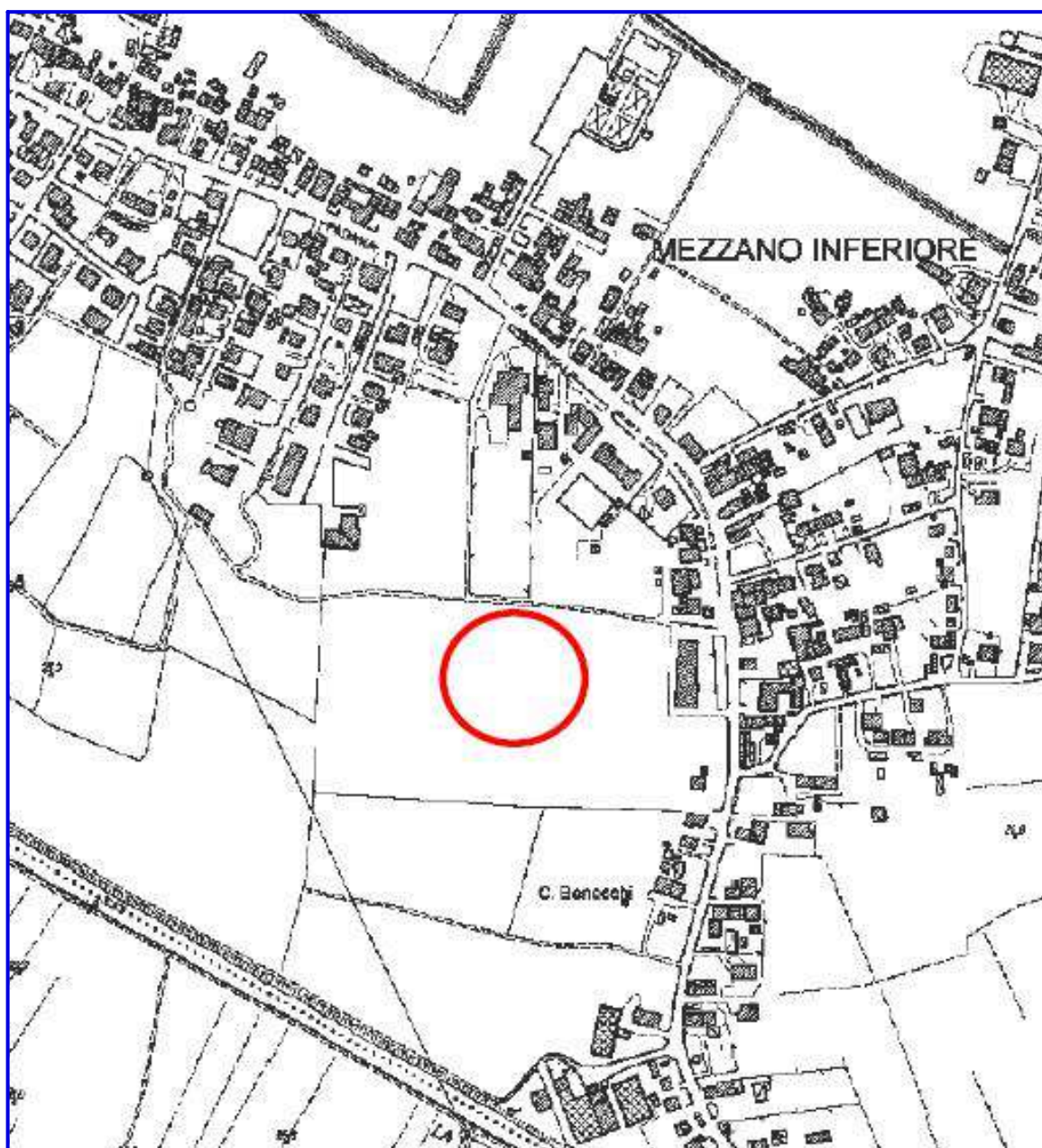
(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

Tavola II

STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE COLORNO

Foglio 182 - NO Elemento 062

Scala 1:5.000



(scala modificata dall'originale)



Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

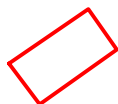
Tavola III
STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE
Scala 1:2.000

**Comune di Mezzani - Foglio 27 Particelle 382p, 396p, 381,
197p, 388p, 124p, 125, 126, 127, 407p, 408p, 410, 196p, 409p,
64p, 63p, 56p.**



(scala modificata dall'originale)

AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

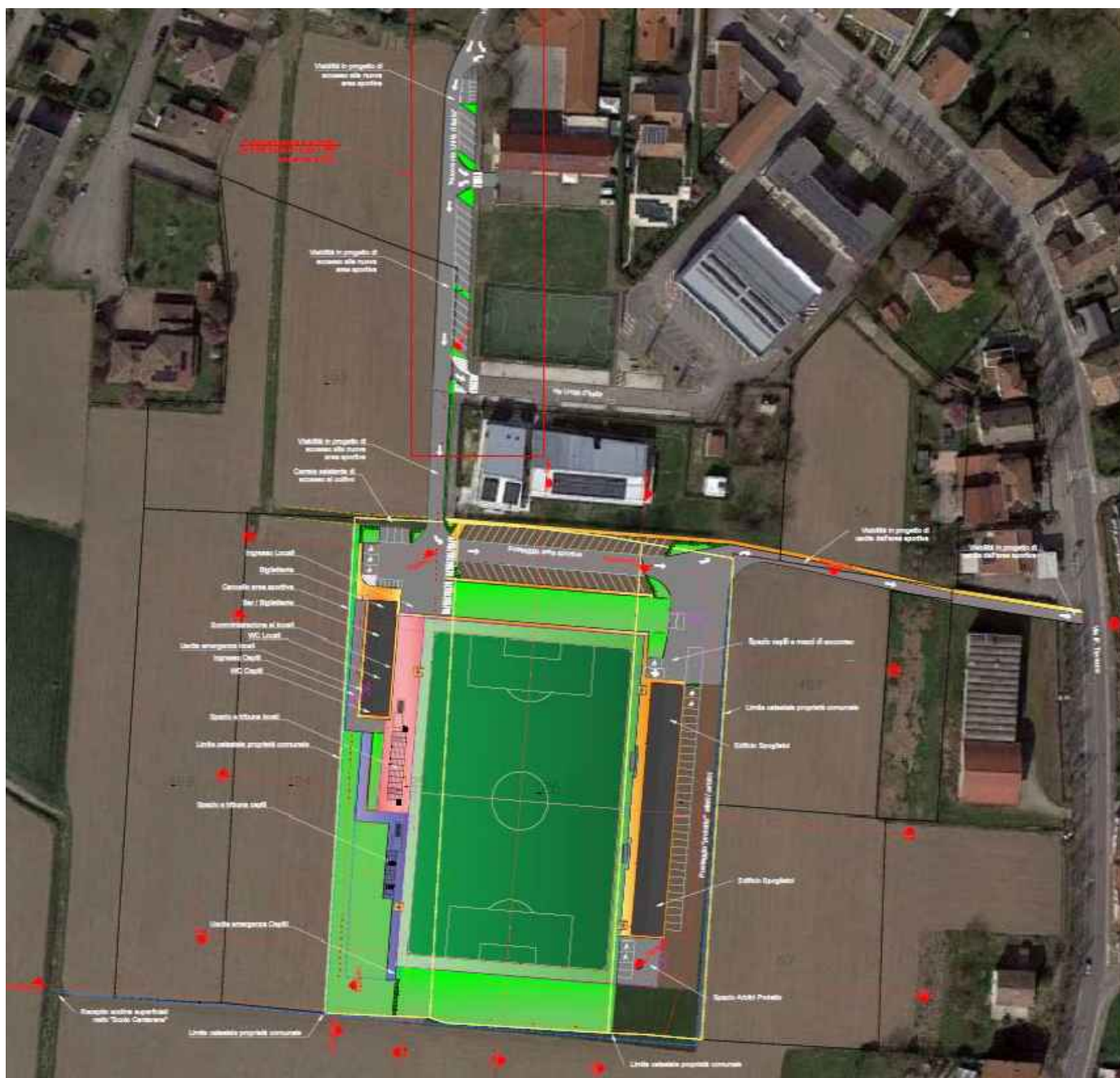


Area in oggetto di studio

(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

Tavola III bis

Sintesi degli elementi di progetto



(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

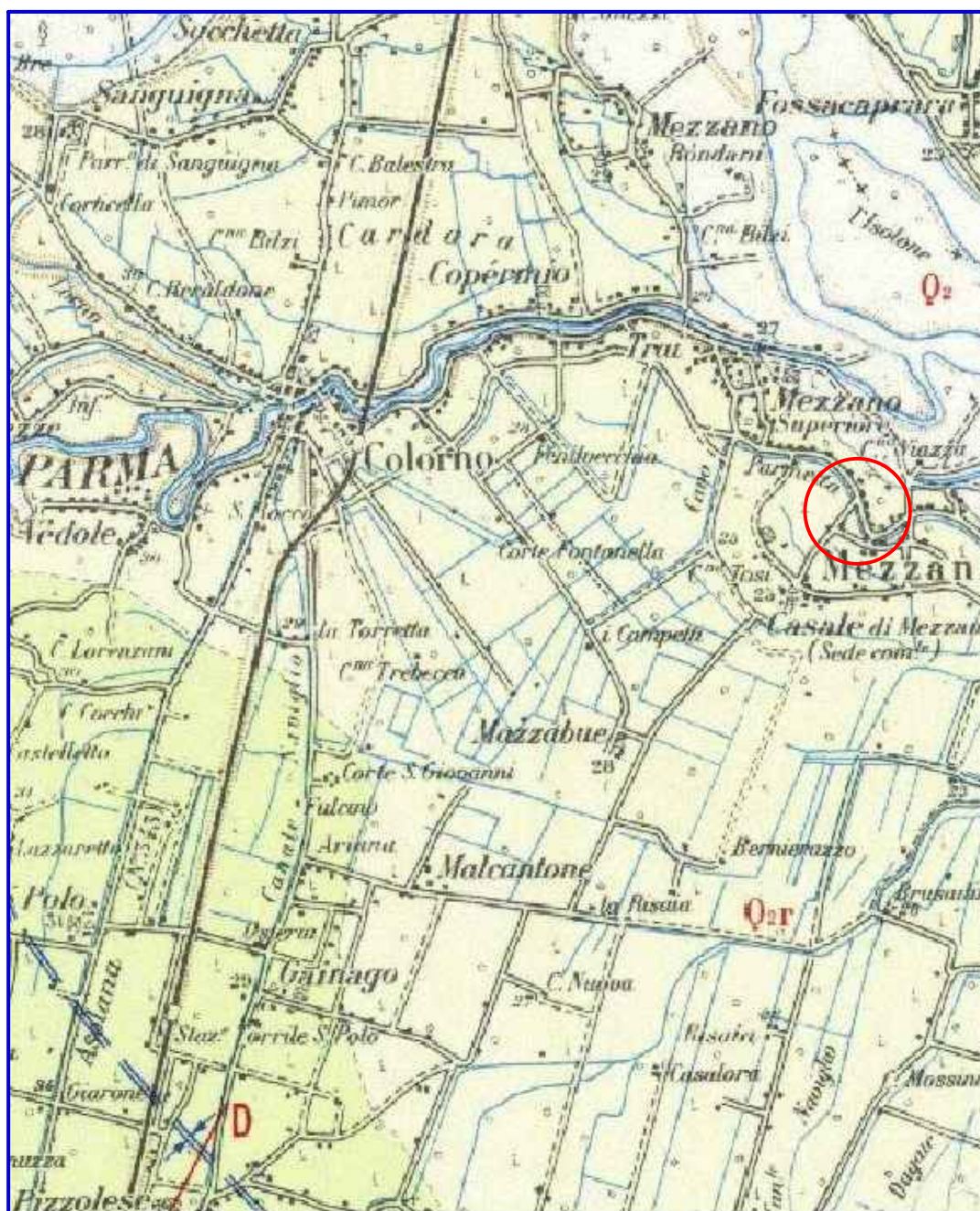
Tavola IV

STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

- Foglio 73 -

Parma

Scala 1:100.000



(scala modificata dall'originale)



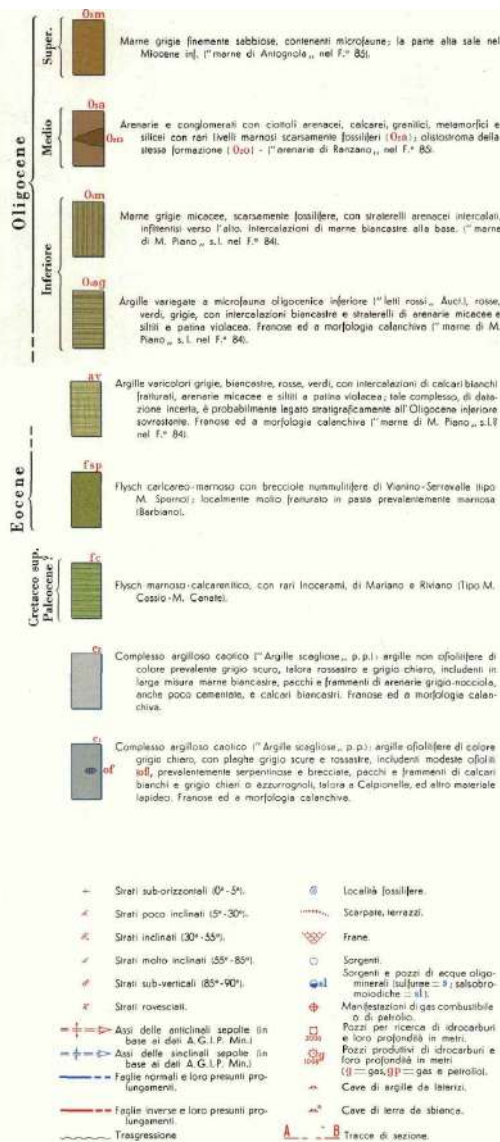
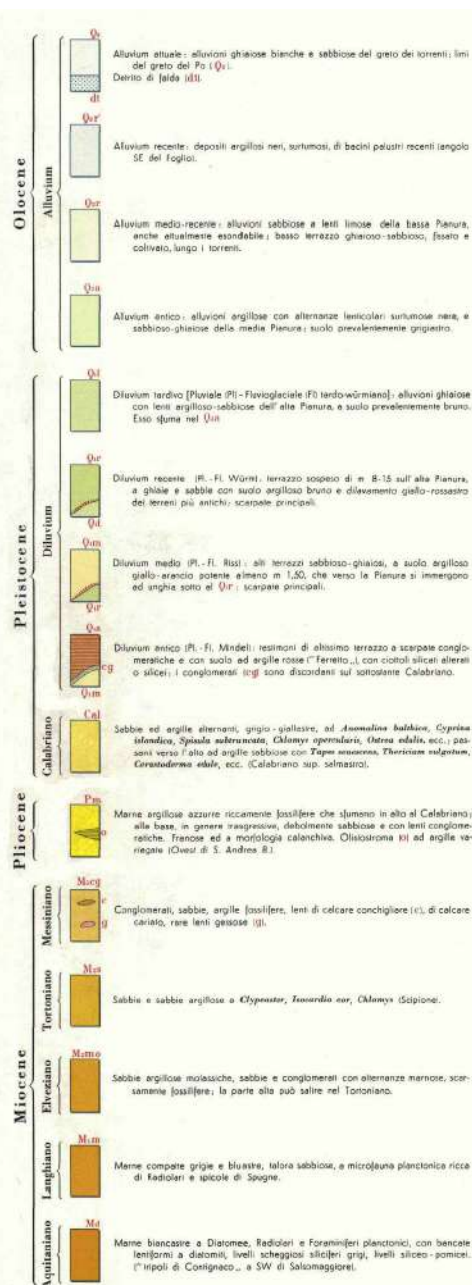
Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

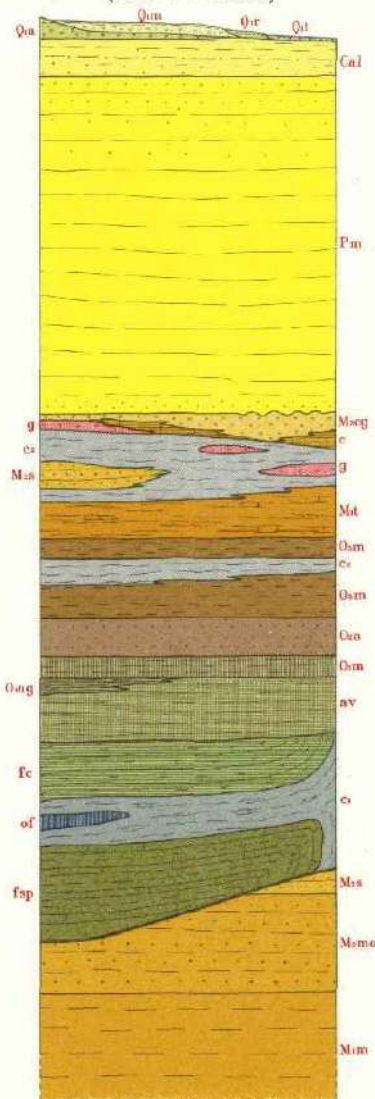
LEGENDA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

- Foglio 73 -

Parma



Schema dei rapporti stratigrafici
(Scala 1 : 25.000)

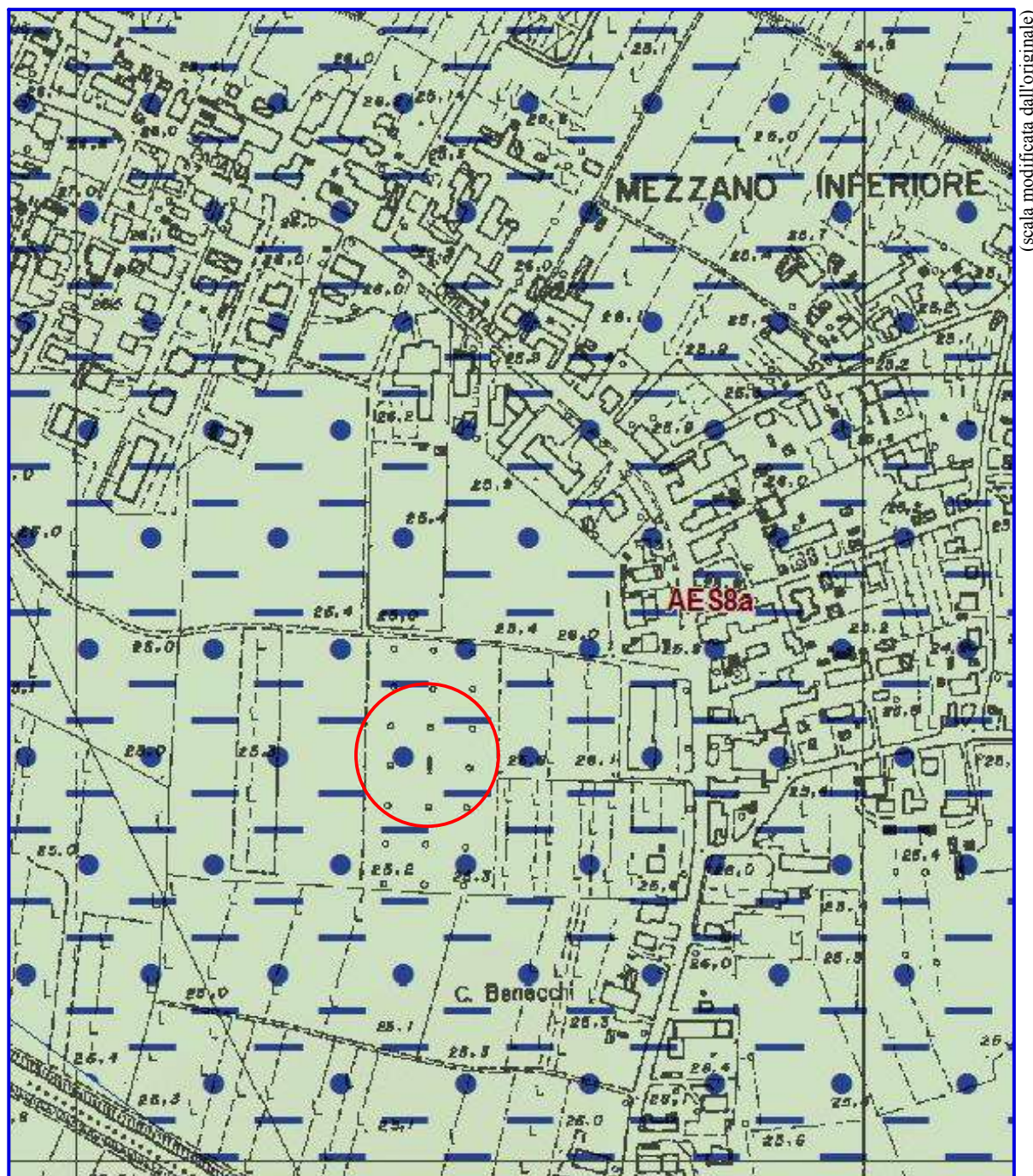


AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento



Tavola IV bis

STRALCIO CARTA GEOLOGICA REGIONALE EMILIA ROMAGNA - Scala 1:10.000 Foglio 182 060 - Mezzani



Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

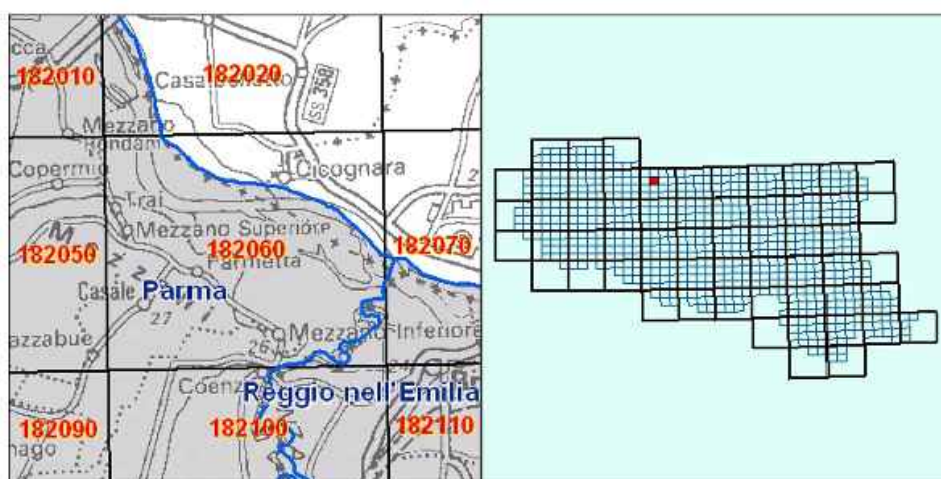
LEGENDA CARTA GEOLOGICA REGIONE EMILIA ROMAGNA

Scala 1:10.000

Foglio 182 060 - Mezzani



LEGENDA DELLA SEZIONE CARTOGRAFICA: 182060 - MEZZANI



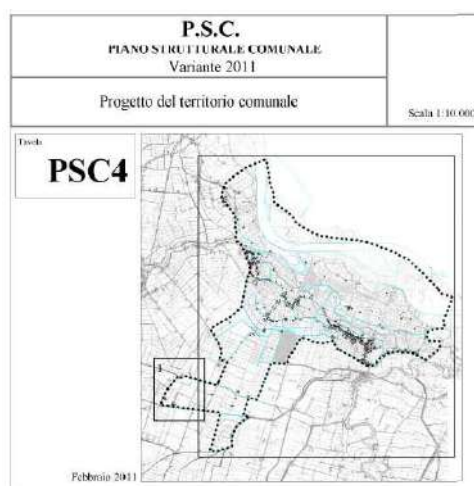
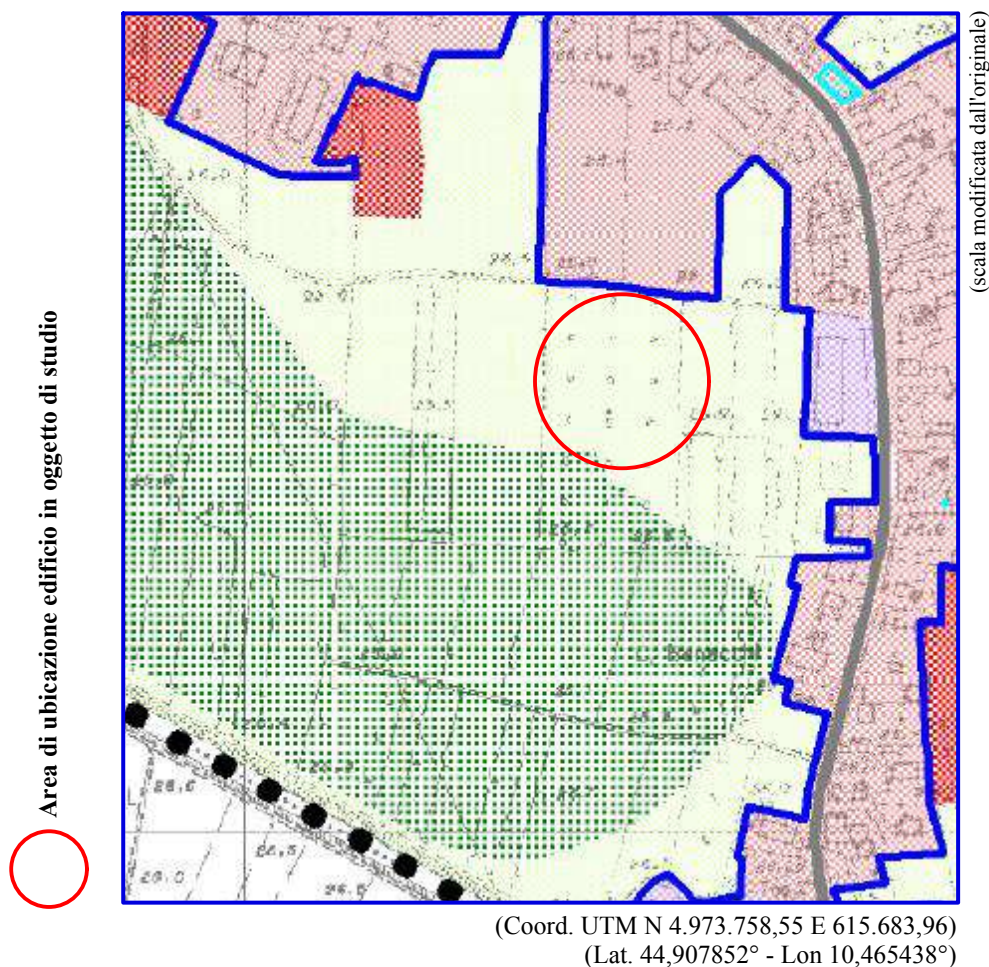
provinces di Parma e Reggio nell'Emilia

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)

Tavola V

STRALCIO DEL PSC DEL COMUNE DI MEZZANI Scala 1:10.000



TERRITORIO RURALE

- Ambiti ad alta vocazione produttiva agricola
- Ambiti agricoli periurbani
- Ambiti agricoli di rilievo paesaggistico
- Aree di valore naturale ed ambientale

TERRITORIO URBANO

- Centro storico
- Ambiti urbani consolidati
- Ambiti da riqualificare
- Ambiti per nuovi insediamenti

PROGETTISTI: Arch. Gianfranco Paglietti
Arch. Luca Paglietti

COLLABORATORI: Elena Mostri
Daniela Cini
Mina Rossi

Tavola VI

STRALCIO DEL RUE DEL COMUNE DI MEZZANI Scala 1:10.000



(scala modificata dall'originale)

AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

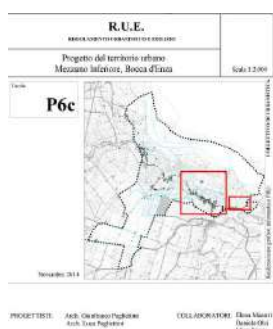


Tavola VII

**STRALCIO CARTA DEL P.T.C.P. DI PARMA TUTELA
AMBIENTALE, PAESISTICA E STORICO-CULTURALE
Scala 1:25.000**



(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

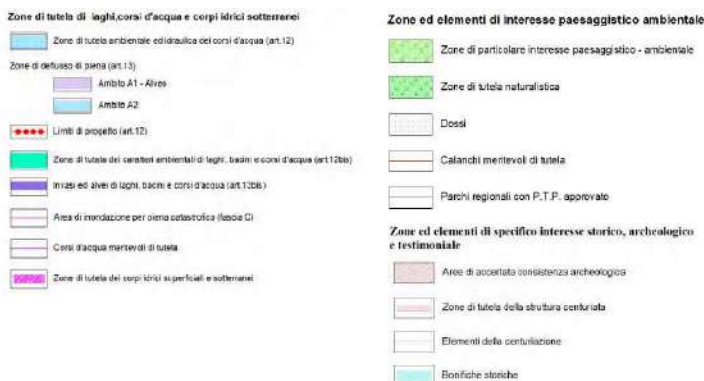
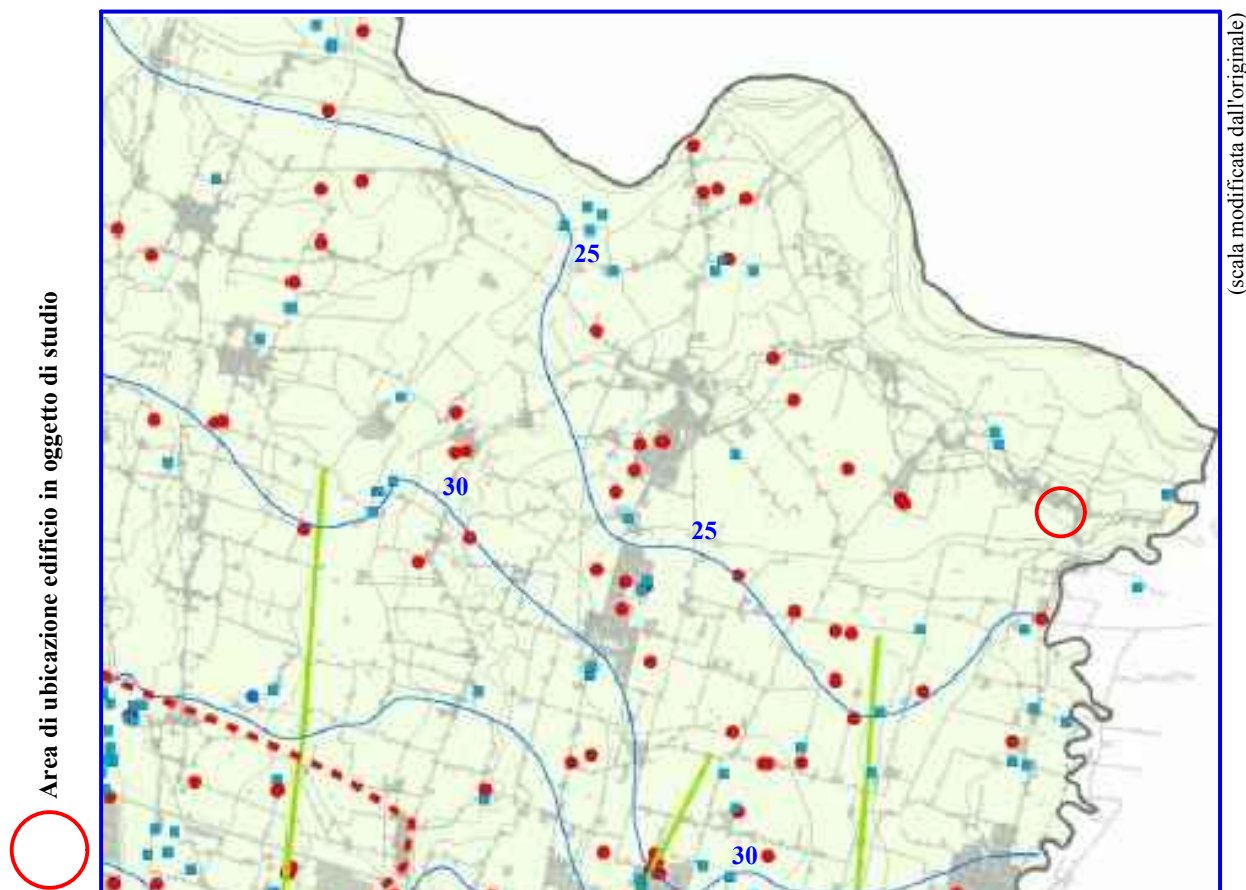


Tavola VIII

STRALCIO CARTA DEL PIANO INFRAREGIONALE DELLE ATTIVITÀ ESTRATTIVE Scala 1:100.000



(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

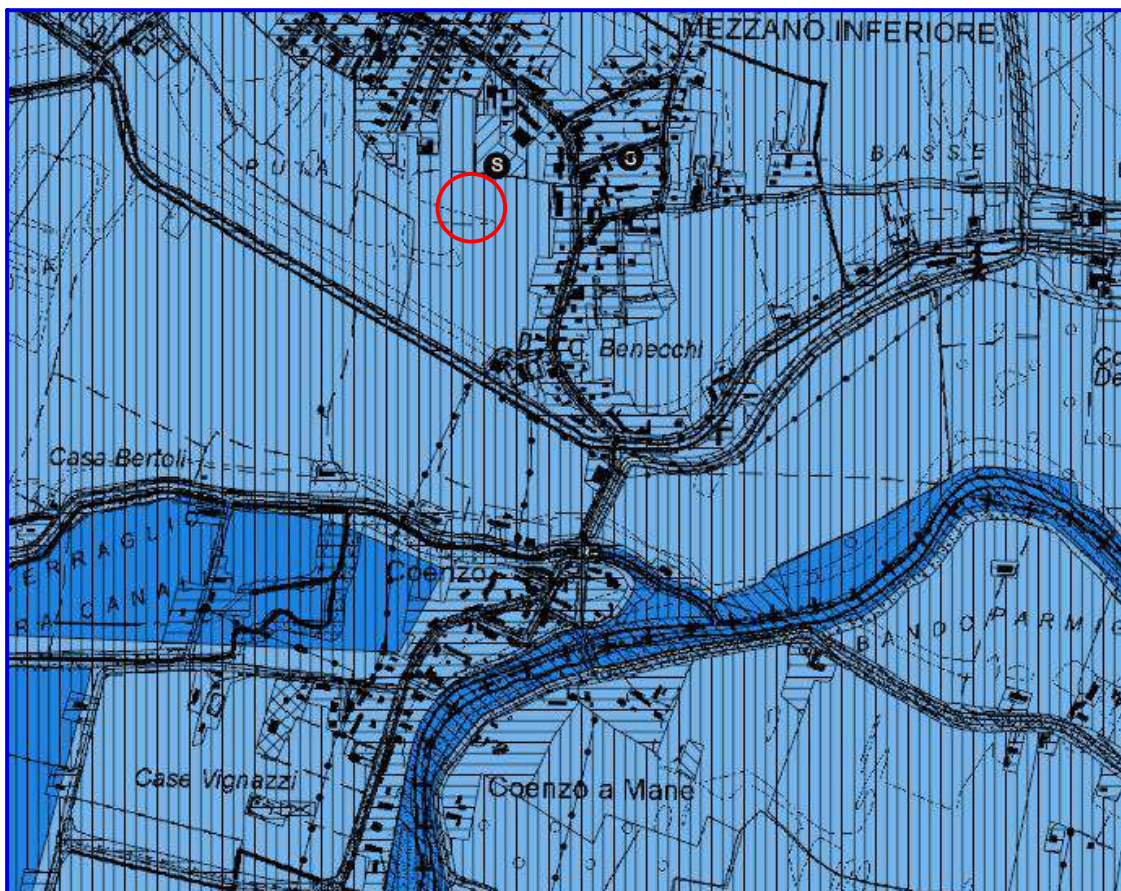


Tavola IX

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

182 NO - COLORNO

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio



(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

Aggiornamento e revisione del Piano di
Gestione del Rischio di Alluvione redatto ai
sensi dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 attuativo
della Dir. 2007/60/CE - Il ciclo di gestione

RELAZIONE METODOLOGICA

Distretto del fiume Po



dicembre 2021

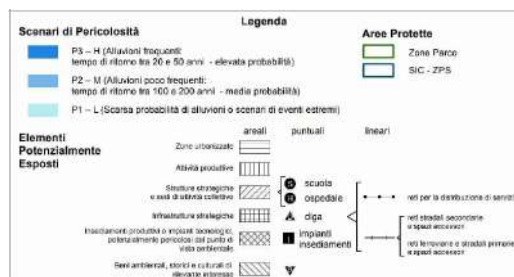


Tavola IX bis

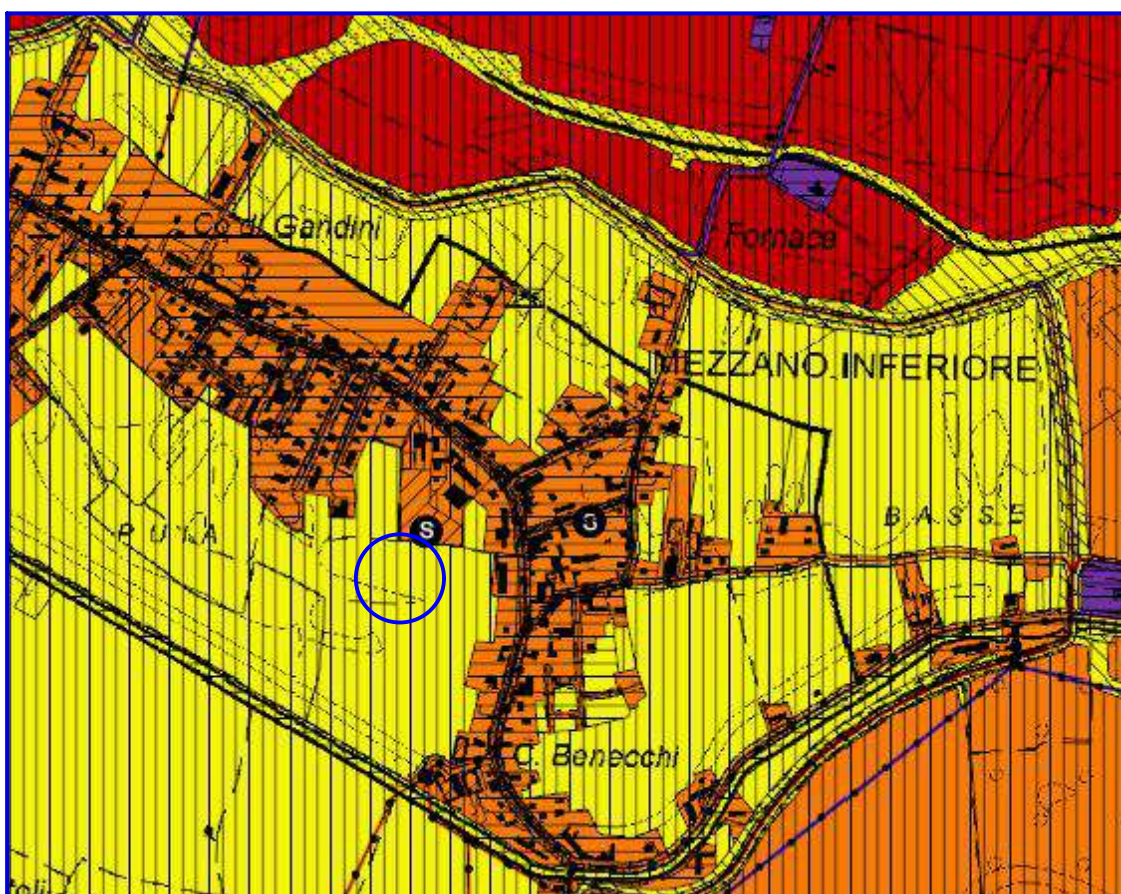
STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

Tavola del rischio

Scala 1:25.000

182 NO - COLORNO

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio



(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

Aggiornamento e revisione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione redatto ai sensi dell'art. 7 del D.Lgs. 49/2010 attuativo della Dir. 2007/60/CE – Il ciclo di gestione

RELAZIONE METODOLOGICA

Distretto del fiume Po

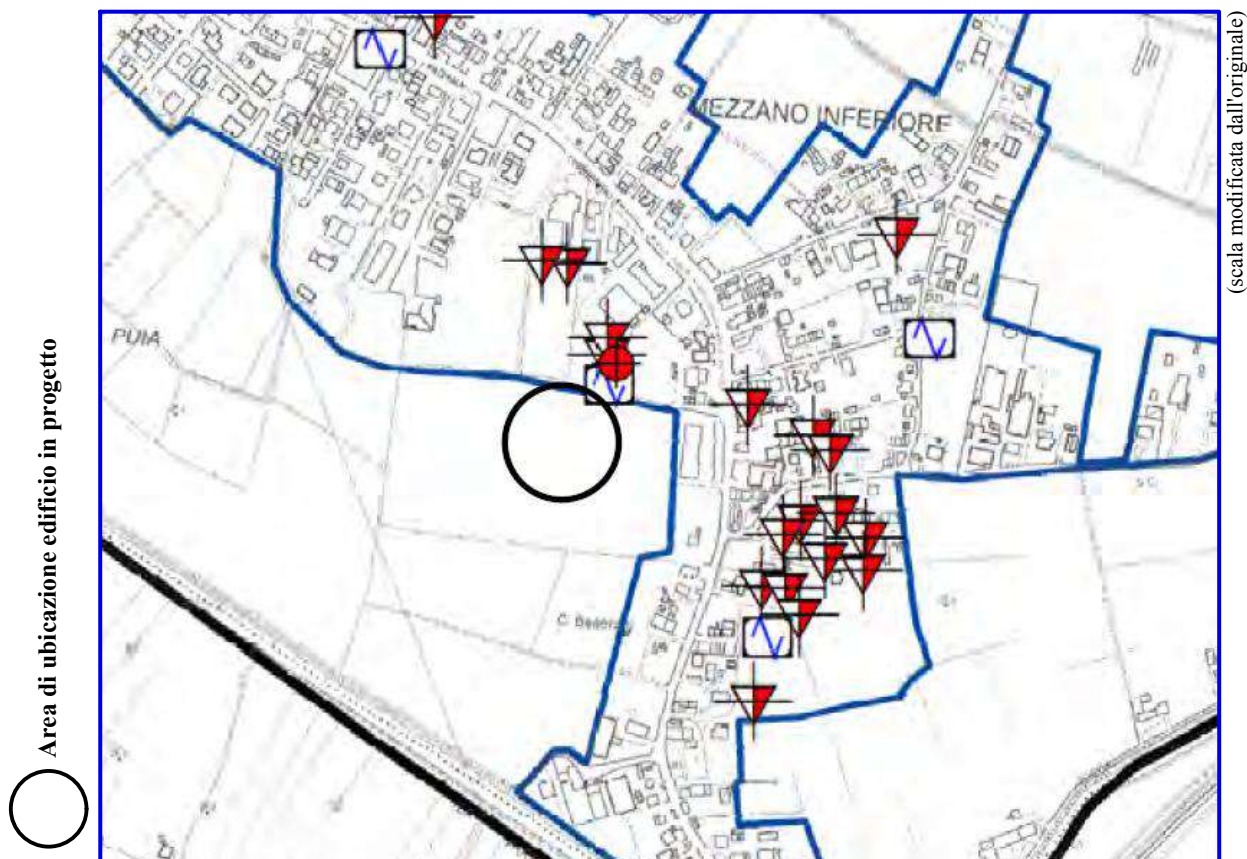


dicembre 2021



Tavola X

STRALCIO CARTA DELLE INDAGINI Scala 1:10.000



(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

Legenda

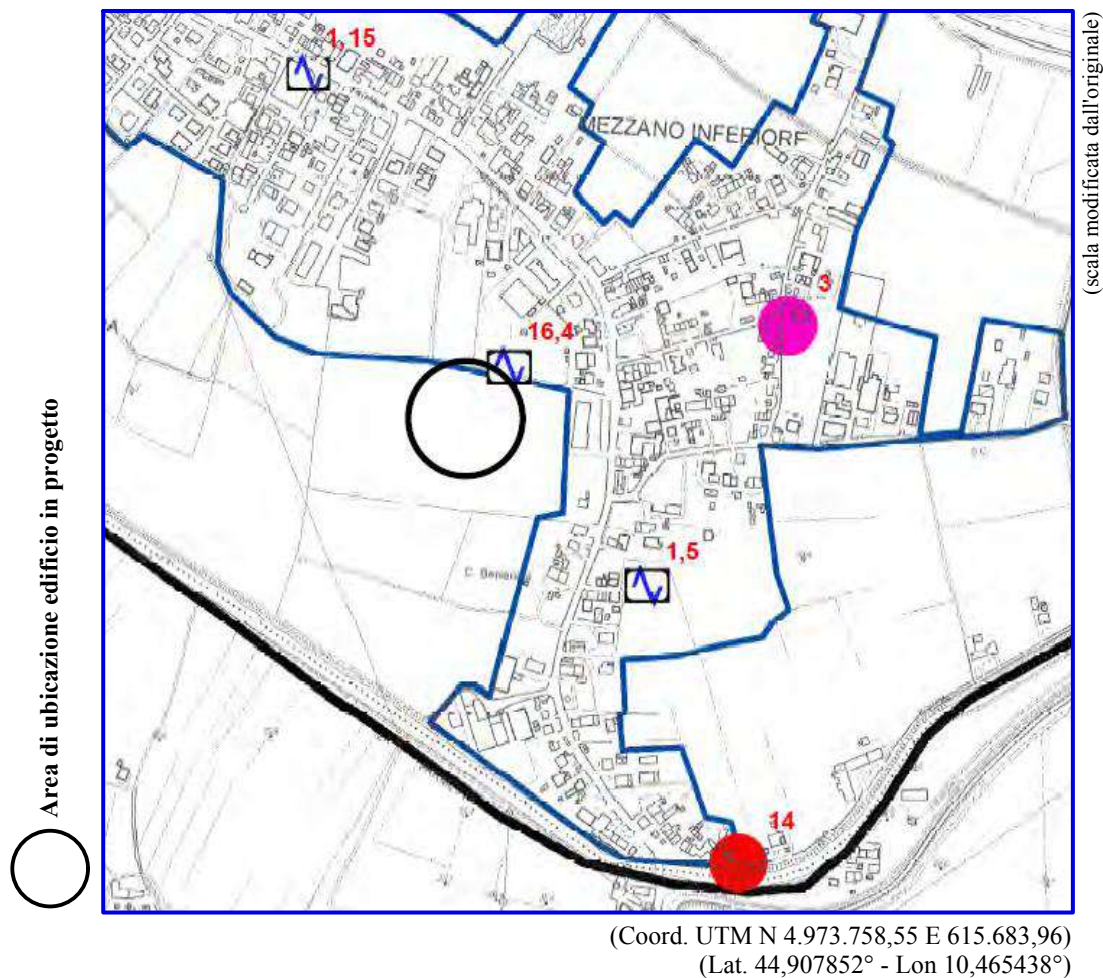
- Sondaggio a carotaggio continuo
- Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- Prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU)
- Prova penetrometrica con cono sismico e piezocono (SCPTU)
- Prova penetrometrica dinamica media (DN)
- Pozzo per acqua
- Stazione microtremore a stazione singola (HVSr)
- Prova di carico con piastra (PLT)
- MASW
- Prova Refraction Microtremors
- Confine comunale



Tavola XI

STRALCIO CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

Scala 1:10.000



AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

Legenda

frequenza picco significativo (Hz)	ampiezza picco			spessore atteso (m)
	$1,5 \leq HVS \leq 2$	$2 \leq HVS \leq 3$	$HVS \geq 3$	
$F_0 \leq 0,6$				> 200
$0,6 < F_0 \leq 1$				200 - 100
$1 < F_0 \leq 2$				100 - 30
$2 < F_0 \leq 8$				30 - 10
$F_0 > 8$				< 10
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

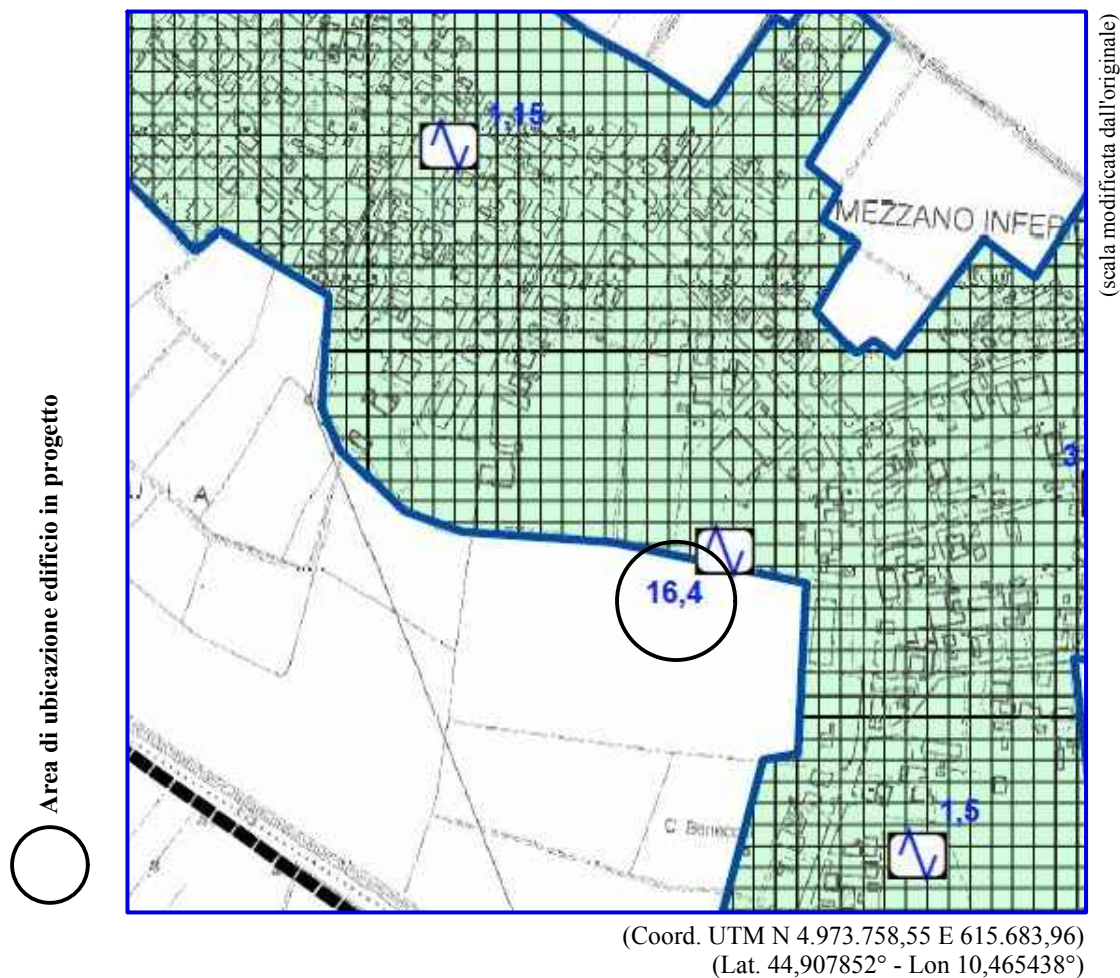


Aree oggetto di microzonazione



Tavola XII

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



AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

Legenda

Area oggetto di studio

Confine comunale

Zone di attenzione per l'instabilità

ZALQ: zona di attenzione per liquefazioni - Zona 1
successione stratigrafica costituita da alternanze di depositi limo-sabbiosi e limo-argillosi presenti sino a quote variabili da -2,00 a -5,00 m da p.c., che ricoprono un livello sabbioso e sabbioso-gliaioso, dello spessore di circa 30 metri.

ZALQ: zona di attenzione per liquefazioni - Zona 2
successione stratigrafica costituita da depositi argilloso-limosi, presenti sino alla quota di circa -10,00--12,00 m da p.c., che ricoprono un livello sabbioso dello spessore di circa 30 metri con locali intercalazioni lenticolari di sedimenti limo-argillosi.

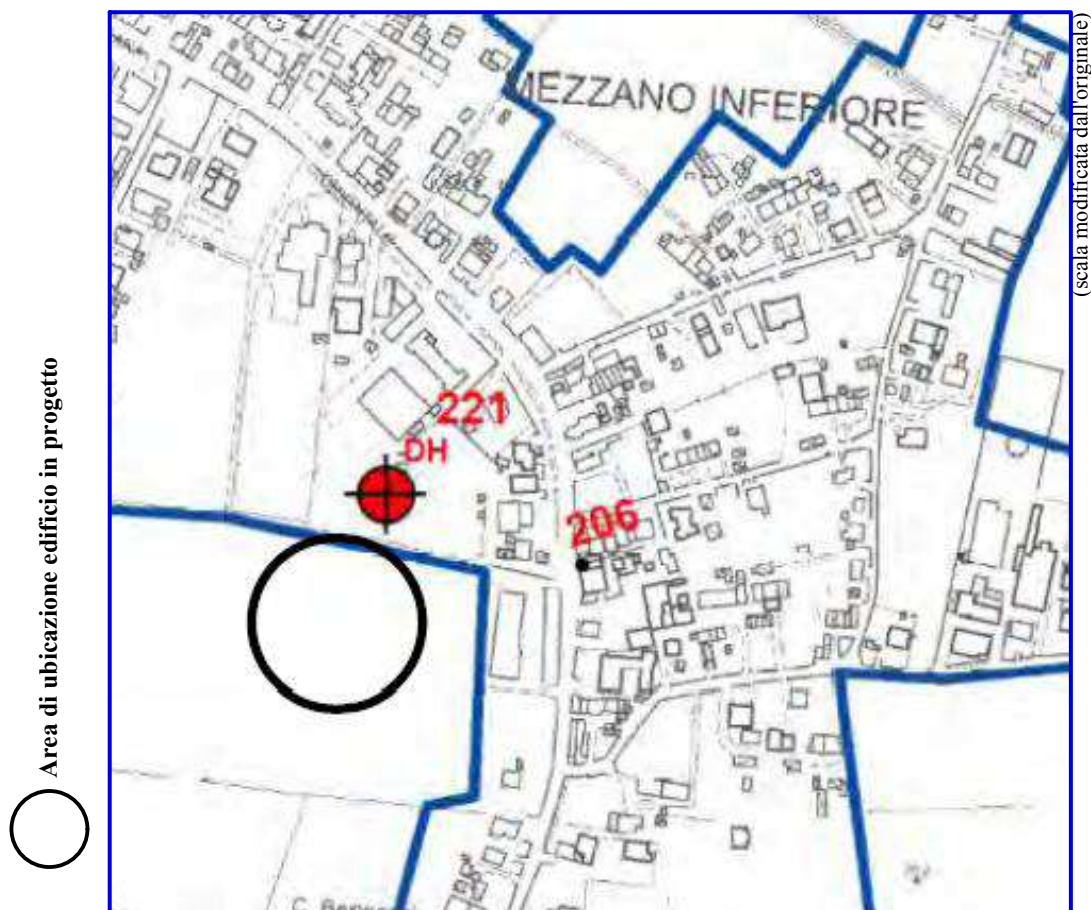
Punti di misura di rumore ambientale

3,0 Punti di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di f_0



Tavola XIII

STRALCIO CARTA DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO S Scala 1:10.000



(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

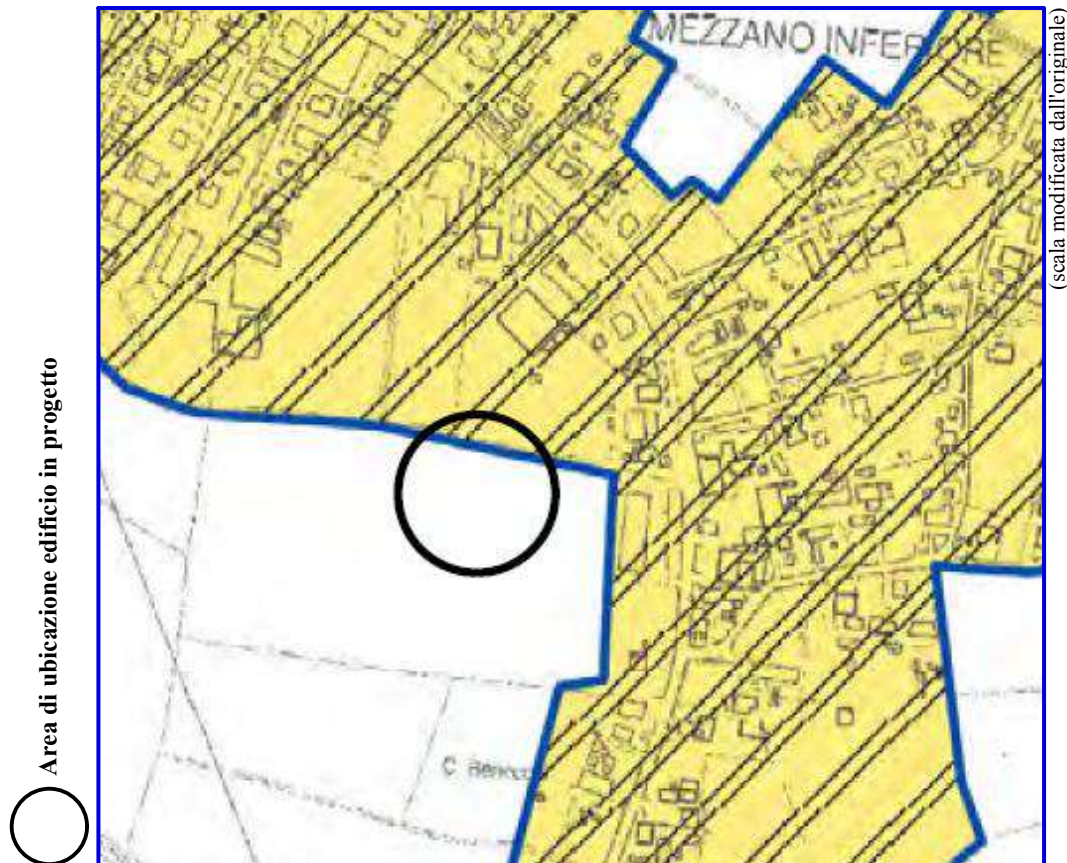
Legenda

- SCPTU con indicato il valore di Vs30 in m/s
- MASW con indicato il valore di Vs30 in m/s
- RE.MI. con indicato il valore di Vs30 in m/s
- Interpretazione misura microtremori a stazione singola con indicato il valore di Vs30 in m/s
- Confine comunale
- Aree oggetto di microzonazione



Tavola XIV

STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2 FA-PGA Scala 1:10.000



(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

Legenda

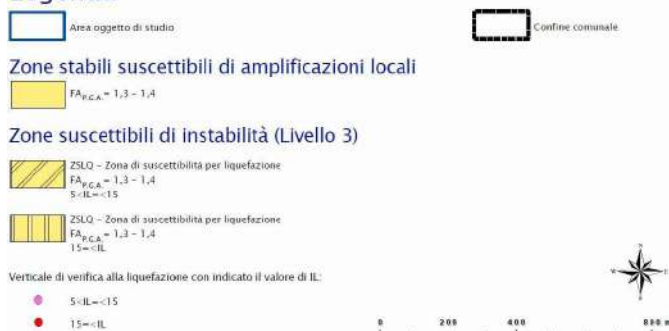
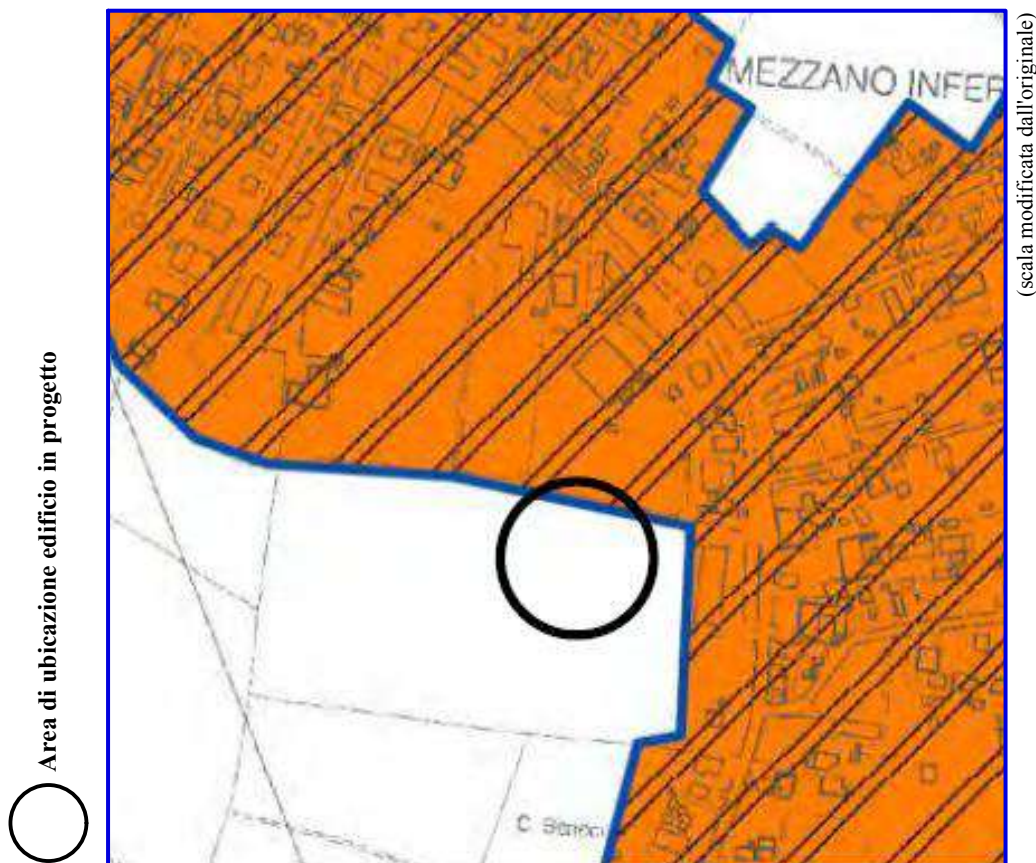


Tavola XV

STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA FA-IS 0.1 - 0.5 s Scala 1:10.000



(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

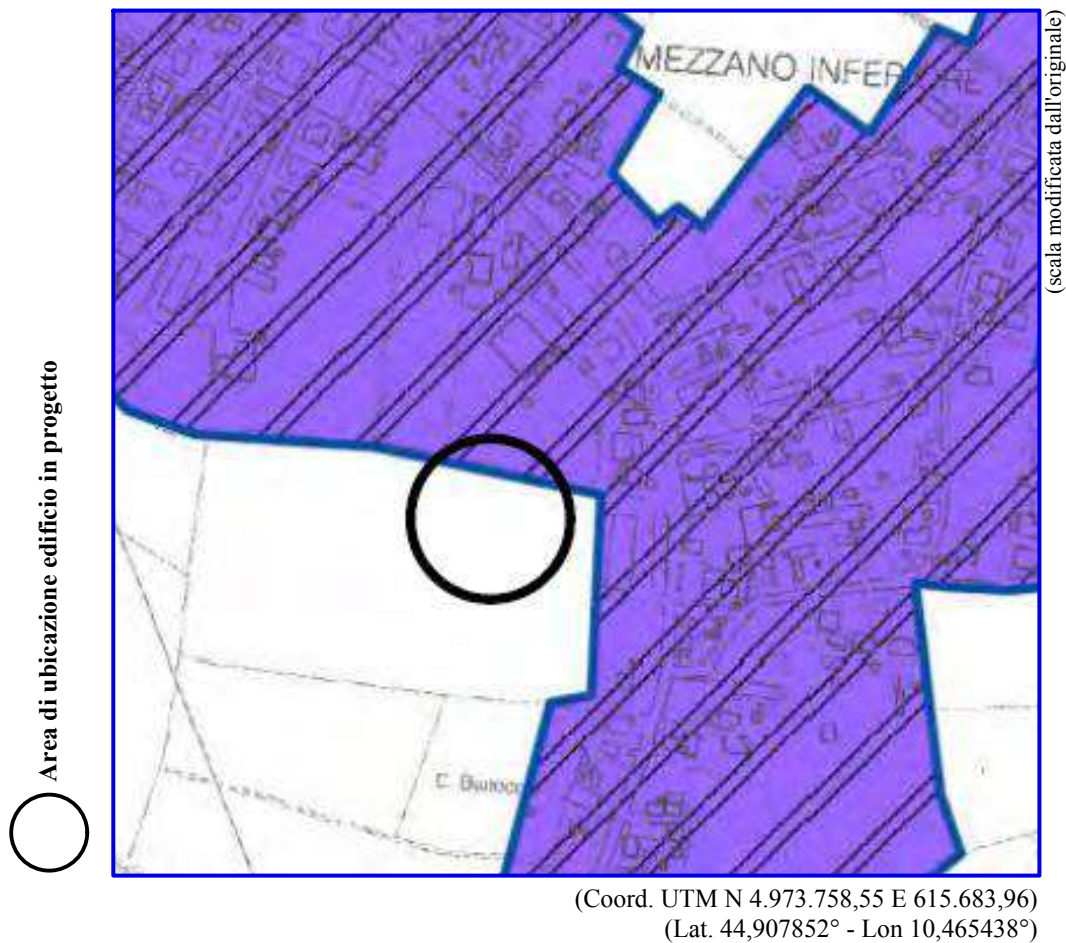
Legenda

- Area oggetto di studio
- Confine comunale
- Zone stabili suscettibili di amplificazione locali**
- FA_{IS,0.1-0.5s} = 1,7 - 1,8
- Zone suscettibili di instabilità (Livello 3)**
- ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
FA_{IS,0.1-0.5s} = 1,7 - 1,8
S < IL < 15
- ZSLQ - Zona di suscettibilità per liquefazione
FA_{IS,0.1-0.5s} = 1,7 - 1,8
15 < IL
- Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di IL:
- S < IL < 15
- 15 < IL



Tavola XVI

STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA FA-IS 0.5 - 1.0 s Scala 1:10.000



AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

Legenda



Tavola XVII

STRALCIO RIPRESA AEREOFOTOGRAMMETRICA Google Earth 2022

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio



(scala modificata dall'originale)

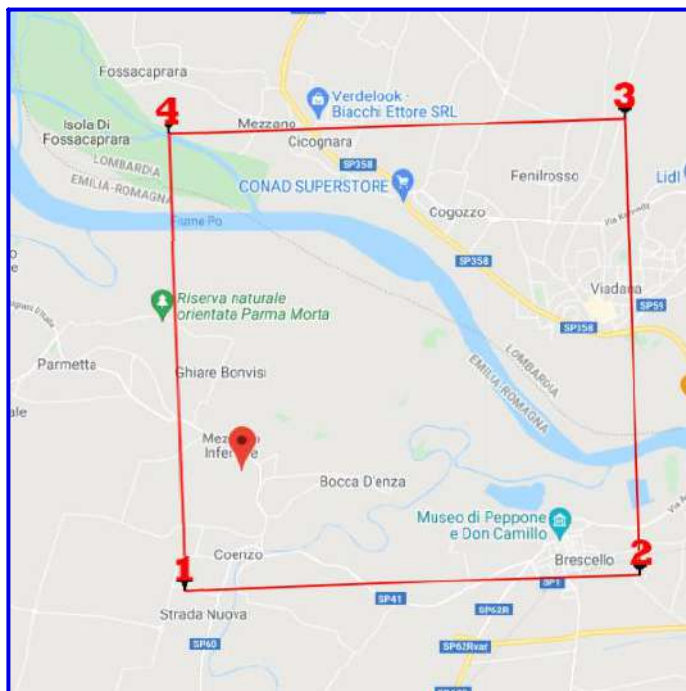
(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)



AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

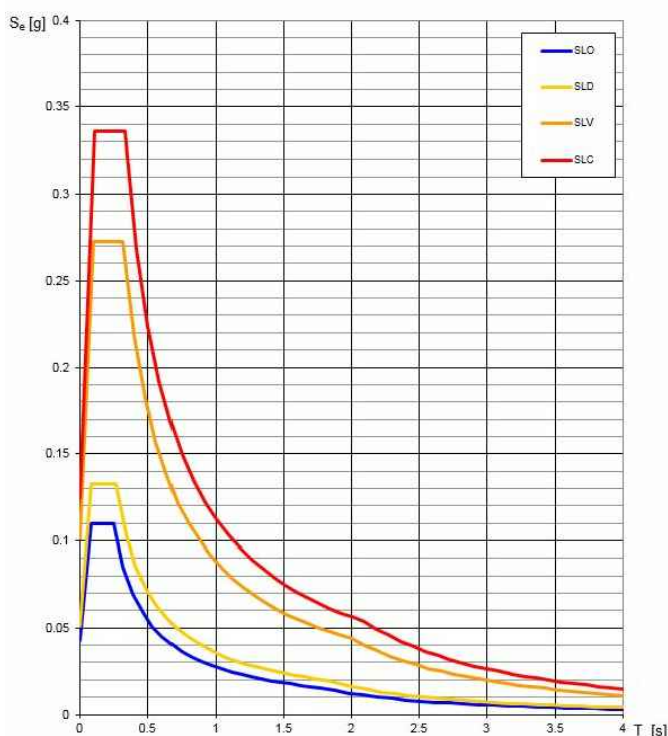
Tavola XVIII

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE



(Coord. UTM N 4.973.758,55 E 615.683,96)
(Lat. 44,907852° - Lon 10,465438°)

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Stati limite

Classe Edificio				
III. Affollamento significativo...				
Vita Nominale	50			
Interpolazione	Media ponderata			
CU = 1.5				
Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F ₀	T _c * [s]
Operatività (SLO)	45	0.042	2.566	0.250
Danno (SLD)	75	0.051	2.584	0.269
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.100	2.694	0.325
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.124	2.685	0.338
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 75				

Coefficienti sismici

Tipo	Stabilità dei pendii e fondazioni			
<input type="checkbox"/> Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.				
H (m)	1			
ψ _s (m)				0.1
Cat. Sottosuolo				C
Cat. Topografica				T1
	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,66	1,62	1,52	1,50
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
<input type="checkbox"/> Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]				0,6
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.015	0.030	0.044
kv	0.006	0.008	0.015	0.022
A _{max} [m/s²]	0.623	0.746	1.469	1.818
Beta	0.200	0.200	0.200	0.240

TABELLE

AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento



CALCOLO DELL'INDICE DI LIQUEFACIBILITA'

Dati sismici	
ag (SLV)	0.101186
M	7.5
MSF	0.999639

Prove penetrometriche statiche CPT
Metodo Robertson e Write (1997)

rd = coeff. Funzione prof. P.C.

coeff. Correttivo in funzione della magnitudo del sisma

Resistenz Attrit. Lat. Spec
punta nor normalizzati

INDICE DI LIQUEFACIBILITA' Alto I.L. totale = 5.18

z (m)	γ (t/m3)	γ' (t/m3)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	RF	Litologia	Q	F	IC	n	qc1n	qc1ncs	Øvo (kg/m2)	Øvo' (kg/m2)	rd	T	R	Fs=R/T	W	IL	VERIFICA
0.40	1.85	0.85	0.10	---	---	---	0.82	-----	----	---	---	---	740.00	340.00	1.00	0.14	---	---	---	---	---
0.60	1.80	0.80	1.05	1.51	0.70	torbe	19.01	160.41	4.07	1.00	2.10	56.23	1095.00	495.00	1.00	0.14	0.10	n.l.	9.70	0.00	Litologia non liquefacibile
0.80	1.80	0.80	22.63	1.08	20.89	limo argilloso	344.12	4.82	2.12	0.75	45.26	67.48	1453.33	653.33	0.99	0.15	0.11	n.l.	9.60	0.00	Litologia non liquefacibile
1.00	1.75	0.75	20.03	0.85	23.66	limi argilloso-sabbiosi	248.09	4.27	2.14	0.75	40.05	61.34	1800.00	800.00	0.99	0.15	0.10	n.l.	9.50	0.00	Litologia non liquefacibile
1.20	1.75	0.75	21.77	0.69	31.35	limi argilloso-sabbiosi	227.39	3.22	2.06	0.75	43.54	60.08	2148.00	948.00	0.99	0.15	0.10	n.l.	9.40	0.00	Litologia non liquefacibile
1.40	1.70	0.70	50.70	0.89	57.24	sabbia limosa	465.00	1.76	1.67	0.50	101.40	103.16	2485.00	1085.00	0.99	0.15	0.18	n.l.	9.30	0.00	Litologia non liquefacibile
1.60	1.70	0.70	63.72	0.59	108.72	sabbia e ghiaia	518.79	0.92	1.41	0.50	127.44	127.44	2822.86	1222.86	0.99	0.15	0.27	1.82	9.20	0.00	POSITIVA
1.80	1.70	0.70	58.91	0.65	90.84	sabbia e ghiaia	430.44	1.11	1.52	0.50	117.82	117.82	3161.25	1361.25	0.99	0.15	0.23	1.54	9.10	0.00	POSITIVA
2.00	1.70	0.70	59.50	0.37	162.24	ghiaie	394.34	0.62	1.34	0.50	119.00	119.00	3500.00	1500.00	0.98	0.15	0.24	1.57	9.00	0.00	POSITIVA
2.20	1.70	0.70	59.47	0.37	160.97	ghiaie	360.50	0.63	1.37	0.50	118.94	118.94	3839.00	1639.00	0.98	0.15	0.24	1.56	8.90	0.00	POSITIVA
2.40	1.70	0.70	59.83	0.45	133.41	ghiaie sabbiose	334.10	0.75	1.45	0.50	119.65	119.65	4178.18	1778.18	0.98	0.15	0.24	1.58	8.80	0.00	POSITIVA
2.60	1.70	0.70	76.39	0.47	164.12	ghiaie	396.01	0.61	1.33	0.50	152.77	152.77	4517.50	1917.50	0.98	0.15	0.41	2.71	8.70	0.00	POSITIVA
2.80	1.70	0.70	74.75	0.35	212.31	ghiaie	361.02	0.47	1.28	0.50	149.49	149.49	4856.92	2056.92	0.98	0.15	0.39	2.57	8.60	0.00	POSITIVA
3.00	1.70	0.70	60.32	0.38	159.52	ghiaie sabbiose	272.25	0.63	1.45	0.50	120.63	120.63	5196.43	2196.43	0.98	0.15	0.24	1.60	8.50	0.00	POSITIVA
3.20	1.70	0.70	68.64	0.29	236.04	ghiaie	291.45	0.43	1.32	0.50	137.27	137.27	5536.00	2336.00	0.98	0.15	0.32	2.11	8.40	0.00	POSITIVA
3.40	1.70	0.70	42.23	0.29	143.38	ghiaie sabbiose	168.20	0.71	1.64	0.50	84.45	84.17	5875.63	2475.63	0.97	0.15	0.14	0.89	8.30	0.18	NEGATIVA
3.60	1.70	0.70	39.62	0.30	130.42	ghiaie sabbiose	149.10	0.78	1.71	0.50	77.47	80.80	6215.29	2615.29	0.97	0.15	0.13	0.85	8.20	0.25	NEGATIVA
3.80	1.70	0.70	40.12	0.35	113.84	sabbia e ghiaia	143.23	0.89	1.76	0.50	76.43	82.42	6555.00	2755.00	0.97	0.15	0.13	0.87	8.10	0.21	NEGATIVA
4.00	1.70	0.70	56.12	0.44	127.28	ghiaie sabbiose	191.47	0.80	1.63	0.50	104.30	104.30	6894.74	2894.74	0.97	0.15	0.19	1.22	8.00	0.00	POSITIVA
4.20	1.70	0.70	66.80	0.36	185.80	ghiaie	217.76	0.54	1.48	0.50	121.27	121.27	7234.50	3034.50	0.97	0.15	0.25	1.62	7.90	0.00	POSITIVA
4.40	1.70	0.70	51.96	0.25	207.89	ghiaie	161.32	0.49	1.56	0.50	92.23	92.23	7574.29	3174.29	0.97	0.15	0.15	1.01	7.80	0.00	POSITIVA
4.60	1.70	0.70	37.96	0.28	135.40	ghiaie sabbiose	112.17	0.75	1.79	0.50	65.95	72.73	7914.09	3314.09	0.96	0.15	0.12	0.76	7.70	0.36	NEGATIVA
4.80	1.70	0.70	35.64	0.21	166.59	ghiaie	100.80	0.61	1.78	0.50	60.64	66.24	8253.91	3453.91	0.96	0.15	0.11	0.71	7.60	0.45	NEGATIVA
5.00	1.70	0.70	41.36	0.17	238.72	ghiaie	112.70	0.43	1.65	0.50	68.99	69.42	8593.75	3593.75	0.96	0.15	0.11	0.73	7.50	0.40	NEGATIVA
5.20	1.70	0.70	41.78	0.19	216.59	ghiaie	109.50	0.47	1.69	0.50	68.37	70.35	8933.60	3733.60	0.96	0.15	0.11	0.74	7.40	0.38	NEGATIVA
5.40	1.70	0.70	55.40	0.29	189.60	ghiaie	140.63	0.54	1.63	0.50	89.02	89.02	9273.46	3873.46	0.96	0.15	0.15	0.96	7.30	0.05	NEGATIVA
5.60	1.70	0.70	81.60	0.24	335.93	ghiaie	200.92	0.30	1.36	0.50	128.80	128.80	9613.33	4013.33	0.96	0.15	0.28	1.85	7.20	0.00	POSITIVA
5.80	1.70	0.70	71.36	0.22	330.80	ghiaie	169.42	0.31	1.43	0.50	110.73	110.73	9953.21	4153.21	0.96	0.15	0.21	1.37	7.10	0.00	POSITIVA
6.00	1.70	0.70	60.73	0.28	213.98	ghiaie	139.07	0.48	1.60	0.50	92.69	92.69	10293.10	4293.10	0.95	0.15	0.15	1.02	7.00	0.00	POSITIVA
6.20	1.70	0.70	51.61	0.23	228.87	ghiaie	114.02	0.45	1.66	0.50	77.51	78.27	10633.00	4433.00	0.95	0.15	0.12	0.83	6.90	0.24	NEGATIVA
6.40	1.70	0.70	57.21	0.23	248.68	ghiaie	122.70	0.41	1.61	0.50	84.60	84.60	10972.90	4572.90	0.95	0.15	0.14	0.91	6.80	0.13	NEGATIVA
6.60	1.70	0.70	59.25	0.21	280.98	ghiaie	123.31	0.36	1.58	0.50	86.30	86.30	11312.81	4712.81	0.95	0.15	0.14	0.93	6.70	0.09	NEGATIVA
6.80	1.70	0.70	56.74	0.23	249.94	ghiaie	114.52	0.41	1.64	0.50	81.45	81.45	11652.73	4852.73	0.95	0.15	0.13	0.87	6.60	0.17	NEGATIVA
7.00	1.70	0.70	73.16	0.25	287.55	ghiaie	144.14	0.35	1.52	0.50	103.55	103.55	11992.65	4992.65	0.95	0.15	0.18	1.23	6.50	0.00	POSITIVA
7.20	1.70	0.70	69.47	0.26	272.00	ghiaie	132.96	0.37	1.56	0.50	96.97	96.97	12332.57	5132.57	0.94	0.15	0.16	1.10	6.40	0.00	POSITIVA
7.40	1.70	0.70	80.85	0.31	258.40	ghiaie	150.95	0.39	1.53	0.50	111.35	111.35	12672.50	5272.50	0.94	0.15	0.21	1.40	6.30	0.00	POSITIVA
7.60	1.70	0.70	93.74	0.27	341.69	ghiaie	170.79	0.30	1.42	0.50	127.42	127.42	13012.43	5412.43	0.94	0.15	0.27	1.83	6.20	0.00	POSITIVA
7.80	1.70	0.70	84.94	0.23	366.78	ghiaie	150.58	0.28	1.45	0.50	114.00	114.00	13352.37	5552.37	0.94	0.15	0.22	1.46	6.10	0.00	POSITIVA
8.00	1.70	0.70	60.38	0.27	221.84	ghiaie	103.66	0.46	1.70	0.50	80.03	83.16	13692.31	5692.31	0.94	0.15	0.13	0.90	6.00	0.12	NEGATIVA
8.20	1.70	0.70	80.20	0.32	247.76	ghiaie	135.11	0.41	1.58	0.50	105.02	105.02	14032.25	5832.25	0.94	0.15	0.19	1.27	5.90	0.00	POSITIVA
8.40	1.70	0.70	112.32	0.32	348.02	ghiaie	185.67	0.29	1.38	0.50	145.34	145.34	14372.20	5972.20	0.94	0.15	0.37	2.47	5.80	0.00	POSITIVA
8.60	1.70	0.70	106.21	0.29	360.64	ghiaie	171.37	0.28	1.41	0.50	135.86	135.86	14712.14	6112.14	0.93	0.15	0.31	2.12	5.70	0.00	POSITIVA
8.80	1.70	0.70	106.28	0.24	448.98	ghiaie	167.58	0.23	1.37	0.50	134.41	134.41	15052.09	6252.09	0.93	0.15	0.31	2.07	5.60	0.00	POSITIVA

ALLEGATO 1
Ditta GEO-V srl
Prova penetrometrica statica con piezocono

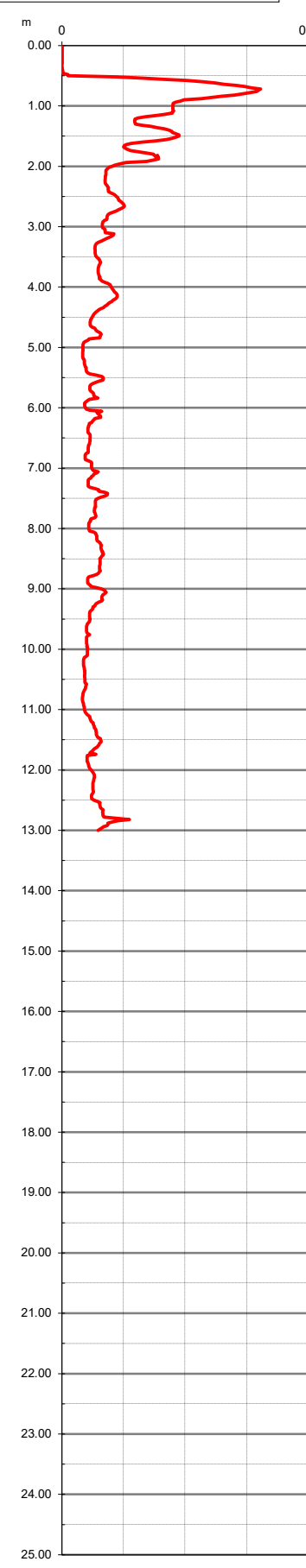
AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

Committente Dott. Valeriano Franchi
Località Mezzano inferiore (PR)
Cantiere Via Unità d'Italia
Operatore Dott. Saverio Ferri
Prova nr. 15
Data 01/02/2022
Falda 5.40 pdc
Preforo 0,6 ml ml

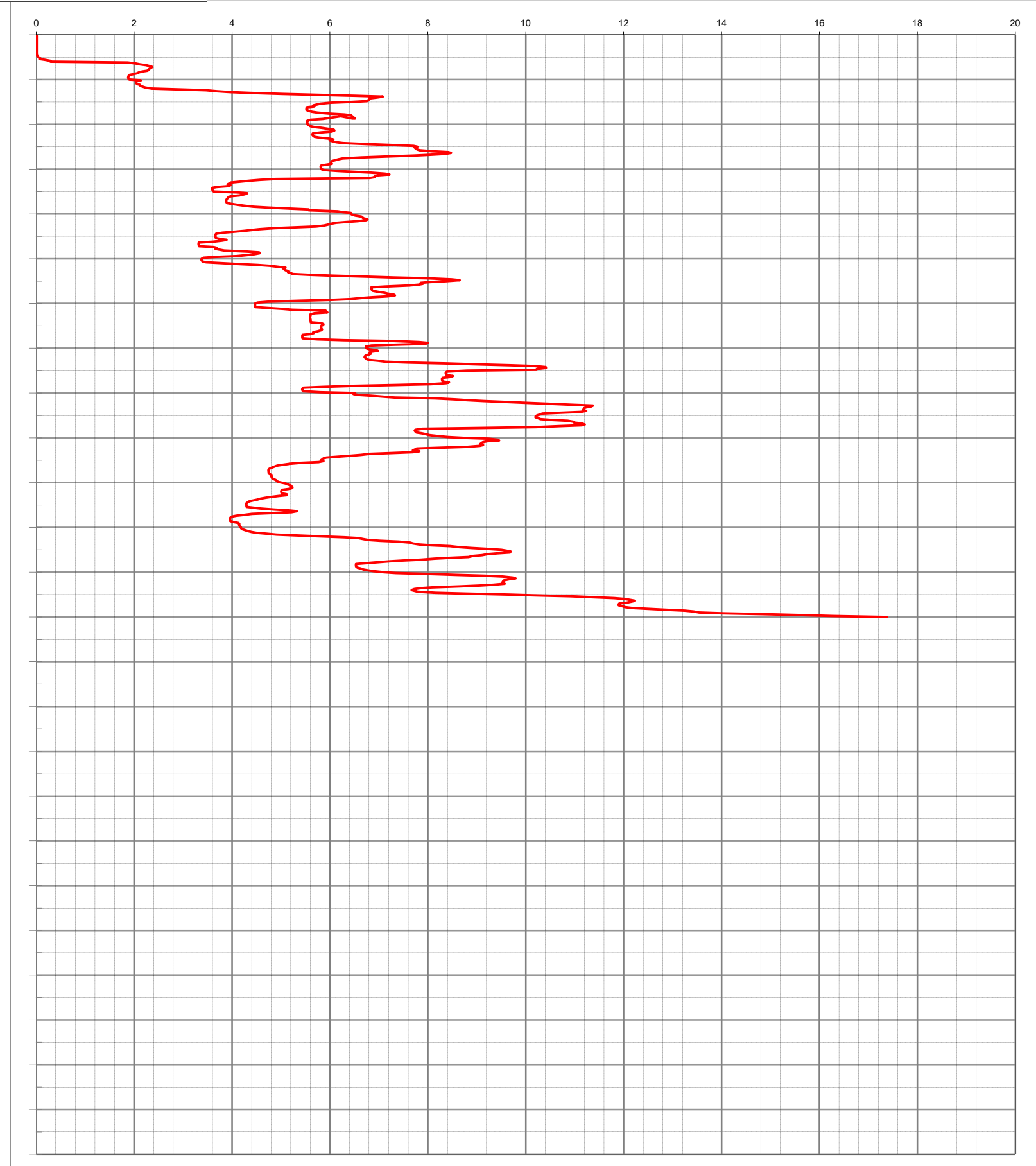


GEO-V SRL
Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO
e-mail: geovsrla@gmail.com
cell: 3474935672

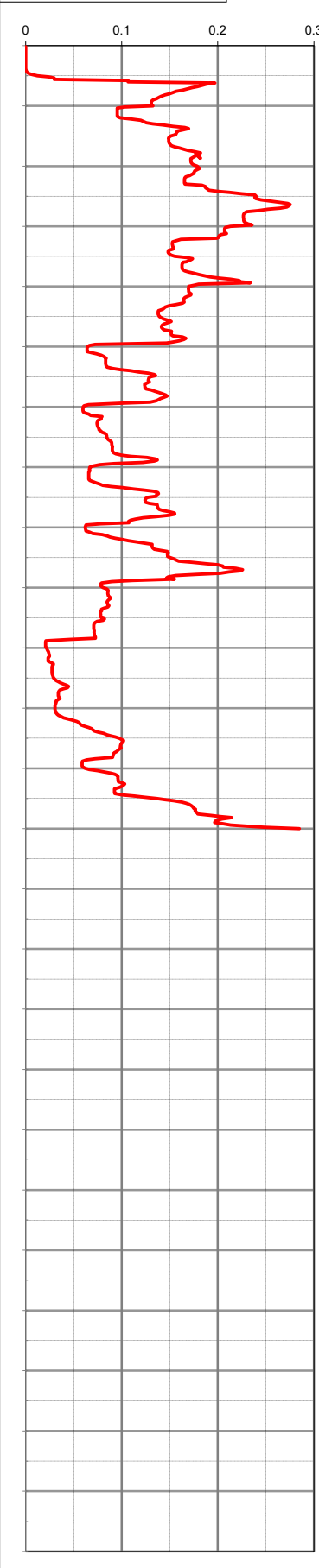
Sleeve Friction [MPa]



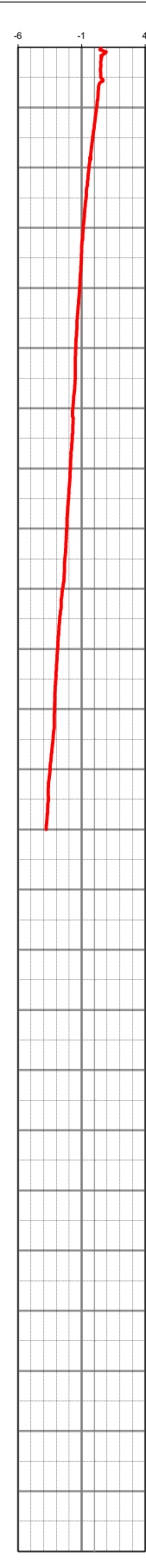
Net Cone Resistance [MPa]



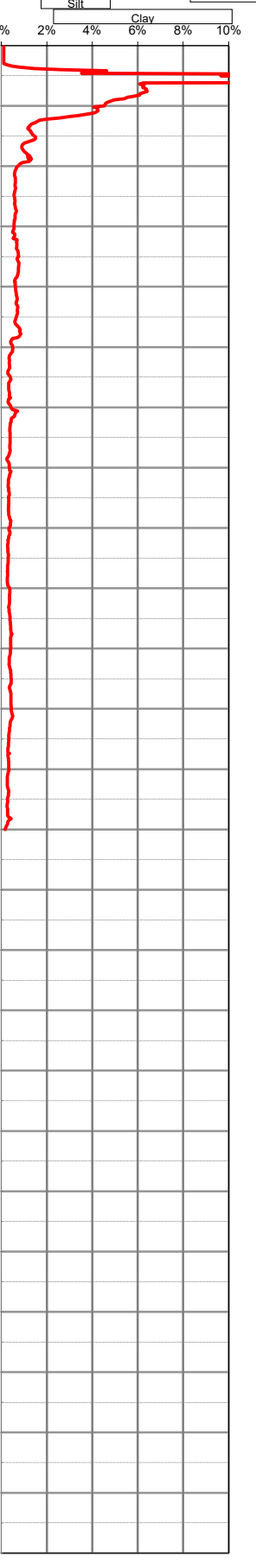
Pore Pressure [MPa]

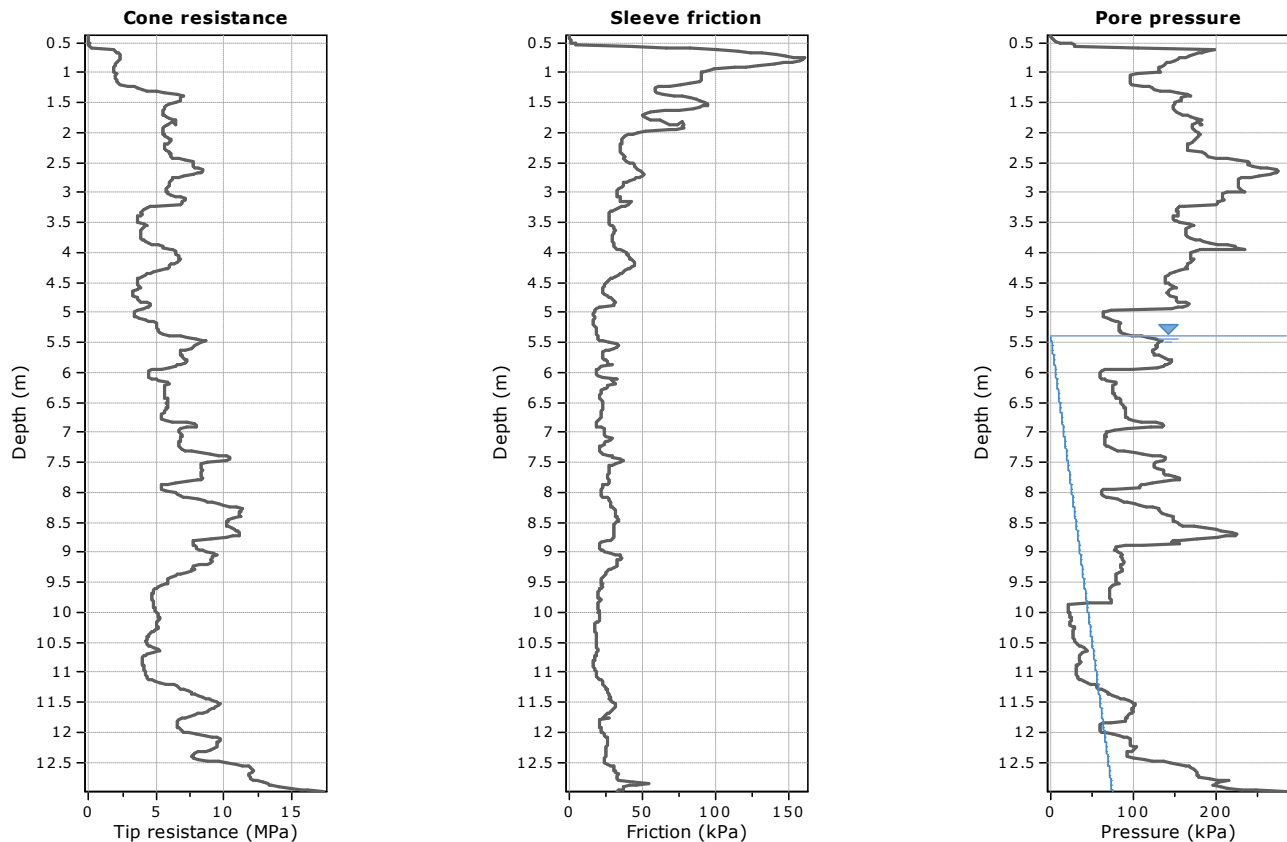


Inclination [°]

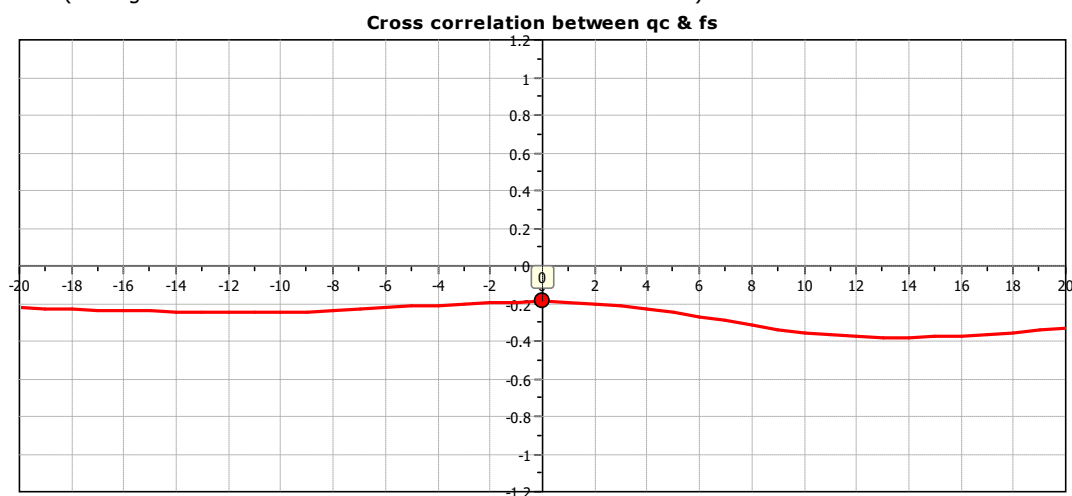


FR [%]

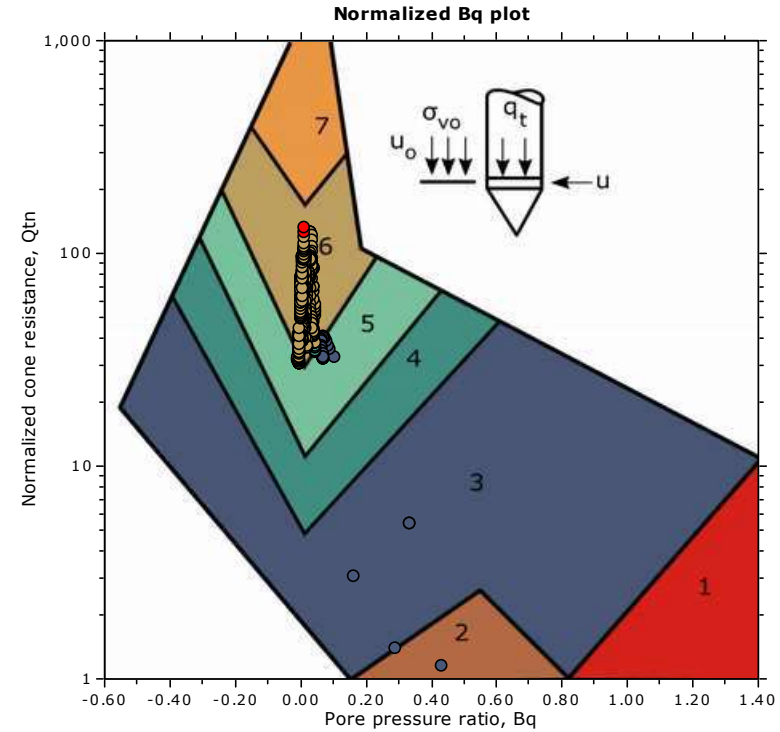
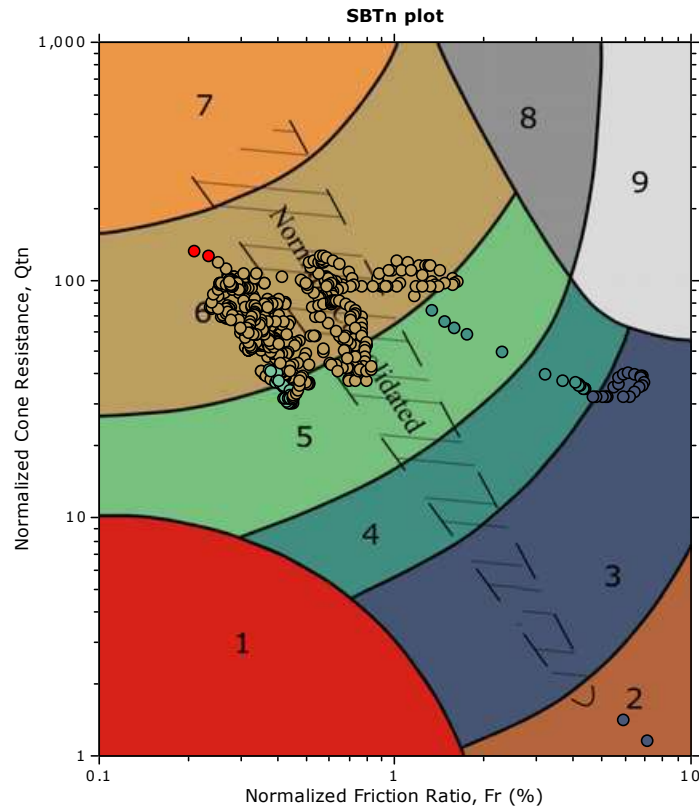




The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



SBT - Bq plots (normalized)



SBTn legend

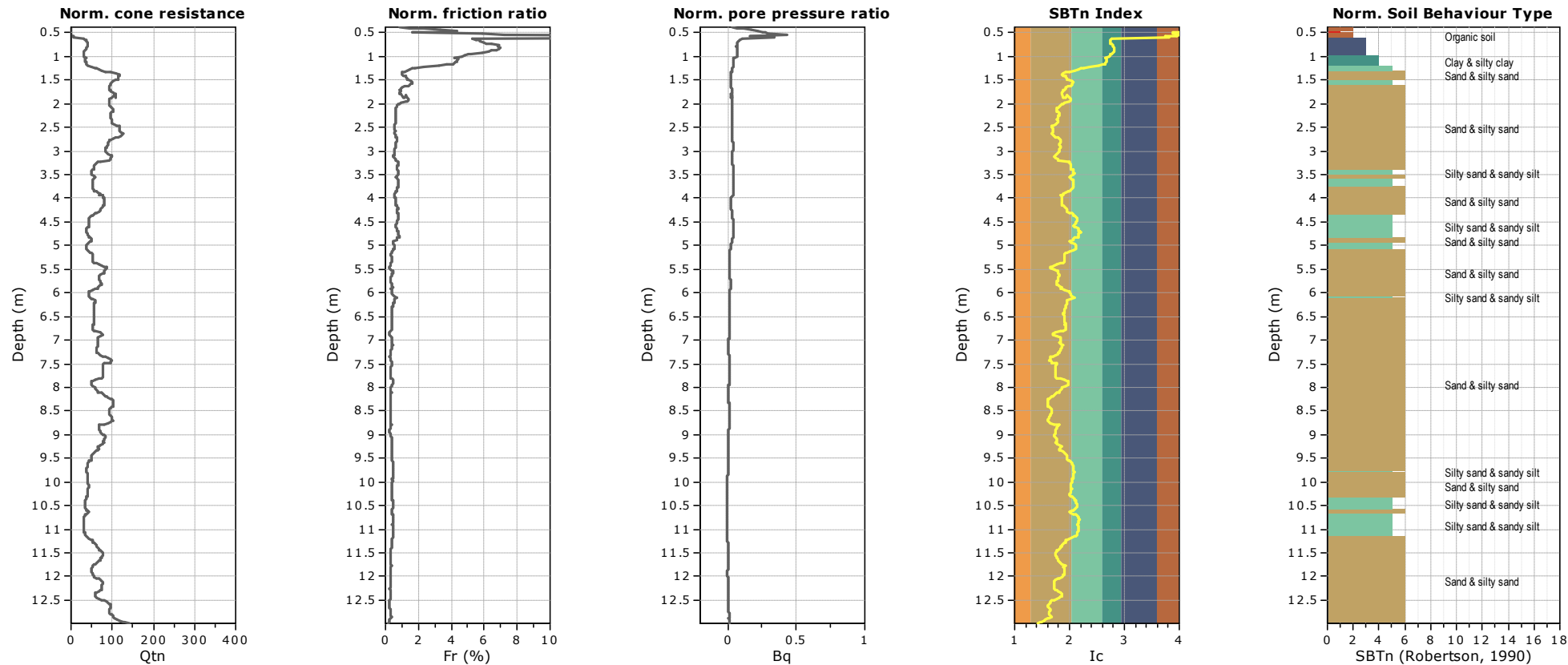
- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Dott. Geol. Stefania Asti
Via Maestra di Bagazzano, 97
41015 Nonantola (MO)
stefania.asti@tin.it

Project: Adegumento MZS 3° livello Sorbolo-Mezzani
Location: CPTu nr. 15

CPT: cptu15

Total depth: 12.99 m, Date: 14/02/2022
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type:
Cone Operator:



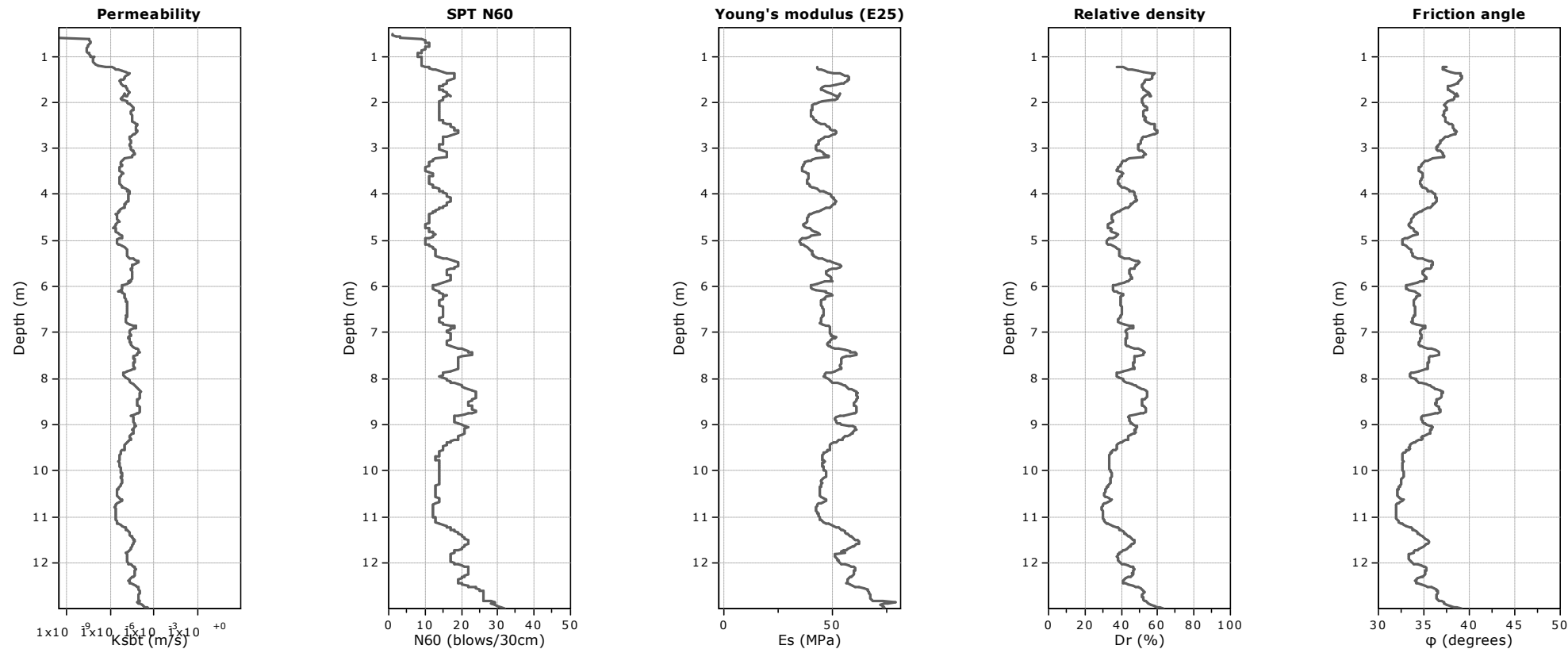
AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

Dott. Geol. Stefania Asti
Via Maestra di Bagazzano, 97
41015 Nonantola (MO)
stefania.asti@tin.it

Project: Adegumento MZS 3° livello Sorbolo-Mezzani
Location: CPTu nr. 15

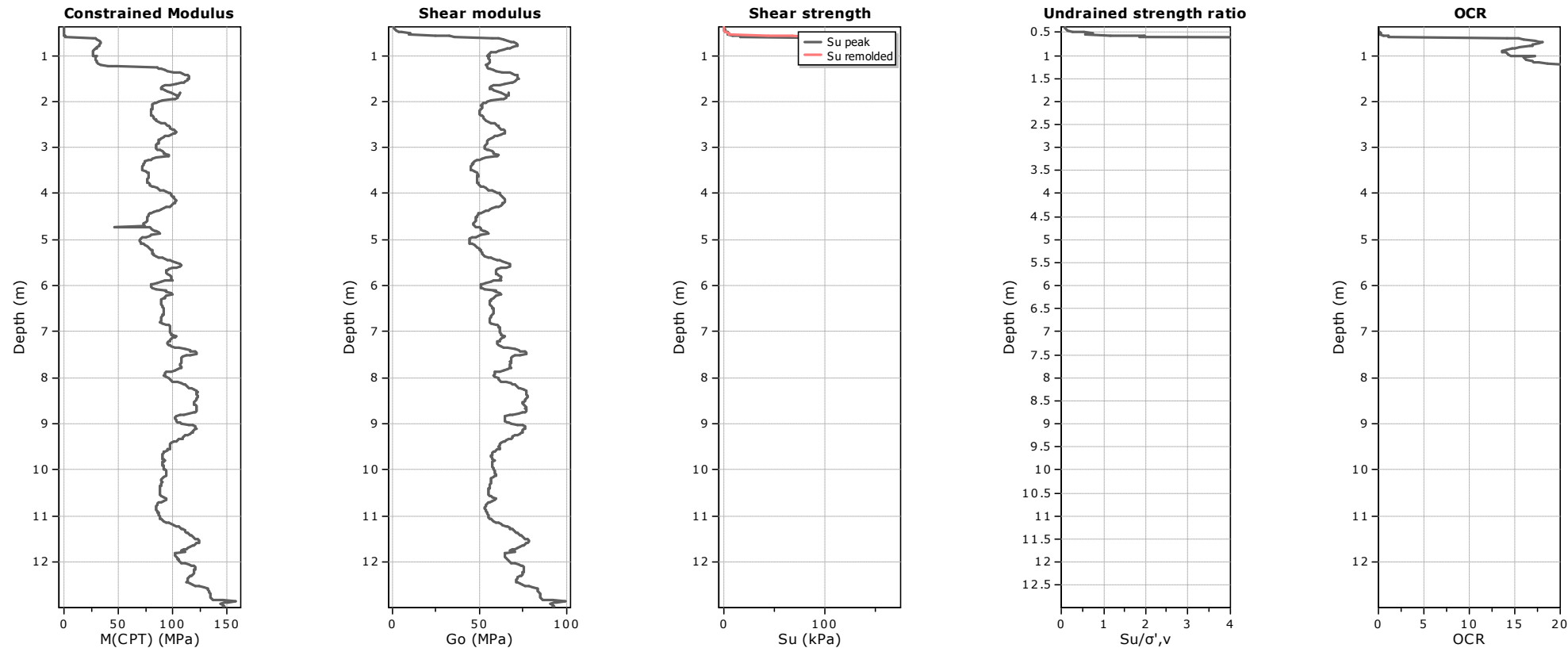
CPT: cptu15

Total depth: 12.99 m, Date: 14/02/2022
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type:
Cone Operator:



Calculation parameters

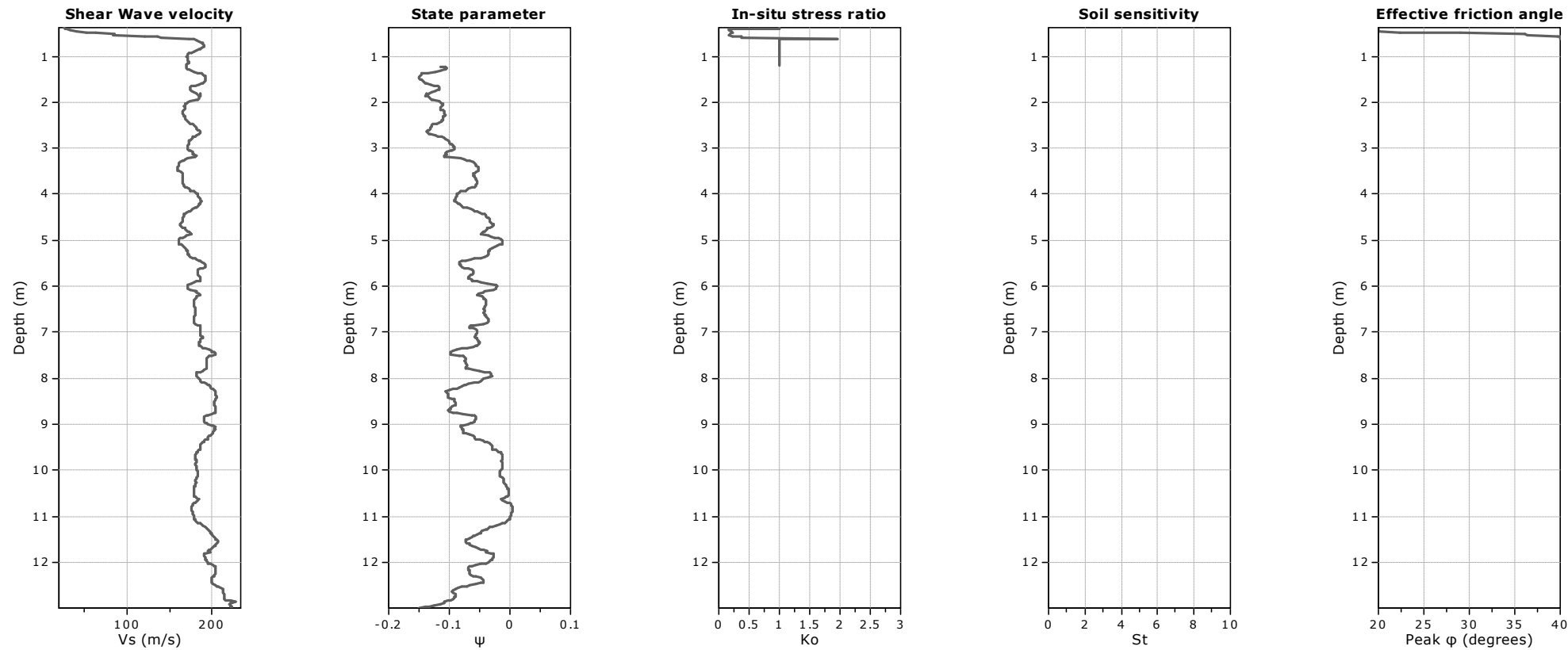
Permeability: Based on SBT_n
SPT N_{60} : Based on I_c and q_t
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)
Relative density constant, C_{Dr} : 350.0
Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)
User defined estimation data



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_{in} (Robertson, 2009)
Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : Auto

OCR factor for clays, N_{kt} : Auto
● User defined estimation data
● Flat Dilatometer Test data



Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 350.00
—●— User defined estimation data

AOO COMUNE DI SORBLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

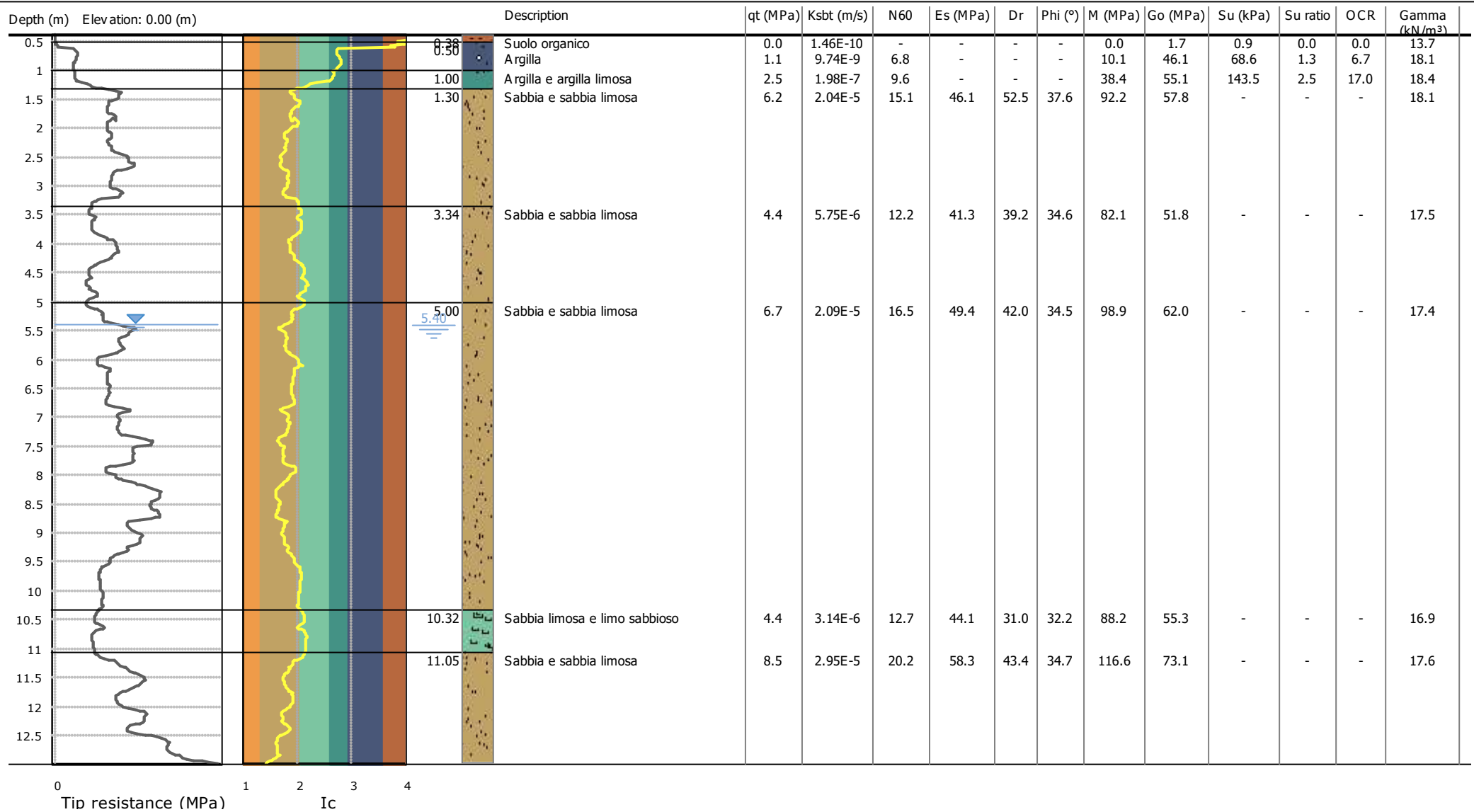
Dott. Geol. Stefania Asti
Via Maestra di Bagazzano, 97
41015 Nonantola (MO)
stefania.asti@tin.it

CPT: cptu15

Total depth: 12.99 m, Date: 14/02/2022
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00

Project: Adeguamento MZS 3° livello Sorbolo-Mezzani
Location: CPTu nr. 15

Cone Type:
Cone Operator:





:: Layer No: 1 ::

Description: Suolo organico

Estimation results

Constrained Mod.: 0.02 ±0.00 MPa

Go: 1.71 ± 1.77 MPa

Su: 0.91 ±1.20 kPa

Su ratio: 0.01 ± 0.02

O.C.R.: 0.03 ±0.06

Unit weight: $13.73 \pm 0.00 \text{ kN/m}^3$

::: Layer No: 2 :::**Code:** 2 **Start depth:** 0.50 (m), **End depth:** 1.00 (m)**Description:** Argilla**Basic results**

Total cone resistance: 1.13 ±1.03 MPa

Sleeve friction: 74.40 ±58.99 kPa

Ic: 2.99 ±0.48

SBT_n: 3

SBTn description: Clay

Estimation results

Permeability: 9.74E-09 ±2.39E-08 m/s

N₆₀: 6.79 ±3.49 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.08 ±1.67 kN/m³

Constrained Mod.: 10.10 ±18.39 MPa

Go: 46.06 ±22.02 MPa

Su: 68.58 ±65.77 kPa

Su ratio: 1.33 ±1.24

O.C.R.: 6.74 ±8.53

::: Layer No: 3 :::**Code:** 3 **Start depth:** 1.00 (m), **End depth:** 1.30 (m)**Description:** Argilla e argilla limosa**Basic results**

Total cone resistance: 2.54 ±0.82 MPa

Sleeve friction: 78.74 ±13.56 kPa

Ic: 2.51 ±0.22

SBT_n: 4

SBTn description: Clay & silty clay

Estimation results

Permeability: 1.98E-07 ±1.24E-06 m/s

N₆₀: 9.61 ±1.36 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 18.37 ±0.11 kN/m³

Constrained Mod.: 38.38 ±23.50 MPa

Go: 55.08 ±0.81 MPa

Su: 143.47 ±11.11 kPa

Su ratio: 2.55 ±0.14

O.C.R.: 16.96 ±1.66

::: Layer No: 4 :::**Code:** 4 **Start depth:** 1.30 (m), **End depth:** 3.34 (m)**Description:** Sabbia e sabbia limosa**Basic results**

Total cone resistance: 6.16 ±0.96 MPa

Sleeve friction: 46.93 ±18.72 kPa

Ic: 1.85 ±0.11

SBT_n: 6

SBTn description: Sand & silty sand

Estimation results

Permeability: 2.04E-05 ±1.87E-05 m/s

N₆₀: 15.13 ±1.75 blows

Es: 46.10 ±5.30 MPa

Dr (%): 52.47 ±4.14

φ (degrees): 37.55 ±0.96 °

Unit weight: 18.11 ±0.40 kN/m³

Constrained Mod.: 92.21 ±10.61 MPa

Go: 57.78 ±6.65 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

::: Layer No: 5 :::**Code:** 5 **Start depth:** 3.34 (m), **End depth:** 5.00 (m)**Description:** Sabbia e sabbia limosa**Basic results**

Total cone resistance: 4.44 ±1.09 MPa

Sleeve friction: 29.92 ±6.88 kPa

Ic: 2.03 ±0.10

SBT_n: 6

SBTn description: Sand & silty sand

Estimation results

Permeability: 5.75E-06 ±6.00E-06 m/s

N₆₀: 12.19 ±2.24 blows

Es: 41.32 ±4.99 MPa

Dr (%): 39.15 ±4.75

φ (degrees): 34.65 ±0.97 °

Unit weight: 17.47 ±0.33 kN/m³

Constrained Mod.: 82.14 ±10.76 MPa

Go: 51.79 ±6.26 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

:: Layer No: 6 ::**Code:** 6 **Start depth:** 5.00 (m), **End depth:** 10.32 (m)**Description:** Sabbia e sabbia limosa**Basic results**

Total cone resistance: 6.73 ±2.00 MPa

Sleeve friction: 23.89 ±5.02 kPa

Ic: 1.85 ±0.14

SBT_n: 6SBT_n description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 2.09E-05 ±3.18E-05 m/s

N₆₀: 16.51 ±3.38 blows

Es: 49.45 ±6.29 MPa

Dr (%): 41.96 ±6.09

φ (degrees): 34.48 ±1.27 °

Unit weight: 17.37 ±0.32 kN/m³

Constrained Mod.: 98.89 ±12.57 MPa

Go: 61.97 ±7.88 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

:: Layer No: 7 ::**Code:** 7 **Start depth:** 10.32 (m), **End depth:** 11.05 (m)**Description:** Sabbia limosa e limo sabbioso**Basic results**

Total cone resistance: 4.36 ±0.36 MPa

Sleeve friction: 18.01 ±0.84 kPa

Ic: 2.12 ±0.04

SBT_n: 5SBT_n description: Silty sand & sandy silt**Estimation results**

Permeability: 3.14E-06 ±1.22E-06 m/s

N₆₀: 12.74 ±0.68 blows

Es: 44.10 ±1.23 MPa

Dr (%): 30.99 ±1.46

φ (degrees): 32.15 ±0.20 °

Unit weight: 16.88 ±0.08 kN/m³

Constrained Mod.: 88.20 ±2.45 MPa

Go: 55.27 ±1.54 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

:: Layer No: 8 ::**Code:** 8 **Start depth:** 11.05 (m), **End depth:** 12.95 (m)**Description:** Sabbia e sabbia limosa**Basic results**

Total cone resistance: 8.49 ±2.46 MPa

Sleeve friction: 26.54 ±5.93 kPa

Ic: 1.80 ±0.14

SBT_n: 6SBT_n description: Sand & silty sand**Estimation results**

Permeability: 2.95E-05 ±4.04E-05 m/s

N₆₀: 20.20 ±4.02 blows

Es: 58.29 ±7.06 MPa

Dr (%): 43.45 ±6.39

φ (degrees): 34.72 ±1.34 °

Unit weight: 17.58 ±0.33 kN/m³

Constrained Mod.: 116.57 ±14.11 MPa

Go: 73.05 ±8.84 MPa

Su: 0.00 ±0.00 kPa

Su ratio: 0.00 ±0.00

O.C.R.: 0.00 ±0.00

Dott. Geol. Stefania Asti
Via Maestra di Bagazzano, 97
41015 Nonantola (MO)
stefania.asti@tin.it

Project: Adegumento MZS 3° livello Sorbolo-Mezzani
Location: CPTu nr. 15

CPT: cptu15

Total depth: 12.99 m, Date: 14/02/2022
Surface Elevation: 0.00 m
Coords: X:0.00, Y:0.00
Cone Type:
Cone Operator:

Summary table of mean values

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT _{N60} (blows/30cm)	E _s (MPa)	D _r (%)	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G ₀ (MPa)	Undrained strength, S _u (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m³)
0.38	0.12	1.46E-10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.9	0.0	0.0	13.7
0.50		(±1.46E-10)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.8)	(±1.2)	(±0.0)	(±0.1)	(±0.0)
0.50	0.50	9.74E-09	6.8	0.0	0.0	0.0	10.1	46.1	68.6	1.3	6.7	18.1
1.00		(±2.39E-08)	(±3.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±18.4)	(±22.0)	(±65.8)	(±1.2)	(±8.5)	(±1.7)
1.00	0.30	1.98E-07	9.6	0.0	0.0	0.0	38.4	55.1	143.5	2.5	17.0	18.4
1.30		(±1.24E-06)	(±1.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±23.5)	(±0.8)	(±11.1)	(±0.1)	(±1.7)	(±0.1)
1.30	2.04	2.04E-05	15.1	46.1	52.5	37.6	92.2	57.8	0.0	0.0	0.0	18.1
3.34		(±1.87E-05)	(±1.7)	(±5.3)	(±4.1)	(±1.0)	(±10.6)	(±6.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.4)
3.34	1.66	5.75E-06	12.2	41.3	39.2	34.6	82.1	51.8	0.0	0.0	0.0	17.5
5.00		(±6.00E-06)	(±2.2)	(±5.0)	(±4.7)	(±1.0)	(±10.8)	(±6.3)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
5.00	5.32	2.09E-05	16.5	49.4	42.0	34.5	98.9	62.0	0.0	0.0	0.0	17.4
10.32		(±3.18E-05)	(±3.4)	(±6.3)	(±6.1)	(±1.3)	(±12.6)	(±7.9)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)
10.32	0.73	3.14E-06	12.7	44.1	31.0	32.2	88.2	55.3	0.0	0.0	0.0	16.9
11.05		(±1.22E-06)	(±0.7)	(±1.2)	(±1.5)	(±0.2)	(±2.5)	(±1.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.1)
11.05	1.90	2.95E-05	20.2	58.3	43.4	34.7	116.6	73.1	0.0	0.0	0.0	17.6
12.95		(±4.04E-05)	(±4.0)	(±7.1)	(±6.4)	(±1.3)	(±14.1)	(±8.8)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.3)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

GEO-V srl

Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO

e-mail: geovsrl@gmail.com

cell: 3474935672



Committente Dott. Valeriano Franchi

Località Mezzano inferiore (PR)

Cantiere Via Unità d'Italia

Data 01/02/2022

Preforo 0,6 ml Falda 5.40 pdc

Prova **15**

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
0.02	0.01	0.01	0.01
0.04	0.01	0.01	0.01
0.06	0.01	0.01	0.01
0.08	0.01	0.01	0.01
0.10	0.01	0.01	0.01
0.12	0.01	0.01	0.01
0.14	0.01	0.01	0.01
0.16	0.01	0.01	0.01
0.18	0.01	0.01	0.01
0.20	0.01	0.01	0.01
0.22	0.01	0.01	0.01
0.24	0.01	0.01	0.01
0.26	0.01	0.01	0.01
0.28	0.01	0.01	0.01
0.30	0.01	0.01	0.01
0.32	0.01	0.03	0.03
0.34	0.01	0.05	0.06
0.36	0.01	0.08	0.10
0.38	0.01	0.16	0.20
0.40	0.01	0.30	0.39
0.42	0.01	0.60	0.76
0.44	0.01	0.69	1.51
0.46	0.02	0.69	3.02
0.48	0.03	4.93	6.03
0.50	0.05	4.93	12.05
0.52	0.08	43.02	24.09
0.54	0.07	67.08	29.66
0.56	0.18	82.80	29.66
0.58	0.29	101.43	106.56
0.60	0.29	115.15	106.56
0.62	1.87	124.37	197.23
0.64	2.04	131.85	188.39
0.66	2.12	141.56	183.24
0.68	2.24	148.58	178.92
0.70	2.32	154.23	173.14
0.72	2.37	161.44	167.77
0.74	2.35	159.96	163.36
0.76	2.31	158.22	156.73
0.78	2.30	152.97	153.15
0.80	2.27	147.48	150.00
0.82	2.16	140.29	145.16
0.84	2.10	130.28	141.27
0.86	2.06	120.73	138.95
0.88	1.98	113.34	136.32
0.90	1.90	99.42	132.85
0.92	1.89	95.96	131.38
0.94	1.88	92.16	130.88
0.96	1.88	90.27	130.87
0.98	1.89	90.18	130.85
3.00	5.83	32.88	213.19
3.02	5.87	32.99	208.15
3.04	6.16	34.83	207.03
3.06	6.50	34.99	207.06
3.08	6.84	34.99	207.10
3.10	7.12	35.32	207.22
3.12	7.21	42.23	209.32
3.14	6.98	41.57	203.22
3.16	6.91	40.29	201.33

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
1.00	1.90	90.16	132.54
1.02	2.14	90.16	103.08
1.04	2.04	90.16	95.51
1.06	2.04	90.16	95.47
1.08	2.05	90.90	95.46
1.10	2.06	90.01	95.48
1.12	2.12	89.68	95.51
1.14	2.13	83.15	95.49
1.16	2.18	76.49	95.56
1.18	2.23	68.25	95.64
1.20	2.36	61.55	98.25
1.22	2.93	59.39	110.87
1.24	3.47	59.06	119.81
1.26	3.70	59.04	122.44
1.28	3.96	59.37	125.70
1.30	4.37	59.70	132.43
1.32	5.03	64.62	143.37
1.34	5.69	72.23	153.57
1.36	6.52	77.61	165.57
1.38	7.08	83.12	169.67
1.40	6.97	87.19	163.36
1.42	6.80	89.32	157.89
1.44	6.80	89.77	157.36
1.46	6.79	92.62	156.84
1.48	6.76	95.14	156.10
1.50	6.45	95.08	150.94
1.52	6.02	92.08	149.52
1.54	5.80	89.09	148.85
1.56	5.73	84.76	148.85
1.58	5.66	75.79	148.85
1.60	5.68	65.35	149.05
1.62	5.53	56.12	149.71
1.64	5.52	52.33	150.37
1.66	5.52	50.44	151.89
1.68	5.52	50.08	154.94
1.70	5.58	51.55	159.99
1.72	5.63	53.01	164.72
1.74	5.75	56.06	168.93
1.76	6.00	61.93	175.56
1.78	6.29	69.11	182.19
1.80	6.43	74.39	177.03
1.82	6.51	77.27	181.98
1.84	6.46	78.34	181.66
1.86	6.22	77.58	178.50
1.88	5.86	78.37	172.09
1.90	5.60	73.31	172.12
1.92	5.54	68.81	172.16
1.94	5.54	51.91	172.46
1.96	5.54	46.89	173.16
1.98	5.54	43.34	174.61
4.00	6.43	39.90	169.67
4.02	6.46	40.72	169.59
4.04	6.52	41.25	169.56
4.06	6.65	41.93	169.66
4.08	6.66	42.75	169.77
4.10	6.68	43.83	169.98
4.12	6.77	44.65	172.40
4.14	6.74	45.01	172.09
4.16	6.56	45.04	169.46

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
2.00	5.54	40.42	178.71
2.02	5.57	37.99	179.87
2.04	5.60	37.14	181.13
2.06	5.67	35.86	178.29
2.08	5.83	35.79	176.08
2.10	5.96	35.73	175.35
2.12	6.08	35.76	175.14
2.14	6.09	35.69	172.93
2.16	6.04	35.33	170.83
2.18	5.83	35.33	166.51
2.20	5.65	35.20	165.84
2.22	5.64	35.02	165.50
2.24	5.64	34.94	165.46
2.26	5.66	34.92	165.46
2.28	5.69	35.28	165.47
2.30	5.79	35.63	165.88
2.32	5.99	36.58	183.45
2.34	6.07	37.20	187.23
2.36	6.00	37.69	187.23
2.38	6.06	37.56	189.02
2.40	6.13	37.65	190.81
2.42	6.27	37.74	199.44
2.44	6.74	39.71	212.67
2.46	7.20	41.67	225.14
2.48	7.71	43.18	238.55
2.50	7.79	44.22	240.12
2.52	7.73	45.27	238.65
2.54	7.76	45.85	239.39
2.56	7.78	46.11	244.94
2.58	7.83	47.45	253.64
2.60	8.10	48.76	262.23
2.62	8.42	49.71	272.81
2.64	8.47	50.29	275.43
2.66	8.35	50.78	274.17
2.68	8.05	49.86	272.08
2.70	7.71	48.24	265.37
2.72	7.11	45.87	252.07
2.74	6.64	44.23	241.90
2.76	6.26	41.23	230.06
2.78	6.18	38.87	227.97
2.80	6.11	37.55	227.18
2.82	6.04	36.75	226.80
2.84	6.03	36.58	226.79
2.86	6.02	36.54	226.85
2.88	6.04	36.47	226.92
2.90	5.93	34.31	227.17
2.92	5.82	33.23	227.42
2.94	5.81	32.96	228.39
2.96	5.81	32.83	231.42
2.98	5.82	32.85	235.62
5.00	3.38	16.90	64.46
5.02	3.37	17.03	64.07
5.04	3.38	17.01	63.92
5.06	3.40	16.99	64.04
5.08	3.47	16.82	64.16
5.10	3.78	16.74	68.69
5.12	4.18	16.73	73.95
5.14	4.53	16.73	78.58
5.16	4.76	16.73	81.10

GEO-V srl

Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO

e-mail: geovsrl@gmail.com

cell: 3474935672



Committente Dott. Valeriano Franchi

Località Mezzano inferiore (PR)

Cantiere Via Unità d'Italia

Data 01/02/2022

Preforo 0,6 ml

Falda 5.40 pdc

Prova **15**

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
3.18	6.91	38.12	201.33
3.20	6.81	35.63	199.23
3.22	4.90	33.88	161.67
3.24	4.58	32.08	156.73
3.26	4.37	29.48	153.15
3.28	4.16	28.16	152.78
3.30	3.98	27.44	152.60
3.32	3.94	26.94	153.02
3.34	3.91	26.82	153.44
3.36	3.97	26.82	154.31
3.38	3.91	26.83	153.47
3.40	3.69	26.84	148.63
3.42	3.60	26.86	148.33
3.44	3.59	26.96	148.32
3.46	3.60	27.06	149.97
3.48	3.61	27.36	151.63
3.50	3.63	27.97	154.94
3.52	4.10	29.11	167.99
3.54	4.31	30.23	173.67
3.56	4.26	30.59	171.56
3.59	4.15	31.50	167.46
3.60	4.00	31.30	163.57
3.62	3.93	30.84	162.96
3.64	3.92	30.18	162.96
3.66	3.90	29.92	162.96
3.68	3.89	29.59	162.96
3.70	3.88	29.48	163.00
3.72	3.88	29.43	163.46
3.74	3.89	29.45	165.78
3.76	3.90	29.48	169.35
3.78	4.02	29.54	174.51
3.80	4.13	30.10	179.98
3.82	4.25	30.10	185.24
3.84	4.44	31.04	191.97
3.86	4.73	30.26	201.33
3.88	5.19	31.39	213.19
3.90	5.57	32.52	222.31
3.92	5.57	34.69	222.31
3.94	6.16	37.12	234.04
3.96	6.26	39.18	179.98
3.98	6.43	39.54	175.14
6.00	4.47	19.00	59.96
6.02	4.47	19.82	59.77
6.04	4.47	22.51	59.80
6.06	4.47	32.29	59.83
6.08	4.47	28.61	59.96
6.10	4.72	29.47	61.64
6.12	5.04	30.32	65.74
6.14	5.23	31.43	67.64
6.16	5.91	31.43	79.52
6.18	5.88	26.74	78.37
6.20	5.95	25.85	78.68
6.22	5.69	24.93	75.60
6.24	5.60	24.28	74.84
6.26	5.60	22.18	74.47
6.28	5.60	22.18	74.29
6.30	5.60	21.45	74.60
6.32	5.60	21.45	74.90
6.34	5.60	21.19	75.52

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
4.18	6.34	44.28	166.09
4.20	6.13	43.10	164.78
4.22	6.02	41.58	164.54
4.24	5.96	40.40	164.30
4.26	5.89	38.72	165.04
4.28	5.72	37.31	163.36
4.30	5.29	36.39	156.41
4.32	4.86	34.91	149.58
4.34	4.56	33.59	145.16
4.36	4.40	31.52	144.00
4.38	4.25	29.88	142.74
4.40	4.01	28.43	138.43
4.42	3.80	27.28	138.14
4.44	3.67	26.59	138.01
4.46	3.66	25.63	137.99
4.48	3.66	25.17	138.63
4.50	3.66	24.38	139.27
4.52	3.66	23.92	141.48
4.54	3.67	23.26	143.58
4.56	3.77	23.03	147.68
4.58	3.89	22.99	151.58
4.60	3.79	22.99	148.63
4.62	3.61	23.00	144.00
4.64	3.32	23.02	142.40
4.66	3.32	24.30	141.62
4.68	3.32	26.40	141.39
4.70	3.32	27.15	142.54
4.72	3.33	27.93	143.69
4.74	3.63	29.24	151.79
4.76	3.69	30.88	151.47
4.78	3.66	31.80	151.48
4.80	3.75	31.37	151.50
4.82	3.84	30.91	153.36
4.84	4.30	30.85	163.36
4.86	4.55	22.08	166.83
4.88	4.57	21.16	164.83
4.90	4.45	19.13	159.89
4.92	4.30	17.75	154.00
4.94	4.09	17.19	146.74
4.96	3.66	16.98	72.26
4.98	3.42	16.94	66.37
7.00	6.74	24.26	66.79
7.02	6.80	24.62	66.58
7.04	6.92	25.35	66.37
7.06	6.98	29.45	66.79
7.08	6.83	27.97	65.74
7.10	6.81	25.97	65.69
7.12	6.84	25.31	65.68
7.14	6.80	24.10	65.68
7.16	6.73	23.57	65.68
7.18	6.71	22.02	65.69
7.20	6.71	21.27	65.85
7.22	6.73	21.23	66.79
7.24	6.75	21.23	69.84
7.26	6.80	21.23	73.63
7.28	6.98	21.23	77.00
7.30	7.14	21.42	80.57
7.32	7.61	22.70	88.99
7.34	8.36	27.10	101.51

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
5.19	5.01	17.19	83.94
5.20	5.09	18.01	83.41
5.22	5.05	18.14	83.31
5.24	5.07	18.08	83.31
5.26	5.10	18.20	83.31
5.28	5.16	18.33	83.31
5.30	5.14	18.60	83.57
5.32	5.19	18.96	83.83
5.34	5.24	19.78	84.89
5.36	5.58	19.42	90.46
5.38	6.04	19.72	97.93
5.40	6.76	20.01	109.29
5.42	7.30	20.86	117.92
5.44	8.00	22.87	127.59
5.46	8.48	27.69	134.11
5.48	8.65	32.25	135.48
5.50	8.36	33.40	129.91
5.52	8.05	33.69	128.25
5.54	7.86	33.20	127.97
5.56	7.90	30.18	127.70
5.58	7.81	27.68	128.86
5.60	7.61	24.86	126.86
5.62	7.12	23.25	123.99
5.64	6.85	22.62	124.04
5.66	6.85	22.62	124.09
5.68	6.85	22.62	124.28
5.70	6.86	22.64	125.49
5.72	6.88	23.04	130.85
5.74	6.98	24.35	134.75
5.76	7.10	25.56	138.64
5.78	7.19	25.79	142.21
5.80	7.30	25.82	145.69
5.82	7.33	26.84	147.16
5.84	7.17	29.24	144.32
5.86	6.87	22.12	140.22
5.88	6.63	20.91	138.32
5.90	6.42	19.76	136.01
5.92	6.04	18.45	129.80
5.94	5.38	18.28	97.61
5.96	4.73	18.44	65.43
5.98	4.52	18.60	60.90
8.00	6.52	21.81	62.10
8.02	6.48	21.99	62.30
8.04	6.58	22.41	62.50
8.06	6.85	25.89	62.90
8.08	7.10	27.33	66.58
8.10	7.33	27.69	69.74
8.12	8.15	28.28	79.94
8.14	8.56	28.28	84.99
8.16	8.82	28.30	88.04
8.18	9.14	28.31	93.20
8.20	9.64	28.54	101.40
8.22	10.04	29.88	106.87
8.24	10.45	30.97	114.76
8.26	10.94	31.49	124.02
8.28	11.38	32.08	131.59
8.30	11.33	31.65	131.27
8.32	11.23	31.73	131.80
8.34	11.19	31.81	132.33

GEO-V srl

Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO

e-mail: geovsrl@gmail.com

cell: 3474935672



Committente Dott. Valeriano Franchi

Località Mezzano inferiore (PR)

Cantiere Via Unità d'Italia

Data 01/02/2022

Preforo 0,6 ml Falda 5.40 pdc

Prova **15**

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
6.36	5.60	21.18	76.47
6.38	5.60	21.19	76.47
6.40	5.61	21.20	78.05
6.42	5.61	21.57	79.63
6.44	5.82	22.56	82.78
6.46	5.87	22.82	83.83
6.48	5.86	22.82	84.47
6.50	5.82	22.82	84.12
6.52	5.81	22.69	84.96
6.54	5.82	22.85	85.80
6.56	5.83	22.65	87.62
6.58	5.84	22.52	89.41
6.60	5.82	22.39	89.73
6.62	5.75	21.60	89.78
6.64	5.66	21.44	89.83
6.66	5.67	21.42	90.57
6.68	5.61	21.40	90.25
6.70	5.44	21.38	90.30
6.72	5.44	21.36	90.36
6.74	5.44	21.23	90.58
6.76	5.44	19.43	91.73
6.78	5.44	18.83	94.04
6.80	5.75	18.78	100.24
6.82	6.28	18.76	109.61
6.84	7.31	18.91	126.33
6.86	7.82	19.05	134.54
6.88	8.00	21.65	137.27
6.90	7.95	23.81	134.01
6.92	7.33	24.34	121.91
6.94	6.85	23.94	92.17
6.96	6.73	23.91	77.31
6.98	6.74	24.08	70.05
9.00	8.72	31.56	80.64
9.02	9.24	34.61	84.05
9.04	9.43	34.93	86.04
9.06	9.46	35.98	85.83
9.08	9.20	34.63	85.50
9.10	9.12	33.26	85.65
9.12	9.09	32.61	85.79
9.14	9.07	32.44	86.15
9.16	9.13	32.27	87.83
9.18	9.06	32.92	88.15
9.20	8.81	32.23	86.36
9.22	8.27	30.13	85.31
9.24	7.78	28.12	84.83
9.26	7.74	27.14	85.27
9.28	7.70	26.74	85.71
9.30	7.83	25.13	86.67
9.32	7.69	25.23	85.73
9.34	7.27	24.64	81.94
9.36	6.81	23.58	78.89
9.38	6.64	22.63	79.31
9.40	6.43	22.38	78.15
9.42	6.15	22.33	77.95
9.44	5.93	22.33	78.01
9.46	5.87	22.33	78.06
9.48	5.84	22.36	78.24
9.50	5.82	22.85	79.10
9.52	5.87	22.32	82.15

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
7.36	9.05	29.92	112.45
7.38	9.68	29.92	123.39
7.40	10.19	34.61	133.27
7.42	10.41	37.10	137.80
7.44	10.41	36.90	138.43
7.46	10.22	35.32	136.22
7.48	10.22	32.07	136.22
7.50	8.80	29.25	127.37
7.52	8.39	27.58	125.20
7.54	8.37	27.21	124.11
7.56	8.36	27.18	124.49
7.58	8.37	27.17	124.86
7.60	8.38	27.20	128.75
7.62	8.51	27.23	136.95
7.64	8.45	27.36	137.27
7.66	8.30	26.57	137.38
7.68	8.29	26.39	137.50
7.70	8.29	26.37	139.28
7.72	8.29	26.36	143.06
7.74	8.30	26.79	149.26
7.76	8.43	27.21	155.05
7.78	8.38	27.31	155.36
7.80	8.06	27.57	149.68
7.82	7.32	26.62	136.01
7.84	6.50	23.47	122.54
7.86	5.85	23.04	114.02
7.88	5.46	23.04	109.29
7.90	5.44	22.18	107.29
7.92	5.43	21.76	107.50
7.94	5.44	21.76	77.73
7.96	5.45	21.76	62.85
7.98	5.80	21.77	62.19
10.00	5.01	20.67	21.67
10.02	5.09	20.65	22.19
10.04	5.14	20.64	22.83
10.06	5.20	20.63	23.67
10.08	5.21	20.66	23.98
10.10	5.23	20.63	24.30
10.12	5.23	19.48	24.61
10.14	5.18	18.20	24.72
10.16	5.03	17.67	23.35
10.18	5.01	17.57	23.35
10.20	5.00	17.55	23.35
10.22	5.01	17.54	23.35
10.24	5.02	17.56	26.09
10.26	5.12	17.57	28.82
10.28	5.11	17.70	28.82
10.30	4.95	17.96	27.66
10.32	4.78	18.12	27.30
10.34	4.67	18.22	27.30
10.36	4.58	18.71	27.31
10.38	4.51	18.35	27.32
10.40	4.42	18.51	27.35
10.42	4.35	18.48	27.56
10.44	4.32	18.48	27.66
10.46	4.29	18.48	28.19
10.48	4.29	18.51	28.72
10.50	4.29	18.52	29.24
10.52	4.29	18.52	30.19

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
8.36	11.18	32.17	133.90
8.38	11.17	33.02	140.53
8.40	11.24	32.79	147.47
8.42	11.12	33.67	148.84
8.44	10.71	33.37	147.63
8.46	10.34	32.42	147.76
8.48	10.28	31.64	147.89
8.50	10.23	30.87	150.52
8.52	10.21	30.87	153.89
8.54	10.20	30.88	156.73
8.56	10.25	30.91	159.47
8.58	10.30	30.99	172.93
8.60	10.52	31.02	187.02
8.62	10.86	30.60	199.96
8.64	10.98	30.53	205.43
8.66	10.99	30.52	206.06
8.68	11.14	30.50	218.85
8.70	11.21	31.10	225.77
8.72	11.15	30.21	223.67
8.74	10.69	29.59	211.73
8.76	10.21	28.30	202.70
8.78	9.10	25.75	177.77
8.80	7.89	21.85	156.62
8.82	7.75	21.00	148.42
8.84	7.73	20.86	146.74
8.86	7.75	20.83	154.94
8.88	7.77	20.83	111.39
8.90	7.87	20.83	89.77
8.92	7.97	21.83	79.11
8.94	8.04	22.83	78.00
8.96	8.20	23.58	77.46
8.98	8.41	28.08	79.05
11.00	4.18	18.21	30.61
11.02	4.19	18.54	30.61
11.04	4.20	18.90	30.82
11.06	4.27	19.55	31.03
11.08	4.32	20.40	31.87
11.10	4.39	21.55	32.82
11.12	4.49	22.73	34.40
11.14	4.69	22.70	36.92
11.16	4.91	23.03	39.55
11.18	5.32	23.35	44.07
11.20	5.74	24.04	48.49
11.22	6.29	25.35	53.33
11.24	6.58	25.25	55.75
11.26	6.66	25.74	56.28
11.28	6.78	26.17	58.06
11.30	7.02	26.33	61.22
11.32	7.40	27.05	65.74
11.34	7.65	27.51	68.58
11.36	7.69	27.64	69.84
11.38	7.83	27.97	71.84
11.40	8.06	27.77	75.84
11.42	8.45	28.16	81.42
11.44	8.64	28.55	84.57
11.46	8.88	29.11	88.57
11.48	9.19	31.14	93.51
11.50	9.50	31.27	97.72
11.52	9.60	31.96	99.61

GEO-V srl

Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO

e-mail: geovsrl@gmail.com

cell: 3474935672



Committente Dott. Valeriano Franchi

Località Mezzano inferiore (PR)

Cantiere Via Unità d'Italia

Data 01/02/2022

Preforo 0,6 ml

Falda 5.40 pdc

Prova **15**

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
9.54	5.77	22.42	80.78
9.56	5.38	21.60	74.47
9.58	5.19	20.55	72.26
9.60	5.04	20.35	71.21
9.62	4.92	20.06	71.06
9.64	4.88	20.02	70.99
9.66	4.82	20.01	70.98
9.68	4.78	20.02	71.04
9.70	4.75	20.04	71.11
9.72	4.75	20.16	71.42
9.74	4.75	20.84	71.32
9.76	4.75	22.38	71.42
9.78	4.75	20.72	71.53
9.80	4.75	20.03	72.16
9.82	4.79	19.98	72.79
9.84	4.81	19.98	72.58
9.86	4.80	19.99	46.86
9.88	4.81	20.01	21.14
9.90	4.82	20.05	20.93
9.92	4.85	20.08	20.83
9.94	4.89	20.41	20.83
9.96	4.91	20.21	20.83
9.98	4.93	20.86	20.83
12.00	7.10	23.81	62.38
12.02	7.35	24.50	66.37
12.04	7.95	25.12	74.68
12.06	8.59	25.71	82.15
12.08	9.16	26.30	88.57
12.10	9.53	26.16	92.88
12.12	9.73	26.42	95.72
12.14	9.79	26.11	96.25
12.16	9.66	25.80	96.06
12.18	9.56	25.89	96.16
12.20	9.54	25.40	96.25
12.22	9.53	25.24	96.46
12.24	9.52	25.17	100.24
12.26	9.57	25.16	103.08
12.28	9.34	25.16	101.72
12.30	9.05	25.16	100.14
12.32	8.66	25.22	97.40
12.34	8.09	25.28	92.67
12.36	7.84	25.61	92.66
12.38	7.72	25.18	92.67
12.40	7.67	24.45	92.68
12.42	7.73	24.10	92.88
12.44	7.79	24.10	100.88
12.46	8.16	24.11	113.60
12.48	8.79	24.22	123.28
12.50	9.67	26.12	136.85
12.52	10.23	28.61	144.95
12.54	10.92	31.07	154.42
12.56	11.40	30.61	162.73
12.58	11.81	30.77	167.14
12.60	12.02	30.93	170.19
12.62	12.14	31.28	172.61
12.64	12.23	31.99	174.19
12.66	12.16	33.42	175.03
12.68	12.06	33.15	176.82
12.70	11.91	33.10	176.30

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
10.54	4.30	18.59	31.77
10.56	4.44	18.73	34.08
10.58	4.58	20.01	36.18
10.60	4.86	19.45	39.55
10.62	5.16	19.26	42.81
10.64	5.32	18.96	44.81
10.66	5.21	18.86	43.44
10.68	4.82	18.11	39.13
10.70	4.41	17.81	35.87
10.72	4.24	17.25	34.71
10.74	4.09	17.14	34.08
10.76	4.00	17.03	34.08
10.78	3.97	16.73	34.08
10.80	3.96	16.70	34.08
10.82	3.96	16.68	34.92
10.84	3.96	16.69	35.87
10.86	3.96	16.70	33.77
10.88	4.03	16.93	31.66
10.90	4.13	17.46	31.77
10.92	4.15	17.46	31.56
10.94	4.15	17.68	31.03
10.96	4.15	18.08	30.61
10.98	4.17	18.11	30.61
13.00	17.38	29.51	284.75
13.02			
13.04			
13.06			
13.08			
13.10			
13.12			
13.14			
13.16			
13.18			
13.20			
13.22			
13.24			
13.26			
13.28			
13.30			
13.32			
13.34			
13.36			
13.38			
13.40			
13.42			
13.44			
13.46			
13.48			
13.50			
13.52			
13.54			
13.56			
13.58			
13.60			
13.62			
13.64			
13.66			
13.68			
13.70			

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
11.54	9.69	31.69	102.03
11.56	9.68	30.61	101.61
11.58	9.42	30.14	100.01
11.60	9.22	29.48	99.24
11.62	9.11	28.43	98.96
11.64	8.91	26.95	98.67
11.66	8.83	25.83	99.51
11.68	8.45	25.01	97.61
11.70	8.13	23.89	96.25
11.72	7.86	22.61	94.77
11.74	7.50	27.62	92.67
11.76	7.22	20.67	91.51
11.78	6.95	20.33	91.09
11.80	6.74	20.33	90.78
11.82	6.53	20.36	90.46
11.84	6.53	20.40	72.37
11.86	6.53	20.47	63.38
11.88	6.53	21.16	59.25
11.90	6.57	21.39	58.93
11.92	6.63	21.78	58.80
11.94	6.69	21.68	58.84
11.96	6.79	22.12	58.89
11.98	6.89	22.56	59.33
14.00			
14.02			
14.04			
14.06			
14.08			
14.10			
14.12			
14.14			
14.16			
14.18			
14.20			
14.22			
14.24			
14.26			
14.28			
14.30			
14.32			
14.34			
14.36			
14.38			
14.40			
14.42			
14.44			
14.46			
14.48			
14.50			
14.52			
14.54			
14.56			
14.58			
14.60			
14.62			
14.64			
14.66			
14.68			
14.70			

GEO-V srl

Strada Cavedole 12/C 41126 Portile - MO

e-mail: geovsrl@gmail.com

cell: 3474935672



Committente Dott. Valeriano Franchi

Località Mezzano inferiore (PR)

Cantiere Via Unità d'Italia

Data 01/02/2022

Preforo 0,6 ml Falda 5.40 pdc

Prova **15**

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
12.72	11.90	33.13	176.93
12.74	11.90	33.17	178.92
12.76	11.96	33.52	179.14
12.78	12.03	34.22	192.91
12.80	12.17	43.25	202.28
12.82	12.48	54.86	214.56
12.84	12.89	45.61	204.65
12.86	13.25	41.49	199.72
12.88	13.43	37.37	197.32
12.90	13.54	37.50	196.85
12.92	14.04	36.71	205.23
12.94	14.85	33.75	213.61
12.96	15.69	32.57	230.17
12.98	16.26	30.73	248.40
15.00			
15.02			
15.04			
15.06			
15.08			
15.10			
15.12			
15.14			
15.16			
15.18			
15.20			
15.22			
15.24			
15.26			
15.28			
15.30			
15.32			
15.34			
15.36			
15.38			
15.40			
15.42			
15.44			
15.46			
15.48			
15.50			
15.52			
15.54			
15.56			
15.58			
15.60			
15.62			
15.64			
15.66			
15.68			
15.70			
15.72			
15.74			
15.76			
15.78			
15.80			
15.82			
15.84			
15.86			
15.88			

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
13.72			
13.74			
13.76			
13.78			
13.80			
13.82			
13.84			
13.86			
13.88			
13.90			
13.92			
13.94			
13.96			
13.98			
16.00			
16.02			
16.04			
16.06			
16.08			
16.10			
16.12			
16.14			
16.16			
16.18			
16.20			
16.22			
16.24			
16.26			
16.28			
16.30			
16.32			
16.34			
16.36			
16.38			
16.40			
16.42			
16.44			
16.46			
16.48			
16.50			
16.52			
16.54			
16.56			
16.58			
16.60			
16.62			
16.64			
16.66			
16.68			
16.70			
16.72			
16.74			
16.76			
16.78			
16.80			
16.82			
16.84			
16.86			
16.88			

H	qc	fs	U
[m]	[MPa]	[KPa]	[KPa]
14.72			
14.74			
14.76			
14.78			
14.80			
14.82			
14.84			
14.86			
14.88			
14.90			
14.92			
14.94			
14.96			
14.98			
17.00			
17.02			
17.04			
17.06			
17.08			
17.10			
17.12			
17.14			
17.16			
17.18			
17.20			
17.22			
17.24			
17.26			
17.28			
17.30			
17.32			
17.34			
17.36			
17.38			
17.40			
17.42			
17.44			
17.46			
17.48			
17.50			
17.52			
17.54			
17.56			
17.58			
17.60			
17.62			
17.64			
17.66			
17.68			
17.70			
17.72			
17.74			
17.76			
17.78			
17.80			
17.82			
17.84			
17.86			
17.88			

ALLEGATO 2

Risposta Sismica Locale

AOO COMUNE DI SORBOLO MEZZANI
Protocollo Arrivo N. 2838/2022 del 23-02-2022
Doc. Principale - Copia Documento

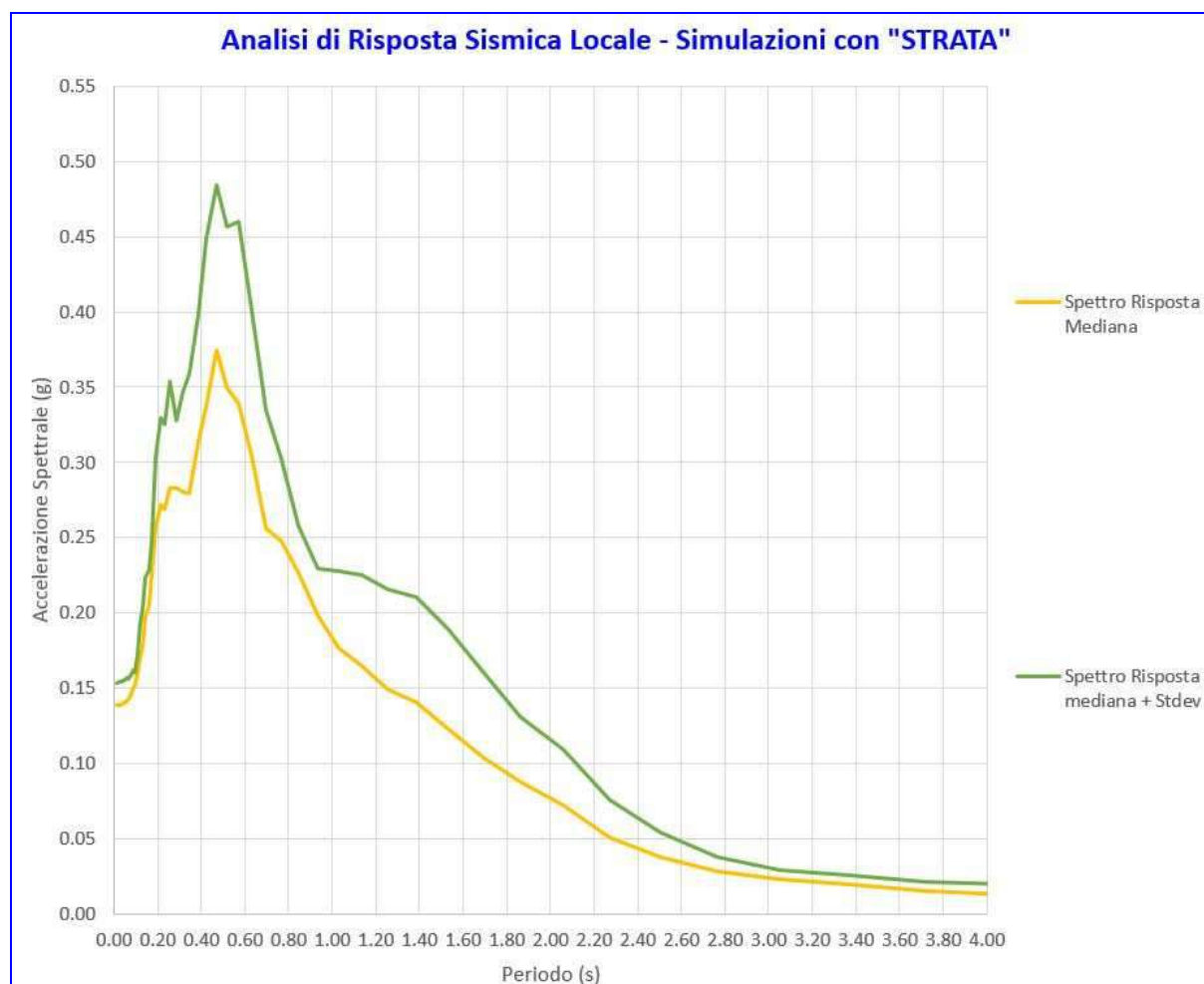


Figura 1 Spettri di risposta elastica mediana e mediana+stdev.

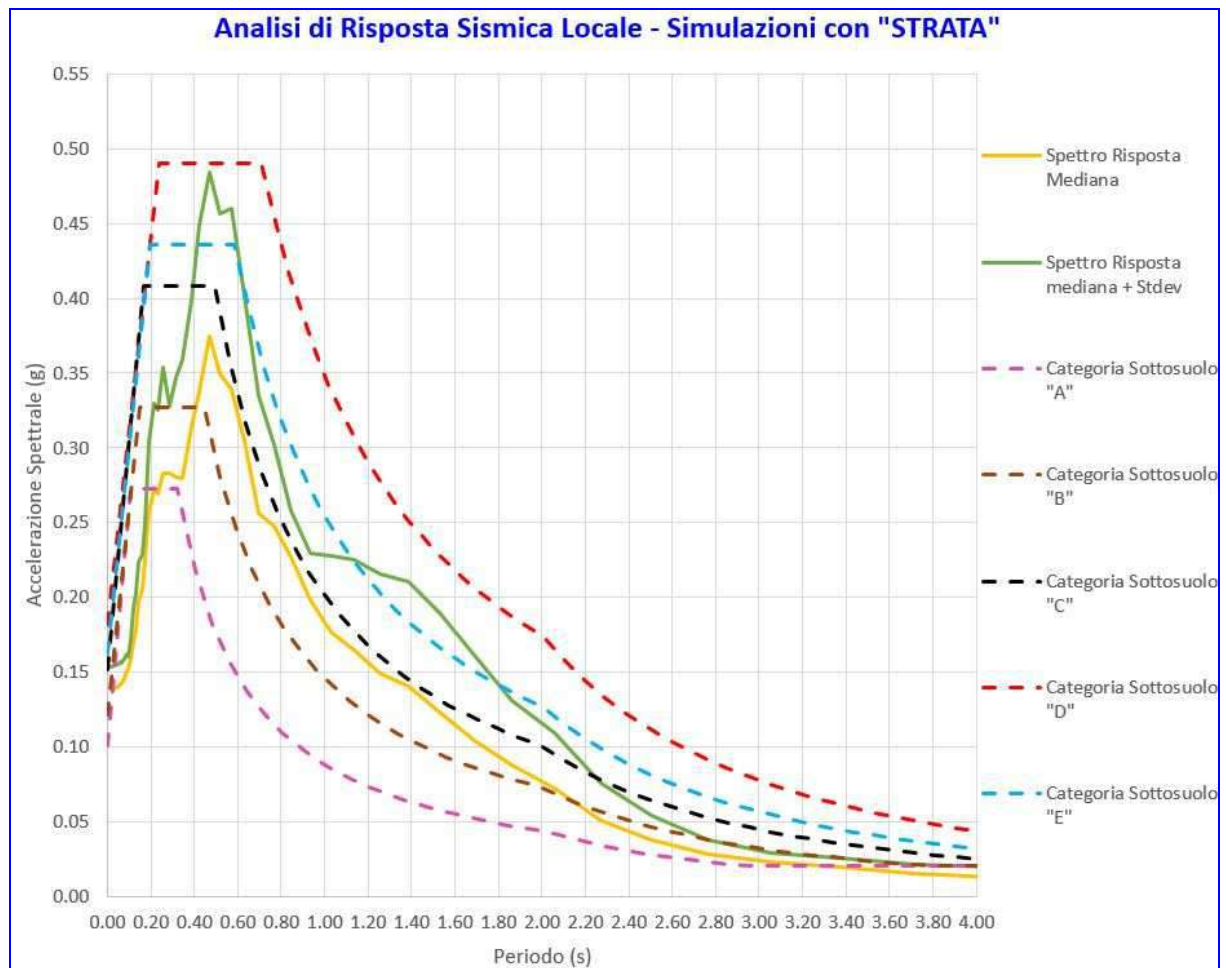


Figura 2 Spettri di risposta elastica mediana, mediana+stdev e spettri di risposta elastica da normativa NTC18 relativi alle categorie di sottosuolo "A", "B", "C", "D", "E".

Periodo T(s)	Mediana a (g)	Mediana + Stdev a (g)		Periodo T(s)	Mediana a (g)	Mediana + Stdev a (g)
0.0100	0.1386	0.1538		0.2593	0.2832	0.3539
0.0110	0.1386	0.1538		0.2861	0.2828	0.3283
0.0122	0.1387	0.1538		0.3158	0.2806	0.3472
0.0134	0.1387	0.1539		0.3486	0.2799	0.3594
0.0148	0.1387	0.1539		0.3847	0.3144	0.3989
0.0164	0.1387	0.1539		0.4246	0.3375	0.4485
0.0181	0.1388	0.1540		0.4686	0.3745	0.4843
0.0199	0.1388	0.1540		0.5172	0.3496	0.4566
0.0220	0.1389	0.1541		0.5708	0.3392	0.4599
0.0243	0.1390	0.1541		0.6300	0.3046	0.4014
0.0268	0.1390	0.1542		0.6953	0.2560	0.3346
0.0296	0.1391	0.1543		0.7674	0.2478	0.3021
0.0327	0.1392	0.1545		0.8469	0.2266	0.2578
0.0361	0.1394	0.1546		0.9347	0.1983	0.2292
0.0398	0.1396	0.1549		1.0316	0.1768	0.2275
0.0439	0.1400	0.1552		1.1386	0.1645	0.2253
0.0485	0.1403	0.1553		1.2566	0.1490	0.2157
0.0535	0.1410	0.1559		1.3869	0.1407	0.2106
0.0590	0.1421	0.1569		1.5307	0.1234	0.1897
0.0652	0.1428	0.1558		1.6894	0.1042	0.1616
0.0719	0.1445	0.1583		1.8645	0.0878	0.1308
0.0794	0.1458	0.1585		2.0578	0.0723	0.1100
0.0876	0.1509	0.1624		2.2711	0.0513	0.0761
0.0967	0.1519	0.1606		2.5066	0.0380	0.0546
0.1067	0.1599	0.1719		2.7665	0.0287	0.0383
0.1178	0.1696	0.1922		3.0533	0.0229	0.0291
0.1300	0.1783	0.2029		3.3698	0.0197	0.0261
0.1435	0.1975	0.2236		3.7192	0.0153	0.0216
0.1583	0.2058	0.2285		4.1048	0.0132	0.0195
0.1747	0.2263	0.2489		4.5303	0.0110	0.0165
0.1929	0.2570	0.3037		5.0000	0.0087	0.0127
0.2128	0.2715	0.3299				
0.2349	0.2695	0.3254				

Tabella 1 Valori di output dell'analisi di risposta sismica locale per le curve mediana e mediana+stdev.