

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

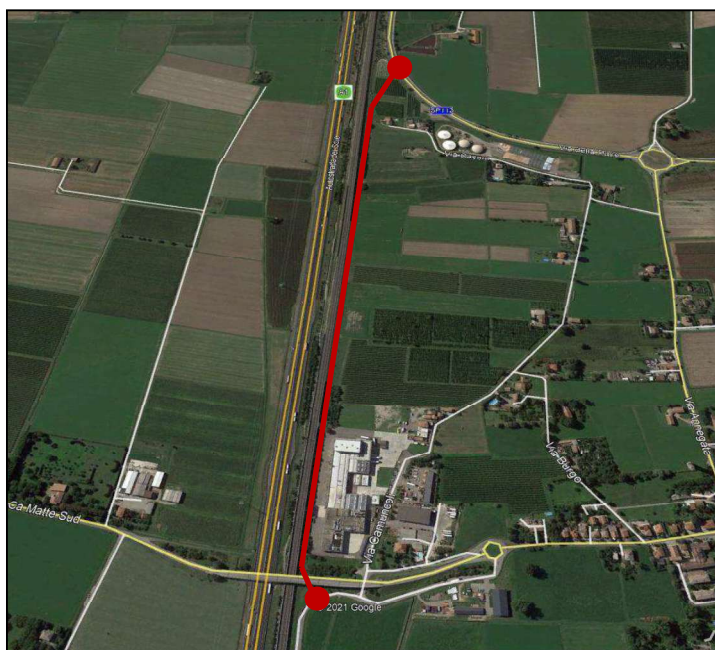
PROVINCIA DI REGGIO EMILIA



BRETELLA DI COLLEGAMENTO
ASSE REGGIO EMILIA - CORREGGIO - S.P.50
IN LOCALITA' GAZZATA
COMUNE DI SAN MARTINO IN RIO (RE)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA



COMMITTENTE:

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

Corso Garibaldi n.59
42121 Reggio Emilia

IL GEOLOGO

Dr. Geol. Cesare Sandoni

DATA

23 Settembre 2021

Documento firmato digitalmente

Spazio riservato all'Ufficio Tecnico



STUDIO GEOLOGICO PRO-GEO di Dr. Cesare Sandoni

Sede legale: Strada Cavedole n.12 41126 Modena

Sede operativa: Viale Muratori n.100 41124 Modena

Tel. Fax. 059 239843 Mobile 335 5718033 P.Iva 03897970368

E mail progeostudio@alice.it Pec geol.sandoni.c@epap.sicurezzaposta.it

SOMMARIO

- 1 – Premessa**
- 2 – Inquadramento geografico**
- 3 – Aspetti progettuali**
- 4 – Inquadramento ambientale PTCP**
- 5 – Aspetti idraulici**
- 6 – Geologia**
- 7 – Geomorfologia e Idrogeologia**
- 8 – Indagini Geognostiche**
- 9 – Aspetti sismici**
- 10 – Classificazione sismica, effetti attesi e categoria di sottosuolo**
- 11 – Considerazioni geotecniche**
- 12 – Definizione del piano geognostico**
- 13 – Conclusioni**

ALLEGATI

Inquadramento Geografico Scala 1:25.000
Planimetria di Progetto su Ortofotopiano
Tavole PTCP
Foto satellitare da Google Earth – Distribuzione dei circuiti idrici
Carta Geologica Regione Emilia-Romagna Scala 1:5.000 (Estratto)
Litologia di superficie – Fuori Scala (Estratto da PSC Quadro Conoscitivo)
Sezione longitudinale 51 (estratta dalla cartografia geologica regionale)
Carta Geologica Fuori Scala – Estratto da Quadro Conoscitivo PSC
Carta Geomorfologica – Fuori Scala (Estratto da PSC Quadro Conoscitivo)
Soggiacenza della falda – Fuori Scala (Estratto da PSC Quadro Conoscitivo)
Planimetria CTR Scala 1:10.000 – Quote freatiche in foro geognostico
Microzonazione sismica – Carta Isopieze primo acquifero
Planimetria di Progetto su Ortofotopiano (Fuori Scala) – Ubicazione indagini geognostiche
Diagramma CPT
Diagramma CPTE
Diagramma CPTU
Sezione stratigrafica schematica asse S1-S5
Diagramma della storia sismica di San Martino in Rio (INGV – Database Macrosismico Italiano 2015)
Schema sismotettonico delle zone sorgenti
Estratto del database INGV – DISS versione 3.2.0
Carta degli effetti locali PSC (Quadro Conoscitivo)
Carta degli effetti attesi PSC (Quadro Conoscitivo)
CTR Scala 1:15.000 – Ubicazione indagini geofisiche
Elaborazione prove Re.Mi
Quadro rappresentativo dei campi di attribuzione delle categorie di sottosuolo sismico NTC 2018
Microzonazione sismica – Carta delle velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m p.c. (Vs30)
Microzonazione sismica – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica
Planimetria di Progetto su Ortofotopiano (Fuori Scala) – Zone a comportamento geotecnico omogeneo
Rappresentazione dei volumi significativi
Sezione di progetto (Estratto)
Planimetria di Progetto su Ortofotopiano (Fuori Scala) – Proposta del piano geognostico – Ubicazione indicativa delle indagini



Cesare Sandoni geologo

STUDIO GEOLOGICO PRO-GEO di Dr. Cesare Sandoni

Sede legale: Strada Cavedole n.12 41126 Modena

Sede operativa: Viale Muratori n.100 41124 Modena

Tel. Fax. 059 239843 Mobile 335 5718033 P.Iva 03897970368

E mail progeostudio@alice.it Pec geol.sandoni.c@epap.sicurezzaposta.it

RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

**BRETELLA DI COLLEGAMENTO
ASSE REGGIO EMILIA - CORREGGIO - S.P.50
IN LOCALITA' GAZZATA
COMUNE DI SAN MARTINO IN RIO (RE)**

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

1. PREMESSA

Su incarico della Provincia di Reggio Emilia, (Determinazione dirigenziale n.688 del 09/09/2021), si è svolta nel corrente periodo uno studio Geologico Geotecnico e Sismico in riferimento al progetto di fattibilità della Bretella stradale di collegamento Reggio Emilia - Correggio - S.P.50 in località Gazzata, nel territorio comunale di San Martino in Rio (RE).

Per la ricostruzione del modello geologico di dettaglio ci si è avvalsi delle informazioni di sottosuolo estrapolabili dal database geognostico regionale, che nell'intorno della superficie di interesse riporta diverse ricognizioni penetrometriche e sondaggi a carotaggio continuo.

Per la compilazione della presente si è quindi consultata la specifica bibliografia di riferimento e gli elaborati di PSC in riferimento alle tematiche trattate.

In tale sede, sulla scorta delle caratteristiche progettuali e degli elementi antropici rilevanti, si è valutata approfonditamente l'incidenza del tracciato stradale nel contesto ambientale, con particolare riferimento agli aspetti geologici e sismici, alle caratteristiche fisico-meccaniche e agli aspetti prestazionali dei terreni di fondazione, all'ambiente idrogeologico e ai potenziali rischi idraulici.

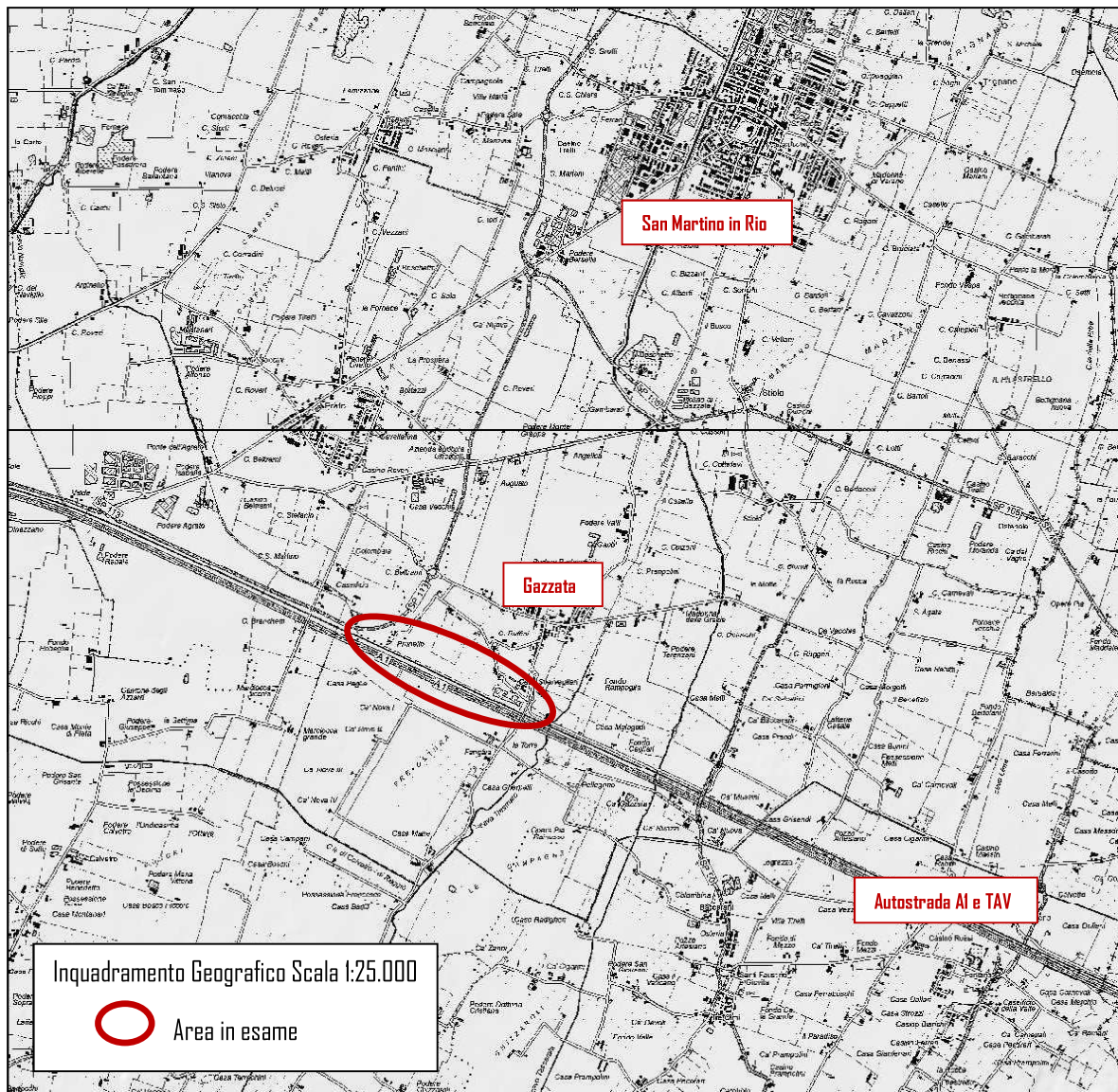
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di indagine, posizionata a sud rispetto al capoluogo comunale, si localizza in prossimità della frazione di Gazzata e più precisamente sul fianco nord della linea ferroviaria ad alta velocità.

Per raggiungere il sito di interesse nei suoi estremi di collegamento, dalla frazione di Gazzata, si deve procedere lungo Via Ca' Matte sud e alla rotonda deviare su Via San Pellegrino Nord, mentre in direzione opposta si deve procedere su Via Annegata e all'intersezione con la SP113 deviare in direzione sud su Via della Pace; la superficie in esame è infatti costituita dalla fascia che affianca la direttrice ferroviaria da Via San Pellegrino Nord (estremità est) e Via della Pace (estremità ovest).

Sulla base della normativa relativa al problema sismico, il comune di San Martino in Rio compare nell'elenco delle località sismiche di zona 3, come richiamato dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio n.3274 in data 20/03/2003.

Cartograficamente la zona di indagine risulta ubicata nelle tavole C.T.R. 201 SO "Rubiera" e 201 NO "Correggio" a scala 1:25.000, nelle sezioni C.T.R. 201100 "Rubiera" e 201060 "San Martino in Rio" a scala 1:10.000, e negli elementi C.T.R. 201104 "S.S. Faustino e Giovita" e 201063 "Stiolo" a scala 1:5.000.



3. ASPETTI PROGETTUALI

Il progetto di fattibilità prevede la realizzazione, a sud della frazione di Gazzata, di una asse di collegamento viario, in affiancamento al lato nord della tratta ferroviaria ad alta Modena/Reggio-Emilia, che da Via San Pellegrino Nord (estremità est dell'intervento) si congiunga alla SP 113 (estremità ovest); quest'ultima si allunga poi sino alla SP468 per risalire verso nord sino a Correggio.

L'infrastruttura viaria in progetto rappresenta la continuazione del sistema di viabilità che, con le nuove varianti, collegherà Reggio Emilia a Correggio.

Nel tratto di curva della SP 113, la bretella si aggancia con una rotatoria di diametro esterno di circa mt.35 e prosegue in parallelo alla linea TAV sino a raggiungere la comunale Via San Pellegrino Nord (passando sul retro dello Stabilimento Veroni Cotti Srl), alla quale si collega tramite una ulteriore rotatoria di diametro esterno di circa mt.32 (vedi documentazione fotografica e *Planimetria di Progetto su Ortofoto* in allegato).



Curva sulla SP 113 in cui la bretella viaria si innesca attraverso una rotatoria (estremità ovest dell'intervento)



Curva su Via San Pellegrino Nord in cui la bretella viaria si innesca attraverso una rotatoria (estremità est dell'intervento)

Foto scattata dal sovrappasso autostradale e ferroviario su Via Cà Matte sud con cui si documenta della striscia di terreno interposta fra la TAV e lo stabilimento Veroni Cotti Srl. La freccia indica la posizione del Condotto Gazzata.



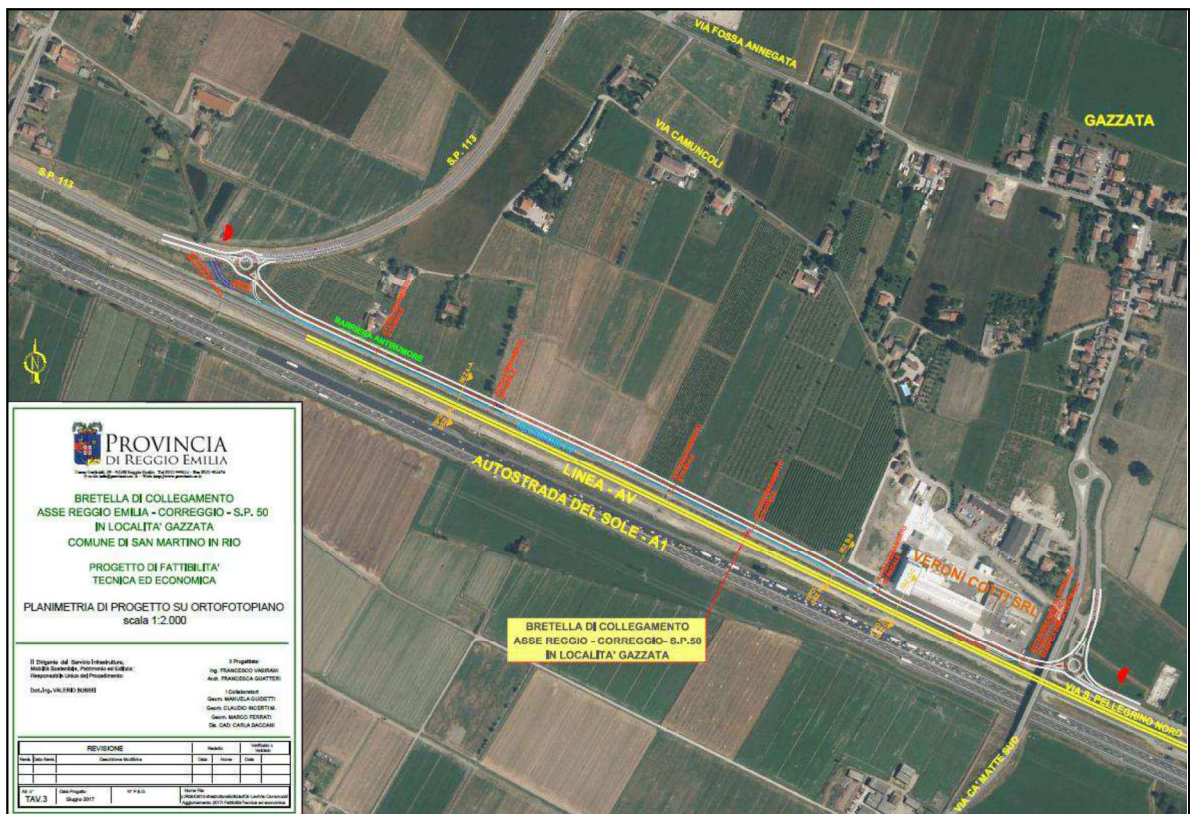


Parte del tronco di intervento in direzione della SP 113

Lo sviluppo stradale complessivo è di circa mt.1.300 oltre agli svincoli di collegamento alla viabilità esistente; dal punto di vista planimetrico l'infrastruttura ha un andamento pressoché rettilineo.

Il piano viabile si attesta sopra il piano di campagna mediamente con una altezza variabile nel range di circa mt.0,50-1,20; le scarpate sono previste in terra con cunetta esterna di raccolta delle acque su entrambi i lati.

La sezione tipo di progetto è con carreggiata di mt.8,50 (corsie di mt.3,25 con banchine bitumate di mt.1,00), più arginelli esterni in terra.



Le sezioni tipo previste contemplano 3 soluzioni:

- TIPO 1: con arginelli, scarpate e fossetto di scolo acque meteoriche con barriera bordo laterale su scarpata sul lato confine proprietà RFI;
- TIPO 2: con muretto in c.a. e sovrastante barriera bordo ponte tipo H2 sul confine con proprietà RFI e arginello e scarpata su lato nord;

-TIPO 3: in corrispondenza del piazzale dello stabilimento Veroni Cotti Srl, muretto in c.a. in entrambi i lati con installata barriera bordo ponte.

E' inoltre prevista la realizzazione di manufatti per consentire gli attraversamenti di vari canali di Bonifica, per garantire il naturale deflusso delle acque, fra cui il condotto Gazzata in prossimità di Via San Pellegrino Nord e diversi scoli minori.

4. INQUADRAMENTO AMBIENTALE PTCP

In riferimento agli aspetti di classificazione e tutela delle superfici esaminate, si riporta quanto segue in base alla consultazione delle tavole di PTCP (2008) vigente:

TAVOLA Zone, sistemi ed elementi della tutela paesistica

L'area dove viene ad inserirsi il tracciato in progetto è inserita, alla sua estremità est, in Dossi di Pianura (art.43) - (vedi cartografia allegata).

TAVOLA Reticolo Secondario di pianura - Carta delle aree potenzialmente allagabili (PAI-PTCP)

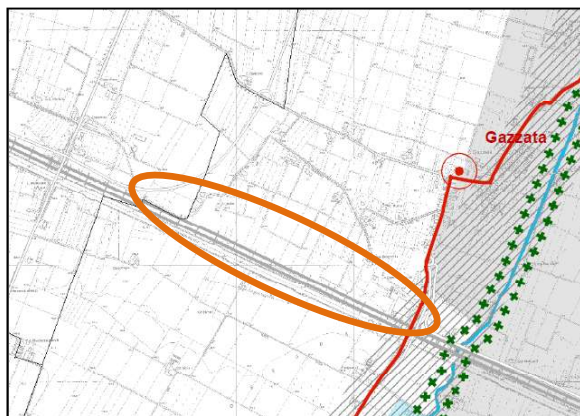
L'area è inserita in P2-M Alluvioni poco frequenti - tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità (art.68bis) - (vedi cartografia allegata).

TAVOLA Rischio Sismico – Carta degli effetti attesi

L'area dove viene ad inserirsi il tracciato in progetto è inserita alla sua estremità est in classe degli effetti attesi F e per la restante parte in classe G (vedi cartografia allegata).

TAVOLA Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento

L'area dove viene ad inserirsi il tracciato in progetto è inserita alla sua estremità est in livello di approfondimento 3 e per la restante in livello 2 (vedi cartografia allegata).



PTCP - Zone, sistemi ed elementi della tutela paesistica

Particolari disposizioni di tutela di specifici elementi (art. 43)

▨ dossi di pianura

Zone ed elementi di tutela dell'impianto storico della centuriazione (art. 48)

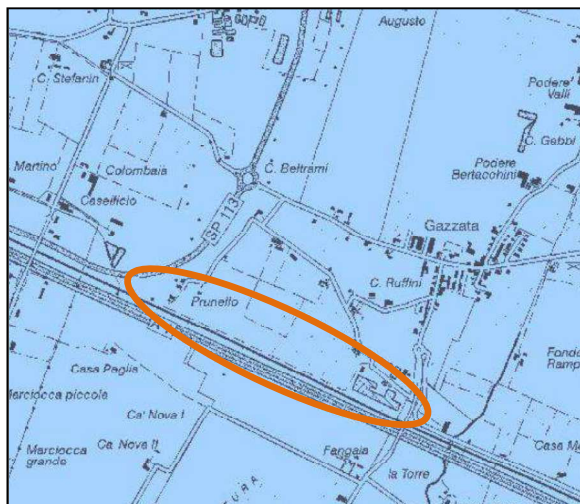
▨ Zone di tutela della struttura centuriata

Viabilità storica (art. 51)

Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (art. 41)



Progetti e Programmi integrati di valorizzazione del paesaggio (art. 101)



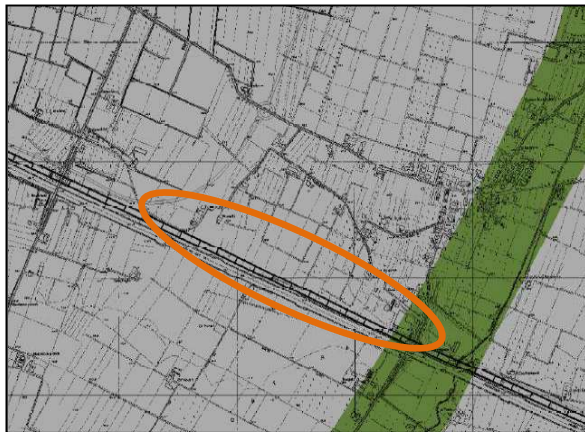
PTCP - Reticolo Secondario di pianura

Carta delle aree potenzialmente allagabili
(PAI-PTCP)

Scenari di Pericolosità

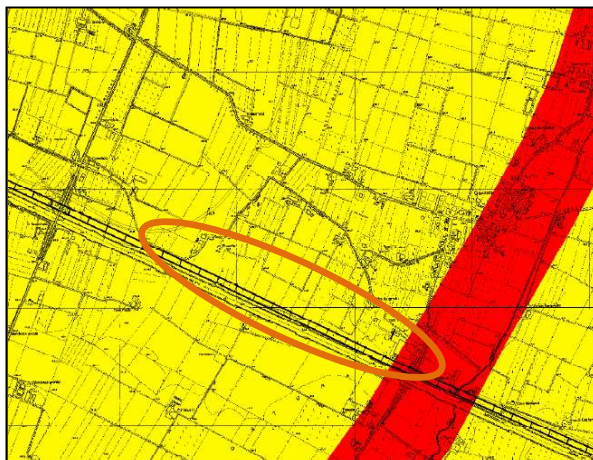
■ P3 - H (Alluvioni frequenti:
tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità) (art.68bis)

■ P2 - M (Alluvioni poco frequenti:
tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità) (art.68bis)



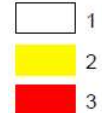
PTCP - Rischio Sismico – Carta degli effetti attesi

		EFFETTI ATTESI				
CLASSI		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIOUEFAZIONE
	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	F	X				X
	G	X			X (potenziale)	
	H					



PTCP - Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento

LIVELLI DI APPROFONDIMENTO



5. ASPETTI IDRAULICI

La superficie in esame si colloca al limite sud del contesto di media pianura, distaccata dai principali corsi d'acqua appenninici ed in particolare dei torrente Rodano e Tresinaro passanti rispettivamente nella campagna ad ovest e a sud-est.

Il principale elemento idrografico nel settore è rappresentato da cavo Tresinaro che rappresenta l'alveo residuale del vecchio tracciato del torrente Tresinaro, che scorre in direzione SE e attribuisce le acque in sinistra al fiume Secchia presso Rubiera; lo stesso è costituito da un corso d'acqua di modeste dimensioni, arginato a piano campagna, con livello idrico medio a circa metri 2/3 al di sotto della quota di calpestio agrario.

Molti dei nomi dei corsi d'acqua reggiani sono presumibilmente ricondotti a teonimi di derivazione celtica: il nome Tresinaro potrebbe richiamare il culto del dio-fabbro da una parte perché "isnaro" in celtico significa ferro, mentre il prefisso "tri" riprende il simbolo del triplice.

Il torrente, prima della sua deviazione nel Secchia presso Rubiera, ha infatti subito ripetute modificazioni nel corso dei secoli, anche per motivi agricoli e di difesa delle coltivazioni, rimanendo comunque significativo il suo apporto nell'attuale definizione paleogeomorfica della pianura nell'ambito di riferimento.

Da una ricostruzione della rete idrografica attraverso lo studio dei paleoalvei, si è evidenziato come la superficie di divagazione del vecchio Tresinaro sia per estensione lievemente minore a quelle del torrente Crostolo e del fiume Secchia; in particolare dall'apice di conoide, l'ambito di sedimentazione si apre a ventaglio estendendosi da Rubiera sino a San Maurizio di Reggio Emilia, per poi restringersi nella pianura centrale da Correggio a Carpi e allungandosi sino oltre Migliarina.



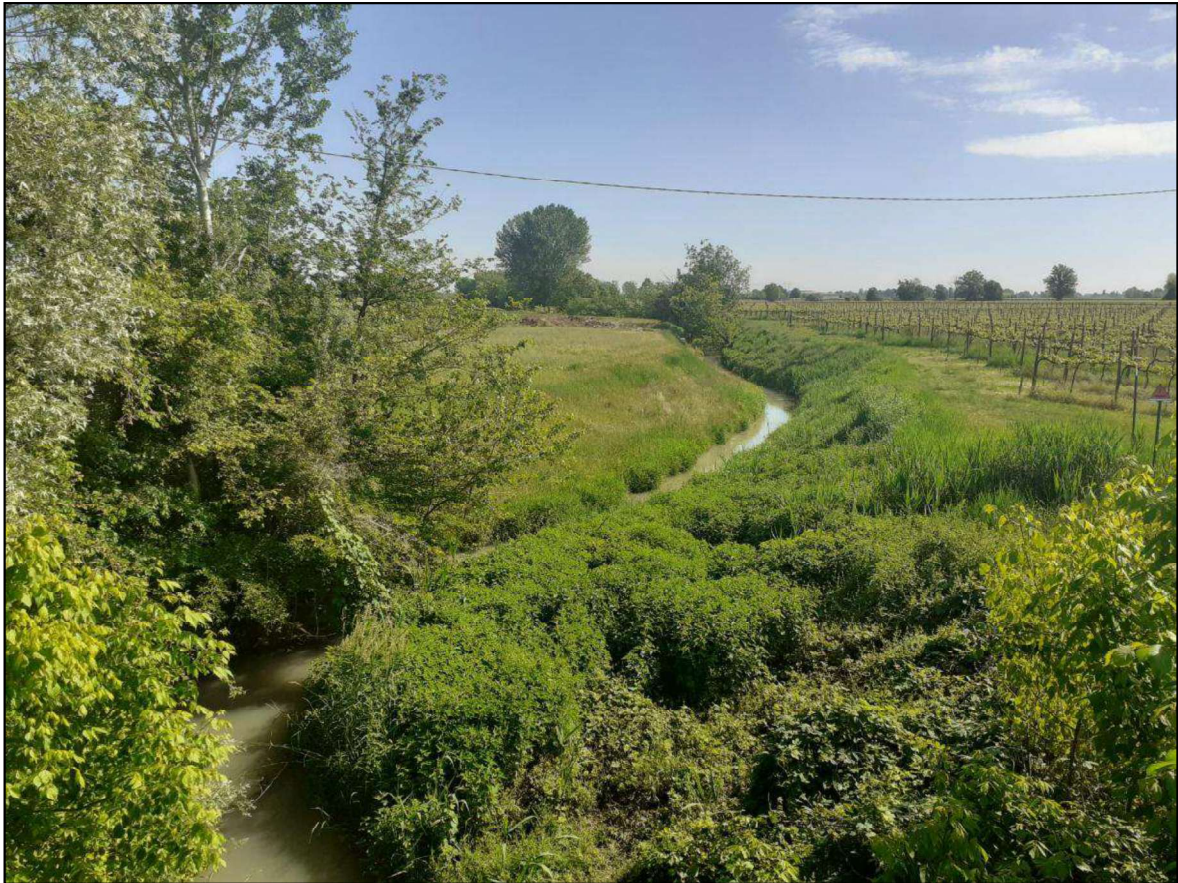
- Anticamente il corso d'acqua si agganciava ad un antico alveo del Crostolo nel territorio di Rolo, mentre ancora nel settecento sfociava in quella diramazione del Po chiamata Bondeno; in particolare correva per Fellegara, Sabbione, Roncadella, Masone proseguendo nel carpigiano sino a confluire nell'attuale Canale di Migliarina.

Si hanno notizie storiche che ancora nel 1300 il torrente Tresinaro presentasse il suo corso naturale; per le sue numerose inondazioni si decise all'incirca nel XIV secolo di deviarne il percorso sino alla confluenza nel fiume Secchia, definendo di fatto l'attuale situazione con il cavo Tresinaro che all'incirca ne ripercorre il vecchio alveo.

Diversi furono gli interventi di adeguamento della sezione idraulica del cavo Tresinaro e dei suoi manufatti idrici di interferenza, soprattutto a partire dall'inizio del novecento quando il governo idraulico della pianura venne preso in gestione dal Consorzio di Bonifica.

Oltre al cavo Tresinaro, passante in posizione lievemente discostata in direzione est rispetto all'area di intervento, i regimi di superficie interagenti con il tracciato in progetto sono costituiti da scoli minori allungati in prevalenza nella direzione di deflusso naturale SW-NE e dal Condotta Gazzata passante al bordo SE dello stabilimento Veroni Cotti Srl ed in gestione al Consorzio dell'Emilia Centrale.

Da menzionare lievemente distaccato dall'estremità ovest dell'asse stradale in progetto, il canale denominato Arginello di Prato, che nella campagna nord confluisce le acque nel Cavo Naviglio ad ovest di San Martino in Rio, oltre al canale artificiale denominato Canale di Calvetro di Reggio con deflusso trasversale alla pianura a poco più di un chilometro di distanza a sud dell'area di intervento.



Tratto del Cavo Tresinaro presso Via San Pellegrino nord



Tratti del Condotto Gazzata in prossimità dell'area di intervento

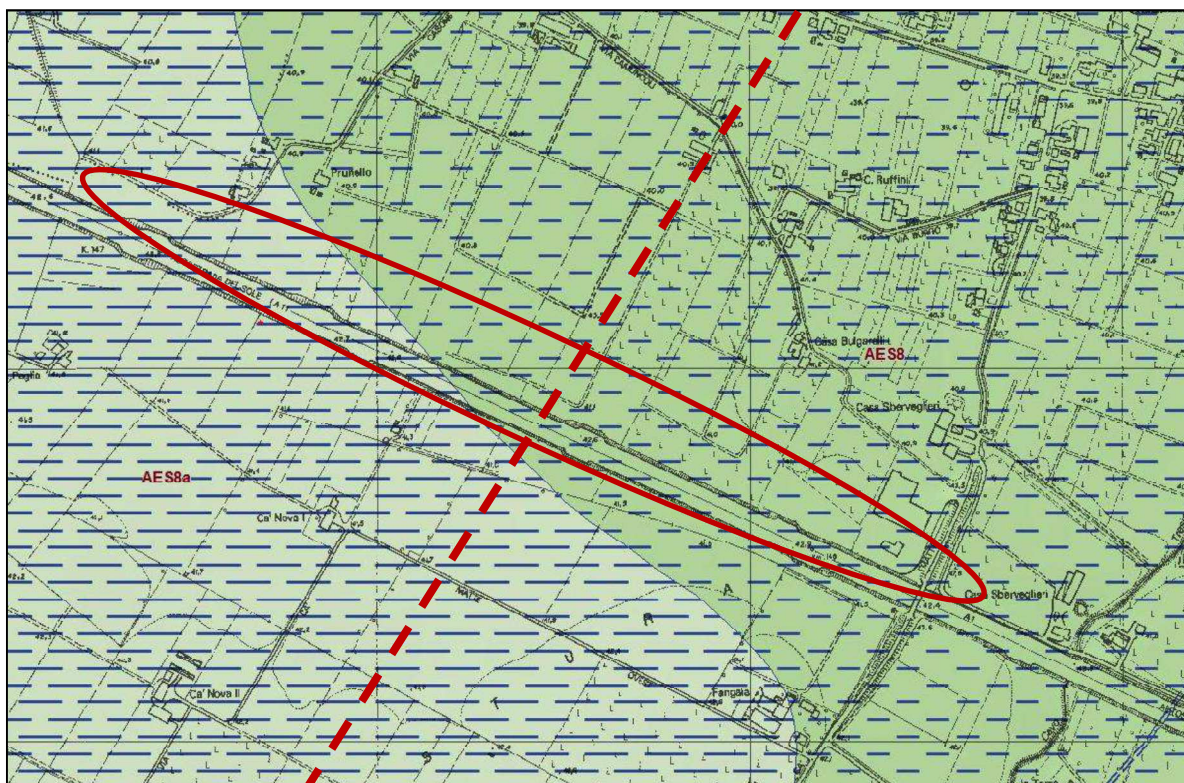
6. GEOLOGIA

La zona di interesse si localizza al limite alto del settore idrogeologico di media pianura in cui sono prevalenti gli apporti fluviali deposizionali dei torrenti appenninici, con abbondanza di alluvioni fini e con rade intercalazioni sabbiose o anche ghiaioso sabbiose nelle quali si localizzano gli acquiferi principali; la zona si inquadra geograficamente su di un'area alluvionale dovuta ai depositi di esondazione fluviale dei Torrente Rodano ad ovest e del torrente Tresinaro a sud-est.

Litologicamente la consultazione della Cartografia Geologica sul portale telematico della Regione Emilia-Romagna riporta all'estremità ovest dell'area di intervento la presenza di sedimenti medio-fini dovuti a esondazioni fluviali, riconducibili a terreni che vengono attribuiti all'Unità di Modena (AES8a), formata da sabbie, limi ed argille di piana alluvionale a spessore massimo di circa mt.7,0 con suoli calcarei di colore bruno grigiastro (Età postRomana); i terreni di tale contesto risultano a prevalente natura argillosa (Argille di Piana Alluvionale).

La restante porzione centrale e quella rivolta ad est di Via San Pellegrino Nord è contraddistinta da sedimenti attribuiti al Subsistema di Ravenna (AES8), formato da ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi, con al tetto suoli a basso grado di alterazione e parziale decarbonatazione (Olocene - età radiometrica base: 11.000 - 8.000 anni); in tale settore i terreni di superficie sono in prevalenza caratterizzati da una tessitura limosa (Limi di Piana Alluvionale).

Nel modello e nel sistema deposizionale padano le alluvioni più fini argillose e limose caratterizzano in prevalenza i settori interposti alle principali aree di drenaggio, costituenti le zone più ribassate, mentre in accostamento a principali corsi d'acqua la tessitura di deposito tende a spostarsi su frazioni più sabbiose.



CARTA GEOLOGICA REGIONE EMILIA-ROMAGNA SCALA 1:5.000 (Estratto)

AES8 - Subsistema di Ravenna

AES8a - Unità di Modena

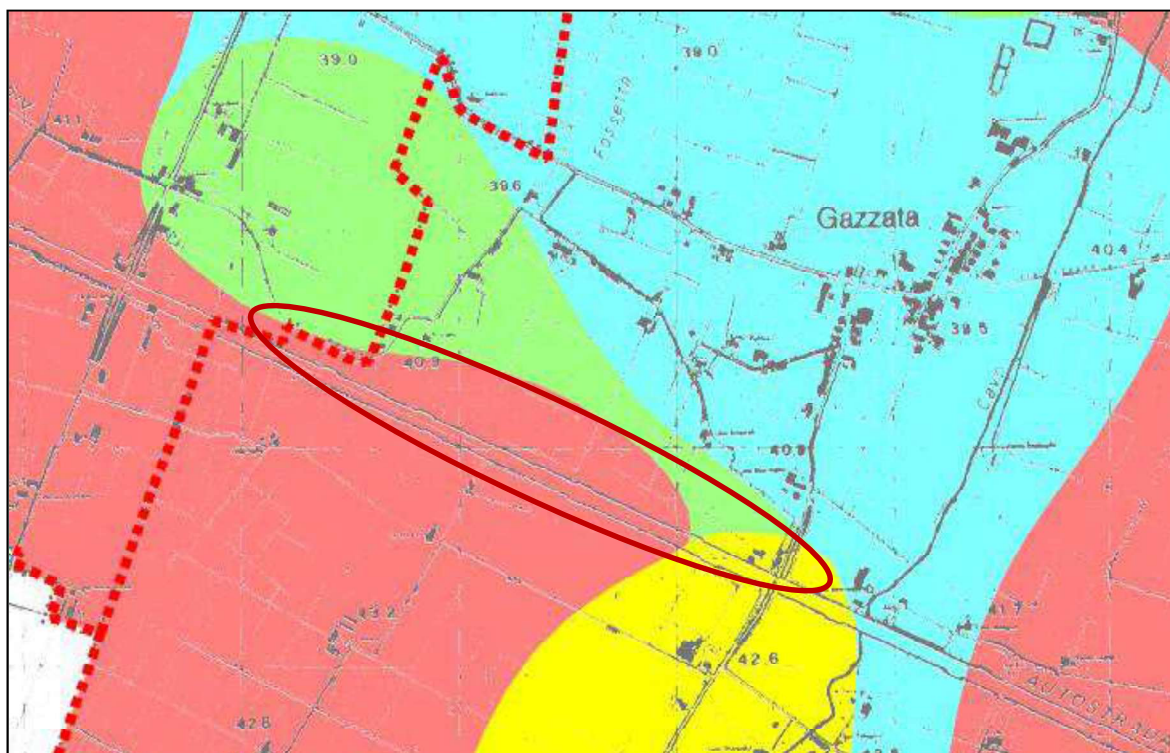
— Argille di Piana alluvionale

— Limi di Piana alluvionale

○ Area in esame

— Traccia di sezione geologica (sezione 51)

La disposizione della tessitura dei primi sedimenti viene all'incirca confermata nella tavola *Litologia di Superficie* (in allegato), estratta dal Quadro Conoscitivo del PSC, dove sono prevalenti i termini fini.



LITOLOGIA DI SUPERFICIE – FUORI SCALA (Estratto da PSC Quadro Conoscitivo)

- Litotipi prevalentemente argillosi
- Litotipi argilloso sabbiosi e/o argilloso limosi
- Loam prevalentemente limoso – limo argilloso
- Loam prevalentemente limoso – sabbioso
- Loam prevalentemente sabbioso limoso

..... Confini comunali

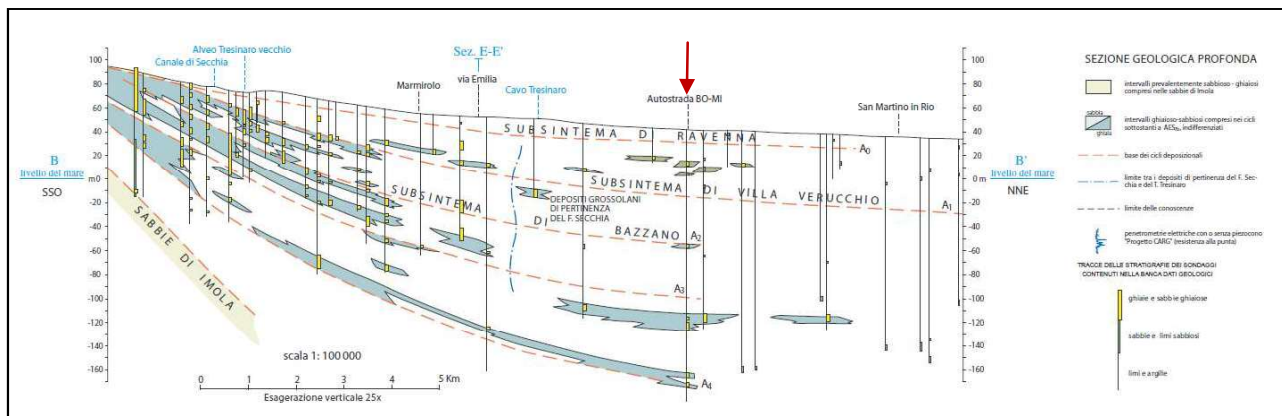
L'influenza deposizionale dei torrenti Rodano e Tresinaro è legata alla posizione del sito che si inserisce fra le due aste idrauliche naturali, pur ponendosi a distanza dalle stesse per circa 6-7 Km.

Prossimo al sito in direzione est, a circa mt.200 da Via San Pellegrino Nord, si rinviene il passaggio del Cavo Tresinaro, condotto idraulico rappresentato da uno scolo superficiale a sezione trapezoidale con altezze d'argine di circa mt.2/3 e svaso superiore di circa mt.4.

Il settore di pianura in esame si colloca al margine nord delle conoidi dei corsi d'acqua appenninici, dove l'energia di deposito tende a sfumare su termini più fini e in cui le porzioni a tessitura più grossolana, accumulate in ambiente di conoide alluvionale, si riducono sensibilmente sino a scemare.

Tale configurazione strutturale risulta ben documentata nella sezione geolitologica allegata (sezione longitudinale 51 estratta dalla cartografia geologica regionale), in cui la freccia indica il settore di intervento .

Come si nota le alluvioni grossolane che vanno a costituire un pseudomonostato nella zona apicale di conoide, tendono a frammentarsi e a compartimentarsi in direzione della media pianura, esaurendosi al limite frontale della conoide; più a nord il comparto di media pianura vede una netta prevalenza di termini fini con isolati setti sabbiosi/ghiaiosi.



Sezione longitudinale 51 (estratta dalla cartografia geologica regionale)

Dalla consultazione sommaria delle indagini prodotte in prossimità del sito e riportate nel database geognostico regionale, si rinvencono con una buona continuità livelli sabbiosi fra circa mt.2-8 da p.c. inframmezzati da livelli di depositi fini; bancate ghiaiose importanti si ritrovano a poco più di mt.30 da p.c., come rilevato nei sondaggi a carotaggio.

In superficie la distribuzione delle diverse classi litologiche avviene prevalentemente secondo corpi allungati in direzione all'incirca parallela al corso dei regimi idraulici naturali di superficie, secondo il verso di sedimentazione fluviale dovuta ai ripetuti fenomeni di esondazione.

La Cartografia dei suoli riporta sul sito la denominazione Consociazione dei suoli CATALDI franco argilloso limosi.

7. GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Il settore di media pianura rappresenta l'unità idrogeologica con la minore disponibilità idrica se raffrontata al settore di alta e bassa pianura; in questo contesto, dove le alluvioni sono riferibili in prevalenza al dominio deposizionale del vecchio tracciato del torrente Tresinaro, i sedimenti sono prevalentemente caratterizzati da litologie medio fini.

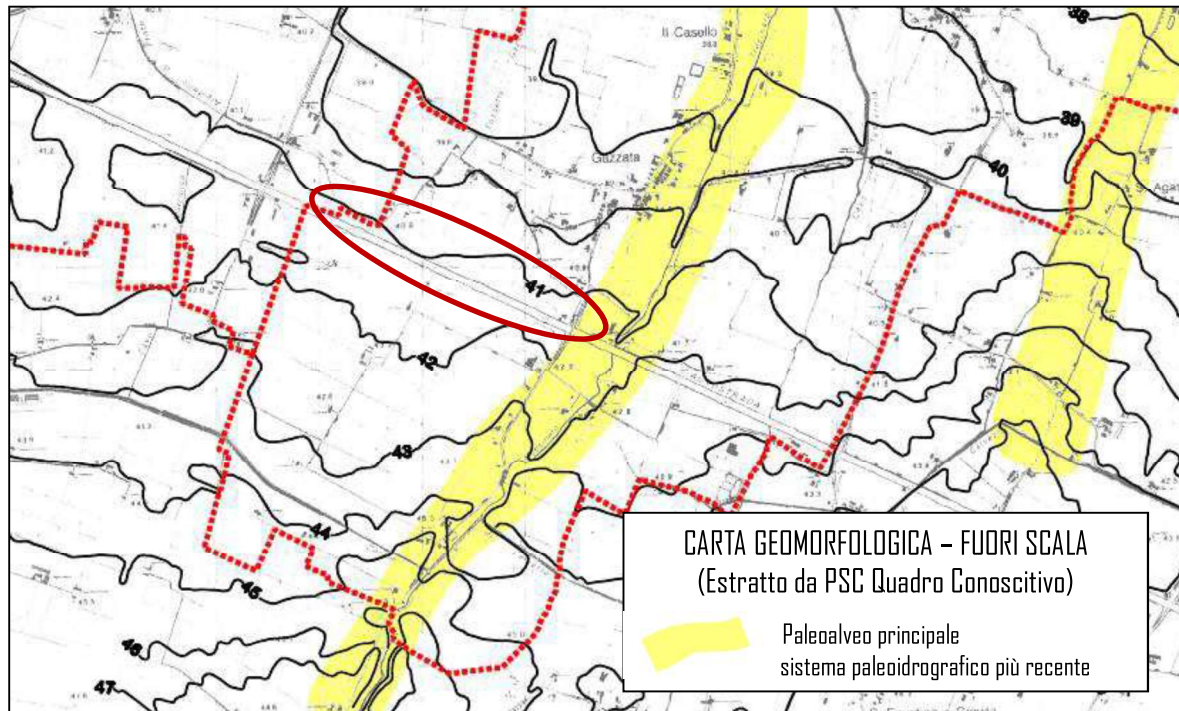
I vettori idrici sotterranei risultano condizionati dall'evoluzione morfologica subita dal torrente Tresinaro e comunque nel complesso sono orientati in direzione NE, in sintonia con l'attuale vettore idrico principale di superficie; l'alimentazione prevalente avviene per deflusso idrico sotterraneo dalla zona di alta pianura, che costituisce il serbatoio idrico principale.

Il cavo Tresinaro, passante poco più ad est dell'area di intervento, è in realtà quel che rimane oggi dell'antico alveo del torrente omonimo che scorre a distanza in direzione SE nel territorio tra i Comuni di Scandiano e Rubiera fino a sfociare in sinistra al fiume Secchia presso Rubiera.

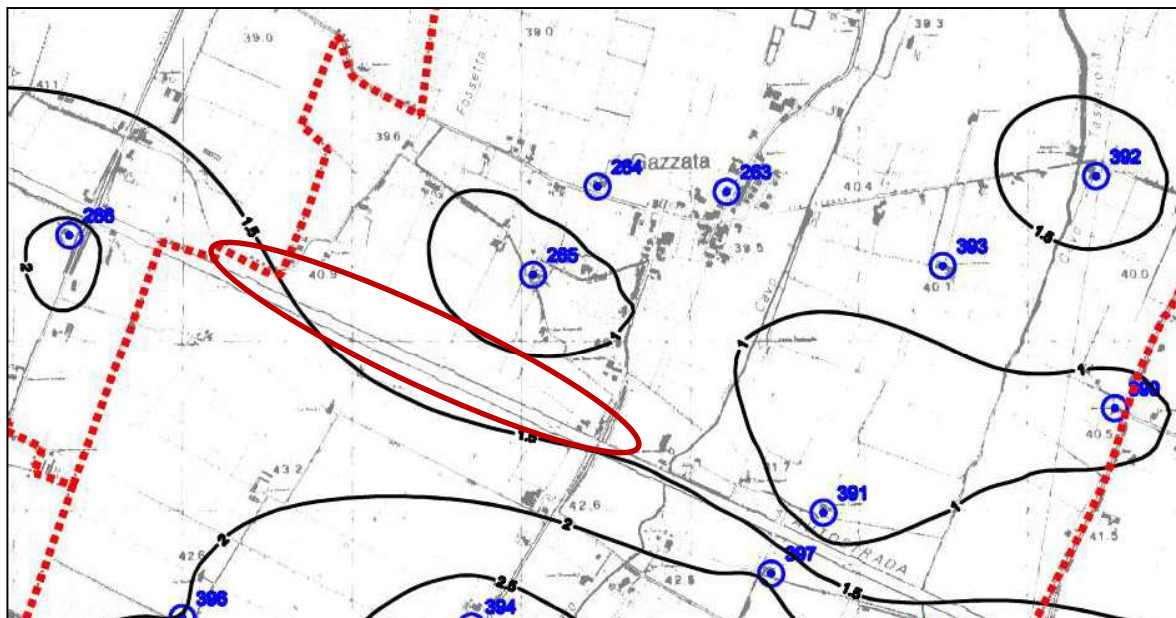
Si hanno informazioni, dalle notizie pubblicate, di un fenomeno di esondazione del Cavo Tresinaro nel novembre del 2019 poco più a nord di Gazzata su Via Stradone; dalla *Carta delle aree storicamente inondate dal 1936 al 2006* del PTCP (2008), sul luogo non sono segnalate inondazioni.

La condizione morfologica si rispecchia nelle forme del paesaggio pianeggiante, quotato a circa ml.41 s.l.m. e solo morfologicamente interrotto da deboli ondulazioni lievemente rilevate denominate "dossi", di forma allungata, rappresentanti gli antichi paleoalvei fluviali; un paleoalveo sepolto del Tresinaro lambisce l'estremità est dell'area di intervento, come indicato nella *Carta Geomorfologica* allegata.

Per la contenuta presenza di bancate sabbiose, non abbondanti risultano gli acquiferi nel sottosuolo se non a profondità rilevanti; i pozzi trivellati della zona pescano nella prima bancata ghiaiosa posta a poco più di mt.30 da p.c. e più frequentemente a maggiori profondità.

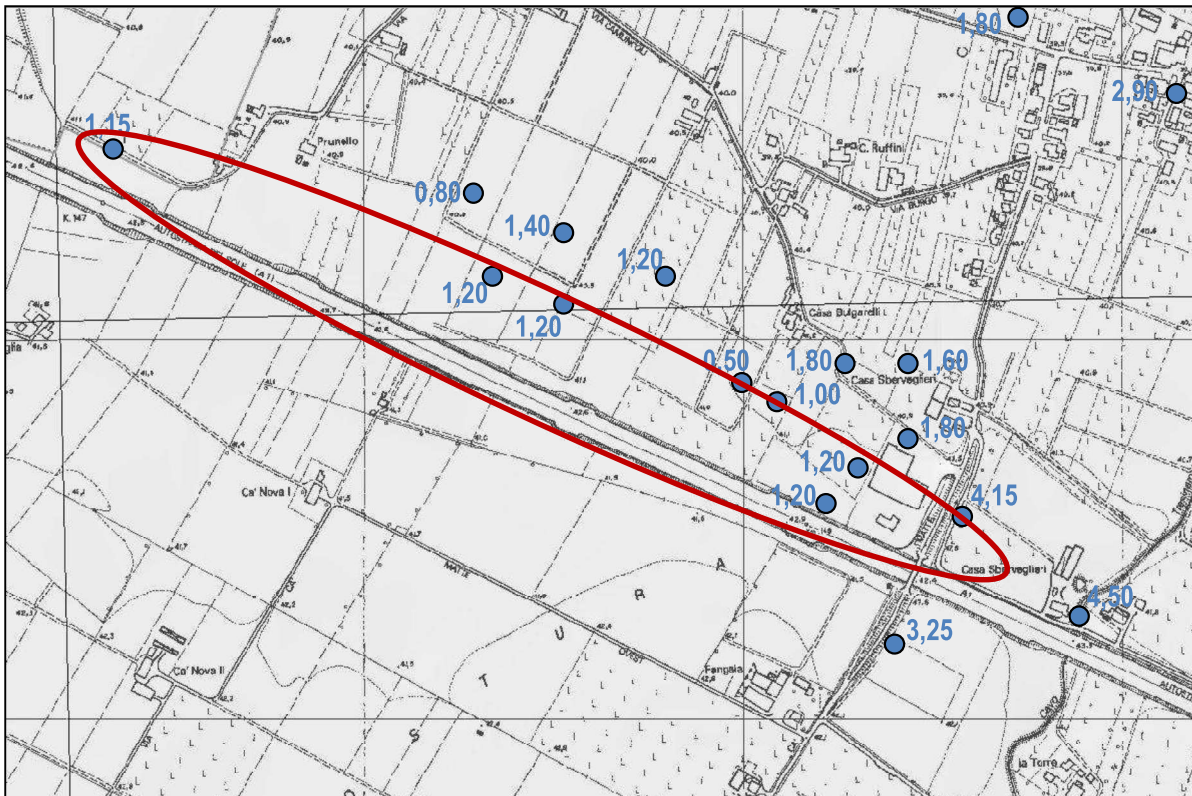


Nel primo sottosuolo si rilevano tuttavia livelli acquiferi superficiali insediati in lenti sabbiose e limo sabbiose tracce residue dell'antico passaggio fluviale; dal database geognostico regionale le quote idriche di prima falda si attestano, come valore medio, intorno a circa mt.1,0-1,5 di profondità e il dato viene confermato anche nella tavola *Soggiacenza della falda freatica* riportata in allegato.



Dal database geognostico regionale si riportano, su base CTR (*Planimetria CTR Scala 1:10.000 – Quote freatiche in foro geognostico*), i livelli idrici misurati nei diversi fori di sondaggio; i dati idrici danno un'indicazione di massima delle quote freatiche, ma non possono essere fra loro correlabili a definire un quadro di dettaglio dell'andamento della prima quota di falda, in quanto definiti in periodi stagionali e anni fra loro differenti.

Le quote del primo livello idrico sotterraneo desunte in un periodo stagionale prossimo al periodo di massima, porta a rilevare come la tavola idrica non risulti interferente con le profondità di scavo previste e con gli elementi costituenti la struttura del progetto stradale.



PLANIMETRIA CTR SCALA 10.000 – QUOTE FREATICHE IN FORO GEOGNOSTICO

● Punto di misura (valore quota falda espresso in mt. da p.c.)

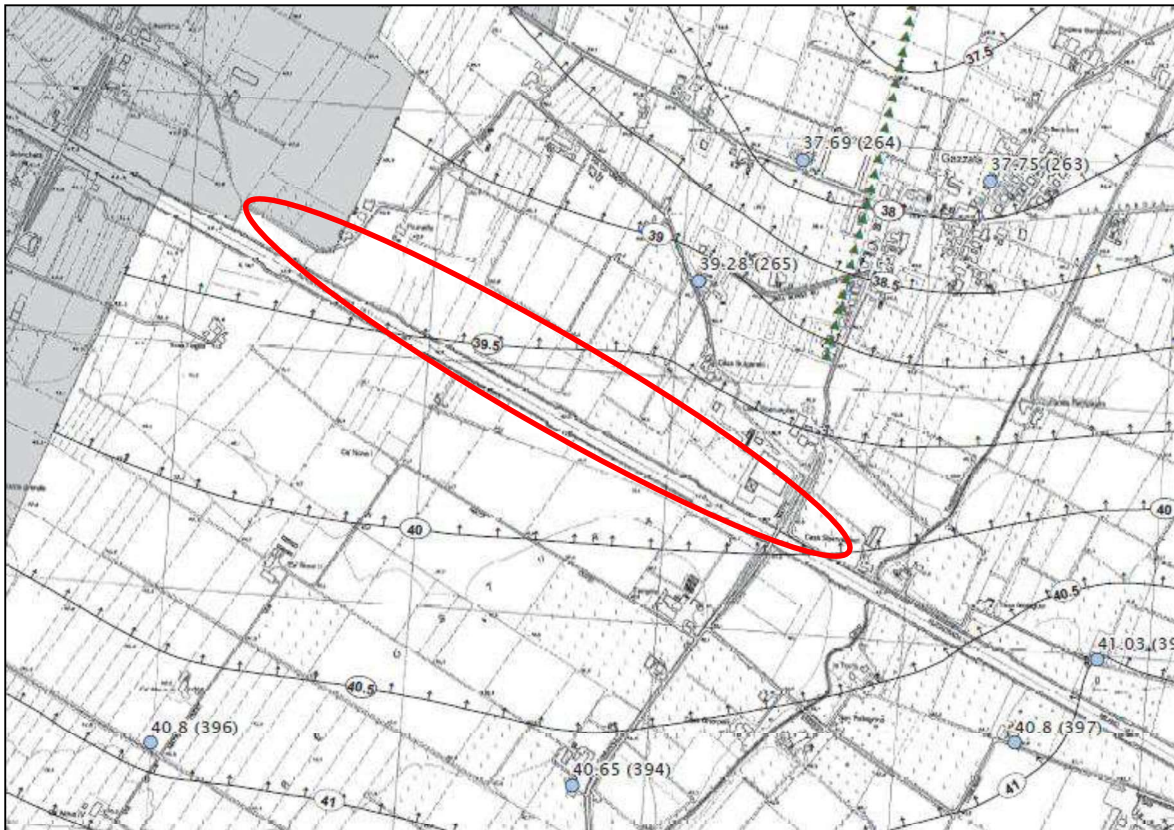
Risulta inoltre utile riportare, per completezza, la più recente *Carta isopieze primo acquifero* nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica della Regione Emilia-Romagna finanziato con il contributo di cui OPCM n. 4007/2012 per gli interventi di prevenzione del rischio sismico.

La cartografia allegata mostra un andamento subparallelo delle isopieze con flusso ordinato da S verso N in accordo con le modalità di flusso vettoriali dello schema padano, senza rilevare sul sito anomalie o andamenti non conformi.

In direzione del centro abitato di Gazzata, la disposizione delle isopieze tendono a configurarsi concave verso nord, delineando un asse preferenziale di drenaggio sotterraneo; nel comparto di interesse l'andamento risulta invece più lineare nella direzione trasversale alla pianura definendo un flusso regolare ed omogeneo.

In particolare l'area in esame è caratterizzata dall'isopieza di mt.39,5 s.l.m. su di una superficie quotata a circa mt.41 s.l.m.; di fatto si riscontra una soggiacenza di circa mt.1,50 e il dato è in accordo con quanto in precedenza riportato.

In allegato si riporta l'estratto della zona di interesse.



**REGIONE EMILIA-ROMAGNA
MICROZONAZIONE SISMICA - CARTA ISOPIEZE PRIMO ACQUIFERO**

Legenda

Elementi geologici e idrogeologici

36.35 (395)

● Piezometria della falda (metri sul livello del mare) e numero d'ordine



Isopieze della falda (metri sul livello del mare) con direzione del flusso idrico sotterraneo



Fascia di spartiacque idrico sotterraneo



Fascia di drenaggio idrico sotterraneo

Altri elementi rappresentati



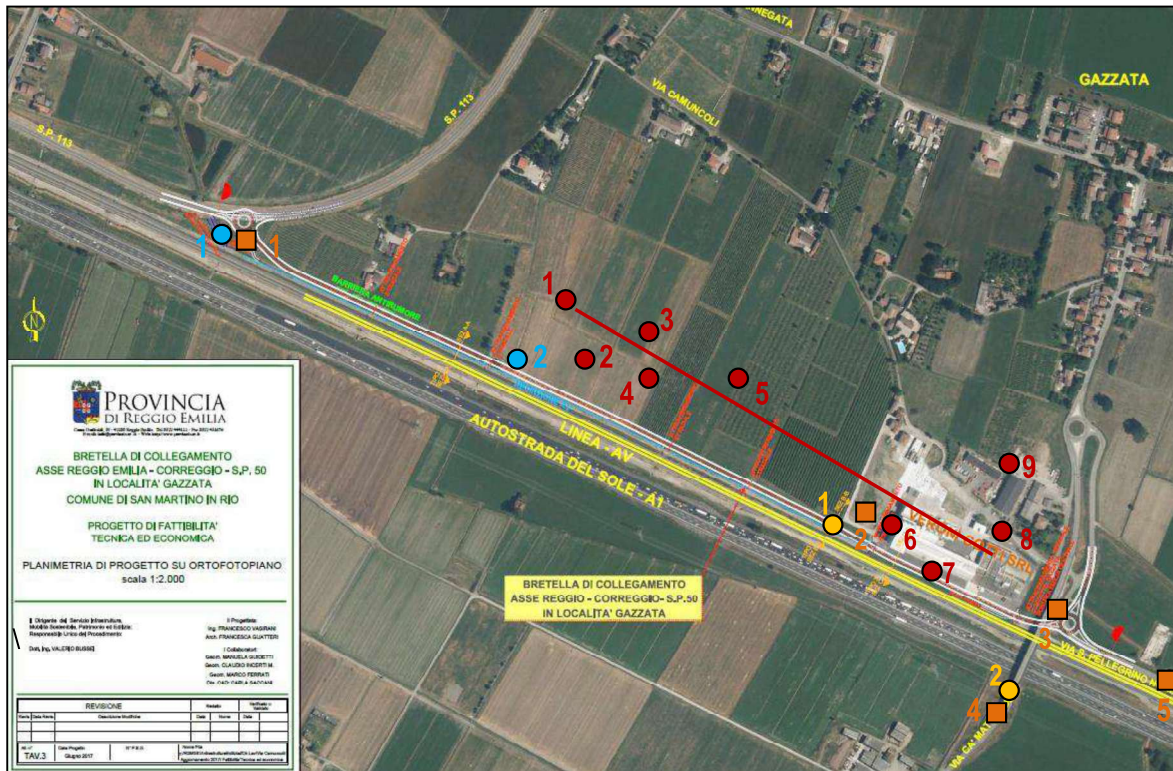
Limite di Comune

8. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la ricostruzione del modello di sottosuolo, sia in termini litostratigrafici che da un punto di vista geomeccanico, si sono consultate le numerose ricognizioni penetrometriche e le verticali di sondaggio prodotte sul sito e documentate nel database geognostico regionale (Progetto CARG).

A seguire, come prima illustrazione, sulla planimetria di progetto in ortofoto si riportano le indagini geognostiche consultate e richiamate con un numero identificativo nei successivi elaborati allegati; in particolare le prove in sito raccolte consistono in:

- Prove CPT prova penetrometrica statica (N.9 prove)
- Prove CPTE prova penetrometrica statica con punta elettrica (N.2 prove)
- Prove CPTU prova penetrometrica statica con piezocono (N.2 prove)
- Sondaggio a carotaggio continuo (N.5 sondaggi)



PLANIMETRIA DI PROGETTO SU ORTOFOTOPIANO (FUORI SCALA) UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

● CPT ● CPTE ● CPTU ■ Sondaggio a carotaggio continuo

— Linea di correlazione CPT

Si illustrano a commento gli esiti delle indagini accorrandole per tipologia di indagine, in quanto le valutazioni e successive interpretazioni tengono conto del metodo investigativo.

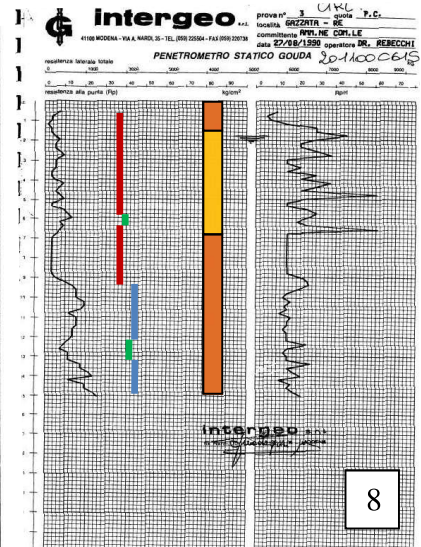
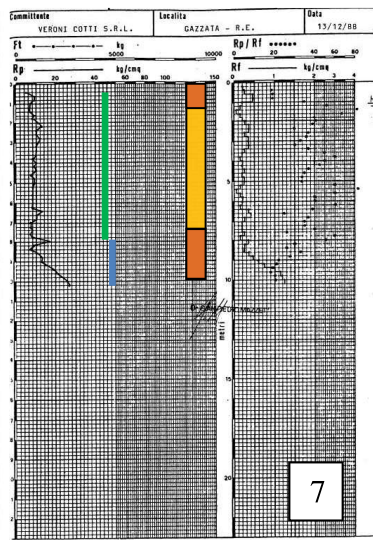
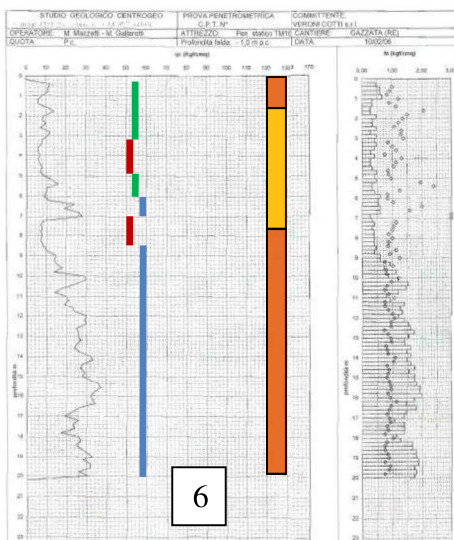
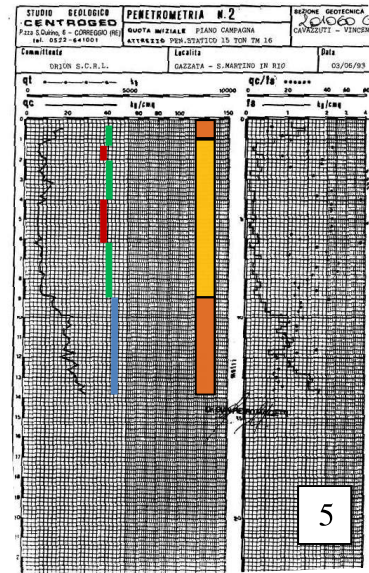
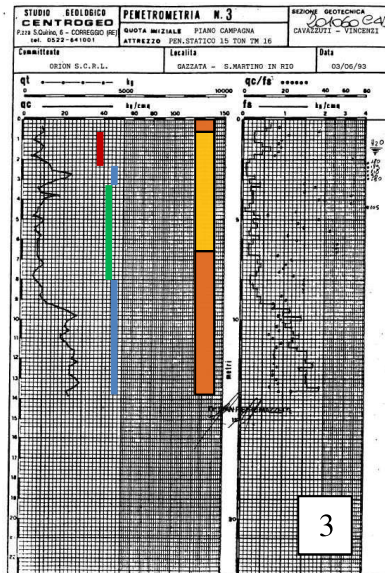
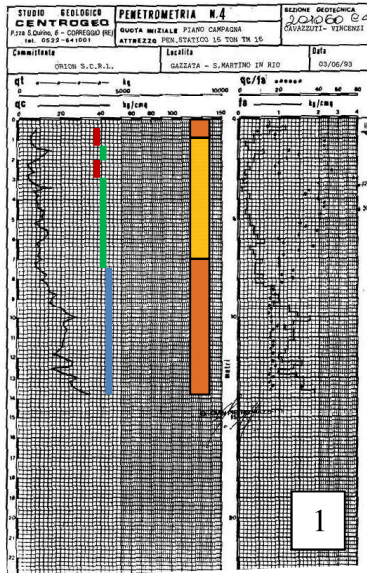
Prove CPT

Le ricognizioni ricoprono arealmente il settore centrale e laterale est dell'area di intervento, con lieve discostamento in direzione nord; le stesse hanno raggiunto profondità variabili da un minimo di mt.10 (CPT7) a un massimo di mt.20 (CPT6).

L'esame dei diagrammi allegati, consente una prima valutazione del sottosuolo che identifica, in base al rapporto qc/fs (metodo litologico - resistenza alla punta/attrito laterale), terreni a buona omogeneità e costituiti complessivamente da una copertura fine che poco oltre mt.1,0-1,5 da p.c. sfuma su una sequenza di limi argillosi inframmezzati da sottili orizzonti di limi sabbiosi che si spingono sino a circa mt.7-9 da p.c.; al di sotto si ritrovano alluvioni fini argillo limose.

Anche in termini di resistenza le prove sono fra loro correlabili riconoscendo una buona omogeneità litomeccanica con qc che si attestano su valori medi tendenti a circa 10 Kg/cm² nei primi mt.8-9 da p.c. (presenza nel campo di riferimento anche di alcuni livelli con qc<10 Kg/cm²) e scadenti in CPT8 (valori di qc<10 Kg/cm²), con successivo incremento delle resistenze nel range dei 10-20 Kg/cm² e più frequentemente a valori di 20 Kg/cm².

Per meglio rappresentare le caratteristiche di sottosuolo così definite e desumibile dalle CPT consultate, si considera di rappresentare il modello di sottosuolo lungo un asse ipotetico CPT1-CPT8 prendendo a riferimento le prove intermedie numero 3-5-6-7.



Diagrammi CPT 1-3-5-6-7-8

- Terreni in prevalenza argillo limosi
- Terreni in prevalenza argillo limosi inframmezzati da sottili livelli limo sabbiosi
- Tratto di resistenza a q_c medio < 10 Kg/cmq
- Tratto di resistenza a q_c medio di circa 10-15 Kg/cmq
- Tratto di resistenza a q_c tendente a circa 20 Kg/cmq

Nei diagrammi allegati delle prove si evidenzia la distribuzione verticale dei sedimenti e il tracciamento di fasce a differente resistenza; si può notare una immediata corrispondenza fra le ricognizioni in termini sia di litologia che di resistenza.

Prove CPTE

La prova penetrometrica statica con punta elettrica consente di effettuare in continuo, ogni centimetro di avanzamento (a differenza della CPT con punta meccanica in cui il passo di misura è solitamente di cm.20) i valori di resistenza alla punta q_c e i valori di attrito laterale f_s .

Le n.2 prove CPTE consultate si ubicano nella metà ovest dell'area di intervento e sono state spinte sino a mt.20 di profondità.

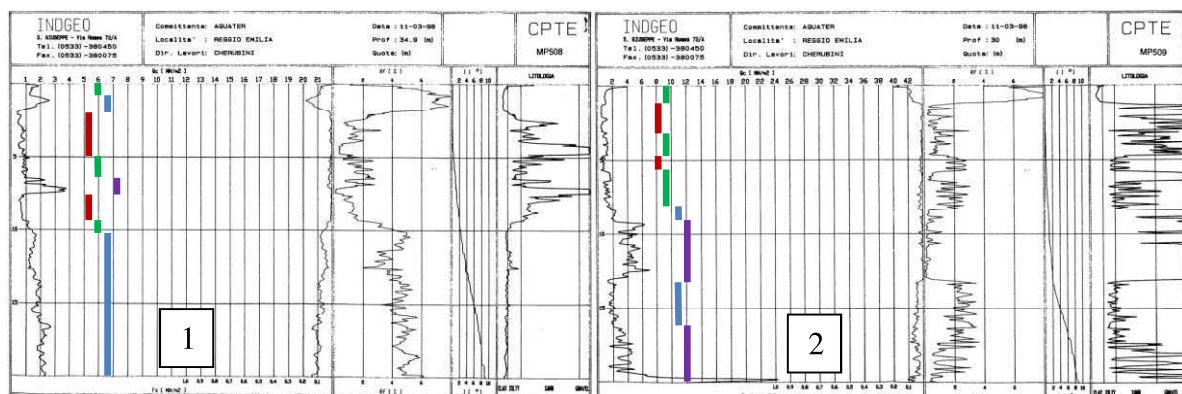
Dai diagrammi allegati si riconferma il modello definito dalle CPT, in cui spicca al di sotto di una prima copertura fine dello spessore di circa mt.2,0 in CPTE1 e di circa mt.1,0 in CPTE2, la presenza di:

-una potente coltre di sedimenti caratterizzati da alternanza di livelli limosi e sabbiosi limosi in CPTE1 che si spinge sino a 9 da p.c.

-una potente coltre di sedimenti caratterizzati da una marcata prevalenza di livelli sabbiosi in CPTE2 che si spinge sino a circa mt.13 da p.c.

Le restanti sequenze sino a traguardo a mt.20 da p.c. si attestano su tessiture fini, ad eccezione della fascia di circa mt.17,50-20,00 da p.c. in CPTE2 in cui si riscontrano nuovamente litologie in prevalenza sabbiose.

Pur confermando l'esistenza anche di termini sabbiosi nella prima metà delle verticali indagate, dato che si riprende con il modello definito nelle CPT, a mio parere la restituzione di diagramma appare eccessivamente spostata verso le tessiture sabbiose, in quanto i corrispondenti valori di q_c risultano decisamente modesti per il litotipo sabbioso (q_c medio di circa 1 Mn/mq con valori puntuali anche inferiori).



Diagrammi CPTE 1-2

- Tratto di resistenza a q_c medio < 10 Kg/cm²
- Tratto di resistenza a q_c medio di circa 10-15 Kg/cm²
- Tratto di resistenza a q_c tendente a circa 20 Kg/cm²
- Tratto di resistenza a q_c >> di 20 Kg/cm²

In termini di resistenza si riscontra un primo pacco di terreni a resistenza approssimabile a circa 1 MN/mq (circa 10 Kg/cm²), con locali livelli anche a q_c > 10 Kg/cm², che oltre mt.10 in CPTE1 e oltre mt.9,0 in CPTE2 rispetto al p.c. si attestano su valori buoni.

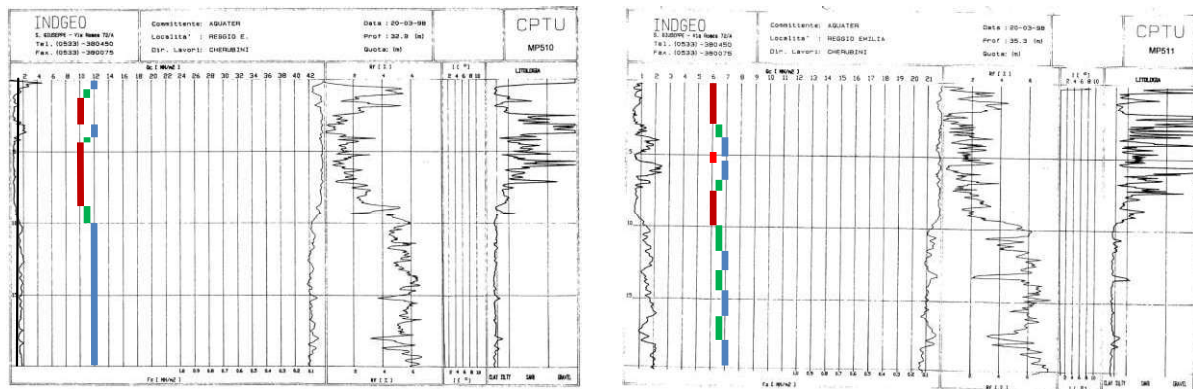
Prove CPTU

La prova CPTU si svolge in maniera analoga alla precedente; la differenza è nella tipologia della punta in quanto viene utilizzato il piezocono che registra la pressione interstiziale, ossia la sovrappressione che si genera durante l'infissione.

Le 2 prove CPTE consultate si ubicano nella metà est dell'area di intervento e sono state spinte sino a mt.20 di profondità.

Dai diagrammi si evince una prima coltre caratterizzata in prevalenza da termini sabbiosi che si spingono sino a circa mt.7,0 da p.c., con restante sviluppo sino a traguardo su litologie fini; in termini di resistenza si registrano valori complessivamente modesti sino a circa mt.10 in entrambe le prove, con qualche picco in CPTU2 e con successivo incremento dei valori di qc che tendono a stabilizzarsi nel range di circa 15-20 Kg/cmq.

Nel complesso buona appare la correlazione fra le due ricognizioni che riportano risultati fra loro confrontabili, a testimonianza di una buona omogeneità litologica e litomeccanica.



Diagrammi CPTU 1-2

- Tratto di resistenza a qc medio < 10 Kg/cmq
- Tratto di resistenza a qc medio di circa 10-15 Kg/cmq
- Tratto di resistenza a qc tendente a circa 20 Kg/cmq

Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio (S) sono distribuiti in prevalenza nella porzione est del futuro intervento dove si concentrano n.4 verticali d'indagine, mentre una sola è ubicata circa presso la futura rotatoria sulla S.P.113; la prova consente di definire nel dettaglio, senza un metodo interpretativo utilizzato nelle penetrometrie statiche, la sequenza litostratigrafica.

In S1, oltre uno strato di copertura argillo limoso consistente, nella fascia di mt.2,50-7,80 da p.c. si riscontrano livelli di limi argillosi con sabbia e in particolare un marcato strato sabbioso nell'intervallo di mt.5,75-7,80 da p.c.

Segue un livello di limo con argilla moderatamente consistente e oltre mt.9,50 da p.c. si riscontra un potente strato di argille grigie consistenti che a partire da mt.25,50 da p.c. e sino a traguardo a mt.30 da p.c. sono inframmezzate a livelletti di sabbie limose; il livello idrico in foro è segnalato a mt.1,15 da p.c.

L'esito stratigrafico di S2 presenta una copertura fine di circa un metro di spessore, seguito da limi argillosi sabbiosi in alternanza sino a mt.2,0 da p.c.

La successiva sequenza è costituita da una serie alternata di argille e limi sino a traguardo a mt.25 di profondità, in cui si distinguono solo due livelli con presenza di sabbie negli intervalli di mt.3,30-5,00 (intercalazioni di limi sabbiosi) e di mt.23,45-24,15 (sabbie debolmente limose); il livello idrico in foro è segnalato a mt.0,50 da p.c.

In S3, oltre una copertura di mt.3,20 di spessore a tessitura fine e a consistenza molto variabile, si sono intercettati livelli di limi sabbiosi e di limi con sabbia poco consistenti che si spingono sino a mt.7,00 da p.c.

A seguire la stratigrafia è dominata da livelli fini di argille e argille limose consistenti inframmezzati da orizzonti di limi sabbiosi e sabbie limose intercettati nei seguenti intervalli di quote da p.c.:

- mt.11,40–11,90 (limi sabbiosi)
- mt.16,40-16,80 (argille limose debolmente sabbiose)
- mt.23,50-24,90 (limi e argille sabbiose)
- mt.24,90-25,50 (sabbie).

A mt.31,30 si intercetta un potente materasso di ghiaia in matrice limo sabbiosa che si spinge, con interstrati sottili di sabbie, sino a mt.39,10 da p.c.

Le restanti sequenze sino a traguardo a mt.50 da p.c. sono caratterizzate da prevalenti fasce di argille limose con locali livelletti di sabbie.

Nella verticale di S4 la stratigrafia segnala subito al di sotto dello strato agrario, una fascia a prevalente natura sabbiosa sino a mt.8,10 da p.c.

Il passaggio sfuma su argille limose consistenti che si spingono sino a mt.24,50 da p.c. a che solo a luoghi sono inframmezzate da sottilissimi livelli di argille limose debolmente sabbiose; segue uno strato significativo in spessore di sabbie limose e sabbie sino a mt.28,00 da p.c., che si ritrovano più in profondità a livelli negli intervalli di mt.29-30 e di mt.34-35 da p.c.

Alla quota di mt.35 da p.c. si intercetta il materasso ghiaioso frammisto a sabbie, il cui spessore si spinge sino a mt.41,80 da p.c.; seguono sequenze argillose sino a traguardo a mt.60 da p.c., con la distinzione di uno strato sabbioso con ghiaia nell'intervallo di quota di mt.52,50-54,50 rispetto al p.c.

Il livello idrico in foro è segnalato a mt.3,26 da p.c., anche se il dato deve intendersi approssimativo in quanto rilevato prima della fine dei lavori di sondaggio e pertanto condizionato.

Nella stratigrafia di S5 la copertura, da consistente a molto consistente, è riconosciuta come a prevalente natura limosa con argilla sino a mt.3,80 da p.c.

Un livello sabbioso è segnalato nell'intervallo successivo sino a mt.5,00 da p.c. a cui seguono alluvioni in prevalenza fini, argillose e argillo-limose da moderatamente consistenti a consistenti, sino a traguardo a mt.35 da p.c., in cui gli unici livelli anche con presenza di sabbie si collocano negli intervalli di quota di mt.22,00-22,90 e di mt.24,80-24,90 da p.c.

Il livello idrico in foro è segnalato a mt.4,50 da p.c., anche se il dato deve intendersi approssimativo in quanto rilevato, anche in questo caso, prima della fine dei lavori di sondaggio e pertanto condizionato.

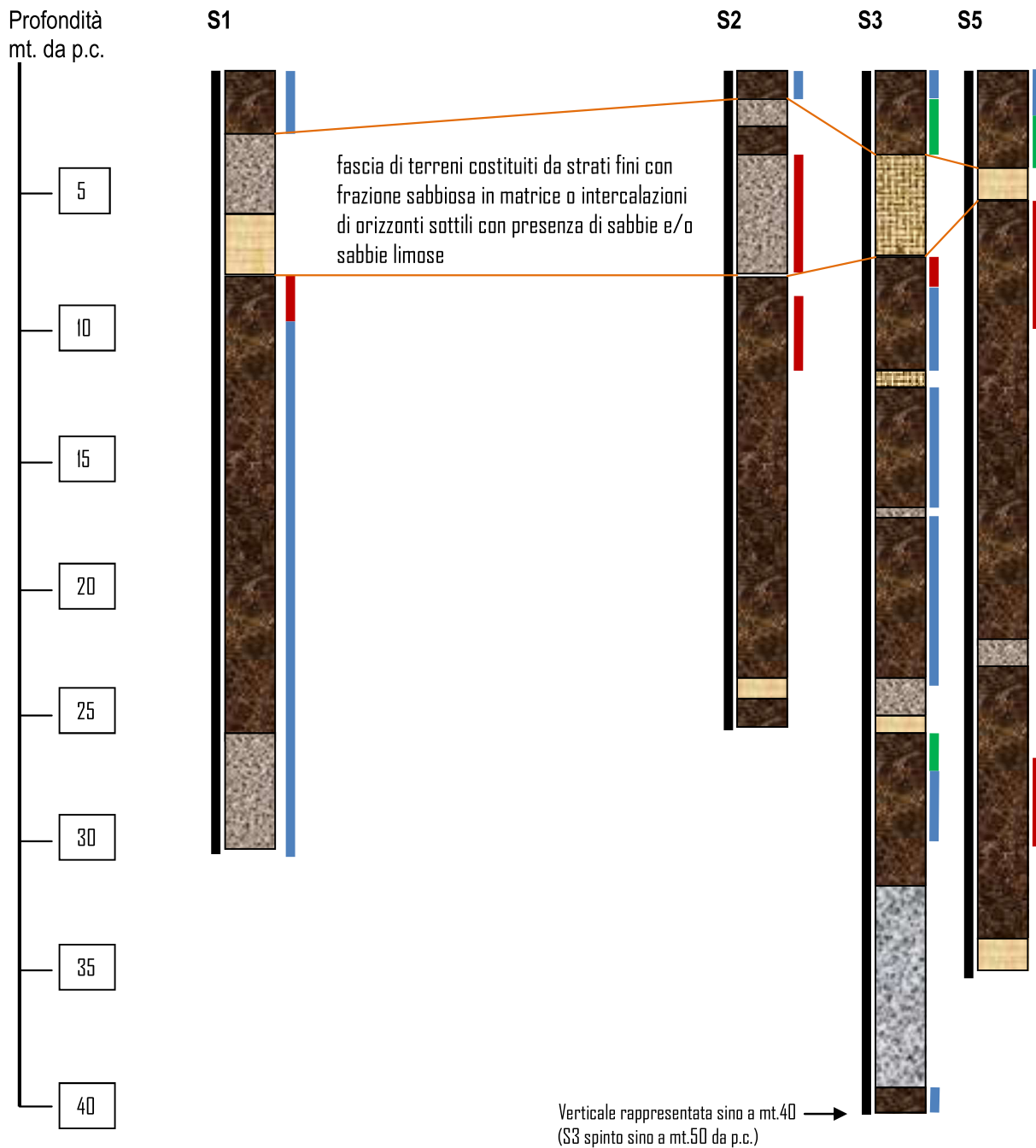
Occorre specificare che le descrizioni litologiche lungo le verticali di sondaggio si basano su valutazioni qualitative che dipendono dall'esperienza e dalla sensibilità del rilevatore e pertanto le informazioni sulla natura litologica devono essere assunte con un certo margine di errore.

A seguire, a riepilogo delle informazioni estratte dai certificati di indagine pubblicati sul portale telematico della Regione Emilia-Romagna, si rappresenta una sezione stratigrafica schematica lungo la direttrice S1-S2-S3-S5 che rappresenta anche l'allineamento lungo il quale verrà a realizzarsi l'opera in esame.

La sezione vuole visualizzare le correlazioni stratigrafiche ed in particolare la fascia superiore contraddistinta da livelletti sabbiosi inframmezzati a strati più fini anche in matrice sabbiosa; tale caratteristica è stata riscontrata anche nell'esito delle ricognizioni penetrometriche in precedenza analizzate.

La sezione ha inoltre voluto rimarcare gli strati a differente consistenza nei tratti in cui la descrizione nei certificati di campagna ne ha riportato il giudizio.

SEZIONE STRATIGRAFICA SCHEMATICA ASSE S1-S5



LEGENDA

- | | |
|--|---|
| | Strati fini argillosi e limosi |
| | Strati misti argillosi e limosi con frazione sabbiosa e sabbioso limosa |
| | Strati di limi sabbiosi |
| | Strati di Sabbie |
| | Ghiaie sabbiose |
| | Livelli a moderata consistenza |
| | Livelli a media consistenza |
| | Livelli a forte consistenza |

9. ASPETTI SISMICI

La Provincia di Reggio Emilia è caratterizzata da una sismicità da media (zona 2) a medio-bassa (zona 3), con terremoti storici che sovente hanno raggiunto una intensità pari al VII-VIII grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS); i terremoti più intensi hanno raggiunto una magnitudo compresa fra 5,5 e 6 della Scala Richter (intensità del IX-X grado della scala MCS) e gran parte di questi eventi sono caratterizzati da meccanismi focali di tipo compressivo.

La sismicità sul territorio provinciale non è omogenea, concentrandosi in prevalenza sull'asse appenninico legato al fronte della struttura nota come *trust* pedeappenninico, connessa nel medio alto Appennino al settore della Garfagnana, storicamente capace di generare sismi di magnitudo superiore a 6, e nel settore di bassa pianura alla presenza di una struttura anticlinale sepolta nota con il nome di Dorsale Ferrarese che ha causato gli ultimi forti eventi sismici del maggio-giugno 2012 nella bassa modenese.

Dal Catalogo Parametrico Italiano dei Terremoti si è estratta la storia sismica del Comune di San Martino in Rio.

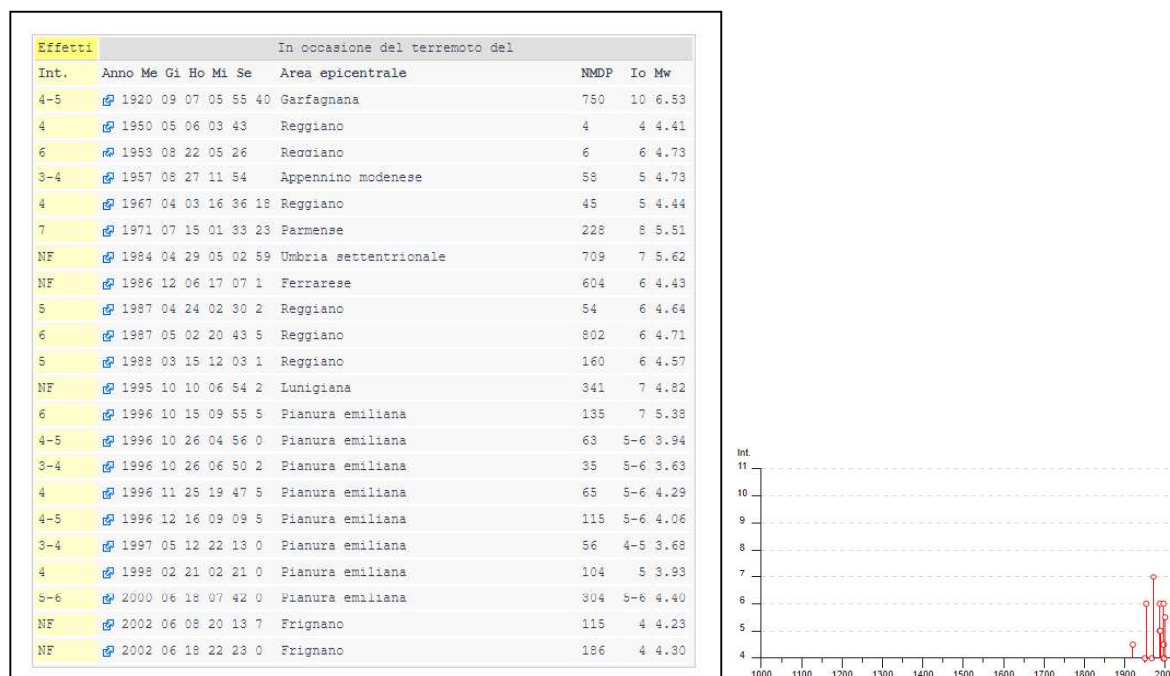


Diagramma della storia sismica di San Martino in Rio, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4.

Da INGV - Database Macrosismico Italiano 2015

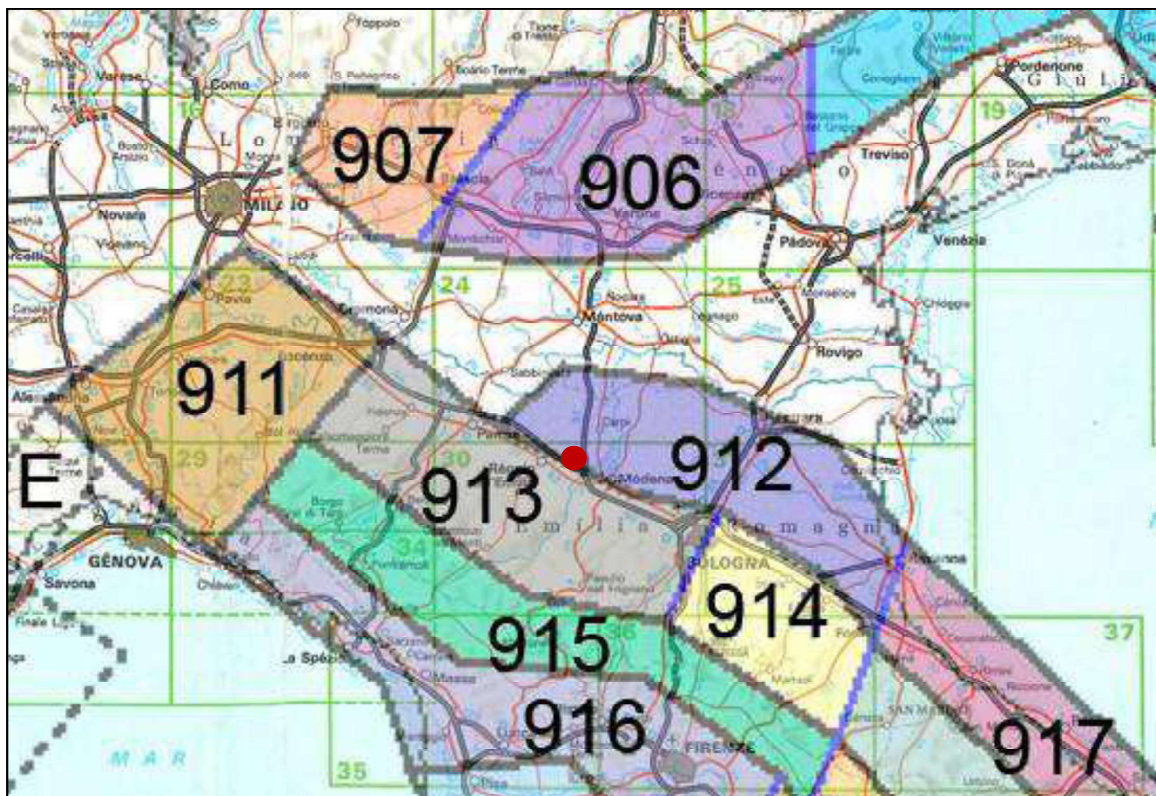
In riferimento alla zonazione ZS9, il territorio comunale di San Martino in Rio è compreso nella "zona sorgente" 912 denominata "Dorsale Ferrarese", che rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale; in tale settore la sismicità evidenzia l'andamento del fronte compressivo sepolto più avanzato (a ridosso del Po).

La zona 912 confina a sud con la zona sismogenetica 913 denominata "Appennino Emiliano-Romagnolo" che costituisce una fascia di transizione nella quale convivono meccanismi di fagliazione diversi (vedi *Schema Sismotettonico delle Zone Sorgenti* in allegato).

Il database INGV delle Sorgenti Individuali Sismogenetiche (Database of Individual Seismogenetic Sources – DISS version 3.2.0), di cui si riporta un estratto in allegato, individua nel territorio della pianura reggiana in esame le seguenti Sorgenti Sismogenetiche Composite;

SSC codificata con la sigla ITCS049: Campegine-Correggio

Questa sorgente si trova a nord-est della città di Reggio Emilia e appartiene al fronte di spinta dell'Arco di Ferrara. I cataloghi storici e strumentali mostrano una serie di terremoti da intermedi a dannosi che hanno interessato l'area; sono i terremoti dell'11 settembre 1831 (Mw 5,5, Reggiano), del 10 febbraio 1547 (Mw 5,2, Reggio Emilia), l'evento del 20 giugno 1671 (Mw 5,3, Rubiera), i terremoti del 12 febbraio 1806 (Mw 5,3), del 25 dicembre 1810 (Mw 5,3, Novellara), mentre il 15 ottobre 1996 (Mw 5,4) ha colpito il settore sud-occidentale della sorgente. La magnitudo massima per la sorgente composita è di 5,5 Mw.



SCHEMA SISMOTETTONICO DELLE ZONE SORSENTI

(C. Meletti e G.Valensise – 2004, parz. Mod)

SSC codificata con la sigla ITCS051: Carpi-Poggio Renatico

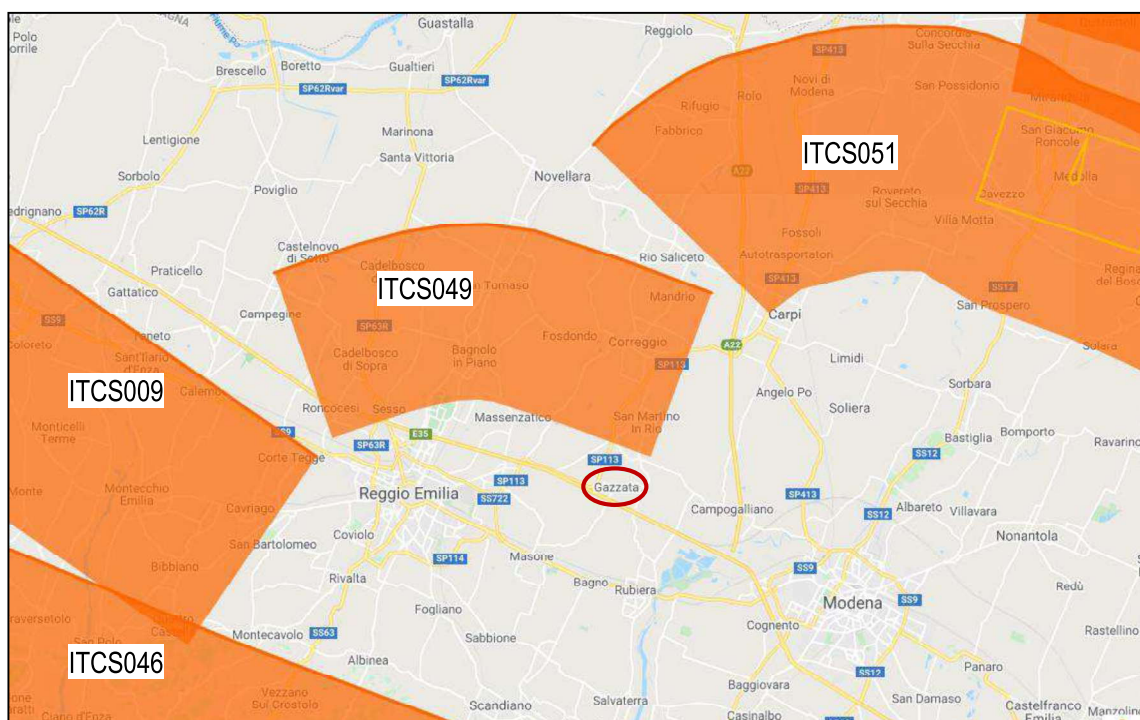
Questa Fonte Composita si trova a cavallo della regione attraverso le valli del fiume Reno inferiore e del fiume Secchia e appartiene al fronte di spinta dell'Arco di Ferrara. Questo sistema di faglie è l'arco esterno al confine NE all'estremità nord-orientale della catena dell'Appennino settentrionale, ben all'interno della Pianura Padana, e segna la spinta nord-orientale più avanzata con potenziale sismogenico dannoso negli Appennini. Oltre alla sequenza dei terremoti del 2012, i cataloghi storici e strumentali mostrano un intermedio scarso ($4,5 < Mw < 5,0$) di sismicità nella regione, con la notevole eccezione del terremoto di Ferrara del 22 Feb 1346 (Mw 5,8). La magnitudo massima per la sorgente composita è di 6,0 Mw.

SSC codificata con la sigla ITCS009: Busseto-Caviago

Questa Fonte Composita si ubica da Reggio Emilia (a sud-est) verso Parma, proseguendo verso NW e appartiene al fronte di spinta esterno dell'Appennino settentrionale. Cataloghi storici e strumentali mostrano una serie di terremoti dannosi in tutta l'area; da nordovest a sudest sono il terremoto del 5 novembre 1738 (Mw 5,4, Parma), del 11 giugno 1438 (Mw 5,6, Parmense), del 15 luglio 1971 (Mw 5,6, Parmense), del 13 marzo 1832 (Mw 5,6, Reggiano), e dell'11 settembre 1831 (Mw 5,5, Reggiano). Infine, una sismicità intermedia sparsa ($4,5 < Mw < 5,0$) può essere riscontrata in tutta la regione, inclusa una sequenza che si è verificata dalla fine del 1991 all'inizio del 1992. La magnitudo massima per la sorgente composita è di 5,6 Mw.

SSC codificata con la sigla ITCS046: Langhirano-Sassuolo

Questa Fonte Composita si trova a cavallo della regione attraverso le valli Secchia R. e Enza R. superiore, e appartiene al Fronte di spinta pedeapenninico. Si tratta di un sistema di faglia tendente a NE, in parte costituito da piccoli archi, sulle alte propaggini emiliano-romagnole della catena dell'Appennino settentrionale. Cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una scarsa concentrazione di sismicità sia intermedia ($4,5 < M_w 5,0$) che dannosa. I principali terremoti si sono verificati il 5 maggio 1501 ($M_w 5,8$, Appennino Modenese) e il 9 settembre 1818 ($M_w 5,6$, Langhirano), rispettivamente nei settori orientale e occidentale dell'area. Appena a nord della regione, nel 91 a.C. ebbe luogo un forte evento. ($M_w 5,7$, Modena-Reggio Emilia) ma la sua ubicazione può essere considerata incerta, data la sua età. La magnitudo massima per la sorgente composita è di 5,9 M_w .



Estratto del database INGV – DISS versione 3.2.0, con raffigurata le Sorgenti Composite (fasce arancio) nella zona della pianura reggiana e modenese.

Si riportano a seguire, dai dati INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), per vicinanza e stretta connessione con il sito in esame, gli ultimi eventi sismici del maggio-giugno 2012 che hanno interessato la bassa pianura modenese:

Terremoti recenti di Magnitudo superiore a 5 del maggio-giugno 2012 in Provincia di Modena (Fonte INGV)

Zona Sismica	Prov.	Ora UTC	Mag.	Lat - Lon
Novi di Modena	(MO)	03/06/2012 19:20:43	5,1	44.899, 10.943
Novi di Modena	(MO)	29/05/2012 11:00:25	5,2	44.879, 10.947
San Possidonio	(MO)	29/05/2012 10:55:57	5,3	44.888, 11.008
Medolla	(MO)	29/05/2012 07:00:03	5,8	44.851, 11.086
Finale Emilia	(MO)	20/05/2012 02:03:53	5,9	44.890, 11.230

Il tipo di meccanismo focale indica per le sequenze sismiche un meccanismo compressivo con direzione di massima compressione N-S e piani di faglia orientati E-W; le principali caratteristiche delle scosse principali del 20 maggio e del 29 maggio sono riportate nella successiva tabella.

ID	Data	Ora (UTC)	Lat.	Long.	Prof. (km)	ML	Distretto Sismico
IA	20/05/12	02.03.53	44,89°	11,23°	6,3	5,9	Pianura_padana_emiliana
IIA	20/05/12	02.07.31	44,86°	11,37°	5	5,1	Pianura_padana_emiliana
IIIA	20/05/12	13.18.02	44,83°	11,49°	4,7	5,1	Pianura_padana_emiliana
IB	29/05/12	07.00.03	44,85°	11,09°	10,2	5,8	Pianura_padana_emiliana
IIB	29/05/12	10.55.57	44,89°	11,01°	6,8	5,3	Pianura_padana_emiliana
IIIB	29/05/12	11.00.25	44,88°	10,95°	5,4	5,2	Pianura_padana_emiliana

Il picco massimo d'accelerazione registrato, in occasione dell'evento più forte (IA) è di 0.309 g, e corrisponde alla componente verticale (Up-Down); inferiori risultano i picchi corrispondenti alle due componenti orizzontali (0.264 in direzione Sud-Nord e 0.261 in direzione Ovest-Est).

Secondo l'INGV, le informazioni storiche per l'area sismogenetica 912, nella quale rientrano le zone interessate dai recenti fenomeni sismici della bassa pianura emiliana, evidenziano un'attività non molto frequente; la sismicità storica è considerata nel complesso come relativamente moderata, confrontabile con quella di altri settori della pianura padana (ad esempio l'area fra Reggiano e Parmense), che negli ultimi anni ha avuto terremoti relativamente frequenti di magnitudo compresa fra 4,5 e 5,5.

Sotto il profilo storico, per ritrovare nel settore della bassa emiliana un evento di severità comparabile (in termini di intensità macrosismica) a quelli principali del maggio 2012, occorre risalire al terremoto del 17 novembre 1570, quando quattro scosse fortissime provocarono molti danni alla città di Ferrara e a numerose località del circondario, ove furono particolarmente danneggiate chiese e campanili; la sequenza fu molto complessa e si ebbero numerose repliche fino ai primi mesi del 1572.

Storicamente nell'area compresa fra Ferrara e Mirandola sono noti alcuni terremoti di magnitudo prossima a 5.5 sul versante ferrarese (1346, 1561), nell'area di Finale Emilia e Bondeno (1574, 1908, 1986), nel mantovano (1901) e nella zona di Cento (1922).

Un altro evento storico di interesse, studiato di recente, è quello avvenuto nel 1639 con epicentro nei pressi di Finale Emilia, località ove produsse effetti del VII-VIII grado MCS (Scala Mercalli-Cancani-Sieberg); diversi terremoti sul versante sud-occidentale, di energia relativamente moderata, hanno interessato l'area di Carpi e l'area reggiana, ultimo dei quali quello del 15 ottobre 1996, (Mw 5.4) localizzato fra Bagnolo in Piano e Correggio.

10. CLASSIFICAZIONE SISMICA, EFFETTI ATTESI E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità; i Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione.

Dopo il terremoto del 2002 in Puglia e Molise, viene emanata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 2003, che ha riclassificato l'intero territorio nazionale in quattro zone a diversa pericolosità, eliminando le zone non classificate.

I criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale sono basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo, da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

Di fatto, sparisce il territorio “non classificato”, che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

In base alla suddetta Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274/2003, il territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche, a ciascuna delle quali è stato assegnato un valore del parametro dell'accelerazione orizzontale di picco a_g ; i valori di a_g (convenzionali su suolo di tipo A), espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni e sono contraddistinti dai seguenti valori per ogni zona sismica:

Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

Zona sismica	1	2	3	4
Valore di a_g	0.35 g	0.25 g	0.15 g	0.05 g

Il territorio del comune di San Martino in Rio, secondo la riclassificazione sismica introdotta dall'OPCM n.3274/2003, è stato inserito in zona 3.

Il Ministro delle Infrastrutture, di concerto con il Ministro dell'Interno e con il Capo Dipartimento della Protezione civile emana il 14 gennaio 2008 il Decreto Ministeriale che approva le nuove norme tecniche per le costruzioni, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 - Suppl. Ordinario n. 30; dopo un periodo di transizione e di sovrapposizione con le precedenti normative, l'applicazione di tali norme diventa obbligatoria dal 1 luglio 2009, come previsto dalla legge n.77 del 24 giugno 2009.

Di recente è entrato in vigore l'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto 17 Gennaio 2018) che riprende il vecchio testo del 2008 inserendo alcune modifiche; secondo le norme delle NTC 2008 riprese dalle recenti NTC 2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata la classificazione dei terreni compresi fra il piano di imposta delle fondazioni ed un substrato rigido di riferimento (bedrock).

Ai sensi delle NTC 2018 punto 3.2.2. “Categoria di suolo e condizioni topografiche” la caratterizzazione del sottosuolo in relazione ai possibili effetti sismici è determinata in funzione del valore di $V_{s_{eq}}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio sino ad un substrato rigido); nel caso di substrato rigido posto ad una profondità superiore a mt.30 il valore di $V_{s_{eq}}$ è definita dal parametro $V_{s_{30}}$.

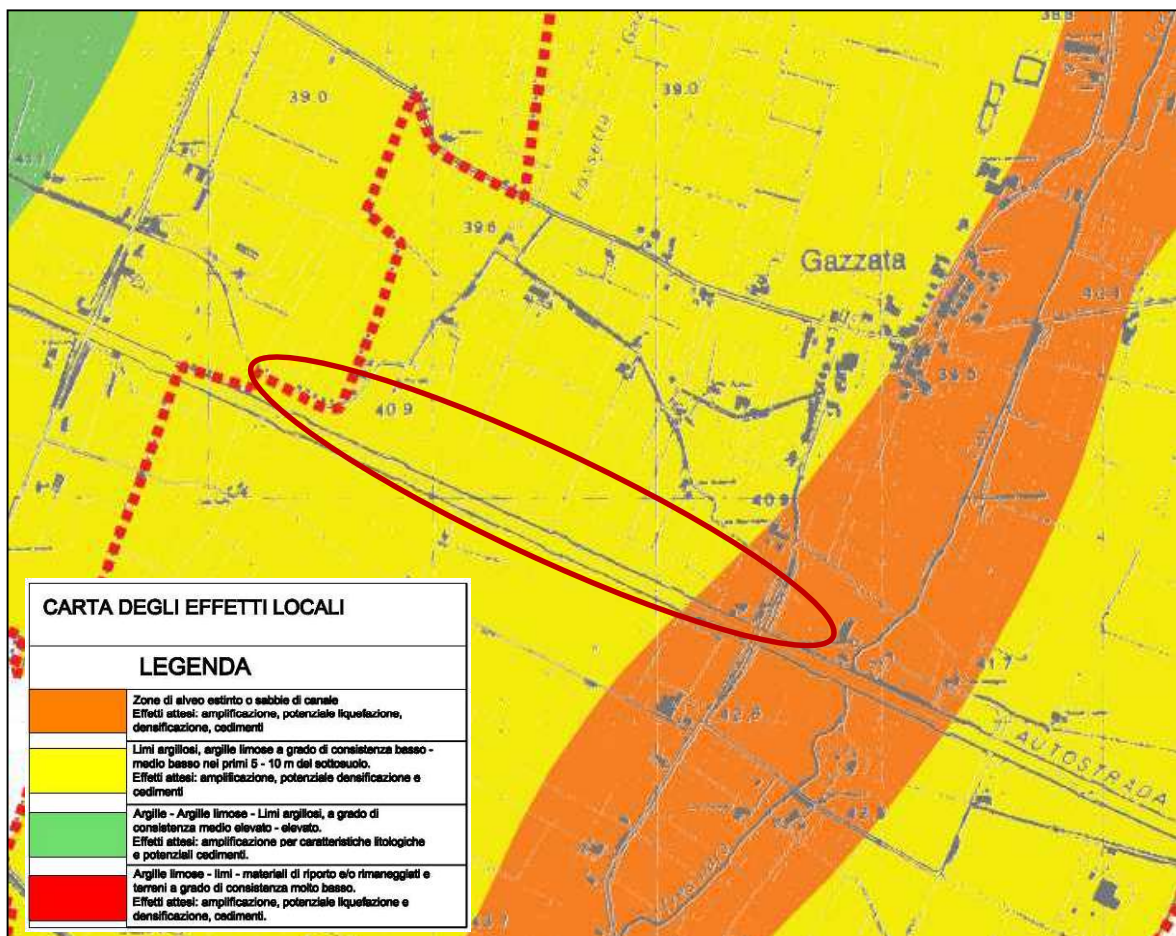
In merito alle categorie di sottosuolo sismico in base al punto 3.2.2. del D.M. 14.01.2018, si riporta il relativo schema normativo:

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.

La distinzione delle categorie di sottosuolo possono essere rappresentate anche graficamente come esposto nel quadro rappresentativo successivo (E.Aiello – CGT Università degli Studi di Siena).

In base alla tavola *Carta degli Effetti Locali* del PSC (Quadro Conoscitivo) di cui se ne riporta l'estratto, la superficie in esame ricade in gran parte all'interno di un settore in cui gli effetti sismici indotti per azione sismica sono legati ad amplificazioni per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti, essendo presenti terreni fini a consistenza da media a medio bassa.

La zona posta all'estremità est dell'area di intervento, che si accosta al paleoalveo del Tresinaro, è compresa in una fascia contraddistinta da termini più sabbiosi, su cui le previsioni sugli effetti si estendono anche al predisporre a fenomeni di liquefazione e a densificazione.



Carta degli Effetti Locali del PSC (Quadro Conoscitivo)

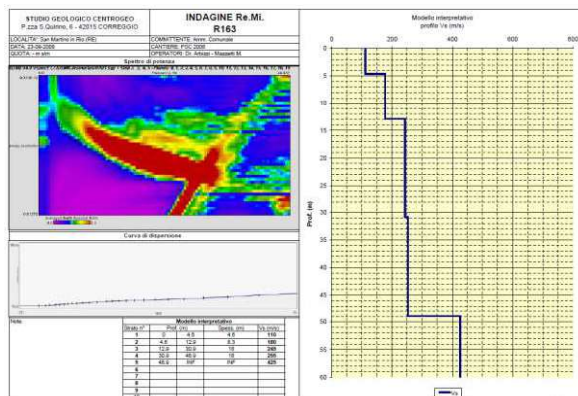
Tale inquadramento sugli effetti attesi viene ovviamente confermato nella tavola di Microzonazione Sismica sempre dagli elaborati di PSC, in cui gli effetti attesi rimangono:

- zona arancio: valutazione del coefficiente di amplificazione litologica, stima dei cedimenti e del potenziale di densificazione con analisi di approfondimento di II livello e di III livello per cedimenti e densificazione
- zona rossa: valutazione del coefficiente di amplificazione litologica, stima del potenziale di liquefazione/densificazione e stima dei cementi con analisi di approfondimento di III livello

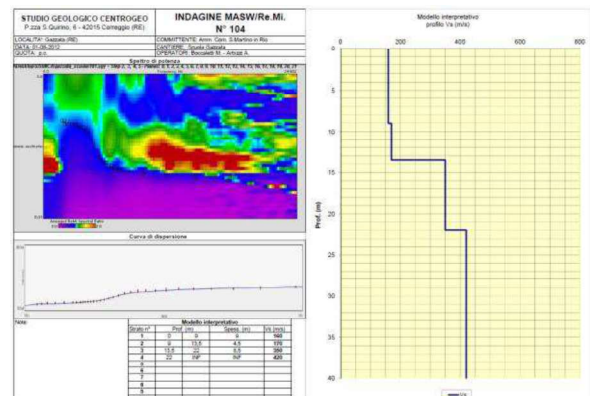


▲ Indagine Re.Mi ● Indagine di microtremori

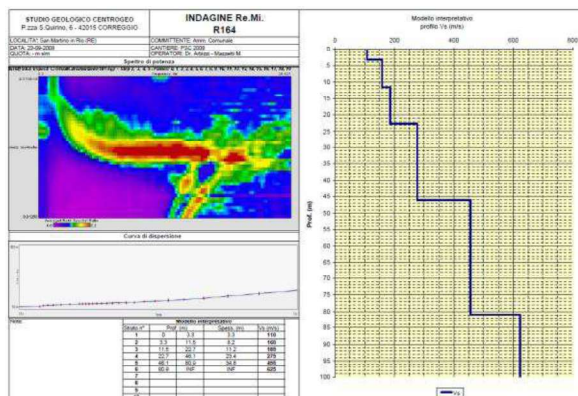
Dai profili di Vs definiti nelle prove Re.Mi di cui si riportano i diagrammi, la quota del bedrock sismico si colloca a quote maggiori di mt.30 per cui $V_{s,eq}$ è parificabile al parametro di V_{s30} .



Re.Mi n.1



Re.Mi n.2



Re.Mi n.3

Elaborando i dati dei profili di Vs per la determinazione di $V_{s,eq}$ - V_{s30} secondo la formulazione di cui al capo. 3.2.2 delle NTC 2018:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

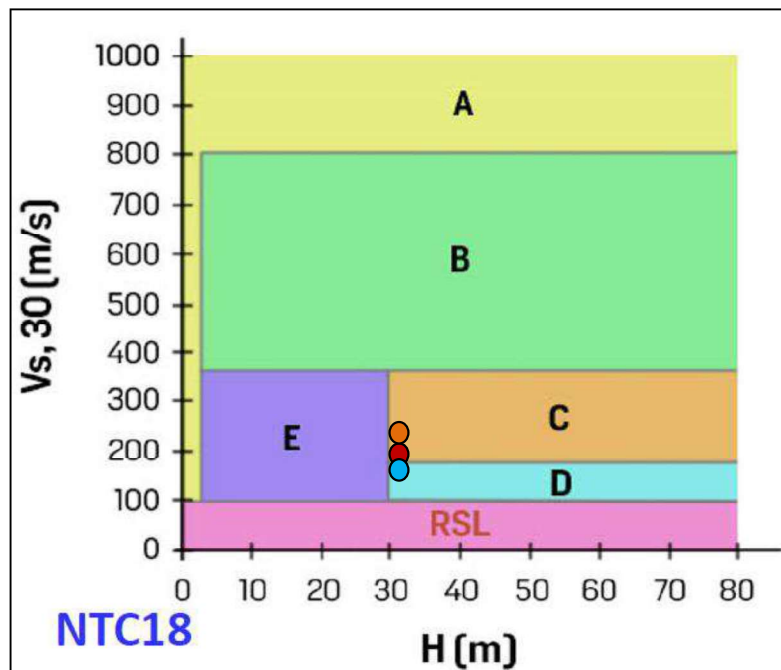
H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/s.

Si ottengono i seguenti valori di V_{s30} e la rispettiva categoria di sottosuolo sismico in base alla Tab.3.2.II delle NT 2018 per l'approccio semplificato:

Prova Re.Mi	Valore di V_{s30} in m/sec	Categoria di sottosuolo
N.1	190,20	C
N.2	237,99	C
N.3	178,22	D

Nel successiva rappresentazione si riportano le collocazioni dei valori di $V_{s,eq}$ - V_{s30} delle Re.Mi sul quadro grafico riassuntivo dei campi di attribuzione delle categorie di sottosuolo sismico.

Dagli spettri risultanti dalle prove di sismica passiva a stazione singola tipo HVSR (prove di microtremore) si ottengono uniformemente valori di frequenza fondamentale pari a circa 0,6 Hz (periodo di 1,67 sec), indicanti contrasti di impedenza profondi.



Quadro rappresentativo dei campi di attribuzione delle categorie di sottosuolo sismico NTC 2018

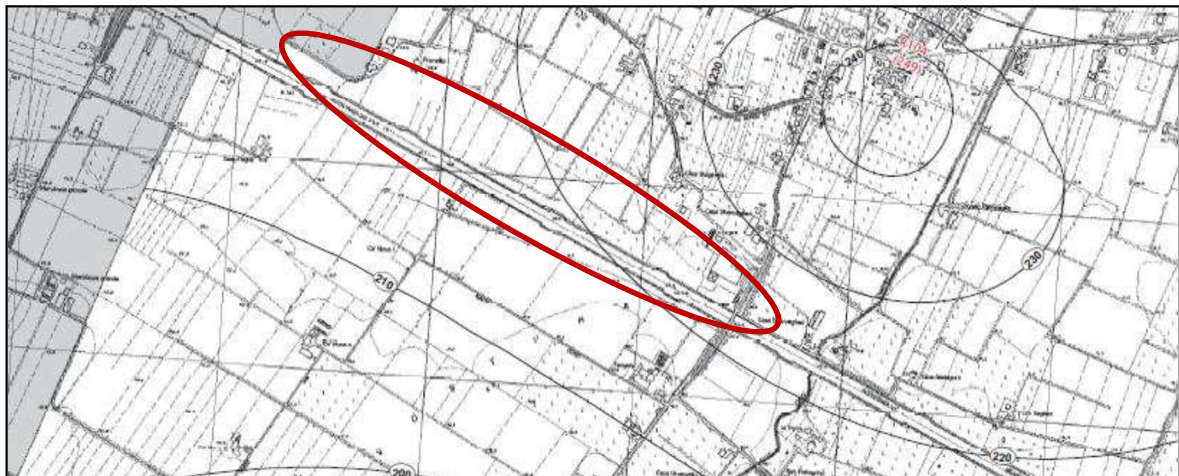
(Da E.Aiello – CGT Università degli Studi di Siena)

● Dato di prova Re.Mi 1

● Dato di prova Re.Mi 2

● Dato di prova Re.Mi 3

A conferma dei valori di $V_{s_{eq}}-V_{s_{30}}$ si riporta, sempre dalle cartografie di Microzonazione Sismica regionale, la *Carta delle velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m pc ($V_{s_{30}}$)* con valore per l'area di circa 220 m/sec.



REGIONE EMILIA- ROMAGNA - MICROZONAZIONE SISMICA
Carta delle velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 m p.c. ($V_{s_{30}}$)

Legenda

Indagini

R01 (236) Standimento sismico attivo/passivo Re.Mi.

Elementi geologici e idrogeologici

Velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri del sottosuolo $V_{s_{30}}$
Isovalori di $V_{s_{30}}$ (m/sec)

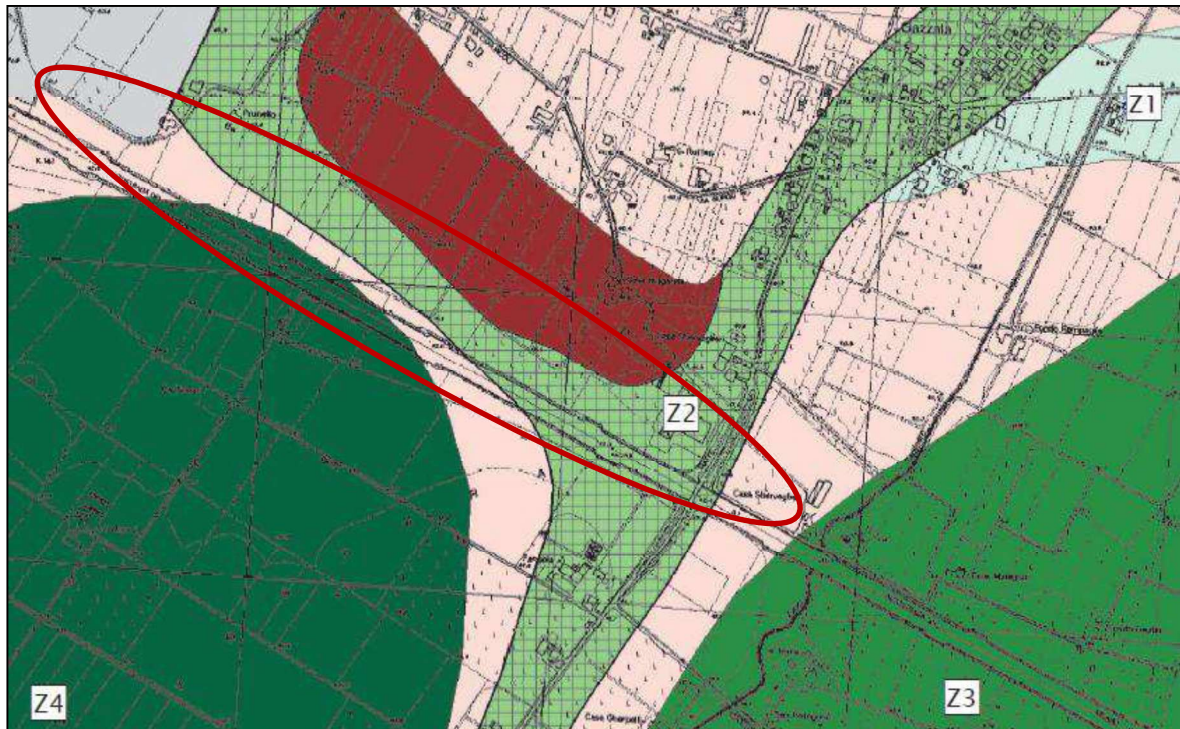
Altri elementi rappresentati

Limite di Comune

Risulta infine utile riportare, per completezza, la più recente *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica* nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica della Regione Emilia-Romagna finanziato con il contributo di cui OPCM n. 4007/2012 per gli interventi di prevenzione del rischio sismico.

La cartografia allegata mostra per parte della superfici (lato est) una fascia di attenzione per fenomeni di liquefazione, legata alla presenza di sabbie e sabbie limose moderatamente addensate in strati significativi (zona 2), documentate anche nelle precedenti prove illustrate.

La restante superficie di interesse (campo rosa) si completa in zona suscettibile a potenziali cedimenti per la presenza di alluvioni fini poco consistenti nei primi mt.6-8 da p.c., come confermato anche in questo caso, dalle prove geognostiche in precedenza descritte.



REGIONE EMILIA- ROMAGNA - MICROZONAZIONE SISMICA CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

-  **ZONA 1** Limi - limi argillosi - argille limose, moderatamente consistenti (ML/CL-24) contenenti sottili corpi lentiformi sabbioso limosi argillosi con spessore tra 1,0 e 2,0 metri moderatamente addensati (SM-12).
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.
Approfondimenti di II° livello.
-  **ZONA 2** Sabbie e sabbie limose in strati con spessori tra 2 e 4/5 m, moderatamente addensate (SM-12) e con Vs min 200 m/sec, con intercalate alternanze limose - limoso argillose moderatamente consistenti (ML-24).
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.
Approfondimenti di II° livello.
-  **ZONA 3** Argille - argille limose, moderatamente consistenti (CL-24), sino a -5/-6 m. p.c., con intercalati subordinati corpi lentiformi limoso argillosi, moderatamente consistenti (ML-24) e sabbioso limosi moderatamente addensati (SM-12).
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.
Approfondimenti di II° livello.
-  **ZONA 4** Argille limose - argille, moderatamente consistenti (CH/CL-24), sino a -4/-5 m. p.c., con intercalati subordinati corpi lentiformi limoso argillosi, moderatamente consistenti (ML-24) e sabbioso limosi poco addensati (SM-13).
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.
Approfondimenti di II° livello.

Zone suscettibili di instabilità



ZA₀₁ Zona di attenzione per liquefazione tipo I

Effetti attesi: potenziale liquefazione, amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche

Approfondimenti di III° livello per valutazione di suscettività alla liquefazione



POTENZIALI CEDIMENTI DIFFERENZIALI

Limi - limi argilloso sabbiosi poco consistenti (CL / ML - 25) contenenti corpi sabbiosi limosi lentiformi, con spessori inferiori a 1.0 m da poco addensati, poco consistenti a moderatamente addensati (SM - 13/12), moderatamente consistenti (ML-24) nei primi 12 m dal p.c.

Argille limose - limi argillosi poco consistenti (ML / CL - 25) con intercalati corpi lentiformi sabbiosi limosi, con spessori inferiori a 0.6 m da moderatamente a poco addensati (SM 12/13) nei primi 12-13 m p.c.

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali, addensamenti.

Approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti differenziali.



ZONA SUSCETTIBILE DI SOVRAPPOSIZIONE DI INSTABILITA' DIFFERENTI

Sabbie limose e sabbie poco addensate (SM-13) e limi - limi argillosi poco consistenti (ML-25) con $V_s < 150/200$ m/sec, nei primi 6/8 m p.c.; con l'incremento della profondità sabbie limose moderatamente addensate (SM-11), limi argillosi - argille limose moderatamente consistenti (ML/CL-24).

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione e cedimenti differenziali.

Approfondimenti di III° livello per valutazione di suscettività alla liquefazione e stima dei cedimenti differenziali.

11. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Il presente capitolo si pone come obiettivo di affrontare le problematiche tecniche riguardanti l'intervento previsto nel progetto di fattibilità, con particolare riguardo alle caratteristiche prestazionali delle terre di sottofondo stradale e agli eventuali sistemi di trattamento per migliorarne le caratteristiche di portanza, unitamente ai potenziali effetti indotti per azione sismica.

Per volume significativo di sottosuolo riferito ad un'opera, da un punto di vista geotecnico si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.

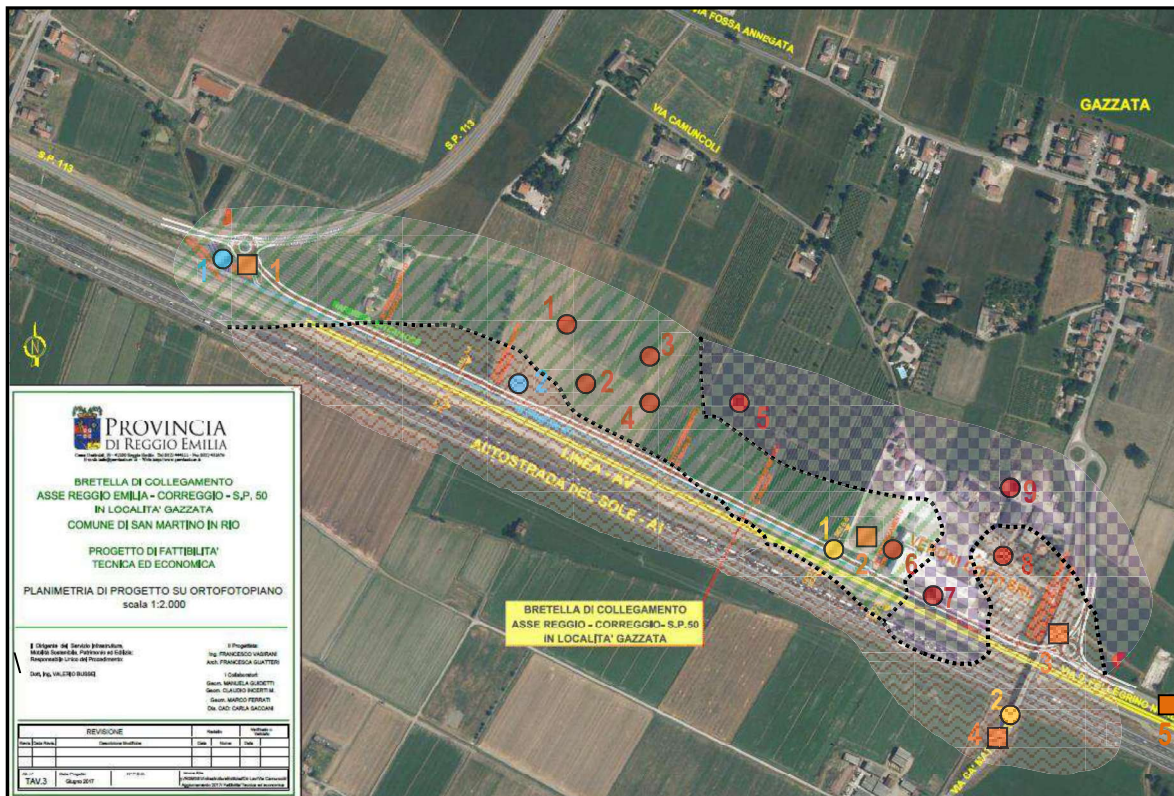
Secondo le indicazioni AGI (Associazione Geotecnica Italiana) nel caso di un rilevato stradale si può considerare un volume significativo di sottosuolo avente uno spessore pari a circa la metà della larghezza della piattaforma stradale; pertanto nel caso in esame circa mt.5,0 al di sotto del piano di appoggio del corpo stradale.

Il pacchetto geognostico analizzato, a valenza geomeccanica e litologica, ha evidenziato nel primo sottosuolo, al di sotto della copertura che risulta distribuita su uniformi terreni fini argillo limosi in alcuni punti sovraconsolidati, una fascia satura con alternanze di livelli coesivi e alluvioni limo sabbiose, localmente anche sabbiose, e anche terreni limo argillosi con buona frazione sabbiosa; le quote freatiche si collocano per lo più nell'intervallo di mt.1-2 da p.c.

Tale fascia caratterizzante in netta prevalenza le verticali indagate, si colloca nell'intervallo di quota da p.c. da mt.1/3 a mt.7/9; le caratteristiche geomeccaniche risultano spesso mediocri e tale aspetto dovrà essere valutato attentamente per verificare la predisposizione di questi terreni a processi di liquefazione.

In assenza di prove meccaniche di laboratorio geotecnico su campione litologico e basandosi sui dati dei profili di qc delle prove in sito esaminate, si attribuisce a livello preliminare, da verificare con integrazioni di indagine mirate, la parametrizzazione geomeccanica caratteristica della fascia di fondazione stradale, distinta per settori, come mostrata graficamente nel successivo allegato su planimetria di progetto.

Il metodo che ha portato alla parametrizzazione geotecnica del primo orizzonte litologico che verrà influenzato dall'intervento stradale, ha ricercato le prove dirette con esiti meccanici, nonché stratigrafici, simili, sui cui la scelta dei parametri geotecnici rappresentativi ha seguito quella per valori tendenti ai medi e con un approccio anche conservativo.



PLANIMETRIA DI PROGETTO SU ORTOFOTOPIANO (FUORI SCALA)

ZONE A COMPORTAMENTO GEOTECNICO OMOGENEO



UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



Parametri geotecnici caratteristici

Zona	C_u	C	Φ	G	G_w
Zona 1	0,30	0,02	20	1,80	1,95
Zona 2	0,40	0,03	21	1,85	2,00
Zona 3	0,50	0,04	22	1,90	2,05

C_u =Coesione non drenata (Kg/cmq)

C =Coesione efficace (Kg/cmq)

Φ =Angolo di attrito (Gradi)

G =Peso di volume (T/mc)

G_w =Peso di volume saturo (T/mc)

Zona 1 Corrisponde al settore con le proprietà geomeccaniche più scadenti (qc media pari a circa 6-7 Kg/cmq) in cui la fascia debole ha uno spessore di circa mt.2-3 (CPTU2-CPTE2) o superiore (CPT8).

Zona 2 Corrisponde al settore con modeste proprietà geomeccaniche (qc media generalmente pari a circa 8-9 Kg/cmq) con spessori medio deboli di mt.2,0-3,5 da p.c. e più raramente sino a circa mt.5,0 da p.c. (CPT6-CPTE1).

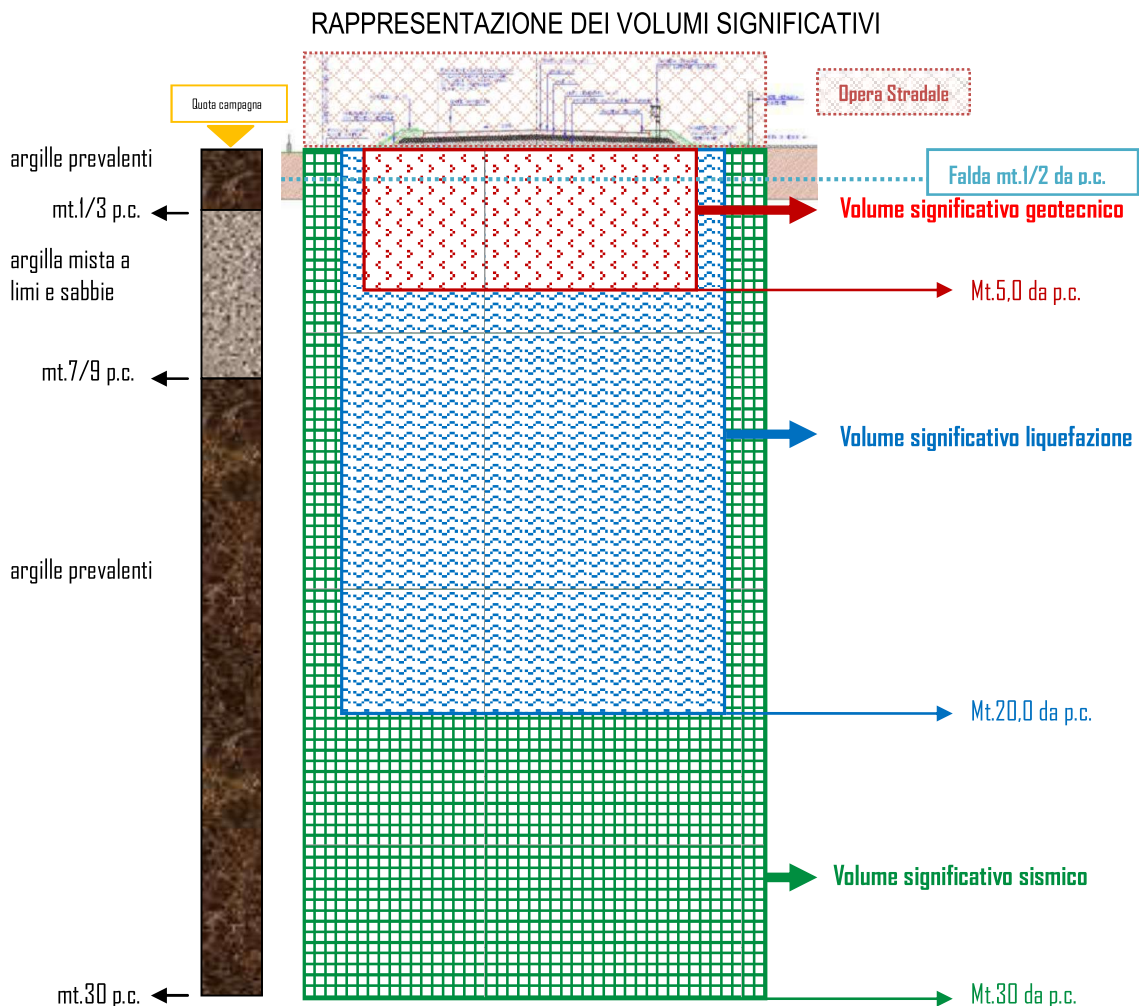
Zona 3 Corrisponde al settore con proprietà geomeccaniche a media resistenza (qc medie di circa 10-12 K/cm), e caratterizzata a luoghi da una copertura leggermente sovraconsolidata di circa mt.1,0-3,0 di spessore (CPT5-CPT9).

Oltre la fascia con presenza di livelli a buona componente limo sabbiosa e sabbiosa, si estende un potente pacco alluvionale a prevalente natura coesiva argillo limosa solitamente con buone caratteristiche geotecniche; al suo interno si rinvencono radi e locali orizzonti sabbiosi che per scarso spessore si ritengono scarsamente incidenti a fenomeni di rottura per processi di liquefazione.

Poco oltre mt.30 da p.c si intercettano le prime bancate ghiaiose con spessori importanti (in S3 di circa mt.8,0) seguiti in profondità da sequenze fini.

Per quanto riguarda il volume significativo da un punto di vista sismico, la profondità di influenza è legata al posizionamento del bedrock sismico; nel caso di profondità del bedrock superiori a mt.30, il volume significativo si estende sino a tale profondità.

Nel caso di analisi dei processi potenziali indotti a seguito di impulso sismico, riferito in particolare a fenomeni di liquefazione, la profondità del volume significativo si estende a mt.20 dal p.c.; tali limiti dettano le condizioni di investigazione del sottosuolo, per la raccolta dei dati sensibili ai fini delle analisi di interazione complessive fra struttura e sottosuolo.



In riferimento alle quote idriche sotterranee, da verificare nell'ambito della geognostica a corredo del progetto definitivo, non si rinvenivano condizioni di interazione delle prime acque di falda con le terre stradali.

Pertanto condizioni di saturazione che potrebbero comportare danneggiamenti alla struttura stradale per abbassamento dei termini di portanza sullo strato di sottofondo, si possono ricondurre a fenomeni locali di ristagno per scarso drenaggio superficiale o a episodi di alluvionamento della superficie.

La prima condizione è controllata dalle necessarie e indispensabili opere di regimazione viaria, mentre il secondo aspetto appare poco probabile in merito alla storia dei luoghi.

Per meglio definire i livelli prestazionali delle terre di fondazione risulterà indispensabile prevedere prove Proctor per risalire ai valori di contenuto d'acqua optimum su cui tarare le operazioni di compattazione; sul grado di costipamento ottenuto con la procedura Proctor si dovranno prevedere prove di penetrazione C.B.R. (California Bearing Ratio) sulle stesse miscele, in pre-saturazione ed in saturazione.

Il progetto prevede il realizzo di una rilevato di base stradale, di cm.30 di spessore, messo in posto attraverso la stabilizzazione a calce dei terreni.

Il metodo di stabilizzazione delle terre con calce ha come principale obiettivo quello di consolidare i terreni di fondazione stradale in prevalenza fini (limi e argille), per ottenere corpi stradali in sottofondo e/o in rilevato con elevate capacità portanti; in particolare tale trattamento di stabilizzazione con calce consente di ottenere:

- inalterabilità nei confronti dell'azione del gelo/disgelo;
- scarsa sensibilità all'acqua delle argille;
- riduzione dell'indice di plasticità e di rigonfiamento;
- notevole incremento dell'indice C.B.R. e della portanza sia a breve che a lungo termine;
- contrasto nei confronti di eventuali contaminazioni da parte delle particelle fini argillose dei terreni sottostanti naturali non trattati;
- migliore lavorabilità del terreno miscelato.

Il metodo di stabilizzazione consiste nel miscelare, con calce, le terre naturali fini idonee allo scopo, poste in sito o prelevate in cave di prestito, in modo da modificarne le caratteristiche meccaniche e chimico-fisiche e, successivamente alla costipazione, di raggiungere ottimi livelli prestazionali.

Le terre compatibili a tale tipo di trattamento risultano quelle appartenenti alle classi A6 e A7 (campo plastico >10) secondo la normativa C.N.R.-UNI 10006 e alle classi A2-6 e A2-7 con una frazione passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%; devono inoltre essere caratterizzate da:

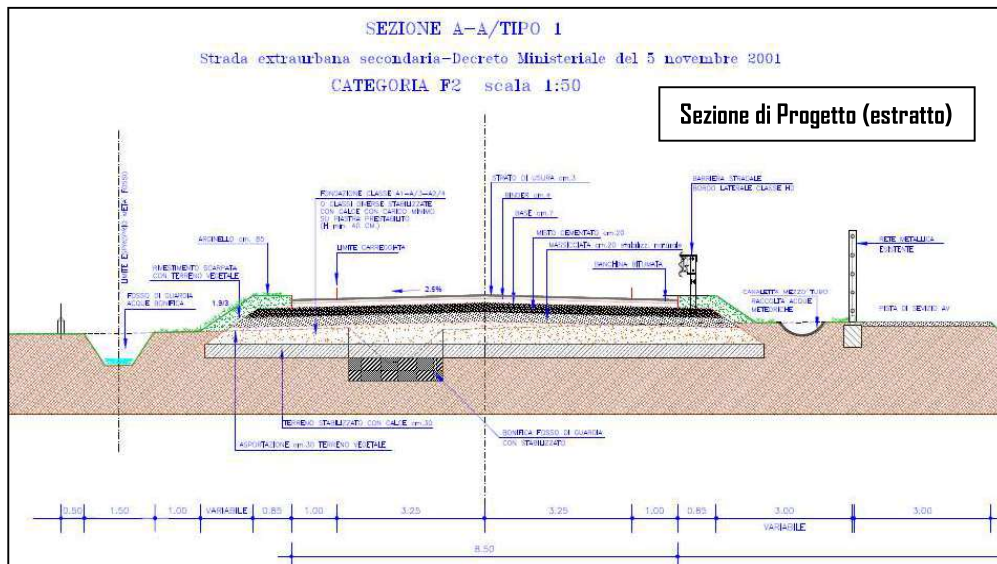
- un valore di blu di metilene superiore a 200 (200 cm³ di soluzione 10g/l di blu di metilene per 100 g della frazione di terra passante al setaccio 0.25 mm, secondo Norma UNI 8520);
- un contenuto di materiale organico non superiore al 3%;
- assenza di elementi litoidi di grosse dimensioni che impediscano l'azione di miscelazione;
- una percentuale di solfati (SO₃) non superiore allo 0,3% determinata secondo le norme UNI.

La tabella seguente mostra la classificazione delle terre secondo la normativa C.N.R.-UNI 10006 con evidenziate le fasce di terreni idonei al trattamento con la calce.

TERRE IDONEE AL TRATTAMENTO CON LA CALCE												
Classificazione Generale	Terre ghiaio - sabbiose							Terre limo - argillose				
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 > 35%				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1a	A1b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Analisi granulometrica												
frazione passante al setaccio												
2 UNI 2332%	≤80											
0,4 UNI 2332%	≤30	≤80	≥80									
0,075 UNI 2332%	≤15	≤25	≤10	≤35	≤35	≤35	≤35	>35	>35	>35	>35	>35
Caratteristiche della												
frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332												
Limite liquido	0			≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40	≤40	≤40	≤40
Indice di plasticità	≤6		N.P.	≤10	≤10 MAX	>10	>10	≤10	≤10	>10	>10 (IP>LL30)	>10 (IP>LL30)
Indice di gruppo	0		0	0		≤4		≤8	≤12	≤18	≤20	
Tipi usuali di materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa argillosa				Limi poco compressibili	Limi forti. Compressibili	Argille poco compressibili	Argille forti. Compressibili med. Plastiche	Argille forti. Compressibili forti. Plastiche

Le operazioni di stabilizzazione a calce del materiale in sito dovranno essere comunque anticipate da mirate indagini eseguite da laboratorio ufficiali per certificare l'idoneità dei terreni al trattamento e per definire la miscela più idonea all'impiego.

A seguire si riporta la sezione A-A tipo 1 estratta dagli elaborati di progetto.



12. DEFINIZIONE DEL PIANO GEOGNOSTICO

La definizione dei modelli di sottosuolo riportata in precedenza ha ovviamente carattere generale ed indicativo e non può in alcun modo sostituire gli indispensabili approfondimenti necessari alle fasi definitive ed esecutive.

Sulla scorta dei dati geognostici pubblicati, degli esiti delle prove e della definizione preliminare del modello geologico, litostratigrafico, geotecnico e sismico di sottosuolo, si vuole proporre la definizione del piano delle indagini geognostiche propedeutiche all'elaborazione dell'analisi geologico tecnica definitiva, motivandone gli scopi e l'utilità in funzione delle caratteristiche progettuali.

Per la presenza di una prima fascia di sottosuolo con caratteristiche nel complesso modeste e che si spinge sino a circa mt.7-9 da p.c. con presenza anche di depositi incoerenti sabbiosi e limo sabbiosi definiti in livelli o frammischiati all'interno di strati di deposito fini, si ritiene indispensabile la realizzazione di prove CPT e CPTU, specie nei tratti non coperti da indagini e a conferma dei dati disponibili; le stesse risulteranno indispensabili per fornire il modello litomeccanico e prevedere le verifiche alla liquefazioni in corrispondenza dei livelli saturi a matrice in prevalenza sabbiosa.

Si dovrà inoltre prevedere in più punti il campionamento del terreno nella fascia compresa di mt.0,50-1,00 da p.c. (terreno di sottofondo stradale) su cui procedere con prove di caratterizzazione fisica e meccanica ed in particolare:

- prova granulometrica (per setacciatura e sedimentazione)
- limiti di Atterberg e contenuto d'acqua
- prove di idoneità dei terreni alla stabilizzazione a calce (sostanze organiche, blu di metilene, solfati)
- prove di compattazione Proctor Modificato
- prove di penetrazione C.B.R. (California Bearing Ratio) in pre-saturazione ed in saturazione.

Il numero di campioni sarà discrezionale, consigliando tuttavia una densità minima di campionamento uniformemente distribuita di circa 1 campione ogni mt.100/150 lungo la direttrice di progetto.

A completamento, in campo sismico, si dovranno prevedere prove geofisiche lineari del tipo MASW o Re.Mi per la definizione della verticale sismostratigrafica e dei profili di Vs, con l'integrazione di prove di microtremori a stazione singola per risalire alla frequenza fondamentale del suolo.

Nello specifico si riporta la proposta del piano geognostico a supporto delle fasi successive di progetto:

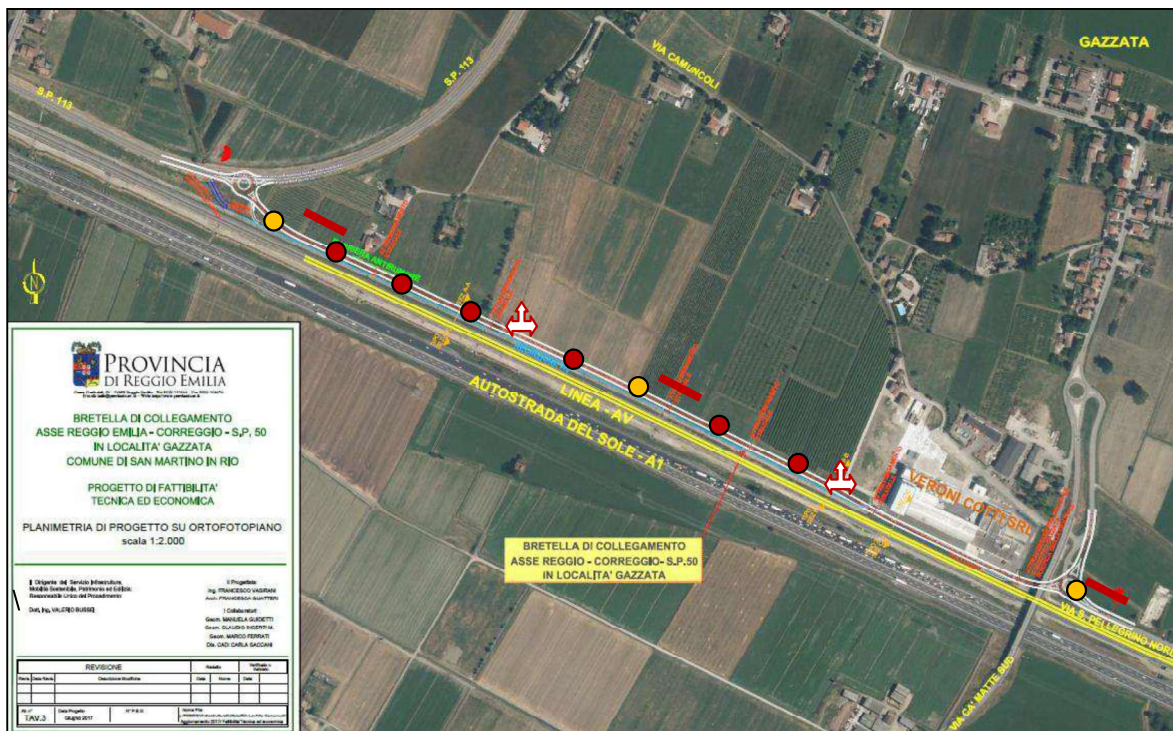
- N.6 CPT a mt.20 da p.c.
- N.3 CPTU a mt.20 da p.c.
- N.10 campionamenti litologici della fascia di sottosuolo compresa nell'intervallo di mt.0,50-1,00 da p.c. su cui procedere con analisi di laboratorio fisico-meccaniche come in precedenza esposto;
- N.3 indagini geofisiche lineari tipo MASW o Re.Mi
- N.2 prove di sismica passiva a stazione singola tipo HVSR

Nella planimetria allegata si riporta l'ubicazione indicativa del pacchetto geognostico proposto, mentre nella tabella seguente le finalità delle indagini e i campi di valenza.

Indagini	Ambito geotecnico	Ambito sismico	Litologia	Parametri fisici	Parametri meccanici	Modello geologico	Classificazione sismica	Effetti da azione sismica	Falda idrica
Granulometria	X		X	X					
Limiti Atterberg	X			X					
Proctor	X			X					
Penetrazione CBR	X				X				
CPT-CPTU	X	X	X		X	X		X	X
MASW-Re.Mi		X				X	X	X	
Microtremori		X					X	X	

Le profondità di investigazione sono legate alla necessità di esaminare le proprietà litologiche e meccaniche del volume significativo dell'opera in relazione alla risposta geotecnica e sismica del sottosuolo.

Si conferma pertanto, in fase esecutiva, la necessità di un'integrazione di indagine mirata alle modalità operative previste nel progetto, con particolare riguardo all'approfondimento del modello geologico e geotecnico e per valutare la predisposizione a processi di liquefazione e a potenziali cedimenti per effetti indotti da azione sismica.



**PLANIMETRIA DI PROGETTO SU ORTOFOTOPIANO (FUORI SCALA)
PROPOSTA DEL PIANO GEOGNOSTICO – UBICAZIONE INDICATIVA DELLE INDAGINI**

- CPT ● CPTU — Sismica MASW o Re.Mi ↗ Microtremori a stazione singola

13. CONCLUSIONI

Lungo l'ipotetico tracciato di riferimento avente uno sviluppo di circa Km.1,30, ubicato tra la Via San Pellegrino Nord (estremità est dell'intervento) e la SP 113 (estremità ovest), nel comune di San Martino in Rio (RE) presso località Gazzata, si intende realizzare un asse di collegamento viario che rappresenta, insieme ad altre varianti, la continuazione del sistema di viabilità che collegherà Reggio Emilia a Correggio.

Sull'area di progetto posta in affiancamento al lato nord della tratta ferroviaria ad alta Modena/Reggio-Emilia, si sono analizzati, nell'ambito del progetto di fattibilità tecnica ed economica, gli aspetti ambientali prevalenti nel campo geologico, morfologico e idrogeologico per valutare le compatibilità all'intervento e dettare le preliminari indicazioni per un corretto inserimento dell'infrastruttura viaria.

Secondo i dati progettuali, da un punto di vista planimetrico l'infrastruttura viaria ha un andamento pressoché rettilineo; il piano viabile si attesta poco al di sopra del piano di campagna mediamente con una altezza variabile compresa di circa mt.0,50-1,20.

La sezione tipo di progetto è con carreggiata di mt.8,50 (corsie di mt.3,25 con banchine bitumate di mt.1,00), più arginelli esterni in terra.

Non sono previsti manufatti di particolare importanza da un punto di vista degli impatti geotecnici, essendo le quote stradali previste in lieve rialzo rispetto al p.c. naturale.

Le scarpate di altezza limitata con valori massimi di poco superiori al metro, verranno disposte secondo piani inclinati definiti dal rapporto di circa 2/3, non prevedendo per le stesse correttivi tecnici alla stabilità.

Le caratteristiche di forma e geologia non hanno rilevato particolari condizioni di opposizione all'intervento, essendo il sito inserito in area di media pianura, dove sono prevalenti i termini alluvionali medio-fini e dove non esistono per l'area in esame influenze dirette negative con i regimi idraulici superficiali.

Per la ricostruzione del modello geologico di dettaglio, che facesse luce sulle caratteristiche litostratigrafiche e litomeccaniche del comparto in esame, si sono consultate le indagini di sottosuolo pregresse estrapolabili dal database geognostico regionale.

L'accurato esame della documentazione disponibile ha consentito di ricostruire i caratteri salienti del sottosuolo, che nello specifico, come meglio esposti nella trattazione di tema, descrivono al di sotto di una prima copertura fine argillo limosa, la presenza di un materasso alluvionale costituito da alternanze di livelli coesivi e alluvioni limo sabbiose, localmente anche sabbiose che si spinge sino a mt.7/9 da p.c.; lungo tale sequenza mista e satura, essendo presente un livello freatico medio a mt.1/2 da p.c., le caratteristiche geomeccaniche risultano a luoghi mediocri e tale aspetto dovrà essere valutato attentamente per verificare la predisposizione di questi terreni a processi di liquefazione.

Oltre tale fascia con la presenza di fazioni sabbiose e limo sabbiose, si allunga in profondità un potente pacco alluvionale a prevalente natura coesiva, nel complesso con buone caratteristiche geomeccaniche; poco oltre mt.30 da p.c. si intercettano poi le prime bancate ghiaiose, anche con spessori plurimetri, seguite in profondità da sequenze fini.

L'analisi delle proprietà geomeccaniche della fascia di terreno che interagirà con la struttura stradale ha portato a definire una mappatura per zone a comportamento geotecnico omogeneo, definendo di fatto tre zone a resistenza geomeccanica crescente, da quella a comportamento geotecnico scadente, su cui si dovrà prestare più attenzioni nella fase definitiva ed esecutiva, a quella con caratteristiche geomeccaniche medie.

In campo sismico, sempre analizzando le indagini geofisiche disponibili su database geognostico regionale e le cartografie tematiche pubblicate, si caratterizza la superficie attribuendole una categoria di sottosuolo sismico C secondo NTC 2018; il dato dovrà essere confermato attraverso opportune indagini geofisiche integrative.

Sulla scorta dei modelli di sottosuolo, in termini di litologici, litotecnici e sismici, e in relazione al volume significativo dell'opera che cambia a seconda della tematica di riferimento, si è proposto un piano di integrazione di indagine che approfondisca tutti gli aspetti di interazione opera-terreno, sia da un punto di vista dei rapporti diretti con le terre di fondazione stradali, sia con i possibili effetti di risposta sismica.

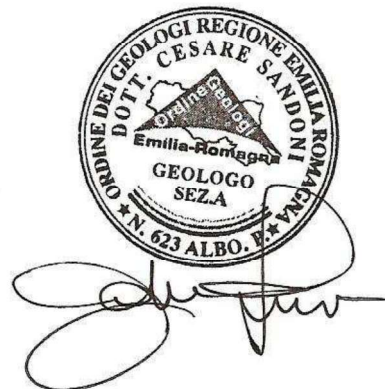
A tal proposito in riferimento a processi cosismici la storia dei luoghi non riporta secondo memoria il manifestarsi di dissesti e danni sensibili a strutture e infrastrutture in seguito ad effetti indotti per azione sismica; pur tuttavia, in una fase successiva di analisi, opportuno risulterà analizzare nel dettaglio i potenziali effetti sito sulla scorta del pacchetto geognostico di integrazione da produrre.

Indispensabile quindi risulterà prevedere la realizzazione di un efficiente rete scolante a supporto della sede stradale; gli stessi circuiti idraulici dovranno essere condotti secondo adeguate pendenze nelle direzioni dell'efficiente reticolo idraulico.

Importante risulteranno inoltre le indispensabili opere di manutenzione ordinaria da operarsi nel corso del tempo, sia sulla struttura di tracciato che sui circuiti idrici laterali.

In base a queste considerazioni, nella presente fase di studio di fattibilità, si attribuisce parere geologico-tecnico favorevole alla realizzazione della tracciato stradale descritto secondo le considerazioni espresse dalla presente.

Studio Geologico PRO-GEO
Dr.Geol.Cesare Sandoni



documento firmato digitalmente

Modena, 23 Settembre 2021