

PNRR - Misura M2.C2 - Intervento 4.2 Sviluppo Trasporto Rapido di Massa
Realizzazione Trasporto Rapido Costiero Rimini Fiera - Cattolica
2^a tratta Rimini FS - Rimini Fiera (CUP D91E20000170001)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA



STUDI ED INDAGINI PRELIMINARI

GEOLOGIA, GEOTECNICA E INDAGINI GEOGNOSTICHE
RELAZIONE GEOLOGICA

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Roberto D'Andrea

Gruppo di lavoro

Arch. Gilberto Avella
Ing. Arianna Bichicchi
Sig.ra Elisa Canevari
Geom. Barbara Dominici
Arch. Matteo Massanelli



SUPPORTO SPECIALISTICO

Geologia e modellazione sismica
Responsabile - Dott. Geol. Carlo Copioli
Collaboratori - Dott. Geol. Gianni Amantini
- Dott. Geol. Fabio Vannoni
Indagini Geognostiche - INTERGEO S.r.l.
Risoluzioni Interferenze - Ing. Gianluca Vitali
Piano del verde - Arch. Serena Corbelli

PROGETTAZIONE

Responsabile integrazione prestazioni specialistiche

Ing. Pietro Caminiti



architecna
engineering



Ing. Andrea
Spinosa

Responsabili di Disciplina

Ing. Pietro Caminiti - *Infrastruttura*
Ing. Maurizio Falzea - *Opere Strutturali*
Ing. Angela Tortorella - *Impianti*
Arch. Alessandro Cacciatore - *Architettura e Sistemazioni Urbane*
Ing. Massimo Plazzi - *Idrologia e Idraulica*
Ing. Davide Salvo - *Capitolati e Documenti Economici*
Ing. Fabrizio Conti - *Coordinatore Sicurezza in fase di Progettazione*
Ing. Andrea Spinosa - *Pianificazione dei trasporti e ACB*
Dott. Geol. Ignazio Giuffrè - *Geologia*

SUPPORTO SPECIALISTICO

Ambiente

SIMINGEGNERIA

Archeologia

Akanthos S.r.l.

COMMESSA	FASE	DISCIPLINA	TIPO/NUMERO	REV.	SCALA	NOME FILE
TRC2	PFTE	GEO	RT001	B	-	TRC2-PFTE-GEO-RT-001-B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	DIC_2022	EMISSIONE	I. GIUFFRE'	I. GIUFFRE'	P.CAMINITI
B	FEB_2023	AGGIORNAMENTO PER RICHIESTE RUP	I. GIUFFRE'	I. GIUFFRE'	P.CAMINITI
C	-	-	-	-	-

PREMESSA

Con nota prot. 4482 del 3.11.2021 la *"Patrimonio Mobilità Provincia di Rimini - P.M.R.s.r.l. consortile"*, ha comunicato l'aggiudicazione relata ai lavori

Nell'ambito dei lavori "D. MIMS n. 448 del 16.11.2021 Misura M2C2 - 4.2 del PNRR. "2° stralcio del sistema di TRC (metromare) tratta Rimini FS - Rimini Fiera. Procedura negoziata senza bando indetta per l'affidamento d'incarico professionale per la redazione del progetto di fattibilità tecnico -economica di tipo "rafforzato". CUP D91E20000170001 - CIG 9402422417, la *"Patrimonio Mobilità Provincia di Rimini - P.M.R.s.r.l. consortile"*, con nota prot. 4482 del 3.11.2021, ha comunicato l'aggiudicazione definitiva all'R.T.P Architecna - Impresa Capogruppo composta da:

- **Architecna Engineering Srl** (mandataria);
- **Ing. Andrea Spinosa** (mandante);
- **Dott. Geol. Ignazio Giuffrè** (mandante).

Nel presente lavoro vengono riportati i risultati di uno studio geologico dei terreni interessati dal progetto di fattibilità tecnica ed economica per il *"2° stralcio del sistema di TRC (metromare) tratta Rimini FS - Rimini Fiera"*.

Il tale ottica e per fornire al progettista, gli elementi di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, in ottemperanza alle norme riportate nelle *N.T.C. 2018 - Norme tecniche per le costruzioni* (D.M. 17 Gennaio 2018), sono stati eseguiti diversi sopralluoghi, in modo da acquisire quanti più elementi possibili per una esatta ricostruzione delle condizioni generali caratterizzanti l'area in studio.

L'indagine si è articolata in un rilevamento geologico di dettaglio, opportunamente esteso al di fuori dell'area di progetto, integrato localmente dall'individuazione e dal rilevamento di alcuni affioramenti situati nelle immediate vicinanze.

I dati ottenuti, unitamente a quelli noti allo scrivente, per essersi interessati in passato a studi su terreni di analoga facies petrografica, sono stati in ultimo correlati con quanto indicato in merito dalla letteratura specializzata esistente (*"Carta geologica d'Italia"*, Foglio 256 Rimini, in scala 1:50.000, redatta da L. Martelli, S. Quagliere, U. Cibin, P. Saveri, A. Correggiari, M. Roveri, a cura dell'APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici – Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d'Italia), al fine di ottenere una corretta ricostruzione della successione litostratigrafica locale ed una più attendibile definizione dei principali parametri geotecnici dei terreni

interessati dall'opera.

Inoltre, per definire il modello geologico del sottosuolo sono stati acquisiti i dati contenuti nella banca dati geognostica (database geognostico) messa a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. Ulteriori dati sono stati estratti grazie alle funzionalità contenute del sito web *"Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola"* elaborato dal medesimo Servizio Geologico.

Al fine di poter meglio caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico e geotecnico i terreni che compongono il sottosuolo dell'area in esame ed un suo ampio intorno, nelle more che vengano eseguite le indagini già programmate ed in corso di esecuzione per il progetto in oggetto, sono state presi in esame anche:

- i dati geologico e geotecnici a corredo del *"Progetto per la demolizione e ricostruzione del ponte carrabile di via Coletti sul deviatore Marecchia"*;
- i dati geologico e geotecnici a corredo del *"Progetto per l'ampliamento polo fieristico Variante EST"*.

Nei mesi di dicembre 2020, gennaio e febbraio 2023, sono state eseguite, parte delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, programmate precedentemente; pertanto, le risultanze di tali indagini, anche se parziali sono state utilizzate per la definizione dei parametri geotecnici rappresentativi relativi alle aree del tracciato, dove verranno realizzate l'opere d'arte più importanti.

Sarà compito del progettista, sulla scorta dei dati di seguito riportati e da quelli emersi dalle indagini eseguite, effettuare le verifiche e le scelte progettuali così come previsto dalle norme vigenti (*parere del Consiglio di Stato n°154 del 02.06.1994*).

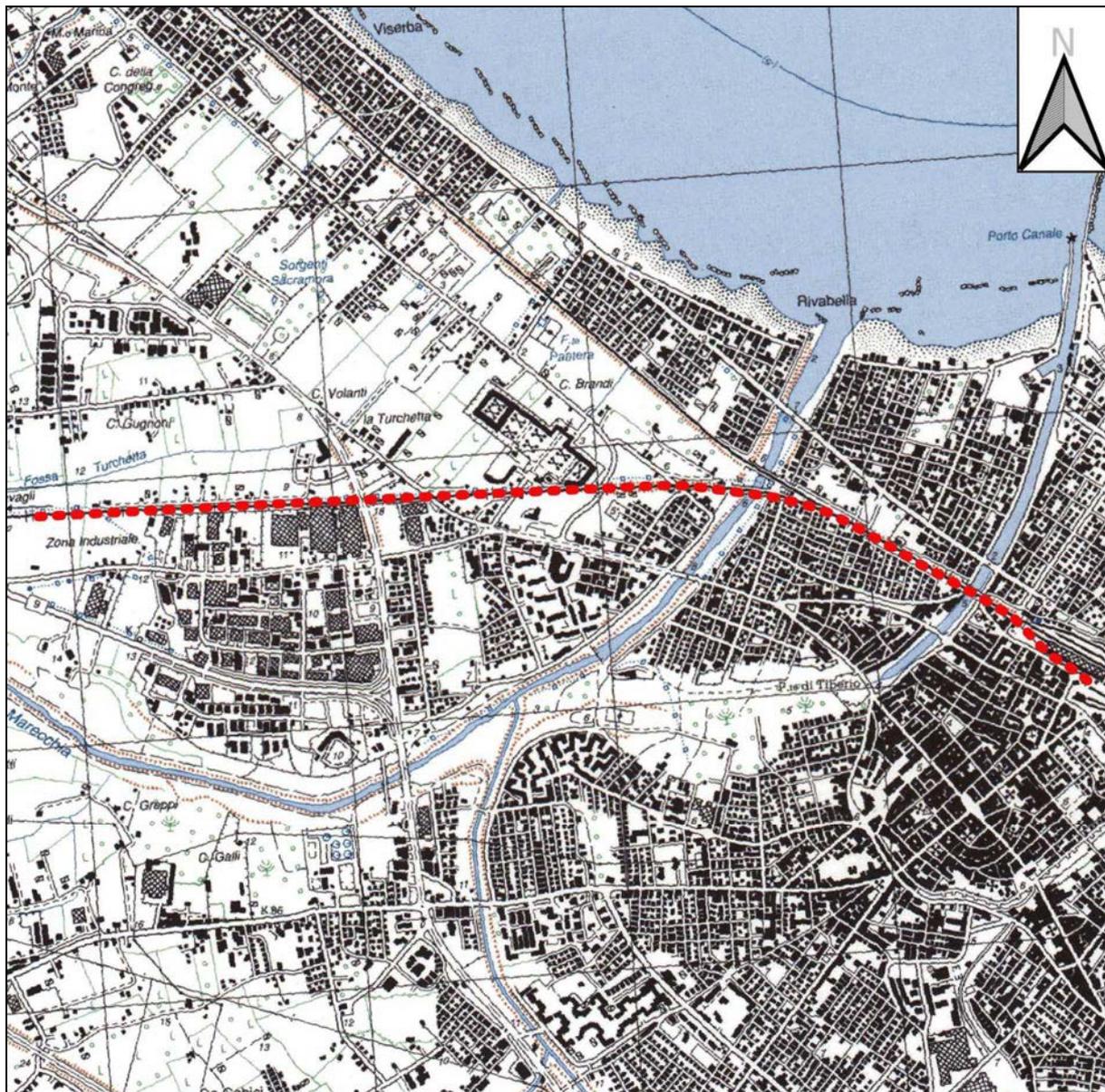
Il lavoro è stato, quindi, articolato sviluppando il seguente schema:

1. inquadramento dell'area ed opere previste in progetto;
2. lineamenti geologici;
3. lineamenti idrografici ed idrologici;
4. regime vincolistico;
 - 4.1. piano di assetto idrogeologico;
 - 4.2. piano di gestione de rischio alluvioni;
 - 4.3. pericolosità idraulica;
5. modellazione sismica;
6. pericolosità sismica;

7. valutazione studi microzonazione sismica di livello 3
8. indagini in sito.
 - 8.1. risultati indagini in sito pregresse;
 - 8.2. indagini in sito eseguite;
9. caratterizzazione geotecnica;
 - 9.1. area Porto canale;
 - 9.2. area Fiume Marecchia;
 - 9.3. area sottopasso pedonale via Spinelli;
 - 9.4. area sottopasso pedonale via Borgetti;
 - 9.5. area via Carlo Zavagli;
 - 9.6. area sottopasso via Sacramora;
 - 9.7. area ingresso Cimitero – Via dei Cipressi;
 - 9.8. area incrocio SS 16 - Ferrovia BO - AN - Sottopasso via Capelli;
10. stima dei fenomeni di liquefazione - calcolo potenziale liquefazione;
 - 10.1. condizioni di esclusione dalle verifiche di liquefazione;
 - 10.2. metodologia di calcolo;
 - 10.3. azione sismica - accelerazione massima attesa e magnitudo momento MW;
 - 10.4. valutazione del potenziale di liquefazione;
 - 10.5. risultati delle verifiche di calcolo;
11. classificazione del suolo di fondazione;
12. Conclusioni.

1. INQUADRAMENTO DELL'AREA ED OPERE IN PROGETTO

L'area oggetto dell'indagine è ricade nel territorio Comunale di Rimini. Topograficamente, il sito rientra nella Tavoletta "Rimini", Foglio n° 101, Quadrante III, Orientamento S.O., redatta dall'I.G.M.I. alla scala 1:25.000, mentre ricade nella sezione della CTR in scala 1:10.000 n° 256160 e pii in dettaglio, per quanto riguarda la cartografia alla scala 1:5.000, il tracciato rientra negli elementi n. 256112 e 256113.



Stralcio Tavoletta IGMI in scala 1:25.000

L'area di intervento ricade nel bacino idrografico sotteso dal corso d'acqua Marecchia e all'interno di aree appartenenti all'ambito "bacini costieri Marecchia Conca". Il tracciato attraversa i corsi d'acqua Marecchia e Porto Canale interessando i terreni appartenenti agli ambienti della Piana Costiera e della Piana Alluvionale

Nel contesto dell'attuale sistema di Trasporto Rapido Costiero TRC che si estende tra Rimini FS e Riccione FS, il presente progetto prevede il prolungamento a nord fino al quartiere fieristico.

L'estensione garantisce un facile e rapido collegamento tra le attuali 17 fermate della linea TRC e il polo fieristico, fornendo all'utenza fermate aggiuntive dislocate lungo il percorso da Rimini FS a Rimini Fiera.

La proposta prevede una linea, di lunghezza pari a circa 4,3 km che si sviluppa su un tracciato in sede interamente protetta, garantendo tempi di percorrenza certi, senza alcuna interferenza con la viabilità esistente.

Il tracciato si pone in adiacenza alla linea ferroviaria Bologna – Ancona in rilevato rispetto al piano di campagna mantenendosi a cavallo dell'attuale confine fra aree ferroviarie e comunali.

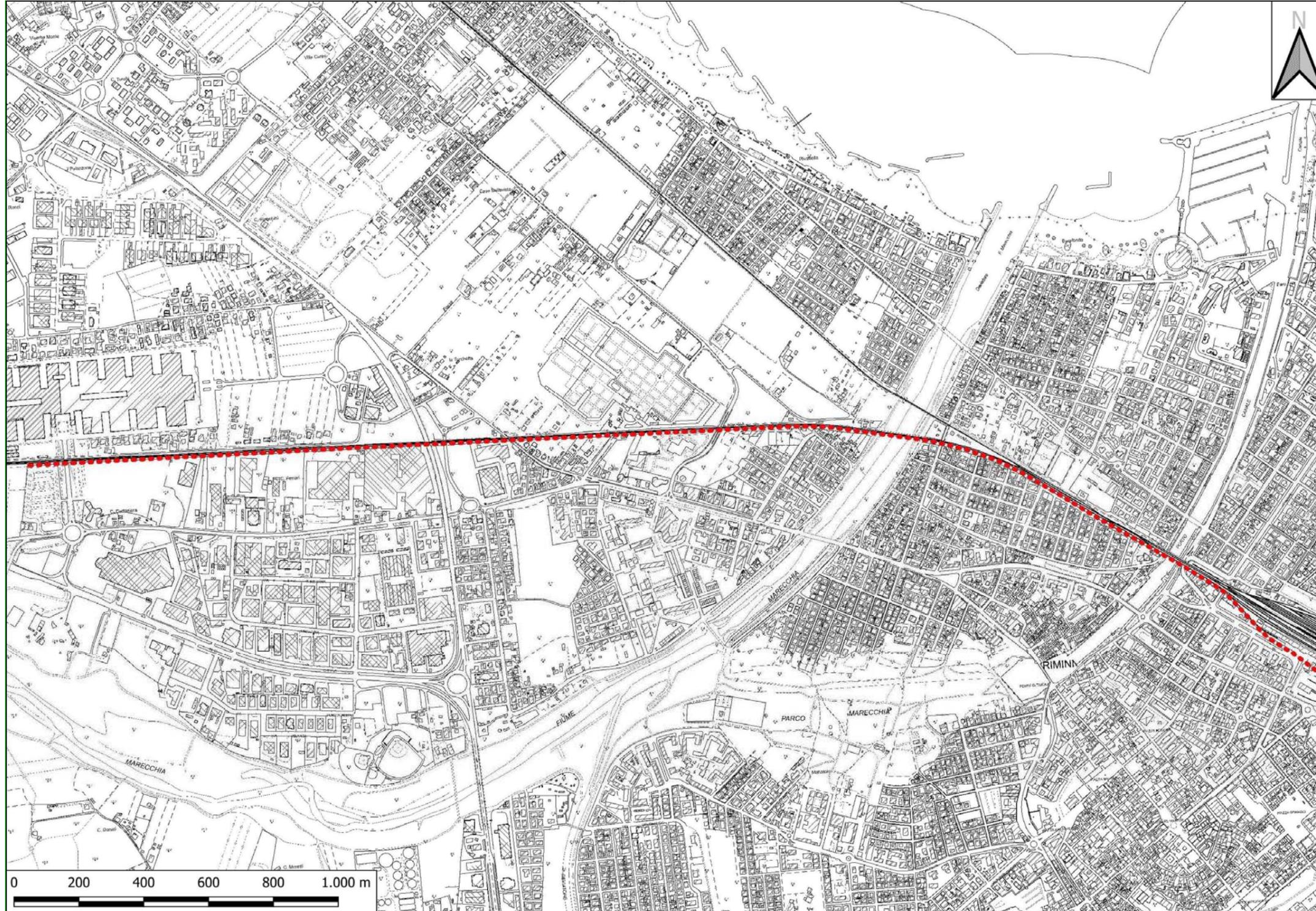
Le quote altimetriche dell'area di progetto oscillano tra un minimo di: 3.40 m s.l.m., presso la stazione ferroviaria, ed un massimo di: 11.70 m s.l.m. presso la Fiera.

In ogni caso il tracciato risulta sempre alle distanze di rispetto previste dalla velocità di esercizio della linea Bologna – Ancona e non ha interferenze con gli impianti ferroviari.

Nella seconda tratta del Trasporto Rapido Costiero sono presenti 2 capolinea (dei quali quello di partenza – Rimini FS – esistente essendo quello della tratta centrale) e 6 fermate intermedie tutte a doppia via di corsa per garantire l'incrocio dei veicolo alle estremità delle tratte a singola via di corsa.

Il tracciato risulta composto da tratte di linea a singola via di corsa avente larghezza 4,20 m nella prima parte del tracciato per una lunghezza di circa 1,7 km a partire dal capolinea esistente di Rimini FS e fino alla fermata n.3 Rivabella.

Nella seconda parte del tracciato dalla fermata n.3 Rivabella fino al capolinea Fiera di Rimini per una lunghezza di 2,5 km, la minore densità urbanistica consente la realizzazione di un percorso a doppia di corsa che garantisce maggiore flessibilità e capacità del servizio specie in occasione delle manifestazioni fieristiche.



Carta Tecnica Regionale con ubicazione del tracciato da realizzare



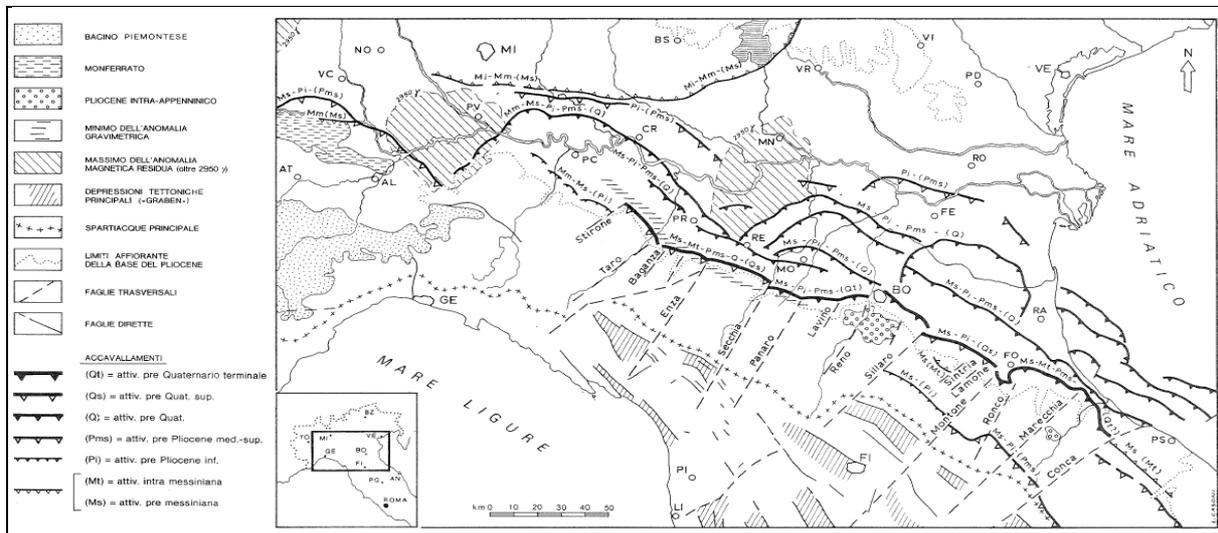
Ortofoto con ubicazione del tracciato da realizzare

2. LINEAMENTI GEOLOGICI

Il bordo appenninico esterno e la attuale fascia costiera sono il prodotto del sistema ad embrici e accavallamenti che regola il sollevamento e lo sviluppo della catena appenninica.

Secondo le ricerche dell'AGIP (Pieri e Groppi, 1981; Subsurface Geological Structure of the Po Plane. Publ. 414 P.F. Geodinamica. CNR, 23 p.) la Pianura Padana meridionale costituisce una stretta fascia allungata parallelamente ai rilievi del bordo appenninico.

La presenza di strutture tettoniche sepolte drappeggiate ed annegate da tali depositi, storicamente ipotizzata, è stata accertata attraverso la realizzazione di "sezioni sismiche".



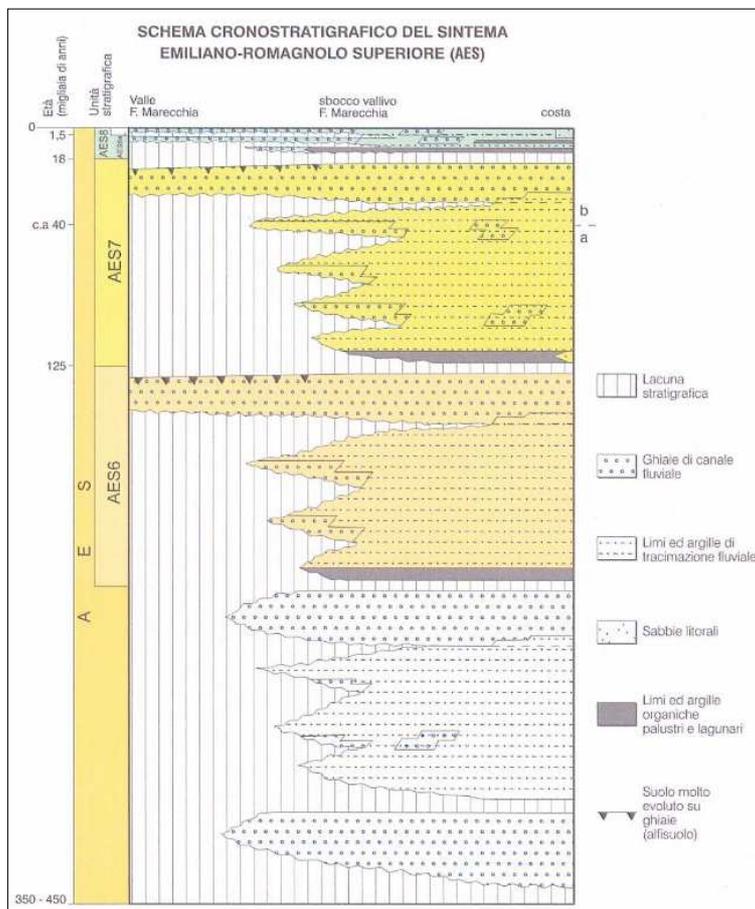
Lungo il bordo appenninico esterno e la fascia di pianura antistante gli elementi strutturali accatastati vengono a formare un prisma di accrezione che per la complessa interferenza tra l'attività tettonica e quella sedimentaria assume i caratteri di una pronunciata fossa tettonica denominata "Avanfossa appenninico - adriatica" (Ori G.G., Roveri M. e Vannoni F., 1986; "Plio - Pleistocene Sedimentation in the Appenninic - Adriatic Foredeep Adriatic Sea". In: P.A. Allen, P. Homewood and G. Williams (eds.), Foreland Basins, International Association of Sedimentologists Special Publication, 8: 183 - 198, 1986).

L'intrecciarsi di complessi meccanismi sedimentari e tettonici hanno dato luogo alla formazione di bacini alla fronte e sulla parte retrostante degli accavallamenti traslando con essi

all'interno della Avanfossa. Il risultato finale è quello di un consistente impilamento di sedimenti caratteristici della successione sedimentaria plio – pleistocenica della zona di studio.

La tetto-genesi della nostra area inizia nel Tortoniano, in corrispondenza di una fase tettonica molto accentuata ad occidente, quando la fascia romagnolo - marchigiana interna, ubicata sul fronte della catena, costituisce una depressione fortemente articolata in piccoli bacini con sviluppo parallelo all'asse appenninico ("Bacini minori intrappenninici").

Il bordo appenninico esterno, in cui ricade l'area in studio e l'avanfossa appenninico-adriatica propriamente detta, iniziano a delinearsi durante il Messiniano migrando nella fascia esterna e trovano il loro massimo sviluppo nel pliocene inferiore quando la tetto-genesi appenninica raggiunge il suo acme e la catena si estende ormai su tutta l'area.



Durante il pliocene medio - superiore la distensione, legata all'avanzamento del fronte estensionale tirrenico, comincia ad interessare la parte più interna della catena mentre i principali

fronti compressivi sono ubicati nella fascia romagnolo - marchigiana esterna determinandone il sollevamento e la parziale emersione.

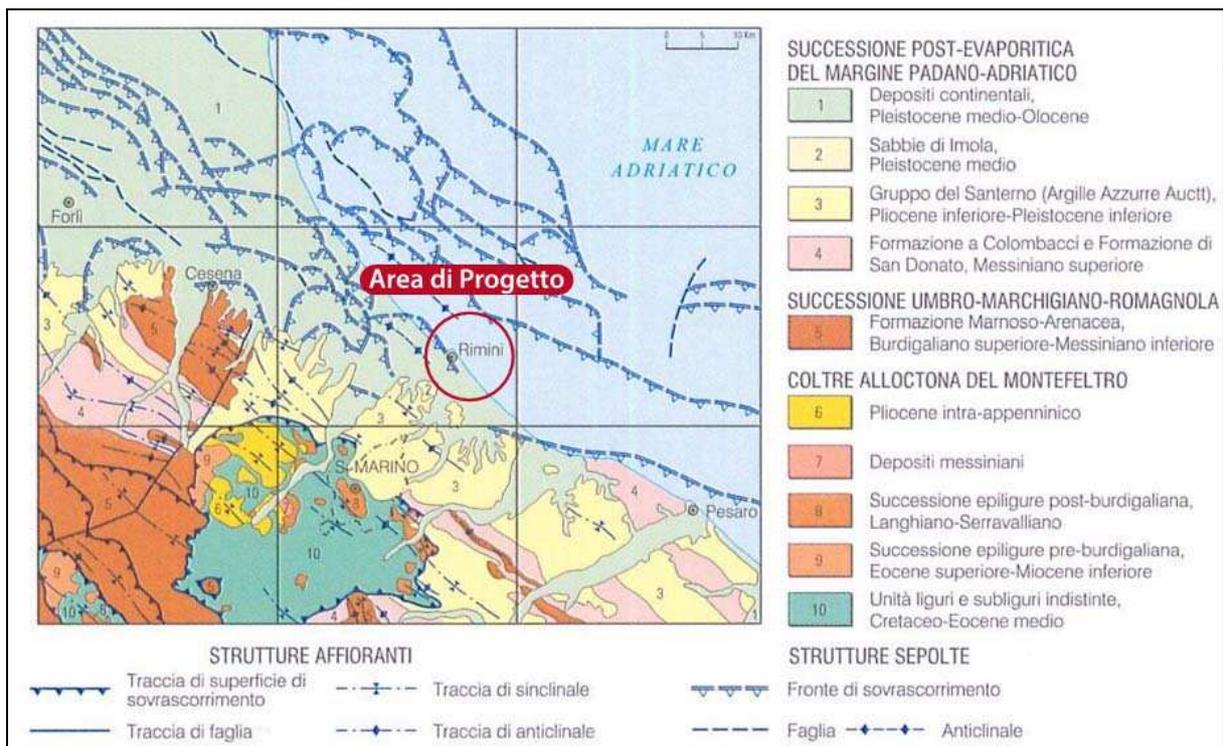
Nel pleistocene inferiore - medio i fronti compressivi migrano in Adriatico.

Si hanno movimenti differenziali verticali delle aree che continuano anche nel "Pleistocene glaciale" influenzando lo sviluppo e la tipologia della sedimentazione.

Durante tutto il Quaternario l'area marchigiano - romagnola subisce notevoli e ripetuti cambiamenti climatici (glaciazioni); queste variazioni e il progressivo sollevamento originano più generazioni di depositi alluvionali terrazzati visibili nelle vallate dei torrenti locali.

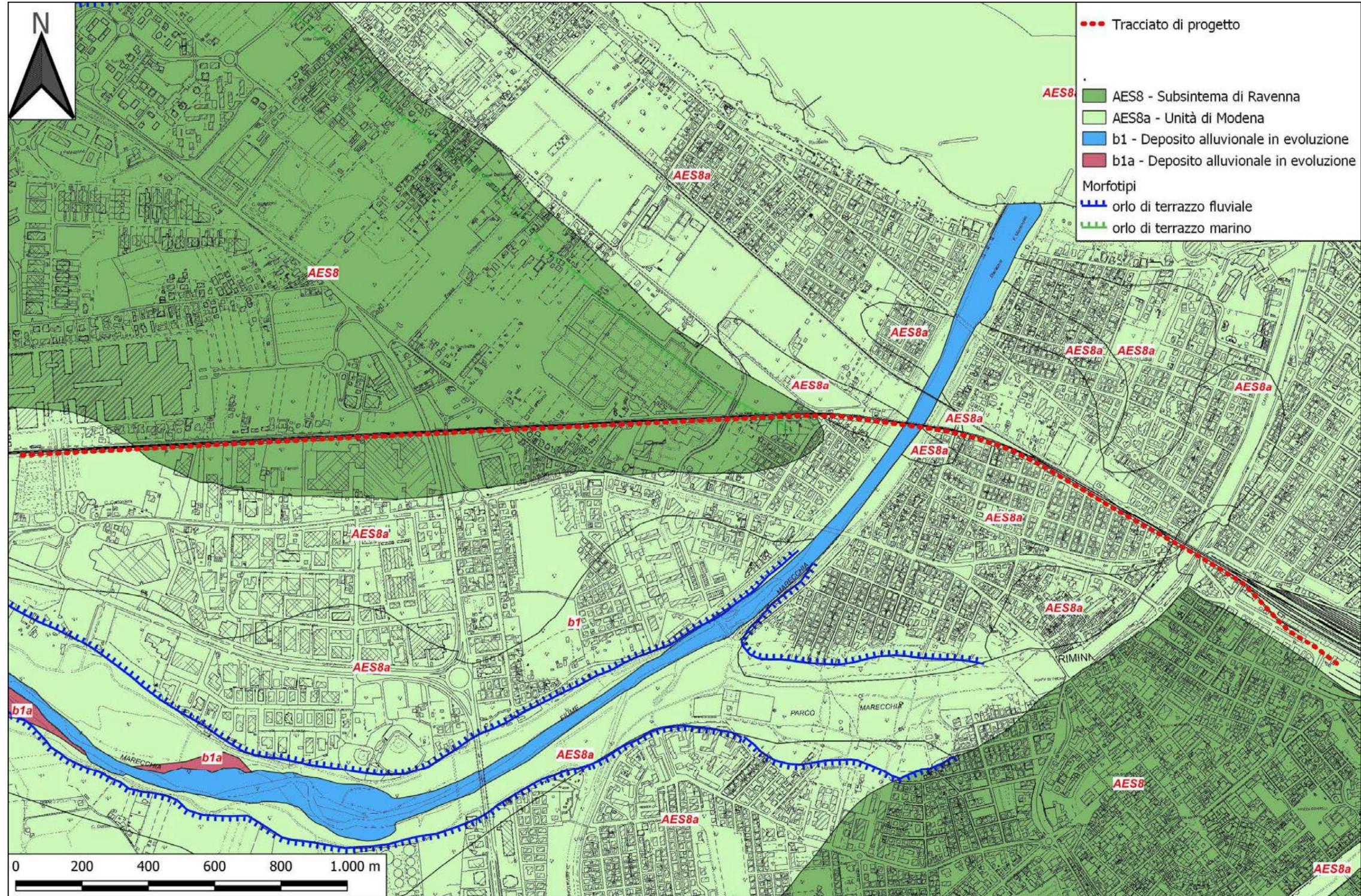
L'incisione dei depositi suddetti si realizza progressivamente nel corso dell'Olocene quando il ringiovanimento dei versanti determina il modellamento dei caratteri morfologici attuali.

Di seguito si riporta lo schema geologico a scala regionale riportato dal progetto CARG e lo schema cronostratigrafico del Sistema Emiliano Romagnolo superiore che caratterizza l'area di progetto.



Scheda inquadramento regionale

L'area di progetto ricade in un settore di territorio a ridosso della fascia costiera romagnola.



Carta Geologica CARG

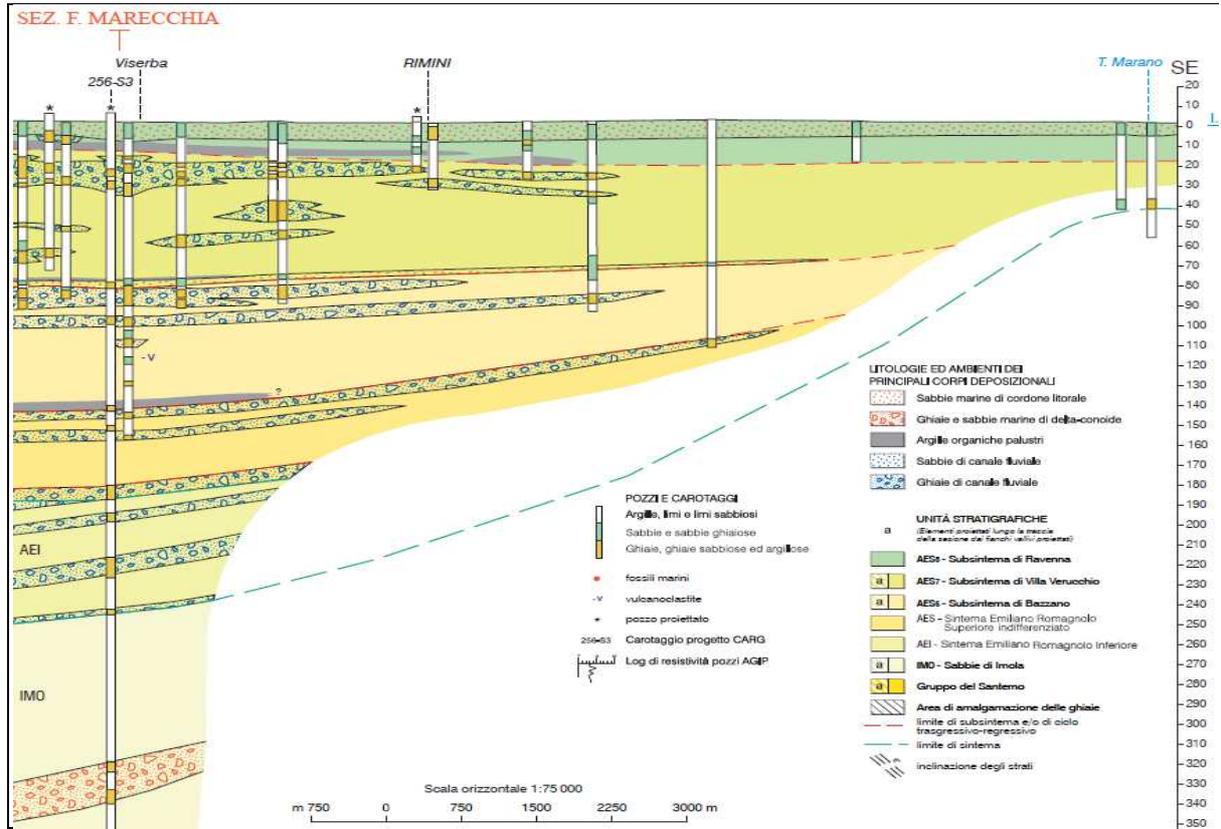
Una ricostruzione del modello geologico generale dell'area può essere sviluppato sia attraverso il rilievo geologico - morfologico di superficie, svolto sulla base dei dati delle seguenti Carte Geologiche della Regione Emilia Romagna e D'Italia, sia attraverso la consultazione della Carta delle Sezioni Geologiche e Prove Geognostiche della Pianura Emiliano Romagnola di seguito riportate.

Per quanto attiene la caratterizzazione geolitologica si può fare riferimento alle sezioni geologiche profonde n. 59 (o "Sezione Costiera") e n. 147 (perpendicolare all'asse costiero), ricostruite dal Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna nell'ambito del progetto CARG, ma anche ai dati stratigrafici profondi provenienti da studi di geologia del sottosuolo della conoide del Fiume Marecchia.

L'ubicazione della sezione geologica è riportata nello stralcio planimetrico seguente.

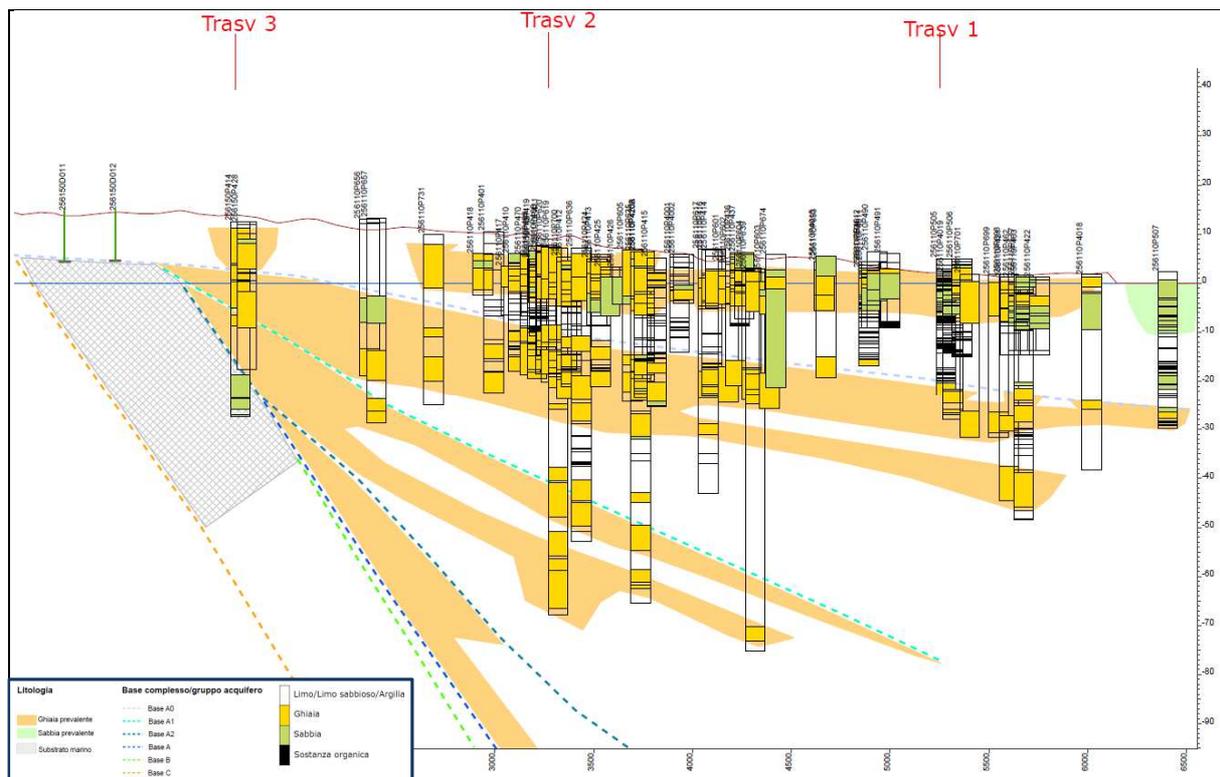


La "Sezione Costiera" n. 59 corre a nord dell'area di progetto ed arriva ad indagare uno spessore di oltre 300 mt tramite correlazioni con stratigrafie di pozzi profondi e sondaggi.



Sezione lungo la costa n° 59

La “Sezione” n. 147 taglia ortogonalmente il percorso dell’area di progetto in corrispondenza del Fiume Marecchia ed interessa profondità inferiori.



Sezione lungo la costa n° 147

Dalle informazioni litostratigrafiche disponibili è possibile desumere una predominanza di depositi litorali e alluvionali grossolani sabbiosi e ghiaiosi.

Dalle sezioni si rileva nel primo sottosuolo la presenza del prisma sabbioso litorale; successivamente di orizzonti ghiaiosi di spessore apprezzabile all'interno del Subsistema di Villa Verucchio "AES7" tra i -25 e i -40; al tetto del Subsistema di Bazzano "AES6" alla profondità di -65 / -70 mt.

Inoltre altri orizzonti sono presenti sia all'interno del Sistema Emiliano – Romagna superiore indifferenziato che in quello inferiore.

Il profilo stratigrafico di un sondaggio tratto dalla banca dati geologica della Regione Emilia Romagna mostra la presenza degli orizzonti ghiaiosi sopraccitati all'interno del Subsistema di Villa Verucchio.

Il limite basale della conoide deposizionale, lungo la verticale, viene individuato ad oltre 230 mt di profondità, sui depositi formazionali marini.

I depositi continentali appartenenti alla Unità idrostratigrafica “A” e “B” (pleistocene medio – superiore; Regione Emilia Romagna, ENI – AGIP, 1998 Riserve idriche della Regione Emilia Romagna a cura di G. di Dio) giacciono con assetto stratigrafico suborizzontale o drappeggiato sui terreni di origine marina del substrato plio - plestocenico (Unità idrostratigrafica “C” rappresentata in loco dalle Sabbie Gialle di Imola “IMO” e dalla Formazione delle Argille Grigio – azzurre “FAA”) coinvolto negli accavallamenti che rappresentano le strutture tettoniche sepolte citate nel paragrafo precedente e pertanto in netta discontinuità stratigrafica rispetto ai terreni sovrastanti.

Tale ricostruzione è supportata anche dalla “Carta delle Isobate delle Coperture” (tavola B11.a) allegata al PSC di Rimini.



Carta delle isobate di copertura

In particolare la isobata -250 della base del Sintema Emiliano – Romagnolo Inferiore corre a mare dell’area in studio.

Tutti questi dati ci forniscono pertanto un quadro geologico generale omogeneo almeno per la fascia di territorio esteso lungo la linea di costa.

Il modello geologico è quello di uno spessore consistente di sedimenti deposti in dominio continentale in giacitura suborizzontale o drappeggiata al di sopra dei terreni di origine marina che rappresentano il substrato e costituiscono le strutture tettoniche sepolte legate all'orogenesi appenninica.

Maggiori dettagli si avranno a seguito delle risultanze delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche che sono in corso.

Relativamente alla geologica di dettaglio, l'area di progetto si sviluppa lungo un allineamento dove le carte geologiche Regionale e d'Italia rilevano la presenza dei sedimenti della Successione neogenico-quadernaria del Margine Appenninico Padano, nello specifico il **Subsistema di Ravenna (AES8)** e del suo **sottosistema dell'Unità di Modena (AES8a)**.

Lungo l'asta del Fiume Marecchia, compreso un buffer di alcune decine di metri, sono inoltre presenti i **Depositi alluvionali in evoluzione** del Quaternario.

La composizione litologica dei sopraindicati depositi è la seguente:

- DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI

Depositi Alluvionali In Evoluzione (b1): Deposito costituito da materiale detritico generalmente non consolidato (ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi) di origine fluviale, attualmente soggetto a variazioni dovute alla dinamica fluviale. Può essere talora fissato da vegetazione.

- SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA DEL MARGINE APPENNINICO PADANO

Subsistema di Ravenna (AES8): Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Corrisponde nelle aree intravallive ai depositi terrazzati più bassi. Rientrano in questa unità anche le alluvioni attualmente in evoluzione in alveo e quelle del primo terrazzo, talora fissate da arbusti. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7. (*Pleistocene sup. - Olocene*)

Unità di Modena (AES8a): Depositi alluvionali eterometrici ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e piana inondabile; sabbie e ghiaie di cordone litorale e di barra di foce; argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro (2,5Y) al tetto, privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati e caratterizzato da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (es. argini e bacini interfluviali). Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. Include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b1 che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Spessore massimo 3-4 metri.

3. LINEAMENTI IDROGRAFICI ED IDROLOGICI

Il territorio comunale di Rimini è attraversato da alcuni corsi d'acqua tra i quali, i più importanti sono il Torrente AUSA e il Fiume Marecchia.

Sia il Fiume Marecchia sia il Porto Canale, sono attraversati ortogonalmente dal percorso dell'area di progetto.

La rete idrografica di superficie è costituita da una serie di fossi, di scoli e piccoli corsi d'acqua con bacino idrografico modesto e talora tombinati.

Nell'area urbanizzata l'originario reticolo idrografico riveste una importanza ormai trascurabile rispetto alla regimazione antropica sotterranea (sistema fognario) delle acque superficiali che convogliano le acque meteoriche fino al mare.

Se si eccettuano i suddetti elementi l'idrografia superficiale dell'area urbanizzata risulta assente in quanto l'originario reticolo idrografico ha lasciato il posto alla quasi totale regimazione antropica delle acque superficiali con il tombinamento dei corsi d'acqua secondari.

L'aspetto dominante, almeno per le parti maggiormente urbanizzate dell'area di progetto, è rappresentato dal tombinamento dei vari corsi d'acqua e dei fossi e scoli consorziali (canali di bonifica; vedi figura a pagina successiva) collegati alla rete fognaria sotterranea quali il Matrice Spule.

Dal punto di vista idrogeologico i terreni superficiali sabbiosi e limosi, dotati di discreta permeabilità, rappresentano un acquifero sede di falda con livello freatico caratterizzato da oscillazioni minime.

Sull'area di progetto è certamente presente una complessa ed articolata circolazione idrica ipodermica, caratterizzata da vari livelli di falda, spesso di tipo freatico ma, in profondità, anche di tipo artesiano (falda in pressione).

Dai dati del quadro conoscitivo e dalle testimonianze storiche si può ragionevolmente ipotizzare un massimo innalzamento stagionale in condizioni ordinarie a -1.0 m dal piano di campagna.

La presenza di depositi grossolani di subalveo del canale deviatore del Fiume Marecchia garantisce una alimentazione cospicua della falda freatica e apporti idrici consistenti in occasione di periodi caratterizzati da intense e prolungate precipitazioni meteoriche.

In tali depositi il livello piezometrico, in caso di tali eventi meteorologici eccezionali, può innalzarsi giungendo anche a quote di -0.50 mt dal piano di campagna.

Tuttavia occorre considerare come tale dato possieda un certo margine di incertezza trattandosi di valutazioni non suffragabili direttamente.

Durante le indagini geognostiche esperite, si è rinvenuta la prima falda, libera a profondità compresa tra -1.0 e - 4.9 metri dal p.c., una seconda falda, in pressione, tra - 21.1 e -25 metri dal p.c. ed una terza falda, in pressione, tra - 37 e -39,5 metri al p.c..

4. REGIME VINCOLISTICO

4.1. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Dal consulto delle cartografie del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (variante 2016) riguardanti il territorio del comune di Rimini è emerso quanto segue:

Per quanto riguarda la Tavola PAI *“Inventario dei Dissesti”* il territorio di pianura non presenta elementi di pericolosità; analogamente anche la Tavola *“Censimento dei Dissesti per i quali sono stati registrati danni o la cui prevedibile evoluzione li può causare”* non presenta perimetrazioni.

Per quanto riguarda la *Tavola PAI variante 2016* soggetta alle N.T.A., per l'area di progetto si rileva quanto segue:

- interferenza con “Alveo”;

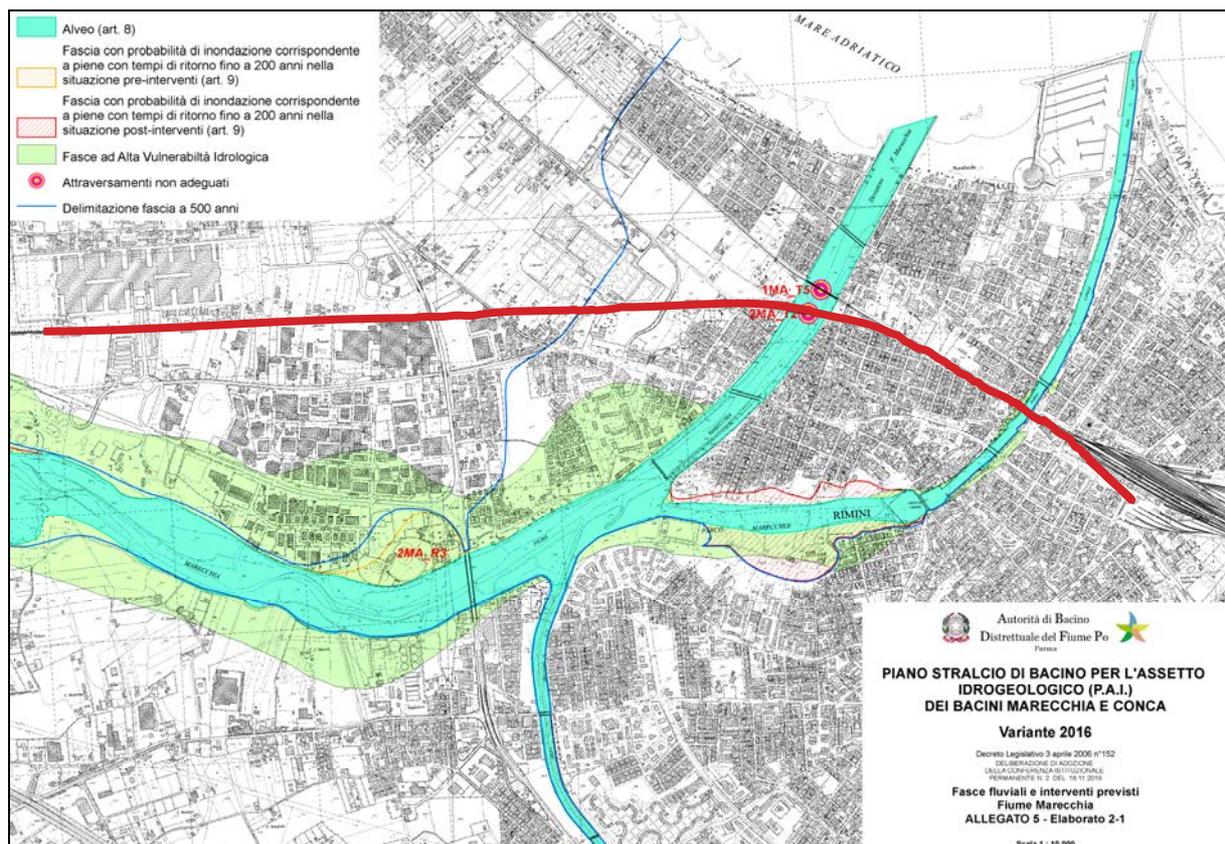
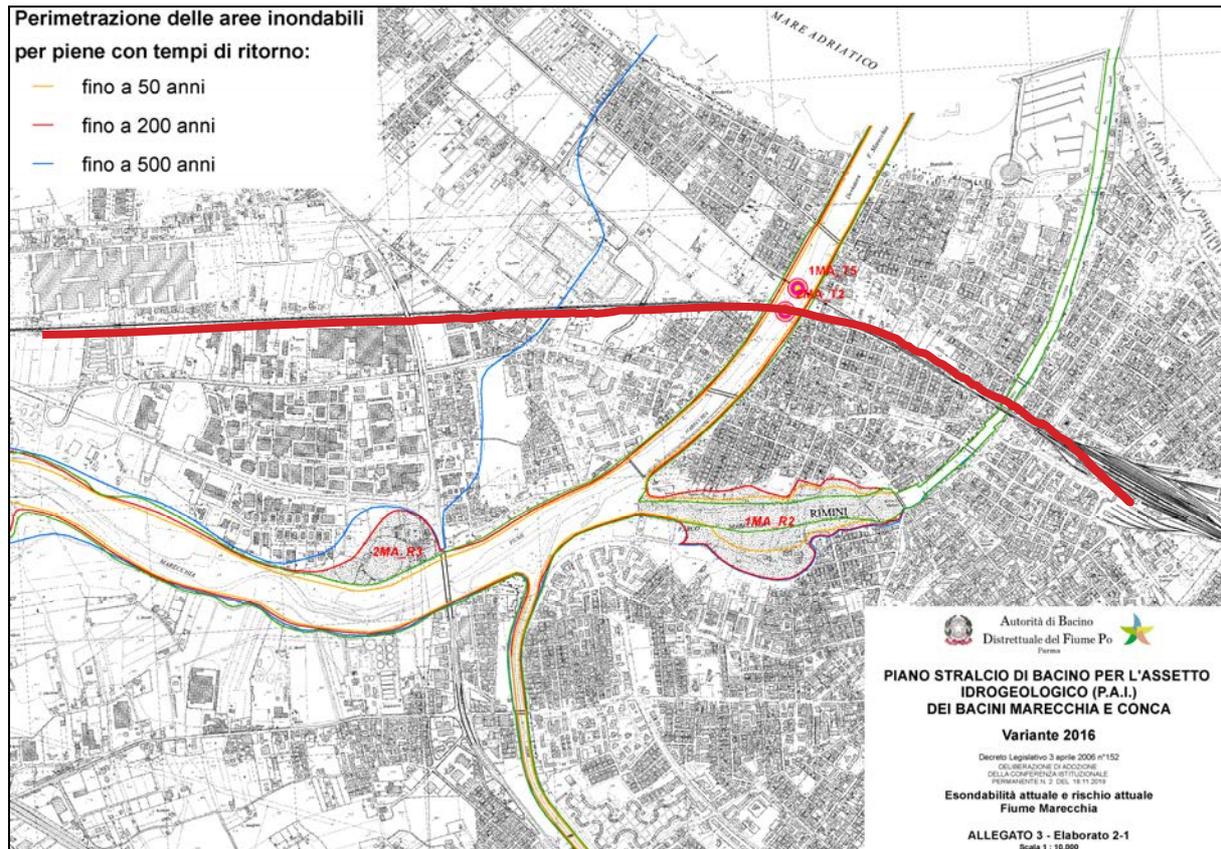


Tavola PAI – Variante 2016

Per quanto riguarda la *Tavola PAI Esondabilità e Rischio Attuale Fiume Marecchia*, per l'area di progetto si rileva quanto segue:

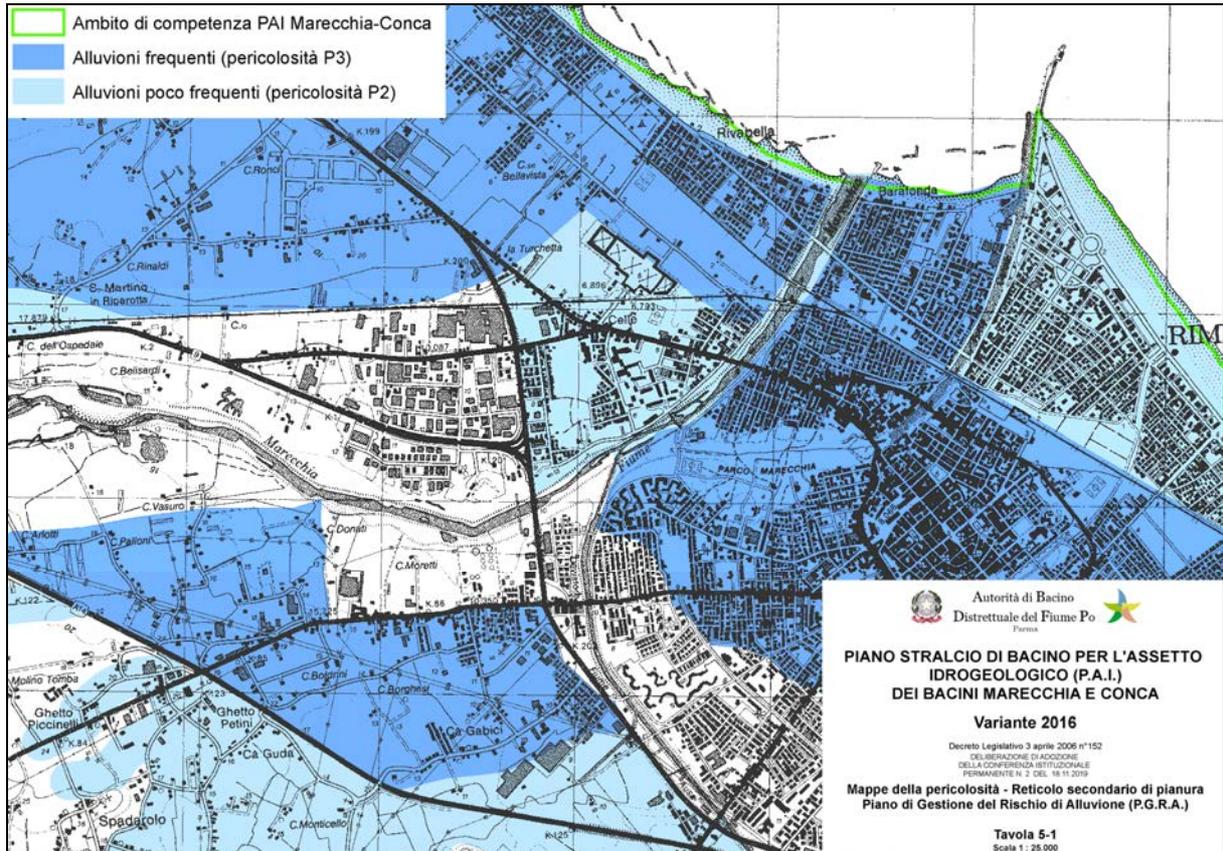
- interferenza con "Aree Esondabili" con TR=50 anni; 200 anni e 500 anni;



Esondabilità attuale e rischio attuale Fiume Marecchia

Per quanto riguarda la *Tavola PAI Pericolosità del Reticolo Secondario della Pianura*, per l'area di progetto si rileva quanto segue:

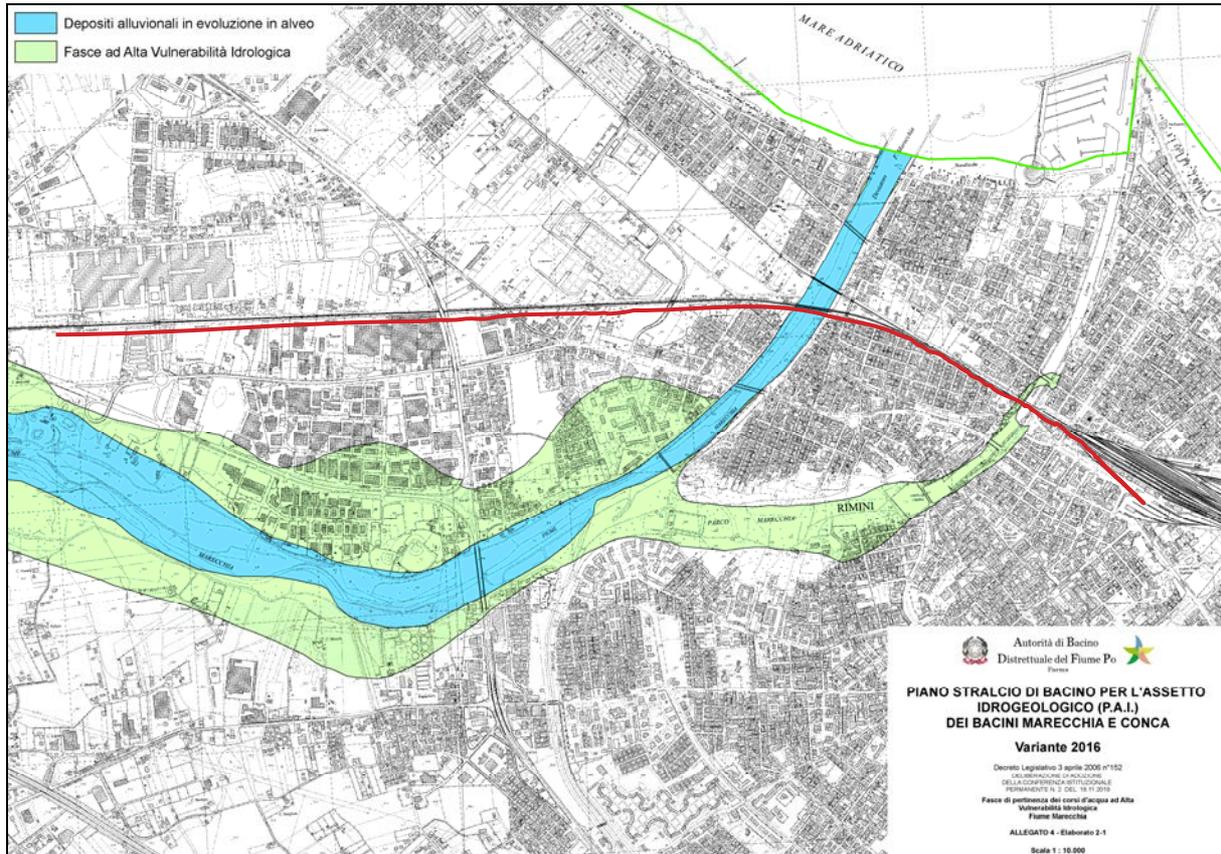
- interferenza con "Alluvioni Frequenti (pericolosità P3)" e "Alluvioni Poco Frequenti (pericolosità P2)";



Pericolosità del reticolo secondario della pianura (F.A.V.I.)

Per quanto riguarda la Tavola PAI F.A.V.I., per l'area di progetto si rileva quanto segue:

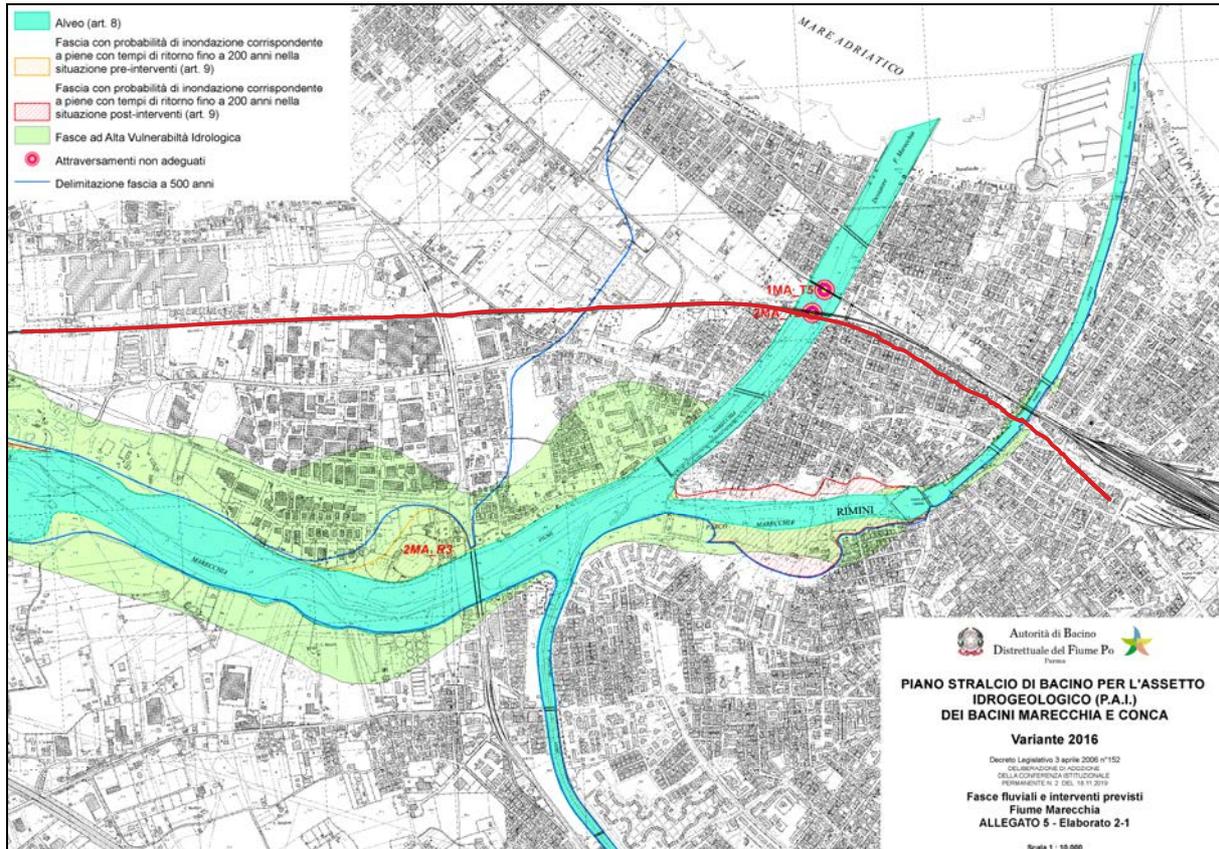
- interferenza con “Depositi alluvionali in evoluzione in alveo” e “Fasce ad Alta Vulnerabilità Idrologica”;



Fascia di pertinenza dei corsi d'acqua ad alta vulnerabilità

Per quanto riguarda la Tavola PAI F.A.V.I. interventi, per l'area di progetto si rileva quanto segue:

- interferenza con "Alveo" e "Fasce ad Alta Vulnerabilità Idrologica"; si rileva anche una segnalazione per attraversamento non adeguato



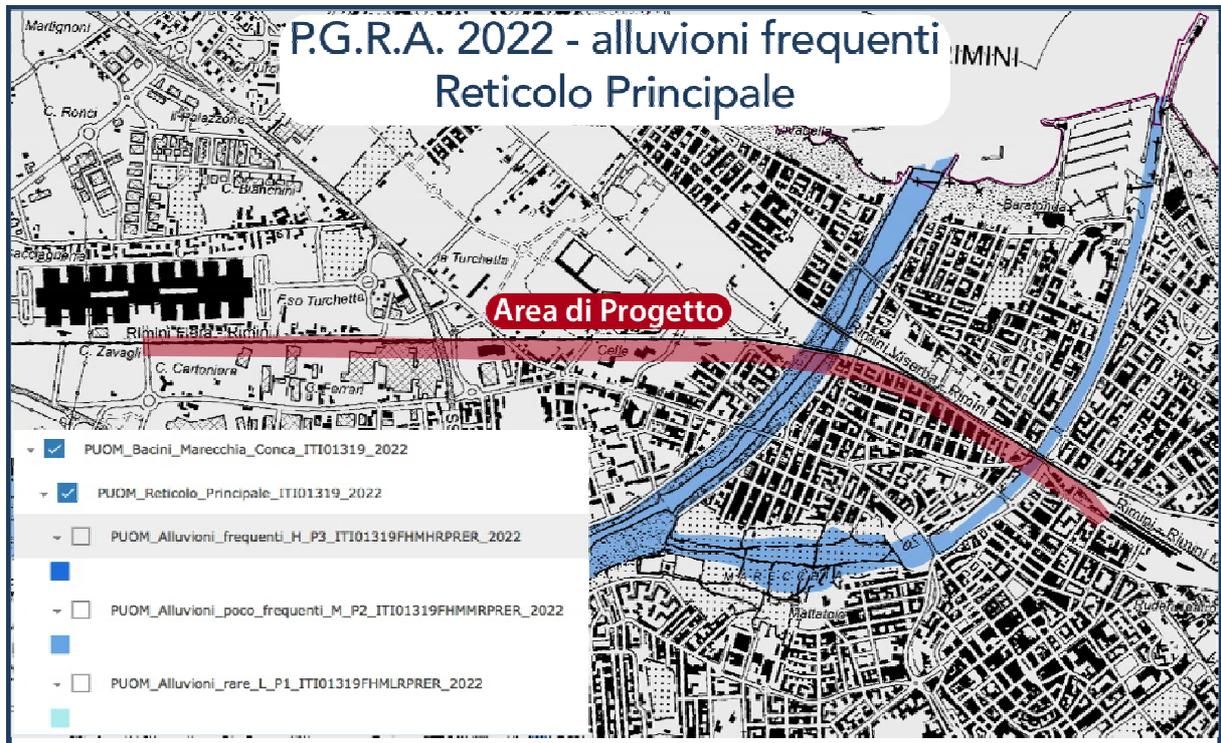
Fasce fluviali ed interventi previsti (F.A.V.I. interventi)

4.2. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

Dal consulto delle cartografie del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) si evince quanto segue.

Dall'esame della carta delle alluvioni frequenti del reticolo principale, per l'area di progetto si rileva quanto segue:

- N.2 interferenze localizzate



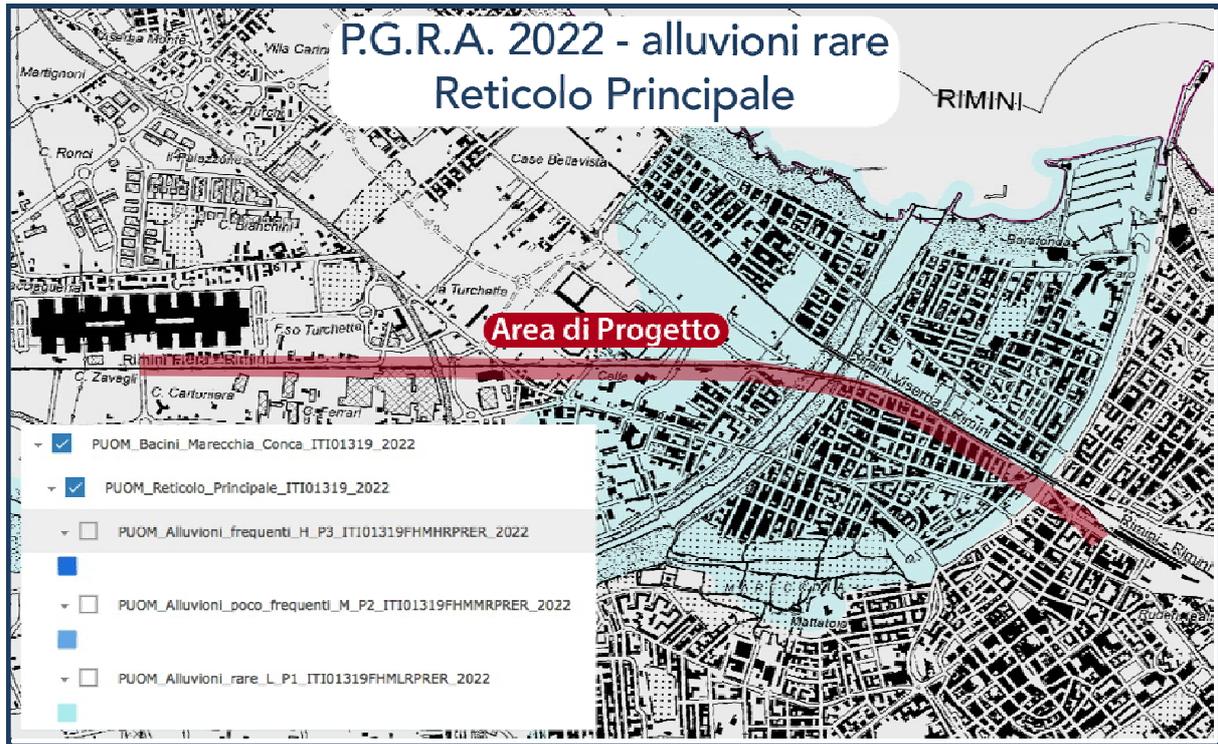
Dall'esame della carta delle alluvioni poco frequenti del reticolo principale, per l'area di progetto si rileva quanto segue:

- N.2 interferenze localizzate



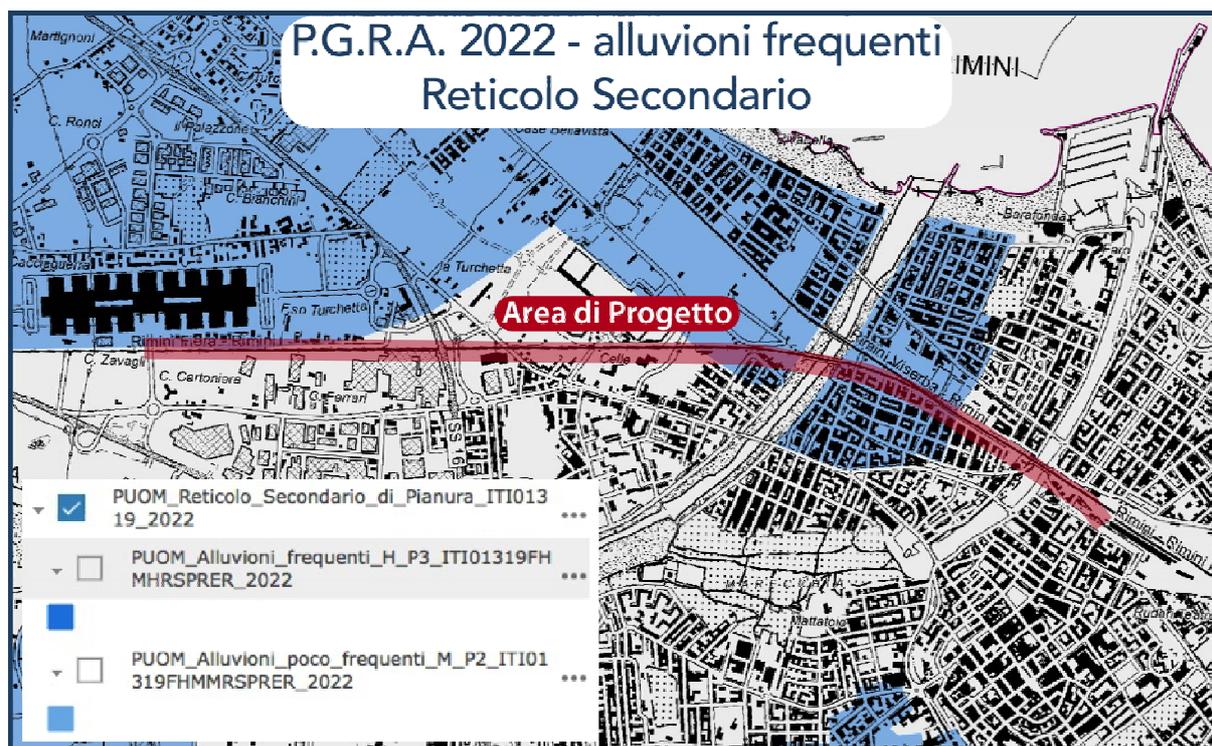
Dall'esame della carta delle alluvioni rare del reticolo principale, per l'area di progetto si rileva quanto segue:

- N.1 interferenza estesa



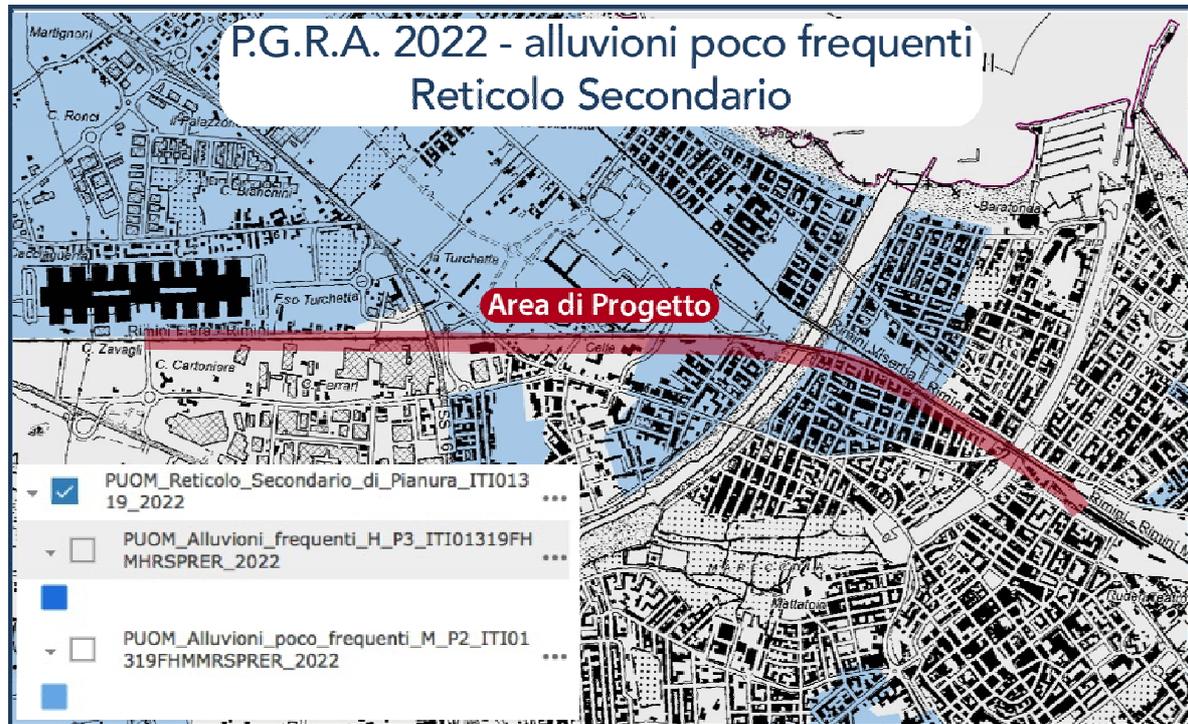
Dall'esame della carta delle alluvioni frequenti del reticolo secondario, per l'area di progetto si rileva quanto segue:

- N.3 interferenza estesa



Dall'esame della carta delle alluvioni poco frequenti del reticolo secondario, per l'area di progetto si rileva quanto segue:

- N.3 interferenza estesa



4.3. PERICOLOSITA' IDRAULICA

Ai sensi dell'art. 37 della L.R. 24/2017, i Comuni devono dotarsi della Tavola dei vincoli, nella quale sono rappresentati tutti i vincoli e le prescrizioni che precludono, limitano o condizionano l'uso o la trasformazione del territorio, derivanti da strumenti di pianificazione vigenti, da leggi, piani generali o settoriali, ovvero atti amministrativi di apposizione di vincoli di tutela.

La Tavola dei vincoli del Piano Strutturale del Comune di Rimini (PSC) è stata approvata il 15/03/2016 ed è stata aggiornata su alcuni dei tematismi ivi contenuti.

Il tema della pericolosità idraulica non è compreso nella tavola dei vincoli perché alla data di approvazione del PSC il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico del bacino dei fiumi Marecchia – Conca (PAI) non aveva ancora concluso il suo iter di approvazione; conseguentemente la

lettura dei vincoli derivanti dalla pericolosità idraulica avviene consultando direttamente le fonti da cui i vincoli derivano:

La variante PAI Marecchia - Conca 2016 dei bacini Marecchia - Conca ha trovato la propria definitiva conclusione, a seguito dell'avvenuta pubblicazione sulla GURI n. 261 del 21 ottobre 2020, e sono pubblicati sul sito dell'AdBPo al link Variante PAI Marecchia - Conca 2016 – PAI tutti gli elaborati oggetto della Variante PAI Marecchia - Conca 2016;

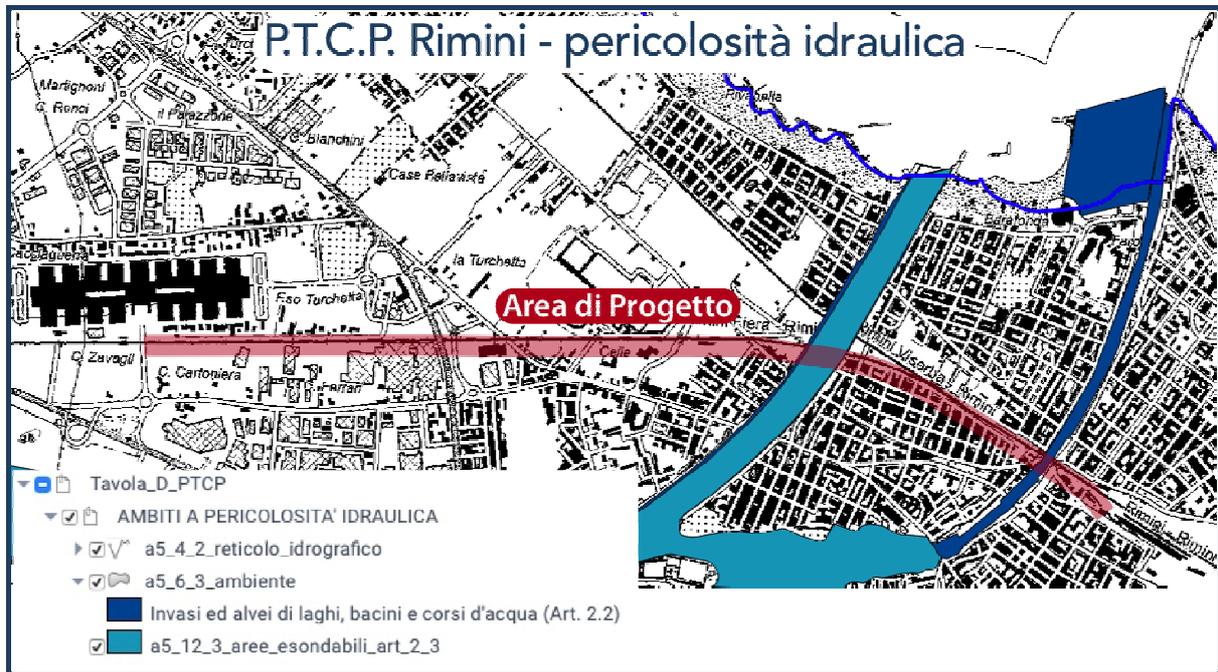
il Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) – Il ciclo (2021-2027), in merito al quale in data 16 dicembre 2021 la Conferenza Operativa ha espresso parere positivo sull'Aggiornamento e revisione del Piano di gestione del rischio alluvioni che è quindi stato pubblicato il 22 dicembre 2021. Successivamente, in data 20 dicembre 2021, con Delibera 5/2021, la Conferenza Istituzionale Permanente ha adottato l'aggiornamento del PGRI ai sensi degli art.65 e 66 del D.Lgs 152/2006. Infine, gli elaborati "Relazione metodologica" e "Allegato 1- Programma delle misure" sono stati revisionati a seguito della fase di Reporting alla Commissione Europea, conclusasi a giugno 2022. I documenti che costituiscono il PGRI 2021 sono i visionabili e scaricabili al link Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni 2021 - Piano Alluvioni del Bacino del Po (adbpo.it).

Per quanto siano già state pubblicate le sopraindicate tavole del P.G.R.A. 2022, attualmente sembra possa manifestarsi una sovrapposizione di competenze sul medesimo territorio e per le stesse tipologie di pericolosità ambientali e diventa conseguentemente necessario che venga chiarito con certezza e con adeguato supporto normativo come attuare quanto i due piani sopraccitati prevedono e impongono.

Sino ad ora si è operato in ottemperanza ad entrambi i piani, avendo cura di applicare le pericolosità indicate nelle cartografie di entrambi i piani ed il quadro normativo della Variante PAI Marecchia-Conca 2016, come unica norma esistente per entrambi i piani.

Da quanto riportato nel sito dell'AdBPo che riporta: "Considerato che la Variante PAI 2016 è stata adottata prima dell'adozione dell'aggiornamento delle aree allagabili del PGRI, le tavole riportate nel seguente elenco sono da considerarsi superate, per gli aggiornamenti consultare il sito <https://pianoalluvioni.adbpo.it/il-piano/> o siti delle rispettive regioni", emerge una diversa interpretazione delle norme, in quanto pare che la Variante PAI Marecchia - Conca 2016 non sia più da tenere in considerazione.

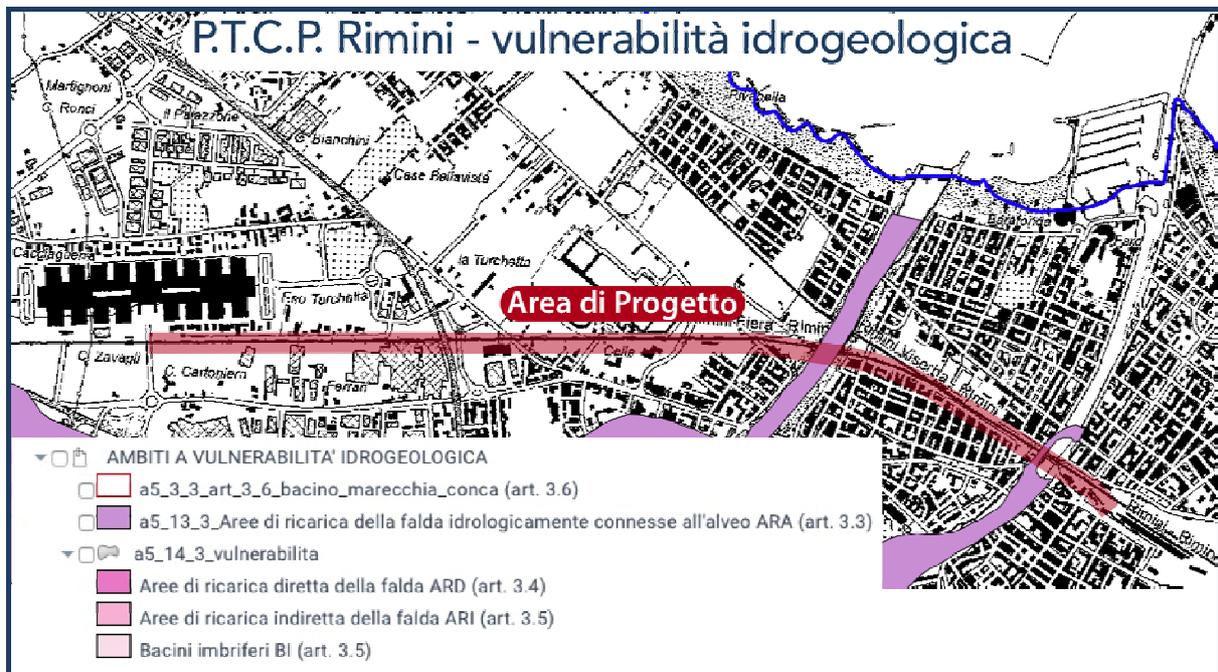
- N.2 interferenze localizzate con aree esondabili



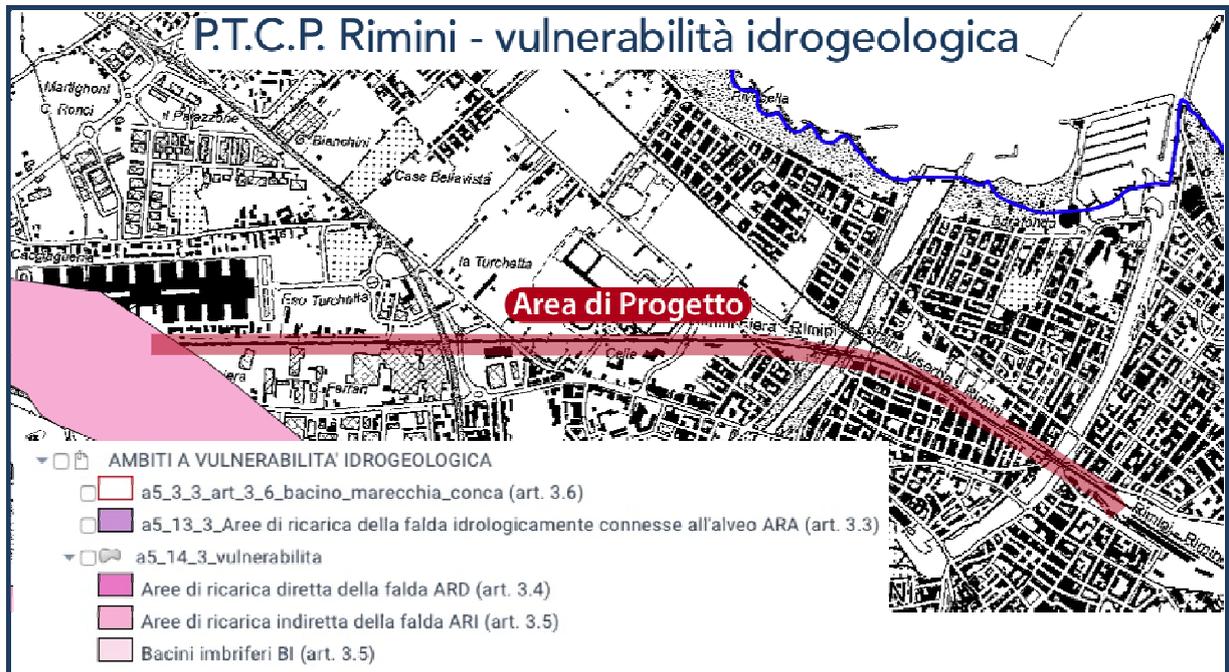
VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA

Per l'area di progetto si rileva quanto segue:

- N.2 interferenze localizzate ARA



- N.1 interferenza marginale con ARI



VINCOLO IDROGEOLOGICO - POZZI

Per l'area di progetto si rileva quanto segue:

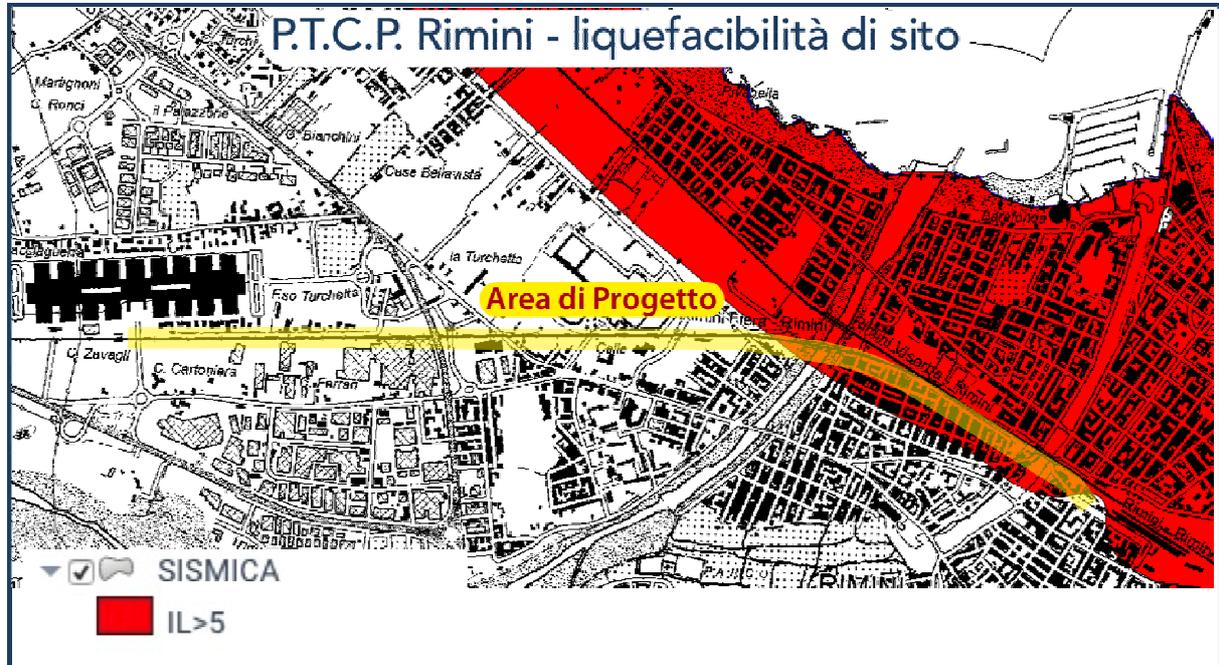
- N.1 interferenza localizzata con area di salvaguardia pozzi idropotabili di pubblico interesse



LIQUEFACIBILITÀ DI SITO

Per l'area di progetto si rileva quanto segue:

- N.1 interferenza estesa con area a $IL > 5$



5. MODELLAZIONE SISMICA

L'analisi della sismicità storica per il comune di Rimini è stata condotta consultando il Database Macrosismico Italiano DBMI15, 2022 (disponibile nel portale dell'INGV), da fonti storiche e informazioni reperibili in letteratura.

Il DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani dal 1000 al 2020. Per ogni evento nel database è riportata l'indicazione della data, la descrizione dei danni subiti dalla città di Patti e la stima dell'Intensità macrosismica secondo la scala EMS98 (European Macroseismic Scale; Grünthal, 1998). Il DBMI15 presenta le intensità adottando lo standard proposto da AHEAD, cioè numeri arabi interi e, nel caso di attribuzioni incerte si indicano i due estremi separati da un trattino (es.: 5-6, 7-8). Tale standard applica rigorosamente anche le indicazioni delle scale macrosismiche, secondo cui non è possibile assegnare una intensità a edifici isolati o territori estesi, nei cui casi si altera l'intensità riportata dallo studio originale. Se le informazioni disponibili non sono considerate sufficienti per stimare un'intensità, è possibile adottare codici descrittivi come "D" per danno, o "F" per sentito ("Felt").

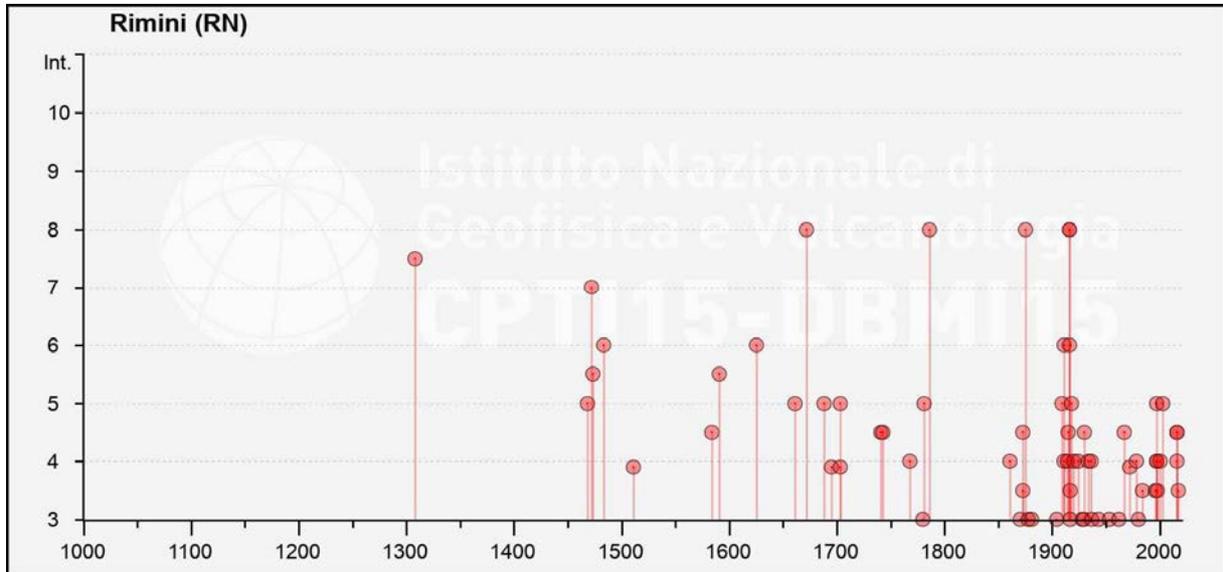
Il Database Macrosismico Italiano 2017 per il comune di Rimini ha registrato n° 82 eventi sismici, di cui si riportano le caratteristiche principali nella tabella sottostante:

Int. at place	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Epicentral Area	Lat Def	Lon Def	IoDef	MwDef	ErMwDef
7-8	1308	1	25	17	15	Rimini	44,059	12,568	7-8	5,33	0,46
5	1468	6	6	10	30	Romagna	44,059	12,568	4	3,7	0,46
7	1472					Rimini	44,059	12,568	7	5,1	0,46
5-6	1473	2	2			Rimini	44,059	12,568	5-6	4,4	0,46
6	1483	8	11	19	40	Romagna	44,155	12,229	8	5,69	0,28
F	1511	3	26	15	30	Friuli-Slovenia	46,209	13,216	9	6,32	0,1
4-5	1584	9	10	20	30	Appennino forlivese	43,862	11,992	9	5,97	0,24
5-6	1591	7	10			Romagna	44,401	12,035	6-7	5,13	0,6
6	1625	12	5			Rimini	44,059	12,568	6	4,63	0,46
5	1661	3	22	12	50	Appennino forlivese	44,021	11,898	9	6,05	0,12
8	1672	4	14	15	45	Riminese	43,941	12,576	8	5,59	0,11
5	1688	4	11	12	20	Romagna	44,39	11,942	8-9	5,84	0,24
F	1695	2	25	5	30	Asolano	45,861	11,91	10	6,4	0,1
F	1703	1	14	18		Valnerina	42,708	13,071	11	6,92	0,1

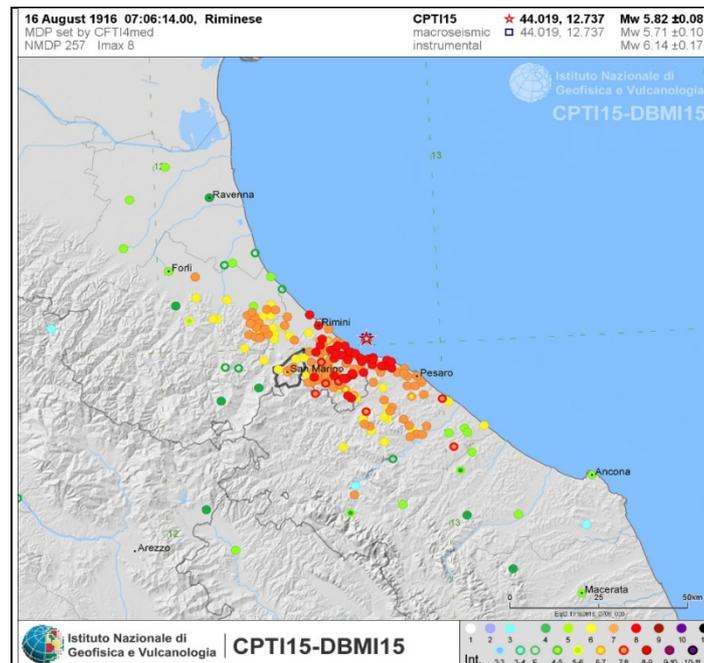
5	1703	2	2	11	5	Aquilano	42,434	13,292	10	6,67	0,11
4-5	1741	4	24	9	20	Fabrianese	43,425	13,005	9	6,17	0,1
4-5	1743	2	20			Ionio settentrionale	39,847	18,774	9	6,68	0,12
4	1768	10	19	23		Appennino forlivese	43,943	11,904	9	5,99	0,12
3	1780	5	25			Romagna	44,418	12,197	5-6	4,4	0,46
5	1781	4	4	21	20	Faentino	44,251	11,798	9-10	6,12	0,12
8	1786	12	25	1		Riminese	43,991	12,565	8	5,66	0,13
4	1861	10	16			Romagna	44,233	12,121	6-7	5,13	0,37
3	1870	10	30	18	34	Forlivese	44,133	12,062	8	5,61	0,23
4-5	1873	3	12	20	4	Appennino marchigiano	43,089	13,244	8	5,85	0,1
3-4	1873	6	29	3	58	Alpago Cansiglio	46,159	12,383	9-10	6,29	0,1
NF	1874	10	7			Imolese	44,168	11,589	7	4,96	0,13
8	1875	3	17	23	51	Costa romagnola	44,209	12,659	8	5,74	0,1
3	1878	3	12	21	36	Bolognese	44,424	11,543	6	4,84	0,24
3	1881	9	28			Cesena	44,142	12,189	6-7	4,71	0,23
3	1904	11	17	5	2	Pistoiese	43,965	10,821	7	5,1	0,11
5	1909	1	13	0	45	Emilia Romagna orientale	44,579	11,688	6-7	5,36	0,08
NF	1909	8	25	0	22	Crete Senesi	43,15	11,403	7-8	5,34	0,08
4	1911	2	19	7	18	Forlivese	44,117	12,074	7	5,26	0,08
6	1911	3	26	13	51	Riminese	44,061	12,508	5	5,04	0,15
NF	1913	11	25	20	55	Appennino parmense	44,551	10,196	4-5	4,65	0,13
4	1914	10	27	9	22	Lucchesia	43,912	10,598	7	5,63	0,08
4-5	1915	1	13	6	52	Marsica	42,014	13,53	11	7,08	0,08
8	1916	5	17	12	50	Riminese	44,119	12,748	8	5,82	0,08
6	1916	6	16	1	27	Riminese	44,089	12,674	6	4,82	0,13
8	1916	8	16	7	6	Riminese	44,019	12,737	8	5,82	0,08
2	1916	11	16	6	35	Alto Reatino	42,646	13,169	8	5,5	0,13
3	1917	4	26	9	35	Alta Valtiberina	43,467	12,129	9-10	5,99	0,08
3-4	1917	12	2	17	39	Appennino forlivese	44,059	11,829	6-7	5,09	0,12
5	1918	11	10	15	12	Appennino forlivese	43,917	11,933	9	5,96	0,08
4	1920	9	7	5	55	Garfagnana	44,185	10,278	10	6,53	0,08
4	1924	1	2	8	55	Senigallia	43,737	13,138	7-8	5,48	0,09
2	1926	1	1	18	4	Carniola interna	45,76	14,281	7-8	5,72	0,09
3	1928	5	30	20	1	Senigallia	43,865	13,228	5	5,02	0,13
3	1929	4	10	5	44	Bolognese	44,445	11,387	6	5,05	0,08
4-5	1930	10	30	7	13	Senigallia	43,689	13,385	8	5,83	0,08

4	1934	11	30	2	58	Adriatico settentrionale	44,561	13,721	5	5,3	0,11
4	1936	10	18	3	10	Alpago Cansiglio	46,089	12,38	9	6,06	0,08
3	1937	11	26	21	58	Costa pesarese	43,789	13,147	5	4,16	0,46
3	1943	10	3	8	28	Ascolano	42,94	13,626	8	5,67	0,08
3	1953	12	14	7	11	Appennino forlivese	44,064	12,061	5-6	4,7	0,12
2	1961	5	8	22	45	Forlivese	44,134	11,962	5	4,37	0,13
3	1962	1	23	17	31	Costa pesarese	43,921	12,806	5	4,35	0,19
NF	1962	8	30	6	27	Montefeltro	43,877	12,144	6-7	4,76	0,16
4-5	1967	12	30	4	19	Emilia Romagna orientale	44,604	11,997	6	5,05	0,15
F	1972	11	30	11	25	Costa pesarese	44,015	13,106		4,52	0,18
4	1978	12	5	15	39	Romagna	44,124	11,891	4-5	4,61	0,1
3	1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	40,842	15,283	10	6,81	0,1
2	1983	11	9	16	29	Parmense	44,755	10,265	6-7	5,04	0,1
3-4	1984	4	29	5	2	Umbria settentrionale	43,262	12,525	7	5,62	0,1
NF	1986	12	6	17	7	Ferrarese	44,947	11,444	6	4,43	0,08
NF	1993	11	7	23	21	Cesenate	44,181	12,18	4-5	3,95	0,18
3-4	1996	10	15	9	55	Pianura emiliana	44,798	10,678	7	5,38	0,1
4	1997	9	26	0	33	Appennino umbro-marchigiano	43,022	12,891	7-8	5,66	0,07
5	1997	9	26	9	40	Appennino umbro-marchigiano	43,014	12,853	8-9	5,97	0,07
4	1997	10	14	15	23	Valnerina	42,898	12,898		5,62	0,07
3-4	1998	4	5	15	52	Appennino umbro-marchigiano	43,189	12,767		4,78	0,07
2	1999	1	25	22	45	Appennino forlivese	43,98	11,962	5	4,36	0,07
2-3	2000	5	8	12	29	Faentino	44,279	11,917	5	4,67	0,07
2-3	2000	5	10	16	52	Faentino	44,243	11,932	5-6	4,82	0,07
4	2000	8	1	2	34	Montefeltro	43,905	12,337	5-6	4,27	0,07
2	2001	11	26	0	56	Casentino	43,6	12,108	5-6	4,63	0,07
5	2003	12	7	10	20	Forlivese	44,162	12,18	5	4,18	0,07
NF	2006	10	21	7	4	Anconetano	43,628	12,98	5	4,21	0,07
4-5	2016	8	24	1	36	Monti della Laga	42,698	13,233	10	6,18	0,07
4	2016	10	26	19	18	Valnerina	42,904	13,09		6,07	0,07
4-5	2016	10	30	6	40	Valnerina	42,83	13,109		6,61	0,07
3-4	2017	1	18	10	14	Aquilano	42,531	13,283		5,7	0,07

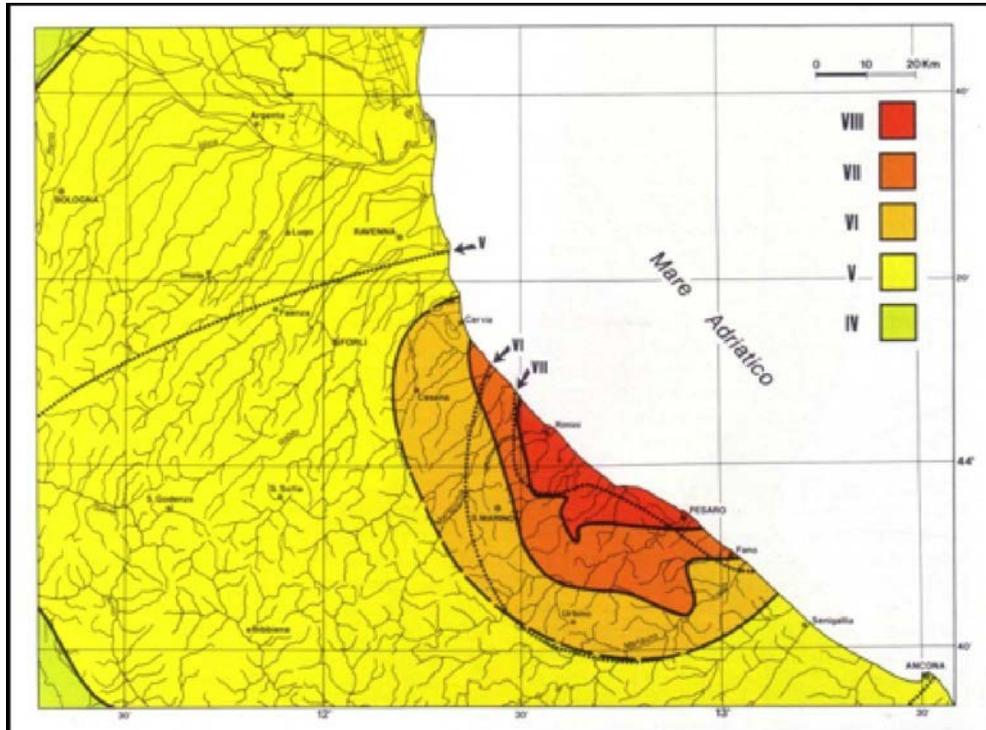
Nel grafico sottostante si riportano gli andamenti delle intensità degli eventi sismici nel tempo, il grafico considera tutti i terremoti con intensità comprese tra 2 e 11 per un arco temporale dal 1308 al 2017.



Di seguito si riporta una cartografia in cui si evidenzia la distribuzione delle intensità relative all'evento sismico di riferimento

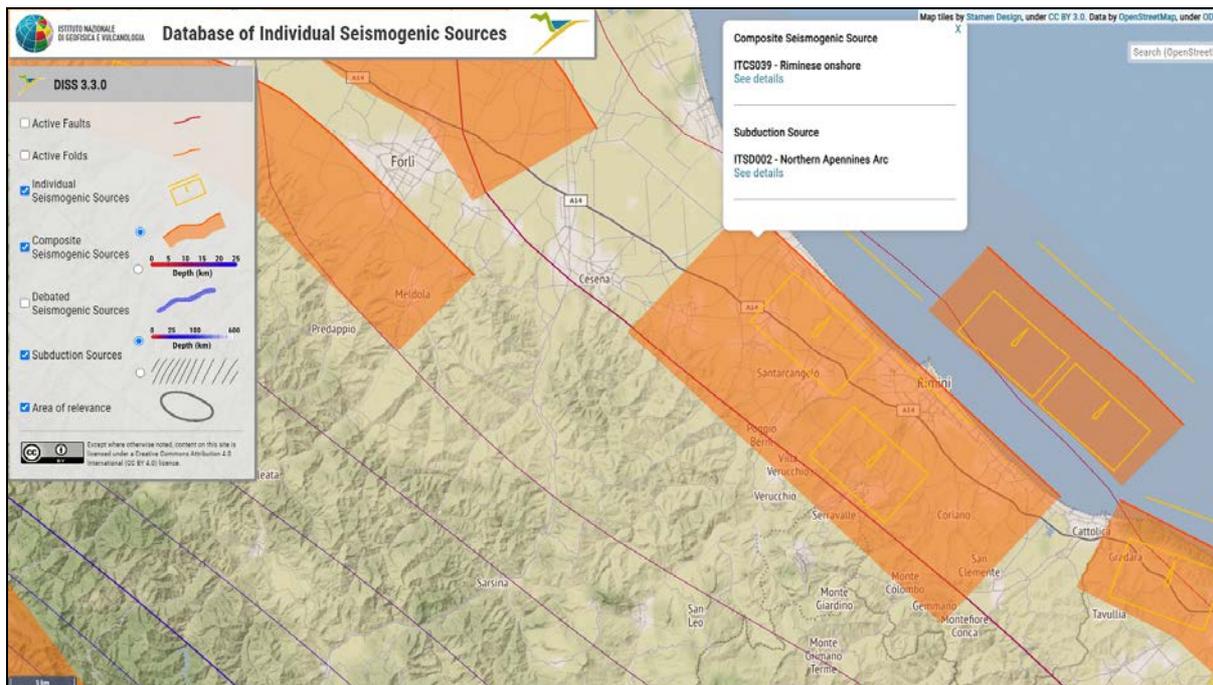


Di seguito si riporta la *Carte delle isosisme* in cui le aree colorate dal rosso al verde corrispondono a parti di territorio colpite da effetti di severità decrescente. (DISS3/INGV).
Terremoto 17 maggio – 16 agosto 1916



Sulla scorta di tali cataloghi nonché di più approfondite informazioni storico-scientifiche e di studi su modelli geodinamici e crostali l'INGV ha sviluppato un database delle sorgenti sismogenetiche attive denominato DISS3, contenente potenziali fonti per i terremoti più grandi di 5,5 M in Italia e nelle aree circostanti.

L'area d'intervento, risulta direttamente interessata dalla sorgente sismogenetica ITCS039 (denominata "Riminese On-Shore", Basili, R., U. Fracassi and S. Mariano 2006) e molto prossima alla ITCS030, posizionata nello specchio marino prossimo all'area, così come censite e caratterizzate nel database INGV_DISS3, di cui di seguito si riporta uno stralcio.



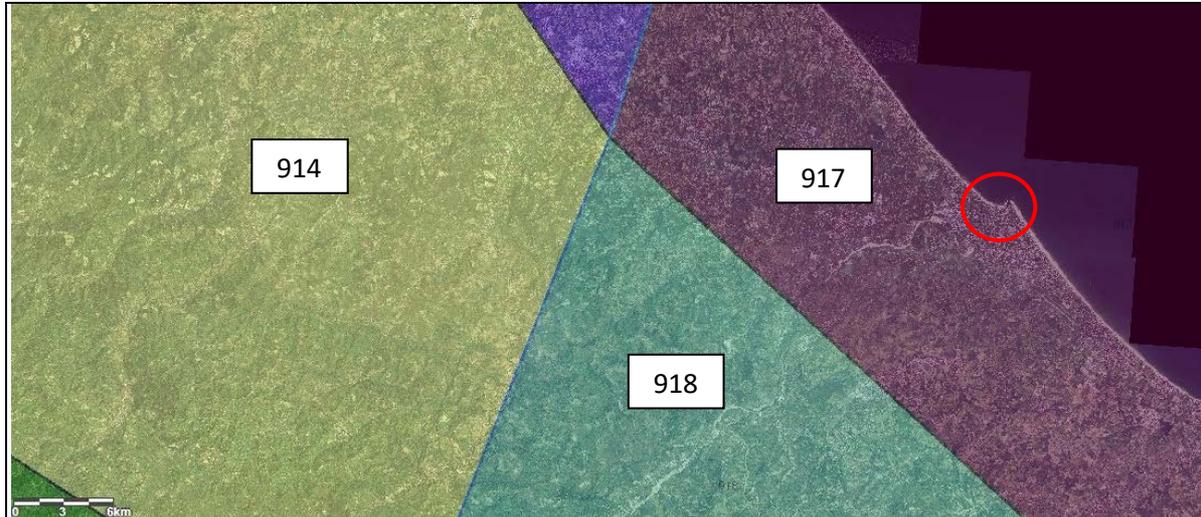
Di conseguenza diviene necessario definire un valore di magnitudo di riferimento “ M_{wmax} ” (magnitudo momento), analogamente ai valori di accelerazione massima, in funzione della possibilità che si possano verificare, sia pure con probabilità molto basse, eventi con magnitudo pari o superiore a quelli verificatisi nel periodo di osservazione del Catalogo dei Terremoti.

Per la definizione della massima magnitudo associabile a tali sorgenti sismogenetiche, sulla base dei dati macrosismici e strumentali, è opportuno rapportarsi all’aggiornamento del catalogo DBMI-CPT115 in cui oltre ai valori di riferimento per ciascun evento vengono stimati anche i relativi ambiti di incertezza.

L’area in studio è inserita all’interno della zona sismogenetica n. 917 (Rimini - Ancona; vedi figura successiva) nell’ambito della zonazione “ZS9” definita dal “Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa della Pericolosità Sismica” dell’INGV. Nel rapporto conclusivo al paragrafo 6.3 (a pag. 36) sono stati individuati due tipi di valori (Rapporto Conclusivo GdL INGV, 2004).

A tal proposito in “Indicazioni e Criteri per la Microzonazione Sismica” (anno 2008 a cura del Dipartimento per la Protezione civile) si raccomanda l’adozione del valore di $M_{wmax2} = 6.14$, definito come metodo semplice e in favore della sicurezza per stimare il valore della magnitudo che può essere utilizzata per le verifiche di stabilità e di liquefazione dei terreni e/o progettazione di opere.

Zonazione "ZS9" definita dal "Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa della Pericolosità Sismica" dell'INGV



Nel mese di marzo 2017 la Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (organo tecnico del dipartimento della Protezione Civile) ha rilasciato le *"Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ) Versione 1.0"*. In tale documento sono contenute nuove indicazioni per la stima della magnitudo da utilizzare nelle valutazioni del rischio di liquefazione e a proposito del metodo della disaggregazione, proposto da Spallarossa e Barani (2007) per altri scopi, dice: "... la stima di M_w tramite disaggregazione può comportare una sottostima. Inoltre, tra i risultati delle analisi di disaggregazione sono generalmente utilizzati quelli con valore medio senza che esista una formale giustificazione tecnico-scientifica per questa scelta." Pertanto in quest'ottica è possibile che il valore medio di 5.5 proposto dal metodo della disaggregazione per l'area costiera riminese risulti poco cautelativo.

Infatti secondo il DISS 3.2 (INGV) la struttura sismogenica ITCS039 *"Riminese onshore"* è capace di generare terremoti $M_w=5,9$ mentre la struttura sismogenica ITCS030 *"Riminese offshore"* è capace di generare terremoti $M_w=6,1$. Inoltre secondo la più recente versione del catalogo italiano dei terremoti storici (INGV: CPTI15 e DBMI15) i forti terremoti che hanno interessato Rimini (1672, 1785, 1875, 1916) hanno tutti magnitudo stimata maggiore di 5,5 (da 5,6 a 5,9). Infine secondo il nuovo metodo proposto nelle citate linee guida della Commissione Tecnica DPC (v. Appendice A1,

contributo di Albarello, UniSI; allegato n. 1, **la magnitudo di riferimento suggerita per le verifiche del rischio liquefazione a Rimini è 6,14.**

Pertanto, considerati gli studi dell'INGV, la zonazione ZS9, le indicazioni I.C.M.S., e le "linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione" in relazione alle finalità e tipologie di opere e di intervento previste nell'areale di studio per le analisi di calcolo si ritiene di proporre una **magnitudo momento max pari a MW=6.14.**

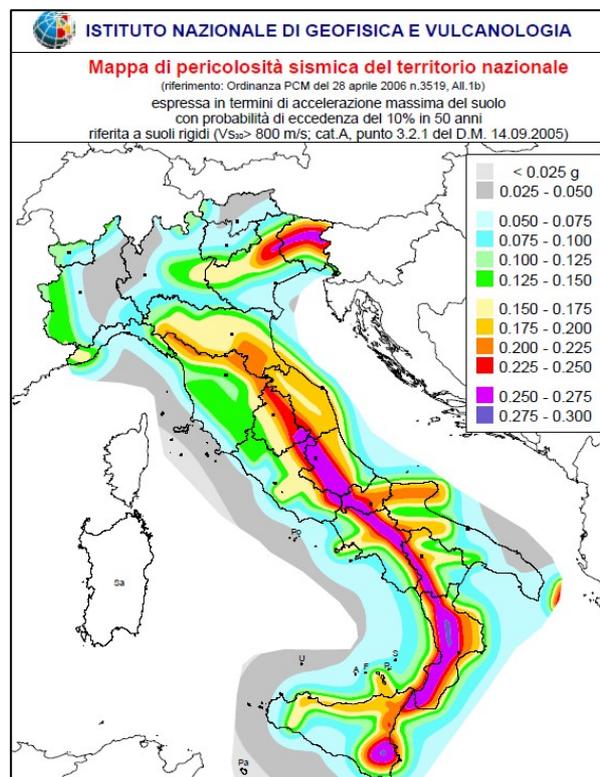
6. PERICOLOSITÀ SISMICA

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un arco spazio temporale definito. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

La pericolosità sismica di base classifica il territorio su vasta scala al fine di programmare le attività di prevenzione e pianificazione delle emergenze.

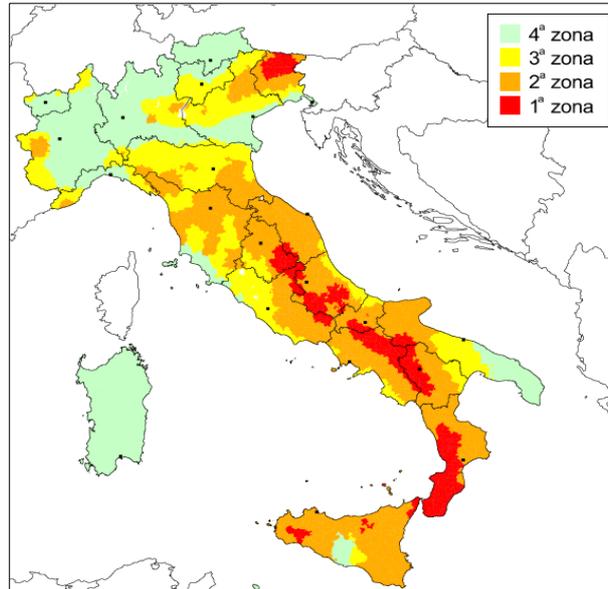
Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa della pericolosità sismica realizzata nel 2004 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006).

Di seguito si riporta la carta di pericolosità sismica del territorio nazionale:

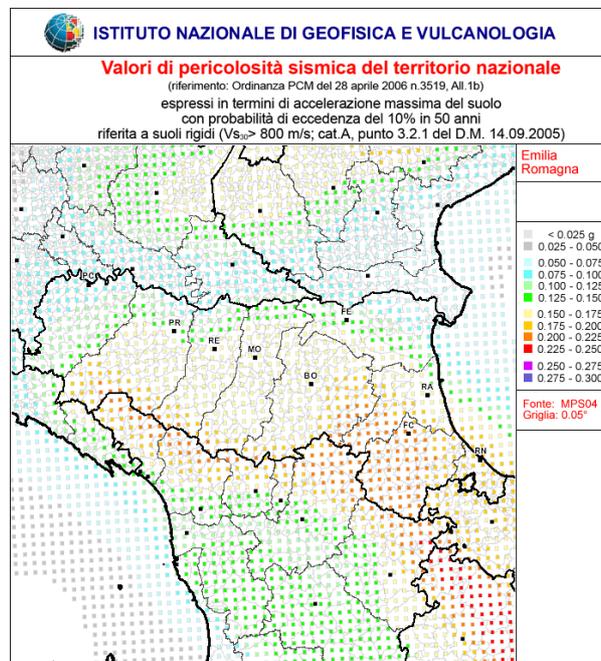


Carta di pericolosità sismica del territorio nazionale (fonte INGV).

Secondo la mappa delle zone sismiche del 2003, che suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.



Mappa delle zone sismiche del territorio nazionale del 2003 (fonte INGV)



Mappa delle zone sismiche del territorio siciliano del 2003 (fonte INGV)

Per completare il quadro di pericolosità sismica dell'area ci si avvale del database ITHACA "ITHACA" dell'ISPRA, creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie attive che potenzialmente possono creare deformazione in superficie. Il database delle faglie capaci (vedi figura successiva) è uno strumento fondamentale sia per analisi di pericolosità ambientale / sismica che per la pianificazione territoriale.



Il database riporta l'ipotesi di una faglia capace a "cinematismo inverso" (Rimini - Ravenna) in vicinanza al comparto, a mare di via Coletti, appartenente alle strutture sepolte del sottosuolo padano e al contempo ne riporta le caratteristiche nella scheda a pagina seguente.

Occorre tuttavia sottolineare che, come si può rilevare dalla scheda, la affidabilità delle informazioni riguardo lo stato di attività della faglia stessa sia bassa al pari della qualità dello studio che ne porta ad identificare i parametri sismici.

Relativamente alla geologia di sottosuolo, la *Carta Geologica Strutturale dell'Appennino Emiliano - Romagnolo* alla scala 1:250.000, di cui si allega uno stralcio, segnala la presenza di un

sovrascorrimento post – tortoniano a monte della Linea Ferroviaria Rimini – Ravenna in corrispondenza dell'area che corrisponderebbe alla faglia capace riportata in precedenza. Tali thrust tuttavia risultano collocati ad alcune migliaia di metri di profondità, dando luogo a strutture per definizione “cieche”.



Pertanto sulla base di questi dati si può affermare che nell'area di indagine non vi sono strutture affioranti legate all'orogenesi appenninica certe di una certa rilevanza; anche la attendibilità riguardo al grado di attività di quella “capace” ipotizzata dagli studi è bassa.

In conseguenza di ciò si può affermare che nel territorio oggetto di studio, almeno sulla base delle conoscenze scientifiche attuali, non vi siano situazioni accertate riconducibili a “zone di faglia attiva capace” in grado di condizionare in maniera consistente la pericolosità sismica locale soprattutto in termini di deformazioni/fagliazioni superficiali.

7. VALUTAZIONE STUDI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3

La microzonazione sismica (MS), cioè la zonizzazione del territorio in base al comportamento dei terreni in caso di terremoto, è uno degli strumenti più efficaci per la riduzione del rischio sismico, in quanto permette, fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica, di valutare la pericolosità sismica nelle aree urbane e urbanizzabili, indirizzare i nuovi interventi verso zone a minore pericolosità e programmare interventi di mitigazione del rischio nelle zone in cui sono presenti particolari criticità.

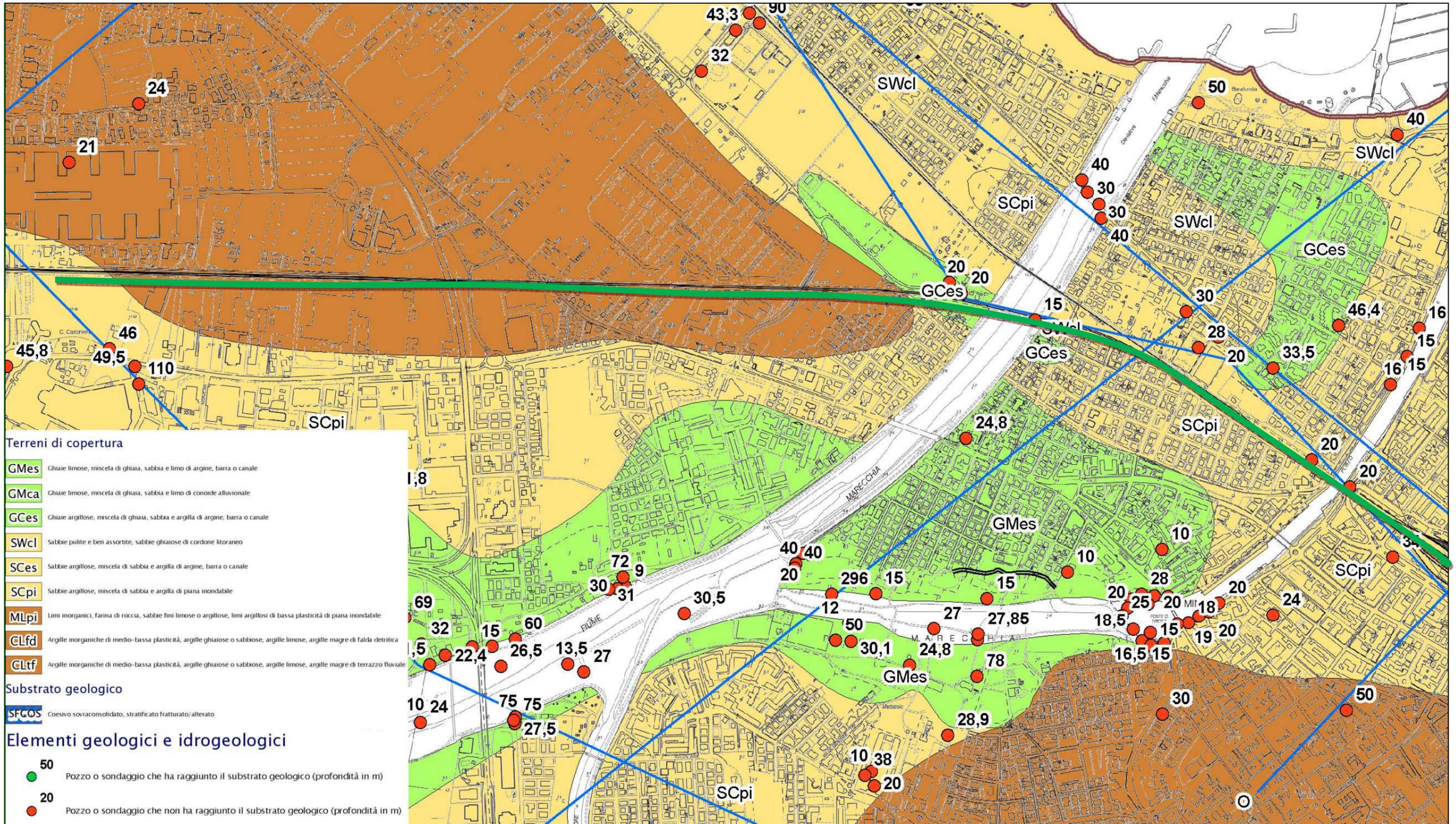
A tal fine, la L.R. n. 24/2017 *“Disciplina regionale sulla tutela e uso del territorio”* e la L.R. 19/2008 *“Norme per la riduzione del rischio sismico”*, richiedono l’esecuzione di studi di microzonazione sismica per la redazione e l’approvazione dei piani urbanistici comunali e che le scelte urbanistiche e gli interventi sul territorio siano compatibili con la pericolosità sismica locale.

Dando seguito a quanto sopra la Regione Emilia-Romagna ha ritenuto di procedere, ai sensi degli articoli 22, comma 2, e 49 della L. R. n. 24/2017, con Delibera della Giunta Regionale n. 476 del 12 aprile 2021 a titolo *“Aggiornamento dell’Atto di Coordinamento Tecnico sugli Studi di Microzonazione Sismica per la Pianificazione Territoriale e Urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. N. 24/2017) di cui alla Deliberazione Della Giunta Regionale 29 Aprile 2019, N. 630”*, integrata successivamente dalla Delibera della Giunta Regionale n. 564 del 26/04/2021 a titolo *“Integrazione della propria Deliberazione n. 476 del 12 Aprile 2021 mediante approvazione dell’allegato A, “Atto di Coordinamento Tecnico sugli Studi di Microzonazione Sismica per la Pianificazione Territoriale e Urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. N. 24/2017)”*.

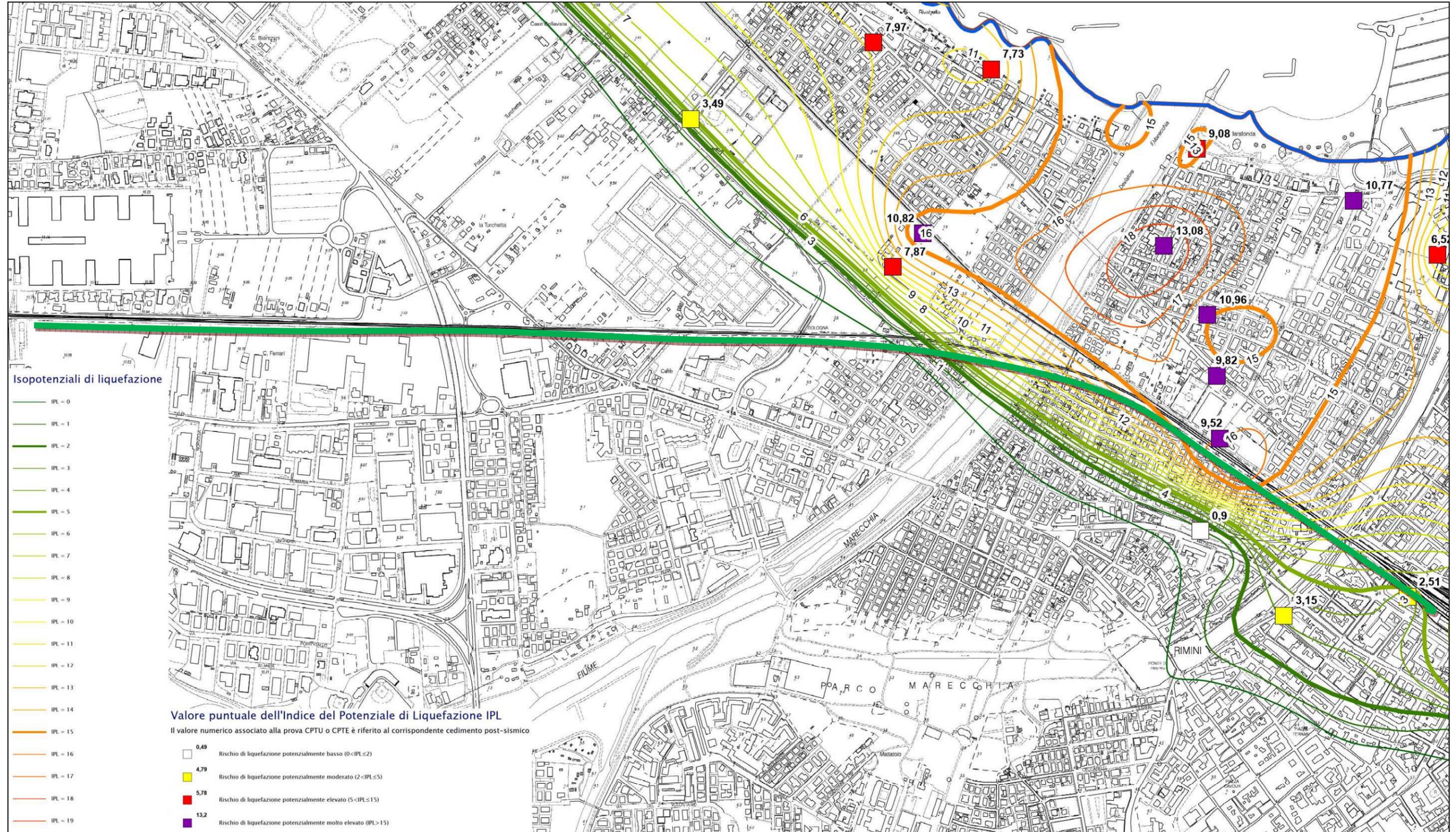
Il Comune di Rimini dispone di uno studio di microzonazione sismica definibile come *“Microzonazione sismica livello 3”* in attuazione dell’art. 11 della Legge 24-06-2009 n. 77.

Vengono di seguito riportati degli stralci cartografici relativi a tutte le tavole degli Studi di Microzonazione Sismica di livello 3 dell’agosto 2021; collaudate.

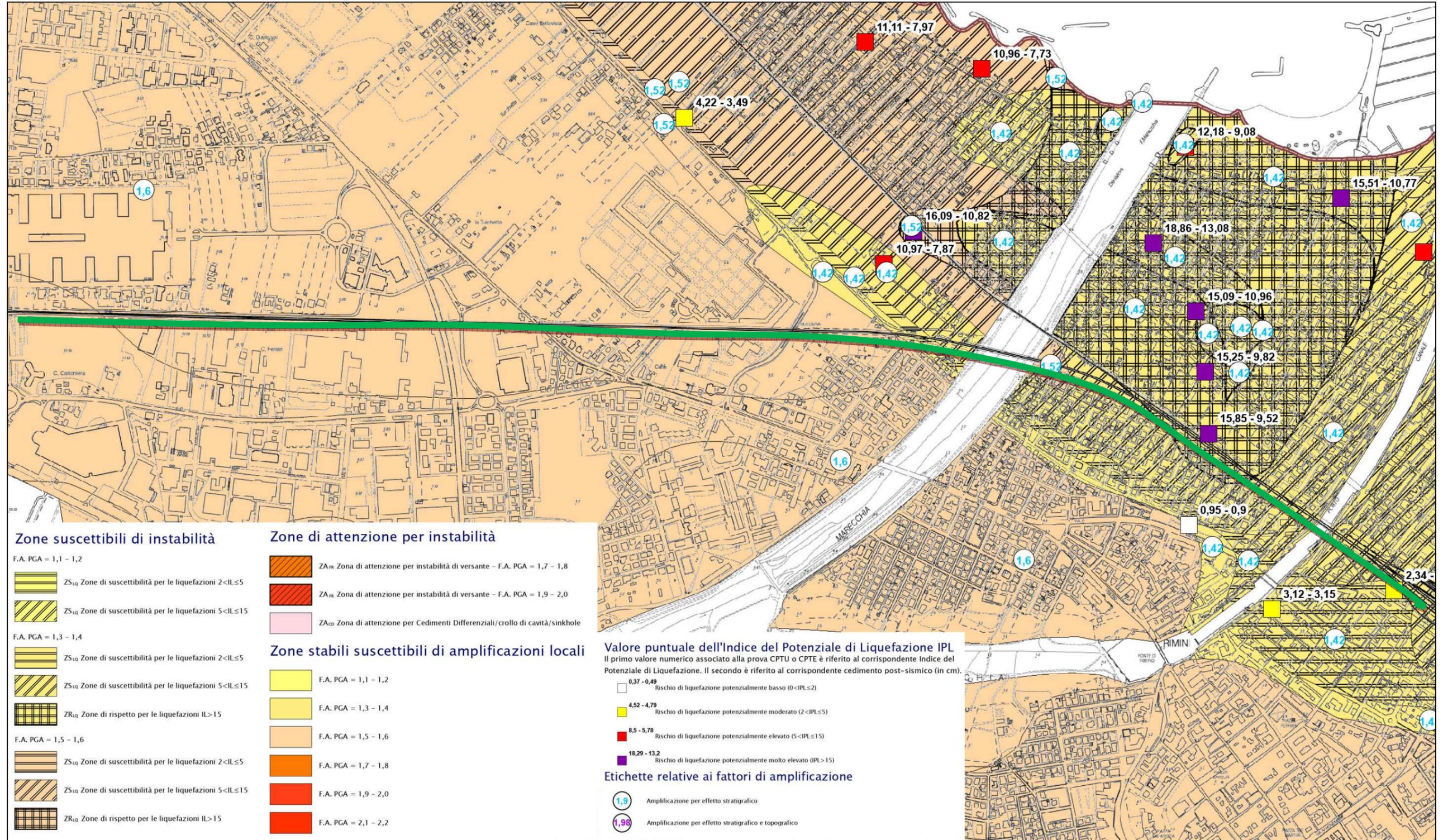
Per una dettagliata verifica delle interferenze dell’area di progetto con gli aspetti inerenti sia le amplificazioni stratigrafiche del moto sismico atteso in relazione ai vari periodi dello spettro sia alle potenziali instabilità per liquefazione, si rimanda al paragrafo 9 dove sono state effettuate le opportune verifiche.



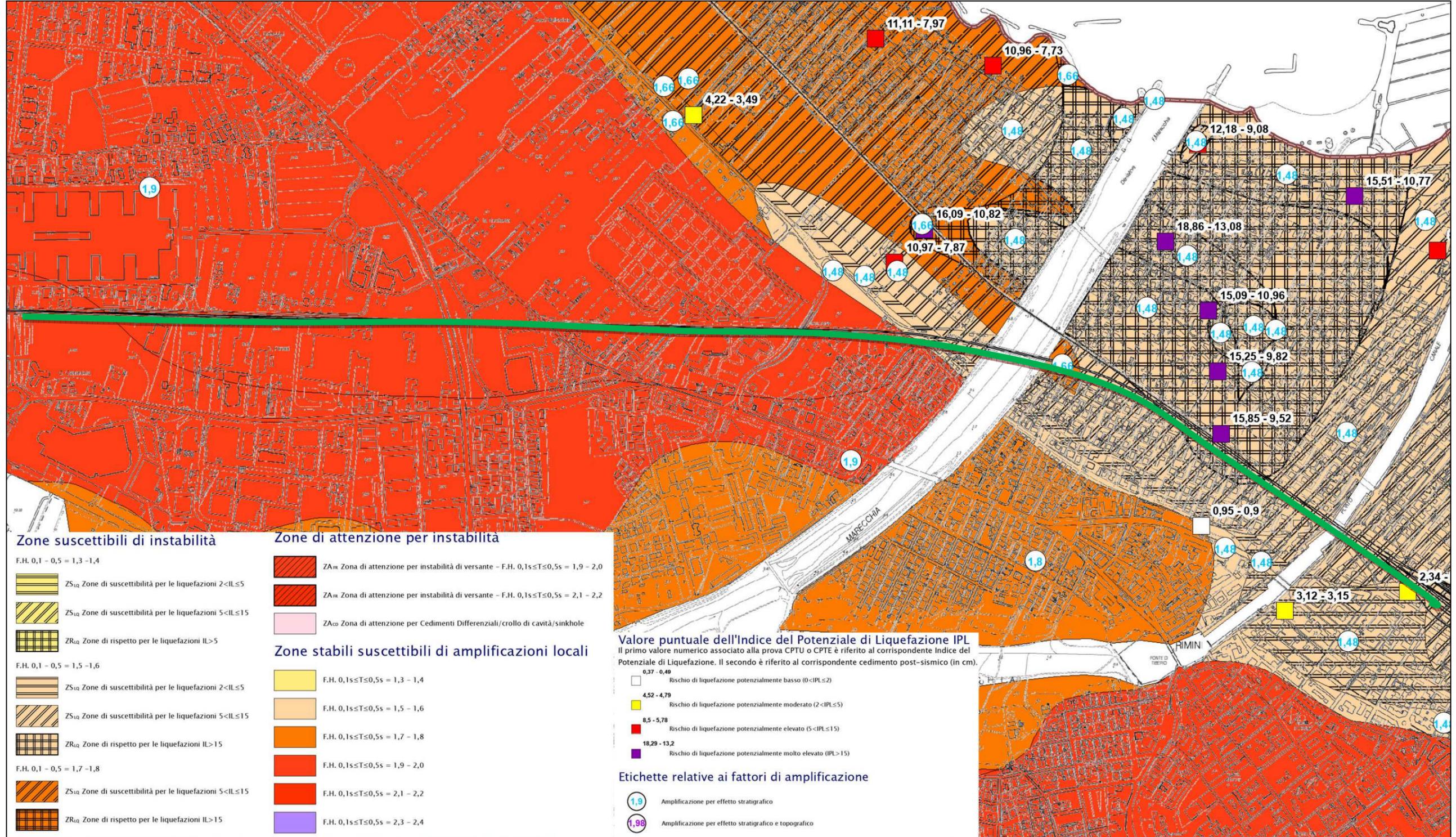
Microzonazione sismica di Livello 3 – Tav. 2b. Carta geologica tecnica per la microzonazione sismica



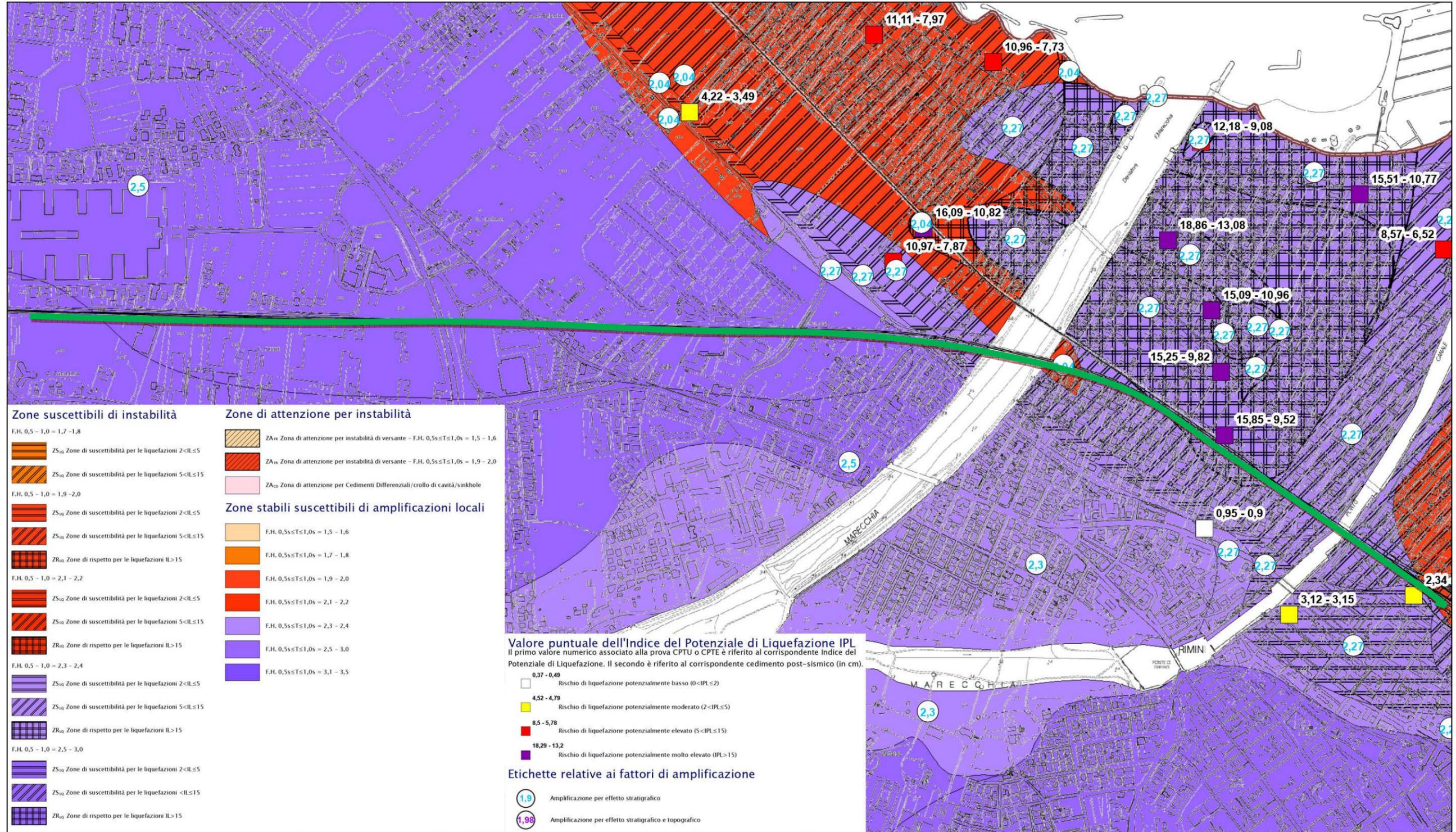
Microzonazione sismica di Livello 3 – Tav. 6b. Carta isopotenzialew liquefazione



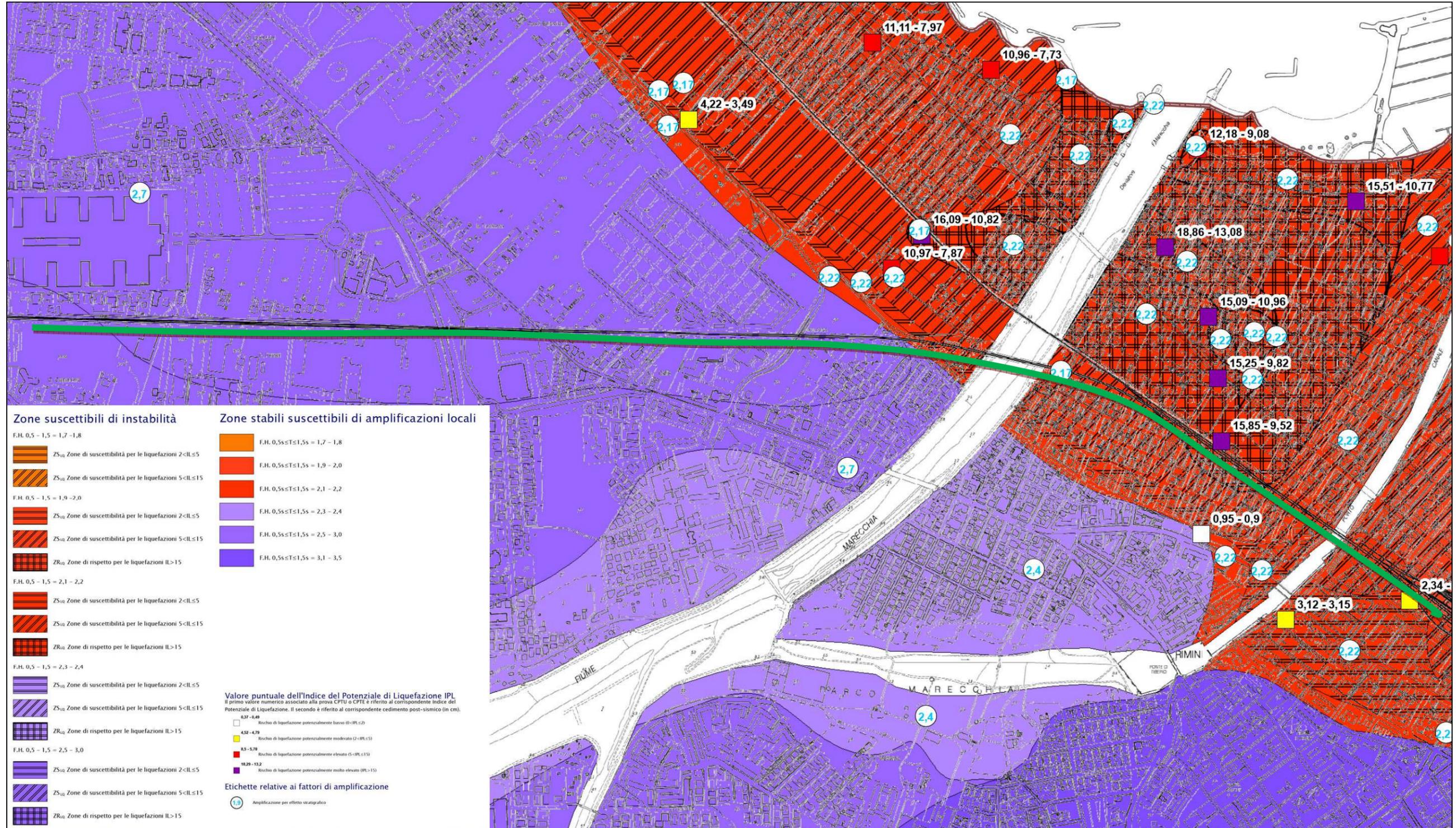
Microzonazione sismica di Livello 3 - Tav. 7b. Carta F.A. PGA



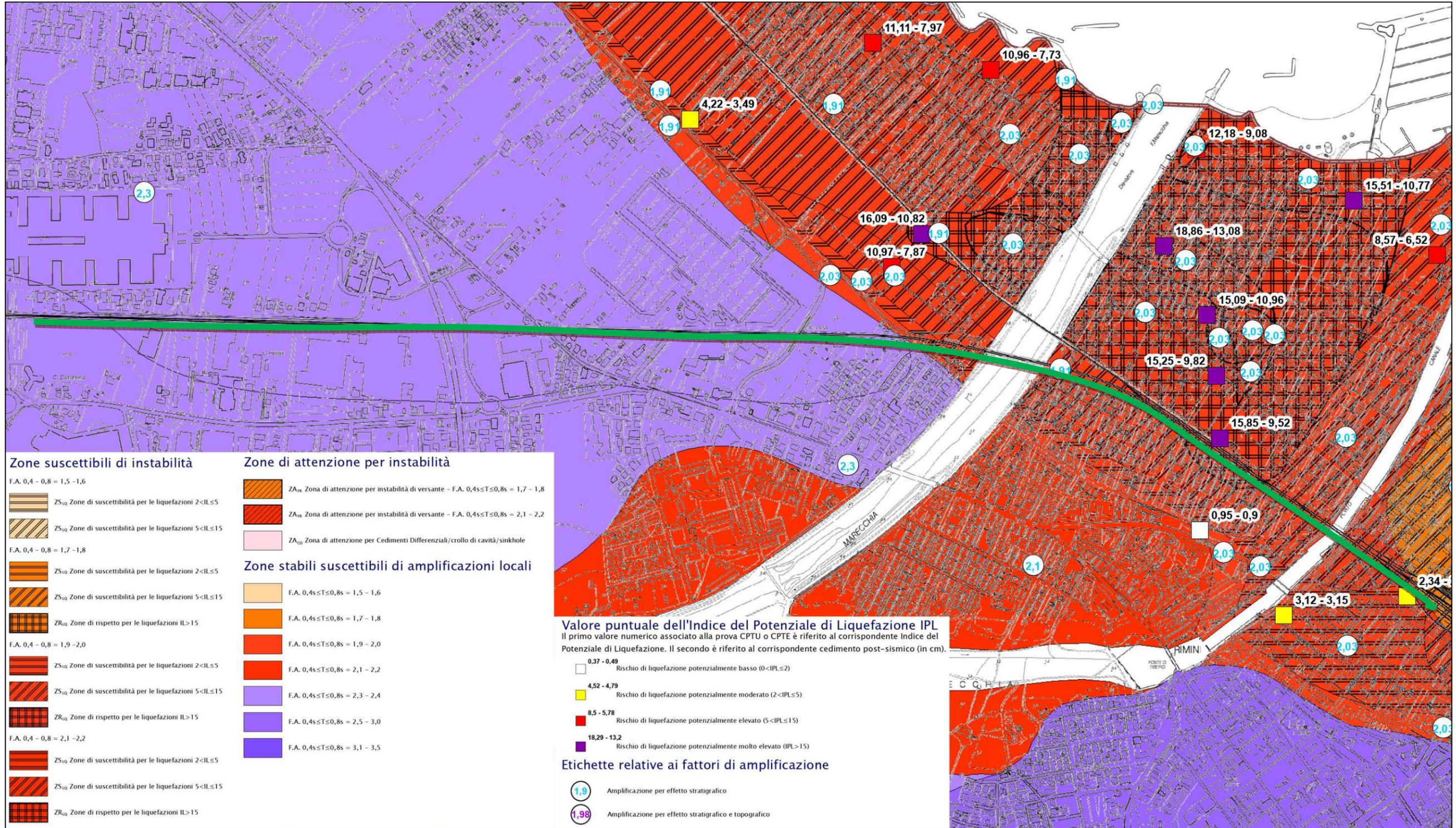
Microzonazione sismica di Livello 3 - Tav. 8b. Carta F.A. 0,1 - 0,5 s



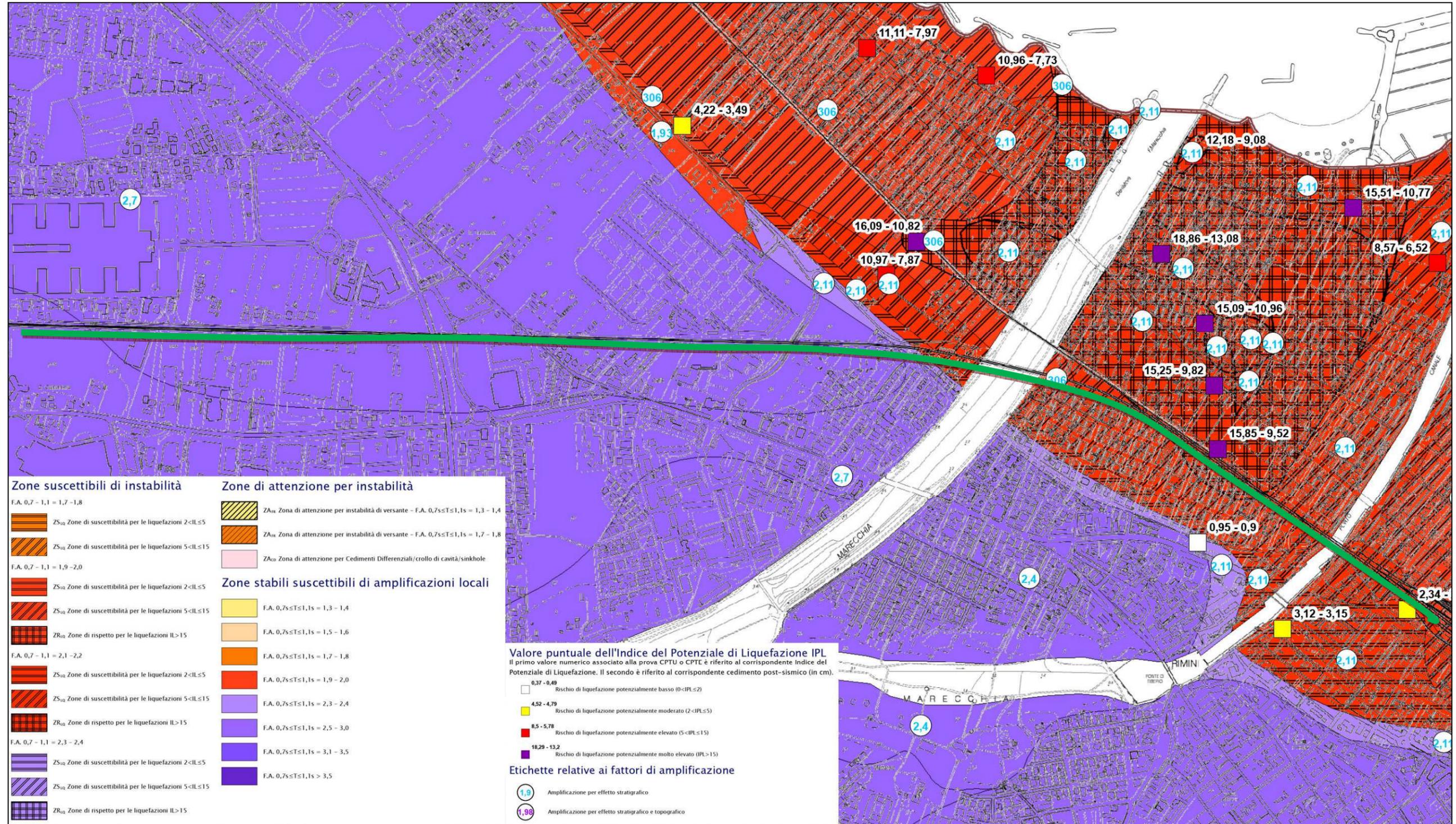
Microzonazione sismica di Livello 3 – Tav. 9b. Carta F.A. 0,5 – 1,0 s



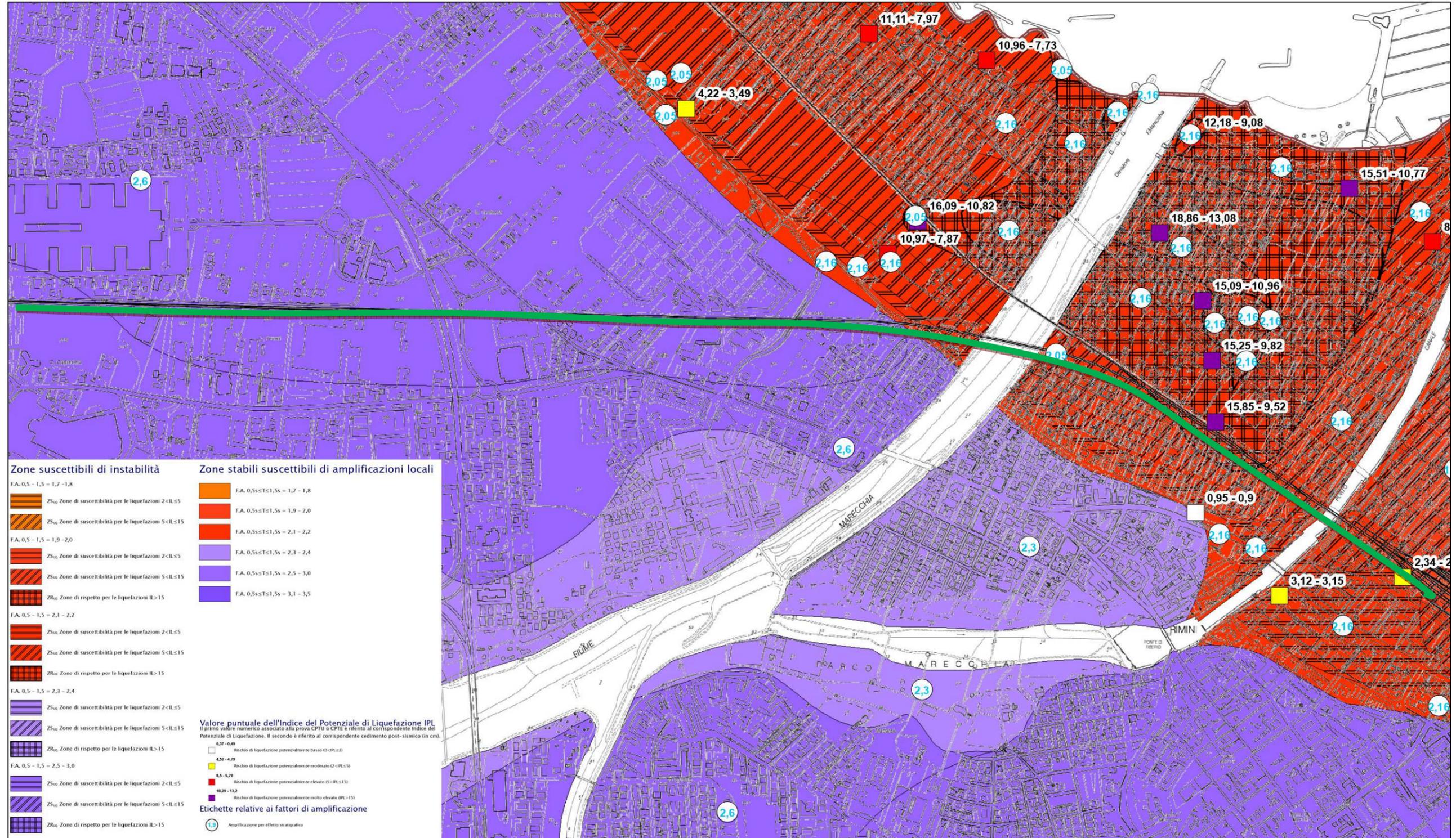
Microzonazione sismica di Livello 3 - Tav. 10b. Carta F.A. 0,5 - 1,5 s



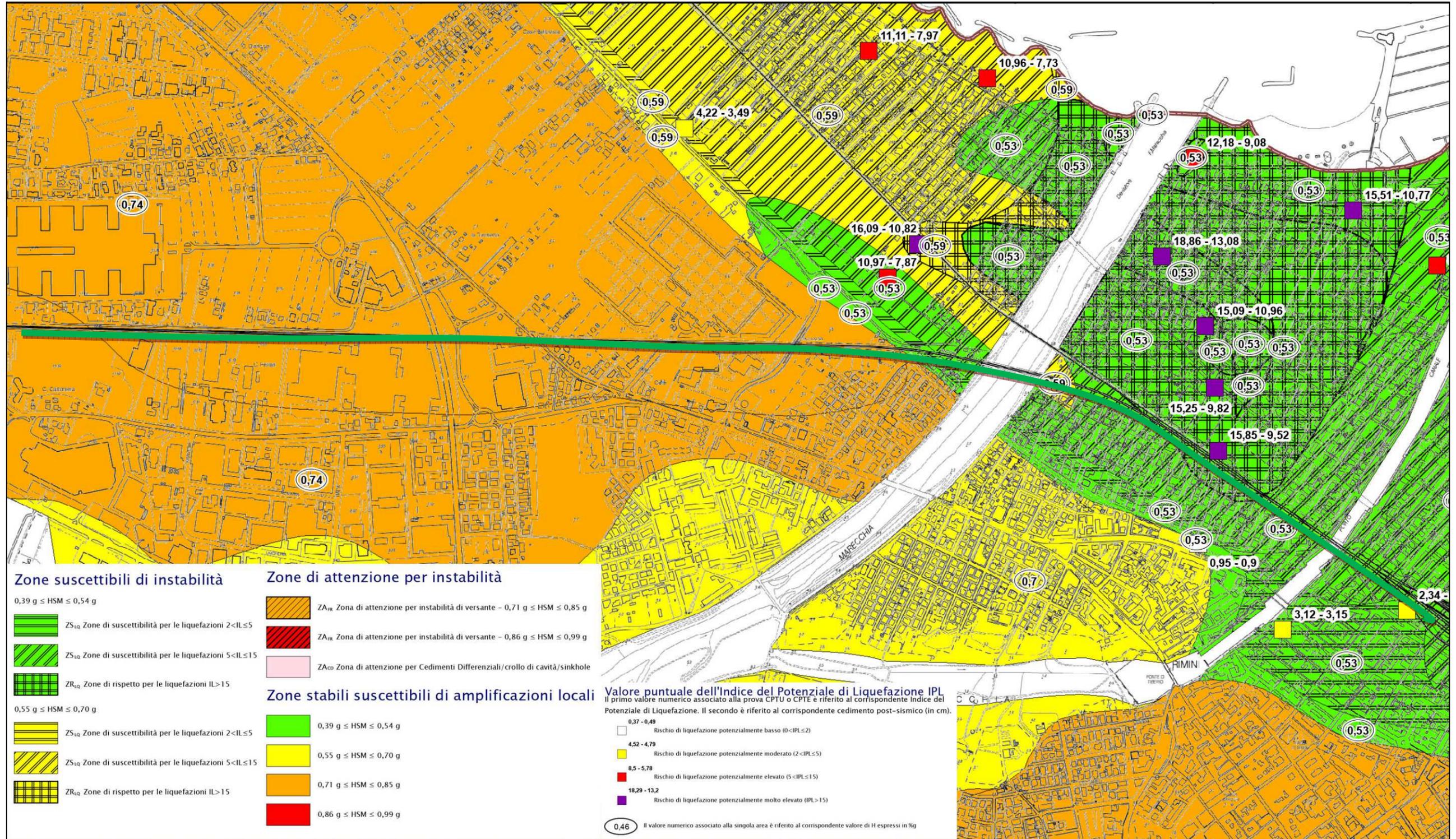
Microzonazione sismica di Livello 3 - Tav. 12b. Carta F.A. 0,4 - 0,8 s



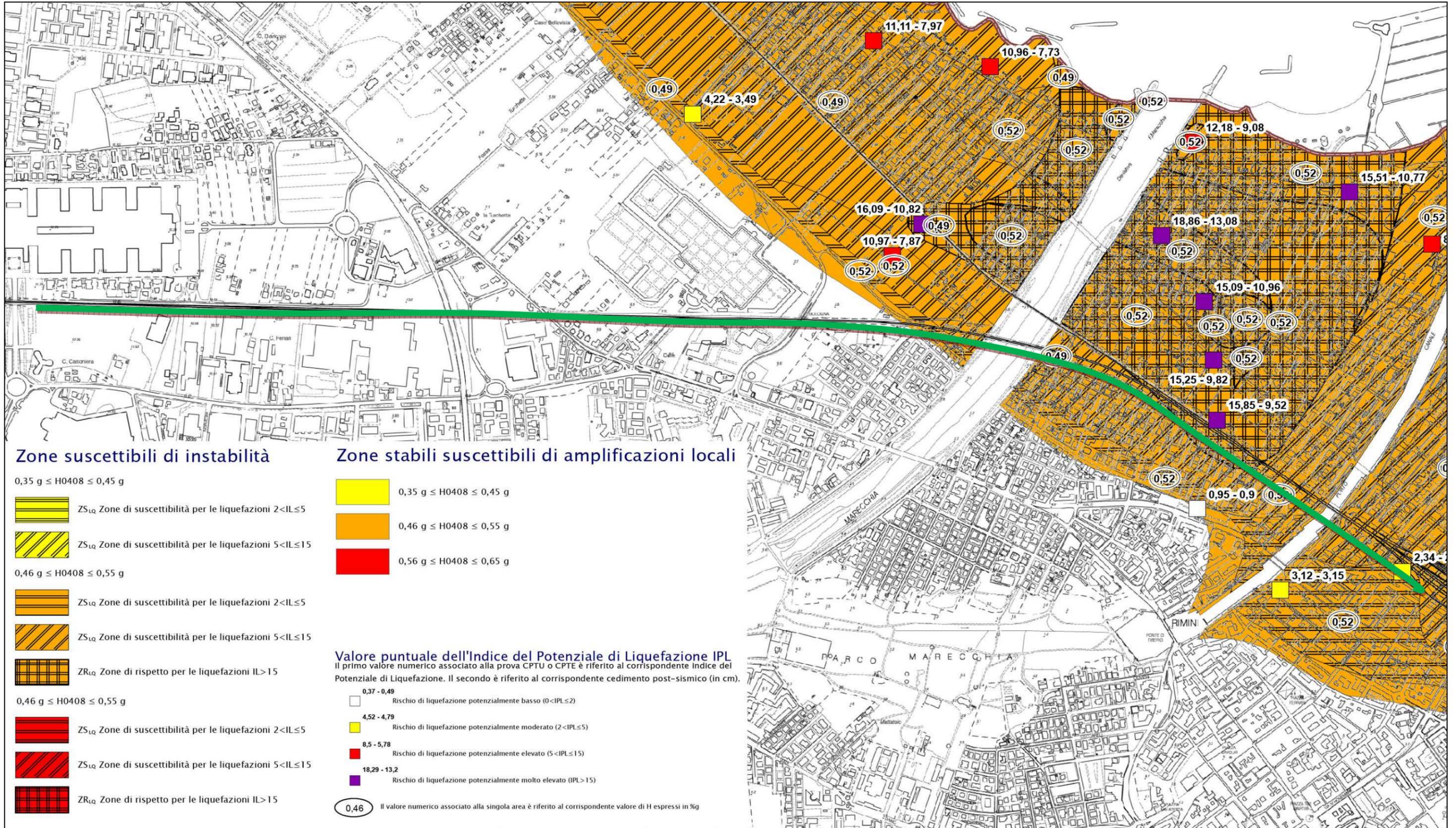
Microzonazione sismica di Livello 3 - Tav. 13b. Carta F.A. 0,7 - 1,1 s



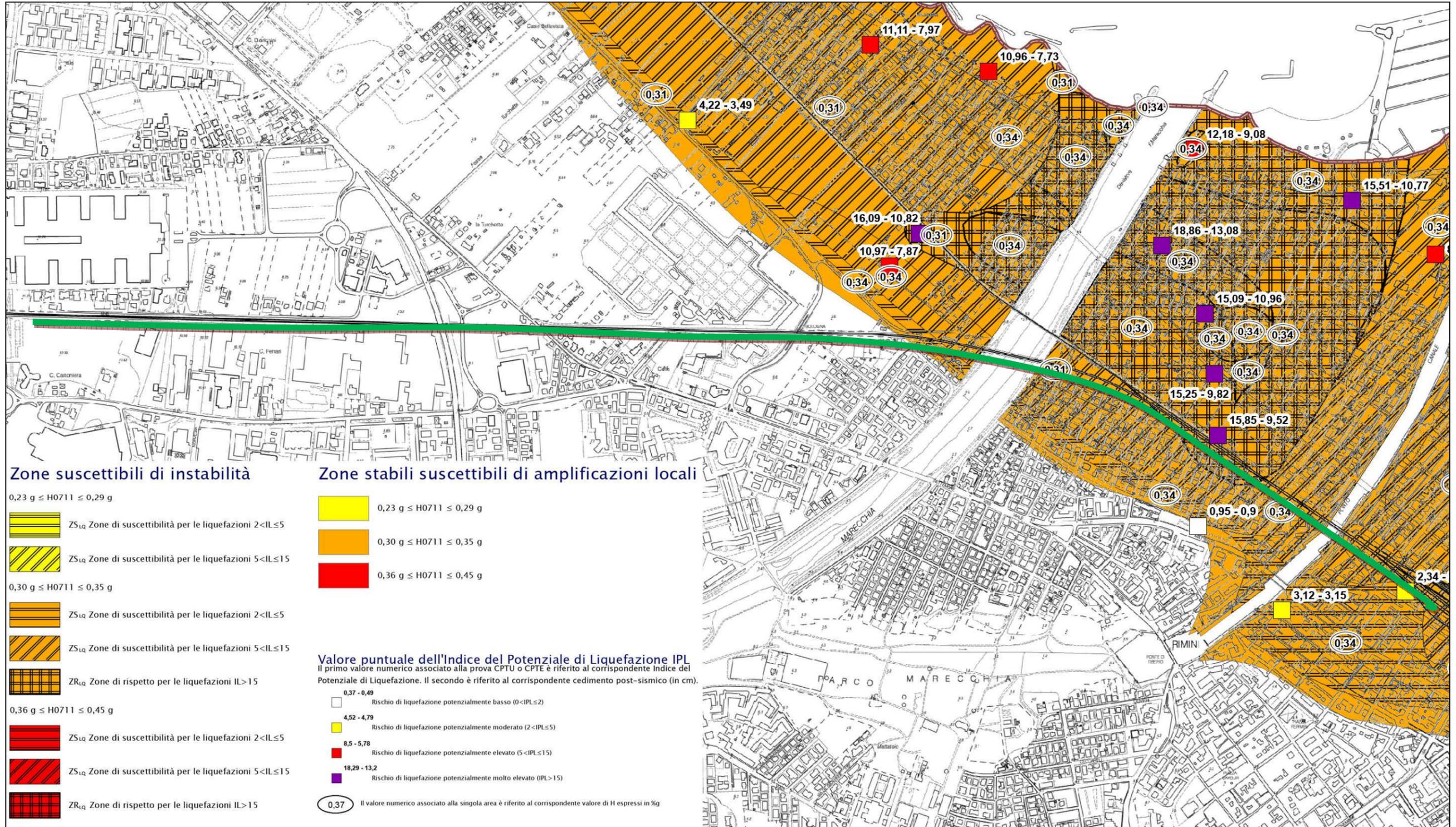
Microzonazione sismica di Livello 3 - Tav. 14b. Carta F.A. 0,5 - 1,5 s



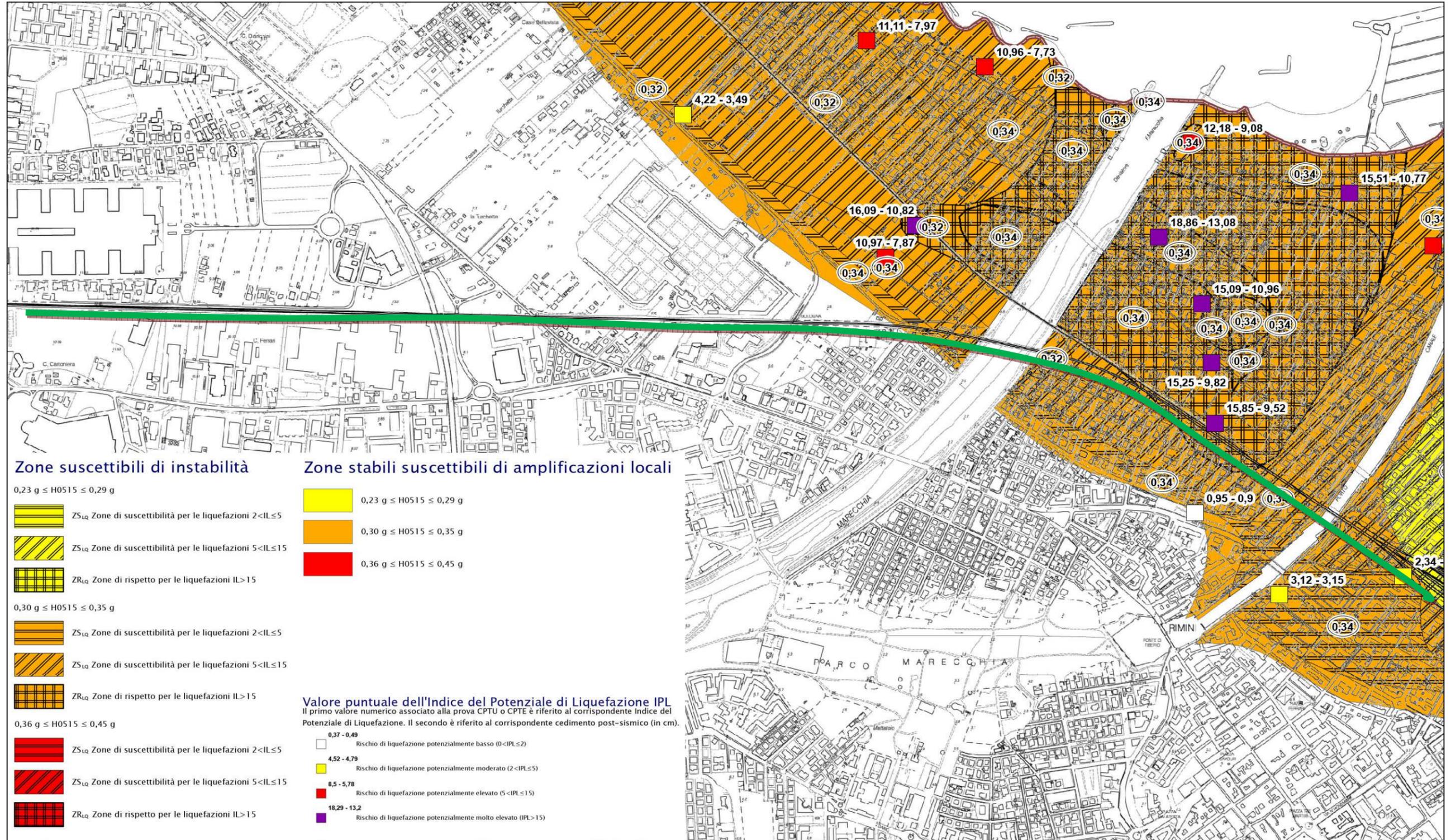
Microzonazione sismica di Livello 3 – Tav. 15b. Carta HSM



Microzonazione sismica di Livello 3 – Tav. 16b. Carta H 0,4 – 0,8



Microzonazione sismica di Livello 3 – Tav. 17b. Carta H 0,7 – 1,1



Microzonazione sismica di Livello 3 – Tav. 18b. Carta H 0,5 – 1,5

8. INDAGINI IN SITO

8.1 RISULTATI INDAGINI IN SITO PREGRESSE

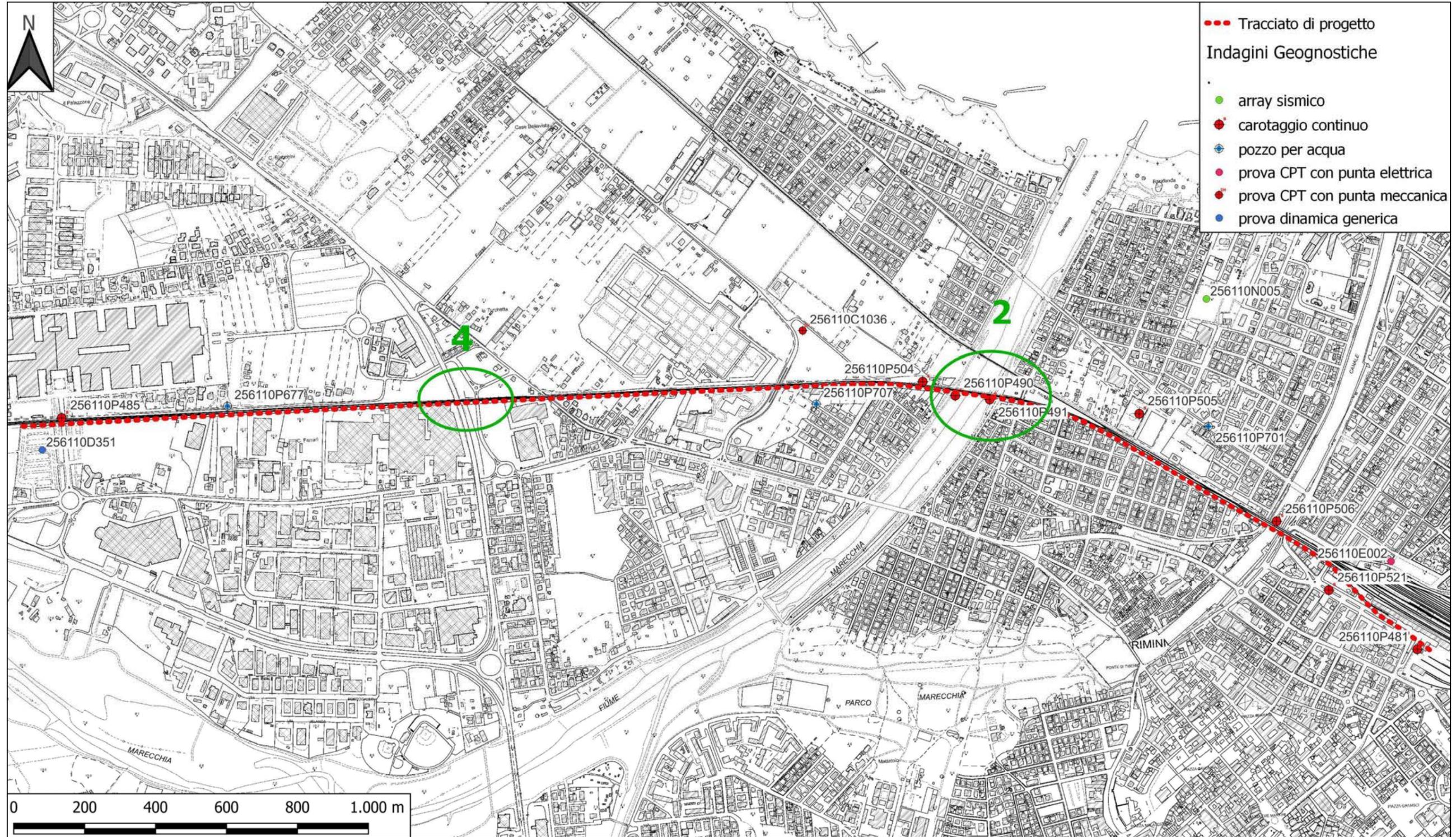
In prima istanza, per la consegna dello studio geologico avvenuto nel mese di dicembre 2022, al fine di poter meglio caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico e geotecnico i terreni che compongono il sottosuolo dell'area in esame ed un suo ampio intorno, nelle more che venissero eseguite le indagini già programmate ed in corso di esecuzione per il progetto in oggetto, sono state presi in esame:

1. i dati del sottosuolo contenuti nella banca dati geognostica (database geognostico) messa a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna;
2. i dati geologico e geotecnici a corredo del *"Progetto per la demolizione e ricostruzione del ponte carrabile di via Coletti sul deviatore Marecchia"* (SITO 2).
3. i dati geologico e geotecnici a corredo del *"Progetto per l'ampliamento polo fieristico Variante EST"* (SITO 4).

Di seguito si riportano i dati relativi ai punti 1) , 2) e 3).

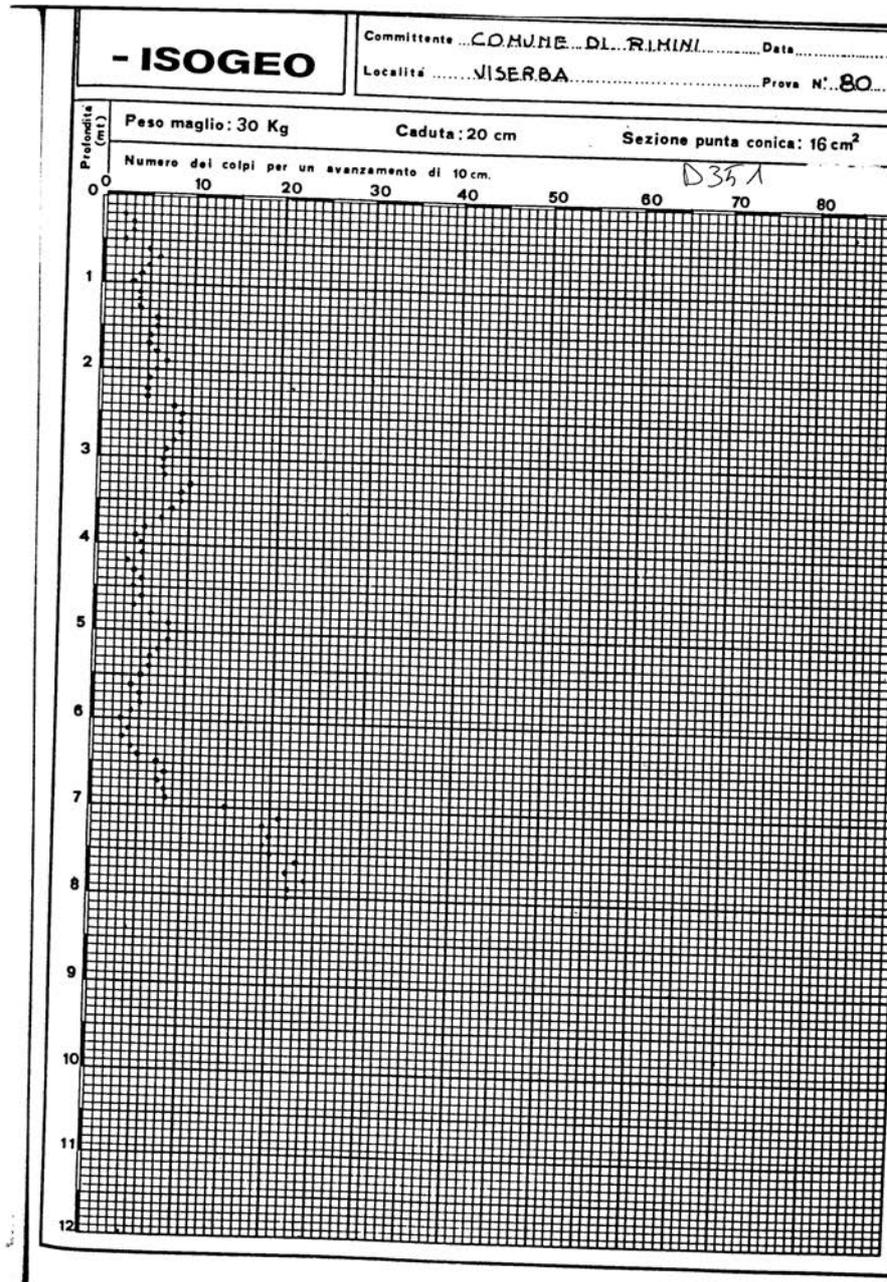
Si fa inoltre presente che il tracciato in progetto interesserà, dal punto di vista geologico, due differenti successioni litologiche che sono:

- *AES8a - Unità di Modena (Sito 2);*
- *AES8 – Subsintema di Ravenna (Sito 4).*



Carta con ubicazione indagini

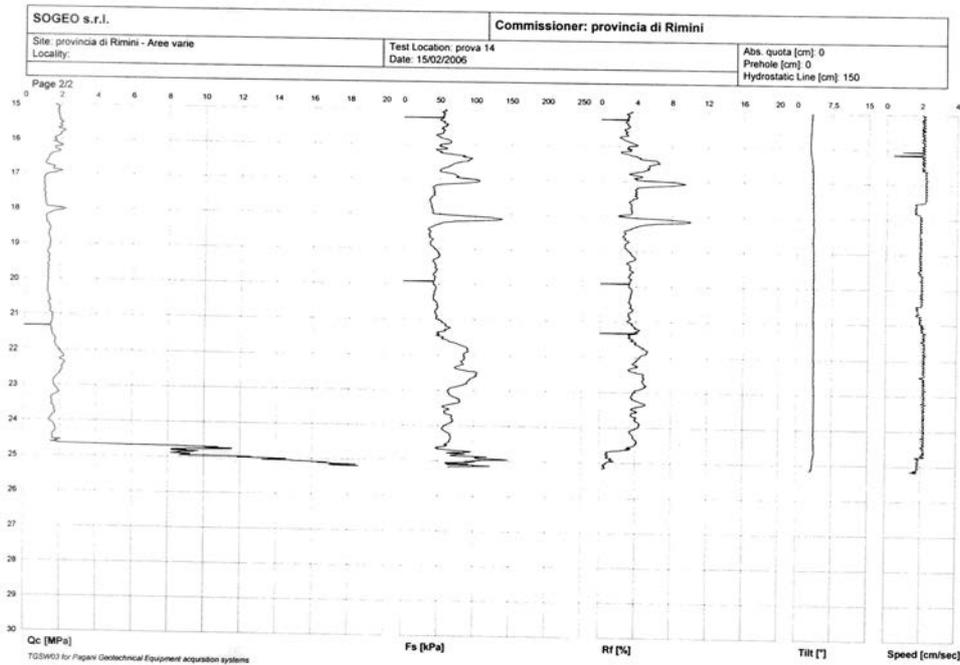
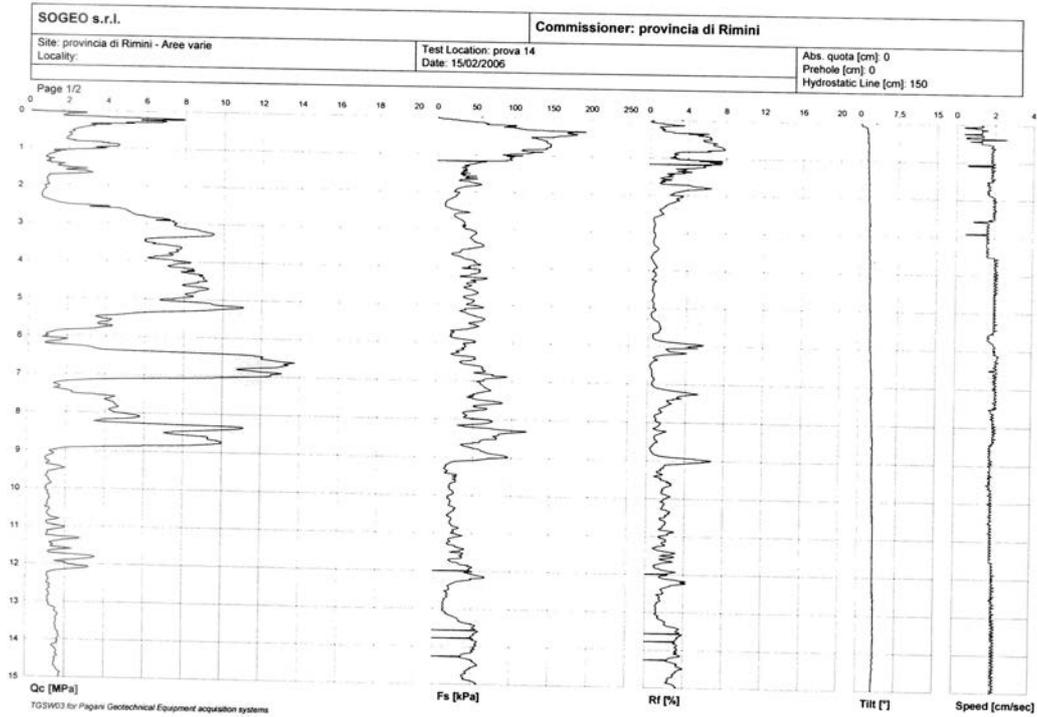
**1) Indagini geognostiche dedotte dal database geognostico del Servizio Geologico, Sismico
e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna**



256110 E002

Note di accompagnamento alla prova

PROVA n°	14
LOCALITA'	Rimini
QUOTA SU L.M.M.	1,60
INDAGINE SISMICA	eseguita fino 25 m
QUOTA ACQUA DA P.C.	- 1,50m
PREFORO	---
OSSERVAZIONI	prova interrotta per eccessivo carico sulla punta



COSECO S.p.A.
Corso Matteotti, 2/2
48022 Lugo (RA)

Rifer. 006-1-05

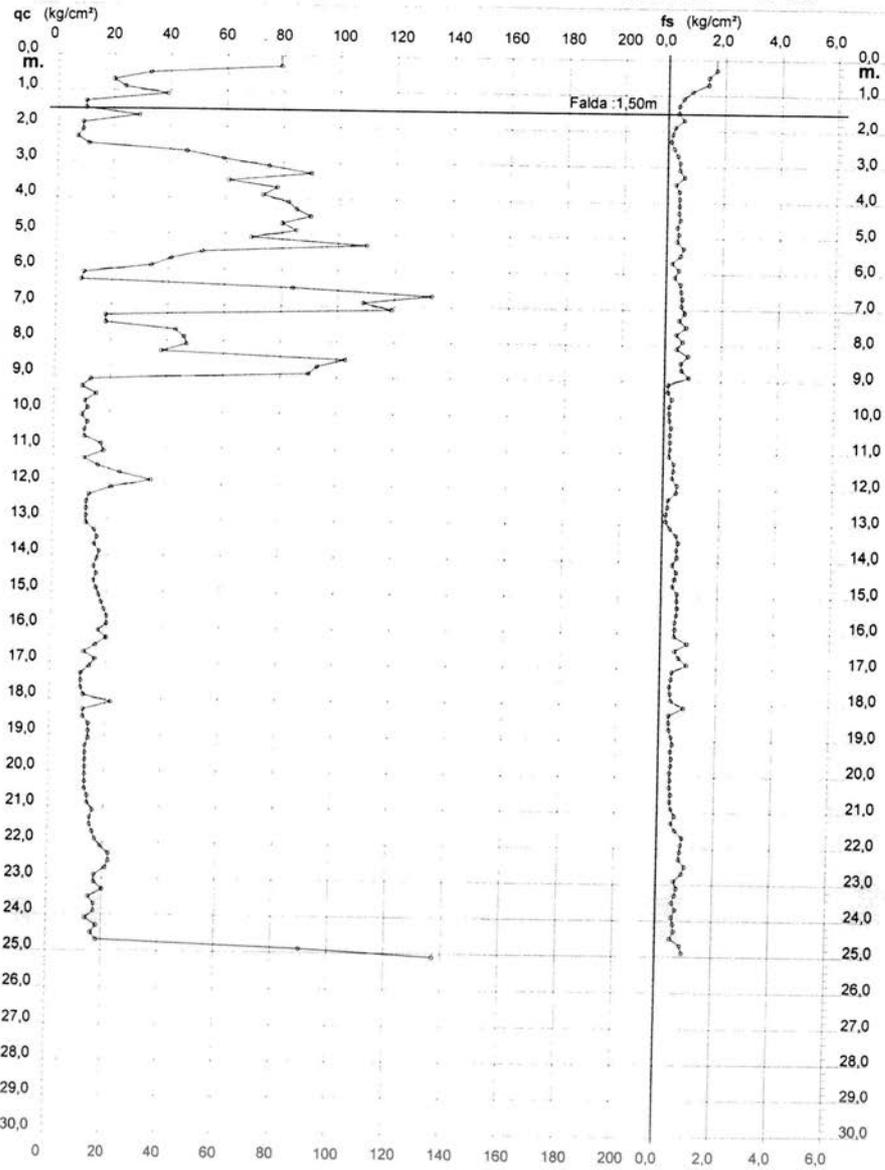
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 14

2.01PG05-095

- committente : Provincia di Rimini
- lavoro : Zonazione sismica
- località : Aree Varie

- data : 15/02/2006
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



Software by: Dr D.MERLIN - 0425/840820

P.IVA 01051620399

Corso Matteotti, 2/2
48022 Lugo (RA)

Rifer. 006-1-05

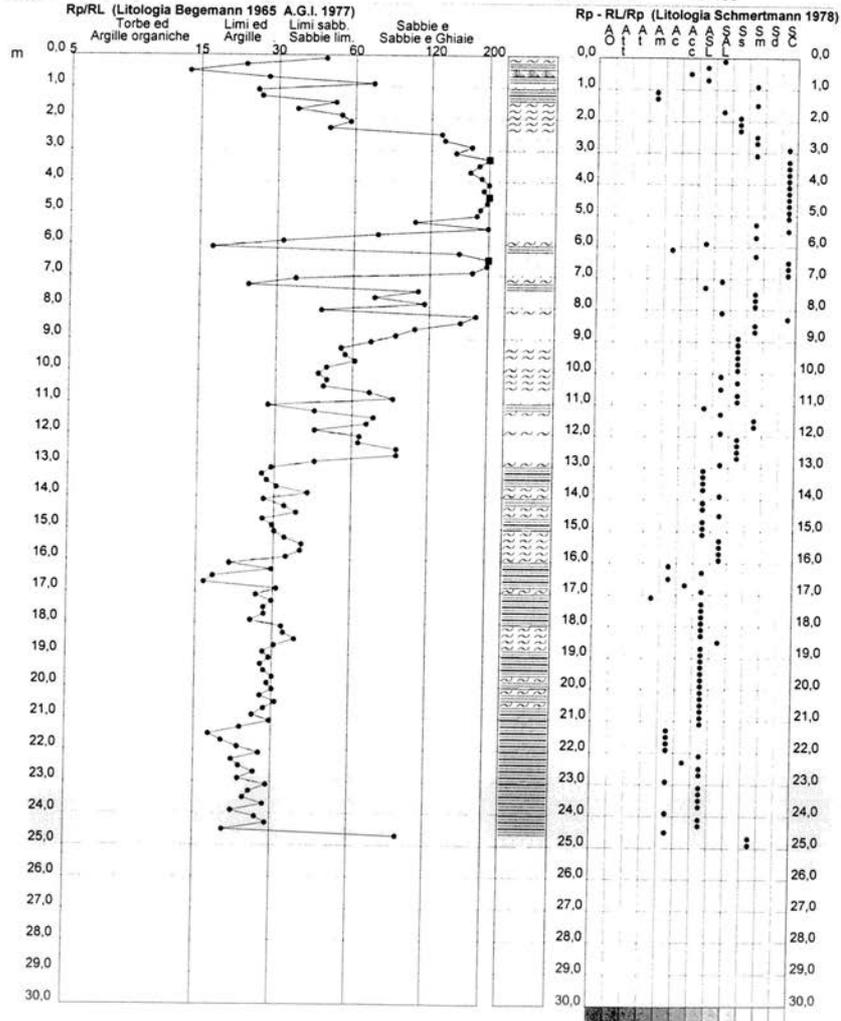
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 14

2.01PG05-095

- committente : Provincia di Rimini
- lavoro : Zonazione sismica
- località : Aree Varie
- note :

- data : 15/02/2006
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150



Software by Di D MERLIN - 0425/840820

P.IVA 01051620399

Corso Matteotti, 2/2
48022 Lugo (RA)

Rifer. 006-1-05

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 14
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

2.01PG05-095

- committente : Provincia di Rimini
- lavoro : Zonazione sismica
- località : Aree Varie
- note :
- data : 15/02/2006
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna punta	laterale	qc kg/cm ²	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna punta	laterale	qc kg/cm ²	fs	qc/fs
0,20	79,1	94,3	79,0	1,69	47,0	10,20	11,8	14,9	12,0	0,27	45,0
0,40	33,4	58,7	33,0	1,42	23,0	10,40	10,8	14,8	11,0	0,23	49,0
0,60	20,1	41,4	20,0	1,41	14,0	10,60	11,4	14,8	11,0	0,23	47,0
0,80	23,5	44,6	24,0	0,85	28,0	10,80	17,3	20,8	17,0	0,24	71,0
1,00	39,0	51,7	39,0	0,55	71,0	11,00	18,1	21,7	18,0	0,21	87,0
1,20	9,5	17,7	10,0	0,39	26,0	11,20	11,3	14,4	11,0	0,38	29,0
1,40	10,5	16,3	10,0	0,37	27,0	11,40	16,0	21,7	16,0	0,37	44,0
1,60	29,2	34,8	29,0	0,57	51,0	11,60	23,6	29,1	24,0	0,33	73,0
1,80	8,8	17,3	9,0	0,25	36,0	11,80	35,4	40,3	35,0	0,51	69,0
2,00	8,7	12,4	9,0	0,17	54,0	12,00	21,4	29,0	21,0	0,48	44,0
2,20	6,8	9,3	7,0	0,12	58,0	12,20	13,2	20,4	13,0	0,20	65,0
2,40	10,7	12,5	11,0	0,23	49,0	12,40	11,7	14,7	12,0	0,19	64,0
2,60	46,1	49,5	46,0	0,35	130,0	12,60	12,1	14,9	12,0	0,13	90,0
2,80	59,2	64,5	59,0	0,44	134,0	12,80	12,4	14,4	12,0	0,13	90,0
3,00	75,1	81,7	75,0	0,44	170,0	13,00	11,5	13,5	12,0	0,27	44,0
3,20	90,4	97,0	90,0	0,61	148,0	13,20	15,2	19,3	15,0	0,50	30,0
3,40	61,3	70,4	61,0	0,30	203,0	13,40	15,5	23,0	16,0	0,58	28,0
3,60	78,3	82,8	78,0	0,43	183,0	13,60	15,3	24,0	15,0	0,52	29,0
3,80	73,4	79,8	73,0	0,43	168,0	13,80	16,6	24,4	17,0	0,54	31,0
4,00	82,5	89,0	82,0	0,44	186,0	14,00	16,1	24,2	16,0	0,39	41,0
4,20	84,8	91,4	85,0	0,43	199,0	14,20	14,6	20,4	15,0	0,53	28,0
4,40	90,0	96,4	90,0	0,47	190,0	14,40	16,0	24,0	16,0	0,47	34,0
4,60	79,5	86,6	80,0	0,37	214,0	14,60	14,6	21,7	15,0	0,40	37,0
4,80	85,3	90,9	85,0	0,43	196,0	14,80	16,3	22,3	16,0	0,57	28,0
5,00	69,0	75,5	69,0	0,37	185,0	15,00	16,8	25,4	17,0	0,56	30,0
5,20	110,5	116,1	110,0	0,61	179,0	15,20	18,2	26,6	18,0	0,58	31,0
5,40	51,6	60,8	52,0	0,50	104,0	15,40	19,4	28,1	19,0	0,56	34,0
5,60	41,3	48,8	41,0	0,21	198,0	15,60	19,8	28,2	20,0	0,51	39,0
5,80	33,8	36,9	34,0	0,45	75,0	15,80	20,1	27,7	20,0	0,51	39,0
6,00	10,5	17,3	10,0	0,31	33,0	16,00	17,1	24,8	17,0	0,49	34,0
6,20	8,7	13,3	9,0	0,51	18,0	16,20	19,6	27,0	20,0	0,95	21,0
6,40	83,9	91,6	84,0	0,55	154,0	16,40	15,6	29,9	16,0	0,53	30,0
6,60	133,2	141,4	133,0	0,59	227,0	16,60	12,3	20,2	12,0	0,66	18,0
6,80	108,6	117,4	109,0	0,55	197,0	16,80	16,5	26,4	16,0	0,95	17,0
7,00	118,8	127,1	119,0	0,69	173,0	17,00	13,9	28,2	14,0	0,44	32,0
7,20	18,2	28,5	18,0	0,49	36,0	17,20	10,9	17,5	11,0	0,41	27,0
7,40	17,6	25,0	18,0	0,75	24,0	17,40	10,9	17,1	11,0	0,36	31,0
7,60	43,4	54,6	43,0	0,40	107,0	17,60	11,3	16,7	11,0	0,39	28,0
7,80	45,6	51,6	46,0	0,63	73,0	17,80	11,5	17,3	12,0	0,42	29,0
8,00	46,6	56,0	47,0	0,41	114,0	18,00	21,8	28,1	22,0	0,87	25,0
8,20	37,5	43,7	38,0	0,83	46,0	18,20	11,7	24,7	12,0	0,36	33,0
8,40	102,7	115,1	103,0	0,57	180,0	18,40	12,4	17,8	12,0	0,35	34,0
8,60	92,8	101,4	93,0	0,59	157,0	18,60	14,1	19,4	14,0	0,37	38,0
8,80	89,9	98,8	90,0	0,86	105,0	18,80	13,7	19,3	14,0	0,45	31,0
9,00	13,1	26,0	13,0	0,15	89,0	19,00	14,0	20,7	14,0	0,49	28,0
9,20	9,8	12,0	10,0	0,14	71,0	19,20	12,9	20,3	13,0	0,43	30,0
9,40	15,2	17,3	15,0	0,27	55,0	19,40	13,4	19,9	13,0	0,47	28,0
9,60	11,1	15,2	11,0	0,19	57,0	19,60	12,9	19,9	13,0	0,45	29,0
9,80	11,8	14,7	12,0	0,19	62,0	19,80	12,9	19,7	13,0	0,42	31,0
10,00	9,8	12,7	10,0	0,21	48,0	20,00	13,2	19,5	13,0	0,44	30,0

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35,7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

Software by Dr D MERLIN - 0425/840820

P.IVA 01051620399

CO.SI.S.R.L.
Corso Matteotti, 2/2
48022 Lugo (RA)

Rifer. 006-1-05

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 14
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA 2.01PG05-095

- committente : Provincia di Rimini
- lavoro : Zonazione sismica
- località : Aree Varie
- note :
- data : 15/02/2006
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- pagina : 2

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm ²				punta	laterale	kg/cm ²		
20,20	12,8	19,4	13,0	0,42	31,0	22,80	17,1	30,6	17,0	0,64	27,0
20,40	13,1	19,4	13,0	0,47	28,0	23,00	16,9	26,5	17,0	0,73	23,0
20,60	14,2	21,2	14,0	0,44	32,0	23,20	19,6	30,6	20,0	0,67	30,0
20,80	14,2	20,8	14,0	0,49	29,0	23,40	15,3	25,4	15,0	0,59	26,0
21,00	15,7	23,0	16,0	0,61	26,0	23,60	16,6	25,4	17,0	0,70	24,0
21,20	15,2	24,4	15,0	0,49	30,0	23,80	17,1	27,6	17,0	0,59	29,0
21,40	14,9	22,3	15,0	0,64	23,0	24,00	14,2	23,0	14,0	0,64	22,0
21,60	16,0	25,6	16,0	0,90	18,0	24,20	17,5	27,1	18,0	0,67	27,0
21,80	17,0	30,5	17,0	0,85	20,0	24,40	16,0	26,0	16,0	0,54	30,0
22,00	19,2	32,0	19,0	0,83	23,0	24,60	18,4	26,5	18,0	0,89	20,0
22,20	21,9	34,3	22,0	0,79	28,0	24,80	90,2	103,5	90,0	0,96	94,0
22,40	21,7	33,6	22,0	1,01	22,0	25,00	136,7	151,1	137,0	-----	----
22,60	20,6	35,7	21,0	0,90	23,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35,7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

Software by: Dr D MERLIN - 0425/840820

P.IVA 01051620399

Corso Matteotti, 2/2
48022 Lugo (RA)

Rifer. 006-1-05

PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 14

2.01PG05-096

- committente : Provincia di Rimini
- lavoro : Zonazione sismica
- località : Aree Varie
- note :

- data : 15/02/2006
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	σ _v (-)	Natura	Y (%)	d ₅₀ mm	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	e15	e25	e35	e45	adm	amy	E50	E25	Mo	
kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
0.20	79	47	3	1.85	0.04	---	---	---	---	---	100	42	43	45	46	45	33	258	132	198	237
0.40	33	23	4/I	1.85	0.07	1.10	99.9	187	281	99	97	42	43	44	46	43	29	249	55	83	99
0.60	20	14	4/I	1.85	0.11	0.80	74.1	136	224	60	70	38	40	42	44	40	27	160	33	50	60
0.80	24	28	4/I	1.85	0.15	0.89	59.0	151	227	72	70	38	40	42	44	39	28	158	40	60	72
1.00	39	71	3	1.85	0.19	---	---	---	---	---	81	39	41	43	44	40	30	0.193	65	98	117
1.20	10	26	2/III	1.85	0.22	0.50	17.3	85	128	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.40	10	27	2/III	1.85	0.26	0.50	14.3	85	128	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.60	29	51	3	0.87	0.28	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
1.80	9	36	4/I	0.85	0.29	0.45	10.7	77	115	38	61	37	39	41	43	37	29	0.133	48	73	87
2.00	9	34	4/I	0.85	0.31	0.45	10.0	77	115	38	18	30	33	36	39	30	26	0.034	15	23	27
3.20	95	145	3	0.88	0.42	---	---	---	---	---	90	41	42	44	44	39	32	0.162	98	148	177
2.40	11	49	4/I	0.87	0.34	0.54	10.9	91	137	42	22	31	34	37	40	31	26	0.011	12	18	21
2.60	46	130	3	0.91	0.36	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2.80	59	134	3	0.93	0.38	---	---	---	---	---	70	38	40	42	44	38	31	0.159	77	115	138
3.00	75	170	3	0.96	0.40	---	---	---	---	---	77	38	40	42	44	39	32	0.162	98	148	177
3.20	95	145	3	0.98	0.42	---	---	---	---	---	84	40	41	43	45	40	32	0.204	125	188	225
3.40	61	203	3	0.94	0.44	---	---	---	---	---	75	39	40	42	45	39	32	0.221	150	225	270
3.60	78	183	3	0.96	0.46	---	---	---	---	---	82	40	41	43	45	39	32	0.175	102	153	185
3.80	73	168	3	0.96	0.48	---	---	---	---	---	79	39	40	41	43	39	33	0.198	130	195	234
4.00	82	186	3	0.97	0.50	---	---	---	---	---	82	40	41	43	45	39	33	0.197	137	205	246
4.20	85	199	3	0.97	0.52	---	---	---	---	---	83	40	41	43	45	39	33	0.198	142	213	255
4.40	90	190	3	0.98	0.54	---	---	---	---	---	84	40	41	43	45	39	33	0.198	142	213	255
4.60	80	214	3	0.97	0.56	---	---	---	---	---	80	39	41	42	44	39	33	0.186	133	200	240
4.80	85	196	3	0.98	0.57	---	---	---	---	---	82	40	41	43	45	40	34	0.214	183	275	330
5.00	89	185	3	0.95	0.59	---	---	---	---	---	72	38	40	42	44	38	32	0.165	115	173	207
5.20	110	175	3	1.02	0.61	---	---	---	---	---	87	40	42	44	44	39	33	0.196	133	200	240
5.40	52	104	3	0.92	0.63	---	---	---	---	---	61	36	39	41	43	34	30	0.152	87	130	156
5.60	41	198	3	0.90	0.65	---	---	---	---	---	52	35	37	40	42	34	30	0.159	69	103	123
5.80	34	75	3	0.89	0.67	---	---	---	---	---	45	33	36	39	42	33	29	0.091	57	85	102
6.00	10	33	4/I	0.86	0.69	0.50	4.2	191	287	40	2	28	31	35	38	26	0.005	17	25	30	
6.20	9	19	2/III	0.87	0.45	0.45	3.8	198	298	38	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6.40	84	154	3	0.97	0.72	---	---	---	---	---	74	38	40	42	44	38	33	0.171	140	210	252
6.60	133	227	3	1.03	0.74	---	---	---	---	---	89	40	42	43	45	40	35	0.220	222	333	399
6.80	109	197	3	1.01	0.76	---	---	---	---	---	87	40	42	43	45	39	34	0.195	182	273	337
7.00	119	173	3	1.03	0.78	---	---	---	---	---	84	40	41	43	45	39	35	0.203	198	298	357
7.20	18	36	4/I	0.91	0.80	0.75	5.8	216	322	56	18	31	33	36	39	29	0.035	30	45	54	
7.40	18	24	2/III	0.98	0.82	0.75	5.6	222	333	56	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7.60	43	107	3	0.91	0.84	---	---	---	---	---	47	35	37	39	42	33	30	0.097	72	108	129
7.80	46	73	3	0.91	0.86	---	---	---	---	---	49	35	37	39	42	33	31	0.102	77	115	138
8.00	47	114	3	0.91	0.88	---	---	---	---	---	49	35	37	39	42	33	31	0.102	78	118	141
8.20	38	46	3	0.90	0.89	---	---	---	---	---	41	34	36	38	41	34	30	0.083	63	95	114
8.40	103	180	3	1.00	0.91	---	---	---	---	---	75	39	40	42	44	37	33	0.163	155	233	279
8.60	93	157	3	0.99	0.93	---	---	---	---	---	71	38	40	42	44	37	33	0.163	155	233	279
8.80	90	105	3	0.98	0.95	---	---	---	---	---	70	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.00	13	89	4/I	0.88	0.97	0.60	3.5	274	411	47	3	29	32	35	38	26	0.006	22	30	37	
9.20	10	71	4/I	0.86	0.99	0.50	2.7	259	388	40	7	29	32	35	38	25	0.015	17	25	30	
9.40	15	55	4/I	0.89	1.01	0.67	3.8	284	426	50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.60	12	62	4/I	0.81	1.02	0.54	2.8	273	410	42	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9.80	12	62	4/I	0.88	1.04	0.57	3.0	284	425	45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.00	10	48	4/I	0.86	1.06	0.50	2.5	266	400	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.20	12	45	4/I	0.88	1.08	0.57	2.8	289	433	45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.40	11	49	4/I	0.87	1.09	0.54	2.6	282	422	42	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.60	11	47	4/I	0.87	1.11	0.54	2.5	283	425	42	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10.80	17	71	4/I	0.91	1.13	0.72	3.6	319	478	54	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.00	18	87	4/I	0.91	1.15	0.75	3.7	324	496	56	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.20	11	28	2/III	0.91	1.17	0.54	2.4	289	433	45	6	29	32	35	39	26	0.016	18	28	33	
11.40	15	44	4/I	0.90	1.18	0.70	3.2	330	495	52	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.60	24	73	3	0.86	1.20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11.80	35	69	3	0.89	1.22	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.00	21	44	3	0.85	1.24	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.20	13	65	4/I	0.88	1.25	0.60	2.5	319	479	47	13	30	33	36	39	27	0.027	29	43	48	
12.40	12	64	4/I	0.88	1.27	0.57	2.3	310	465	45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.60	12	90	4/I	0.88	1.29	0.57	2.3	311	467	45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12.80	12	90	4/I	0.88	1.31	0.57	2.3	312	469	45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.00	12	44	4/I	0.88	1.32	0.57	2.2	314	471	45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.20	15	30	4/I	0.89	1.34	0.67	2.6	348	522	50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.40	16	28	2/III	0.96	1.38	0.70	2.7	358	537	52	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.60	15	29	2/III	0.95	1.38	0.67	2.5	352	528	50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
13.80	17	31	4/I	0.91	1.40	0.72	2.8	370	556	54	3	28	32	35	38	25	0.007	29	43	48	
14.00	16	41	4/I	0.90	1.42	0.70	2.6	365	547	52	1	28	31	35	38	25	0.001	27	40	48	
14.20	15	28	2/III	0.95	1.43	0.67	2.4	357	536	50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.40	16	34	4/I	0.90	1.45	0.70	2.5	369	553	52	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
14.60	15	37	4/I	0.89	1.47	0.67	2.3	360	541	50	---	---	---								

 <p>STUDIO T.I. SOCIETÀ DI ENGINEERING STUDI E RICERCHE PROGETTI DIREZIONI LAVORI CONSULENZE</p>	Committente: TRAM - RIMINI 256110
	Località:
	Denominazione pozzo: Sondaggio S14 P481
	Quota s.l.m.:
Data: DIC. '95	Rep.: 95 - 00018

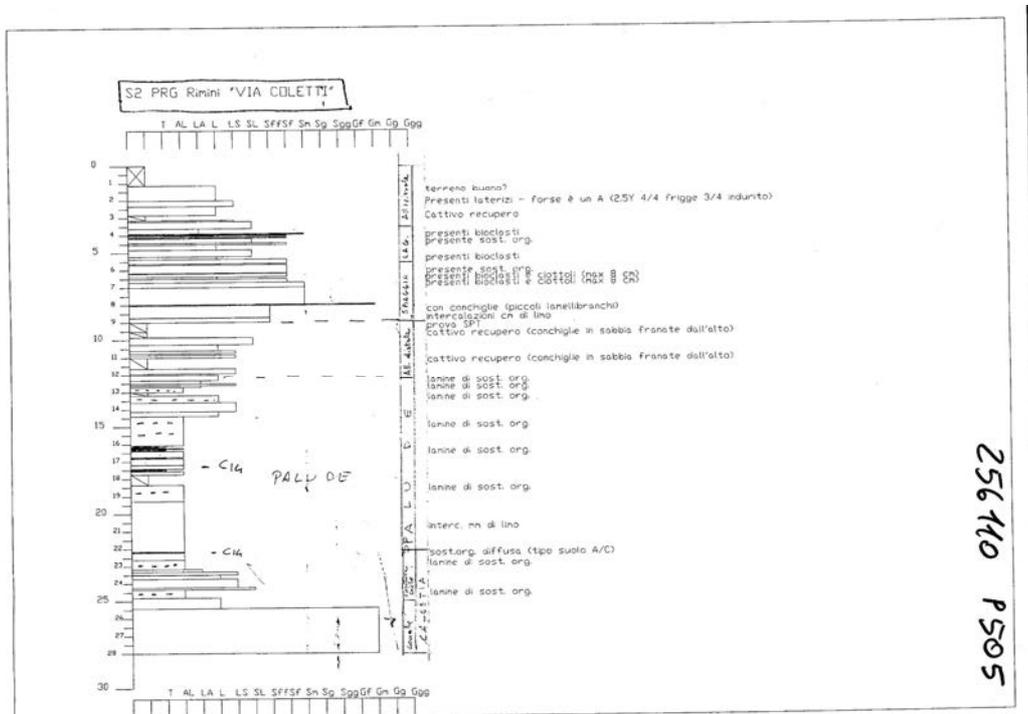
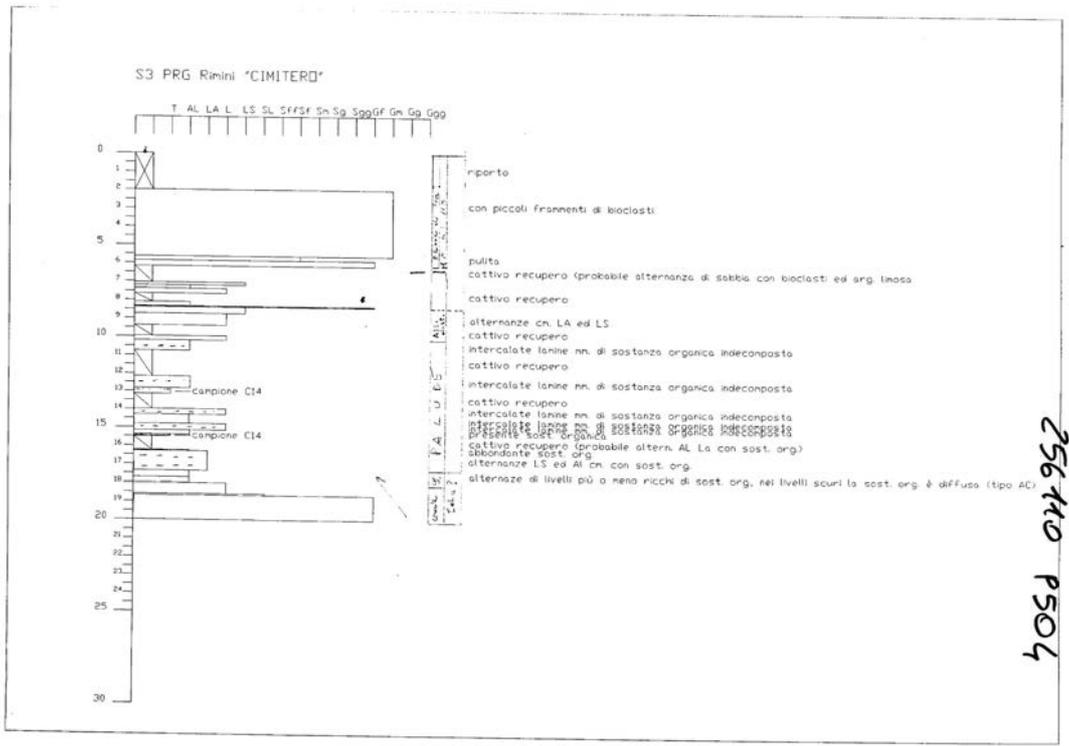
STUDIO T.I. s.c.a r.l. Viale Pascoli 174 47037 Rimini Tel. 0541-384000 Fax 0541-382292

Falda da p.c.	Profondità mt	Colonna stratigr.	P.C.	Descrizione	Camp.	SPT	Pocket (PP Kg/m ²)	Vane (VT Kg/m ²)
2.50	1		1.80	Materiale di riporto				
	2		3.50	Sabbia giallo con ghiaia e macerie minute		5-5-3		
	3				7-5-7			
	4				7-14-17			
	5		6.80	Sabbia giallo a tratti limosa				
	6							
	7		10.70	Chioietto con ghiaia e sabbia giallo grigia		10-11-11		
	8							
	9							
	10							
11						0.40	0.25	
12			14.00	Argilla limosa grigia molle con vene di limo sabbioso		0.50	0.20	
13						0.30	0.15	
14								
15			17.00	Sabbia fine con fitte vene di limo		0.75	0.20	
16								
17						0.80		
18			20.00	Argilla limosa grigia a tratti molle con vene di argilla torbosa, di sabbia fine grigia e intervalli di torba		0.70		
19						0.50		
20						0.50		
21								
22								
23								

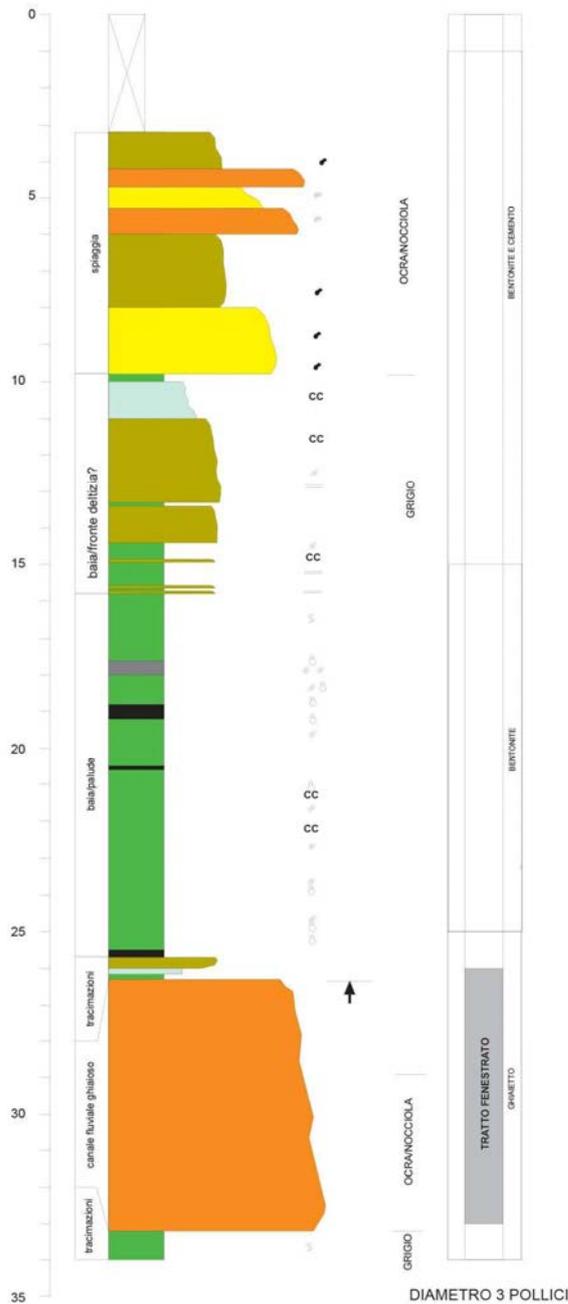
SCALA 1:100

QUOTE		RISULTATO DEL SONDAGGIO				DESCRIZIONE	ACQUA	GEOTECNICA											
QUOTA RIFTO IN MT.	PROFONDITÀ IN MT.	POTENZA STRATO IN MT.	COESIONE NELLA CAROTA SISTEMA E 8 DEL FORO	STRATIGRAFIA	PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO IN ROCCIA (RCD)	PREL. CAMPIONE IND. PROF. IN ML E MLABOR	CLASIFICAZIONE USBR	NATURA GEOLOGICA DEL TERRENO	LIVELLO DELLA FALDA ATMOSFERICA	PROVE DI PERMEABILITÀ (tipo LUIGONI)	STANDARD PENETRATION TEST	COMPATTAZIONE	CEMENTAZIONE	PLASTICITÀ	POCKET PENETR. Kg/cm ²	VANE TEST Kg/cm ²	TUBO PIEZOMETRICO	TUBO INCLINOMETRICO	
3.60	0.00																		
	2.00																		
5.60	2.00																		
	2.00																		
7.60	4.00																		
8.12	4.50	0.50																	
	3.30																		
11.40	7.80																		
	2.20																		
13.60	10.00																		
	5.50																		
19.10	15.50																		

QUOTE		RISULTATO DEL SONDAGGIO				DESCRIZIONE	ACQUA	GEOTECNICA								
QUOTA RIPO IN MT.	PROFONDITÀ IN MT.	POTENZA STRATO IN MT.	COESIONE NELLA CAROTA (SISTEMA E) (DEL FORO)	STRATIGRAFIA	% PERCENTUALE DI CAROTTAGGIO IN ROCCIA (R.O.D.)	PETROGRAFIA	NATURA GEOLOGICA DEL TERRENO	PROVE DI PERMEABILITÀ (tipo LUQUEON)	STANDARD PENETRATION TEST	COMPATTAZIONE	CEMENTAZIONE	PLASTICITÀ	POCKET PENETR. Kg/cm ²	WANE TEST Kg/cm ²	TUBO PIEZOMETRICO	TUBO INCLINOMETRICO
0.00	1.80					Materiale di riporto costituito da argilla limosa debolmente sabbiosa, inglobante ghiaia. Estremamente plastico e compressibile. Colore bruno.							0.6	0.6		
1.80	1.20					Argilla limosa-sabbiosa, inglobante piccoli ciottoli e ghiaia. Estremamente plastica. Colore beige.							0.6	0.6		
3.00	1.00					Ciottoli con scarsa frazione fine.							0.6	0.6		
4.00	5.20					Sabbia media debolmente limosa, con ghiaia e ciottoli. Sciolta. Colore bruno.							0.6	0.6		
9.20	9.50					Argilla debolmente limosa, estremamente plastica. Colore scio-bruno.							2.8	2.8		
10.00	4.60												0.6	0.6		
13.80	1.20					Torba limosa con isolati elementi grossolani. Estremamente plastica. Colore nerissimo.							0.1	0.1		
15.00													0.2	0.2		



Piezometro Stazione-Rimini (prof. 34 m p.c.)



LEGENDA

- GHIAIE
- SABBIE MEDIE
- SABBIE FINI
- LIMI E LIMI SABBIOSI
- ARGILLE LIMOSE
- ARGILLE L. CON SOSTANZA ORGANICA
- TORBE

- LATERIZI
- CIOTTOLI
- LAMINAZIONI
- SOSTANZA ORGANICA
- CLASTI ARGILLOSI
- BIOTURBAZIONE
- BIOCLASTI MARINI
- BIOCLASTI CONTINENTALI
- GRADAZIONE DIRETTA
- GRADAZIONE INVERSA
- BASE EROSIVA
- CC** CALCINELLI
- LIMITE SATURO/INSATURO
ACQUIFERO LIBERO
- LIMITE SUPERIORE
ACQUIFERO CONFINATO

Regione Emilia-Romagna → Scheda da ritornare al Genio Civile

Pratica N°

COMPENSORIO

COMUNE-Istat

Ditta ZAGHINI ANTONIO e PASQUALE P677

residente a RIMINI in Via EMILIA 54

-Pozzo ad uso Fornitura e irriguo in Comune di RIMINI

Frazione CELLE Località CELLE Mapp. N° 10/10000/56

-Data di ultimazione della perforazione: 1963

-Ditta perforatrice: La Sambeltonese di Sambeltoni

STAMPATO IN ITALIA
RIMINI
29 SET 1977
4704

CARATTERISTICHE DEL POZZO

*avanpozzo (si o no) NO

*diametro interno tubi mm. 150

*profondità mt. 43,00

EQUIPAGGIAMENTO

*tipo della pompa SOMMERSA

*potenza 6,00 kW

*prevalenza mt. 60

*portata lt/sec. 7,00

-Livello statico mt. -16,00

-Portata pozzo: lt/sec. 14,00

-Superficie irrigata: ha. 1 are 00 ca. 00

-Consumo giornaliero (24 ore): metri cubi 50,00

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera.

Data 28/9/77

Firma Zaghin Antonio

N.B. : Qualora la Ditta sia in possesso di referti di analisi dell'acqua del pozzo, rilasciati da Laboratori o Gabinetti, è invitata ad allegarne copia.

STRATIGRAFIA DEL TERRENO

Indicare la natura dei terreni e le **FALDE ACQUIFERE** attraversati

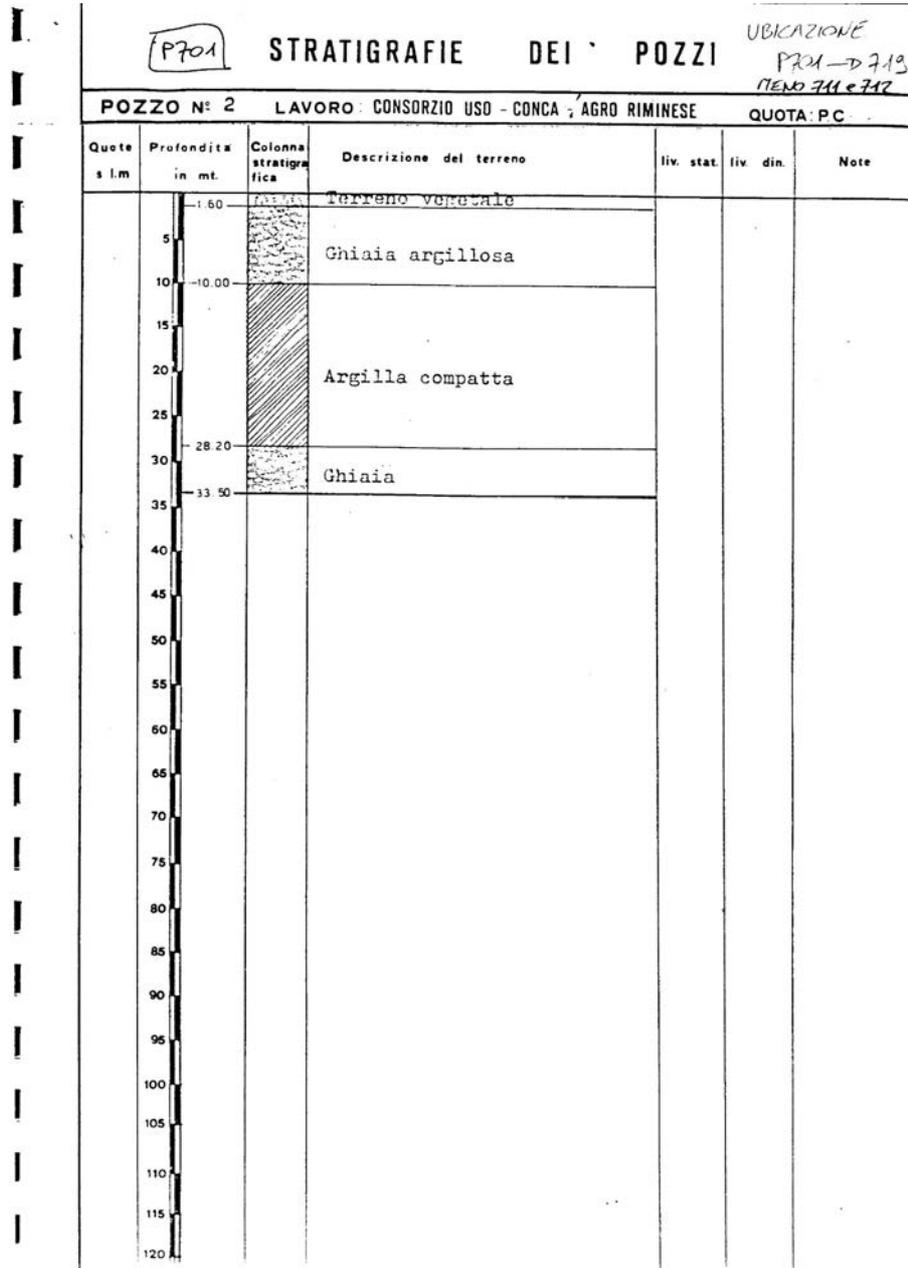
Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE attraversati	Falde captate
-da mt. <u>0,00</u> a mt. <u>1,50</u> <u>terreno vegetale</u>	/
-da mt. <u>1,50</u> a mt. <u>12,00</u> <u>Argilla mista e sabbia</u>	/
-da mt. <u>12,00</u> a mt. <u>24,00</u> <u>Argilla compatte</u>	/
-da mt. <u>24,00</u> a mt. <u>27,00</u> <u>ghiaie con sabbia</u>	/
-da mt. <u>27,00</u> a mt. <u>40,00</u> <u>Argilla turchiosa</u>	/
-da mt. <u>40,00</u> a mt. <u>43,00</u> <u>ghiaie con falda d'acqua</u>	1
-da mt. <u> </u> a mt. <u> </u>	
-da mt. <u> </u> a mt. <u> </u>	

Localizzazione del pozzo

Long. Lat. Ha.

Quota piano campagna: m.s.l.m.

ANNOTAZIONI: Il consumo indicato non è sempre esatto in quanto dipende dal tipo di colture praticate e dall'andamento stagionale



2) Dati geologico e geotecnici a corredo del "Progetto per la demolizione e ricostruzione del ponte carrabile di via Coletti sul deviatore Marecchia" (SITO 2).

AES8a - Unità di Modena: Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro al tetto. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive. Oleocene

Comittente STUDIO THESIS		Data Inizio		GEO			
Cantiere PONTE DI VIA COLETTI		Data Fine					
Località RIMINI		RM. 04288					
SOND.	Metodo di perforazione ROT. ASTE C.C.	SONDA IPC SE-750	FOGLIO				
1	Diametro 101	Geologo di cantiere GEOL. FRANCO BATTISTINI		1			
Scala 1:50	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Cardaggio	POCKET	Vane test	N° colpi SPT
	1.00		Ghiaia eterometrica calcarea in matrice sabbiosa medio-fine, nocciola-grigiastro, talora limosa				
	1.00		Argilla limosa grigio-nerastra con intercalazioni limo-sabbiose nerastre.	3	0.8		
	1.50		Sabbia limosa grigio passante a grigio-nerastra con sparso ghiaietto calcareo, a spigoli arrotondati.	3.9	0.2		
	2.00		Sabbia fine limosa da grigio-nocciola a grigio-nerastra per diffusa presenza di materiale organico. Diffuse aree di ossidazione bruno-rossastre.				
	2.80		Limo argilloso grigio-nocciola con passate grigio-nerastre per diffusa presenza di materiale organico. Consistente.	16	0.8		
	3.00		Alternanza di livelli decimetrici di sabbia fine limosa grigio-nocciola con sparso ghiaietto medio-fine (fino a -4.00 m), con argilla limosa grigio-verdastro. Molle.	19	1		
	4.60		Sabbia fine limosa, nocciola-grigiastro	0.2	0.1		
	5.80		Intervallo argilloso-limoso grigio-nerastro. Molle	0.1	0.0		
	5.90		Sabbia medio-fine grigio-nocciola talora debolmente limosa	0.1	0.0		
	7.30		Argilla sabbiosa grigio-nerastra.				
	7.70		Alternanza di sabbia fine limosa grigia con argilla sabbiosa, molle.				
	7.50	S-1					
	8.10	S-1					
	9.90		Argilla sabbiosa grigia alternata a sabbia fine limosa grigio. Presenza di orizzonti bruno-nerastri per diffusa presenza di materiale organico.	0.2	0.1		
	11.00		Limo argilloso da debolmente sabbioso (fino a -11.40) a sabbioso grigio con sparsi orizzonti torbosi bruno-nerastri millimetrici, da scarsamente consistente a mediamente consistente.	0.3	0.36		
	12.00	S-2		0.5	0.48		
	12.50	S-2		0.9	0.36		
	13.00		Argilla sabbiosa grigio-brunastra per diffusa presenza di materiale organico. Da scarsamente consistente a consistente.	0.5	0.4		
	14.30		Limo argilloso grigio con diffuse striature torbose bruno-nerastre e velli limo sabbiosi sparsi.	0.5	0.8		
	14.50		Torba bruno-nerastra	0.3	1		
	14.30		Limo argilloso grigio con striature e livelli torbosi millimetrici sparsi.	0.6	0.8		
	15.00			1.4	0.8		
	15.00			1.5	0.78		
	15.00			1.3	0.88		
	15.00			1.8	0.6		
	15.00			1.5	0.6		
	15.00			1.3	0.6		
	15.00			1.4	0.5		
	17.00		Limo argilloso come sopra, da mediamente consistente a consistente, a quota -15.10 livello sabbioso-limoso di 5 cm.	0.7			
	17.00			0.8	0.78		
	17.00			0.8	0.88		
	17.00			1	0.8		
	17.00			0.9	0.48		
	17.00			1.5	0.78		
	17.00			1.3	0.8		
	17.00			1.3	0.8		
	17.00			1.5	0.88		
	17.00			1.3	0.7		
	18.70		Alternanza di livelli centimetrici di limo argilloso e sabbioso grigio con sabbia limosa grigia. Consistente	1.5	0.88		
	18.70			1.9	0.88		
	18.70			1.4	0.8		
	18.70			0.9	0.88		
	18.70			1.5	0.5		

Committente STUDIO THESIS		Data Inizio		GEO EMME						
Cantiere PONTE DI VIA COLETTI		Data Fine								
Località RIMINI		Rif. 04288		FOGLIO 2						
SOND. 1	Metodo di perforazione ROT. ASTE C.C. Diametro 101	SONDA IPC SE-750	Geologo di cantiere GEOL. FRANCO BATTISTINI							
Scala 1:60	Altezza di affioramento potenziale	Potenza	Profondità	Stratigrafia	Campioni	Descrizione	Carotaggio	POCKET	Vane test	N° colpi SPT
21	2.30	21.00	21.00			Alternanza di livelli centimetrici di limo argilloso e sabbioso grigio con sabbia limosa grigia. Consistente	1.3 1.2 1.3 1.1 1.3 1.1			
22	1.00	22.00	22.20			Limo argilloso grigio con variegazioni grigio-nerastre con sparse intercalazioni limo-sabbiose di spessore limitato. Consistente.	2.4 0.75 2.2 0.7 2 0.85 1.7 0.85			
23	0.20	22.20	22.20			Alternanza di livelli centimetrici, limosi e sabbia limosa grigia.	1.7 0.85 1.4 0.8 1.6 0.95			
24	1.20	23.40	24.00			Limo argilloso grigio con sparsi calcinelli bianco-grigiastri m-m. e intercalazioni limo sabbiose di limitato spessore. Consistente.	1.6 0.85 1.7 0.7 1.2 0.35			
25	0.60	24.00	24.00			Alternanza di livelli cm. di limo sabbioso ed argilloso grigio con variegazioni grigio-nerastre. Consistente.	1.5 0.95 1.5 0.85 0.9 0.7 1.3 0.8			
26	1.10	25.10	25.60			Limo argilloso grigio con passate cm. grigio-nerastre a - 24.70 e da 24.80 a - 25 per diffusa presenza di materiale organico. Da molle a consistente.	0.4 0.7 0.7 0.5 0.3 0.4 1.5 0.4 0.9 0.75 0.6 0.45 0.5 0.75			
27	0.50	25.60	25.60			Alternanza di livelli centimetrici di limo sabbioso-sabbia limosa con limo argilloso grigio. Mediamente consistente.				
28	3.30	28.90	29.50			Ghiaia medio-fine calcarea in matrice limo-argillosa grigia, localmente più abbondante.			46 36 23	
29	0.80	29.50	30.20			Intervallo limoso grigio con sparse intercalazioni torbose bruno-nerastre millimetriche. Scarsamente consistente.	0.7 0.85			
30	0.70	30.20	31.10			Ghiaia medio-fine calcarea, a spigoli arrotondati in matrice limo-argillosa grigia.	1.3 0.85			
31	0.80	31.10	31.50			Limo argilloso grigio con variegazioni bruno-nerastre torbose e frequenti inclusi calcarei medio-fini a spigoli arrotondati.	1.3 0.85 2.1 0.8 2.3 0.8 1.5 0.75			
32	0.40	31.50	32.00			Limo argilloso grigio con diffusi livelli torbosi bruno-nerastri da mm. a cm. Consistente.	1.7 0.45 2.1 0.5 2.2 0.95			
33	0.30	32.00	32.40			Torba bruno-nerastra e sparso ghiaietto calcareo con limo argilloso grigio nerastro.			1 14 1	
34	0.10	32.40	32.70			Ghiaia medio-grossolana a spigoli arrotondati in matrice limo-argillosa grigio-bruna.	1.5 0.3 2.0 1.5 1.5 0.9			
35	0.90	32.70	33.70			Intervallo limo argilloso grigio-bruno. Consistente	2.0 0.9 2.0 0.9 1.5 1.1 1.4 0.5			
36	0.60	33.70	34.30			Orizzonte torboso bruno-grigiastro	0.8 1.1 0.8 1.4			
37	1.00	34.30	35.00			Limo argilloso talora debolmente sabbioso grigio-azzurro con variegazioni brunastre, torbose. Consistente.	1 1.6 0.9 1.7 0.5 1.1 3.1 1.7			
38	0.70	35.00	35.60			Ghiaia medio-fine calcarea a spigoli arrotondati in abbondante matrice limo argillosa grigio-brunastra per abbondante presenza di materiale organico.	1.7 1 1.4 1.5 1.5 0.35 0.6 0.55			
39	1.60	35.60	36.00			Limo argilloso dolomita sabbioso grigio-azzurro intercalato ad orizzonti centimetrici bruno-grigiastri per diffusa presenza di materiale organico. Mediamente consistente	1.6 0.28 2.5 0.4 2.9 0.9 3.2 0.96 2.3 0.9 2.2 0.85			
40	0.50	36.00	37.50			Argilla limosa grigio-nerastra con sparsi veli di sabbia fine grigia. Da molto consistente a consistente.	2.1 0.7 2.2 0.85 2.1 0.7 0.5 0.85			
	1.70	37.50	39.30			Limo argilloso grigio con sparse intercalazioni centimetriche di limo sabbioso grigio. Consistente.	0.7 0.8 0.8 0.8 0.8 0.8 0.6 0.85 1.8 0.8			
	0.20	39.30	39.80			Argilla sabbiosa grigia da molle a scarsamente consistente con sparsa ghiaia medio-fine a spigoli arrotondati.	1.5 0.8 2 0.7 2.3 0.7 1.5 0.85 2 0.85			
	0.20	39.80	40.00			Limo argilloso grigio-verdastro con veli di ossidazione bruno-rossastri sparsi. Consistente.				
		40.00				Ghiaia medio-fine a spigoli arrotondati in abbondante matrice da limo-argillosa grigia a sabbioso-limosa grigia-verdastro.				

Committente STUDIO THESIS		Data Inizio		
Cantiere PONTE DI VIA COLETTI		Data Fine		
Località RIMINI		Rif. 04288		
SOND. 2	Metodo di perforazione ROT. ASTE C.C. Diametro 101	SONDA IPC SE-750 Geologo di cantiere GEOL. FRANCO BATTISTINI		FOGLIO 2

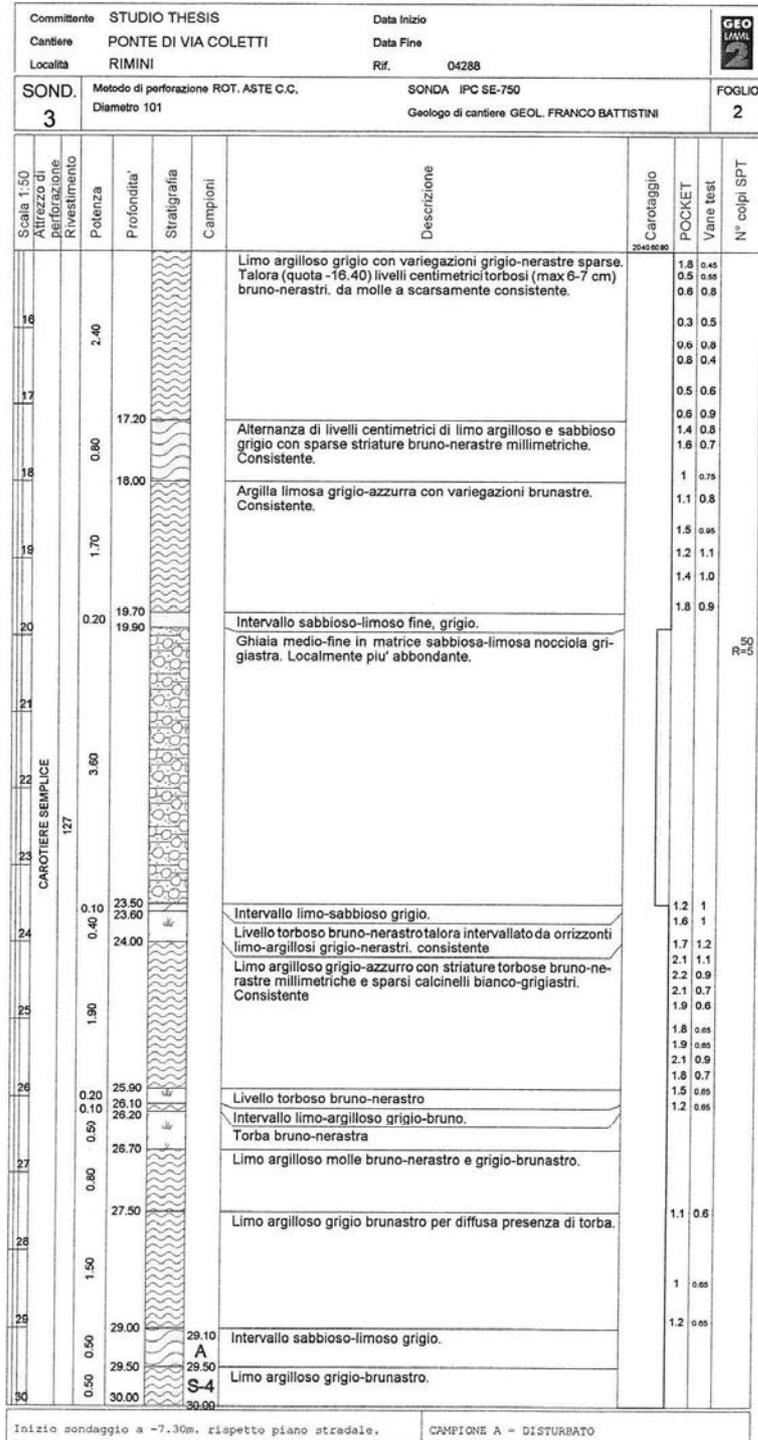
Scala 1:80 Attrezzatura di perforazione Rivestimento	Potenza	Profondità	Stratigrafia	Campioni	Descrizione	Carotaggio 20.40/60.80	POCKET	Vane test	N° colpi SPT
15.5	2.00	15.00		S-4 18.00 18.50	Limo argilloso con sparse striature torbose bruno-nerastre millimetriche. Scarsamente consistente.	1.5	0.35		
16.0		0.5			0.3				
16.5	0.80	17.00		S-4 18.00 18.50	Limo argilloso grigio con striature torbose bruno-nerastre millimetriche. Consistente. Presenza di veli limo sabbiosi millimetrici.	0.6	0.4		
17.0		0.5			0.35				
17.5	1.20	17.80		S-4 18.00 18.50	Altermanza di livelli da millimetrici a centimetrici di limo sabbioso grigio e limo argilloso con sparse intercalazioni sabbioso-limose fini. Da consistente a mediamente consistente.	0.7	0.95		
18.0		0.4			0.9				
18.5	1.80	19.00		S-4 18.00 18.50	Limo argilloso grigio con variegazioni grigio-nerastre torbose e sparsi veli sabbioso-limosi centimetrici (1-2 cm).	0.5	0.8		
19.0		1.6			0.8				
19.5	0.90	20.00		S-4 18.00 18.50	Limo argilloso grigio da consistente a mediamente consistente con striature torbose bruno-nerastre millimetriche.	1.7	0.5		
20.0		1			0.7				
20.5	0.70	20.80		S-4 18.00 18.50	Altermanza di livelli centimetrici di limo argilloso e sabbioso grigio con sabbia fine limosa grigia.	1.8	0.85		
21.0		0.9			0.95				
21.5	1.00	21.70		S-4 18.00 18.50	Limo argilloso da grigio-nerastro a grigio con striature torbose bruno-nerastre millimetriche e sparsi calcinelli bianco-grigiastri millimetrici. da scarsamente consistente a consistente.	0.8	1.1		
22.0		1.3			1				
22.5	0.80	22.40		S-4 18.00 18.50	Limo argilloso grigio -nerastro, consistente.	1.6	0.75		
23.0		0.6			0.65				
23.5	0.90	23.40		S-4 18.00 18.50	Intervallo da limoso-argilloso grigio a limo-sabbioso grigio con variegazioni rossastre per ossidazione. consistente.	1.5	0.75		
24.0		1			0.95				
24.5	0.60	24.00		S-4 18.00 18.50	Sabbia fine grigio talora con intercalazioni limo-argillose grigio e sparsi inclusi carbonatici bianco-grigiastri millimetrici.	1.3	0.95		
25.0		1.4			0.6				
25.5	0.90	25.40		S-4 18.00 18.50	Ghiaia medio-fine calcarea a spigoli arrotondati in matrice sabbioso-limosa ocrea	1.4	0.85		
26.0		1.8			0.8				
26.5	0.50	26.70		S-4 18.00 18.50	Intervallo limo-argilloso grigio, molle.	1.8	0.85		
27.0		1.4			0.6				
27.5	0.80	27.20		S-4 18.00 18.50	Ghiaia medio-fine calcarea a spigoli arrotondati in abbondante matrice limo-argillosa grigio-bruna.	1.4	0.8		
28.0		1.8			0.85				
28.5	0.10	28.00		S-4 18.00 18.50	Intervallo limo-argilloso grigio.	1.4	0.8		
29.0		0.4			0.8				
29.5	0.60	28.10		S-4 18.00 18.50	Torba bruno-nerastra.	1.6	0.5		
30.0		1.5			0.35				
	0.90	28.50		S-4 18.00 18.50	Limo argilloso grigio bruno. Scarsamente consistente.	1.3	0.45		
		2.8			0.5				
	0.90	29.10		S-4 18.00 18.50	Limo argilloso talora debolmente sabbioso da bruno-grigiastro ad azzurro-grigiastro. presenza di sparsi veli torbosi bruno-nerastri, millimetrici, consistente.	2.1	0.55		
		1			0.7				
	0.90	30.00		S-4 18.00 18.50	Limo argilloso talora debolmente sabbioso da bruno-grigiastro ad azzurro-grigiastro. presenza di sparsi veli torbosi bruno-nerastri, millimetrici, consistente.	0.6	0.8		
		1			0.8				
	0.90	30.00		S-4 18.00 18.50	Limo argilloso talora debolmente sabbioso da bruno-grigiastro ad azzurro-grigiastro. presenza di sparsi veli torbosi bruno-nerastri, millimetrici, consistente.	0.7	0.6		
		0.8			0.7				
	0.90	30.00		S-4 18.00 18.50	Limo argilloso talora debolmente sabbioso da bruno-grigiastro ad azzurro-grigiastro. presenza di sparsi veli torbosi bruno-nerastri, millimetrici, consistente.	1.3	0.8		
		1.3			0.8				

INIZIO SONDAGGIO A -7.40 RISPETTO PIANO STRADALE

Committente		STUDIO THESIS		Data Inizio							
Cantiere		PONTE DI VIA COLETTI		Data Fine							
Località		RIMINI		Rif. 04288							
SOND.	Metodo di perforazione ROT. ASTE C.C. Diametro 101			SONDA IPC SE-750 Geologo di cantiere GEOL. FRANCO BATTISTINI		FOGLIO					
3						1					
Scala 1:50	Attrezzatura di perforazione	Rivestimento	Potenza	Profondità*	Stratigrafia	Campioni	Descrizione	Carotaggio	POCKET	Vane test	N° colpi SPT
								2040,00/90			
1			0.90	0.90			Argilla sabbiosa grigio-nerastra. Diffusa presenza di materiale organico. Molle				
			0.90	0.90			Ghiaia medio-grossolana in matrice sabbioso-limosa (sottofondo plinto?)				50 R-7
2			1.80	1.80			Alternanza di sabbia argillosa, limo argilloso e sabbioso, molle, grigio.		0.5	0.3	
3			2.40	2.40							
4			4.20	4.20			Alternanza di limo argilloso e sabbioso grigio con variegazioni torbose nerastre. Talora presenza di livelli millimetrici torbosi da molle a scarsamente consistente.		0.6	0.4	
5			5.00	5.00		S-1			0.4	0.35	
6			5.60	5.60					0.5	0.4	
7			3.50	3.50					0.7	0.5	
8			7.70	7.70			Intervallo torboso bruno-nerastro		0.6	0.45	
9			8.00	8.00			Limo argilloso-argilla limosa grigio, molle		0.8	0.4	
10			8.80	8.80		S-2	Limo argilloso grigio-nerastro nei 20 cm. sommitali poi grigio con sparse striature torbose bruno-nerastre millimetriche.		0.8	0.35	
11			9.60	9.60					0.7	0.45	
12			2.50	2.50					0.5	0.45	
13			11.30	11.30			Limo argilloso da grigio-nerastro a bruno-nerastro per diffusa presenza di materiale organico. Da molle a consistente.		0.7	0.5	
14			12.00	12.00		S-3			0.7	0.7	
15			12.30	12.30			Limo argilloso grigio-nerastro, da molle a scarsamente consistente.		0.6	0.75	
16			12.60	12.60					0.8	0.8	
17			1.90	1.90					1	0.85	
18			14.20	14.20			Limo argilloso da grigio a grigio-nerastro con sparsi livelli millimetrici, torbosi. Consistente.		1.4	0.85	
19			14.80	14.80			Limo argilloso grigio con variegazioni grigio-nerastre sparse. Talora (quota -16.40) livelli centimetrici torbosi (max 6-7 cm) bruno-nerastri, da molle a scarsamente consistente.		1.8	0.8	
20			2.40	2.40					1.6	0.7	
21			0.60	0.60					1.6	0.7	
22			1.4	1.4					1.4	0.85	
23			1.2	1.2					1.2	0.75	
24			1	1					1	0.1	
25			1	1					1	0.45	
26			1.2	1.2					1.2	0.65	
27			0.5	0.5					0.5	0.2	
28			0.2	0.2					0.2	0.2	
29			0.9	0.9					0.9	0.3	
30			1.2	1.2					1.2	0.4	
31			0.6	0.6					0.6	0.55	
32			0.5	0.5					0.5	0.85	
33			0.5	0.5					0.5	0.85	
34			0.4	0.4					0.4	0.85	
35			0.3	0.3					0.3	0.3	
36			0.6	0.6					0.6	0.2	
37			1	1					1	0.25	
38			1.6	1.6					1.6	0.5	
39			1.7	1.7					1.7	0.45	

Inizio sondaggio a -7.30m. rispetto piano stradale.

CAMPIONE A - DISTURBATO



Committente		STUDIO THESIS		Data Inizio		GEO LIVEL					
Cantiere		PONTE DI VIA COLETTI		Data Fine							
Località		RIMINI		Rif.							
SOND.	Metodo di perforazione			SONDA		FOGLIO					
4	perforazione ROT. ASTE C.C. Diametro 101			IPC SE-750		2					
				Geologo di cantiere		GEOL. FRANCO BATTISTINI					
Scala 1:60	Attrezzatura di perforazione	Rivestimento	Potenza	Profondità	Stratigrafia	Campioni	Descrizione	Carotaggio	POCKET	Vane test	N° colpi SPT
				20.00			Limo argilloso grigio, talora grigio-nerastro per presenza di materiale organico, consistente.	1.4 0.8 1.4 0.75 1.8 0.9 1.2 0.8 1.4 0.8 1.2 0.5 0.8 0.7			
21			1.30	21.30		S-3	Limo argilloso da grigio a grigio-nerastro per diffusa presenza di materiale organico con sparsi calcinelli bianco-grigiastri millimetrici. Da molle (fino a quota -22.40) a consistente ma con orizzonti limo-sabbiosi decompressi.	1 0.75 1.3 0.5 0.8 0.75 1 0.75 1.1 0.7			
22			2.70	24.00			Limo argilloso da grigio-nerastro a grigio per presenza di materiale organico. Consistente.	1.4 0.9 1.5 0.9 1.6 0.9 1.8 0.8			
23			0.10	24.90			Termine di passaggio tra limo-sabbioso grigio a sabbia fine limosa grigio-nerastra.				
24			0.10	25.00			Ghiaia medio-fine a spigoli arrotondati in matrice sabbiosa-limosa grigio.	1.3 0.85 1.2 0.75 1.3 0.7			
25			0.70	25.70			Limo argilloso grigio con striature torbose bruno-nerastre millimetriche. Consistente	1.0 0.6			
26			0.50	26.20			Sabbia limosa grigio, fine				
27			1.30	27.50			Termine di passaggio tra sabbia fine limosa grigio con sparsa ghiaia medio-fine (fino a quota -26.7) a ghiaia c.s. in matrice sabbiosa-limosa grigio-nocciola.				39 47 42
28			0.30	27.80			Intervallo limo argilloso grigio mediamente consistente.	0.9 0.5 0.8			
29			0.40	28.20			Ghiaia medio-fine a spigoli arrotondati in abbondante matrice limo-argillosa grigio.	0.0 0.6			
30			0.05	28.25			Torba bruno-nerastra.	1.3			
31			0.25	28.50			Limo argilloso grigio con intercalazioni torbose bruno-nerastre centimetriche.	1.3 0.7 1.3 0.75 1.2 0.8 1.4 0.7			
32			0.30	28.80			Torba bruno-nerastra.	1.3 0.8 1.4 0.7			
33			1.40	30.20			Limo argilloso grigio con intercalazioni bruno-nerastre, torbose. Da consistente a molle.	1.3 0.8 1.3 0.85			
34			2.80	33.00			Argilla sabbiosa grigio alterata, molle.	1.2 0.8			
35			0.5	34.00				0.5			
36			0.7	34.70		S-4	Limo argilloso grigio con variegazioni grigio-nerastre per diffusa presenza di materiale organico. Talora presenti velli sabbiosi-limosi millimetrici.	0.7			
37			1.7	36.40			Limo argilloso grigio da scarsamente consistente a consistente.	1.8 1.8 5			
38			1.8	38.20			Limo argilloso grigio con variegazioni ocraceo-rossastre nei 20 cm. sommitali dell'intervallo considerato. Presenza di sparse striature torbose bruno-nerastre. Da molto consistente a duro.	0.8 1.5 2.2 3.5			
39			0.80	39.00			Limo argilloso grigio con variegazioni ocraceo-rossastre nei 20 cm. sommitali dell'intervallo considerato. Presenza di sparse striature torbose bruno-nerastre. Da molto consistente a duro.	>6			
40			3.10	40.00			Ghiaia eterometrica calcarea, medio-fine in prevalenza, a spigoli arrotondati in matrice sabbioso-limosa nocciola a tratti piu' abbondante	5.5			

Intervallo sabbioso – limoso superficiale:

- Angolo di attrito interno c.d. $\phi' = 36 \div 37^\circ$
- Coesione drenata $C' = 0.01 \div 0.06 \text{ kg/cm}^2$
- Peso di volume $\gamma = 1.9 \div 2.0 \text{ t/m}^3$
- Peso di volume immerso $\gamma' = 0.9 \div 1.0 \text{ t/m}^3$
- Angolo di attrito $\phi_u = 0^\circ$
- Densità relativa $D_r = 20 \div 50 \%$.

Intervallo limo - argilloso:

- Angolo di attrito interno c.d. $\phi' = 14^\circ \div 21^\circ$;
- Coesione drenata $C' = 0.03 \div 0.25 \text{ kg/cm}^2$
- Peso di volume $\gamma = 1.72 \div 1.99 \text{ t/m}^3$
- Peso di volume immerso $\gamma' = 0.72 \div 0.99 \text{ t/m}^3$
- Angolo di attrito $\phi_u = 0^\circ$
- Coesione in sforzi totali $C_u = 0.2 \div 1.2 \text{ kg/cm}^2$

Intervallo ghiaioso – sabbioso profondo:

- Angolo di attrito interno c.d. $\phi' = 35 \div > 45^\circ$
- Coesione drenata $C' = 0.0 \text{ kg/cm}^2$
- Peso di volume $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$
- Peso di volume immerso $\gamma' = 0.8 \text{ t/m}^3$
- Angolo di attrito $\phi_u = 0^\circ$
- Densità relativa $D_r = 50 \div > 80 \%$.

Intervallo limo – argilloso profondo:

- Angolo di attrito interno c.d. $\phi' = 17.1^\circ \div 23^\circ$;
- Coesione drenata $C' = 0.15 \div 0.221 \text{ kg/cm}^2$
- Peso di volume $\gamma = 1.93 \div 1.96 \text{ t/m}^3$
- Peso di volume immerso $\gamma' = 0.93 \div 0.96 \text{ t/m}^3$
- Angolo di attrito $\phi_u = 0^\circ$
- Coesione in sforzi totali $C_u = 0.55 \div 0.85 \text{ kg/cm}^2$

$V_{s30} = 187 \text{ m/s}$

3) Dati geologico e geotecnici a corredo del "Progetto per l'ampliamento polo fieristico Variante EST" (SITO 4)

AES8 – Subsistema di Ravenna: Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Corrisponde nelle aree intravallive ai depositi terrazzati più bassi. Rientrano in questa unità anche le alluvioni attualmente in evoluzione in alveo e quelle del primo terrazzo, talore fissate da arbusti. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'orizzonte decarbonato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7. *Pleistocene sup. – Oloocene*

 SOGEO <small>INGEGNERIA GEOLOGICA E AMBIENTALE</small> <small>Via S. Ruffino, 53 - 48023 S. Paolo di LIGO (RN)</small> <small>tel. 044525242 - fax 044534443 - E-mail: soggio@sogeo.it</small> <small>Copiezione Strada 10000 - Rimini - Italia - settore C</small> <small>Dati n. 00754 del 04/05/2010</small>	COMMITTENTE: Dott. Geol. Franco Battistini	SOND.N°: S.1	PROF.(m): 30.00
	CANTIERE: Ampliamento Fiera - Rimini	QUOTA (m): p.d.c.	
	PERFORATRICE: CMV MK900 D1	LATITUDINE (°):	
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm fino a -27.0 m	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm	DATA INIZ-FINE: 03/01/2018-04/01/2018	
PIEZOMETRO:		SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 276-17	CERTIFICATO N°: C18-004-1	RAPPORTO N°: -----	DATA DI EMISSIONE: 16/01/2018
			PAGINA N°: 2 di 2

Scala 1:100	P.P. I. [da N/cm²]	Vare Test [da N/cm²]	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Ritr.	S.P.T. [t. colpi] P.A.	Falda	Pz. Norton	Inclinometro	Tube Down Hole
31			30.00									
Note: descrizione stratigrafica eseguita dalla D.L. Dott. Geol. Franco Battistini.						C.I. = campioni indisturbati Osterberg CD = campione disturbato						

Lo Sperimentatore

File: MOD_STR_Rev4

Mod_STR_Rev4 del 06/2010

Il Direttore del Laboratorio

 SOGEO <small>INGEGNERIA GEOLOGICA ED AMBIENTALE</small> <small>Via S. Maria 14 - 47023 S. Maria (RN)</small> <small>tel. 04422952 - fax 044244443 - E-mail: info@sogeo.com</small> <small>Campione: Servizio Ingegneria e Topografia - Settore C</small> <small>Doc. n. 00754 del 04/02/2010</small>	COMMITTENTE: Italian Exhibition Group S.p.A. CANTIERE: Via Emilia nr.155 - Rimini	SOND.N°: S.2 PROF.(m): 50.00
	PERFORATRICE: CMV MK900 D1 METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	QUOTA (m): p.d.c. LATITUDINE (°): LONGITUDINE (°):
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm PIEZOMETRO: RIF.PREV.N°: 276-17	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm CERTIFICATO N°: C18-004-2 RAPPORTO N°: ----- DATA DI EMISSIONE: 16/01/2018	DATA INIZ-FINE: 10/01/2018-12/01/2018 SCALA: 1:100 PAGINA N°: 1 di 2

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondità*	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton	Inclinometro	Tubo Down Hole
1	3.0	0.80	0.90		Limo argilloso di colore marrone, con piccoli inclusi carbonatici							
2	2.5 2.7 1.5	0.80 1.20	0.90		Limo argilloso di colore nocciola con venature ocre e brune, con rare intercalazioni decimetriche limo sabbiose. Presenti abbondanti inclusi carbonatici. Consistente							
3	2.8 2.4 1.9	1.70 1.10 0.80	2.60		Campione indisturbato	2.60						
4	2.5 1.3 0.8	0.90 0.70 0.30	3.10		Limo argilloso di colore nocciola con venature ocre e brune, con rare intercalazioni decimetriche limo sabbiose. Presenti abbondanti inclusi carbonatici. Consistente	3.10						
5	1.7 0.6 0.8 0.7	0.70 0.40 0.30	4.60		Limo e limo sabbioso di colore grigio - ocre, poco consistente. Da -5.0 m circa limo argilloso con livelletti limo sabbiosi							
6	1.3	0.50	6.00		Campione indisturbato	6.00						
7	1.3 1.6 1.3	0.60 0.80 0.60	6.50 6.70 6.80		Limo argilloso con livelletti limo sabbiosi, di colore grigio - ocre	6.50						
8	1.3	0.60	7.50		Limo sabbioso di colore grigio	7.50						
9	3.2 2.5 0.9 1.8 2.8 1.2 0.6	1.10 1.00 0.40 0.60 1.00 0.40 0.30	8.00		Limo argilloso di colore grigio e grigio - nerastro, con livelletti limo sabbiosi. Presenza di frustoli vegetali, resti lignei e rari bioclasti	8.00						
10	1.8 1.8 2.8 1.2 0.6	0.80 0.60 1.00 0.40 0.30	9.40		Limo debolmente argilloso di colore grigio chiaro con striature verdastre, con piccoli inclusi carbonatici e con velli limo sabbiosi. Consistente.							
11	1.8 2.8 1.2 0.6	0.80 1.00 0.40 0.30	9.90		Da -9.0 m colore grigio - ocre e meno consistente	9.90						
12	1.8 2.8 1.2 0.6	0.80 1.00 0.40 0.30	10.50		Argilla debolmente limosa di colore grigio con venature ocre e con rari inclusi carbonatici. Consistente							
13	1.8 2.8 1.2 0.6	0.80 1.00 0.40 0.30	11.80		Limo argilloso, debolmente sabbioso, di colore grigio - verdastro							
14	1.8 2.8 1.2 0.6	0.80 1.00 0.40 0.30	11.80		Sabbia fine limosa di colore grigio - nocciola							
15	2.0 2.4	0.80 1.10	14.10		Limo argilloso di colore grigio - nocciola							
16	0.6 2.0 1.3 0.9	0.40 1.00 0.60 0.40	14.10		Ghiaia media - fine, talora grossolana, arrotondata, in matrice limo sabbiosa di colore grigio - nocciola chiaro			14.00				
17	0.6 2.0 1.3 0.9	0.40 1.00 0.60 0.40	15.00		Argilla limosa di colore grigio con venature verdastre e frustoli carboniosi. Consistente	15.00		11.50				
18	0.6 2.0 1.3 0.9	0.40 1.00 0.60 0.40	15.00		Campione indisturbato	15.00		14.40				
19	0.6 2.0 1.3 0.9	0.40 1.00 0.60 0.40	16.60		Limo e limo sabbioso di colore grigio - verdastro fino a -15.80 m, poi argilla limosa di colore grigio con venature verdastre e frustoli carboniosi. Da -16.40 m limo di colore nocciola	16.60						
20	1.8 1.3	0.80 0.50	22.30		Ghiaia media - fine, arrotondata e sub-arrotondata, in matrice limo sabbiosa di colore nocciola - grigiastro			20.50				
21	1.8 1.3	0.80 0.50	22.30		Argilla limosa di colore grigio con venature ocre e con livelletti limo sabbiosi			20.31/33				
22	0.5 1.5 2.0 1.2	0.20 0.50 0.60 0.50	23.50		Limo argilloso sabbioso di colore grigio - nocciola, con subordinati livelli decimetrici di limo e limo sabbioso. Consistenza molto variabile			20.95				
23	1.2 1.5	0.60 0.60	24.50		Campione indisturbato	24.50						
24	1.2 1.5	0.60 0.60	25.00		Limo argilloso sabbioso di colore grigio - nocciola, con subordinati livelli decimetrici di limo e limo sabbioso. Consistenza molto variabile. Da -25.20 m presenti livelli di sabbia limosa	25.00						
25	1.5 1.5	0.70 0.60	26.10		Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio - verdastro e grigio - bruno							
26	1.8 1.9 3.3 1.3	0.70 0.70 1.40	28.30		Limo debolmente sabbioso di colore marrone - giallastro							
27	1.8 1.9 3.3 1.3	0.70 0.70 1.40	28.50		Ghiaia media - fine, talora grossolana, arrotondata e sub-arrotondata, in matrice limo sabbiosa di colore nocciola - grigiastro							

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

File: MOO_STR Rev4

Mod_STR Rev4 del 08/2010

 <small>NOVATA GEOTECNICHE ED AMBIENTI VIA S. PIETRO 43 - 48021 S. PIETRO SUD (RA) Tel. 054522012 - Fax 054534443 - E-mail: soggiosogeo@novata.it Catastrazione: Impianti Idraulici e Idrocar. - Settore C Dec. n. 00074 del 05/01/2010</small>	COMMITTENTE: Italian Exhibition Group S.p.A. CANTIERE: Via Emilia nr.155 - Rimini PERFORATRICE: CMV MK900 D1 METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	SOND.N°: S.2 PROF.(m): 50.00 QUOTA (m): p.d.c. LATITUDINE (°): LONGITUDINE (°):
	RIVESTIMENTO: Ø 127 mm PIEZOMETRO: RIF.PREV.N°: 276-17 CERTIFICATO N°: C18-004-2 RAPPORTO N°: ----- DATA DI EMISSIONE: 16/01/2018	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm DATA INIZ-FINE: 10/01/2018-12/01/2018 SCALA: 1:100 PAGINA N°: 2 di 2

Scala 1:100	P.P. I [ton/cm²]	Vare Test [daN/cm²]	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	Pz.Norton	Inclinometro	Tubo Down Hole
31												
32												
33												
34												
35	2.2	1.00	34.40		Ghiaia media - fine, talora grossolana, arrotondata e sub-arrotondata, in matrice limo sabbiosa di colore nocciola - grigiastro			32.00 14.00/32 32.45				
36	3.1 3.4 1.6 1.1	1.40 1.10 0.70 0.60	36.00		Argilla limosa di colore marrone - giallastro, con venature ocre e con piccoli inclusi carbonatici. Da -35.20 m passa ad argilla limosa, poi a limo argilloso, di colore grigio - azzurro con venature verdastre e con livelletti limo sabbiosi			34.00 18.00/33 34.45				
37												
38												
39												
40	1.8	1.10	39.70		Ghiaia media - fine, talora grossolana, arrotondata e sub-arrotondata, in matrice limo sabbiosa di colore nocciola - grigiastro							
41	5.5 2.4 2.5	1.30 1.20	41.50		Limo argilloso di colore bruno, con livelletti torbosi. Da -40.60 m limo argilloso di colore grigio e grigio scuro, con bioclasti e abbondanti resti lignei							
42	0.8	0.50	42.00		Campione indisturbato	41.50 C.I.6 42.00						
43	1.0	0.90	44.20		Limo, a tratti debolmente sabbioso, di colore grigio passante, da -42.50 m, a limo argilloso e argilla limosa di colore grigio e grigio scuro, con frustoli carboniosi e piccoli inclusi carbonatici							
44	2.7 3.6	1.20 1.30										
45												
46												
47												
48	2.9	1.30	48.00		Ghiaia media - fine, a spigoli vivi, in matrice limo sabbiosa di colore grigio - verdastro, passante, da -44.50 m, a ghiaia media - fine, talora grossolana, arrotondata e sub-arrotondata, in matrice limo argilloso di colore grigio e grigio - verdastro. Molto addensata							
49	2.5 2.5 2.8 3.1	1.10 1.20 1.30 1.40	50.00		Argilla limosa di colore grigio - verdastro, con intercalazioni di limo debolmente argilloso, con abbondanti inclusi carbonatici							
50	2.6	1.20										
51												50.00

Note:
Installato tubo per down-hole in pvc Ø 3" a -50.00 m dal p.d.c.

C.I. = campioni indisturbati Osterberg
CD = campione disturbato

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

File:MOD_STR Rev4

Mod_STR Rev4 del 09/2010

 SOGEO <small>INDAGNI GEOTECNICHE ED AMBIENTALI VIA S. PIETRO, 45 - 48022 S. PIETRO DI SOTTO (RA) Tel. 05432502 - Fax 054334443 - E-mail: info@sogeo.it CANCELLIERE: Marina Salsoluna e Trapani - Salsoluna Dec. n. 009754 del 25/03/2010</small>	COMMITTENTE: Italian Exhibition Group S.p.A CANTIERE: Ampliamento Fiera - Rimini	SOND. N°: S.3 PROF. (m): 30.00
	PERFORATRICE: CMV MK300 D1 METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LATITUDINE (°): LONGITUDINE (°):
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm PIEZOMETRO:	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm	DATA INIZ-FINE: 05/03/2018-06/03/2018 SCALA: 1:100
RIF.PREV.N°: 276-17 CERTIFICATO N°: C18-011-1 RAPPORTO N°: ----- DATA DI EMISSIONE: 07/03/2018	PAGINA N°: 1 di 1	

Scala 1:100	P.P. I [daN/cm²]	Valore Test [daN/cm²]	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Falda	P.z. Norton	Inclinometro	Tube Down Hole
			0.20		Terreno vegetale							
1	2.4	1.10	2.4		Materiale di riporto costituito da limo argilloso di colore nocciola - marrone con presenza di calcinelli, rari frammenti di laterizi e qualche ciottolo. Da -1.00 a -1.20 m presenti abbondanti laterizi e frammenti di bitume							
2	1.7	0.82	1.5		Argilla limosa di colore nocciola con venature ocre, grigie e nerastre. Presenti velli limo sabbiosi e rari inclusi carbonatici biancastri. Da -4.0 m passa gradualmente a limo argilloso e a limo							
3	0.9	0.40	1.1		Limo e limo sabbioso di colore grigio - verdastro							
4	1.1	0.54	0.4		Limo argilloso con livelli di limo, di colore grigio con venature grigio - verdastre, con rari inclusi carbonatici e frustoli carboniosi							
5	0.3	0.12	0.3		Argilla limosa di colore grigio e grigio - verdastro, con abbondanti inclusi carbonatici e bioclasti. Da -8.30 a -8.70 m colore grigio scuro - nerastro							
6	1.8	0.24	0.7		Alternanza di livelli di limo argilloso di colore grigio - verdastro con striature nerastre e frustoli carboniosi e di livelli di argilla limosa di colore grigio scuro, con inclusi carbonatici e rari frustoli organici							
7	0.4	0.16	0.8		Limo argilloso e limo di colore grigio con venature verdastre, da -14.0 m limo, a tratti debolmente sabbioso, di colore grigio. Da -15.0 m venature nerastre. Da -16.20 a -16.50 m livelletti nerastri con frustoli carboniosi e un livello millimetrico di bioclasti							
8	0.8	0.28	1.5		Limo e limo argilloso di colore grigio con venature verdastre, con livelli centimetrici di sabbia fine							
9	1.7	0.84	1.4		Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio con venature nerastre							
10	1.4	0.70	1.4		Sabbia fine di colore grigio							
11	0.9	0.50	0.9		Argilla limosa di colore grigio scuro							
12	1.4	0.76	0.9		Ghiaia media - fine, in prevalenza calcarea, arrotondata, in matrice limo sabbiosa di colore nocciola - grigiastro. Presenza di sparsi ciottoli			23.00 18.75 25.45				
13	0.9	0.44	1.3		Limo argilloso con subordinati livelli di limo, di colore grigio con venature ocre. Da -25.30 m colore grigio scuro e presenza di frustoli carboniosi. Da -25.50 m limo sabbioso di colore marrone - ocre							
14	1.3	0.64	1.1		Ghiaia media - fine, arrotondata, in matrice limo sabbiosa di colore nocciola - grigio							
15	1.1	0.50	1.2		Argilla limosa di colore grigio scuro - nerastro, con frustoli vegetali. Da -28.0 m passa ad argilla debolmente limosa di colore grigio - verdastro, con rari inclusi carbonatici biancastri			27.00 17.00 27.45				
16	0.6	0.24	0.6		Limo di colore ocre - verdastro passante a limo sabbioso							
17	1.5	0.74	0.5		Limo sabbioso e sabbia fine di colore marrone - ocre							
18	0.3	0.12	1.3		Ghiaia media - fine, arrotondata, in matrice limo argilloso di colore marrone scuro, poi limo sabbioso di colore grigio - nocciola							
19	0.5	0.20	0.6									
20	0.8	0.28	1.5									
21	1.5	0.74	0.5									
22	0.3	0.10	1.720									
23	1.3	0.62	1.760									
24	1.0	0.44	20.40									
25	0.6	0.26	20.70									
26	0.6	0.26	20.90									
27	0.6	0.26	23.80									
28	1.7	0.80	25.70									
29	1.7	0.82	27.60									
30	2.0	1.00	28.60									
			29.20									
			29.70									
			30.00									

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

File: MOD_STR_Rev4

Mod_STR_Rev4 del 08/2010

Sondaggio	1	1	2	2	2
Sigla Campione	C1	C3	C1	A	C5
Profondità	4.00 – 4.50	10.50 – 11.00	2,60 – 3.10	9.50 - 9.90	24,50 -25,00
Descrizione	Limo argilloso nocciola con variegazioni grigio-azzurre. Frequenti puntinature brune ed aree debolmente sabbiose.	Limo argilloso - argilla limosa grigio-azzurro verdastri con variegazioni nocciola. Sparsi noduli torbosi bruni. Rari calcinelli sub-millimetrici.	Limo argilloso nocciola-verdastro con sporadiche variegazioni grigie e frequenti puntinature brune millimetriche. A luoghi sabbioso. Sparsi calcinelli, localmente anche abbondanti	Limo argilloso - argilla limosa da nocciola a grigiastro, striate. Nuclei di ossidazione ocracei	Limo argilloso verdastro, a tratti debolmente sabbioso. Locali variegazioni grigio-azzurre.
Caratteristiche Fisiche					
Contenuto naturale d'acqua Wn (%)	32,99	32,30	27,36	28,32	27,31
peso Unità di Volume Y (g/cmc)	1,93	1,95	2,05	1,97	2,04
peso specifico del terreno Gs (g/cmc)	1,45	1,47	1,61	1,53	1,6
Caratteristiche Granulometriche					
percentuale al passante al 200 #					
Ciottoli (>60 mm) %					
Ghiaia (60-2 mm) %			0,5		
Sabbia (2-0,06 mm) %	10,2	3,5	24,2	3,3	7
Limo (0,06-0,002 mm) %	63	51,6	52,3	50,7	69,7
Argilla (< 0,002 mm) %	26,8	40,5	23	46,1	23,3
Caratteristiche di Consistenza					
Limite di plasticità %	26,2	28,6	25,8	26	38,7
Limite di liquidità %	49,8	58,5	40,4	60,5	23,1
Limite di ritiro %					
Indice di liquidità IL	0,29	0,12	0,11	0,07	0,27
Indice di plasticità IP	23,6	29,9	14,6	34,5	15,6
Indice di Consistenza IC	0,71	0,88	0,89	0,93	0,73
Indice di Attività A					
Caratteristiche Meccaniche					
Prova consolid. edometrica Ds 98-196 kPa					
Modulo Edometrico Eed (Mpa)	2,5		5,7		
Coeff. di permeabilità K (m/s)	2E-11		3E-11		
Coeff. consolid primaria Cv (cm ² /sec)	0,000044		0,0002		
pressione verticale efficace sv (Kpa)					
Prova di taglio diretto					
Coesione C' (Kpa)		17,6			27,1
Angolo di resistenza al taglio φ' (°)		24°			25,6

V_{s30} = 250 m/s

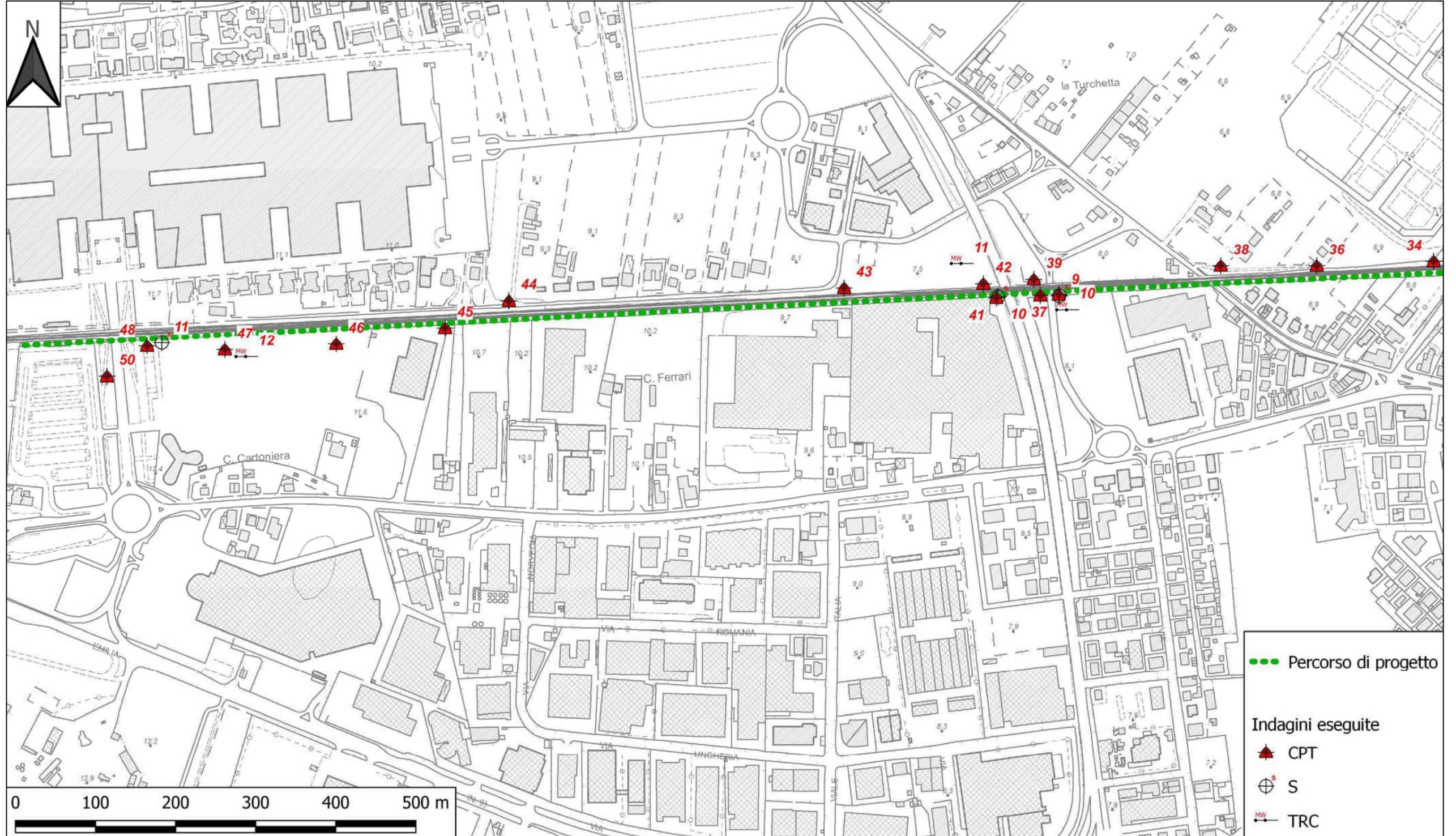
8.2 INDAGINI IN SITO ESEGUITE

Nei mesi di dicembre 2022, gennaio e febbraio 2023, sono state eseguite, parte delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, programmate precedentemente; pertanto, le risultanze di tali indagini, anche se parziali sono state utilizzate per la definizione dei parametri geotecnici rappresentativi relativi alle aree del tracciato, dove verranno realizzate le opere d'arte più importanti.

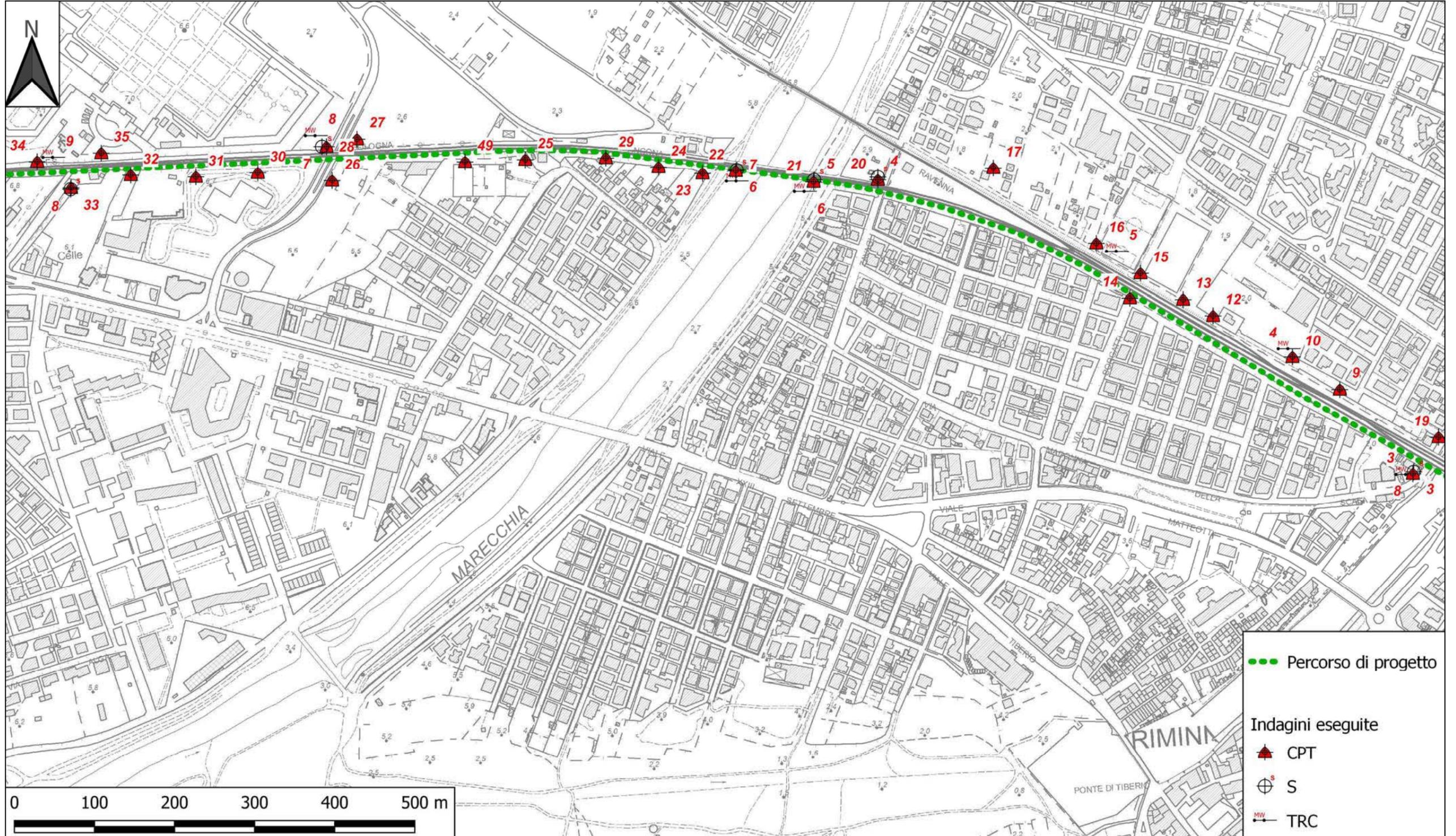
Di seguito si riporta una tabella ed una planimetria in scala 1:5.000, con l'indicazione di tutte le prove eseguite.

SIGLA	UBICAZIONE
CPTU 01	Piazzale Cesare Battisiti, davanti stazione
CPTU 01 bis	Via Dante Alighieri, spazio taxi
CPTU 02	Giardini Silver Sirotti
CPTU 02 bis	Accanto alla CPTU 02 ma ci siamo dovuti tornare
CPTU 03	Giardini Silver Sirotti
CPTU 04	Giardini Silver Sirotti
CPTU 05	Giardini Silver Sirotti
CPTU 06	L'Artrov Bar Trattoria, davanti locale
CPTU 06 bis	Viale Rodi
CPTU 07	Tra Via Ferdinando Graziani e Via Destra del Porto
CPTU 07 bis	Accanto alla CPTU 02
CPTU 08	Via Sinistra del Porto, è diventata in seguito la piazzola anche per S 03
CPTU 09	Via Raimondo Montecuccoli
CPTU 10	Deposito bus vecchi, accesso da Società Cooperativa Sociale la Romagnola
DPSH 11	Via Altiero Spinelli
CPTU 12	Deposito bus vecchi, accesso da Società Cooperativa Sociale la Romagnola
CPTU 13	Accanto campo sportivo
CPTU 14	Via Altiero Spinelli
CPTU 15	Dentro campo sportivo
CPTU 16	Via Brennero
CPTU 17	Via Brennero
DPSH 18	Viale Carlo Zavagli
CPTU 19	Via Muzio Attendolo
CPTU 20	Parcheggio privato lungo Viale Carlo Zavagli, insieme a S 04
CPTU 21	Lungo pista ciclabile, insieme a S 05
CPTU 22	Lungo pista ciclabile
CPTU 23	Area abbandonata tra binari e abitazioni, dietro pista ciclabile
CPTU 24	Strada bianca tra binari e abitazioni, dietro pista ciclabile
CPTU 25	Strada bianca, accesso da Via Lodovico Vincini
CPTm 26	Area rialzata lungo Via Sacramora

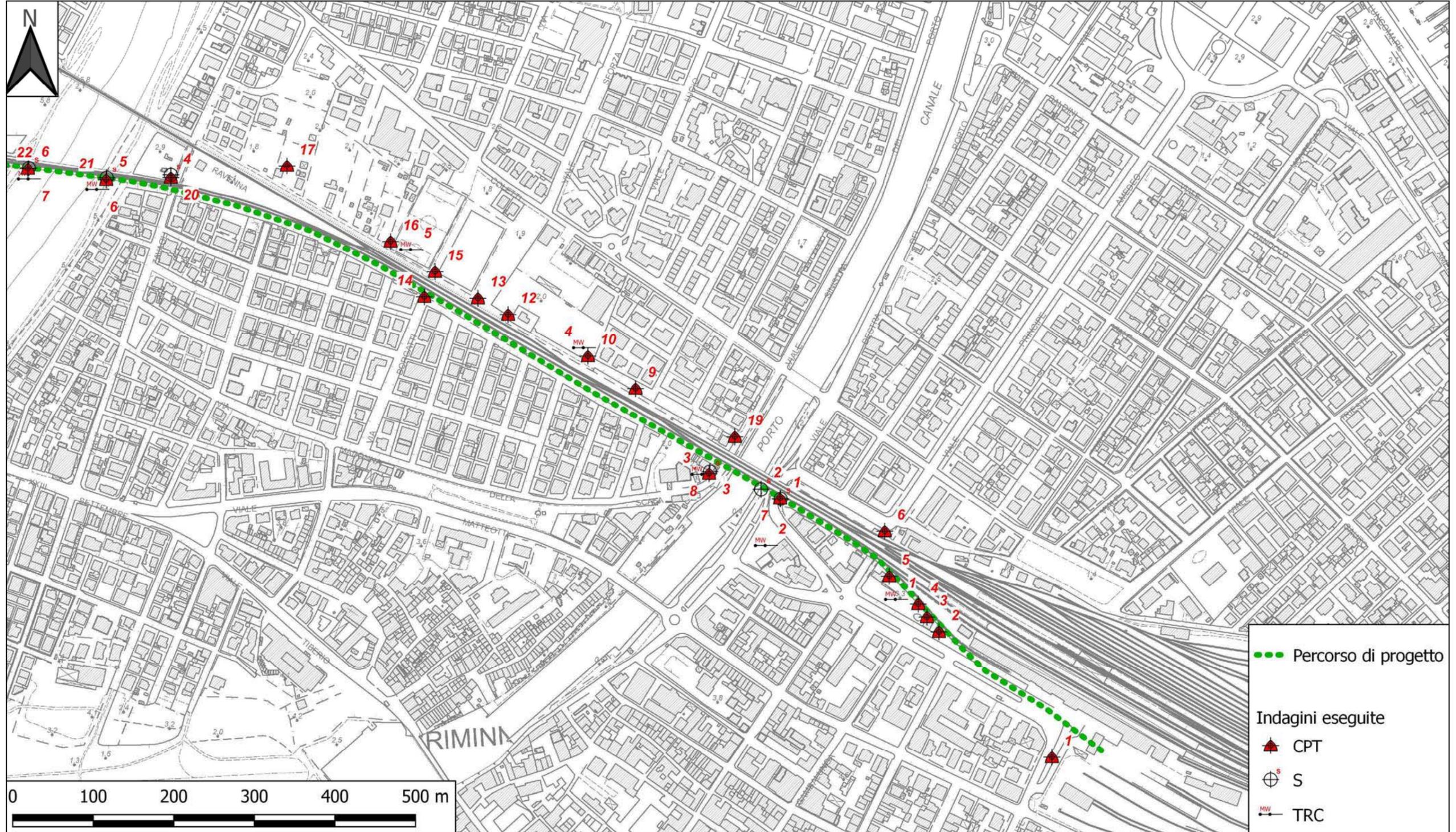
CPTm 27	Campo accanto a Via Sacramora
CPTm 28	Campo accanto a Via dei Cipressi, insieme a S 07
CPTU 29	Area abbandonata tra binari e abitazioni, dietro pista ciclabile
CPTm 30	Pista ciclabile Masinelli
CPTm 31	Pista ciclabile Masinelli
CPTm 32	Area proprietà ecclesiastica, entrata da parcheggio Pneus Rimini
CPTm 33	Viale dei Cipressi, insieme a S 08
CPTm 34	Strada bianca dietro cimitero
CPTm 35	Tra Viale dei Cipressi e Piazzale Umberto Bartolani
CPTm 36	Via Popilia
CPTm 37	Campo, accesso da Celli Asset Management, insieme a S 09
CPTm 38	Via Popilia
CPTm 38 bis	Via Popilia, accanto a Autolavaggio a mano I Faraoni
CPTm 39	Area lungo Via Iolanda Capelli
CPTm 40	Area lungo Via Iolanda Capelli
CPTm 41	Dietro capannoni SCM Group s.p.a., insieme a S 10
CPTm 42	Campo lungo Via Galla Placidia
CPTm 43	Via Teodorico
CPTm 44	Via Teodorico
CPTm 45	Rimini Fiera, dietro capannone Summertrade
CPTm 46	Parcheggio Sud 1 Fiera di Rimini
CPTm 47	Parcheggio Sud 1 Fiera di Rimini
CPTm 48	Parcheggio Sud 1 Fiera di Rimini
CPTU 49	Strada bianca, accesso da Via Lodovico Vincini
CPTm 50	Accesso Area Fiera
S 01	Via Ferdinando Graziani
S 02	Via Destra del Porto
S 03	Via Sinistra del Porto, poi spostata nella stessa piazzola della CPTU 08
S 04	Parcheggio privato lungo Viale Carlo Zavagli, insieme a CPTU 20
S 04 bis	Viale Carlo Zavagli e ingresso parcheggio privato
S 05	Lungo pista ciclabile, insieme a CPTU 21
S 06	Lungo pista ciclabile, strada di accesso a Canoa Club Rimini
S 07	Campo accanto a Via dei Cipressi, insieme a CPTm 28
S 08	Viale dei Cipressi, insieme a CPTm 33
S 09	Campo, accesso da Celli Asset Management, insieme a CPTm 37
S 10	Dietro capannoni SCM Group s.p.a., insieme a CPTm41
S 11	Parcheggio Sud 1 Fiera di Rimini, vicino c'è CPTm 48



Carta con ubicazione indagini eseguite



Carta con ubicazione indagini eseguite



Carta con ubicazione indagini eseguite

9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Come specificato già nei paragrafi precedente, nei mesi di dicembre 2020, gennaio e febbraio 2023, sono state eseguite, parte delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, programmate precedentemente; pertanto, le risultanze di tali indagini, anche se parziali sono state utilizzate per la definizione dei parametri geotecnici rappresentativi relativi alle aree del tracciato, dove verranno realizzate l'opere d'arte più importanti.

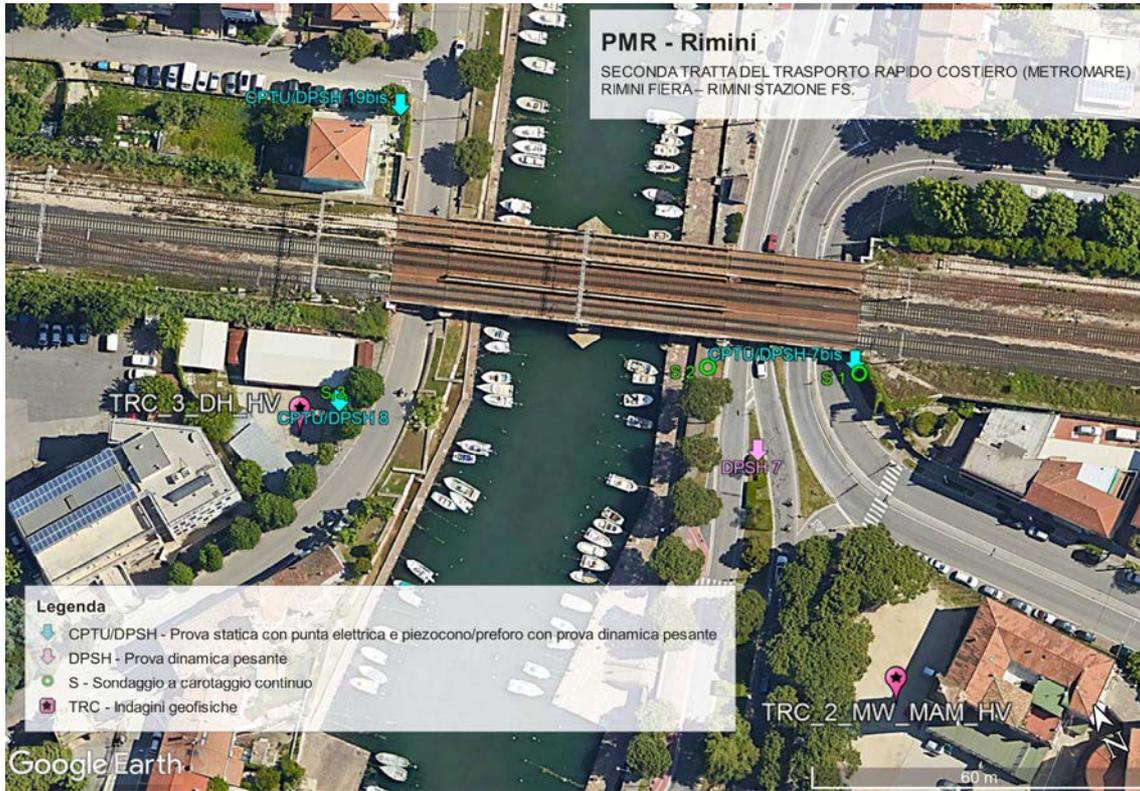
In dettaglio sono stata attenzione le seguenti aree:

- Area Porto Canale;
- Area Fiume Marecchia;
- Area sottopassaggio pedonale via Spinelli;
- Area sottopassaggio pedonale via Borgetti;
- Area via Carlo Zavagli;
- Area sottopasso via Sacramora;
- Area ingresso Cimitero - via dei Cipressi;
- Area incrocio SS16 - ferrovia BO-AN - sottopasso Via Capelli.

9.1 AREA PORTO CANALE

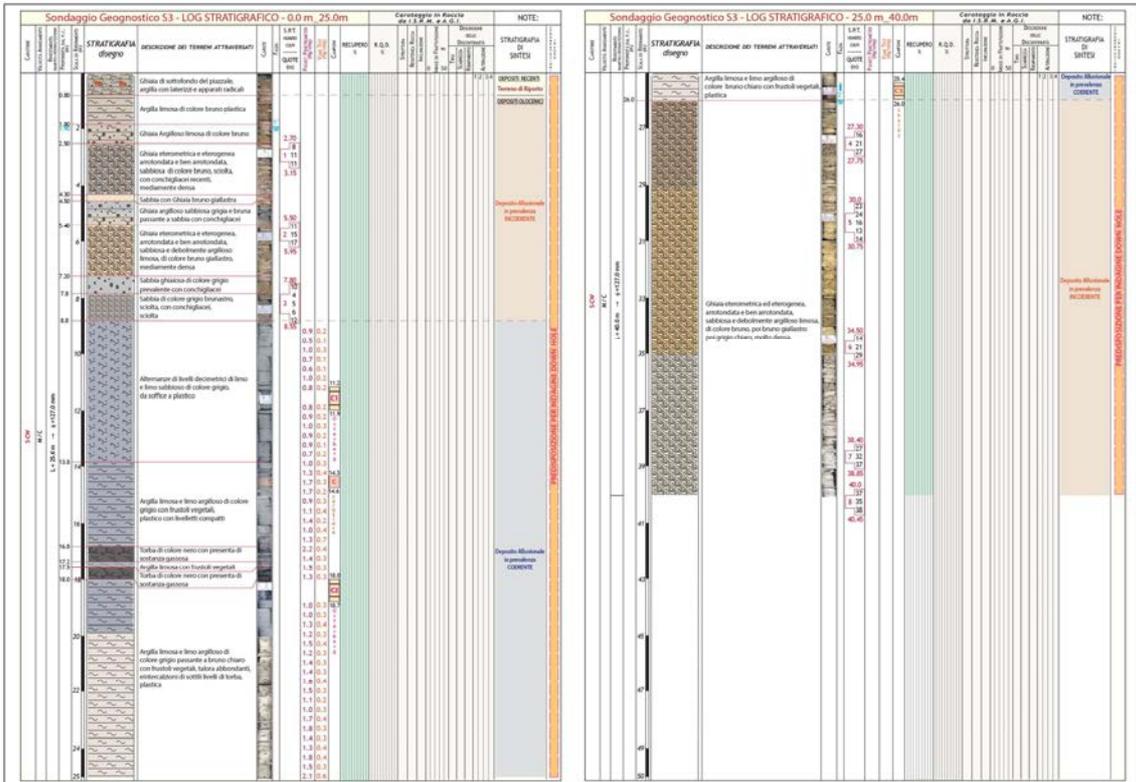
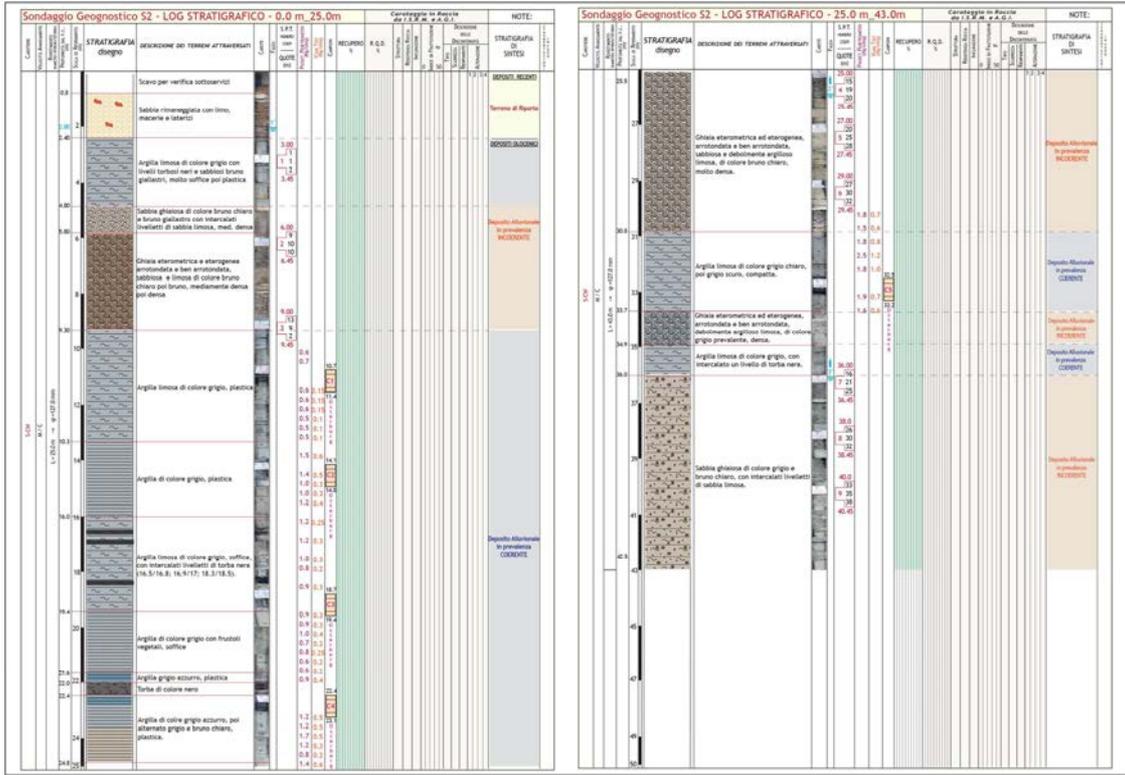
Per la caratterizzazione dell' "Area Porto Canale" sono state utilizzate le indagini sino ad oggi eseguite ed elaborate che sono:

- Sondaggio geognostico S1;
- Sondaggio geognostico S2;
- Sondaggio geognostico S3;
- CPTU 7bis.



Sondaggio Geognostico S1 - LOG STRATIGRAFICO - 0.0 m - 25.0m		Sondaggio in Misura per T.S.M., A.S.D.		NOTE:
Profondità (m)	Descrizione del terreno attraversato	Capacità S1 (kN)	RECUPERO % A.S.D.	STRATIGRAFIA DE SINTESI
0.00	STRATIGRAFIA diagnosi			
0.00 - 0.10	Chiusa di sottosuolo del piazzale, argilla sabbiosa silenziosa	1.81 1.81		Depositi recenti
0.10 - 0.20	Sabbia di calcinaccio	1.81 1.81		Depositi recenti
0.20 - 0.30	Chiusa eterometrica e eterogenea, arenosa e ben arenata, sabbiosa e debolmente argillosa brucia per trascinamento durante la posa della rotaia, immediatamente dopo la posa della rotaia	1.81 1.81		Depositi recenti
0.30 - 0.40	Sabbia brucia con ghiaia fine di colore brucia chiaro con ciottoli, densa	1.81 1.81		Depositi recenti
0.40 - 0.50	Argilla brucia tenera con bozzetti di ghiaia di colore grigio plastica	1.81 1.81		Depositi recenti
0.50 - 0.60	Limo argilloso con intercali sottili di limo sabbioso di colore grigio compatto per plastica	1.81 1.81		Depositi recenti
0.60 - 0.70	Torba di colore nero	1.81 1.81		Depositi recenti
0.70 - 0.80	Argilla di colore grigio	1.81 1.81		Depositi recenti
0.80 - 0.90	Torba di colore nero	1.81 1.81		Depositi recenti
0.90 - 1.00	Argilla brucia di colore grigio, plastica	1.81 1.81		Depositi recenti
1.00 - 1.10	Torba di colore nero	1.81 1.81		Depositi recenti
1.10 - 1.20	Argilla colore grigio con fiocchetti argillati, faticosa, abbondante, orientazione di sottili livelli di torba plastica	1.81 1.81		Depositi recenti
1.20 - 1.30	Torba di colore nero	1.81 1.81		Depositi recenti
1.30 - 1.40	Argilla di colore grigio scuro compatta	1.81 1.81		Depositi recenti
1.40 - 1.50	Argilla brucia e limo di colore grigio	1.81 1.81		Depositi recenti

Sondaggio Geognostico S1 - LOG STRATIGRAFICO - 25.0 m - 42.50m		Sondaggio in Misura per T.S.M., A.S.D.		NOTE:
Profondità (m)	Descrizione del terreno attraversato	Capacità S1 (kN)	RECUPERO % A.S.D.	STRATIGRAFIA DE SINTESI
25.00	STRATIGRAFIA diagnosi			
25.00 - 25.10	Argilla brucia e limo di colore grigio	1.81 1.81		Depositi recenti
25.10 - 25.20	Chiusa eterometrica ed eterogenea, arenosa e ben arenata, sabbiosa e debolmente argillosa brucia di colore scuro, molto densa	1.81 1.81		Depositi recenti
25.20 - 25.30	Argilla di colore grigio scuro con ciottoli, molto compatta	1.81 1.81		Depositi recenti
25.30 - 25.40	Argilla brucia di colore grigio chiaro, per grigio scuro compatta	1.81 1.81		Depositi recenti
25.40 - 25.50	Chiusa eterometrica ed eterogenea, arenosa e ben arenata, sabbiosa e debolmente argillosa brucia di colore grigio prevalente, molto densa	1.81 1.81		Depositi recenti
25.50 - 25.60	Sabbia ghiaiosa di colore grigio con intercali bozzetti di sabbia brucia	1.81 1.81		Depositi recenti



Sondaggio	3	3	3	3
Sigla Campione	C1	C2	C3	C4
Profondità	11.2 – 11.9	14.3 – 14.9	18.0 – 18.7	25.4 – 26.0
Descrizione	Limo argilloso grigio con passante sabbioso - limose	Limo argilloso grigio verdastro con aree grigio nerastre millimetriche	Limo argilloso molle, grigio chiaro, a grigio scuro e veli nerastri	Limo argilloso da grigio a grigio brunastro. Locali livelletti e sacche di sabbia fine. Sparsi noduli torbosi nerastri
CARATTERISTICHE FISICHE				
Contenuto naturale d'acqua Wn (%)	31.45	31.36	43.83	30.05
peso Unità di Volume Y (g/cmc)	1.99	2.04	1.78	1.91
peso di volume secco Yd (KN/mc)	1.52	1.55	1.24	1.47
peso specifico del terreno Gs (g/cmc)	2.732	2.734	2.677	2.642
indice dei vuoti (e)	0.8	0.765	1.159	0.769
porosità (n)	44.46	46.34	53.68	44.32
saturazione S (%)	108	113	101	100
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE				
Sabbia (2-0,06 mm) %	5.08	2	3.6	10.53
Limo (0,06-0,002 mm) %	77.15	63.10	63.10	64.51
Argilla (< 0,002 mm) %	17.77	34.90	33.30	24.96
CARATTERISTICHE CONSISTENZA				
Limite di liquidità %	36.48	57.27	57.40	42.71
Limite di plasticità %	23.15	28.30	30.92	24.20
Indice di liquidità IL	0.62	0.11	0.49	0.32
Indice di plasticità IP	13.33	28.97	26.48	18.51
Indice di Consistenza IC	0.38	0.89	0.51	0.68
CARATTERISTICHE MECCANICHE				
Prova Edometrica				
Modulo Edometrico Eed (Mpa)	7.2	5.20		
Coeff. consolidazione primaria Cv (cmq/sec)	1.50E-3	4.40E-5		
Coeff. Compressione edometrica Mv (mq/KN)	0.14	0.19		
Coeff. di permeabilità K (m/s)	1.5E-3	8.00E-12		
Gradino di carico $\bar{\sigma}$ (Kpa)	392	392		
Prova di compressione triassiale CIU				
Angolo di attrito ϕ' (°)	25.7		22.56	
Angolo di attrito ϕ_{cu} (°)	17.49		11.16	
Angolo di attrito ϕ' (°)				
Coesione efficace c' (Kpa)	9.68		15.42	
Coesione non drenata cu (Kpa)	28.75		43.88	67.44
Prova di taglio diretto				
Coesione c' (Kpa)		17.0		
Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)		18.4		

Profondità (m)	Unità litostratigrafica	γ (t/mc)	Cu (kg/cmq)	C' (kg/cmq)	Φ' (°)	Eed (kg/cmq)
0.0 – 0.8/2.4	A (RIP)	1,85	0,20	0,10	18	82
0.8/2.4 – 9.0/9.3	B (Incoerenti)	1,90	-	0,10	30	78
9.0/9.3 - 24.8/26.0	C (Coesivi)	1,93	0,37	0,17	21	63
24.8/26.0 - 30.0/40.0	D (Incoerenti)	1,93	-	0,10	35	183
30.0 – 33.7/34.0	E (Coesivi)	2,00	0,5	0,22	22	-
33.7/34.0 – 43.0	F (Incoerenti)	1,93	-	0,10	37	438

Colonna geotecnica Area Porto Canale

- Falda 1 (libera) - 1.90 dal p.c.
- Falda 2 (in pressione) – 25.5 dal p.c.
- Falda 3 (in pressione) – 37.0 dal p.c.

Il 2° e il 3° livello di falda individuati a -25.5 m e -37.0 m sono risultati in pressione, con altezza piezometrica fino a +1.60 m dal p.c. e con portata elevata

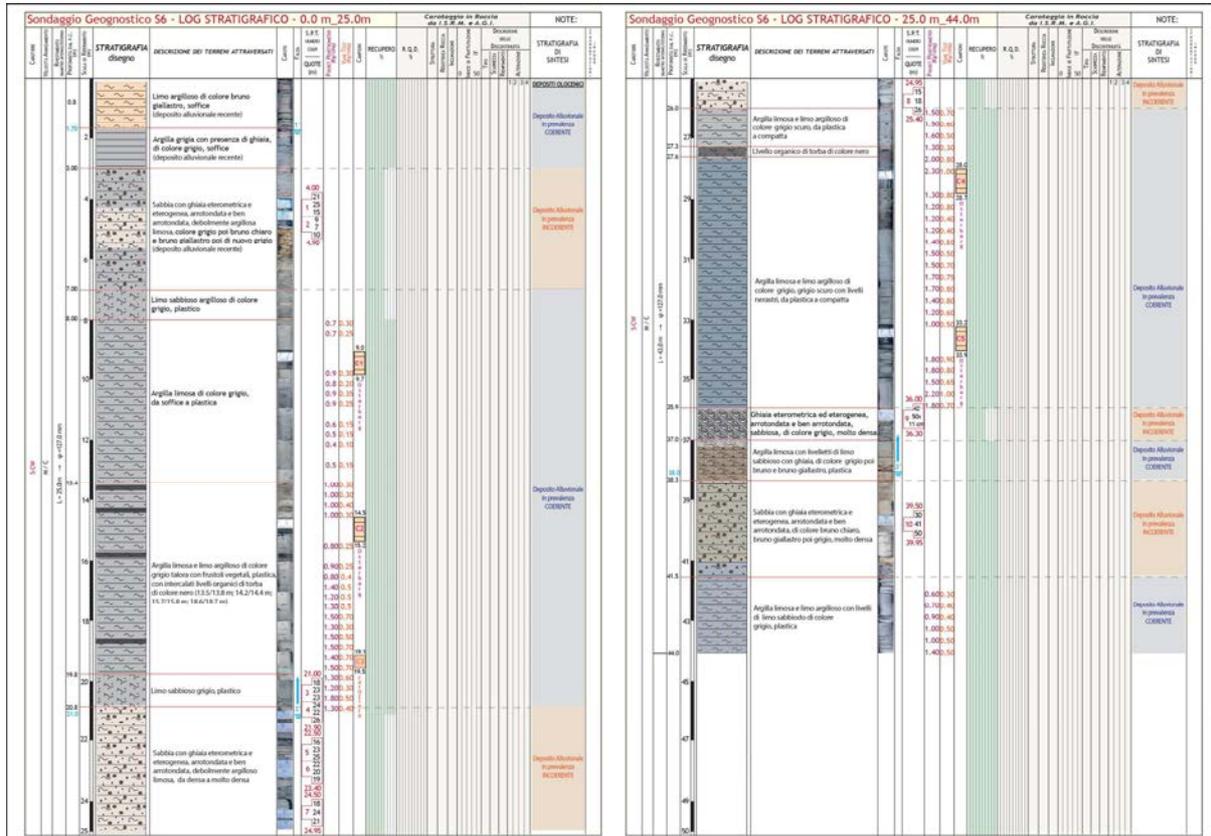
9.2 AREA FIUME MARECCHIA

Per la caratterizzazione dell' "Area Fiume Marecchia" sono state utilizzate le indagini sino ad oggi eseguite ed elaborate che sono:

- Sondaggio geognostico S5;
- Sondaggio geognostico S6;
- CPTU 21.



Sondaggio Geognostico 55 - LOG STRATIGRAFICO - 0,0 m, 25,0m										Sondaggio Geognostico 55 - LOG STRATIGRAFICO - 25,0 m, 50,0m												
Cantieraggio in Banchi (M. 1,3, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25)										Cantieraggio in Banchi (M. 1,3, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25)												
Colore	Descrizione	Profondità (m)	Velocità (m/s)	Colore	Descrizione	Profondità (m)	Velocità (m/s)															
...	Linea sabbioso-marna, secca (deposito alluvionale recente)	0,0 - 0,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Sabbia con ghiaia sferometrica e eterogenea, arenata e ben arenata, debolmente argillosa limosa, da mediamente a densa	0,0 - 0,5	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Linea argillosa con (sedi di riparto)	0,5 - 1,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio scuro da plastica e compatta	0,5 - 1,0	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla limosa di colore bruno grigio scuro (deposito alluvionale recente)	1,0 - 1,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Sabbia con ghiaia sferometrica e eterogenea, arenata e ben arenata, debolmente argillosa limosa, di colore bruno-azzurro scuro. (deposito alluvionale recente)	1,0 - 1,5	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Sabbia bruno giallastro, sciolta (deposito alluvionale recente)	1,5 - 2,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Linea sabbioso-grigio tabaca con ghiaia sferometrica e eterogenea arenata e ben arenata, di colore grigio scuro, con presenza di conchiglie	1,5 - 2,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Sabbia con ghiaia sferometrica e eterogenea, arenata e ben arenata, debolmente argillosa limosa, di colore bruno-azzurro scuro. (deposito alluvionale recente)	2,0 - 2,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio scuro da soffice a plastiche	2,0 - 2,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Linea sabbioso-grigio tabaca con ghiaia sferometrica e eterogenea arenata e ben arenata, di colore grigio scuro, con presenza di conchiglie	2,5 - 3,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Tufo di colore rosso	2,5 - 3,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla limosa di colore grigio da soffice a plastiche	3,0 - 3,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio con numerosi frustoli vegetali, plastica	3,0 - 3,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Linea sabbioso-grigio tabaca con ghiaia sferometrica e eterogenea arenata e ben arenata, di colore grigio scuro, con presenza di conchiglie	3,5 - 4,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Tufo di colore rosso	3,5 - 4,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio con numerosi frustoli vegetali, plastica	4,0 - 4,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio con numerosi frustoli vegetali, plastica. A 1500 cm battenti di torba nera	4,0 - 4,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Tufo di colore rosso	4,5 - 5,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio con numerosi frustoli vegetali, plastica	4,5 - 5,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio con numerosi frustoli vegetali, plastica	5,0 - 5,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Ghisa sabbioso limosa grigio	5,0 - 5,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Ghisa sabbioso limosa grigio	5,5 - 6,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla ghiaiosa grigio, plastica	5,5 - 6,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla ghiaiosa grigio, plastica	6,0 - 6,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Sabbia con ghiaia sferometrica e eterogenea, arenata e ben arenata, debolmente argillosa limosa, da densa a molto densa	6,0 - 6,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Sabbia con ghiaia sferometrica e eterogenea, arenata e ben arenata, debolmente argillosa limosa, da densa a molto densa	6,5 - 7,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Linea sabbioso-grigio argilla scura	6,5 - 7,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Linea sabbioso-grigio argilla scura	7,0 - 7,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla limosa con battenti di limo sabbioso di colore grigio, compatta	7,0 - 7,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla limosa con battenti di limo sabbioso di colore grigio, compatta	7,5 - 8,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla di colore rosso	7,5 - 8,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla di colore rosso	8,0 - 8,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla limosa e limo argilloso pesante a limo argilloso sabbioso di colore grigio argilla scura, plastica	8,0 - 8,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla limosa e limo argilloso pesante a limo argilloso sabbioso di colore grigio argilla scura, plastica	8,5 - 9,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Linea sabbioso-grigio argilla scura	8,5 - 9,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Linea sabbioso-grigio argilla scura	9,0 - 9,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla limosa con battenti di limo sabbioso di colore grigio, compatta	9,0 - 9,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla limosa con battenti di limo sabbioso di colore grigio, compatta	9,5 - 10,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla di colore rosso	9,5 - 10,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla di colore rosso	10,0 - 10,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio a bande ondulate, con presenza di calcare, compatta	10,0 - 10,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio a bande ondulate, con presenza di calcare, compatta	10,5 - 11,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	10,5 - 11,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	11,0 - 11,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	11,0 - 11,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	11,5 - 12,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	11,5 - 12,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	12,0 - 12,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	12,0 - 12,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	12,5 - 13,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	12,5 - 13,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	13,0 - 13,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	13,0 - 13,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	13,5 - 14,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	13,5 - 14,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	14,0 - 14,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	14,0 - 14,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	14,5 - 15,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	14,5 - 15,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	15,0 - 15,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	15,0 - 15,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	15,5 - 16,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	15,5 - 16,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	16,0 - 16,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	16,0 - 16,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	16,5 - 17,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	16,5 - 17,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	17,0 - 17,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	17,0 - 17,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	17,5 - 18,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	17,5 - 18,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	18,0 - 18,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	18,0 - 18,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	18,5 - 19,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	18,5 - 19,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	19,0 - 19,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	19,0 - 19,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	19,5 - 20,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	19,5 - 20,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	20,0 - 20,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	20,0 - 20,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	20,5 - 21,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	20,5 - 21,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	21,0 - 21,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	21,0 - 21,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	21,5 - 22,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	21,5 - 22,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	22,0 - 22,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	22,0 - 22,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	22,5 - 23,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	22,5 - 23,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	23,0 - 23,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	23,0 - 23,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	23,5 - 24,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	23,5 - 24,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	24,0 - 24,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	24,0 - 24,5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	24,5 - 25,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Argilla e argilla limosa di colore grigio	24,5 - 25,0	...	...	...	...	...	...	...	...	...



Sondaggio	5	5	5	5
Sigla Campione	C1	C2	C3	C4
Profondità	11,8 – 12,5	17,2 – 17,9	30,0 – 30,7	36,0 – 36,7
Descrizione	Limo argilloso grigio con locali livelli di torba nerastra, localmente abbondante	Limo argilloso grigio con torba nerastra localmente abbondante	Limo argilloso grigio poco consistente passante via via a limo debolmente sabbioso e limo sabbioso con torba brunastra	Argilla limosa e limo argilloso grigi
CARATTERISTICHE FISICHE				
Contenuto naturale d'acqua Wn (%)	45,04	29,67	24,03	27,30
peso Unità di Volume Y (g/cmc)	1,79	1,93	2,09	2,06
peso di volume secco Yd (KN/mc)	1,23	1,49	1,69	1,62
peso specifico del terreno Gs (g/cmc)	2,728	2,707	2,706	2,743
indice dei vuoti (e)	1,212	0,820	0,603	0,691
porosità (n)	54,78	45,06	37,60	40,85
saturazione S (%)	102	98	108	109
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE				
Sabbia (2-0,06 mm) %	2,90	2,80	26,82	3,0
Limo (0,06-0,002 mm) %	51,10	55,70	48,02	48,70
Argilla (< 0,002 mm) %	46,00	41,50	25,16	48,30
CARATTERISTICHE CONSISTENZA				
Limite di liquidità %	60,30	52,08	32,36	
Limite di plasticità %	30,43	28,74	20,28	
Indice di liquidità IL	1,49	0,04	0,31	
Indice di plasticità IP	29,87	23,34	12,08	
Indice di Consistenza IC	0,81	0,96	0,69	
CARATTERISTICHE MECCANICHE				
Prova Edometrica				
Modulo Edometrico Eed (Mpa)	3,50	4,90	7,70	
Coeff, consolidazione primaria Cv (cmq/sec)	1,90E-04	4,10E-04	8,50E-03	
Coeff, Compressione edometrica Mv (mq/KN)	0,29	0,20	0,13	
Coeff, di permeabilità K (m/s)	5,00E-11	8,00E-11	1,00E-09	
Gradino di carico $\bar{\sigma}$ (Kpa)	392	392	392	
Prova di compressione triassiale CIU				
Angolo di attrito ϕ' (°)	22,28	23,24	26,22	
Angolo di attrito ϕ_{cu} (°)	13,49	14,38	18,65	
Angolo di attrito ϕ' (°)				
Coesione efficace c' (Kpa)	18,86	12,52	3,26	
Coesione non drenata cu (Kpa)	53,69	50,44	11,39	
Prova di taglio diretto				
Coesione c' (Kpa)				67,5
Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)				16,3

Profondità (m)	Unità litostratigrafica	γ (t/mc)	Cu (kg/cmq)	C' (kg/cmq)	Φ' (°)	Eed (kg/cmq)
0,0 – 3,00	A (RIP e/o Coerenti)	1,85	0,20	0,10	18	82
3,0 – 6,0/7,0	B (Incoerenti)	1,90	-	0,10	30	50
6,0/7,0 – 20,8/22,0	C (Coesivi)	1,86	0,53	0,16	23	42
20,8/22,0 – 26,0/27,0	D (Incoerenti)	1,93	-	0,10	36	205
26,0/27,0 – 35,9/36,5	E (Coesivi)	2,08	0,11	0,68	21	78
36,4 – 40,5	F (Incoerenti)	1,93	-	0,10	40	414
40,5 – 50,0	G (Coesivi)	2,00	0,5	0,25	22	-

Colonna geotecnica Area Marecchia

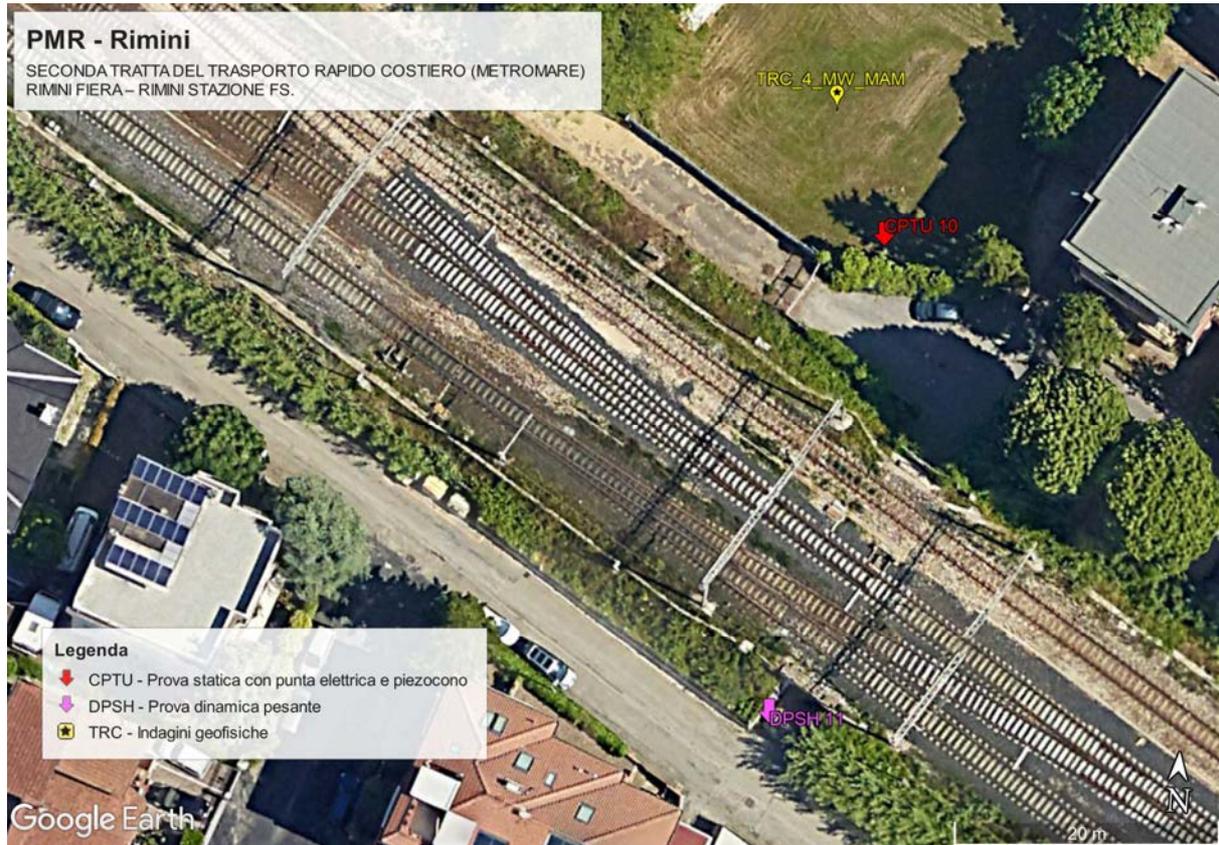
- Falda 1 (libera) – 1,00 / 1,90 dal p,c,
- Falda 2 (in pressione) – 21,2 dal p,c,
- Falda 3 (in pressione) – 37,5 dal p,c,
- Falda 4 (in pressione) – 44,5 dal p,c

I livelli di falda sono tutti in pressione (confinati); la piezometria del secondo acquifero è inizialmente risalita fino a circa +0,80 m dal p,c,

9.3 AREA SOTTOPASSAGGIO PEDONALE VIA SPINELLI

Per la caratterizzazione dell' "Area sottopassaggio pedonale via Spinelli" sono state utilizzate le indagini sino ad oggi eseguite ed elaborate che sono:

- CPTU 10;
- DPSH 11.



Profondità (m)	Unità litostratigrafica	γ (t/mc)	Cu (kg/cm ²)	C' (kg/cm ²)	Φ' (°)	Eed (kg/cm ²)
0.0 - 1,9 m	C (Coerenti)	1,85	0,29	0,10	25	43,33
1,9 - 8,1 m	AL (Incoerenti)	1,90	-	0,16	38	101,55
8,1 - 15,4 m	L (Coerenti)	1,92	0,49	0,40	26	55,19
15,4 - 16,2 m	H (Incoerenti)	1,95	-	0,18	26	70,88
16,2 - 25,2 m	L (Coerenti)	1,98	0,52	0,40	27	59,55
25,2 - 25,9 m	H (Incoerenti)	1,98	-	0,20	27	77,25
25,9 - 26,8 m	L (Coerenti)	2,01	0,65	0,40	28	71,22
26,8 - 27,1 m	H (Incoerenti)	2,08	-	0,30	32	88,33
27,1 - 27,3 m	L (Coerenti)	2,01	0,86	0,40	34	74,50

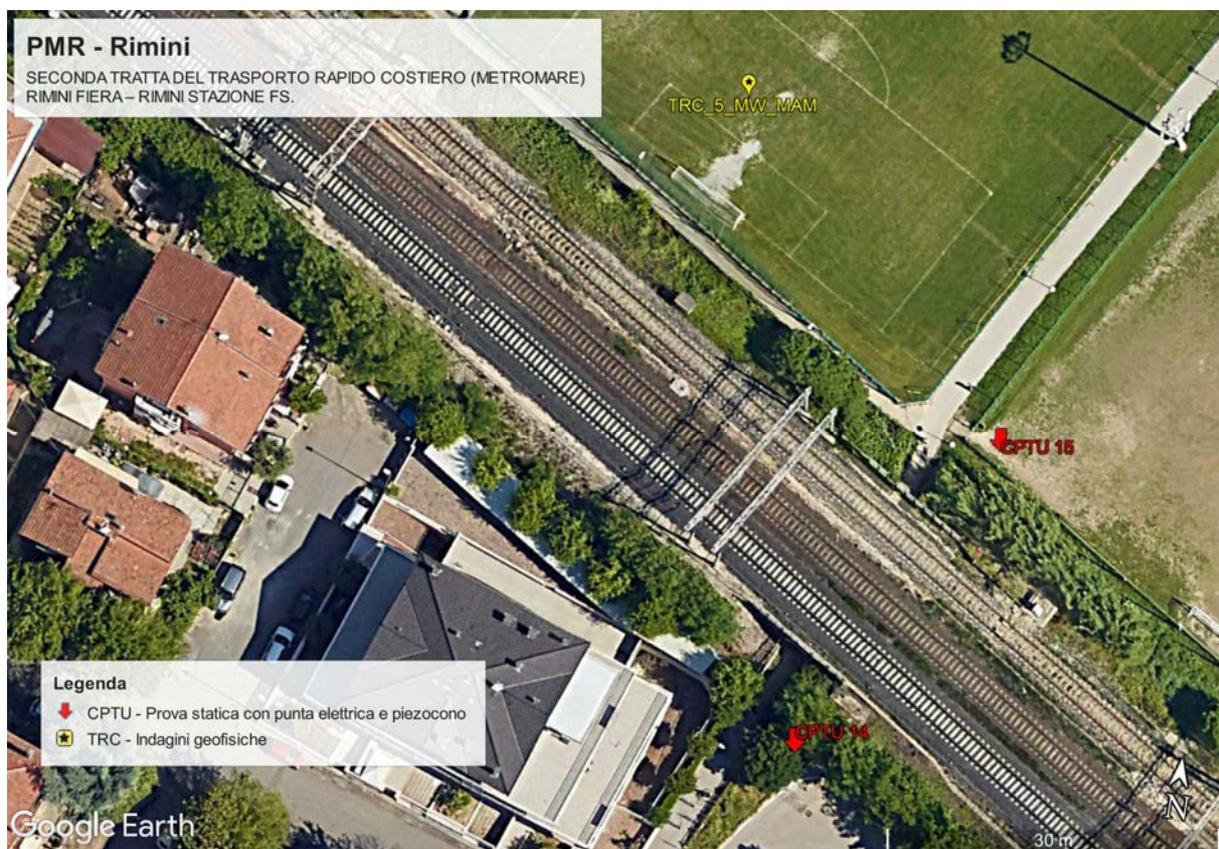
Colonna geotecnica Area Sottopasso Pedonale Via Spinelli

- Falda 1 (libera) – 1.4 dal p,c,

9.4 AREA SOTTOPASSAGGIO PEDONALE VIA BORGETTI

Per la caratterizzazione dell' "Area sottopassaggio pedonale via Borgetti" sono state utilizzate le indagini sino ad oggi eseguite ed elaborate che sono:

- CPTU 14;
- CPTU 15.



Profondità (m)	Unità litostratigrafica	γ (t/mc)	Cu (kg/cm ²)	C' (kg/cm ²)	Φ' (°)	Eed (kg/cm ²)
0.0 - 1,9 m	C (Coerenti)	1,85	0,29	0,10	25	43,33
1,9 - 8,1 m	AL (Incoerenti)	1,90	-	0,16	38	101,55
8,1 - 15,4 m	L (Coerenti)	1,92	0,49	0,40	26	55,19
15,4 - 16,2 m	H (Incoerenti)	1,95	-	0,18	26	70,88
16,2 - 25,2 m	L (Coerenti)	1,98	0,52	0,40	27	59,55
25,2 - 25,9 m	H (Incoerenti)	1,98	-	0,20	27	77,25
25,9 - 26,8 m	L (Coerenti)	2,01	0,65	0,40	28	71,22
26,8 - 27,1 m	H (Incoerenti)	2,08	-	0,30	32	88,33
27,1 - 27,3 m	L (Coerenti)	2,01	0,86	0,40	34	74,50

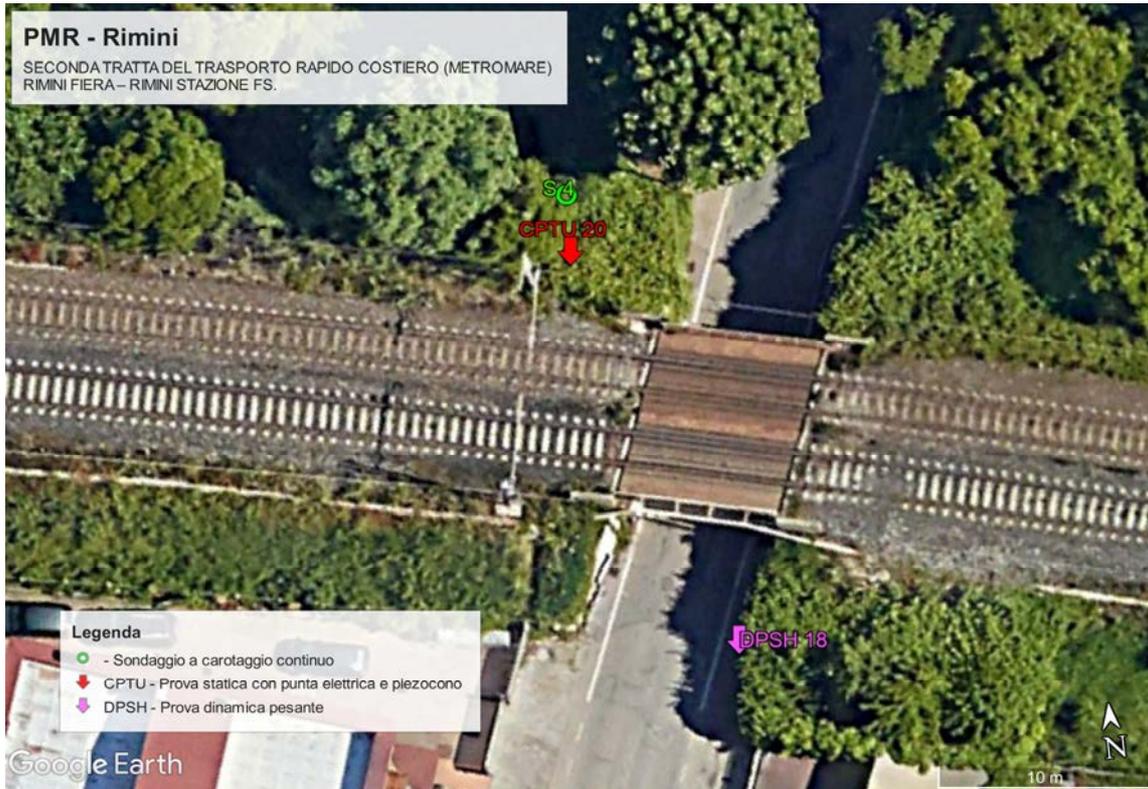
Colonna geotecnica Area Sottopasso Pedonale Via Borgetti

- Falda 1 (libera) – 1.8 dal p,c,

9.5 AREA VIA CARLO ZAVAGLI

Per la caratterizzazione dell' "Area Via Carlo Zavagli" sono state utilizzate le indagini sino ad oggi eseguite ed elaborate che sono:

- Sondaggio geognostico S4;
- CPTU 20;
- DPSH18.



Sondaggio Geognostico S4 - LOG STRATIGRAFICO - 0.0 m_25.0m		Carotaggio in Rocca di S.S. S.M. e S. G. S.		NOTE:	
Carota	STRATIGRAFIA disegno	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	CLASSE	STRATIGRAFIA di SINTESI	NOTE
0.00		Chiusa di sottobanco del piazzale, argilla con laterizi e oggetti metallici			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
0.20		limo debolmente sabbioso con ghiaia di colore grigio scuro			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
0.40		Sabbia limosa e sabbia sruata, con vari ciottoli di piccole dimensioni e conchiglioni di colore bruno per grigio, mediamente adunati			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
0.60		Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio tabacco con brividi vegetali, sovrilevato 200 m in planizia, con rilievazioni locali originati di terra di colore nero 15.2/15.5 m, 17.8/18.0 m, 20.0/20.35 m, 20.7/20.8 m			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
0.80		Sabbia con ghiaia eterometrica e eterogenea, arrotondata e ben arrotondata, debolmente argillosa limosa, da densa a molto densa			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
1.00		Argilla limosa e limo, tabaco con ciottoli di colore grigio, da plastica a compatta			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
1.20		Argilla limosa con ghiaia mediometrica, di colore grigio			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
1.40		Chiusa eterometrica ed eterogenea, arrotondata e ben arrotondata, sabbiosa e debolmente argillosa limosa, di colore bruno giallastro, per grigio, molto densa			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
1.60		Argilla limosa e limo, di colore grigio, plastica			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
1.80		Sabbia con ghiaia eterometrica e eterogenea, arrotondata e ben arrotondata, debolmente argillosa limosa, da densa a molto densa			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE

Sondaggio Geognostico S4 - LOG STRATIGRAFICO - 25.0 m_43.70m		Carotaggio in Rocca di S.S. S.M. e S. G. S.		NOTE:	
Carota	STRATIGRAFIA disegno	DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	CLASSE	STRATIGRAFIA di SINTESI	NOTE
25.00		Chiusa eterometrica ed eterogenea, arrotondata e ben arrotondata, sabbiosa e debolmente argillosa limosa, di colore bruno, per bruno giallastro per grigio chiaro, molto densa			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
25.20		(CAMPIONE C1 (argilla limosa))			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
25.40		Sabbia con ghiaia eterometrica e eterogenea, arrotondata e ben arrotondata, debolmente argillosa limosa, da densa a molto densa			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
25.60		Argilla con ciottoli di colore grigio, da plastica a compatta			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
25.80		Terra di colore nero			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
26.00		Argilla argillosa con ciottoli di colore grigio, plastica			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
26.20		Chiusa eterometrica arrotondata e ben arrotondata, sabbiosa e debolmente argillosa limosa, di colore grigio			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
26.40		Argilla limosa e limo, tabaco con ciottoli di colore grigio, da plastica a compatta			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
26.60		Argilla limosa con ghiaia mediometrica, di colore grigio			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
26.80		Chiusa eterometrica ed eterogenea, arrotondata e ben arrotondata, sabbiosa e debolmente argillosa limosa, di colore bruno giallastro, per grigio, molto densa			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
27.00		Argilla limosa e limo, di colore grigio, plastica			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE
27.20		Sabbia con ghiaia eterometrica e eterogenea, arrotondata e ben arrotondata, debolmente argillosa limosa, da densa a molto densa			Depositi fluviali a prevalenza ARGILLENE

Profondità (m)	Unità litostratigrafica	γ (t/mc)	Cu (kg/cm ²)	C' (kg/cm ²)	Φ' (°)	Eed (kg/cm ²)
0,0 – 2.10	A (Riporto)	1,85	-	0,10	22	30
2.10 – 8.70	B (Incoerenti)	1,90	-	0,20	30	55
8.70 – 22.8	C (Coerenti)	1,95	0,44	0,16	32	34
22.8 – 29.6	D (Incoerenti)	1,93	-	0,20	43	55
29.6 – 31.7	E (Coerenti)	2,08	0,11	0,68	23	78
31.7 – 32.8	F (Incoerenti)	1,93	-	0,20	43	65
32.8 – 37.3	G (Coerenti)	2,08	0,11	0,68	23	78
37.7 – 43.0	H (Incoerenti)	1,93	-	0,20	43	85
43.0 – 43.7	I (Coerenti)	2,08	0,11	0,68	26	108

Colonna geotecnica Area Via Carlo Zavagli

- Falda 1 (libera) – 2.10 dal p,c,
- Falda 2 (in pressione) – 22.8 dal p,c,

Il livello della falda 2 è in pressione, con altezza piezometrica fino a +1.60 m dal p.c. e portata elevata (>2.2 l/s).

9.6 AREA SOTTOPOASSO VIA SACRAMORA

Per la caratterizzazione dell' "Area Sottopasso Via Sacramora" sono state utilizzate le indagini sino ad oggi eseguite ed elaborate che sono:

- Sondaggio geognostico S7;
- CPTe 26;
- CPTe 27;
- CPTe 28.



Sondaggio Geognostico S7 - LOG STRATIGRAFICO - 0,0 m - 25,0m				Sondaggio Geognostico S7 - LOG STRATIGRAFICO - 25,0 m - 40,0m			
Caratteristiche	STRATIGRAFIA disegno	DESCRIZIONE	PROFONDITÀ (m)	Caratteristiche	STRATIGRAFIA disegno	DESCRIZIONE	PROFONDITÀ (m)
	Suolo organico		0,00 - 0,10		Linea argillosa sabbiosa con ghiaia elementare ed intermedia, da subarticolata a ben articolata, di colore grigio, da sciolta a mediamente densa		0,00 - 0,10
	Linea argillosa di colore bruno giallastro con reti calcaree, siccità, da medio compatto a plastico		0,10 - 0,20		Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio, da sciolta a compatta		0,10 - 0,20
	Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio scuro e grigio-rossastro con fondo organico nero distribuito tra 7,00 m e 7,10 m, plastico		0,20 - 0,30		Tuffa di colore nero		0,20 - 0,30
	argilla limosa di colore grigio e grigio scuro, con tratti fibrosi e numerosi frustoli vegetali, da soffice a plastica		0,30 - 0,40		Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio scuro, con fiocchetti di limo sabbioso, plastico		0,30 - 0,40
	Linea argillosa sabbiosa con ghiaia elementare ed intermedia, da subarticolata a ben articolata, di colore grigio, da sciolta a mediamente densa		0,40 - 0,50		Tuffa di colore nero		0,40 - 0,50
			0,50 - 0,60		Argilla limosa e limo argilloso di colore grigio scuro, compatta.		0,50 - 0,60
			0,60 - 0,70		Sabbia limosa con ghiaia elementare ed intermedia, da subarticolata a ben articolata, di grigio, molto densa		0,60 - 0,70
			0,70 - 0,80				0,70 - 0,80
			0,80 - 0,90				0,80 - 0,90
			0,90 - 1,00				0,90 - 1,00
			1,00 - 1,10				1,00 - 1,10
			1,10 - 1,20				1,10 - 1,20
			1,20 - 1,30				1,20 - 1,30
			1,30 - 1,40				1,30 - 1,40
			1,40 - 1,50				1,40 - 1,50
			1,50 - 1,60				1,50 - 1,60
			1,60 - 1,70				1,60 - 1,70
			1,70 - 1,80				1,70 - 1,80
			1,80 - 1,90				1,80 - 1,90
			1,90 - 2,00				1,90 - 2,00
			2,00 - 2,10				2,00 - 2,10
			2,10 - 2,20				2,10 - 2,20
			2,20 - 2,30				2,20 - 2,30
			2,30 - 2,40				2,30 - 2,40
			2,40 - 2,50				2,40 - 2,50

Profondità (m)	Unità litostratigrafica	γ (t/mc)	Cu (kg/cmq)	C' (kg/cmq)	Φ' (°)	Eed (kg/cmq)
0,0 – 0.60	A (Suolo)	1,85	-	0,10	20	10
0.60 – 23.0	B (Coerenti)	1,95	0,44	0,16	25	34
23.0 – 27.0	C (Incoerenti)	1,93	-	0,20	31	28
27.0 – 38.3	D (Coerenti)	2,08	0,11	0,68	28	35
38.3 – 40.0	E (Incoerenti)	1,93	-	0,20	43	65

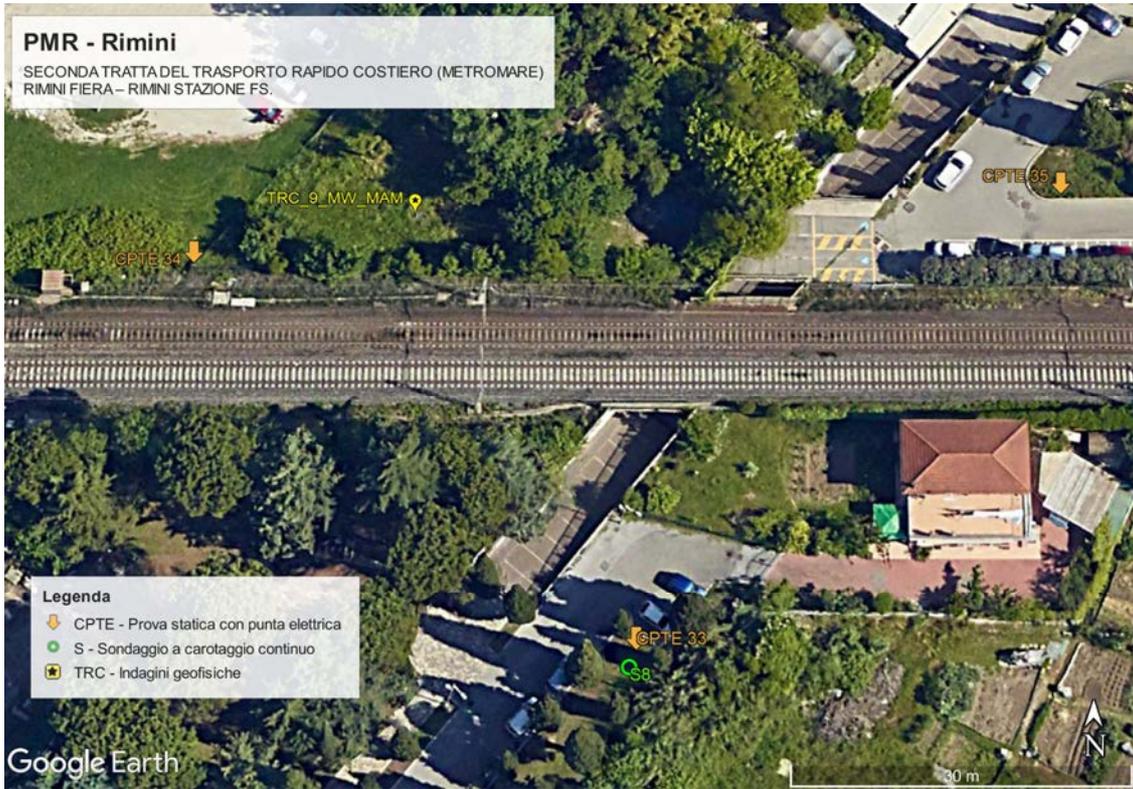
Colonna geotecnica Area Sottopasso via Sacramora

- Falda 1 (libera) – 4.90 dal p,c,
- Falda 2 (in pressione) – 23.5 dal p,c.
- Falda 3 (in pressione) – 39.5 dal p,c.

9.7 AREA INGRESSO CIMITERO – VIA DEI CIPRESSI

Per la caratterizzazione dell' "Area ingresso Cimitero – Via dei Cipressi" sono state utilizzate le indagini sino ad oggi eseguite ed elaborate che sono:

- Sondaggio geognostico S8;
- CPTe 33;
- CPTe 34;
- CPTe 35.



Sondaggio Geognostico 58 - LOG STRATIGRAFICO - 0.0 m, 25.0m										Sondaggio Geognostico 58 - LOG STRATIGRAFICO - 25.0 m, 40.0m													
Caratteristiche in Breve										Caratteristiche in Breve													
NOTE:										NOTE:													
Colore	STRATIGRAFIA disegno	DESCRIZIONE DEI TERRENI attraversati	Capelli	PROFONDITÀ (m)	Colore	STRATIGRAFIA disegno	DESCRIZIONE DEI TERRENI attraversati	Capelli	PROFONDITÀ (m)														
1.00-1.30	[Diagramma]	Limo argilloso di colore bruno, soffice		0.00-0.30	0.00-0.30	0.00-0.30	0.00-0.30	0.00-0.30	0.00-0.30	1.00-1.30	[Diagramma]	Limo argilloso sabbioso con ghiaia arenosa ed intermedia, da sabbionissima a bene sabbionata, di colore grigio più bruno giallastro, densa e medio densa		0.00-0.30	0.00-0.30	0.00-0.30	0.00-0.30	0.00-0.30	0.00-0.30	0.00-0.30			
1.30-2.00	[Diagramma]	Argilla e argilla limosa di colore bruno giallastro con bande grigio soffice		0.30-1.00	0.30-1.00	0.30-1.00	0.30-1.00	0.30-1.00	0.30-1.00	1.30-2.00	[Diagramma]	Argilla limosa di colore grigio talcato a bande scure e rosicchio con elevata componente organica da plastica a compatta		1.00-1.30	1.00-1.30	1.00-1.30	1.00-1.30	1.00-1.30	1.00-1.30	1.00-1.30	1.00-1.30		
2.00-2.50	[Diagramma]	Argilla limosa colore grigio rosiccato da plastica a compatta		1.00-1.50	1.00-1.50	1.00-1.50	1.00-1.50	1.00-1.50	1.00-1.50	2.00-2.50	[Diagramma]	Turba di colore bruno medio scuro		1.50-2.00	1.50-2.00	1.50-2.00	1.50-2.00	1.50-2.00	1.50-2.00	1.50-2.00	1.50-2.00		
2.50-3.00	[Diagramma]	Depositi alluvionali in prevalenza coesivi		1.50-2.00	1.50-2.00	1.50-2.00	1.50-2.00	1.50-2.00	1.50-2.00	2.50-3.00	[Diagramma]	Argilla limosa di colore grigio talcato a bande rosicchio e rosicchio con elevata componente organica da soffice a plastica		2.00-2.50	2.00-2.50	2.00-2.50	2.00-2.50	2.00-2.50	2.00-2.50	2.00-2.50	2.00-2.50	2.00-2.50	
3.00-3.50	[Diagramma]	Argilla, argilla limosa e limo argilloso di colore grigio prevalentemente talcato con bande scure, con intercalati livelli argillosi di colore rosso		2.00-2.50	2.00-2.50	2.00-2.50	2.00-2.50	2.00-2.50	2.00-2.50	3.00-3.50	[Diagramma]	Turba di colore bruno medio scuro		2.50-3.00	2.50-3.00	2.50-3.00	2.50-3.00	2.50-3.00	2.50-3.00	2.50-3.00	2.50-3.00	2.50-3.00	
3.50-4.00	[Diagramma]	Limo argilloso sabbioso con ghiaia arenosa ed intermedia, da sabbionissima a bene sabbionata, di colore grigio più bruno giallastro, densa e medio densa		2.50-3.00	2.50-3.00	2.50-3.00	2.50-3.00	2.50-3.00	2.50-3.00	3.50-4.00	[Diagramma]	Argilla limosa di colore bruno giallastro con bande rosicchio		3.00-3.50	3.00-3.50	3.00-3.50	3.00-3.50	3.00-3.50	3.00-3.50	3.00-3.50	3.00-3.50	3.00-3.50	3.00-3.50

Profondità (m)	Unità litostratigrafica	γ (t/mc)	Cu (kg/cm ²)	C' (kg/cm ²)	Φ' (°)	Eed (kg/cm ²)
0.00 – 21.5	A (Coerenti)	1,95	0,44	0,16	27	45
21.5 – 28.7	B (Incoerenti)	1,93	-	0,20	33	39
28.7 – 37.7	C (Coerenti)	2,08	0,11	0,68	29	35
37.7 – 40.0	D (Incoerenti)	1,93	-	0,20	43	65

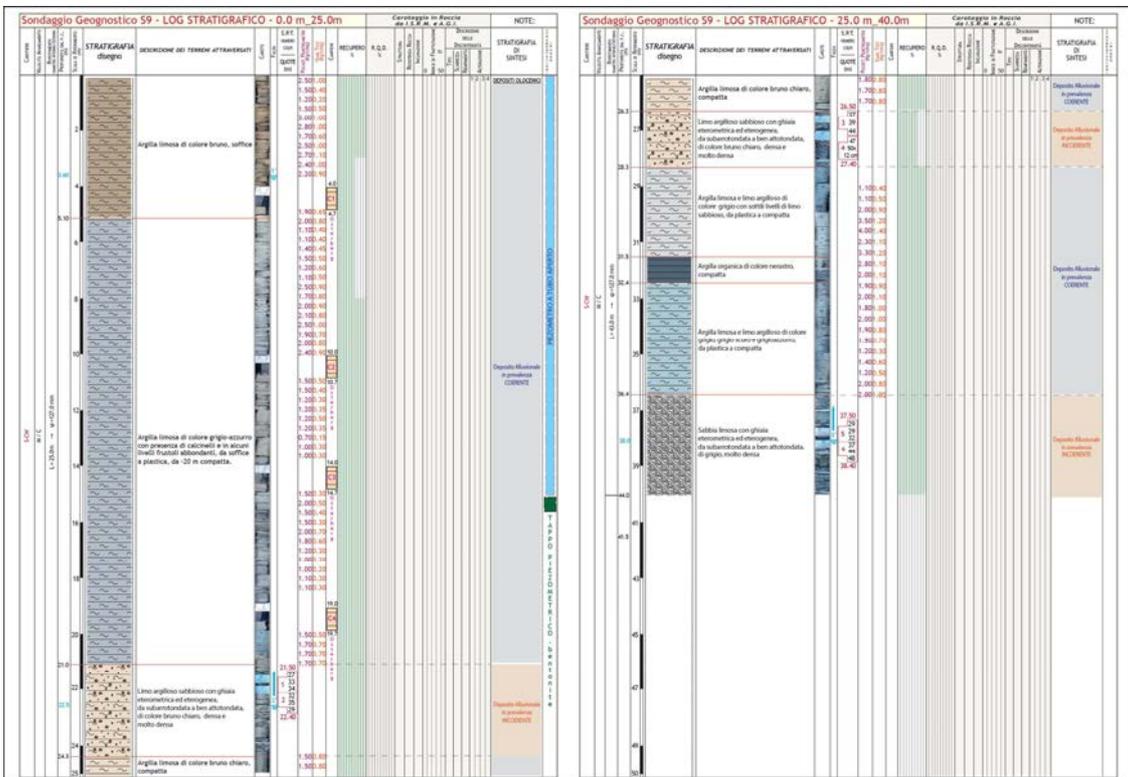
Colonna geotecnica Area ingresso Cimitero - via dei Cipressi

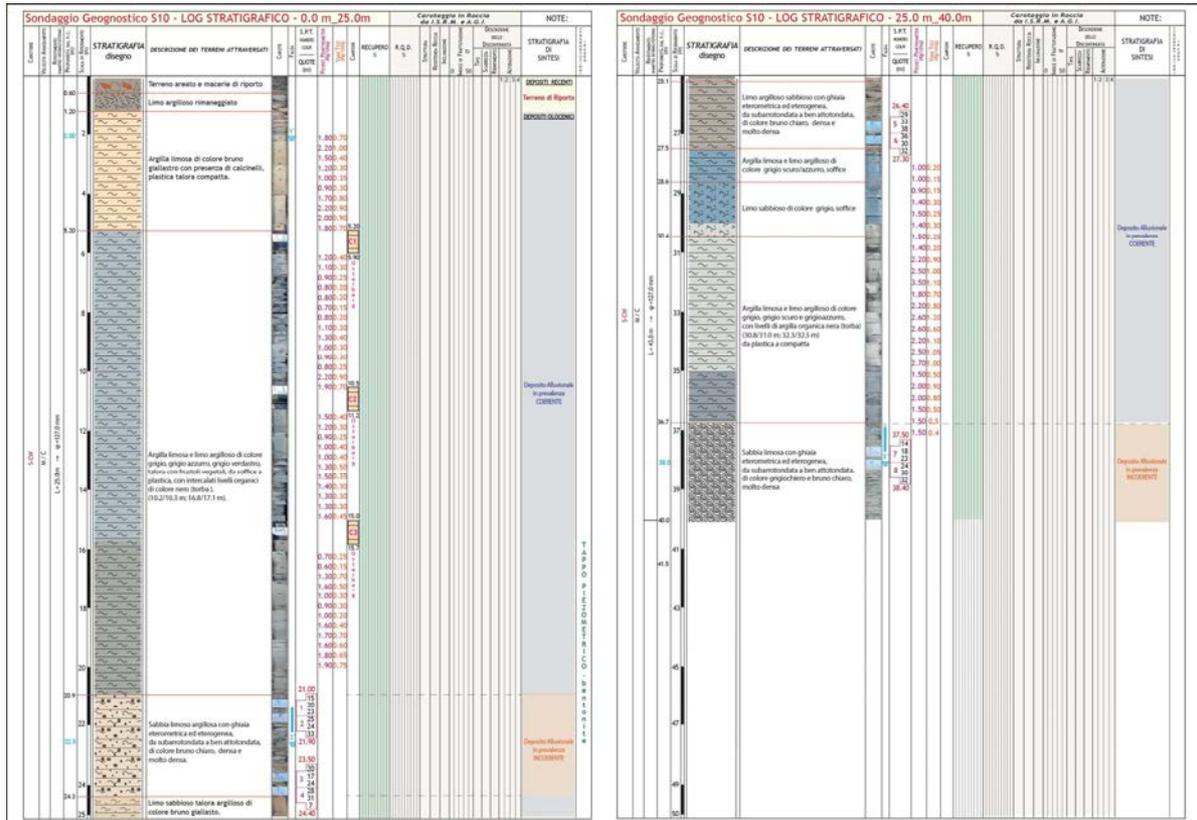
- Falda 1 (libera) – 1.70 dal p,c,
- Falda 2 (in pressione) – 22.5 dal p,c,
- Falda 3 (in pressione) – 38 dal p,c,

9.8 AREA INCROCIO SS16 - FERROVIA BO-AN - SOTTOPASSO VIA CAPELLI

Per la caratterizzazione dell' "Incrocio SS16 - Ferrovia BO - AN - Sottopasso Via Capelli" sono state utilizzate le indagini sino ad oggi eseguite ed elaborate che sono:

- Sondaggio geognostico S9;
- Sondaggio geognostico S10;
- CPTe 39;
- CPTe 40.





Profondità (m)	Unità litostratigrafica	γ (t/mc)	Cu (kg/cm ²)	C' (kg/cm ²)	Φ' (°)	Eed (kg/cm ²)
0,0 – 5.10	A (Coerenti)	1,85	0,49	0,10	23	47
5.10 – 21.0	B (Coerenti)	1,90	-	0,40	25	55
21.0 – 24.3	C (Incoerenti)	1,95	-	0,16	32	34
24.3 – 36.7	D (Coerenti)	1,93	-	0,20	43	55
36.7 – 40.0	E (Incoerenti)	2,08	0,11	0,68	21	78

Colonna geotecnica incrocio SS16 - Ferrovia BO - AN - Sottopasso Via Capelli

- Falda 1 (libera) – 2.0 dal p,c,
 - Falda 2 (in pressione) – 22.5 dal p,c,
 - Falda 3 (in pressione) – 38 dal p,c,
- Il livello della falda 2 è in pressione (confinato).

10. STIMA DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE - CALCOLO POTENZIALE LIQUEFAZIONE

10.1 CONDIZIONI DI ESCLUSIONE DALLE VERIFICHE DI LIQUEFAZIONE

I litotipi costituenti la successione stratigrafica del primo sottosuolo sono di origine litorale e alluvionale. Tali depositi se sottoposti ad intense e prolungate sollecitazioni cicliche (come in caso di sisma) possono ipoteticamente collassare e fluidificarsi; ciò accade quando le deformazioni di taglio superano valori di soglia per cui si innesca un aumento repentino delle pressioni interstiziali. I parametri lito meccanici che condizionano il fenomeno della liquefazione sono:

- composizione e uniformità granulometrica;
- grado di addensamento;
- stato di consolidazione e tensionale a cui sono sottoposti in natura i terreni;
- presenza di falda;
- spessore dei depositi potenzialmente liquefacibili.

Nel D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) l'approccio metodologico delle verifiche alla liquefacibilità viene descritto all'interno del paragrafo 7.11 (Opere e Sistemi Geotecnici).

Le prove eseguite in sito permettono di valutare la stratigrafia fino a profondità di oltre 20.0 mt dal piano di campagna oltre la quale la pressione litostatica tende sicuramente ad inibire il fenomeno. Özocak A. e Sert S. - 2010 (Evaluation of liquefaction risk by a revised LPI approach. *Proc. of the 2nd Int. Symp. on Cone Penetration Testing*, Huntington Beach, CA, USA, May 2010), sulla base di evidenze sperimentali successive ai terremoti di Adapazari (Turchia) del 1999 e sulla base delle curve limite per manifestazioni di liquefazioni in superficie di Ishihara (1985) hanno proposto di assumere per terremoti di magnitudo "usuale" la profondità critica di 10 m.

Nel nostro caso si considera prudenzialmente la stratigrafia fino ad una profondità di 20.0 mt dal piano di campagna.

In dettaglio, al paragrafo 7.11.3.4.2, la norma prevede che si possa omettere la verifica a liquefazione nel caso si manifesti almeno una delle 4 circostanze di riferimento di seguito descritte:

- | |
|--|
| 1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g |
| 2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con |

fondazioni superficiali	
3.	depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa
4.	distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$

L'accelerazione massima attesa al piano di campagna è superiore (agmax 0,29g), la profondità della falda è nettamente inferiore (-1.0 da p.c.) e la resistenza dei terreni è generalmente inferiore a quanto richiesto nelle clausole di esclusione; per quanto riguarda la distribuzione granulometrica occorre fare le seguenti osservazioni:

➤ dall'esecuzione e successiva interpretazione delle prove penetrometriche eseguite, i litotipi

V	Livello superficiale Sabbie limose sciolte, suolizzate, limi argillo-sabbiosi e/o materiali di riporto antropico con variabili caratteristiche geotecniche, generalmente scarse. Consistenza limitata ed elevata compressibilità.
S	Sabbie mediamente addensate - dense Sabbie litorali fini e medio fini con livelli millimetrici limosi generalmente ben classate. Locali sottili intercalazioni limo – sabbioso e argilloso dotato di minore consistenza. Litotipo con notevole continuità laterale lungo-costa, dotato di discrete caratteristiche geomeccaniche e di contenuta compressibilità.
AL	Alternanze Di sabbie, da poco a mediamente addensate, limi sabbiosi con variabile contenuto in argilla, e limi con argilla torbosi da poco a mediamente consistenti. Presenza di livelli discontinui e di spessore variabile di sabbia densa e/o ghiaietto sabbioso. Si tratta di depositi parzialmente rielaborati dai processi litorali con alternanza di episodi tipici di ambienti lagunari e/o di retrospiaggia.
H	Sabbie limose e limi sabbiosi Di origine alluvionale, con intercalati livelli limo - argillosi, da poco a mediamente addensate ed a contenuta compressibilità. Strutture arginali e/o di rotta d'argine del Fiume Marecchia a geometria lenticolare caratterizzate da scarso spessore e continuità laterale.

aventi tutti elevata frazione sabbiosa e presenti fino a -20.0 mt dal piano di campagna rientrano in gran parte o totalmente nel fuso granulometrico dei sedimenti incoerenti potenzialmente suscettibili al fenomeno della "liquefazione".

➤ le curve granulometriche di campioni a differenti profondità, relativi a terreni dei litotipi

L	Limi con argilla e limi argillosi mediamente consistenti Di origine alluvionale mediamente consistenti e dotati di contenuta compressibilità. Presenza di sottili e discontinui livelli sabbioso - limosi che denotano locali aumenti di energia deposizionale interpretabili come prodotto di episodi di rotta d'argine
C	Limi argillosi e limi con argilla compressibili Prevalenti limi argillosi torbosi con sottili livelli sabbioso - limosi da poco a mediamente consistenti, sottoconsolidati e ad elevata compressibilità. Origine fluvio - palustre

ricadono per ben oltre il 50% della distribuzione al di fuori della fascia granulometrica di “possibilità di liquefazione” secondo quanto indicato al punto n. 4 del paragrafo 7.11.3.4.2 (riferimento fig. 7.11.1 delle NTC).

Pertanto poiché sulla successione stratigrafica presa in considerazione, non si manifesta compiutamente nemmeno una delle circostanze di esclusione, di seguito si procede alla descrizione ed all’esecuzione delle verifiche di calcolo condotte.

10.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

La possibilità del verificarsi del fenomeno, consiglia verifiche di calcolo che possono essere effettuate con metodologie di tipo storico – empirico in cui il coefficiente di sicurezza è scelto con adeguato margine a discrezione del progettista. Sotto l’azione di un sisma i sistemi geotecnici (vedi paragrafo 7.11.3. delle NTC: “Risposta sismica e stabilità del sito”) devono rispettare gli stati limite ultimi con i requisiti di sicurezza indicati al paragrafo 7.1. NTC (*“siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita”*).

Al fine di verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione si segue la normativa che prevede l’impiego di procedure individuate nell’Ingegneria Geotecnica Sismica quali *“metodi semplificati”*. Tali metodi sono basati su prove geotecniche di tipo corrente e sulla valutazione, ad ogni quota z del deposito compresa nei primi 20 m, del coefficiente di sicurezza $F_L = (CRR/CSR) \times MSF$ dove:

<ul style="list-style-type: none"> • $CRR_{M=7.5, \sigma'_v=1atm} = \tau_{ult} / \sigma'_{v0}$ è il rapporto di resistenza ciclica, ovvero la resistenza normalizzata rispetto alla pressione efficace verticale iniziale σ'_{v0}, per terremoto di magnitudo $M = 7.5$ e pressione efficace di riferimento $\sigma'_v = 1atm$, che può essere valutata attraverso abachi, in funzione di parametri desunti da prove SPT, CPT e da misure dirette della velocità delle onde di taglio V_s, oppure tramite specifiche relazioni adottate dai vari metodi di calcolo semplificato presenti in letteratura
<ul style="list-style-type: none"> • $CSR = \tau_{media} / \sigma'_{v0} = 0,65 (a_{max} / g) (\sigma_{v0} / \sigma'_{v0}) r_d$ è il rapporto di tensione ciclica, ovvero la tensione di taglio ciclica media indotta dall’azione sismica di riferimento, normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace iniziale σ'_{v0} e dove a_{max} è il picco di accelerazione al piano campagna del terremoto di riferimento; g è l’accelerazione di gravità; σ_v e σ'_v sono rispettivamente la tensione totale verticale e la tensione efficace verticale alla profondità considerata; r_d è un coefficiente riduttivo dell’azione sismica che porta in conto la deformabilità del sottosuolo e che può essere stimato con relazioni empiriche associate ai diversi metodi di stima di CRR (e di MSF). Il valore della tensione tangenziale media $\tau_{media} = 0.65 \tau_{max}$ al variare della profondità può essere più precisamente determinato con analisi di risposta sismica locale
<ul style="list-style-type: none"> • MSF è un fattore di scala che può essere valutato in funzione della magnitudo dei terremoti attesi oppure tramite specifiche relazioni adottate dai vari metodi di calcolo semplificato presenti in letteratura. Nel caso in esame, per terremoti con $M_w < 7.5$ ed il metodo di calcolo adottato viene utilizzato il fattore consigliato da Youd 2001 come proposto da Idriss 1997 pari a: $MSF = 10^{2.24} / M_w^{2.56}$ (NCEER, 2001)
<ul style="list-style-type: none"> • K_σ è il fattore di correzione che tiene conto della pressione efficace alla profondità a cui la resistenza viene valutata

I risultati dello studio sono presentati riportando l'andamento del fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione $FL(z)$ per ciascuna delle verticali esplorate fino alla profondità critica z_{crit} da piano campagna (di norma si assume $z_{crit} = 20\text{m}$), o fino alla profondità oltre la quale si esclude l'occorrenza di liquefazione. Per ogni verticale deve anche essere valutato l'indice del potenziale di liquefazione I_L .

L'indice del potenziale di liquefazione, I_L è definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz \quad \text{in cui} \quad w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{crit}}\right)$$

dove z_{crit} è la profondità critica, ovvero la profondità massima entro la quale può verificarsi la liquefazione, che di norma si assuma pari a 20 m. La variabile $F(z)$ vale (Sonmez, 2003):

$$F(z) = 0 \text{ per } FL \geq 1.2$$

$$F(z) = 2 \cdot 106 \cdot \exp(-18.427 \cdot FL) \text{ per } 1.2 > FL \geq 0.95$$

$$F(z) = 1 - FL \text{ per } FL \leq 0.95$$

Se il fattore $FL > 1,0$ la liquefazione è da escludere e, comunque, fino ad $F_s \leq 1.2$ può determinare un incremento della pressione dei pori limitato con effetti minori e maggiormente circoscritti e localizzati; se è $FL < 1,0$ è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione, ma in ogni caso vanno verificati anche i cedimenti post-sismici sia in sabbie sature che fuori falda, nonché in argille particolarmente compressibili potenzialmente soggette a fenomeni degradazione ciclica.

L'analisi è stata eseguita utilizzando la formulazione di "Robertson" che è uno dei metodi più accreditati dal mondo accademico e scientifico (specificamente raccomandato nelle Linee Guida AGI 2005), versione aggiornata 2009, sviluppato sia sulla prova CPTU-E che CPT meccanica. Esso è basato su un proprio fattore caratteristico di scala della magnitudo (MSF) e propri coefficienti riduttivi (R_d - K_α - K_σ) atti a determinare i valori di CRR (cyclic resistance ratio) e CSR (cyclic stress ratio) per ciascuno strato, necessari a definirne il rispettivo FS (fattore di sicurezza) rispetto ad una soglia limite di riferimento prefissata.

Nel caso in esame, dato il grado di conoscenza della stratigrafia, di affidabilità delle prove e dei dati utilizzati, nonché del grado di conoscenza delle caratteristiche dei terreni in esame, si è fatto riferimento ad una soglia limite di riferimento per la sicurezza pari ad 1.2, come peraltro suggerito dalla bibliografia di settore (NCEER, 1997/2001 - Robertson 2007 - Juang 2011), soglia riferita ad una probabilità di accadimento estremamente bassa pari a circa $PL = 15\%$ (conformemente alla

trattazione probabilistica di Juang 2011) e all'occorrenza caratterizzata da fenomeni di limitata pressione dei pori senza completamento della liquefazione, comportanti effetti superficiali molto limitati (tab. 9.5 – Quaderni per la progettazione Giulio Riga, 2011).

10.3 AZIONE SISMICA - ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA E MAGNITUDO MOMENTO MW

Per definire il moto di riferimento ed i parametri ad esso collegati si è preso in considerazione l'approccio semplificato trattato nel paragrafo della presente relazione. Sia l'approccio semplificato che l'Analisi RSL permettono di affrontare una problematica di fondamentale importanza per l'area costiera ovvero di approfondire nel dettaglio la "susceptibilità alla liquefazione" dei terreni nel sottosuolo e l'impatto di possibili effetti del fenomeno sulle opere da realizzare. Pertanto il progettista strutturale potrà discrezionalmente riferirsi alle risultanze di tale studio per la definizione della azione sismica di progetto qualora ci sia compatibilità con la classe d'uso del manufatto. Parimenti potrà essere redatto uno specifico studio di RSL nel sito oggetto di intervento. Di conseguenza anche le verifiche di liquefacibilità potranno essere riviste alla luce di uno studio più approfondito del moto di riferimento.

Alla Base della stima di pericolosità sismica locale il DM 2018 fornisce la procedura di individuazione dei valori di a_{refg} , ovvero dell'accelerazione massima orizzontale su suolo rigido (suolo A); in particolare essa viene definita in funzione della tipologia di intervento che, nel caso in esame, è riferibile ad opere di Classe II e vita nominale $V_n=50$ anni. In funzione dei relativi tassi di sismicità tale accelerazione di base, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g , è quindi riferibile al 10% di probabilità di superamento in 50 anni, corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni (vedi paragrafo 7.4).

In questo caso allo stato limite SLV, l'accelerazione massima al suolo può essere ricavata col metodo semplificato dalla relazione $a_{max} = a_g * S_s$ dove a_g , a seguito dell'analisi di disaggregazione dell'INGV e delle prescrizioni NTC, è il valore modale dell'accelerazione massima definibile su sito di riferimento rigido relativa allo Stato Limite di salvaguardia della Vita ($a_g = 0.21$) e S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica che, in prima battuta e sulla scorta delle valutazioni inerenti le sole VSH, può essere ipotizzabile riferibile ad una categoria di suolo "C", ovvero pari a 1.38 (tabella 3.2.V

paragrafo 3.2.3.2.1 delle NTC). Nel caso specifico il valore ricavabile dalla suddetta relazione è $a_{max} = 0.29 g$.

L'adozione dei metodi semplificati di verifica a liquefazione, in relazione alle condizioni di pericolosità sismica generale ed alla stima dei carichi ciclici ipotizzabili, richiede l'adozione di una M_w (magnitudo momento) di riferimento; in tal caso, anche alla luce dei recenti sismi verificatisi in Emilia (maggio 2012), caratterizzati da una magnitudo pressoché analoga a quella stimata per il sito in oggetto nell'ambito della zonazione ZS9 sviluppata da INGV, si ritiene di utilizzare il valore $M_{wmax} = 6.14$ (vedi paragrafo 7.1).

10.4 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Verifiche semplificate sono state condotte con il metodo di Robertson, precedentemente descritto, in condizioni di free - field (campo libero) e delle caratteristiche costitutive naturali dei terreni in sito, utilizzando metodologie/formulazioni di tipo storico – empirico basate su prove CPTU-E.

I calcoli sono stati effettuati con l'utilizzo delle prove penetrometriche CPTU-E sulle verticali indagate discretizzando la stratigrafia secondo strati di 10 cm (mediando su letture in avanzamento pari 1 cm). Ciò avvalendosi di formule semplificate (metodologia di Robertson e Wride aggiornata al 2009) rapportabili a parametri probabilistici. Dall'elaborazione delle prove CPTU sulla base di relazioni che legano la resistenza alla punta (q_c) e quella di attrito laterale locale (F_s) la formulazione di Robertson (2009) ricava i parametri di comportamento del terreno "Ic" così come i valori di FC (fine content).

Le condizioni al contorno adottate nel calcolo sono le seguenti:

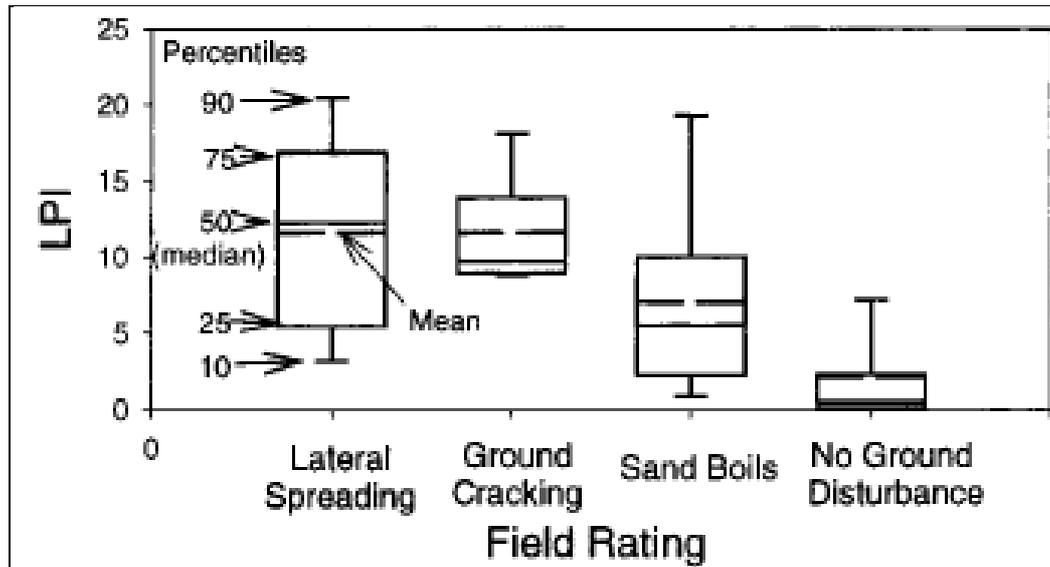
Accelerazione massima al suolo P.G.A. $a_{max} = 0.29g$
Magnitudo momento da zonazione ZS9 $M_w = 6.14$
Massimo innalzamento stagionale falda dal piano di campagna $H_w = -1.0 mt$ (vedi par. 3.4)
Piano di riferimento nel calcolo = condizione di "free field" al piano campagna

Come indicatore di rischio complessivo oltre al valore di F_s per ciascun singolo strato, viene stimato anche il potenziale di liquefazione “ I_L ” o “IPL” lungo la colonna stratigrafica secondo il metodo di Iwasaki et Al. 1982 recentemente rivisto ed aggiornato da Sonmez (2003), integrando in modo pesato il potenziale di liquefazione di ciascuno strato su tutto il profilo stratigrafico indagato e/o fino a quelle profondità in cui considerazione di carattere geologico e idrogeologico hanno permesso di escludere l’occorrenza di liquefazione. In base al valore stimato dell’indice del potenziale di liquefazione “IL” si definiscono le seguenti classi di pericolosità seguendo ambiti di severità crescente:

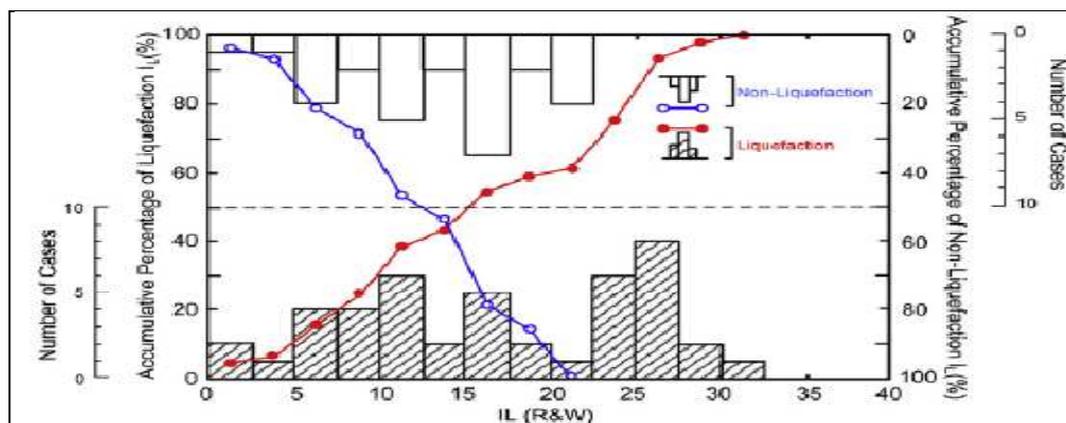
IPL = 0 FL ≥ 1.2	0 < IPL < 2	2 < IPL < 5	5 < IPL < 15	15 < IPL
Non liquefacibile	Potenziale Basso	Potenziale moderato	Potenziale Alto	Potenziale molto alto

Tuttavia diversi autori (Lee 2003, Toprak-Holzer 2005, Papathanassiou et Al. 2008-2010) hanno verificato che il valore di IPL è fortemente condizionato sia dal metodo di calcolo che dalla tipologia di prove utilizzati (SPT, CPT). Inoltre accade, soprattutto a magnitudo medio/basse, che si riscontrino una minore correlabilità tra lo scenario di danno atteso (inteso come entità delle manifestazioni superficiali e danni alle strutture - Tonkin&Taylor Limited 2013) ed il valore di IPL stimato. Tale bassa correlabilità e la relativa dispersione dei dati (vedi figure sottostanti) sembra imputabile proprio al fatto che il metodo di Iwasaki sia stato sviluppato soprattutto sulla scorta di analisi con metodi SPT (caratterizzati da minor risoluzione stratigrafica e sensibilità strumentale nonché su terremoti prettamente ad elevate magnitudo).

A titolo indicativo, i limiti di rischio inizialmente stabiliti da Iwasaki (1978), sulla base di prove SPT, sono stati recentemente ricalibrati anche su database di prove CPT tramite vari metodi semplificati tra cui quello di Robertson e Wride - agg. Youd, 2001 (Lee et al., 2003; vedi figure n. 38 - 39), stimando delle nuove soglie di riferimento per cui con $IPL < 13$ si configura un “rischio basso”, per $13 < IPL < 21$ un “rischio alto” e per $IPL > 21$ un “rischio molto alto”; nell’ambito di tale verifica degli autori solo circa il 10% dei casi di liquefazione presentava un $IPL < 5$.

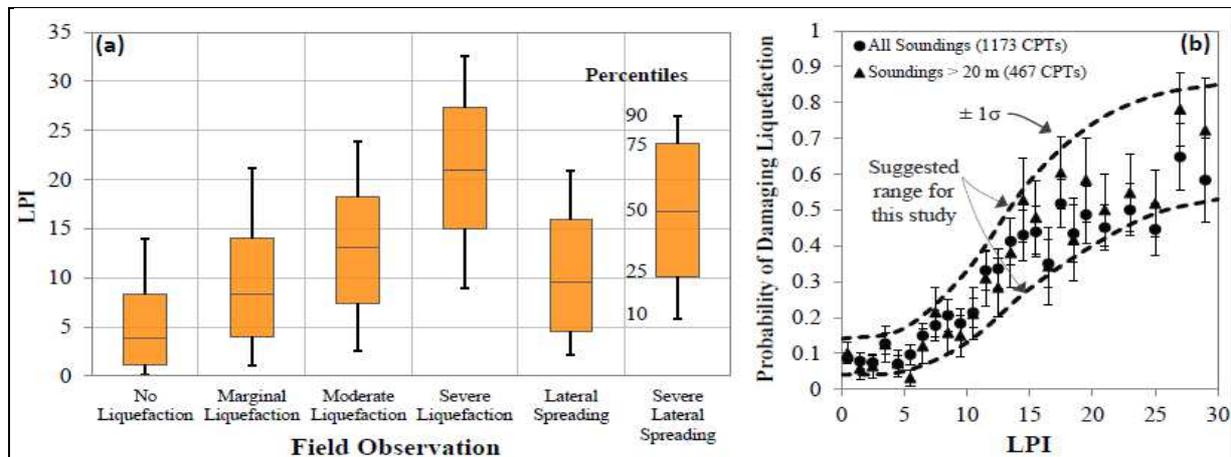


Correlation of LPI values with surface effects for the 1989 Loma - Prieta Earthquake: (a) LPI values and (b) percentiles



Distribution of calculated LPI (or IL) of liquified group and non-liquified group of cases using the Robertson and Wride method (reproduced from Lee et al.2004)

Anche Green et Al., 2013, ha sviluppato uno studio volto a valutare il rischio da liquefazione tramite il metodo di Robertson arrivando a ridefinire le soglie di rischio di danneggiamento (piuttosto che di rischio di innesco liquefazione; vedi figura sottostante) basso, moderato e severo secondo valori di IPL rispettivamente pari a 8.4, 13.1 e 21.0, in cui il danneggiamento a infrastrutture viene sostanzialmente riscontrato a partire da valori “moderati” o “alti”. La probabilità di danneggiamento alla soglia IPL=5 è risultata generalmente compresa tra il 5-17%.



Pertanto come supporto per un giudizio complessivo possono essere valutati anche altri indicatori di riferimento per una stima del rischio per liquefazione e dei conseguenti effetti sulla stabilità del terreno e delle strutture.

Per una stima del rischio complessivo sull'intera colonna stratigrafica, in termini probabilistici, il PL (Papathanassiou et Al. 2008-2010) ed LSN (Liquefaction Severity Number - H. Cowan e Tonkin & Taylor Limited 2012/2013) evidenziano rispettivamente le probabilità di accadimento ed entità dei fenomeni attesi in conseguenza dell'innescio di fenomeni di liquefazione.

Tali indicatori, illustrati nell'ambito delle verifiche, stimano degli scenari di deformazione/danno attesi in superficie sulla base dell'assetto stratigrafico rilevato e del rapporto fra orizzonti liquefacibili/non liquefacibili, consentendo di valutare più approfonditamente i range di IPL cui fare riferimento nel caso specifico.

Il valore PL, quale probabilità complessiva riferita alla stima di IPL, viene calcolato con la seguente formulazione (Papathanassiou et Al. 2008-2010):

$$PL=100*(1/((1+\exp(-(-3.092+0.218*IPL))))))$$

da cui l'autore definisce una soglia di accadimento/suscettibilità a probabilità elevata ("very high" in tabella "Overall probability" in allegato n. 9) del fenomeno per PL>54%.

Invece il valore di PL riferito al singolo strato ed al relativo FS può essere definito attraverso la formulazione di Juang et Al. 2011

$$P_L = 1 - \Phi \left[\frac{0.102 + \ln(F_s)}{0.276} \right]$$

per cui a valori di FS=1.00 - 1.20 - 1.25 corrisponde una probabilità di accadimento rispettivamente pari a PL=35.6% - 15% - 12%.

La suscettibilità alla liquefazione di ogni singolo strato può essere stimata, quindi, tramite i seguenti intervalli generali di probabilità (vedi figura successiva da Juang 2000-2008 modificato, Facciorusso 2008):

Valori di PL	Classe	Probabilità di liquefazione
$0,85 \leq PL < 1,00$	5	Liquefazione quasi certa
$0,65 \leq PL < 0,85$	4	Liquefazione probabile
$0,35 \leq PL < 0,65$	3	Liquefazione incerta
$0,15 \leq PL < 0,35$	2	Liquefazione improbabile
$0,00 \leq PL < 0,15$	1	Non liquefazione quasi certa

Diversamente il valore di LSN viene ricavato tramite l'integrazione, su tutta la colonna stratigrafica, del coefficiente "ev" - "vertical reconsolidation strain" - calcolato con il metodo di Zhang et Al., 2002 ed attraverso cui vengono definiti i seguenti scenari di riferimento (vedi figura successiva):

$$LSN = 1000 \int \frac{\varepsilon_v}{z} dz$$

LSN Range	Predominant performance
0 - 10	Little to no expression of liquefaction, minor effects
10 - 20	Minor expression of liquefaction, some sand boils
20 - 30	Moderate expression of liquefaction, with sand boils and some structural damage
30 - 40	Moderate to severe expression of liquefaction, settlement can cause structural damage
40 - 50	Major expression of liquefaction, undulations and damage to ground surface, severe total and differential settlement of structures
>50	Severe damage, extensive evidence of liquefaction at surface, severe total and differential settlements affecting structures, damage to services.

Gli scenari di danno stimabili con il parametro LSN risultano significativamente condizionati dal rapporto tra strati liquefacibili/non liquefacibili e la relativa deformabilità.

Viene altresì proposta una stima indicativa della resistenza residua offerta dai terreni (vedi ultime due colonne "Su/σ'vc" residual strength" e "Sr/σ'vc remoulded undrained shear stress" nella tabella, a seguito del potenziale innesco di fenomeni di mobilità ciclica/liquefazione nei terreni incoerenti (Seed, 1987 - Boulanger, 2008) e di degradazione ciclica nei livelli coesivi (Robertson, 2008) per le condizioni sismiche di progetto.

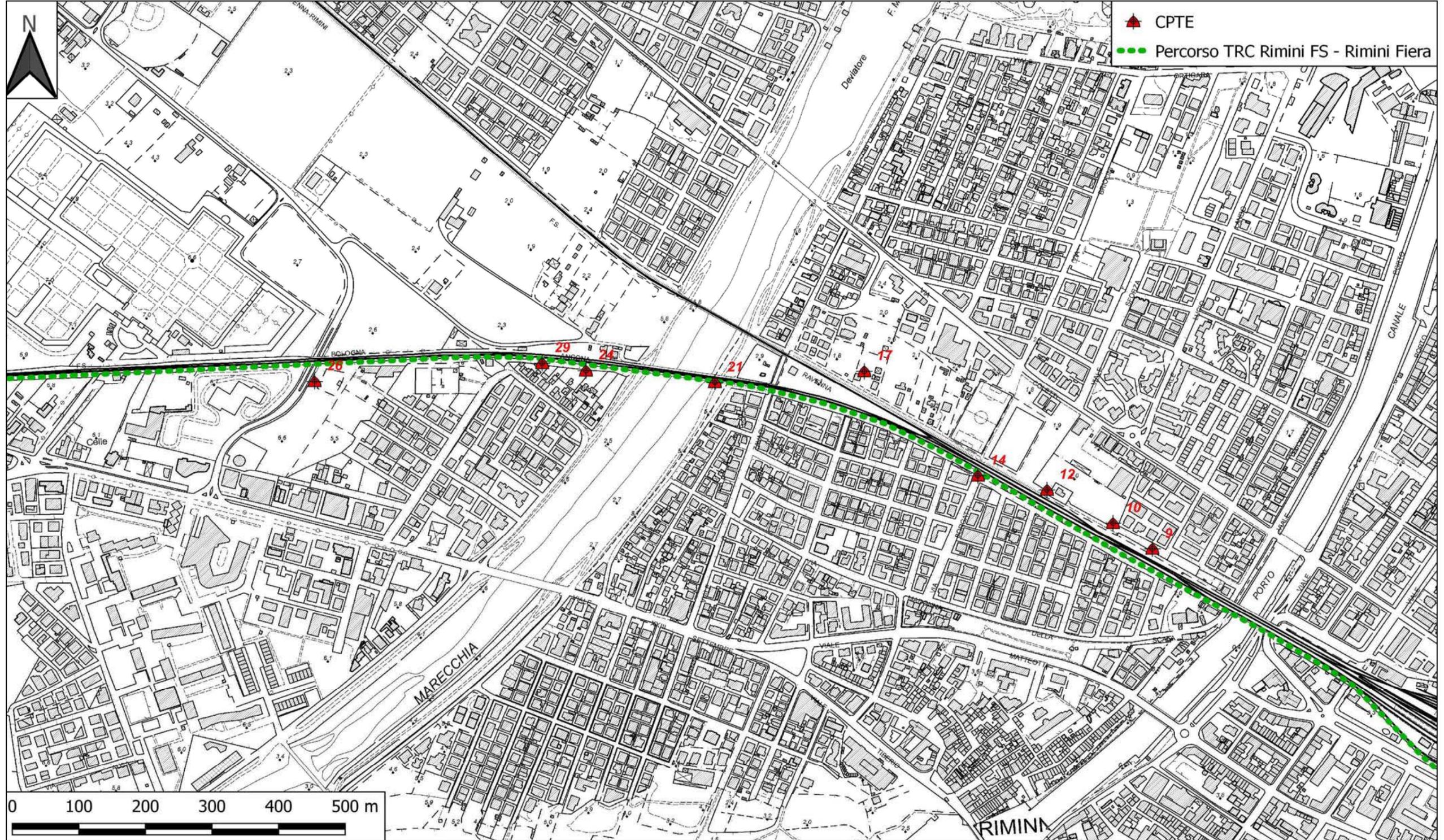
10.5 RISULTATI DELLE VERIFICHE DI CALCOLO

Nel caso specifico le verticali di indagine utilizzate, sono in grado di fornire un'adeguata copertura di calcolo in quanto omogeneamente distribuite sull'areale di intervento. Visti i valori di resistenza alla liquefazione (terreni incoerenti) ed alla degradazione ciclica (terreni coesivi), nell'ipotesi di condizioni free-field (campo libero) si può constatare come il potenziale di liquefazione varia realmente in maniera molto limitata.

Gli indicatori di riferimento considerati presentano i seguenti valori limite in relazione agli scenari di scuotimento a cui ci si è riferiti:

VERIFICHE DI LIQUEFACIBILITA' CON IPOTESI $a_{maxs} = 0.29g$ (approccio semplificato)				
CONDIZIONE "FREE FIELD"				
PENETROMETRIA CPT 9	IPL = 6,06	LSN = 17,4	S_{tot} = 9,8 cm	PL = 14,56
PENETROMETRIA CPT 10	IPL = 13,52	LSN = 38,0	S_{tot} = 16,4 cm	PL = 46,38
PENETROMETRIA CPT 12	IPL = 14,08	LSN = 28,9	S_{tot} = 15,5 cm	PL = 49,45
PENETROMETRIA CPT 14	IPL = 12,91	LSN = 23,4	S_{tot} = 15,7 cm	PL = 43,13
PENETROMETRIA CPT 17	IPL = 19,33	LSN = 48,2	S_{tot} = 22,1 cm	PL = 75,42
PENETROMETRIA CPT 21	IPL = 7,67	LSN = 16,1	S_{tot} = 9,7 cm	PL = 19,47
PENETROMETRIA CPT 24	IPL = 2,64	LSN = 7,8	S_{tot} = 5,6 cm	PL = 7,47
PENETROMETRIA CPT 26	IPL = 1,67	LSN = 7,05	S_{tot} = 4,6 cm	PL = 6,14
PENETROMETRIA CPT 29	IPL = 0,48	LSN = 5,06	S_{tot} = 2,4 cm	PL = 4,80

Di seguito si allega una cartografia in scala 1:6.000 con l'ubicazione delle indagini dirette (Prove penetrometriche CPT), utilizzate per la verifica a liquefazione.



Carta con ubicazione indagini utilizzate per verifica a liquefazione

11. CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE

L'Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri ripresa e completata con la OPCM n. 3519/2006, integrata con le NTC 2008 e le NTC 2018 ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica, che ci adegua allo standard europeo (Eurocodice 8).

Infatti nel caso in cui si ha contezza delle condizioni stratigrafiche e delle proprietà dei terreni, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s , ottenuti mediante specifiche prove.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

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 V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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 $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono di seguito rappresentate:

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

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Attraverso l'elaborazione di tutte le indagini geofisiche eseguite, si sono ottenuti valori di $V_{s,eq}$ dei terreni compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Pertanto, ai sensi dell'Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri ripresa e completata con la O.P.C.M. n. 3519/2006 e successivamente con il D.M. 17.01.2018, i terreni in esame rientrano nel tipo di suolo **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*).

12. CONCLUSIONI

In questo capitolo conclusivo si sintetizzano le pericolosità geologiche identificabili nell'area interessata dal progetto; ciò nell'ottica di consentire la verifica della compatibilità dell'opera con le componenti geologiche, in accordo alla normativa vigente.

Più in dettaglio, di seguito si riassumono gli elementi geologici di interesse ingegneristico desunti dallo studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico, integrati con le informazioni desumibili dagli studi sismo-tettonici e dalle cartografie di pericolosità redatte dagli Enti preposti al governo del territorio.

L'area di intervento ricade nel bacino idrografico sotteso dal corso d'acqua Marecchia e all'interno di aree appartenenti all'ambito *"Bacini costieri Marecchia Conca"*. Il tracciato attraversa i corsi d'acqua Marecchia e Porto Canale, interessando i terreni appartenenti agli ambienti della Piana Costiera e della Piana Alluvionale.

Nel contesto dell'attuale sistema di Trasporto Rapido Costiero TRC che si estende tra Rimini FS e Riccione FS, il presente progetto prevede il prolungamento a nord fino al quartiere fieristico. La proposta progettuale prevede una linea, di lunghezza pari a circa 4,3 km, che si sviluppa su un tracciato in sede interamente protetta, garantendo tempi di percorrenza certi, senza alcuna interferenza con la viabilità esistente. Il tracciato si pone in adiacenza alla linea ferroviaria Bologna – Ancona in rilevato rispetto al piano di campagna mantenendosi a cavallo dell'attuale confine fra aree ferroviarie e comunali.

Dal punto di vista geologico, l'area di progetto si sviluppa lungo un allineamento dove le carte geologiche Regionale e d'Italia rilevano la presenza dei sedimenti della Successione neogenico - quaternaria del Margine Appenninico Padano, nello specifico il *Subsistema di Ravenna (AES8)* e del suo sottosistema dell'*Unità di Modena (AES8a)*.

Dal punto di vista idrogeologico i terreni superficiali sabbiosi e limosi, dotati di discreta permeabilità, rappresentano un acquifero sede di falda con livello freatico caratterizzato da oscillazioni minime. Sull'area di progetto è certamente presente una complessa ed articolata circolazione idrica ipodermica, caratterizzata da vari livelli di falda, spesso di tipo freatico ma, in profondità, anche di tipo artesiano (falda in pressione). Dai dati del quadro conoscitivo e dalle testimonianze storiche si può ragionevolmente ipotizzare un massimo innalzamento stagionale in condizioni ordinarie a -1.0 m dal piano di campagna. La presenza di depositi grossolani di subalveo

del canale deviatore del Fiume Marecchia garantisce una alimentazione cospicua della falda freatica e apporti idrici consistenti in occasione di periodi caratterizzati da intense e prolungate precipitazioni meteoriche. In tali depositi il livello piezometrico, in caso di tali eventi meteorologici eccezionali, può innalzarsi giungendo anche a quote di -0.50 mt dal piano di campagna. Durante le indagini geognostiche esperite, si è rinvenuta la prima falda, libera a profondità compresa tra -1.0 e - 4.9 metri dal p.c., una seconda falda, in pressione, tra - 21.1 e -25 metri dal p.c. ed una terza falda, in pressione, tra - 37 e -39,5 metri al p.c..

Per la parametrizzazione geotecnica e per la stratigrafia di dettaglio dell'intera area di progetto, in prima istanza, per la consegna della prima stesura dello studio geologico, avvenuto nel mese di dicembre 2022, sono stati utilizzati dati di letteratura e dati desunti da altri lavori analoghi eseguiti in aree limitrofe. Successivamente, nei mesi di dicembre 2022, gennaio e febbraio 2023, sono state eseguite, parte delle indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, programmate precedentemente; pertanto, le risultanze di tali indagini, anche se parziali sono state utilizzate per la definizione dei parametri geotecnici rappresentativi relativi alle aree del tracciato, dove verranno realizzate le opere d'arte più importanti.

Dal punto di vista sismico, il comune di Rimini, in cui è ubicata l'area di progetto, ricade in zona sismica 2 per la quale le accelerazioni attese al suolo sono comprese tra $0.15 \div 0.25g$ (secondo i criteri dell'allegato 1 dell'OPCM 3274/2003).

L'area in esame è da considerarsi a pericolosità sismica elevata in quanto ricade in un territorio adiacente ad aree di elevata sismicità. Con riferimento alle zone sismogenetiche ZS9, definite nell'ambito della mappa di pericolosità sismica di base di riferimento ("estratto del Gruppo di lavoro del 2004"), l'area in esame ricade nella zona 917 (Rimini - Ancona), alla quale viene associata una Magnitudo massima pari a $M_{max} = 6,14$. Per quanto riguarda la definizione della azione sismica di progetto, sono state condotte opportune indagini finalizzate a determinare la categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC 2018. I profili di velocità delle onde S forniti dalle prove mostrano i valori della categoria di sottosuolo C.

Febbraio 2023

