



Provincia di Parma

Servizio Viabilità e Infrastrutture

PROGETTO DI FATTIBILITÀ
TECNICA ED ECONOMICA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DELLA PEDEMONTANA FRA LA SP121R (NUOVA PEDEMONTANA) E LA SP15 IN COMUNE DI SALA BAGANZA

Relazione geologica, geotecnica e sismica

RILIEVI TOPOGRAFICI



GEO 3 s.r.l.
PARMA

Topografia-Progettazione-Cantieristica

Via Edison - Volta n° 25/A - 43125 Parma (PR)

GEOLOGIA-GEOTECNICA



ENGEO S.r.l.
ENGINEERING GEOLOGY

Via Suor Maria Adorni, 2 - 43100 Parma

ARCHEOLOGIA



Via Nove Martiri, 11/A - 42124 Reggio Emilia

INSERIMENTO AMBIENTALE



AMBITER S.R.L.

Via A. Nicolodi 5/A - 43126 Parma

PROGETTAZIONE



Via V. Simeoni n° 12
66036 Orsogna (CH)
Tel. 0871/869652
Email info@studiomontepara.it

Prof. Ing. Antonio Montepara

ELABORATO

GEO R

Questo elaborato non può essere riprodotto né integralmente, né in parte per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

DATA : SETTEMBRE 2019

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Elisa Botta

IL RESPONSABILE DEL SERVIZIO
VIABILITÀ E INFRASTRUTTURE

Dott. Ing. Gianpaolo Monteverdi

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
REV0					
REV1					
REV2					

INDICE

1. PREMESSA	2
1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
1.2 PARAMETRI DI PROGETTO	4
2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	5
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE	5
2.2 UNITÀ AFFIORANTI NELL'AREA D'INTERVENTO	9
2.3 CARATTERI GEOMORFOLOGICI	10
3. IDROGEOLOGIA	12
3.1 STRUTTURA DEGLI ACQUIFERI	12
3.2 DINAMICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE	14
4. DATI UTILIZZATI NEL PRESENTE STUDIO	23
4.1 INDAGINI PER IL PROGETTO DEFINITIVO DELLA CASSA DI ESPANSIONE	23
4.2 DATABASE RER	25
5. CARATTERI LITOSTRATIMETRICI	26
6. SISMICA	28
6.1 CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE	28
6.2 SISMICITÀ STORICA	33
6.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA	36
6.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	39
6.5 RISCHIO DI LIQUEFAZIONE	42
7. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE PRELIMINARI	44
7.1 LIVELLI DI DEPOSITI A COMPORTAMENTO GRANULARE	44
7.2 LIVELLI DI DEPOSITI A COMPORTAMENTO COESIVO	45
8. POTENZIALI CAVE DI PRESTITO	47
9. PIANO DI INDAGINI PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA	50
9.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	50
9.2 SAGGI CON ESCAVATORE	50
9.3 ANALISI DI LABORATORIO	50

1. PREMESSA

La presente relazione descrive lo studio geologico, geotecnico e sismico effettuato a supporto progetto di fattibilità tecnica ed economica della Pedemontana fra la SP121R (Nuova Pedemontana) e la SP15 in Comune di Sala Baganza.

Scopo delle analisi e delle indagini eseguite, è stato quello di definire le caratteristiche litologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dei terreni, onde fornire una prima base conoscitiva necessaria per la realizzazione dell'intervento previsto.

Lo studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente, richiamata nel successivo paragrafo 1.1, e, in particolare delle "Norme tecniche per le costruzioni", di cui al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 8 del 20 febbraio 2018.

In ottemperanza alla normativa sopraccitata, è stato articolato in una serie di valutazioni tematiche, relative agli aspetti geologici, geotecnici, morfologici, idrogeologici e sismici del territorio in esame, effettuate sulla base della documentazione biblio-cartografica esistente e di rilievi di campagna.

La presente relazione geologica, geotecnica e sismica (Elaborato GEO R) è corredata dalle seguenti tavole:

- GEO T.1 – Inquadramento geografico – scala 1:10.000
- GEO T.2 – Carta geologico – morfologica – scala 1:5.000
- GEO T.3 – Carta idrogeologica – scala 1:5.000
- GEO T.4 – Planimetria ubicazione indagini pregresse– scala 1:5.000
- GEO T.5 – Sezione litostratimetrica e idrogeologica
scala H=1:5.000 V=1:500
- GEO T.6 – Planimetria ubicazione indagini in progetto– scala 1:5.000

e dai seguenti allegati:

- GEO A.1 – Indagini da progetto definitivo “Cassa di espansione del Torrente Baganza”
 - GEO A.1.a - AIPo 2012
 - GEO A.1.b - AIPo 2016
- GEO A.2 – Database geologico regionale

1.1 Normativa di riferimento

- Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni
- DGR 1164 del 23/07/2018 aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna
- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni Allegati A e B
- 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
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica –Parte I: Regole Generali – UNI
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte I: Progettazione assistita da prove di laboratorio - UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte II: Progettazione assistita da prove in sito - UNI
- O.P.C.M. n° 3274 (2003) - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"

1.2 Parametri di progetto

Coerentemente con quanto disposto dalle NTC 2018 (Cap. 2.4), in accordo con i progettisti, sono stati definiti i seguenti parametri di progetto:

- VITA NOMINALE: *“Costruzioni con livelli di prestazioni elevati”* la cui vita nominale è $V_n \geq 100$ anni (come definito dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C. 01/2018);
- CLASSE D'USO: *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”* (come definito dal paragrafo 2.4.2 delle N.T.C. 01/2018);
- PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA: Considerata la classe d'uso III, il coefficiente d'uso risulta $C_u = 1.50$ (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2018), e di conseguenza il periodo di riferimento dell'infrastruttura in progetto è stato assunto pari a $V_R = V_N * C_u = 150$ anni.

2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

2.1 Inquadramento geologico e strutturale

L'area in esame ricade nell'Alta Pianura Parmense, la quale costituisce un settore della Pianura Padana, la più grande pianura alluvionale d'Italia, formata dai depositi del fiume Po e dei suoi affluenti.

Essa ha cominciato a formarsi nel Pleistocene medio, circa 500.000 anni fa, quando, a seguito dei sollevamenti in atto, il mare si è spostato dal margine appenninico, via via sempre più verso est, sino alla sua attuale posizione.

Il sottosuolo è contraddistinto da un forte accumulo di sedimenti alluvionali quaternari che appoggiano, con discontinuità a discordanza semplice, sul substrato di sedimenti marini del pliocene superiore e del pleistocene inferiore.

L'assetto di tale corpo sedimentario è il risultato dell'evoluzione deposizionale dei corsi d'acqua, legata sia alle variazioni climatiche pleistoceniche sia ai recenti movimenti tettonici della zona di margine, vale a dire di quella fascia interposta tra la Pianura s.l. in abbassamento e l'Appennino in sollevamento.

E' possibile riconoscere nella Pianura dell'Emilia-Romagna alcuni ambienti deposizionali: le conoidi alluvionali sono tipiche della zona pedeappenninica, ad esse fa seguito la piana alluvionale, che passa verso costa alla piana deltizia del fiume Po e alla piana costiera.

I sedimenti di questi ambienti deposizionali sono costituiti da prevalentemente: ghiaie nelle conoidi alluvionali; sabbie, limi ed argille nella piana alluvionale; sabbie nella piana deltizia e costiera.

Nel sottosuolo i depositi della pianura costituiscono un cuneo che si allarga velocemente procedendo dal margine appenninico verso nord, lo spessore massimo di questi depositi arriva ad oltre 600 metri.

L'assetto geostrutturale delle formazioni prequaternarie è caratterizzato da una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali spesso fagliate e sovrascorse, con assi a vergenze appenniniche (cfr. Fig. 1).

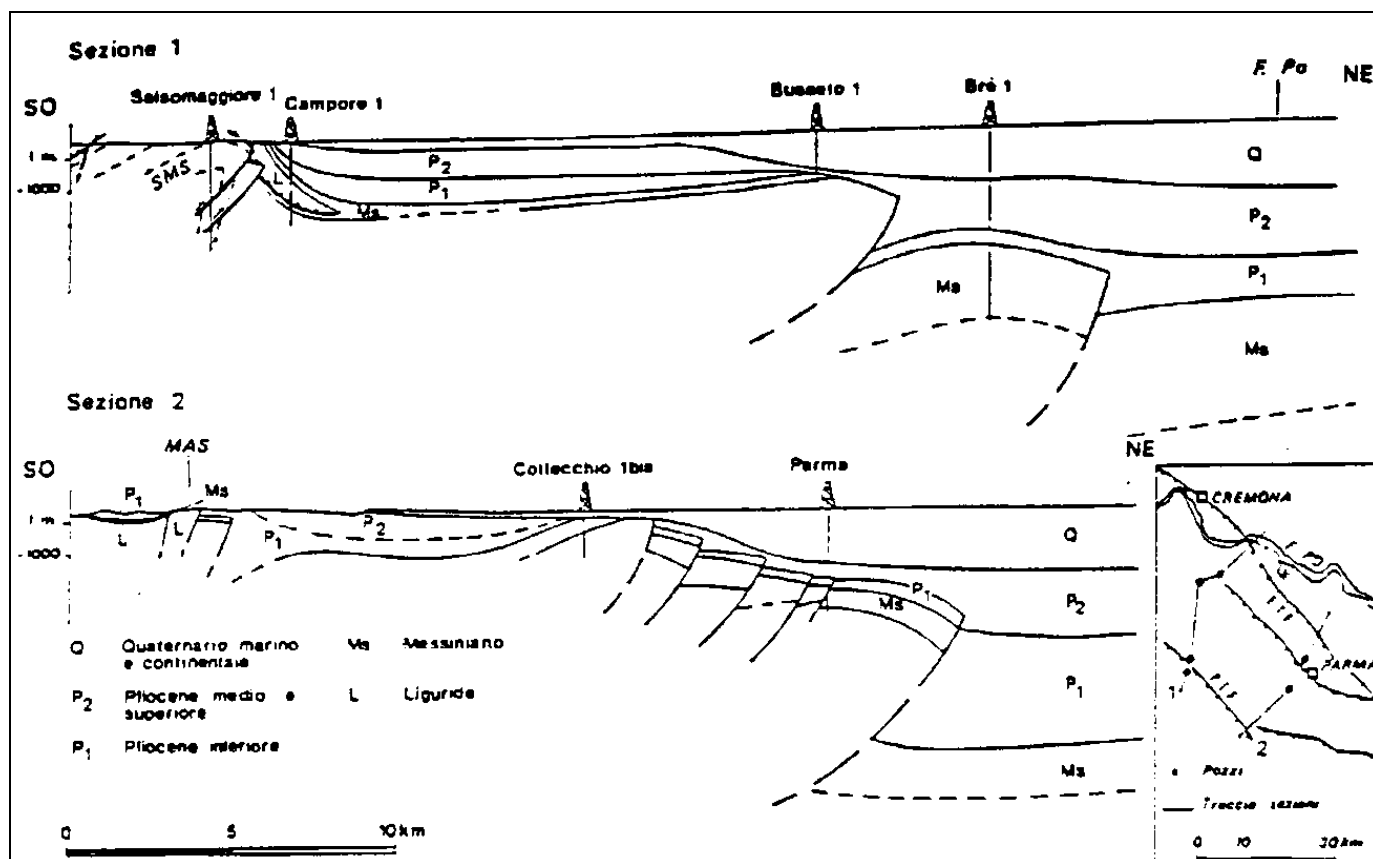


Fig. 1 - Sezioni geologiche dal Fronte di accavallamento pedeappenninico (PTF) al Fronte di accavallamento esterno (ETF) (da Bernini e Papani, 1987)

In tale schema la pianura parmense è compresa nell'arco delle pieghe emiliane caratterizzate da due distinti fasci di *thrust*: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento appenninico (P.T.F.), definisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (E.T.F), definisce il limite dell'appennino sepolto, rappresentato, nell'area in questione, dalle strutture anticlinali di Busseto e di Brè, che proseguono verso SE nelle strutture di Collecchio e Parma.

Queste strutture risultano tagliate trasversalmente dalle linee tettoniche del Taro e dello Stirone che determinano un inarcamento (in pianta) della linea dei *thrust*.

L'andamento strutturale dell'Appennino sepolto può essere interpretato come effetto di una compressione e di un raccorciamento crostale che, secondo i moderni

schemi geodinamici, risulta legato ad un doppio fenomeno di subduzione e/o ispessimento della crosta. In tale quadro d'insieme si giustifica lo sviluppo della rete idrografica maggiore che risulta conforme ai principali assi di sinclinali sepolte.

A scala padana la successione quaternaria ha un forte carattere regressivo con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali.

In conformità con quanto assunto dal Servizio Geologico e cartografico della Regione Emilia-Romagna, le unità stratigrafiche definite e utilizzate nel presente studio rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali *sensu Mitchum et Al.* (1977).

Dal punto di vista gerarchico si distinguono due Sequenze Principali (Supersintemi secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da terreni parali e marini depositi tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore.
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituito da depositi di ambiente continentale depositi a partire da 800.000 anni BP.

Attraverso lo studio dei profili sismici, delle analisi di facies dettagliata di sezioni affioranti e pozzi per la ricerca di idrocarburi, il Supersintema Emiliano-Romagnolo è stato suddiviso in SD minori denominate, Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI), e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES).

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 450.000 anni BP.

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore risulta, a sua volta, suddiviso in cinque subsintemi identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfopedostratigrafiche: si tratta, infatti, di depositi di conoide alluvionale, terrazzati, le cui ultime superfici deposizionali, ora relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano evoluzione pedostratigrafica differente.

Questi sono di seguito vengono elencati in ordine crescente di età:

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

Gli stadi sedimentari di questi subsintemi risultano principalmente legati al succedersi delle oscillazioni climatiche avvenute nel quaternario e in misura minore alla modesta attività tettonica rilevata.

Per i corsi d'acqua che hanno edificato questa porzione di pianura ebbero grande significato soprattutto le fasi iniziali delle glaciazioni, durante le quali il progredire dei climi freschi e piovosi favoriva fasi di abbondante sedimentazione lungo gli stessi corsi d'acqua.

Ciascun subsintema è stato deposto per un arco temporale di 125.000-128.000 anni, corrispondente alla durata di un ciclo glaciale. Al suo interno, ad una fase iniziale di intensa sedimentazione di materiale per lo più grossolano, segue un periodo contraddistinto da prevalente erosione e minore deposizione di materiale più fine (argilla e limo).

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore è caratterizzata da due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, originata dal fiume Po; la seconda, trasversale, nordest-vergente, originata dai sistemi di alimentazione appenninica.

Sulla base delle direzioni di progradazione possono essere individuate le seguenti classi di sistemi deposizionali:

- Pianura pedemontana ad alimentazione appenninica
- Pianura alluvionale ad alimentazione appenninica
- Pianura alluvionale di alimentazione assiale (Paleo Po)

L'intera area in esame ricade all'interno del sistema deposizionale di pianura pedemontana ad alimentazione appenninica che, lungo l'asse del torrente Baganza,

si estende dal margine morfologico dell'Appennino fino ad oltre la via Emilia, a livello del Subsistema di Ravenna.

Il sistema deposizionale della Pianura pedemontana è caratterizzato da depositi prevalentemente ghiaiosi nelle aree attigue e contigue dei corsi d'acqua principali e limi e/o argille prevalenti o, comunque, più abbondanti nelle aree perfluviali d'interconoide.

Il rapporto tra materiali grossolani e fini, elevato nella zona di alta pianura, decresce linearmente procedendo verso valle e verso le zone più interne delle aree perfluviali (zone d'interconoide), fino a valori medi, generalmente superiori all'unità.

I sedimenti sono organizzati in grandi sistemi di conoide alluvionale, dove le litologie grossolane (ghiaie e sabbie) costituiscono estesi corpi tabulari, interdigitati da cunei di materiali essenzialmente fini (limi e argille).

In altri termini la "Pianura pedemontana" è il frutto della coalescenza dei sistemi di conoide alluvionale e delle zone d'interconoide.

2.2 Unità affioranti nell'area d'intervento

Come già indicato e cartografato nella Carta geologico-morfologica di GEO T.2, i depositi superficiali del settore di territorio in esame, appartengono al Subsistema di Ravenna, il più recente tra quelli compresi nel Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Tale unità è caratterizzata da depositi di conoide, costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, oltre a limi e limi sabbiosi, depositati del reticolo idrografico secondario.

Il suo spessore massimo è di circa 20 metri.

Il profilo di alterazione varia da qualche decina di centimetri fino a 1 m.

Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte rettilinea, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche.

Nelle fasce di territorio più vicine al Baganza, è stata cartografata a parte l'unità di Modena, appartenente sempre al Subsistema di Ravenna e identificabile con una successione sedimentaria la cui deposizione è inquadrabile nell'ambito degli eventi alluvionali che hanno caratterizzato gli ultimi 1.500 anni di storia evolutiva.

Questa presenta profilo di alterazione esiguo (poche decine di centimetri) e spessore massimo di alcuni metri.

Infine, sono stati distinti i depositi alluvionali in evoluzione, costituiti da ghiaie, sabbie e subordinati limi argillosi, di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica del corso d'acqua.

Sono talora coperti da vegetazione.

2.3 Caratteri geomorfologici

L'area in esame è ubicata nella pianura pedemontana parmense (alta pianura) che comprende quella fascia di territorio che borda il margine appenninico estendendosi in direzione nord fino alla Via Emilia.

Questo ambiente è formato dalla coalescenza delle conoidi fluviali e dei terrazzi alluvionali intravallivi, raccordandosi alla bassa pianura con un passaggio graduale ed eteropico.

Le caratteristiche stratigrafico-sedimentologiche sono tipiche dei corsi d'acqua con canali intrecciati a bassa sinuosità e ad alta energia, dove la sedimentazione all'interno dell'alveo è prevalentemente grossolana (ghiaie), mentre nelle aree perifluviali terrazzate dominano i depositi fini (argille, limi).

Allontanandosi dai corsi d'acqua verso le porzioni più interne delle zone perifluviali si possono, infatti, individuare vari ordini di terrazzi, impostati a quote progressivamente superiori e caratterizzati da superfici pianeggianti, degradanti verso N-NE, interrotte lateralmente da scarpate di alcuni metri (orli di terrazzi fluviali).

Gli eventi morfogenetici, responsabili dell'attuale assetto del territorio, sono riconducibili essenzialmente all'attività tettonica e alla dinamica fluviale manifestatasi nel periodo pleistocenico e olocenico.

Nel periodo storico si è sovrapposta anche l'attività antropica mirata alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche, produttive e insediative.

Le interazioni tra i vari fattori dinamici hanno condizionato un paesaggio relativamente omogeneo, contraddistinto da superfici pressoché piane debolmente degradanti verso nord/nord-est con gradiente topografico basso, dell'ordine dell'1%.

L'area interessata dai torrenti (in particolare, per questo settore di territorio, il Baganza) è rimasta l'unica zona che mantiene ancora, nonostante i massicci interventi di regimazione, un alto grado di naturalità con frequenti emergenze morfologiche.

Al contrario le aree perifluviali esprimono il congelamento di una situazione originatasi antecedentemente alla limitazione degli alvei fluviali entro percorsi prefissati, in cui le opere di bonifica agraria, infrastrutturazione e insediamento hanno conferito al rilievo un assetto costante e uniforme livellando tutte le asperità del terreno. Le superfici del suolo conservano, tuttavia, in forma relittuale, ancora le tipiche geometrie dell'ambiente (cfr. l'orlo di terrazzo raffigurato nella Carta geologico-morfologica di GEO T.2).

Lungo il tracciato di progetto, non è stata rilevata alcuna forma di pregio né particolari situazioni di dissesto geomorfologico.

Le quote del piano campagna sono sempre comprese tra i 135 e i 160 m s.l.m.

3. IDROGEOLOGIA

3.1 Struttura degli acquiferi

Le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, sia idrogeologico che stratigrafico, dell'intera Pianura Padana Emiliano-Romagnola.

Secondo gli studi di riferimento (cfr. Regione Emilia-Romagna, Eni-Agip, 1998), si distinguono, sia in superficie che nel sottosuolo 3 Unità Idrostratigrafiche di rango superiore, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C, a loro volta suddivise in 12 UIS, gerarchicamente inferiori, denominate Complessi di Acquiferi (cfr. Fig. 2). Esse affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale).

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE						ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE				
AFFIORANTI						SEPOLTE		GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO			
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	FORMAZIONE DI QUATELLO	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A	A1
												A2
												A3
												A4
QUATERNARIO MARINO	MILAZZANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	MILAZZANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	PLEISTOCENE MEDIO	B	B1
												B2
												B3
												B4
P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL PLOCENE MEDIO-SUPERIORE	PLOCENE MEDIO SUPERIORE	PLOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLOCENE MEDIO - SUPERIORE	C	C1
												C2
												C3
												C4
												C5
						ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI						

Ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale, denominati Barriere di Permeabilità Regionali.

Al suo interno ogni Gruppo è composto da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti, parzialmente o totalmente isolati tra loro, suddivisi, in senso orizzontale, in Complessi Acquiferi, da barriere di permeabilità costituite da corpi geologici decimetrici, a prevalente granulometria fine, interpretabili come sistemi deposizionali interdeltizi o di interconoide e bacino interfluviale.

Secondo l'attuale quadro delle conoscenze, i serbatoi acquiferi della Pianura Padana Parmense si sono formati, a partire da circa 1 milione di anni fa e sono costituiti da sedimenti ghiaiosi e sabbiosi di origine deltizia, litorale e alluvionale, attribuibili ad un Paleo-Fiume Taro (Gruppo Acquifero C3), e poi, nel Pleistocene Medio e Superiore, all'interno delle Piane e delle Conoidi Alluvionali dei fiumi Po, Taro, Parma, Enza, Baganza e Stirone, elencati in ordine di importanza per dimensione dei serbatoi (Gruppi Acquiferi B e A).

La ricostruzione geometrica dei corpi acquiferi ha consentito di distinguere nella Pianura Parmense tre aree di ricarica diretta:

- un'area pedecollinare, relativamente ristretta, di ricarica dell'intero serbatoio acquifero e in particolare del Gruppo Acquifero C;
- un'area intermedia, corrispondente all'incirca all'alta pianura dove avviene la ricarica degli acquiferi superficiali e dell'acquifero cosiddetto "principale" (Gruppi di Acquiferi A-B), attualmente sfruttato ad uso idropotabile;
- un'area più settentrionale di possibile alimentazione dei soli acquiferi più superficiali (Unità geologica Vignola e lenti acquifere sospese).

La porzione di territorio in esame ricade nell'area intermedia.

3.2 *Dinamica delle acque sotterranee*

Ai fini del presente studio risulta di particolare interesse esaminare la circolazione delle acque sotterranee nel Gruppo Acquifero A, il più superficiale.

Come anticipato nel precedente capitolo, i corpi geologici che, nel Gruppo Acquifero A, fungono da acquiferi sono costituiti da sedimenti ghiaiosi e sabbiosi d'origine alluvionale. Essi, come sopraindicato, costituiscono delle Unità Idrostratigrafiche-Sequenziali di rango inferiore idraulicamente separate, almeno per buona parte della loro estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie alle cosiddette Barriere di Permeabilità Regionali.

Tali barriere di permeabilità, estese in senso orizzontale, si presentano, nel territorio in esame, discontinue e di scarsa potenza.

Di conseguenza, il Gruppo Acquifero A si configura come un serbatoio idrico monostrato, con livelli di ghiaia e sabbia amalgamati tra di loro, in cui il comportamento idraulico del flusso idrico sotterraneo, contraddistinto da falde a pelo libero, è omogeneo dalla base dell'Unità Idrostratigrafica-Sequenziale fino alla superficie topografica.

Le caratteristiche idrodinamiche del territorio in esame sono state rappresentate, alla scala 1:5.000, nella Carta idrogeologica di GEO T.3.

In tale elaborato è stato, infatti, raffigurato l'assetto della prima falda, mediante rappresentazione di curve isopieze, a ugual livello statico, riferite a un rilievo eseguito nel luglio 2016.

Si osserva che, in questo settore di territorio, l'andamento delle isopieze risulta in sostanziale accordo con le caratteristiche generali dell'unità idrogeologica di appartenenza: la direzione del flusso idrico sotterraneo, ad esse ortogonale, presenta direzione prevalentemente verso nord.

Il gradiente idraulico si mantiene generalmente su valori medi dell'ordine dell'1%.

La soggiacenza della falda è di pochi metri da piano campagna e risente delle variazioni del livello idrometrico del torrente Baganza che rappresenta, per l'acquifero in esame, un limite laterale a potenziale imposto.

Nello stesso contesto, va considerato che la realizzazione della cassa d'espansione, ad oggi in fase di progettazione esecutiva, indurrà una serie di impatti sulla falda che sono stati stimati con verifiche modellistiche.

Rimandando, per ulteriori approfondimenti in merito, all'elaborato BAG2_03GEO_R_RE_03_A "Relazione idrogeologica: analisi degli effetti indotti dall'opera mediante modello numerico di flusso", in questa sede ci si limita a riportare le immagini relative alle isovariazioni dei livelli della falda (in m), riferite ai seguenti scenari:

- scenario 1: simulazione degli effetti indotti sulla falda a seguito della realizzazione della cassa di espansione del T. Baganza in base a quanto previsto nel progetto preliminare ("Soluzione A", cfr. Fig. 3);
- scenario 2: simulazioni degli effetti indotti sulla falda a seguito della realizzazione della cassa di espansione del T. Baganza in base alla proposta avanzata in sede di progettazione definitiva ("Soluzione A ottimizzata"); per questo scenario sono state eseguite due simulazioni: nella simulazione 2a (cfr. Fig. 4) si è considerato che la portata drenata dalla falda sia reimpressa lungo l'alveo del Baganza a valle del manufatto di sfioro A; mentre nella simulazione 2b (cfr. Fig. 5) si è ipotizzata una reimmissione lineare immediatamente a Nord lungo l'argine di valle del comparto 2;
- scenario 3: simulazione degli effetti indotti sulla falda a seguito degli interventi di scavo e drenaggio delle acque dall'alveo del Baganza per la realizzazione del salto di monte; anche per questo scenario sono state eseguite due simulazioni: nella simulazione 3a (cfr. Fig. 6) si è ipotizzato di procedere direttamente all'escavazione in alveo; mentre, nella simulazione 3b (cfr. Fig. 7) si è ipotizzato di far precedere alle attività di scavo la realizzazione dei diaframmi sia sul

lato Ovest del comparto 1 che trasversalmente al corso d'acqua
 all'altezza delle briglie;

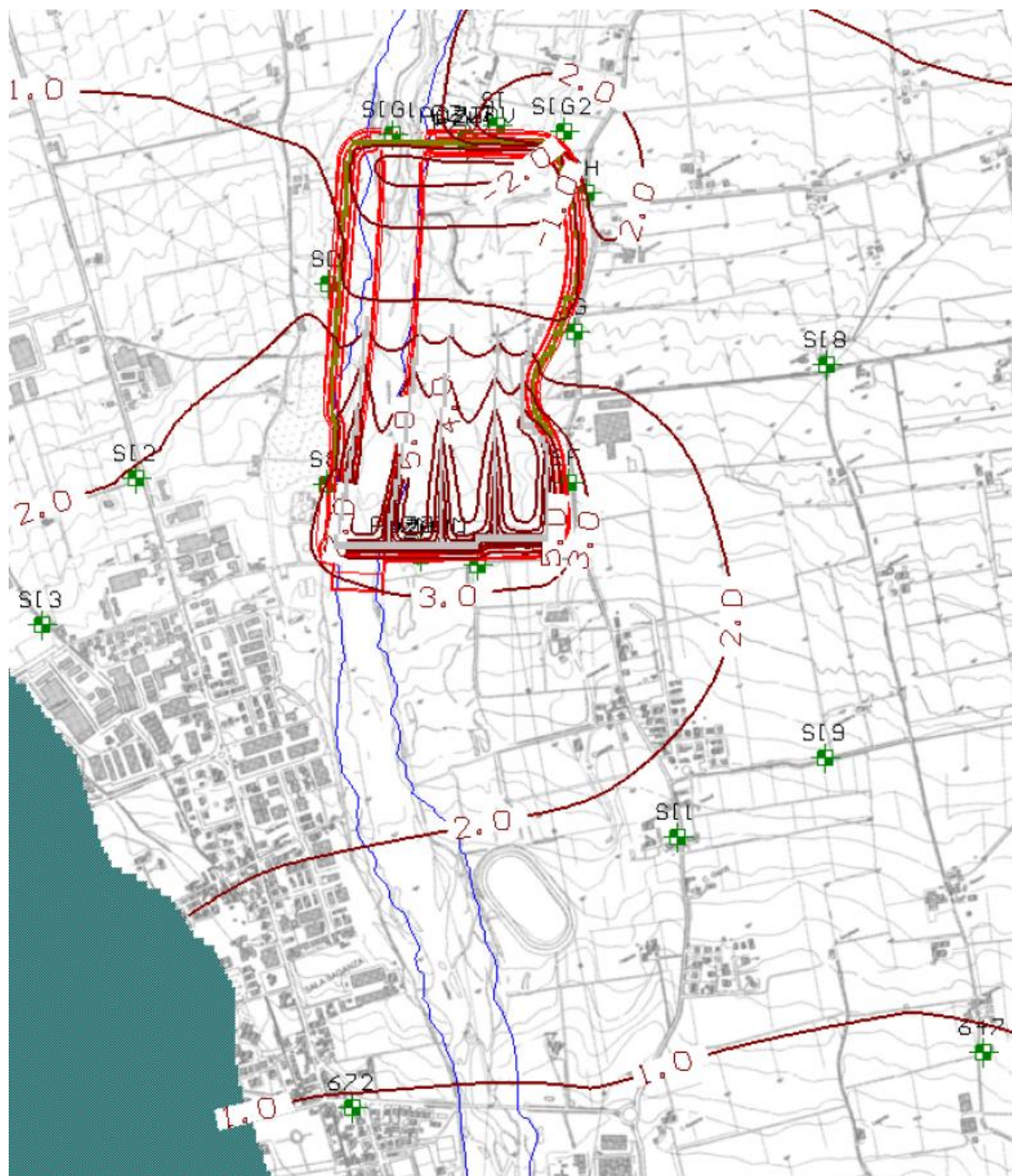


Fig. 3 – Isovariazioni di livello della falda (in m) attese nello scenario 1

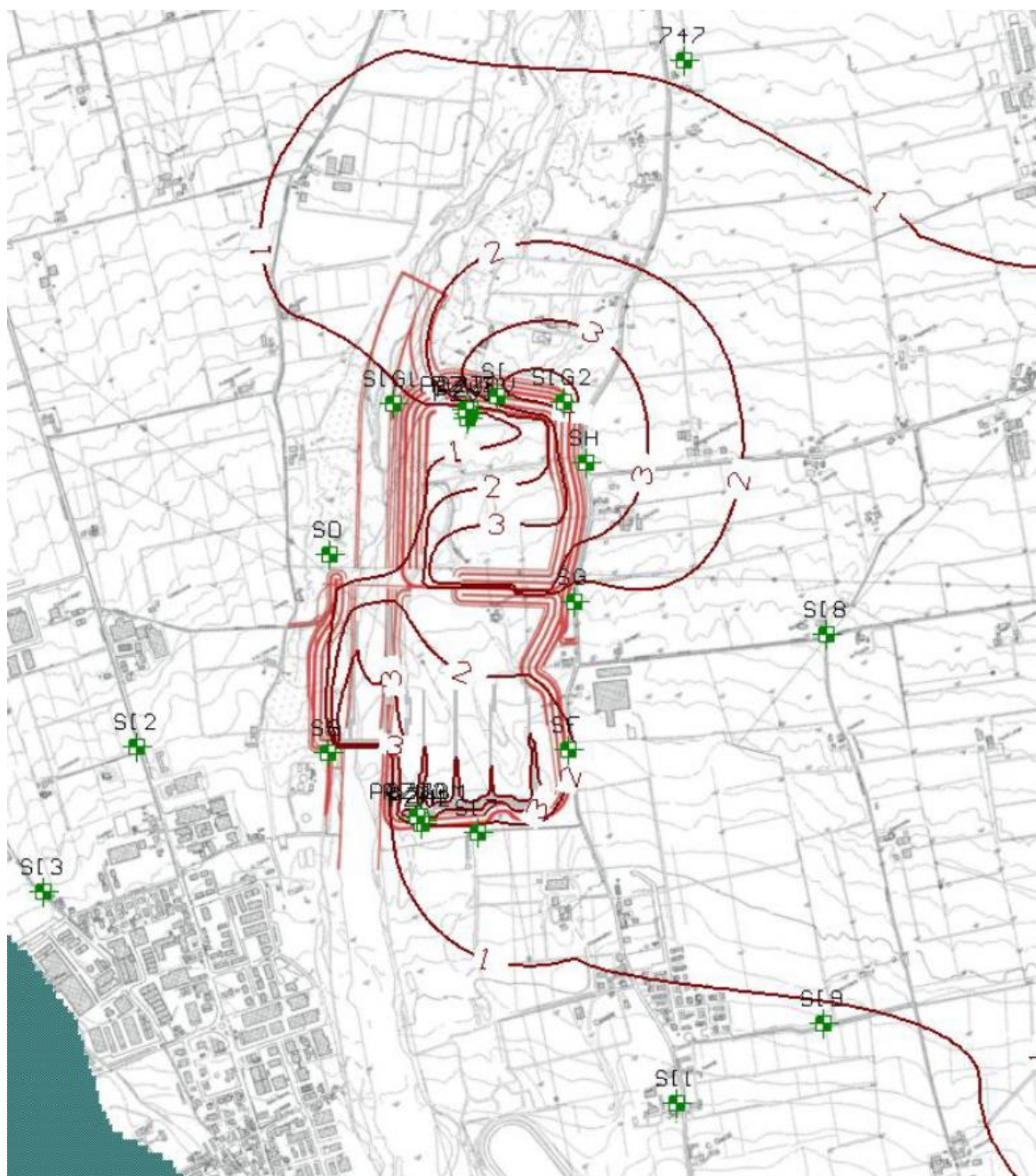


Fig. 4 – Isovariazioni di livello della falda (in m) attese nello scenario 2a

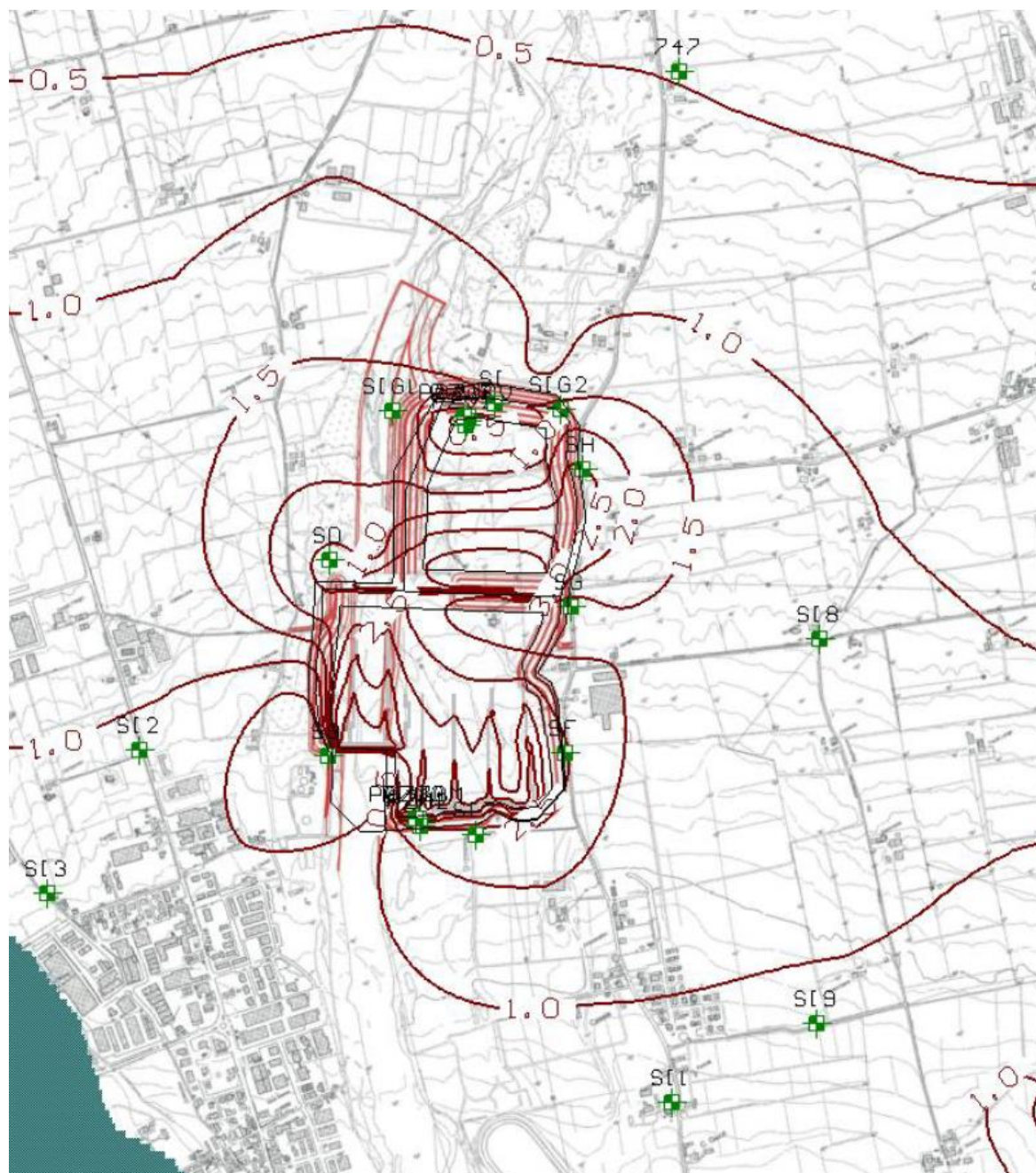


Fig. 5 – Isovariazioni di livello della falda (in m) attese nello scenario 2b



Fig. 6 – Isovariazioni di livello della falda (in m) attese nello scenario 3a

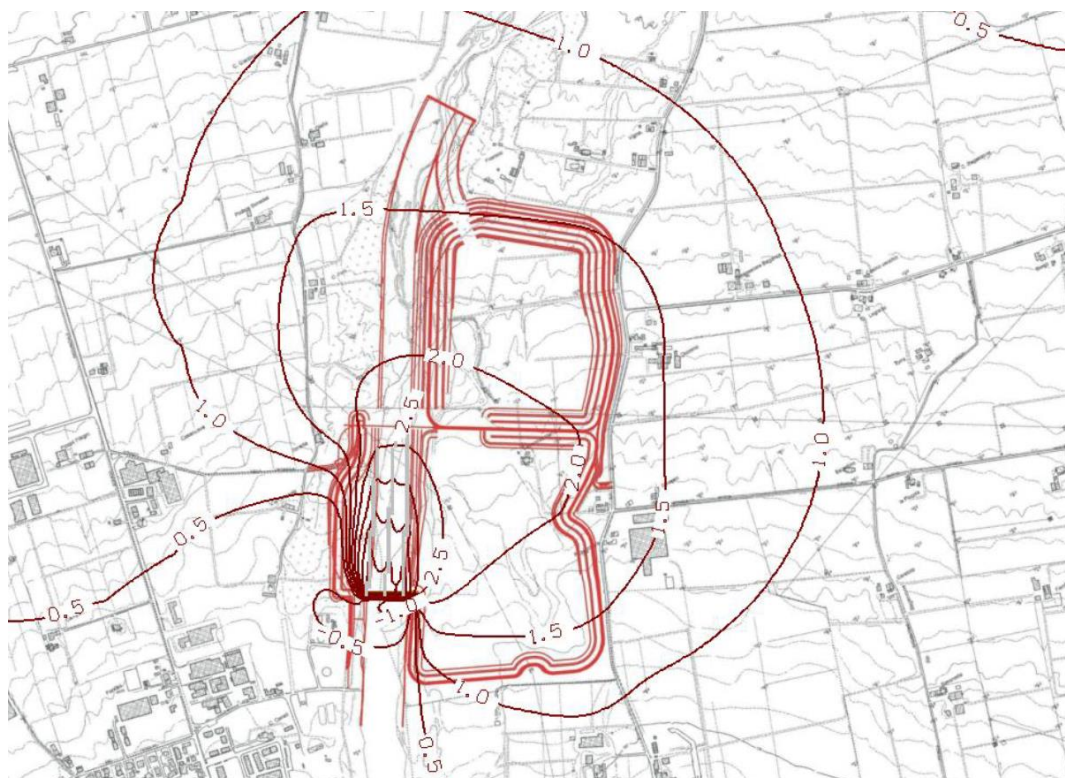


Fig. 7 – Isovariazioni di livello della falda (in m) attese nello scenario 3b

- scenario 4: simulazione degli effetti indotti sulla falda a seguito della realizzazione della cassa di espansione in condizioni di alto piezometrico della falda, sia per la “soluzione A” che per la “Soluzione A ottimizzata” (cfr. Fig. 8);

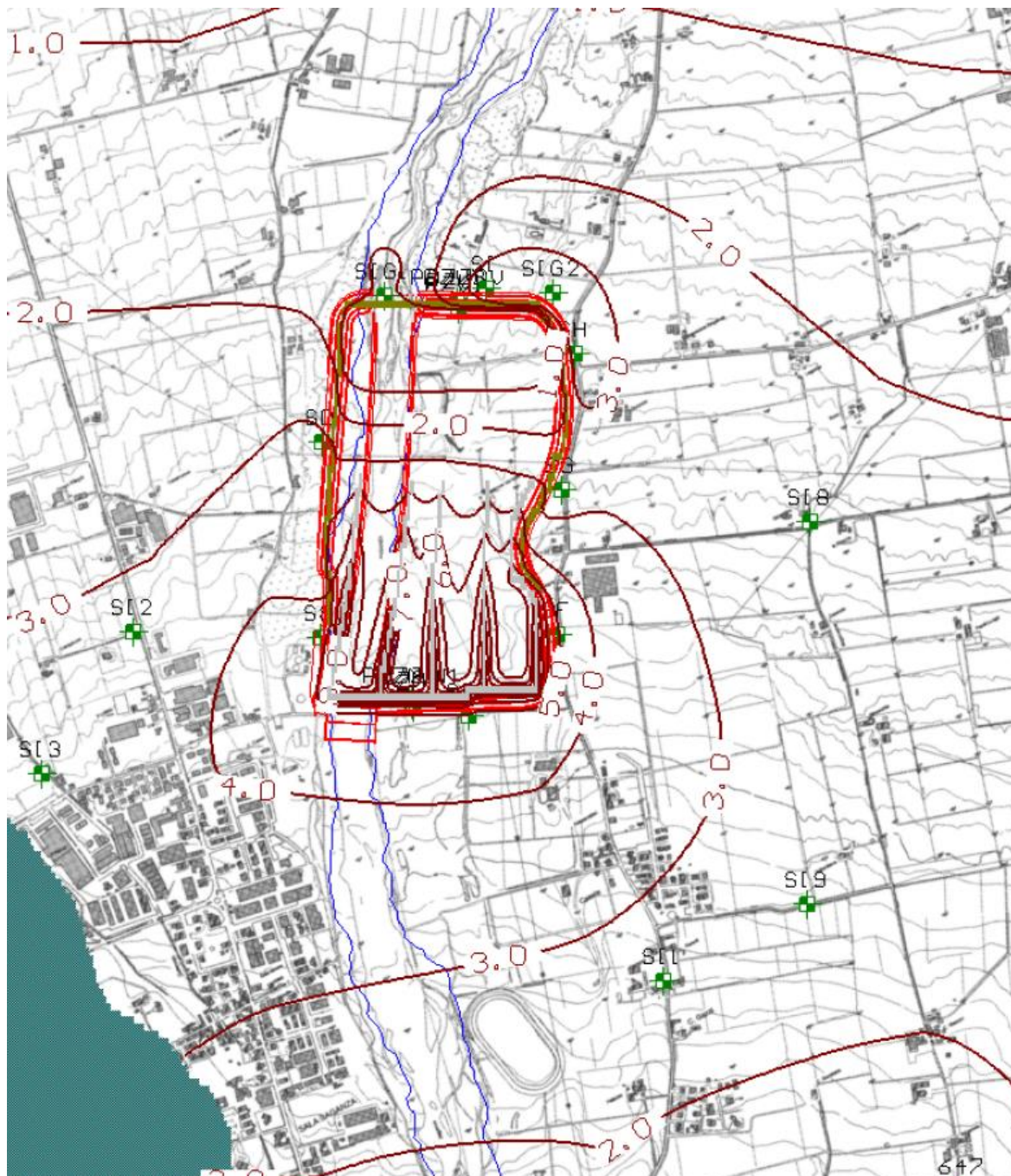


Fig. 8 – Isovariazioni di livello della falda (in m) attese nello scenario 4 – “Soluzione A”

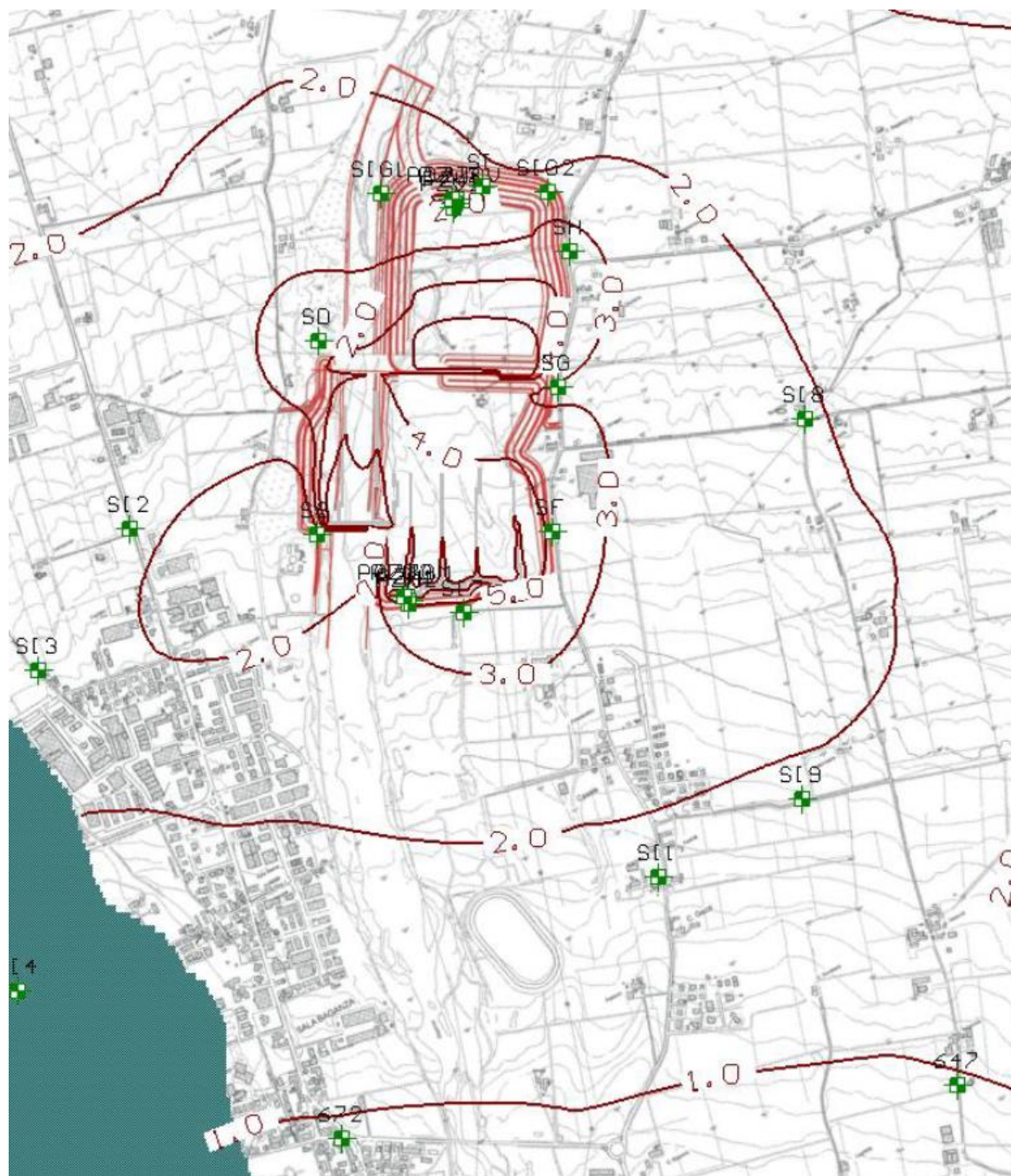


Fig. 9 – Isovariazioni di livello della falda (in m) attese nello scenario 4 “Soluzione A ottimizzata”

Quanto agli effetti indotti sulla falda dal funzionamento della cassa di espansione nelle condizioni di massimo invaso, si rimanda alle simulazioni effettuate in regime

transitorio, oltre che alle verifiche di filtrazione e sifonamento riportate nell'elaborato BAG2_03GEO_R_RE_04_A, sempre del Progetto Definitivo.

Osservazioni di serie di dati, delle reti di controllo regionali e provinciali e di quella realizzata per la progettazione della cassa d'espansione, mostrano che la falda presenta un regime piezometrico di tipo unimodale, caratterizzato, normalmente, da un massimo primaverile e un minimo autunnale.

Nella Carta idrogeologica di GEO T.3 è raffigurata anche la distinzione delle aree a seconda del grado di permeabilità dei depositi affioranti, distinguendo solo due classi:

- Permeabilità elevata, caratteristica dei depositi alluvionali in evoluzione e di quelli appartenenti all'Unità di Modena (AES8a)
- Permeabilità medio-alta, attribuita alle zone dove si rinviene l'Unità di Ravenna (AES8) a predominanza di ghiaie con matrice limoso-argillosa in percentuale variabile

4. DATI UTILIZZATI NEL PRESENTE STUDIO

Il presente studio è stato basato sulla raccolta e analisi critica dei dati derivanti da precedenti campagne geognostiche e sismiche, effettuate a supporto della progettazione della cassa d'espansione del torrente Baganza (cfr. paragrafo 4.1) e delle informazioni stratigrafiche consultabili sul sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (cfr. paragrafo 4.2).

L'ubicazione di tutte le indagini utilizzate è raffigurata in GEO T.4, mentre i relativi risultati sono riportati negli allegati:

- GEO A.1 – Indagini da progetto definitivo “Cassa di espansione del Torrente Baganza”
 - GEO A.1.a - AIPo 2012
 - GEO A.1.b - AIPo 2016
- GEO A.2 – Database geologico regionale

4.1 Indagini per il progetto definitivo della cassa di espansione

Esaminando il progetto definitivo della cassa d'espansione del torrente Baganza, sono state selezionate una serie d'indagini utili al fine del presente studio.

In particolare, per quanto riguarda la prima campagna, effettuata nel 2012, si è fatto riferimento a:

- N° 4 sondaggi a carotaggio continuo
- N° 2 sondaggi a distruzione di nucleo
effettuati da Sogeo s.r.l., come meglio specificato in Tab. 1, raffigurati con il colore verde in tavola GEO T.4
- N° 2 sondaggi a carotaggio continuo
effettuati da Parmageo s.r.l., come meglio specificato in Tab. 3, raffigurati con il colore rosso in tavola GEO T.4
- N° 1 prova Down Hole

effettuata da Geoexploration s.r.l., all'interno di uno dei sondaggi a carotaggio continuo sopraindicati (l'S1_PG approfondito fino a 51.5 m da p.c.)

Metodo di perforazione	Codice	Profondità in m	coordinate WGS84/UTM32N (EPSG:32632)	
			x	y
Distruzione di nucleo	SD	21	598580	4953817
Distruzione di nucleo	SE	27	598392	4953509
Carotaggio continuo	S6	40	598668	4959894
Carotaggio continuo	S7	45	598514	4953636
Carotaggio continuo	S8	40	598311	4953313
Carotaggio continuo	S15	30	598168	4953108

Tab. 1 – Dettaglio delle indagini eseguite da Sogeo s.r.l. nella campagna 2012 per AIPo

Metodo di perforazione	Codice	Profondità in m	coordinate WGS84/UTM32N (EPSG:32632)	
			x	y
Carotaggio continuo	S1_PG	51.5	598829	4953839
Carotaggio continuo	S4_PG	30	598222	4953065

Tab. 2 – Dettaglio delle indagini eseguite da Parmageo s.r.l. nella campagna 2012 per AIPo

Mentre, per quanto riguarda la prima campagna effettuata nel 2016, si è fatto riferimento a:

- N° 5 sondaggi a carotaggio continuo
- N° 9 pozzetti con escavatore

realizzati da Vicenzetto s.r.l., come meglio specificato in Tab. 3, raffigurati con il colore arancione in tavola GEO T.4

Metodo di perforazione	Codice	Profondità in m	coordinate WGS84/UTM32N (EPSG:32632)	
			x	y
Carotaggio continuo	SI1	20	598725	4951958
Carotaggio continuo	SI2	20	597835	4953583
Carotaggio continuo	SI7	20	598585	4952912
Carotaggio continuo	SI9	20	599202	4951962
Carotaggio continuo	SIG3	45	598429	4953027
Saggio con escavatore	TA4	3.0	598197	4953145
Saggio con escavatore	TA5	3.0	598230	4953127
Saggio con escavatore	TA6	3.3	598194	4953078
Saggio con escavatore	T67	2.2	598479	4953012
Saggio con escavatore	T69	2.0	598554	4952978
Saggio con escavatore	T70	2.0	598607	4952941
Saggio con escavatore	T72	2.0	598667	4952913

Metodo di perforazione	Codice	Profondità in m	coordinate WGS84/UTM32N (EPSG:32632)	
			x	y
Saggio con escavatore	T73	2.0	598729	4952891
Saggio con escavatore	T74	2.0	598792	4952865

Tab. 3 - Dettaglio delle indagini eseguite da Vincenzetto s.r.l. nella campagna 2016 per AIPo

4.2 Database RER

Per la ricostruzione del modello geologico della zona in esame sono state, inoltre, utilizzate le stratigrafie contenute nel database del Servizio geologico sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna, consultabile online all'indirizzo:
https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia.

In particolare si è fatto riferimento a:

- N° 13 stratigrafie di pozzi per acqua

elencati in Tab. 4 e raffigurati con il colore blu in tavola GEO T.4

Codice	Profondità in m	coordinate WGS84/UTM32N (EPSG:32632)	
		x	y
199070P643	110.0	598008	4953335
199070P697	62.0	598783	4952353
199070P698	149.0	598846	4952500
199070P699	42.6	598837	4952207
199070P700	24.2	598833	4952101
199080P631	150.0	599653	4952141
199080P632	165.0	599430	4952033
199080P633	158.0	599223	4951969
199080P634	36.0	599952	4951720
199080P644	124.5	599420	4951536
199080P645	75.0	599272	4951447
199080P737	129.0	599333	4951458
199080P745	185.0	600002	4951691

Tab. 4 – Dettaglio delle indagini del database RER

5. CARATTERI LITOSTRATIMETRICI

La correlazione dei dati stratigrafici disponibili in vicinanza del tracciato stradale ha consentito di ricostruire la sezione litostratimetrica e idrogeologica longitudinale (in asse all'infrastruttura in progetto) di tavola GEO T.5, di cui si porta uno stralcio nella seguente Fig. 10.

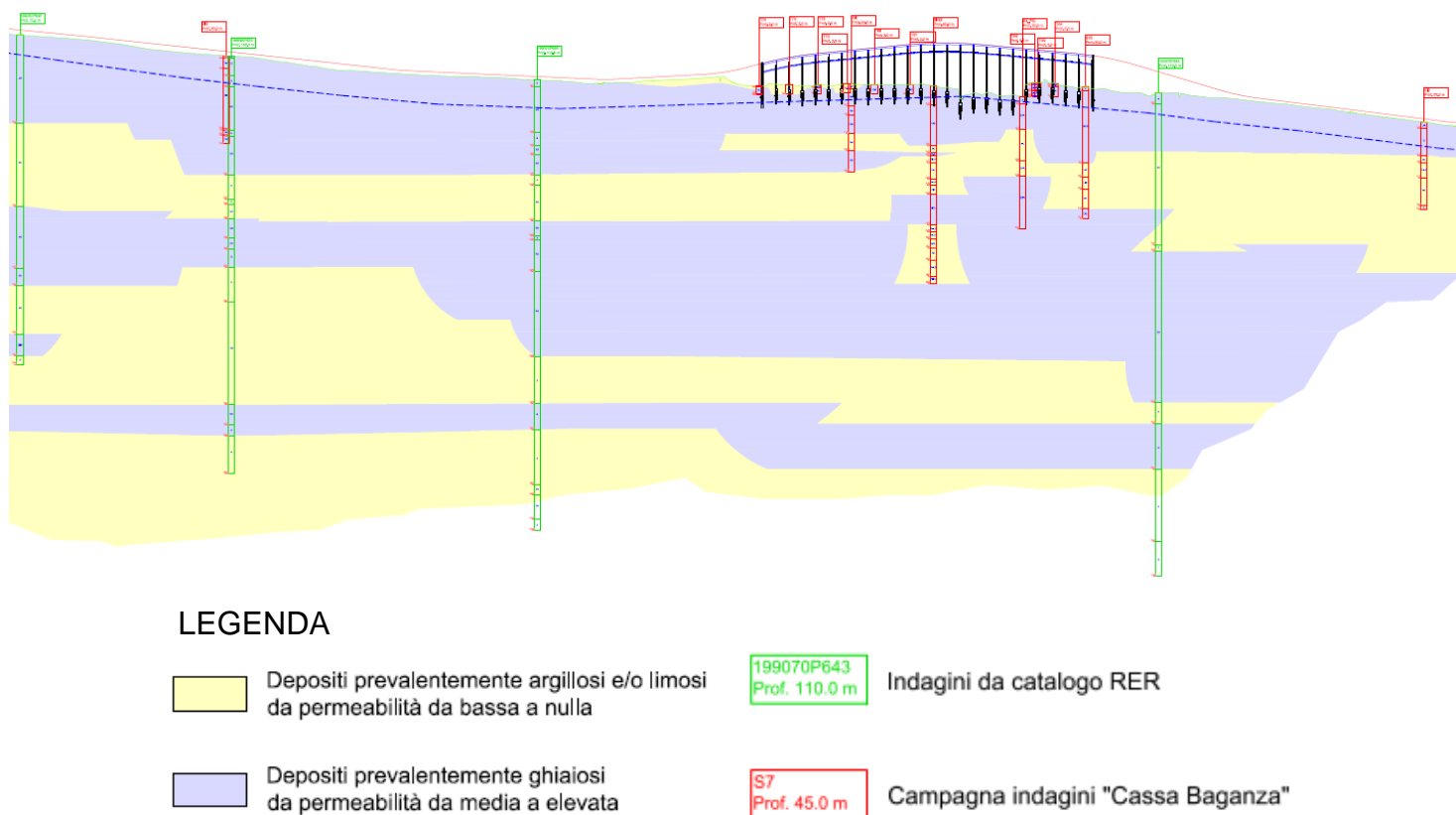


Fig. 10 – Stralcio della sezione litostratimetrica e idrogeologica di tavola GEO T.5

Visto il carattere preliminare dello studio si è scelto di semplificare la modellazione, distinguendo soltanto le 2 classi di seguito descritte:

- Depositi prevalentemente argillosi e/o limosi a permeabilità da bassa a nulla
 Sono caratteristici di ambiente deposizionali a bassa energia, in cui le fasi di sedimentazione avvengono per sola decantazione o per correnti trattive molto deboli.

- Depositi prevalentemente ghiaiosi a permeabilità da media a elevata

Si tratta di depositi dei depositi alluvionali appartenenti all'apparato della conoide alluvionale del torrente Baganza. Sono caratteristici di ambienti deposizionali di alta energia, in cui la sedimentazione è dominata dagli apporti grossolani lasciati dalle correnti trattive.

Sia in tavola GEO T.5, che in Fig. 10, si osserva, nel primo sottosuolo, la dominanza di depositi prevalentemente ghiaiosi, fino a profondità variabili tra circa 7 e oltre 20 m dall'attuale piano campagna.

Quindi, prima di rinvenire un altro potente banco di sedimenti granulari a tessitura grossolana, è presente un livello costituito perlopiù da argille e limi, anch'esso di spessore molto differente da zona a zona: indicativamente, da pochi a una ventina di metri.

Alternanze analoghe, di minore interesse ai fini del presente studio sono rappresentate anche alle quote inferiori.

I sondaggi a carotaggio continuo evidenziano come si rilevi una forte variabilità litostratigrafica anche tra verticali poste a poca distanza tra loro.

In superficie, a tratti può essere presente una copertura di depositi coesivi che raramente raggiunge o supera i 2 m di profondità.

Fatto salvo quanto sopra descritto, va chiarito che si tratta di una sezione interpretativa che, con eccezione del tratto di attraversamento del torrente Baganza, è basata su poche informazioni, spesso desunte da stratigrafie di pozzi per acqua, di affidabilità incerta.

6. SISMICA

6.1 Caratteristiche sismotettoniche

Per avere un quadro degli elementi che concorrono alla pericolosità sismica del territorio in esame non si può non fare riferimento agli studi che la Regione Emilia-Romagna ha condotto, a partire dalla fine degli anni '90, principalmente, in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, e che, nel 2017, hanno consentito di pubblicare la “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe”.

Ai fini della realizzazione di tale cartografia, sono risultate fondamentali l'identificazione e la rappresentazione delle strutture tettoniche attive; dove, per strutture tettoniche attive, in questo caso, si intendono quelle che mostrano chiare evidenze di influenza sull'evoluzione morfologica del paesaggio attuale o hanno deformato orizzonti stratigrafici non più antichi di 450.000 anni, età attribuita al limite inferiore del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (*marker* stratigrafico più importante alla scala del territorio d'interesse; cfr. paragrafo 2.1).

Le strutture che presentano evidenze minori o meno certe di influenza sull'evoluzione morfologica del paesaggio attuale o di deformazione degli orizzonti stratigrafici non più antichi di 450.000 anni sono, invece, definite potenzialmente attive.

Inoltre, strutture attive e potenzialmente attive sono state suddivise in:

- affioranti, ovvero che hanno deformato la superficie topografica o, in pianura, hanno deformato la parte più superficiale del sottosuolo, vale a dire fino a profondità inferiori di 100 m dal piano campagna;
- sepolte, ovvero che mostrano evidenze di attività recenti o in atto (es. associazione con eventi sismici) ma a carico di orizzonti stratigrafici profondi almeno alcune centinaia di metri e non arrivano a deformare i livelli superficiali del sottosuolo (≥ 100 m da p.c.).

Va chiarito, comunque, che le faglie attive rappresentate nella “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe” non vanno confuse con le faglie attive e capaci considerate elemento di instabilità nelle analisi di pericolosità sismica locale e oggetto di microzonazione sismica, ai sensi delle ICMS¹, assenti nel territorio oggetto del presente studio.

In Fig. 11 è riportata una mappa delle principali strutture attive e potenzialmente attive che, nella “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe”, sono rappresentate, per chiarezza d’illustrazione, in forma sintetica, tracciando le proiezioni in superficie delle intersezioni dei fronti principali delle strutture tettoniche con la base dei depositi pliocenici.

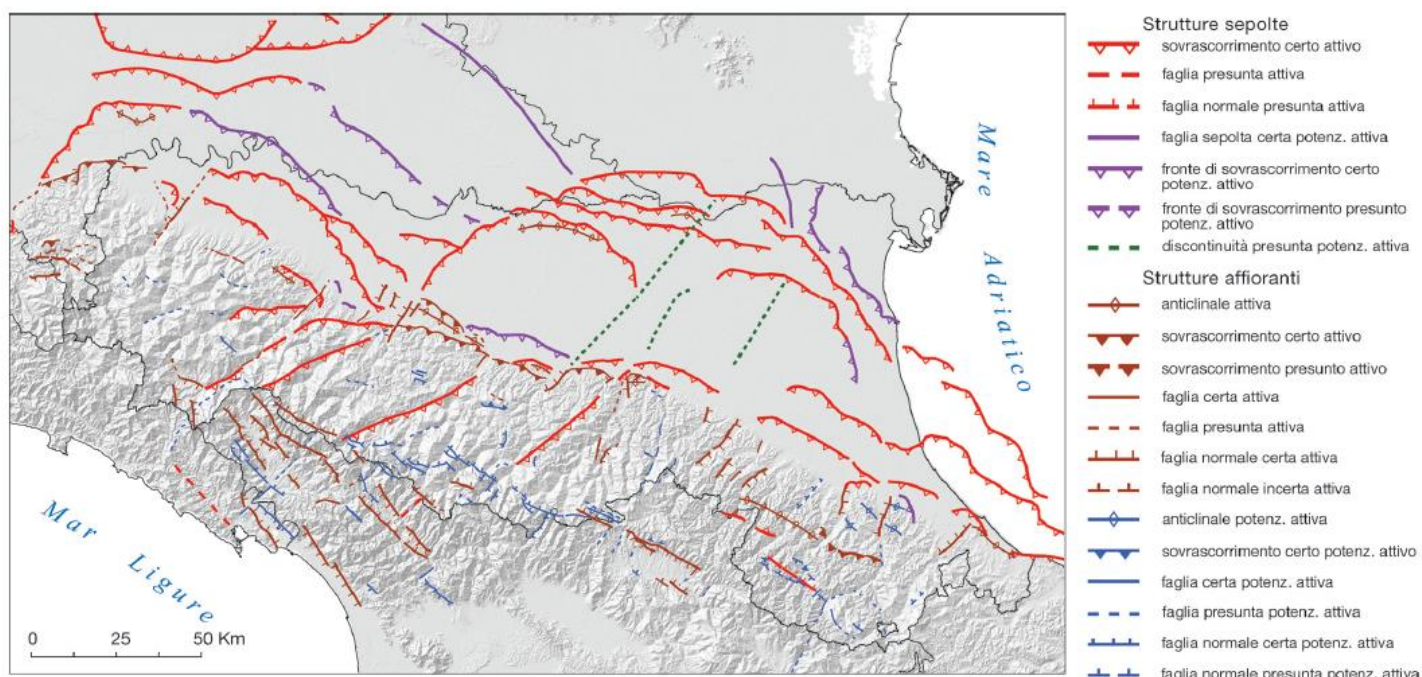


Fig. 11 – Mappa di sintesi delle strutture tettoniche attive e potenzialmente attive riportate nella “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe”

Dall’analisi delle profondità dei terremoti per i quali sono state calcolate soluzioni focali, si evince che i meccanismi di tipo estensionale sono frequenti soprattutto

¹ Negli ICMS è considerata attiva una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-Olocene), ed è considerata capace una faglia attiva che raggiunge la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno. Questa definizione si riferisce al piano di rottura principale della faglia (piano su cui avviene la maggiore dislocazione).

nei primi 15÷20 km della zona assiale della catena e del versante ligure-toscano, mentre i meccanismi inversi sono più frequenti nel settore padano-adriatico; in catena i meccanismi di tipo compressivo sono localizzati per lo più a profondità maggiori di 20 km; i meccanismi di tipo trascorrente sembrano più frequenti nella parte occidentale della Regione dove sono stati localizzati anche a profondità elevate.

La rappresentazione di sezioni con ipocentri ricadenti all'intorno di 10 km ha, invece, evidenziato una concentrazione degli ipocentri dei terremoti strumentali che definiscono un'ampia fascia, la quale, dalla zona padano-adriatica, immerge verso sud-ovest, mentre nel versante tirrenico i terremoti sembrano meno concentrati. In alcuni casi queste fasce sembrano essere la prosecuzione in profondità delle strutture attive riconosciute nei primi 10÷15 km; tali fasce potrebbero quindi identificare zone di faglia profonde attive e sismogenetiche.

In Fig. 12 è mostrato il confronto tra le strutture attive e potenzialmente attive riconosciute nella "Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe" e le zone del catalogo DISS 3.2, il database delle sorgenti sismogenetiche italiane, potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5.5 nell'area Italiana².

A riguardo, è interessante osservare che l'area in esame risulta esterna alle sorgenti sismogenetiche composite, individuate nel catalogo DISS 3.2, ma compresa tra la:

- la ITCS009 – Busseto-Cavriago, ritenuta capace di generare terremoti di magnitudo momento (Mw) pari a 5.6;

e la:

- ITCS046 – Langhirano-Sassuolo, ritenuta capace di generare terremoti di magnitudo momento (Mw) pari a 5.9.

² Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014

mentre, esaminando in dettaglio l'ultima cartografia sismotettonica (cfr. anche Fig. 13), si osserva che è ubicata poco a est di una faglia sepolta.

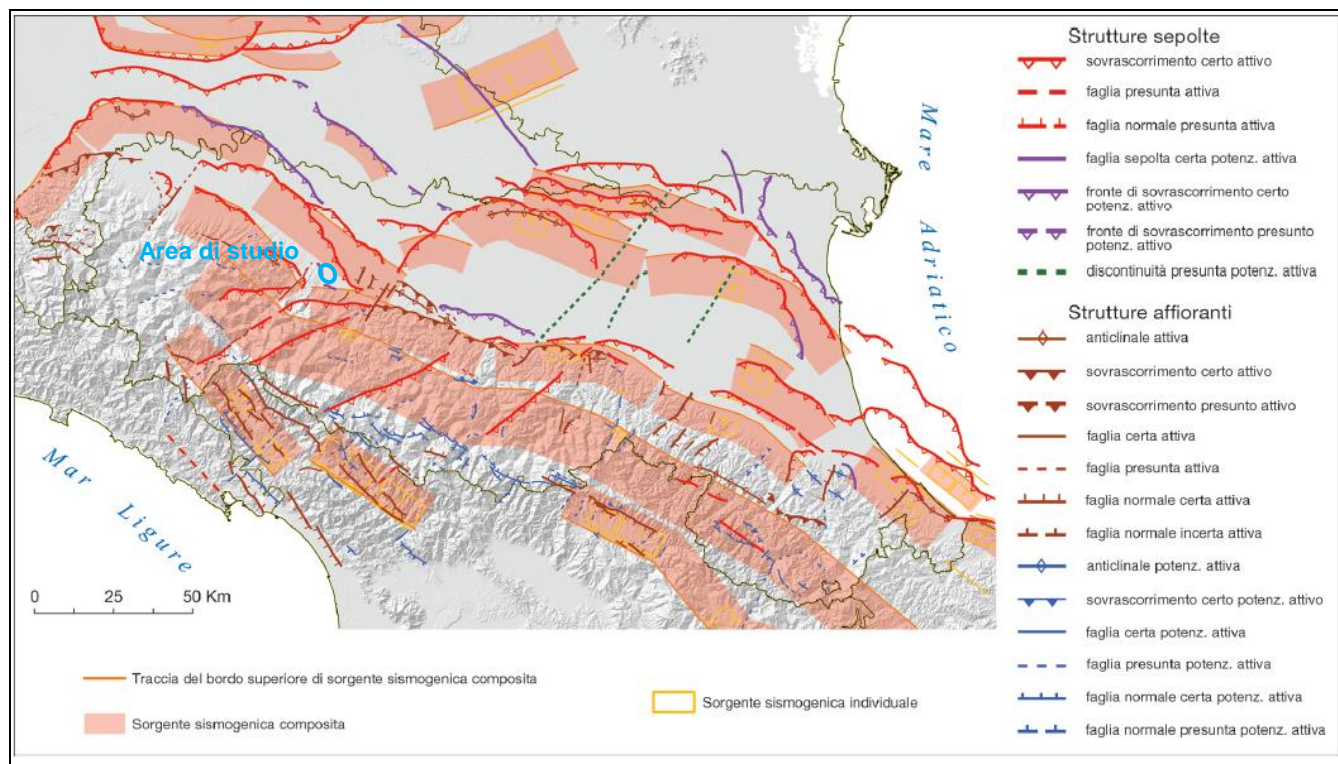


Fig. 12 – Mappa di confronto tra le strutture tettoniche attive e potenzialmente attive riportate nella “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe” e le zone sismogenetiche del DISS 3.2

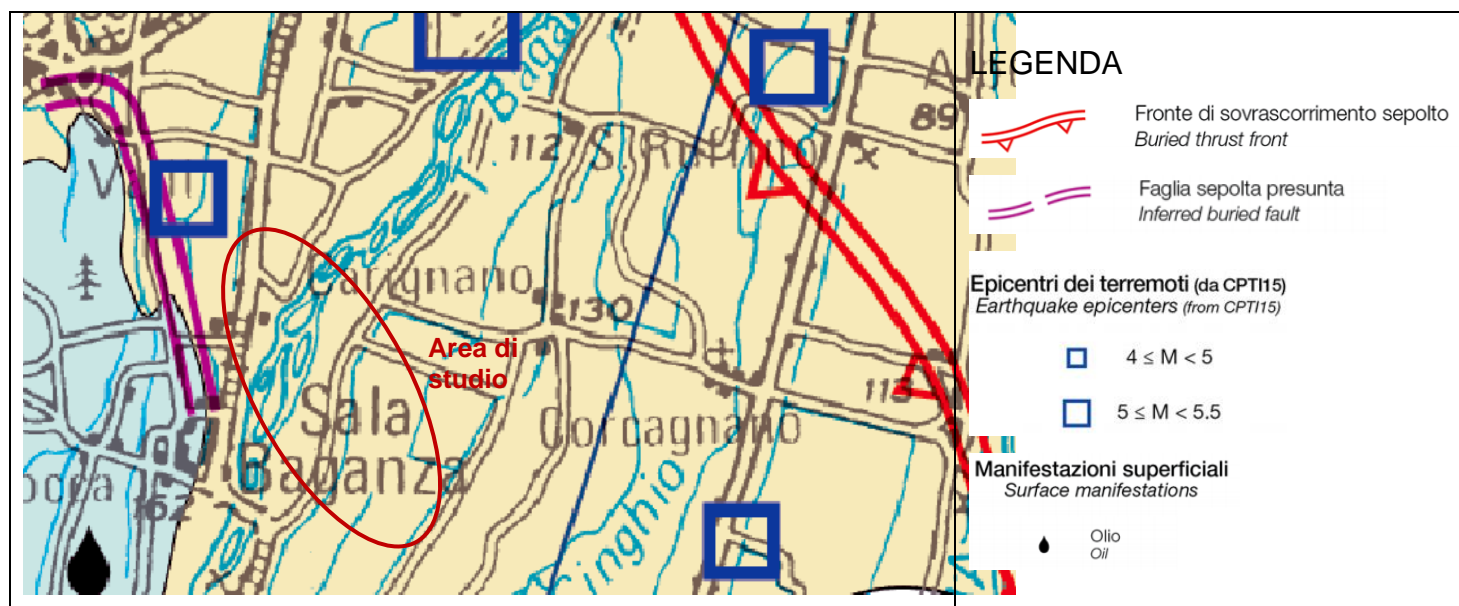


Fig. 13 – Stralcio della “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe”

Esaminando la zonazione Sismogenetica ZS9 (a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004), di cui è riportato uno stralcio in Fig. 14, si osserva, invece che il territorio dove è prevista la realizzazione dell'infrastruttura in progetto ricade all'interno della zona 913, denominata "Appennino Emiliano".

Il maggior numero di terremoti che si verificano in tale zona presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km, con profondità efficace di 13 km.

Sulla base dei meccanismi focali, sono previsti valori "cautelativi" di massima magnitudo momento (M_{wmax2}) pari a = 6,14.

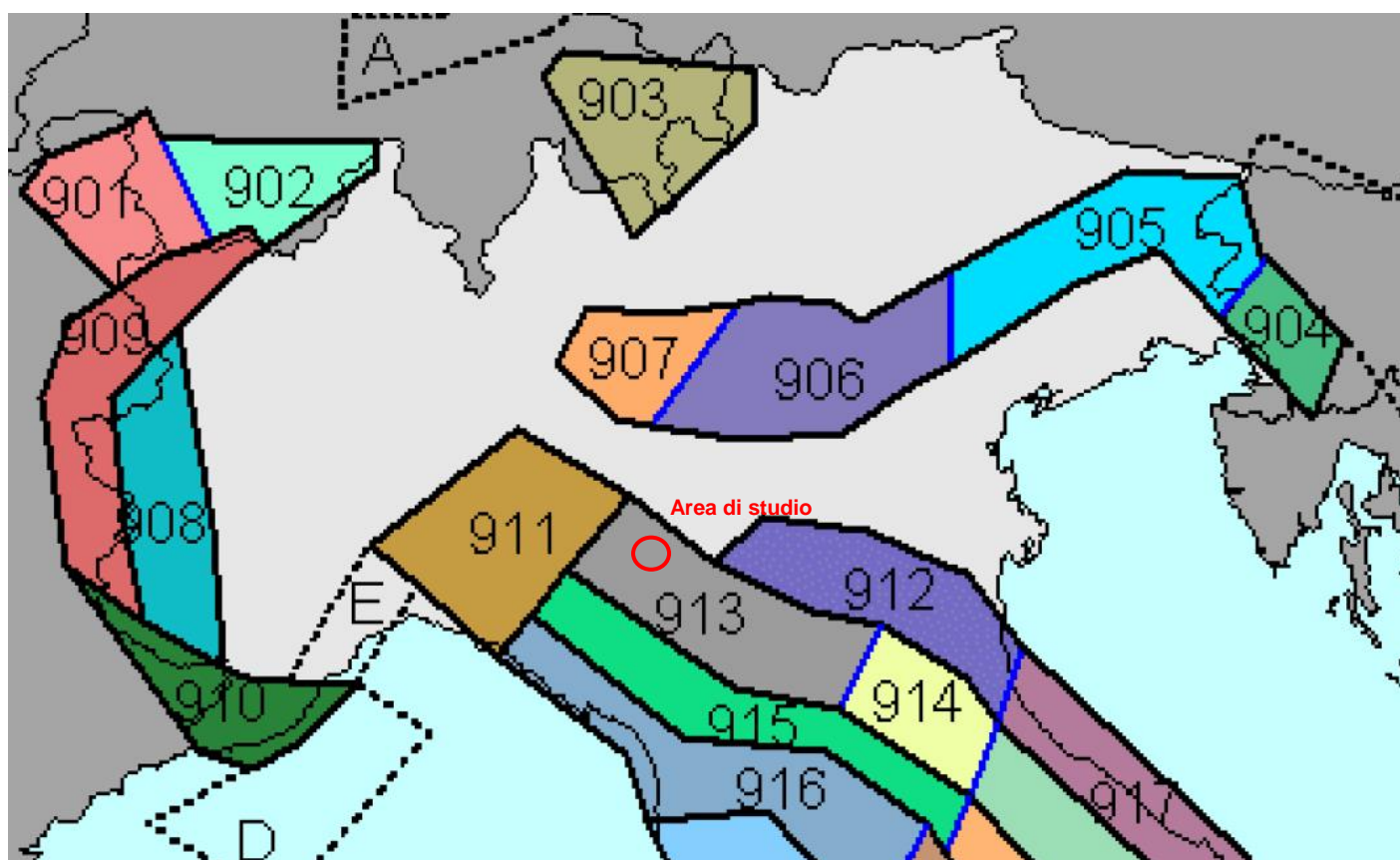


Fig. 14 – Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9 (2004)

6.2 Sismicità storica

La storia sismica del territorio in esame è stata dedotta dal "DBMI15, database macrosismico italiano³ database realizzato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti che contiene i dati macrosismici provenienti da studi dello stesso GNDT e di altri enti. In particolare, nel presente studio, si è fatto riferimento alla storia sismica di Parma, considerata la vasta mole di dati disponibili e la vicinanza con il sito oggetto di studio.

Secondo quanto indicato in DBMI15, la storia sismica a Parma è riassunta graficamente nel diagramma riportato in Fig. 15, mentre in Tab. 5 sono elencati gli eventi di maggiore intensità verificatisi sul territorio, indicando per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito (Intensity), l'anno, la data ed, eventualmente, l'orario in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

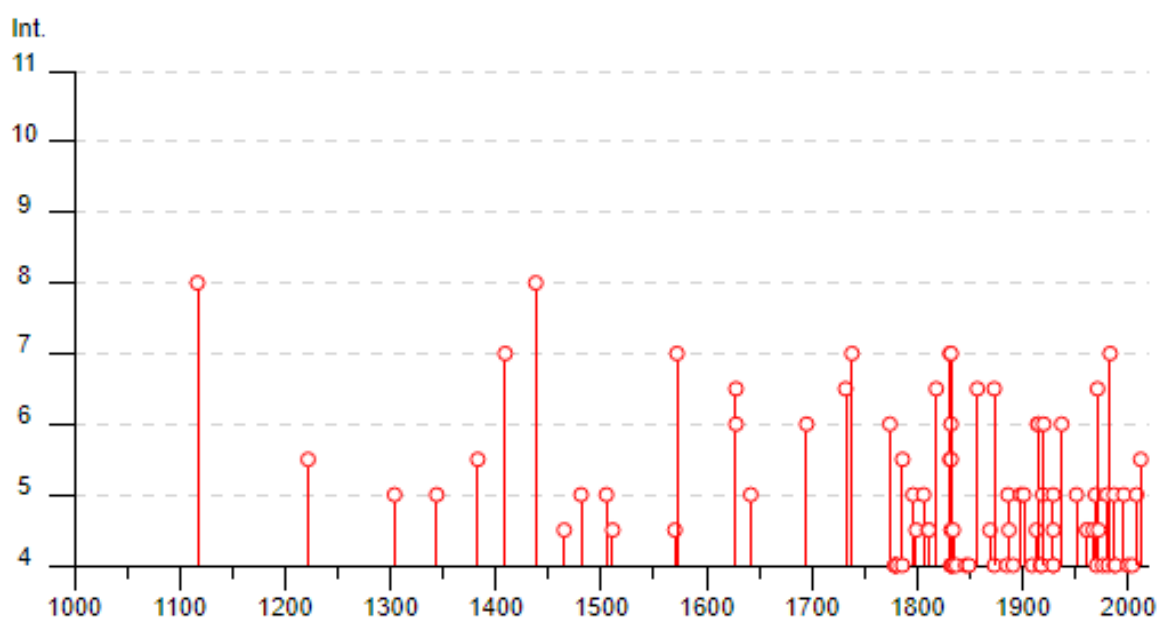


Fig. 15 - Grafico rappresentante gli eventi sismici di Parma

³ Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azza-
ro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istit-
tuto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Io	Mw
8	1117 01 03 15 15	Veronese	9	6,52
5-6	1222 12 25 12 30	Bresciano-Veronese	7-8	5,68
5-6	1383 07 24 20	Parma	4-5	3,93
7	1409 11 15 11 15	Parma	7	5,1
8	1438 06 11 02	Parmense	8	5,56
4-5	1465 04 07 15 30	Pianura emiliana	5-6	4,4
4-5	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	9	6,32
4-5	1570 11 17 19 10	Ferrarese	7-8	5,44
7	1572 06 04 22	Parmense	6	4,63
6-7	1628 11 04 15 40	Parma	6-7	4,86
6	1628 11 04 15 40	Parma		
6	1695 02 25 05 30	Asolano	10	6,4
6-7	1732 02 04 18 20	Parma	5-6	4,65
7	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	7	5,1
6	1774 03 04	Parma	5	4,16
5-6	1786 04 07 00 15	Pianura lombarda	6-7	5,22
4-5	1799 02 22 05 45	Correggio	5	4,16
4-5	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	6	5,06
4-5	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	6-7	5,13
6-7	1818 12 09 18 55	Parmense	7	5,24
5-6	1831 07 14 15 30	Reggiano	5-6	4,6
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	7-8	5,48
6	1832 03 11 08 45	Parmense		
5-6	1832 03 12 02 30	Parmense		
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	7-8	5,51
4-5	1832 03 14 04 40	Reggiano		
4-5	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	6-7	5,08
6-7	1857 02 01	Parmense-Reggiano	6-7	5,11
4-5	1869 12 13 02 53	Sassuolo	5	4,57
6-7	1873 09 17	Appennino tosco-ligure	6-7	5,26
4-5	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	9	6,27
4-5	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	4-5	4,65
6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	7	5,63
6	1915 10 10 23 10	Reggiano	6	4,87
6	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	10	6,53
4-5	1929 04 20 01 10	Bolognese	7	5,36
6	1937 09 17 12 19 05.00	Parmense	7	4,77
4-5	1961 08 13 22 34 18.00	Parmense	5-6	4,37
4-5	1961 08 14 01 03 02.00	Parmense	5-6	4,47
4-5	1967 04 03 16 36 18.00	Reggiano	5	4,44
6-7	1971 07 15 01 33 23.00	Parmense	8	5,51
4-5	1972 10 25 21 56 11.31	Appennino settentrionale	5	4,87
7	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	6-7	5,04
5-6	2012 01 25 08 06 37.09	Pianura emiliana	5-6	4,98

Tab. 5 – Eventi sismici di maggiore intensità i cui effetti si sono risentiti a Parma

Dalla lettura dei dati si evidenzia che i massimi eventi sismici censiti a Parma hanno avuto un'intensità dell'VIII grado della scala MCS e si sono verificati il 3 gennaio 1117, con epicentro nel veronese, e l'11 giugno 1438, con epicentro una quindicina di chilometri a ovest dalla città (cfr. Fig. 16).

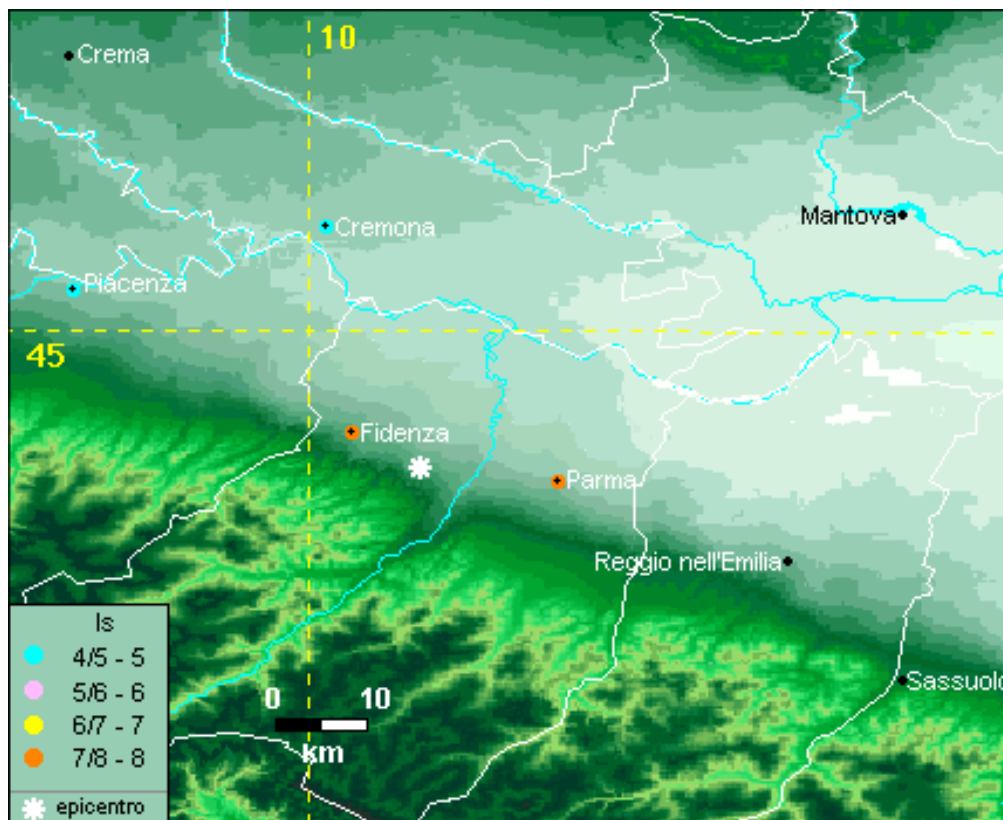


Fig. 16 – Mappa d'intensità sismica relativa all'evento del 11.06.1438

Fatto salvo quanto sopra, si propone di tenere in considerazione anche quanto indicato nel lavoro elaborato per il Dipartimento dalla Protezione Civile, a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", determinate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

Secondo tale studio, basato in misura prevalente su valori realmente osservati, ma che contiene delle correzioni, per quelle località ove queste si siano rese necessarie, il territorio in esame è stato soggetto a terremoti di intensità massima pari all'VIII grado della scala MCS.

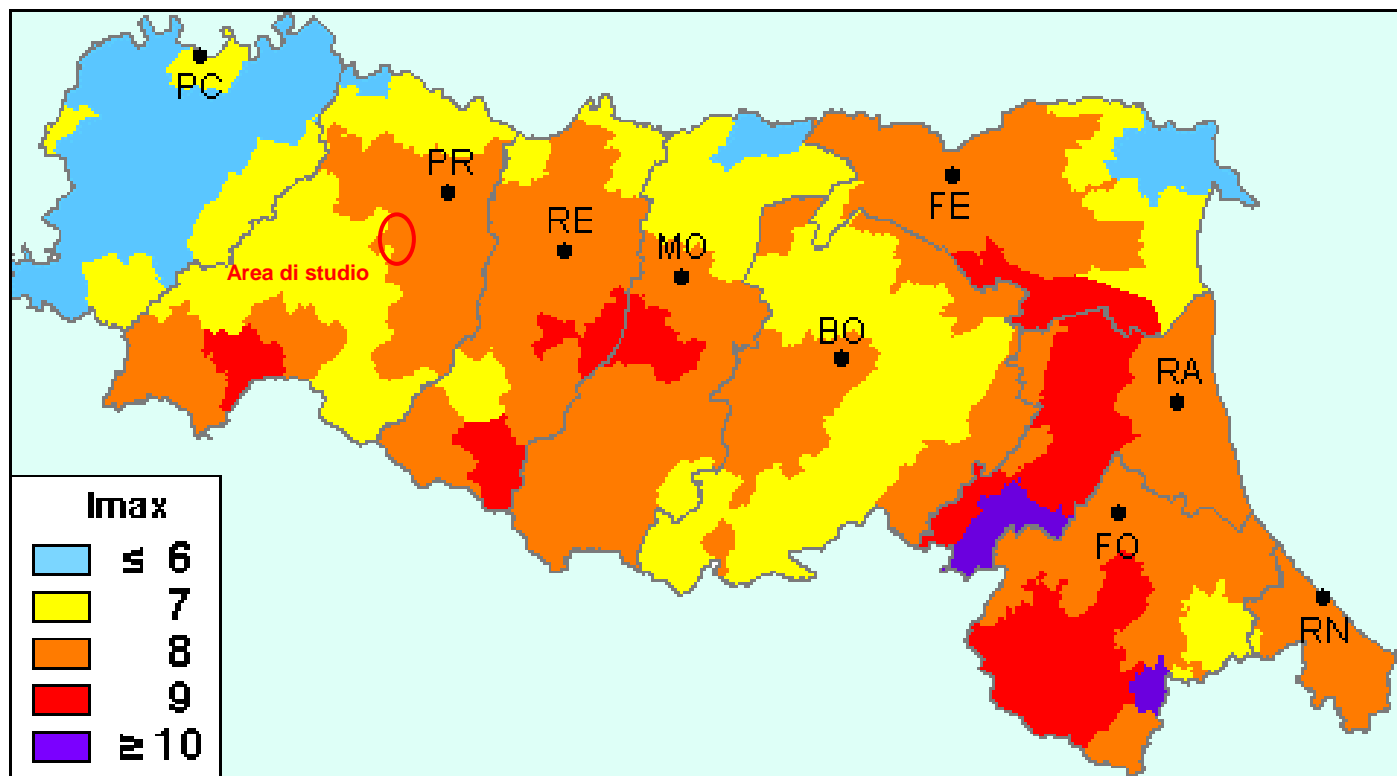


Fig. 17 – Carta della massima intensità macrosismica in Emilia Romagna

6.3 Classificazione sismica

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. La delibera della giunta regionale 23 luglio 2018 n.1164 aggiorna la classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia Romagna, riclassificando il territorio. Secondo tale aggiornamento, come indicato in Fig. 18, il territorio dei comuni di Felino e Sala Baganza, ove ricade l'infrastruttura in progetto, è identificato in zona 3 (a sismicità medio-bassa), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra $0,05 \cdot g$ e $0,15 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

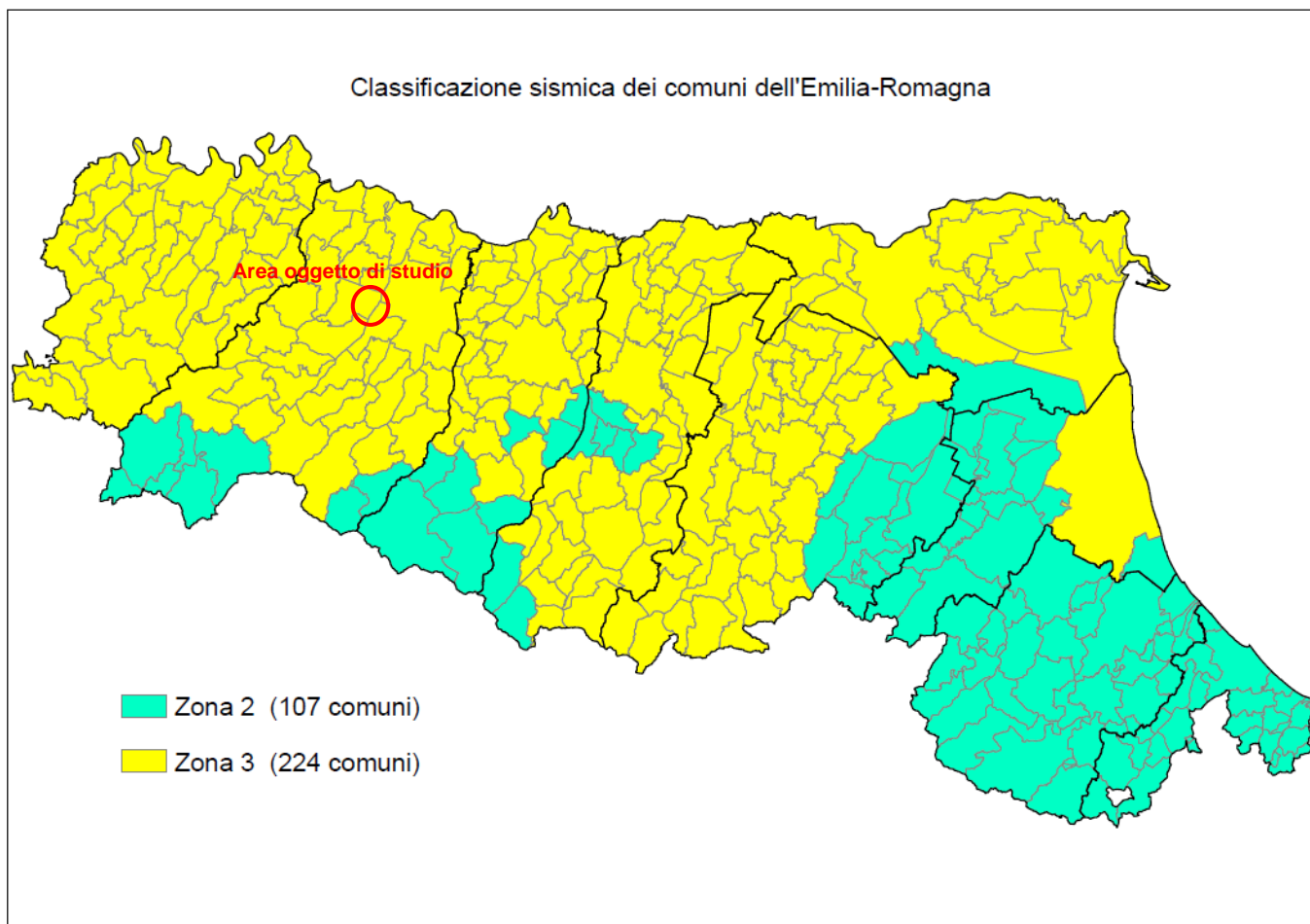


Fig. 18 – Classificazione sismica dei comuni della regione Emilia Romagna

Tale classificazione ha tuttavia valore esclusivamente a fini amministrativi; alle Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14-01-2008, è infatti allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), nel quale l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento (cfr. Fig. 19), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 682 anni).

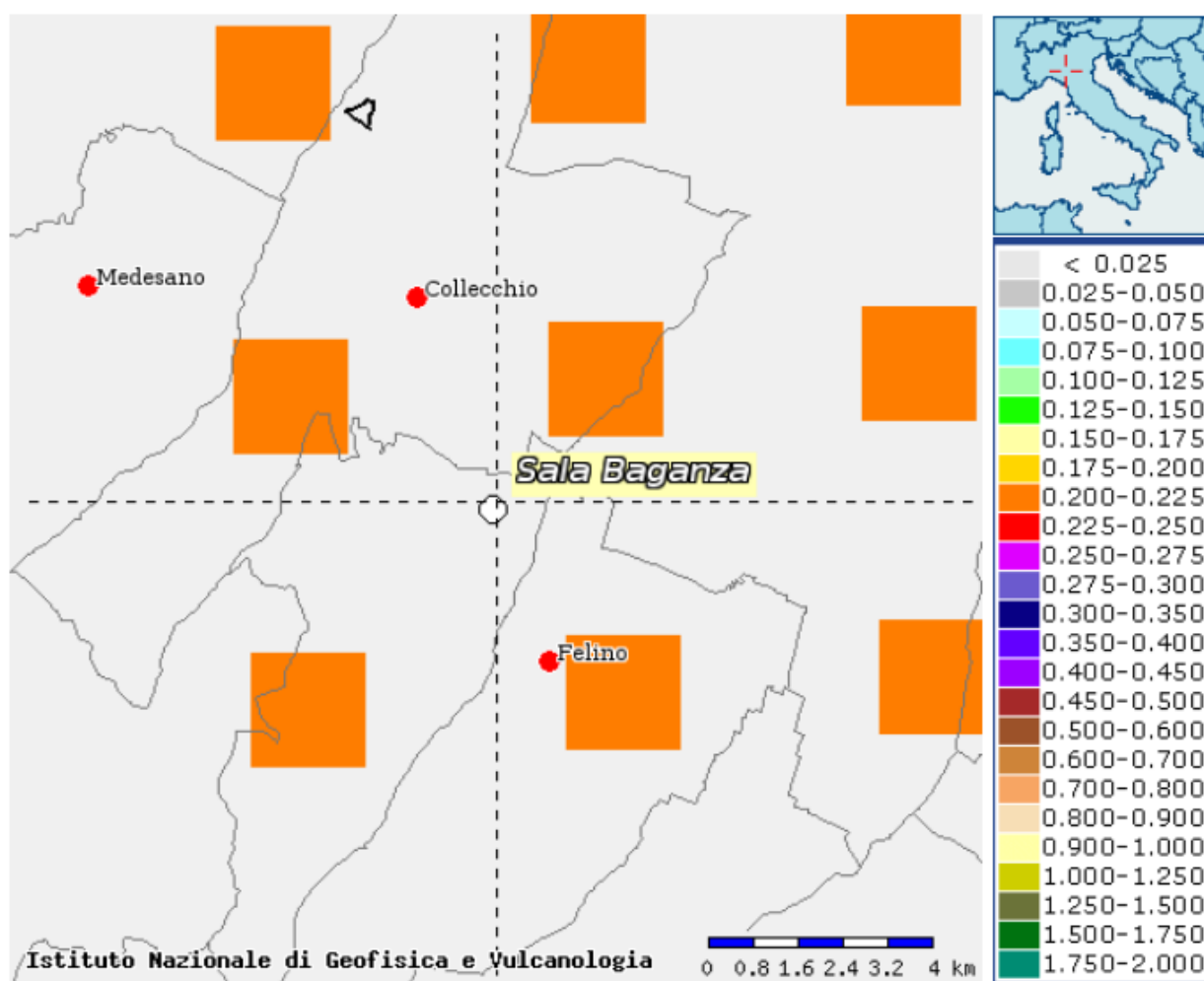


Fig. 19 - Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g) con tempi di ritorno di 1424 anni

Per determinare il tempo di ritorno (T_R) si utilizza l'espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

dove V_R è il periodo di riferimento della costruzione, mentre P_{V_R} è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento definito, per l'infrastruttura in esame, nel paragrafo 1.2.

Quanto alle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} , sono stati assunti i valori indicati nelle N.T.C. 01/2018 (vedi Tab. 3.2.I del Paragrafo 3.2.1): in particolare, probabilità pari al 10%, per lo stato limite ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV) e pari al 63%, per lo stato limite di esercizio di Danno (SLD).

Se il sito in esame non ricade nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* possono essere ricavati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione e i quattro vertici.

6.4 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il D.M. 17-01-2018 definisce 5 categorie in cui suddividere i terreni d'imposta in base ai valori di velocità equivalente delle onde sismiche trasversali fino al substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio, sotto il piano di posa della fondazione e fino al substrato, ($V_{s,eq}$), è definita come:

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

dove h_i e V_i sono lo spessore e la velocità delle onde dello strato i -esimo, N il numero degli strati e H la profondità del substrato.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30m$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Categoria	Descrizione
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Tab. 6 - Categorie sismiche dei terreni

Sulla base di varie prove eseguite in sito, tra le quali un down-hole realizzato dalla Ditta Geoexploration S.r.l., facente parte della campagna indagini commissionata da AIPo nel 2012 (cfr. l'allegato GEO A.1.a - AIPo 2012 e il grafico della V_s in funzione della profondità riportato in Fig. 20), in via preliminare si può affermare che i terreni in esame appartengono alla **categoria sismica B**.

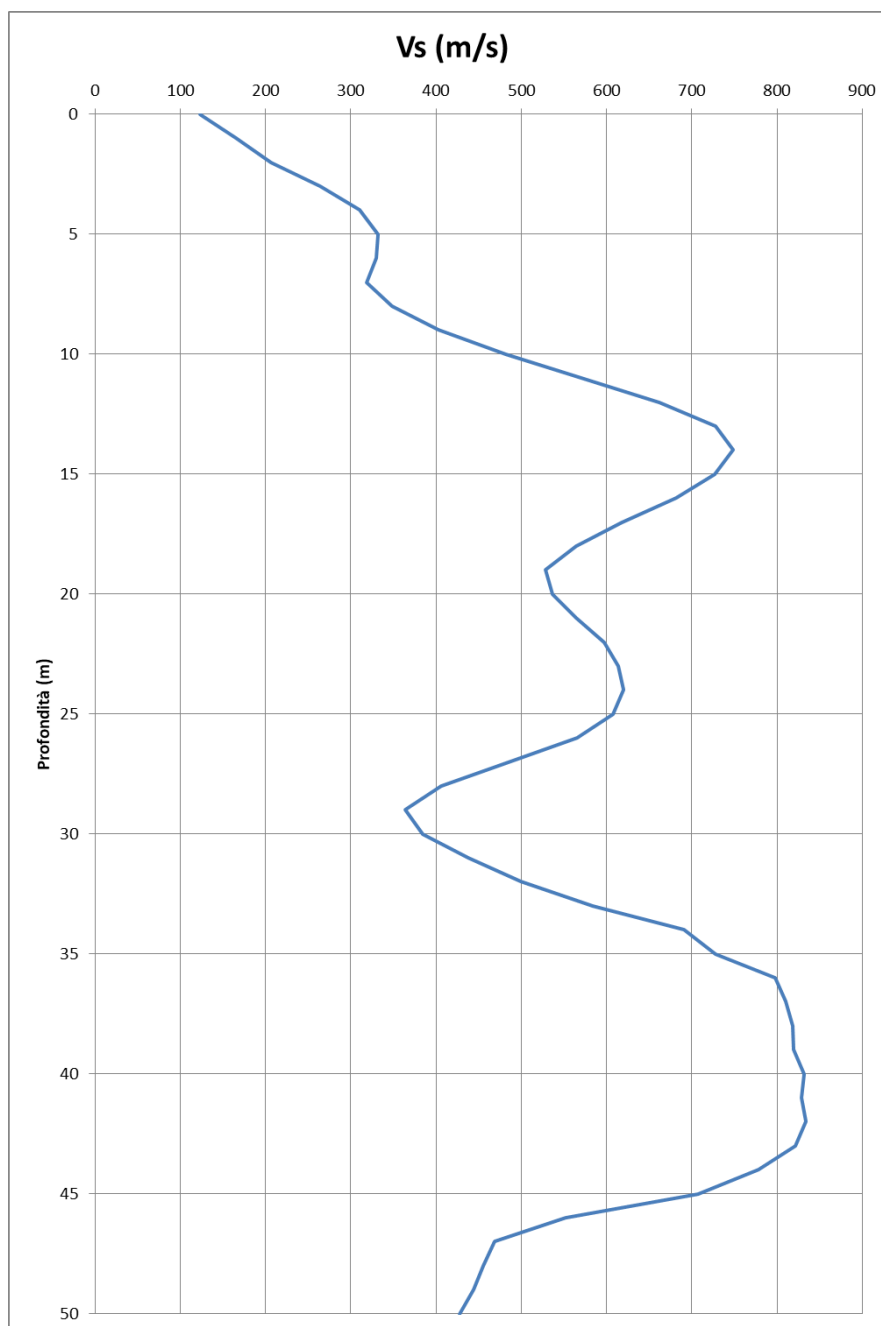
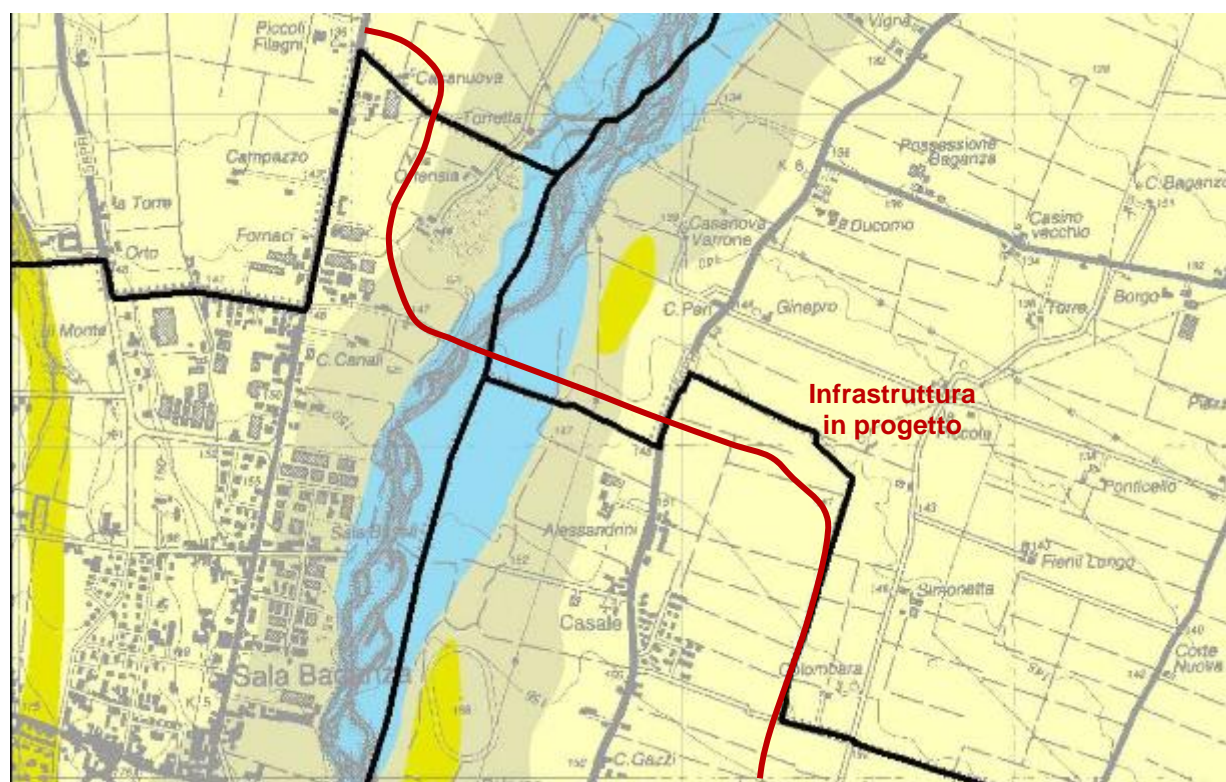


Fig. 20 – Grafico della Vs in funzione della profondità registrata nella prova Down-Hole

6.5 Rischio di liquefazione

Da un esame delle informazioni litostratimetriche raccolte nell'area di studio e nel suo intorno (cfr. stratigrafie degli allegati GEO A.1 – Indagini da progetto definitivo “Cassa di espansione del Torrente Baganza” e GEO A.2 – Database geologico regionale) si evince che, nei primi 15 m da p.c., non è stata evidenziata la presenza di strati di terreno granulare, a grana fine (sabbie), a bassa densità, sotto falda, con spessori pari o superiori al metro.

Ciononostante, in considerazione di quanto indicato nella Carta Provinciale delle Aree Suscettibili di Effetti Locali (cfr. Fig. 21 e Fig. 22) del PTCP vigente, si può affermare che il rischio di liquefazione nella zona in esame non sia trascurabile.



LEGENDA:

Aree soggette ad effetti locali:

	Possibile presenza di depositi sabbiosi [PDS]		Depositi alluvionali in evoluzione [DAE]
	Depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o misti, depositi alluvionali intravallivi, substrato roccioso con Vs < 800 m/s [DAGS]		Possibile presenza di lenti sabbiose [PLS]

Fig. 21 – Stralcio della Carta Provinciale delle Aree Suscettibili di Effetti Locali

CLASSE	Amplificazione per caratteristiche litologiche	Amplificazione per caratteristiche topografiche	Instabilità di versante			Potenziali cedimenti	Potenziale liquefazione	LIVELLI DI APPROFONDIMENTO per la pianificazione comunale
			In atto	evoluzione	potenziale			
IA	×		×					III (per interventi ammessi)
APE	×			×				III
IP	×				×			III (II a seguito di verifica in sede di PSC)
IPt	×	×			×			III
DS	×						×	III (II se si esclude il rischio di liquefazione)
PDS	×						×	III (II se si esclude il rischio di liquefazione)
PLS	×							II
PLSt	×	×						II
DAA	×					×		III (II se si esclude il rischio di cedimenti)
DAGS	×							II
DAGSt	×	×						II (III a seguito di necessità verificata in sede di PSC)
DAE	×						×	III (per interventi ammessi)
LCT	×							II (II se possibile amplificazione stratigrafica di orizzonti di alterazione/fratturazione di spessore >5 m)
SRR								I (II nel caso di marcato grado di alterazione/fratturazione spessore >5 m)
SRRt		×						II (III nel caso di marcato grado di alterazione/fratturazione spessore >5 m)

Fig. 22 – Stralcio della legenda della Carta Provinciale delle Aree Suscettibili di Effetti Locali

Dunque, nelle successive fasi progettuali, andranno fatte le opportune verifiche anche alla luce delle nuove indagini eseguite.

7. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE PRELIMINARI

In attesa dei risultati delle indagini che dovranno essere effettuate a supporto della progettazione definitiva (cfr. capitolo 9), in questa fase, viene proposta solo una prima parametrizzazione geotecnica di massima degli orizzonti raffigurati nella sezione litostratimetrica e idrogeologica in asse all'infrastruttura in progetto di tavola GEO T.5, come denominati nella seguente Fig. 23.

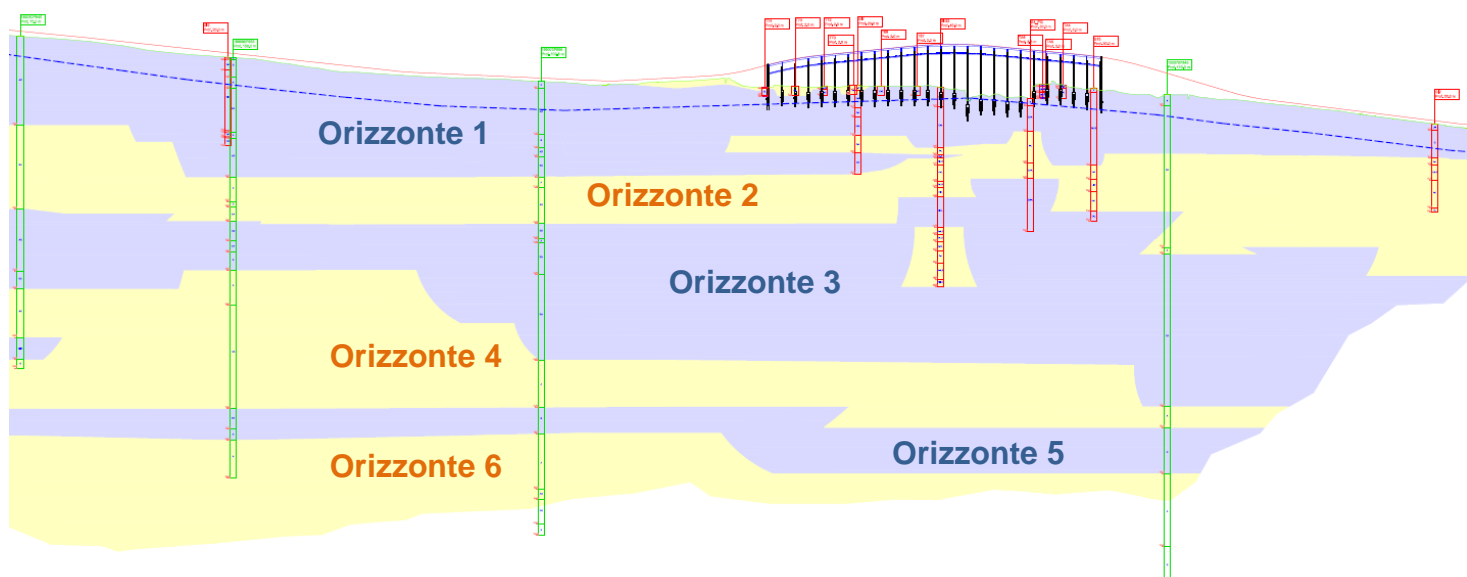


Fig. 23 – Profilo litostratimetrico e suddivisione degli orizzonti

Tale parametrizzazione è sinteticamente riportata nei due paragrafi successivi:

7.1 Livelli di depositi a comportamento granulare

Orizzonte 1

- Litologia dominante: ghiaia argillosa
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
 - angolo d'attrito $\varphi' = 30 \div 32^\circ$

Orizzonte 3

- Litologia dominante: ghiaia limo-sabbiosa
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 20.5 \text{ kN/m}^3$
 - angolo d'attrito $\varphi' = 32\div 34^\circ$

Orizzonte 5

- Litologia dominante: ghiaia
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$
 - angolo d'attrito $\varphi' = 33\div 35^\circ$

7.2 Livelli di depositi a comportamento coesivo

Orizzonte 2

- Litologia dominante: argilla ghiaiosa
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
 - coesione non drenata $c_u = 70.0 \text{ kPa}$

Orizzonte 4

- Litologia dominante: argilla ghiaiosa
- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
 - coesione non drenata $c_u = 90.0 \text{ kPa}$

Orizzonte 6

- Litologia dominante: argilla

- Parametri geotecnici:
 - peso specifico $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$
 - coesione non drenata $c_u = 100.0 \text{ kPa}$

8. POTENZIALI CAVE DI PRESTITO

Al fine di dare delle indicazioni preliminari relative al reperimento dei materiali da utilizzare per i rilevati, è utile osservare lo stato di fatto del quadro pianificatorio della Provincia di Parma in materia di attività estrattive.

Esso è attualmente regolato dal vigente Piano Infraregionale delle Attività Estrattive della Provincia di Parma (adottato con Delib. di C.P. n° 1/69 del 21/05/1993 e approvato definitivamente con Delib. di G.R. n° 2208 del 10/09/1996), cui hanno fatto seguito quattro successive varianti generali di adeguamento:

- la Variante '97, adottata con Delib. di C.P. n° 133/6 del 15/12/1997 e approvata con Delib. di G.R. n° 2111 del 24/11/1998;
- la Variante '99, adottata con Delib. di C.P. n° 52 del 04/05/1999 e approvata con Delib. di G.R. n° 2176 del 05/12/2000;
- la Variante 2002, adottata con Delib. di C.P. n° 35 del 23/03/2003 e approvata con Delib. di C.P. n° 16 del 24/02/2004;
- la Variante 2008, adottata con Delib. di C.P. n° 107 del 30/10/2007 e approvata con Delib. di C.P. n° 117 del 22/12/2008.

Più recentemente, sono state approvate una variante specifica (cfr. Delib. di C.P. n° 40 del 25/07/2016) che non apporta modifiche ai contenuti e previsioni estrattive del Progetto della Variante Generale 2008, ma solo una variazione del perimetro dell'ambito estrattivo vincolato Ac69 - Ca' del Piano in Comune di Fornovo di Taro, e una variante parziale (cfr. Delib. di C.P. n° 40 del 25/07/2016 e Delib. di C.P. n° 13 del 07/04/2017) che principalmente riguarda la previsione di un nuovo ambito estrattivo montano finalizzato alla stabilizzazione di un versante soprastante alla viabilità provinciale e al ripristino dei danni arrecati in Val Parma e Val Cedra dalle alluvioni dell'autunno 2014.

In Fig. 24 è riportato uno stralcio di Tav. P.1.1 Carta di progetto – sintesi contenuta nella variante parziale sopraccitata.

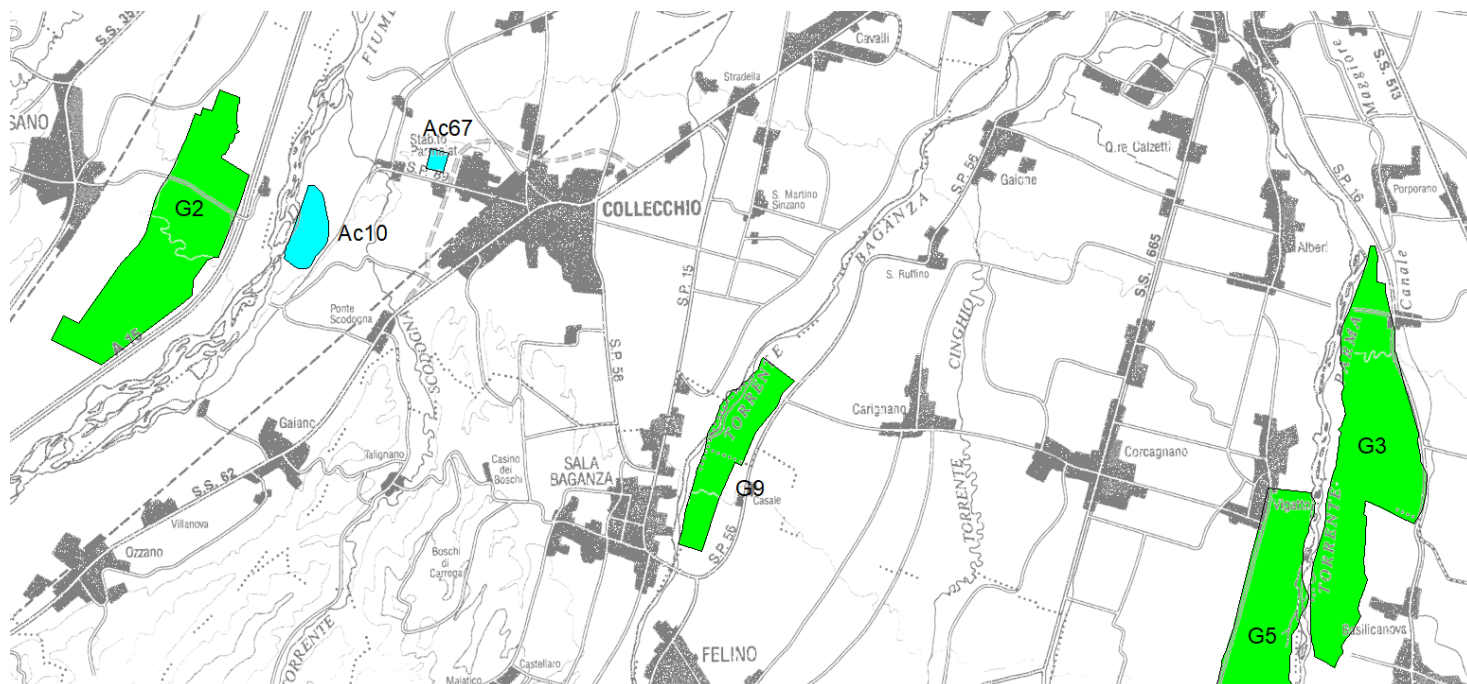


Fig. 24 – Stralcio da Tav. P.1.1 Carta di progetto – sintesi dell’ultima variante al PIAE della Provincia di Parma

Si osserva che l’infrastruttura in progetto attraversa il polo estrattivo G9 – Cassa Baganza di ghiaie pregiate, cui sono assegnati i seguenti obiettivi di quantità:

- in comune di Felino 1'000'000 m³
- in comune di Parma 900'000 m³

Al fine di minimizzare gli impatti è, dunque, auspicabile che le cave di prestito siano individuate all’interno di tale polo.

In alternativa, ci si dovrà indirizzare su una delle seguenti previsioni, pianificate sempre in ambito pedemontano:

- Polo G2 - Taro Sud, in comune di Medesano, che ha un obiettivo di quantità di 3'150'000 m³ di ghiaie pregiate
- Polo G3 – Parma Nord, nei comuni di Montechiarugolo e Parma, che ha un obiettivo di quantità di 1'945'000 m³ di ghiaie pregiate
- Polo G5 - Parma Sud, nei comuni di Langhirano, Lesignano Bagni, Parma e Traversetolo, che ha un obiettivo di quantità di 3'000'000 m³ di ghiaie pregiate

-
- Ambito Ac10 – Naviglio Taro, in comune di Collecchio, che ha un obiettivo di quantità di 100'000 m³ di ghiaie pregiate

9. PIANO DI INDAGINI PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

A completamento del presente studio, tenuto conto delle caratteristiche territoriali e dei dati già disponibili, è stato redatto un piano di indagini da effettuare a supporto della progettazione definitiva dell'infrastruttura in esame.

Tale piano, illustrato nei paragrafi successivi, è raffigurato in tavola GEO T.6 – Planimetria ubicazione indagini in progetto– scala 1:5.000:

9.1 Sondaggi a carotaggio continuo

- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo fino a 35 m da p.c.
- n° 1 rilievo sismico tipo "Down-Hole"
- n° 20 prove Standard Penetration Test (SPT)
- n° 4 prove di permeabilità tipo Lefranc
- n° 4 prelievi di campioni indisturbati
- n° 8 prelievi di campioni rimaneggiati

9.2 Saggi con escavatore

- n° 6 saggi con escavatore fino a 3 m da p.c.
- n° 6 prove di carico su piastra
- n° 6 prelievi di campioni rimaneggiati

9.3 Analisi di laboratorio

- n° 14 aperture di campioni rimaneggiati
- n° 4 aperture di campioni indisturbati
- n° 4 determinazioni delle caratteristiche fisiche del campione
- n° 4 determinazioni dei limiti di Atterberg
- n° 14 analisi granulometriche mediante vagliatura per via umida
- n° 4 analisi granulometriche per sedimentazione con areometro
- n° 2 prove di compressibilità edometrica
- n° 4 prove triassiali non consolidate non drenate (UU)

-
- n° 2 prove triassiali consolidate isotropicamente non drenata (CIU)
 - n° 2 prove di colonna risonante
 - n° 10 analisi chimiche per la caratterizzazione del materiale da scavo (su 4 campioni provenienti dai sondaggi a carotaggio continuo e sui 6 campioni che saranno prelevati nel corso dei saggi con escavatore)