

Affidamento in «Concessione mediante project financing del servizio di assistenza passeggeri e di Stazione Marittima nel porto di Ravenna, nonché delle aree per la realizzazione e gestione della nuova Stazione Marittima e degli altri beni strumentali e/o complementari alla prestazione del suddetto servizio da realizzare sulla banchina crociere di Porto Corsini (RA) e aree demaniali adiacenti»

CUP: C61B21002130003 - CIG: 8709330E77 – CUI L92033190395202100009

Progetto esecutivo - Relazione geologica



Committente



Progettista Definitivo ed Esecutivo



Atelier(S) Alfonso Femia / AF517

55 rue des petites Ecuries 75010 Paris
tel. +33 1 42 46 28 94
paris@atelierfemia.com

via interiano 3/11 16124 Genova
tel. +39 010 54 00 95
genova@atelierfemia.com

via cadolini 32/38 20137 Milano
tel. +39 02 54 01 97 01
milano@atelierfemia.com

Direzione Architettonica
Simonetta Cenci, Alfonso Femia
Project Manager
Carola Picasso
Team Progettazione
Stefania Bracco, Francesca Raffaella Pirrello, Sara Traverso,
Fabio Marchiori, Alessandro Bellus, Simone Giglio,
Fernando Cannata

DIORAMA
DIORAMA Paris & Atelier(s) Alfonso Femia
modello 3d e visualizzazioni

ARCHITETTURA E PAESAGGIO
MICHELANGELO PUGLIESE
REGIO CALABRIA
STUDIO DI ARCHITETTURA E PAESAGGIO
Arch. Michelangelo Pugliese
Landscape architect PhD



For engineering architecture
piazzetta lagrange 1 10123 Torino tel +39-011-5628702 tech@for-arch.com
coordinamento
roberto mancini



Rina Consulting S.p.A.

Via Cecchi, 6 – 16129 GENOVA – ITALIA
tel. +39 010 31961

info@rina.org
<http://www.rinagroup.org>

Technical Director
Alessandro Odasso
Project Manager
Antonio De Ferrari, Alessandra Canale
Investment Analyst
Cristina Migliaro
Structural Engineers
Alaeddine Fatnassi, Simone Caffè, Alex Riolfo (AREA)
Geotechnical Engineers
Roberto Pedone, Luca Buraschi, Veronica Minardi (CEAS)
Sustainability, Energy Efficiency, LEED
Fabrizio Tavaroli, Eva Raggi
MEP
Diego Rattazzi, Andrea Guerra, Fabio Mantelli, Igor Ruscelli
Roads and Parkings
Nunzio Pisicchio, Andrea Marengo
Environment
Pierluigi Guiso
H&S
Federico Barabino, Antonio Bleva
Security
Giovanni Napoli, Davide Zanardi
BIM Manager
Fabio Figini

Legal
Avv. Luigi Cocchi

Rev	Data	Verificato	Approvato	Oggetto Revisione
0	2/9/2022	ANTDE	ALEOD	Revisione da progetto definitivo

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE FIGURE	4
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	5
1 PREMESSA	6
2 OBIETTIVI E STRUTTURA DEL DOCUMENTO	7
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	9
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	13
3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	18
4 INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO	22
4.1 SORGENTI SISMOGENETICHE E TETTONICA	22
4.2 SISMICITÀ	24
4.2.1 Sismicità Storica	24
4.2.2 Classificazione Sismica	25
4.3 MICROZONAZIONE SISMICA	26
5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO - STRATIGRAFICA DELL'AREA DI PROGETTO	29
5.1 INDAGINI 1999	29
5.2 INDAGINI 2013	31
6 CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE	35
RIFERIMENTI	37

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1-1:	Area di progetto presso Porto Corsini	7
Figura 3-1:	Geologia di Sintesi. Ambienti Deposizionali (Portale Cartografico della Regione Emilia-Romagna)	9
Figura 3-2:	Sezione Stratigrafica attraverso i sondaggi S9-S7-S1 e S3 (CARG, Note Foglio 223)	10
Figura 3-3:	Carta Geologica (CARG, Foglio 223 Ravenna)	11
Figura 3-4:	Carta Geologia del Sottosuolo (CARG, Foglio 223 Ravenna)	12
Figura 3-5:	Indagini Geognostiche (Portale Cartografico della Regione Emilia-Romagna)	13
Figura 3-6:	Carta Uso del Suolo della zona costiera (Portale Cartografico Regione Emilia-Romagna)	13
Figura 3-7:	Carta Altimetria (Portale Cartografico Regione Emilia-Romagna)	14
Figura 3-8:	Confronto tra le velocità di abbassamento in diversi periodi e abbassamento complessivo 1984-2016 per diverse località costiere (Arpae, 2018)	15
Figura 3-9:	Mappe (a)-(d) della velocità di Abbassamento del Suolo (mm/anno) riferite a diversi periodi temporali (Portale Cartografico di Arpae)	17
Figura 3-10:	Estratto della Carta delle Aree a Rischio Idrogeologico (PAI)	18
Figura 3-11:	Estratto della Carta delle Isofreatiche (PSC)) (📍 Sito)	19
Figura 3-12:	Estratto della Carta delle Isobate Superficie Freatica (PSC)) (📍 Sito)	20
Figura 3-13:	Estratto della Carta delle Isopieze (PSC)) (📍 Sito)	20
Figura 3-14:	Estratto della Carta dei Vincoli Ambientali Vigenti: Zone Vulnerabili (PSC, 2007)) (📍 Sito)	21
Figura 4-1:	Mappa delle Sorgenti Sismogenetiche nell'intorno di Ravenna (Diss Working Group, 2018) (📍 Sito)	22

Relazione geologica

Figura 4.2:	Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante il sito (SGI - ISPRA, 2022) (📍 Sito)	23
Figura 4-3:	Magnitudo dei Terremoti estratti dal database Iside (INGV) (📍 Sito)	24
Figura 4-4:	Intensità massima risentita dei Terremoti in un raggio pari a 40 km dal sito, estratti dal CPT115 (📍 Sito)	25
Figura 4-5:	Intensità massime dei Terremoti Risentiti a Ravenna, estratte dal CPT115	25
Figura 4-6:	Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (Sito INGV) (📍 Sito)	26
Figura 4-7:	Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area	26
Figura 4-8:	Carta delle Aree Suscettibili di Effetti Locali (RUE, Comune di Ravenna)	27
Figura 4-9:	Carta delle Velocità Onde di Taglio (RUE, Comune di Ravenna)	28
Figura 4-10:	Carta dei Fattori di Amplificazione (RUE, Comune di Ravenna)	28
Figura 5-1:	Mappa di Ubicazione delle Indagini (Relazione Geologico Geotecnica, anno 1999)	29
Figura 5-2:	Parametri geotecnici medi per i vari strati di terreno (Relazione Geologico Geotecnica, anno 1999) 31	
Figura 5-3:	Mappa di Ubicazione delle Indagini (Relazione Geologica e Sismica, anno 2013)	32
Figura 5-4:	Schema Geo-litologico del sottosuolo nell'area di progetto (Relazione Geologica e Sismica 2013) 33	
Figura 5-5:	Valori Medi Parametri Meccanici Prova CPTU2 (Relazione Geologica e Sismica 2013)	34

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

DM	Decreto Ministeriale
G.U.	Gazzetta Ufficiale
NTC	Norme Tecniche per le Costruzioni
PRG	Piano Regolatore Generale (General Urban Development Plan)
PAI	Piano Assetto Idrogeologico
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
PRG	Piano Regolatore Generale (General Urban Development Plan)
CSS	Composite Seismogenic Source
ISS	Individual Seismogenic Source
VP	Velocità delle onde sismiche P
VS	Velocità delle onde sismiche S
MASW	Multichannel Analysis of Surface Waves

1 PREMESSA

Ravenna Civitas Cruise Port (RCCP) è una società a capitale pubblico e privato costituita come concessionaria per l'esercizio del futuro terminal crociere di Ravenna.

L'investimento comprenderà:

- Strade e parcheggi nella zona antistante il Terminal, integranti un'area verde denominata "Parco delle Dune"
- L'edificio "Terminal" avente funzione di check in e sbarco passeggeri
- Il sistema passerella e PBB che collegano sul molo il Terminal con la nave

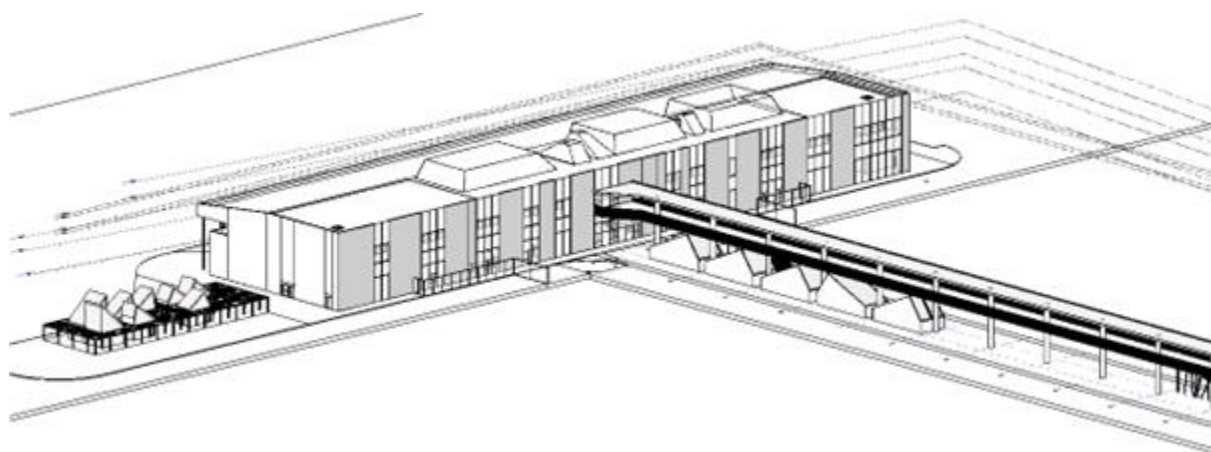


Figura: Terminal e Passerella



Figure: Vista Aerea

2 OBIETTIVI E STRUTTURA DEL DOCUMENTO

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica del Progetto Esecutivo e ha come obiettivo quello di certificare che l'opera realizzata risulti compatibile con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del sito in base a quanto previsto da:

- ✓ Decreto Ministeriale (DM) 14-01-2008 'Norme Tecniche di Costruzione', pubblicato nel S.O. della G.U. n.30 del 4 febbraio 2008;
- ✓ Circ. Min. LL.PP. 02/02/2009 n. 617, pubblicata nella G.U. n.47 del 26 febbraio 2009;
- ✓ Decreto 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle 'Norme Tecniche per le Costruzioni';
- ✓ Circolare n. 7 C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019 – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le Costruzioni"» di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.

La localizzazione dell'area di progetto è mostrata in Figura 2-1.



Figura 2-1: Area di progetto presso Porto Corsini

Inoltre, con la presente relazione, si intende verificare che il progetto sia conforme alle indicazioni contenute:

- ✓ nel Piano di Stralcio per il Rischio Idrogeologico. Testo coordinato con gli adeguamenti introdotti fino alla "Variante di coordinamento PAI-PGRA" (DGR 2112/2016), ultimo aggiornamento disponibile;
- ✓ negli strumenti urbanistici del Comune di Ravenna, per quanto riguarda gli aspetti geologici e sismici, in particolare nei seguenti strumenti urbanistici vigenti collegati al PRG2003 [1]:
 - Piano Strutturale Comunale (PSC),
 - Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE),
 - 2° Piano Operativo Comunale (POC) 2016-2021,
 - Piano Generale Urbanistico (PUG).

¹ <https://www.comune.ra.it/aree-tematiche/gestione-del-territorio-e-protezione-civile/urbanistica/rup-ravenna-urban-planner/>

Relazione geologica

Sulla base dell'analisi della documentazione di progetto, della bibliografia esistente e delle relazioni e studi geologici precedentemente svolti nell'area di progetto, il presente documento riporta:

- ✓ la descrizione delle opere a progetto (Capitolo 2);
- ✓ l'inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico (Capitolo 3);
- ✓ l'inquadramento tettonico e sismico (Capitolo 4);
- ✓ la caratterizzazione stratigrafica locale (Capitolo 5) sulla base delle indagini pregresse disponibili;
- ✓ le considerazioni geologico-tecniche (Capitolo 6).

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Nel presente capitolo vengono analizzati, sulla base della bibliografia esistente, gli aspetti relativi alla geologia, geomorfologia e alla idrogeologia del sito in oggetto.

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Come visibile dall'inquadramento geologico di sintesi estratto Portale Cartografico della Regione Emilia-Romagna (Figura 3-1), l'area di progetto (cerchio rosso) si inserisce a scala vasta in una estesa zona di fascia costiera caratterizzata da presenza di *depositi di cordone litorale e duna eolica* (verde scuro), e da *depositi di laguna e palude* (verde chiaro). Più internamente a questa fascia costiera, affiorano depositi di piana inondabile e depositi di argine, canale e rotta fluviale (ampia zona rappresentata in grigio e azzurro).

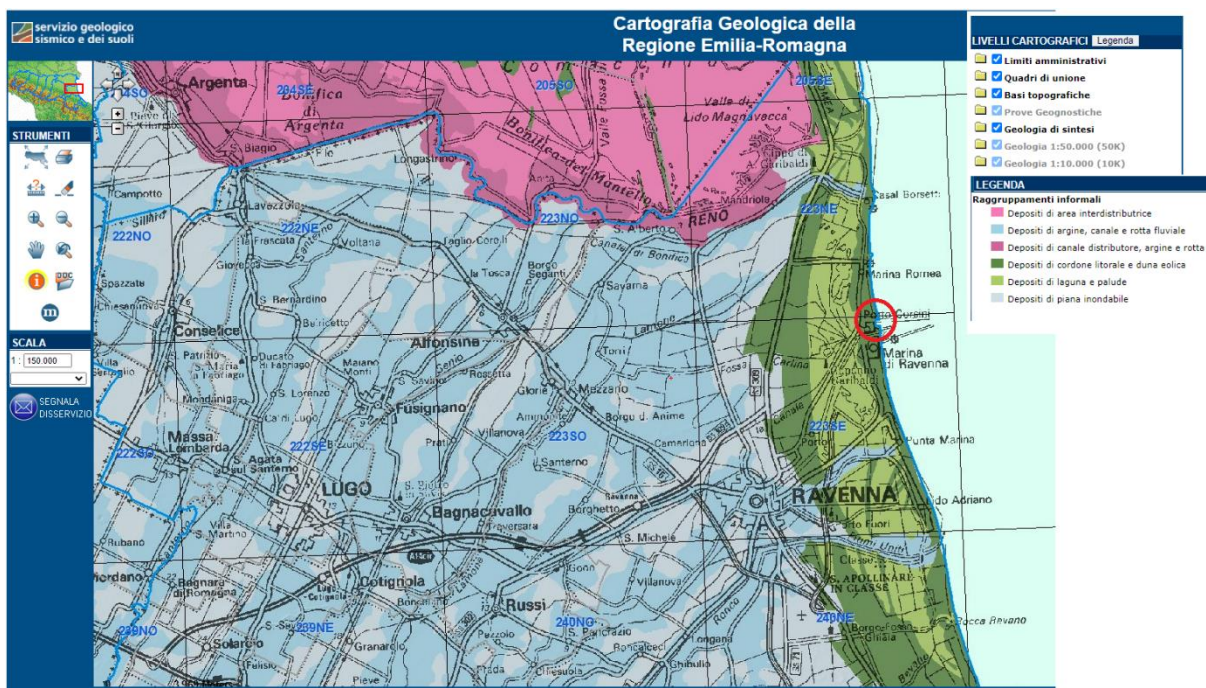
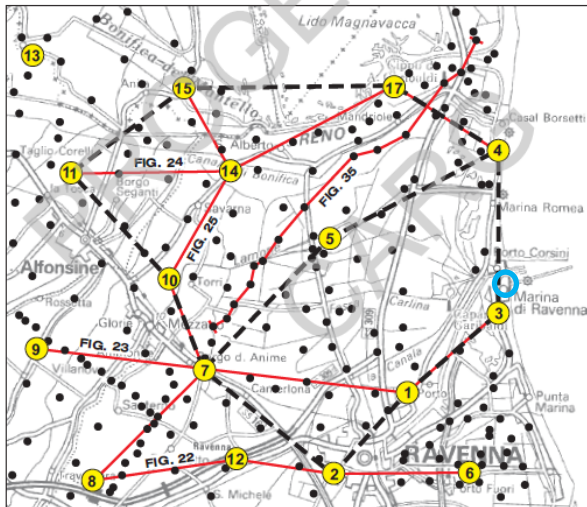


Figura 3-1: Geologia di Sintesi. Ambienti Deposizionali (Portale Cartografico della Regione Emilia-Romagna)

La sezione sottostante (Figura 3-2), tratta dalle Note Illustrative al Foglio CARG 223 (Ravenna) fornisce uno spaccato che si sviluppa dalla costa (sondaggio S3, presso Marina di Ravenna) verso SW e W. La zona costiera prossima all'area di progetto (cerchio azzurro, a nord del sondaggio S3) mostra litofacies appartenenti al sistema deltizio-litorale, in particolare, da piano campagna (p.c.) fino a circa 28 m di profondità:

- ✓ Facies di cordone litorale (sabbie di spiaggia sommersa superiore/intertidale, S2, e inferiore, S1);
- ✓ Facies di prodelta e transizione alla piattaforma (argille e sabbie di prodelta, M2, e argille e sabbie di transizione spiaggia - piattaforma, M1);
- ✓ Facies di barriera trasgressiva (sabbie limose marine fossilifere, T2, e lag conchigliare, T1).

Al di sotto di circa 28 m di profondità, sono presenti litofacies di piana alluvionale più antiche (aree non colorate in sezione).



- Sondaggi a carotaggio continuo
- Prove penetrometriche
- Tracce di sezione

CODICE	LITOFACIES	ASSOCIAZIONE DI FAGIES (UNITA CARTOGRAFICA)	ELEMENTO DEPOSIZIONALE	SISTEMA DEPOSIZ.
A1	argille di piana inondabile	piana inondabile	piana alluvionale	sistema alluvionale
A2	limi e sabbie di argine	canale, argine e rotta fluviale		
A3	sabbie di canale fluviale			
A4	sabbie di ventaglio di rotta			
D	sabbie e limi di canale distributore	canale distributore, argine e rotta	piana deltizia	sistema deltizio - litorale
P1	argille di palude salmastra	area interdistributrice, retrocordone	piana deltizia piana di sabbia	
P2	torbe di palude salmastra			
L1	argille lagunari			
L2	sabbie e argille lagunari			
S1	sabbie di spiaggia sommersa inferiore	cordone litorale	fronte deltizia piana di sabbia	
S2	sabbie di spiaggia sommersa superiore/spiagge intertidali			
S3	sabbie e limi di spiagge emerse			
M1	argille e sabbie di transizione spiaggia-piattaforma	prodelta e transizione alla piattaforma	prodelta e transizione alla piattaforma	
M2	argille e sabbie di prodelta			
B1	limi e argille di laguna/baia	retrobarriera (non affiorante)	complesso barriera/laguna	
B2	argille e torbe di laguna/baie			
B3	argille di palude di acqua dolce			
T1	lagh conchigliare	barriera trasgressiva (non affiorante)		
T2	sabbie limose marine fossilifere			

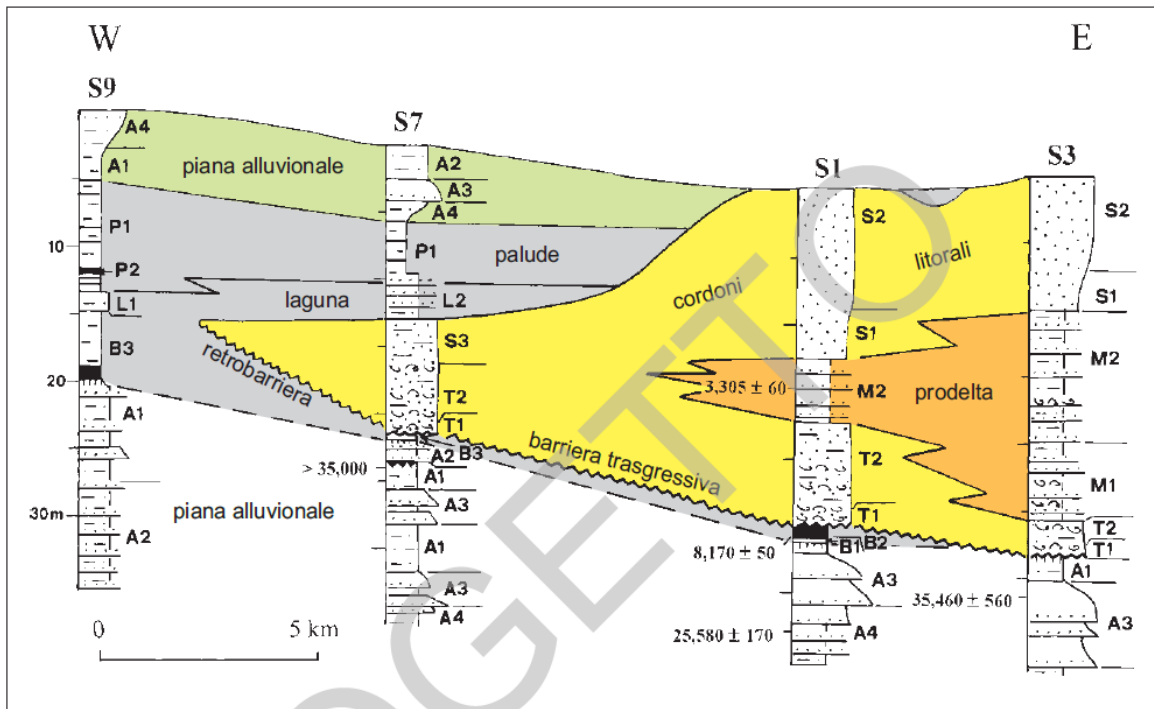


Figura 3-2: Sezione Stratigrafica attraverso i sondaggi S9-S7-S1 e S3 (CARG, Note Foglio 223)

Le sequenze deposizionali affioranti nell'area di progetto, in base a quanto riportato nel Foglio n. 223 "Ravenna" della Carta Geologica D'Italia alla scala 1: 50.000, e nella Cartografia Geologica disponibile al Portale Cartografico della Regione Emilia-Romagna, sono afferenti al **Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES, Pleistocene Medio - Olocene)**², che comprende depositi continentali, deltizi, litorali e marini organizzati in successioni cicliche

² Lo spessore massimo complessivo riportato dei depositi del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore è di circa 290-300 m, e potenza massima analoga è associata al Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (Note Illustrative Foglio CARG 223 Ravenna).

Relazione geologica

di alcune decine di metri di spessore (ISPRA, Note illustrative al Foglio 223). Nell'area del Foglio 223 affiorano unicamente (Figura 3-3):

- ✓ il **Subsistema di Ravenna (AES8, Olocene, spessore massimo 28,5 m)** che costituisce la parte sommitale del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore. Comprende sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale organizzati in corpi lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi, di spessore plurimetrico;
- ✓ l'**Unità di Modena (AES8a, Età Post-Romana, spessore massimo 5,5 m)**, unità di rango inferiore che costituisce la parte sommitale del subsistema di Ravenna, e che affiora nell'area di progetto.

La Figura 3-3 mostra anche che, in termini deposizionali, l'area di progetto (tralasciando i depositi antropici di riempimento dell'area di Porto Corsini) è rappresentata da **sabbie di cordone litorale** (spiaggia e duna eolica, puntinato rosso) che, verso W, passano ad **argille e torbe di retrocordone** (tratteggiato rosso). I **depositi di prodelta e transizione alla piattaforma** affiorano a mare (tratteggiato azzurro) e si incuneano verso ovest sotto i depositi di fronte deltizia e piana di sabbia.

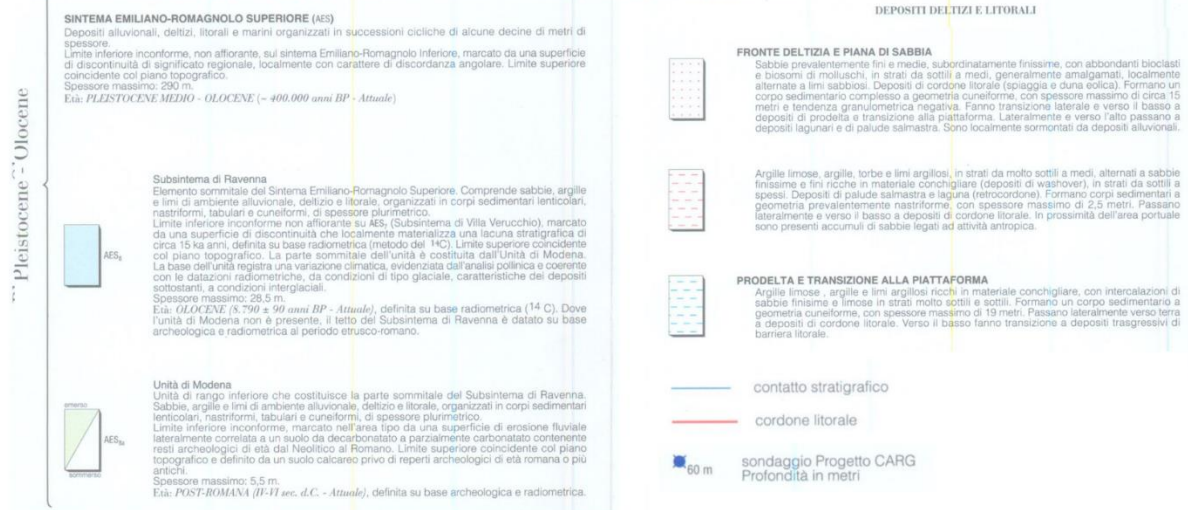


Figura 3-3: Carta Geologica (CARG, Foglio 223 Ravenna)

Relazione geologica

La sezione E-W passante dal sondaggio S3 e dalla SS309 (Figura 3-4), stralcio del **Foglio CARG 223 - Geologia del Sottosuolo**, mostra, in particolare, l'andamento in profondità della superficie corrispondente al *tetto delle Sabbie litorali del Subsistema di Ravenna* (riga rossa in sezione) oltre che l'andamento della superficie di base del subsistema stesso (riga blu in sezione), a circa 30 m di profondità (dal Imm).

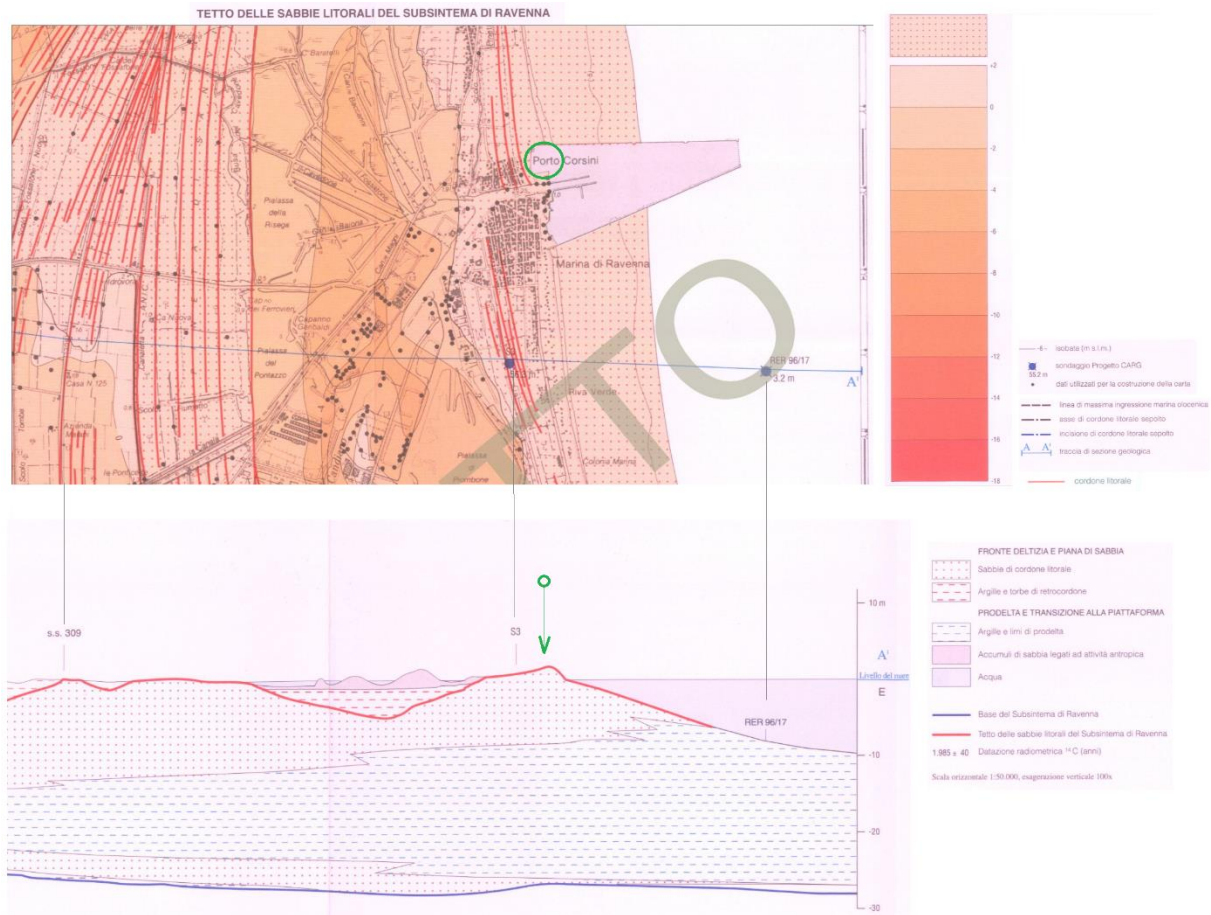


Figura 3-4: Carta Geologica del Sottosuolo (CARG, Foglio 223 Ravenna)

Nella zona circostante l'area di Progetto, il Geoportale della Regione Emilia-Romagna (https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp) segnala la localizzazione di sondaggi e prove geognostiche che includono sondaggi a carotaggio continuo, perforazioni offshore, pozzi per acqua e prove CPT (Figura 3-5). In merito ai due sondaggi a terra più prossimi all'area di progetto (delimitata in giallo):

- ✓ Il sondaggio P405 (anno 1991): è stato approfondito fino a 60 m (quota p.c. 0.7 m) e mostra sotto 90 cm di strato di riporto un'alternanza di strati plurimetri in prevalenza di sabbia fine, limosa e di limo argilloso fino a fondo foro;
- ✓ Il sondaggio P406 (anno 1986): molto più superficiale (profondità di 5 m, quota p.c. 0.9 m), mostra fondamentalmente livelli sabbiosi medio fini fino a 4,8 m e un sottile livello argilloso fino a fondo foro. Il sondaggio è stato attrezzato a piezometro e il livello statico della falda riportato è pari a -1,2 m da p.c.

I due pozzi per acqua (P602 e P603) raggiungono entrambi la profondità pari a 249 m (quota p.c. pari a 0,8 m per P602 e 1,4 per P603). Entrambi vanno ad intercettare acquiferi profondi per uso civile (aquedotto). Entrambe le stratigrafie mostrano l'attraversamento di diverse falde acquifere (4 livelli prima del livello fenestrato) che si sviluppano in strati sabbiosi delimitati a letto e tetto (tutti eccetto il più superficiale) da strati argillosi.

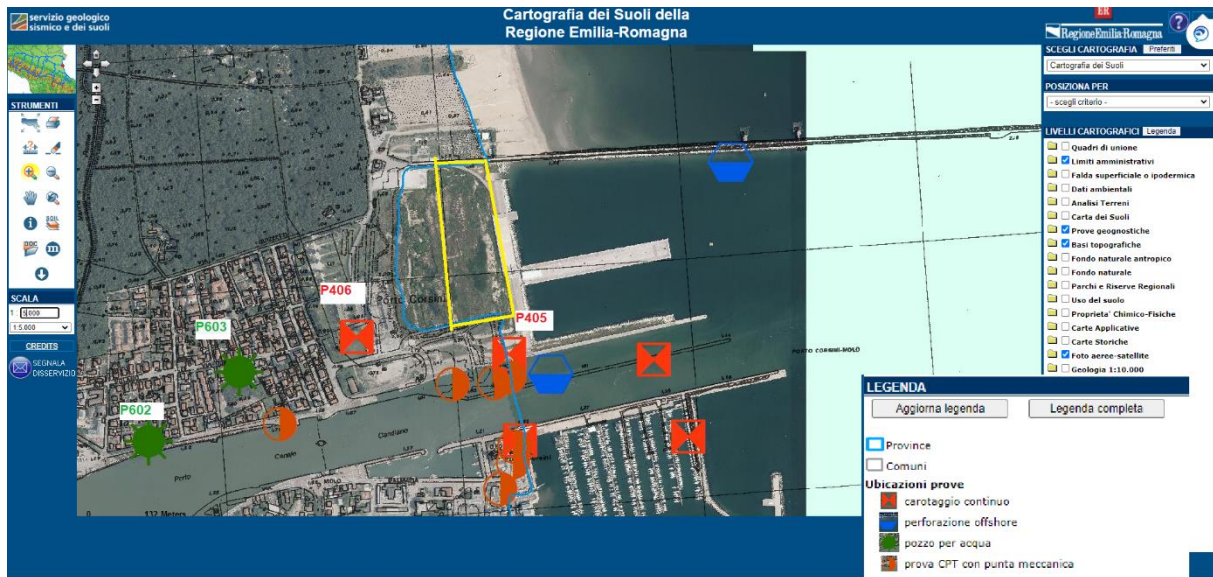


Figura 3-5: Indagini Geognostiche (Portale Cartografico della Regione Emilia-Romagna)

3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area costiera dove si colloca il progetto rappresenta una zona di riempimento a mare. La delimitazione a mare della attuale colmata è evidenziata dall'opera di difesa longitudinale aderente mostrata nella Carta "Uso del Suolo della Costa" (Figura 3-6, estratta dal portale della regione Emilia-Romagna). L'area di colmata è delimitata: verso Ovest da una zona urbanizzata, verso NW da un'area verde (vegetazione arborea) piuttosto estesa, a nord lungo la fascia costiera da "spiaggia con infrastrutture", e a Sud dal Canale Candiano che separa Porto Corsini da Marina di Ravenna.

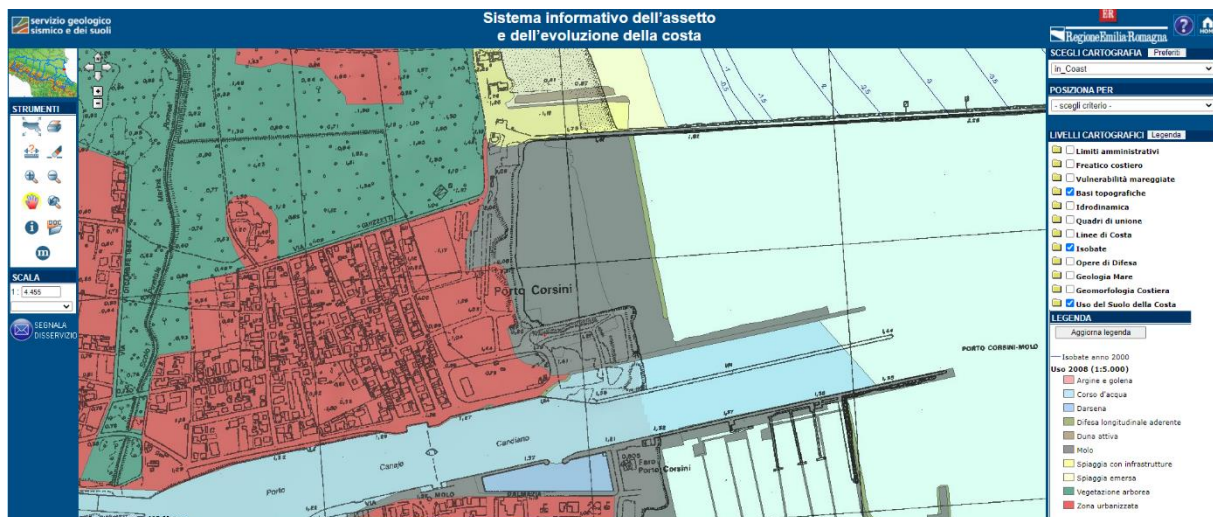


Figura 3-6: Carta Uso del Suolo della zona costiera (Portale Cartografico Regione Emilia-Romagna)

In merito alla collocazione dell' opera di difesa longitudinale che delimita l'attuale cassa di colmata, la Figura 3-7, "Altimetria" (estratta dal sito della regione Emilia-Romagna), mostra una traccia di scogliera più interna all'attuale, che è descritta come "in costruzione al margine dell'area destinata alla Nuova Capitaneria di Porto" nel 1999 (Relazione geologica-geotecnica del 1999 relativa alla costruzione delle opera a mare, si veda capitolo 5).

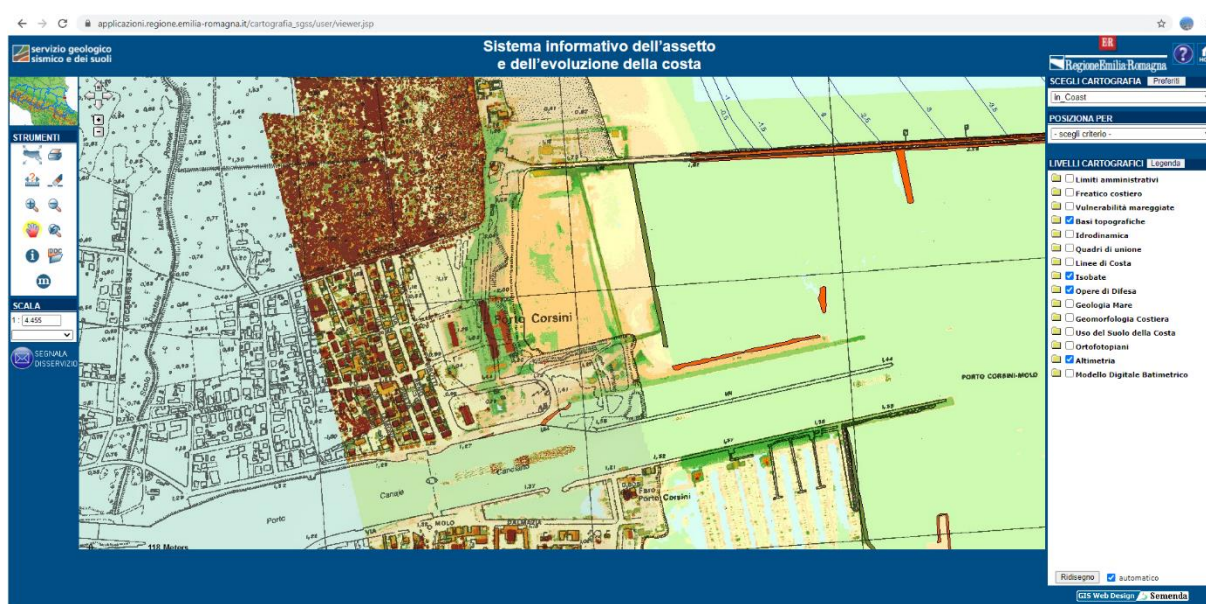


Figura 3-7: Carta Altimetria (Portale Cartografico Regione Emilia-Romagna)

L'area circostante il progetto è una zona pianeggiante attraversata da una rete di canali artificiali di bonifica. L'attuale piano campagna dell'area di Progetto si trova a quote di circa 2-2.5 m sul l.m.m. come riportato nel rilievo topografico di dettaglio (1:500) disponibile, a quote maggiori del livello topografico naturale dell'area circostante.

Le potenziali problematiche di instabilità geomorfologica attiva nell'area di progetto possono essere collegate ai fenomeni di locale **subsidenza** (in parte di origine naturale e in parte antropica, legata a prelievo di fluidi dal sottosuolo) che sono monitorati lungo l'intera fascia costiera nord adriatica.

L'Agenzia Prevenzione Ambiente Energia Emilia-Romagna (**Arpae**) riporta un confronto tra le velocità di abbassamento in diverse località del Nord Adriatico per diversi periodi storici (Figura 3-8; Arpae, 2018); da questi dati si osserva su lungo periodo una consistente diminuzione delle velocità di subsidenza a partire dagli anni '80 dello scorso secolo ad oggi.

In particolare, nelle due *località* di *Porto Corsini* e *Marina di Ravenna*, più prossime all'area di progetto, le velocità di abbassamento riportate per l'ultimo periodo di riferimento disponibile (2011-2016) sono di 8 mm/anno e 4 mm/anno, rispettivamente, con piccole variazioni rispetto al precedente periodo (2006-2011) e una consistente riduzione rispetto ai valori di metà anni '80 (24 mm/anno e 20 mm/anno, rispettivamente).

Località	Velocità di abbassamento nel periodo 1984-1987 (mm/anno)	Velocità di abbassamento nel periodo 1987-1999 (mm/anno)	Velocità di abbassamento nel periodo 1999-2005 (mm/anno)	Velocità di abbassamento nel periodo 2006-2011 (mm/anno)	Velocità di abbassamento nel periodo 2011-2016 (mm/anno)	Abbassamento 1984-2016 (cm)
Cattolica	10	2	4	4	3	-12
Rimini	28	6	9	6	4	-27
Torre Pedrera	27	2	6	3	3	-17
Bellaria	36	6	8	5	2	-27
Gatteo a Mare	38	12	10	6	3	-37
Cesenatico	55	10	9	5	3	-38
Pinarella di Cervia	30	6	8	5	3	-26
Milano Marittima	35	9	10	7	5	-35
Lido di Savio	24	9	10	6	5	-30
Foce Bevano	17	8	11	11	11	-33
Lido di Dante	20	12	19	21	17	-53
Lido Adriano	23	13	15	14	11	-45
Punta Marina	21	11	10	5	4	-31
Marina di Ravenna	20	10	8	5	4	-27
Porto Corsini	24	15	13	7	8	-42
Casalborsetti	18	11	10	3	2	-27
Dosso degli Angeli	23	18	13	2	3	-40
Portogaribaldi	10	8	8	3	2	-21
Lido delle Nazioni	14	13	10	2	3	-29
Boscone della Mesola	10	11	7	5	3	-26
Goro	20	17	10	8	3	-39
Foce del Po di Goro	-	-	9	9	4	-

Figura 3-8: Confronto tra le velocità di abbassamento in diversi periodi e abbassamento complessivo 1984-2016 per diverse località costiere (Arpae, 2018)

Più nel dettaglio, il *Portale Cartografico di Arpae* rende disponibile la cartografia relativa alle velocità di abbassamento del suolo (mm/anno) relative ai periodi 1992-2000, 2002-2006, 2006-2011 e 2011-2016, in riferimento alla *Rete regionale di monitoraggio della subsidenza*³ istituita dal 1997-98.

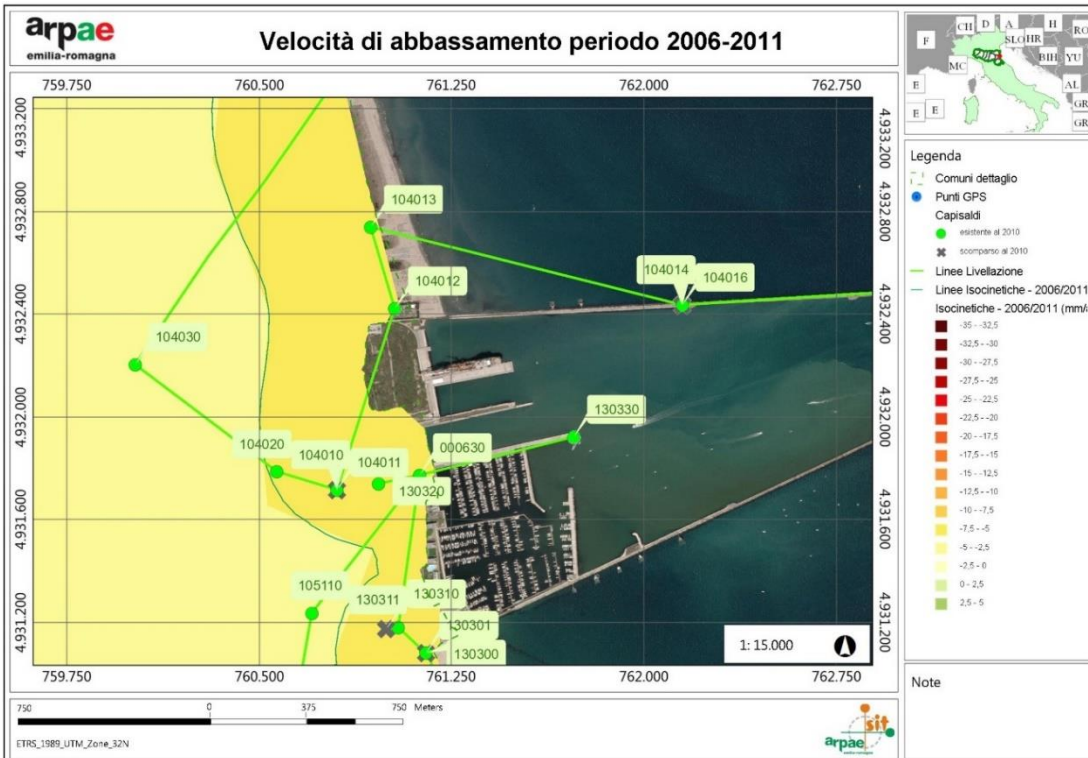
Dall'esame delle mappe di inquadramento che seguono (Figura 3-9(a)-(d)), estratte dal Geoportale Arpae, gli abbassamenti relativi ai diversi periodi rappresentati per l'area immediatamente circostante la zona di colmata sono di circa:

- 5 - 12,5 mm/anno nel periodo 2011-2016;
- 5 - 7,5 mm/anno nel periodo 2006-2011;
- 10 - 12,5 mm/anno nel periodo 2002-2006;
- 7,5 - 12,5 mm/anno nel periodo 1992-2000.

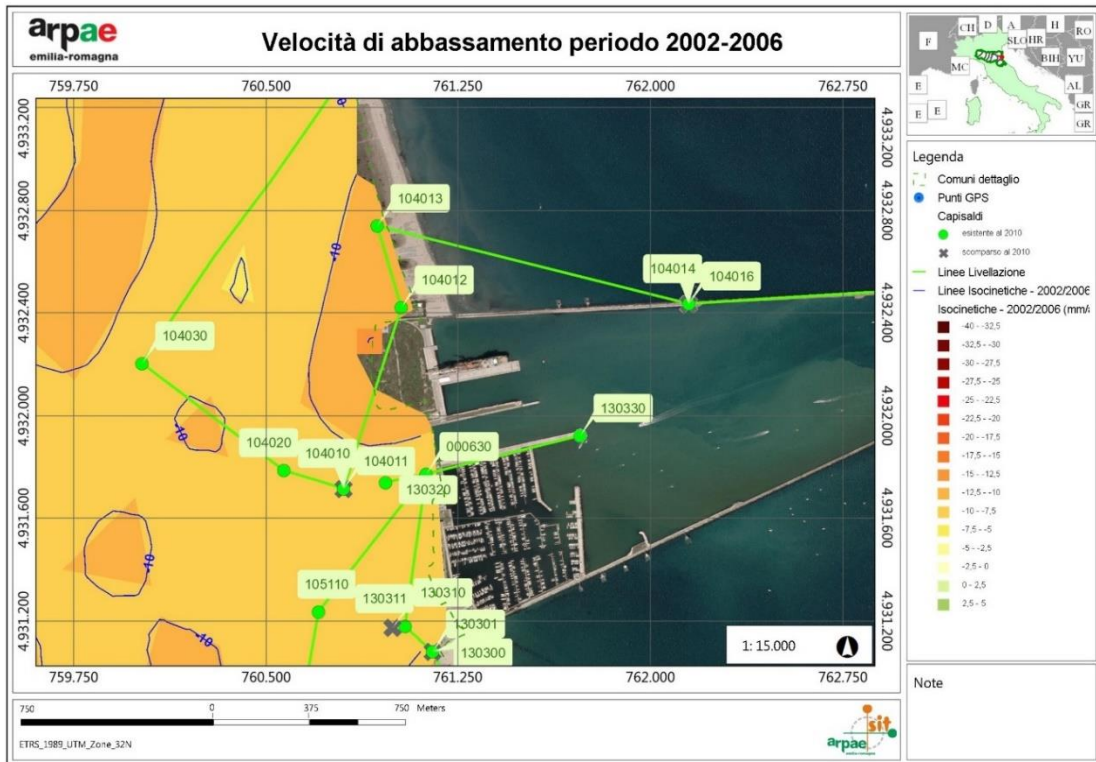
³ Rappresentata da una rete di livellazione geometrica di alta precisione con oltre 2300 capisaldi e da una rete di circa 60 punti Gps. Entrambe le reti sono state progettate a partire dal vasto patrimonio di capisaldi esistenti in un'ottica di ottimizzazione e valorizzazione delle precedenti esperienze, selezionate ed integrate con capisaldi istituiti ex novo, in funzione di un monitoraggio a scala regionale (<https://www.arpae.it/temi-ambientali/suolo/subsidenza/la-rete-regionale-di-monitoraggio-della-subsidenza>)



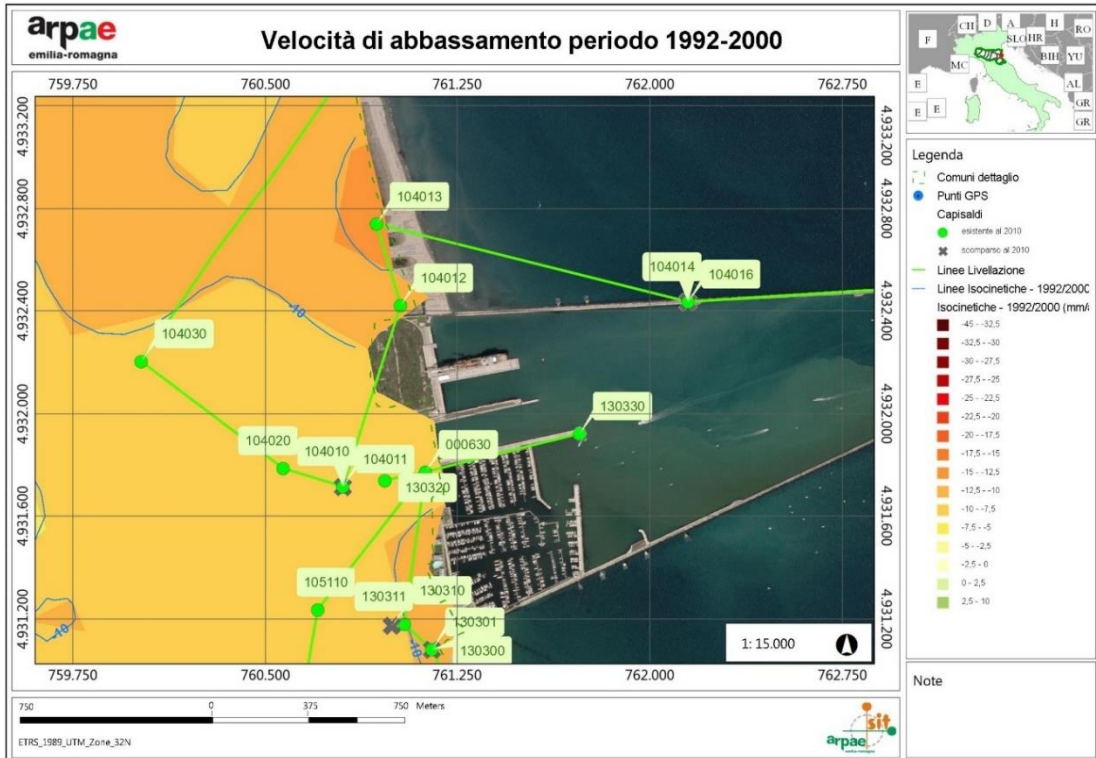
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3-9: Mappe (a)-(d) della velocità di Abbassamento del Suolo (mm/anno) riferite a diversi periodi temporali (Portale Cartografico di Arpae)

3.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Come visibile dall'estratto della **Carta delle Aree a Rischio Idrogeologico** del PAI (Tavv.223 NE-223SE), Figura 3-10, l'area di progetto, come pure la zona retrostante, viene classificata tra le **aree di costa (Titolo IV, Art. 15) potenzialmente interessate da alluvioni rare (P1)**, mentre sia la zona di sbocco a mare del Canale sia l'area immediatamente a nord dell'area di progetto sono classificate come P2 (alluvioni poco frequenti) e P3 (alluvioni frequenti) per le quali le amministrazioni dovranno operare un riferimento alla strategia ed ai contenuti del PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni) [Art. 16].

L'area di progetto si trova inoltre in prossimità o classificata in parte (settore SW) tra le **“aree di potenziale allagamento”** (aree verde chiaro) individuate in conformità con il PGRA di cui alla Direttiva 2007/60/CE e definite in base all'Art. 6 del Titolo II “Assetto della Rete Idrografica” della Normativa del PAI. In tali aree **si riconosce la possibilità di allagamenti a seguito di piene del reticolo minore e di bonifica, nonché di sormonto degli argini da parte di piene dei corsi d'acqua principali di pianura, in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore ai 200 anni, senza apprezzabili effetti dinamici.** Nella Normativa del PAI si specifica che al fine di ridurre il rischio nelle aree di potenziale allagamento la realizzazione di nuovi manufatti edilizi, opere infrastrutturali, reti tecnologiche, impiantistiche e di trasporto di energia sono subordinate all'adozione di misure in termini di protezione dall'evento e/o di riduzione della vulnerabilità.

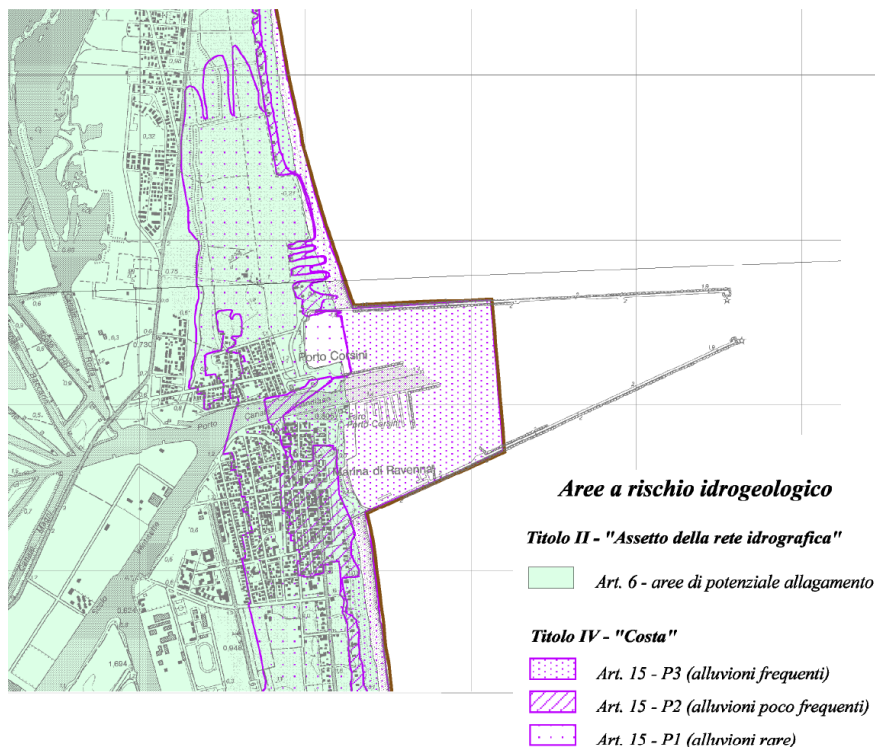


Figura 3-10: Estratto della Carta delle Aree a Rischio Idrogeologico (PAI)

La classificazione sopra descritta è rappresentata anche nell'elaborato comunale **RUE 10.4** (Overlay Piano Stralcio di bacino – Rischio Idrogeologico) [4].

In termini di corpi idrici sotterranei, l'area in esame è caratterizzata da un corpo idrico sotterraneo freatico di pianura costiero, e da una serie di corpi idrici sotterranei confinati appartenenti a sistemi superficiali (superiori) e profondi (inferiori).

Per il corpo idrico superficiale, dallo stralcio della carta delle isofreatiche del PSC (B.2.2.a, Tav. agg. 30/04/2003; Figura 3-11) nell'area circostante il progetto (cerchio rosso) i livelli di falda sono compresi tra -1 e -2 m s.l.m.. Come

⁴ <https://www.comune.ra.it/aree-tematiche/gestione-del-territorio-e-protezione-civile/urbanistica/rup-ravenna-urban-planner/rue-regolamento-urbanistico-edilizio/elaborati-bis/gestionali/rue-10-tavola-dei-vincoli-scheda-vincoli/>

Relazione geologica

mostrato nella figura, alcuni dei corsi d'acqua del sistema locale dei canali alimentano la falda e la direzione di drenaggio mostra diverse variazioni locali.

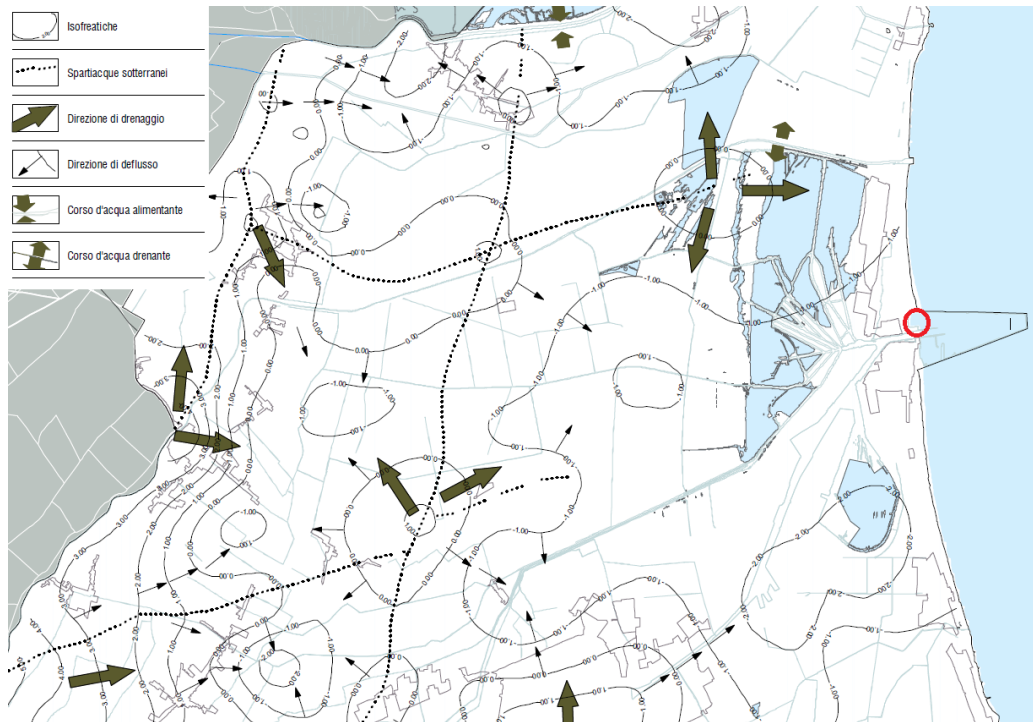


Figura 3-11: Estratto della Carta delle Isofreatiche (PSC) (0 Sito)

La Figura 3-12 mostra inoltre un estratto della carta delle Isobate della superficie freatica estratto dalla Tavola B.2.2.b (Tav. agg. 30/04/2003) del PSC che mostra profondità della falda da p.c. tra 1 e 2 m (dati riferiti a Luglio 1994, in assenza del riempimento a mare)

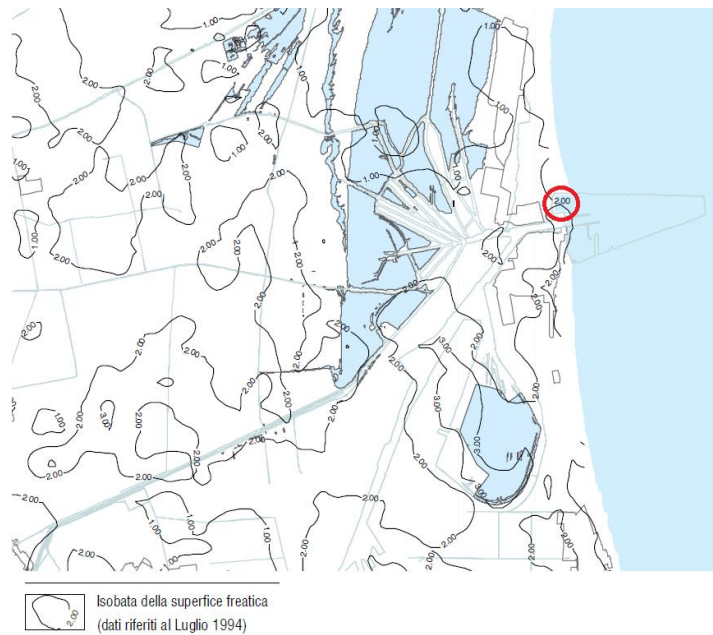


Figura 3-12: Estratto della Carta delle Isobate Superficies Freatica (PSC) (📍 Sito)

La Figura 3-13 riporta invece lo stralcio della carta delle isopieze del PSC (B.2.2.c, Tav. agg. 30/04/2003; dati riferiti a Luglio 1994). relativa all'acquifero confinato più superficiale, contenuto nei depositi di facies alluvionale, e incontrato a circa 30 m da p.c. nell'area di progetto (cerchio rosso).

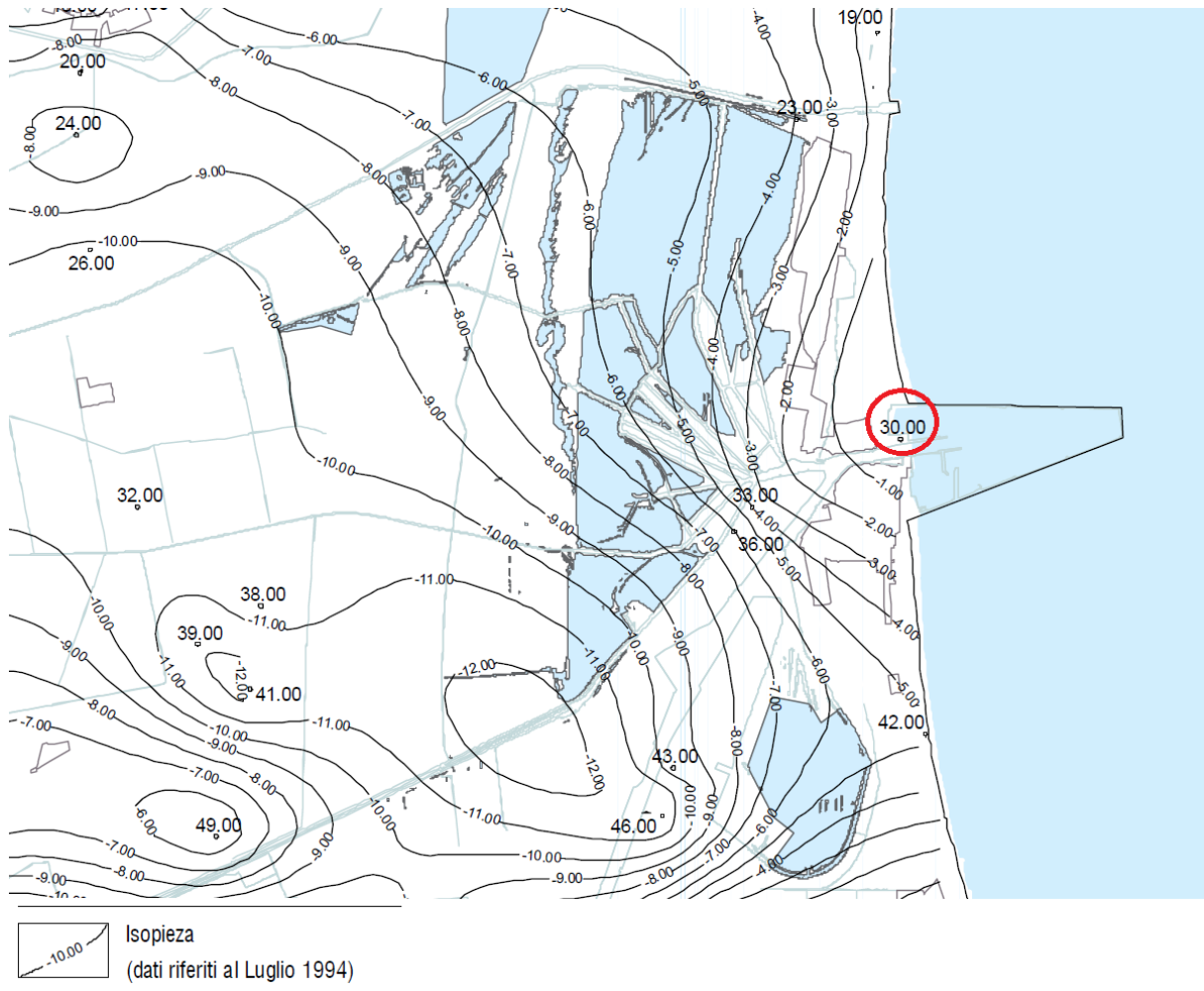


Figura 3-13: Estratto della Carta delle Isopieze (PSC) (📍 Sito)

In merito alla interazione tra acquiferi costieri e acqua marina, la Carta dei Vincoli ambientali vigenti: zone vulnerabili del PSC (D.1.2.b, Tav. agg. 20/02/2007; Figura 3-14) individua la zona di Progetto nelle “**Aree soggette ad ingressione marina**”, localizzate lungo l'intera fascia costiera e vincolate dalla disciplina comunale, nelle quali gli interventi ammessi sono sempre subordinati al rispetto dei criteri di salvaguardia della falda (PSC - Relazione del Quadro Conoscitivo).

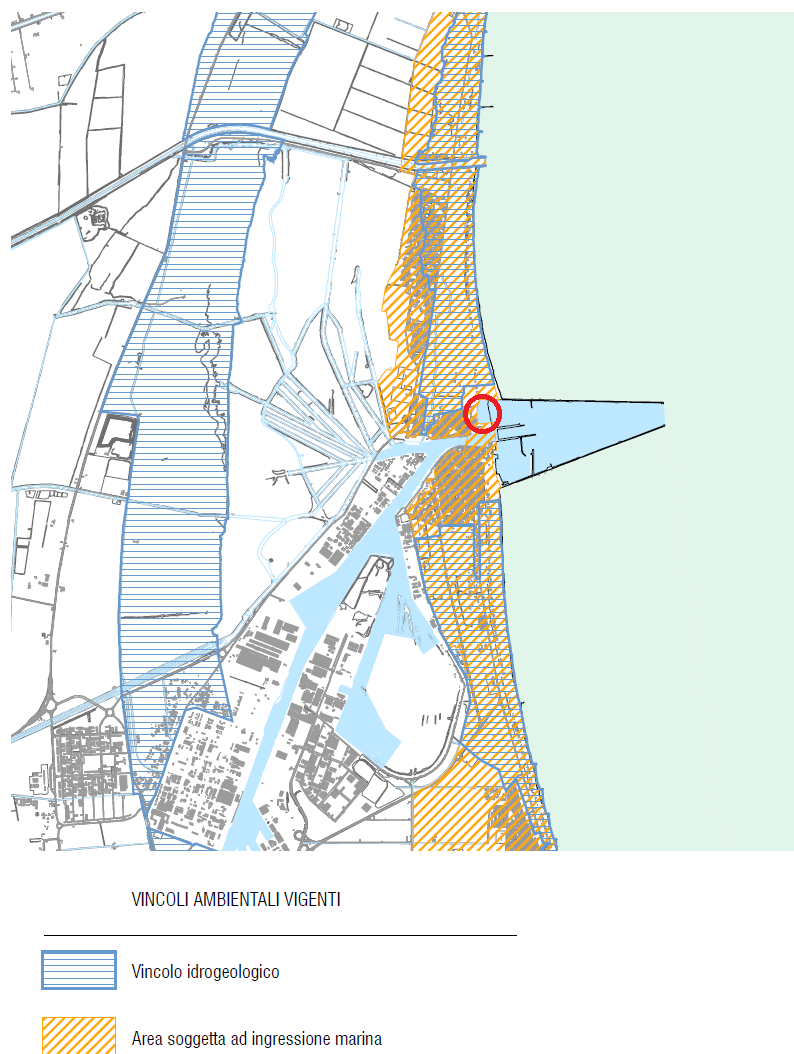


Figura 3-14: Estratto della Carta dei Vincoli Ambientali Vigenti: Zone Vulnerabili (PSC, 2007) (0 Sito)

4 INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICO

4.1 SORGENTI SISMOGENETICHE E TETTONICA

Dal catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.2.1 <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/DISS321>) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), l'area di Porto Corsini ricade all'interno della struttura sismogenetica composita (CSS) ⁵ di Malalbergo – Ravenna (ITCS012), Figura 4.1(DISS Working Group, 2018).

Questa Sorgente Composita si estende a cavallo della regione attraverso la bassa valle del fiume Reno fino alla città di Ravenna (a sud-est) e appartiene al fronte di spinta dell'Arco ferrarese. Questo sistema di faglie è l'arco esterno che va da N a NE all'estremità nord-orientale della catena dell'Appennino settentrionale, ben all'interno della Pianura Padana, e segna la spinta nord-orientale più avanzata con potenziale sismogenetico dannoso negli Appennini. I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una serie di terremoti da intermedi a dannosi che hanno interessato l'area; a sud-est (sebbene di ubicazione incerta, data la loro età), si registra il terremoto del 725 d.C. (Mw 5.6, Classe-Ravenna); nel centro della regione, le manifestazioni del 18 marzo 1624 (Mw 5.4, Argenta) e del 30 dicembre 1967 (Mw 5.4, Bassa Padana); W-ward, i terremoti del 22 ottobre 1796 (Mw 5.6, Bassa Padana) e del 13 gennaio 1909 (Mw 5.5, Bassa Padana).

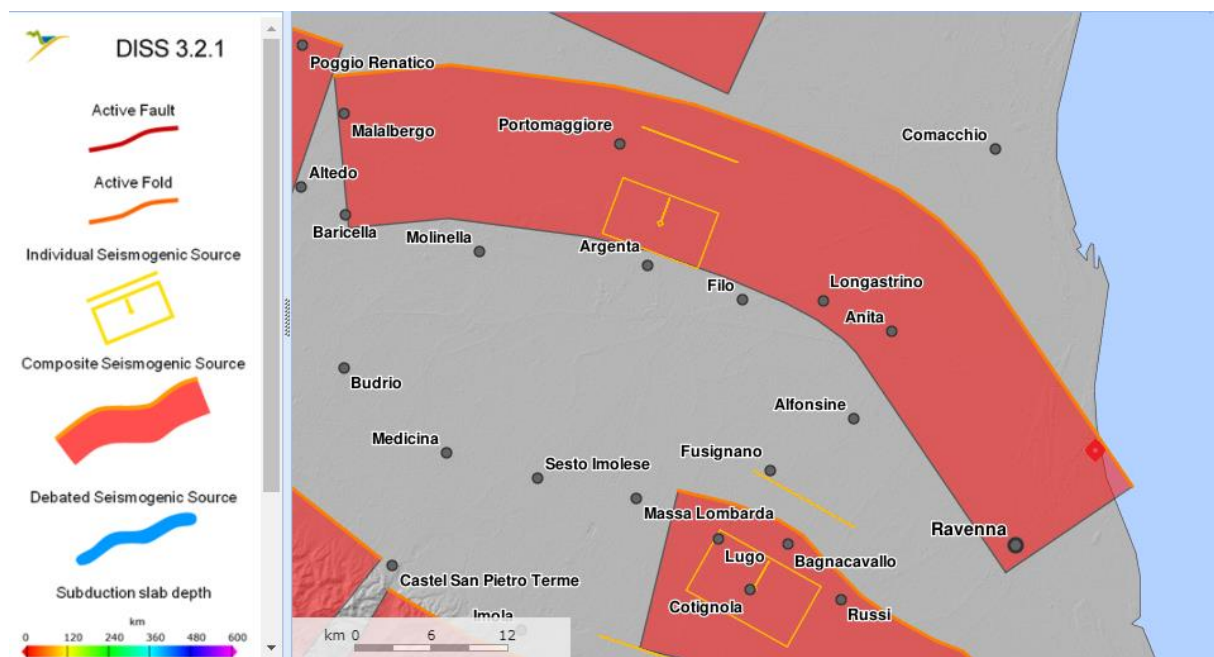


Figura 4-1: Mappa delle Sorgenti Sismogenetiche nell'intorno di Ravenna (Diss Working Group, 2018) (📍 Sito)

L'elenco delle faglie capaci del catalogo del Progetto Ithaca⁶ in continuo aggiornamento da parte di SGI - ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) (2022) non riporta faglie capaci in prossimità dell'area di progetto (Figura 4.2). Come 'faglia capace' si indica il caso di faglia in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata. In prossimità del sito, a circa 150m a sud dell'area di progetto, è riportata la traccia della faglia inversa 'Marina di Ravenna' a direzione Ovest-Est del Pleistocene inferiore.

⁵ CSS = Composite Seismogenic Source.

⁶ ITHACA = ITaly HAZard from CAPable faults.

Relazione geologica

La faglia è classificata come di tipo inversa ed è stata identificata sulla base di spostamenti rilevati all'interno di depositi del Pleistocene Medio-Superiore e / o alla morfologia del territorio.

Tuttavia, la classificazione di questa faglia normale denominata come n. 93788 risulta di bassa affidabilità e qualità bassa.

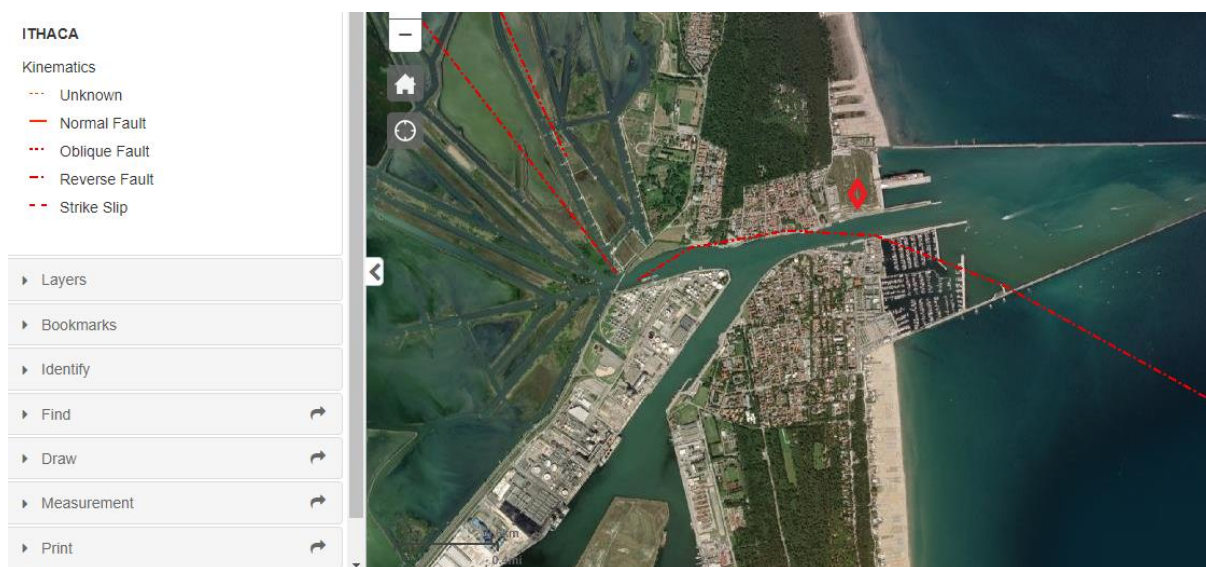


Figura 4.2: Mappa delle faglie 'Capaci' nell'Area circostante il sito (SGI - ISPRA, 2022) (📍 Sito)

4.2 SISMICITÀ

4.2.1 Sismicità Storica

La mappa della sismicità dei terremoti registrati strumentalmente dal 1985 estratta dal Catalogo INGV 'Iside' ("Italian Seismic Instrumental and parametric Data-basE", INGV, 2016) (Figura 4-3) non evidenzia una particolare sismicità nell'area circostante il sito in esame. I terremoti registrati più prossimi all'area di progetto, a circa 15km, sono di Magnitudo intorno a 4.0 o inferiore.

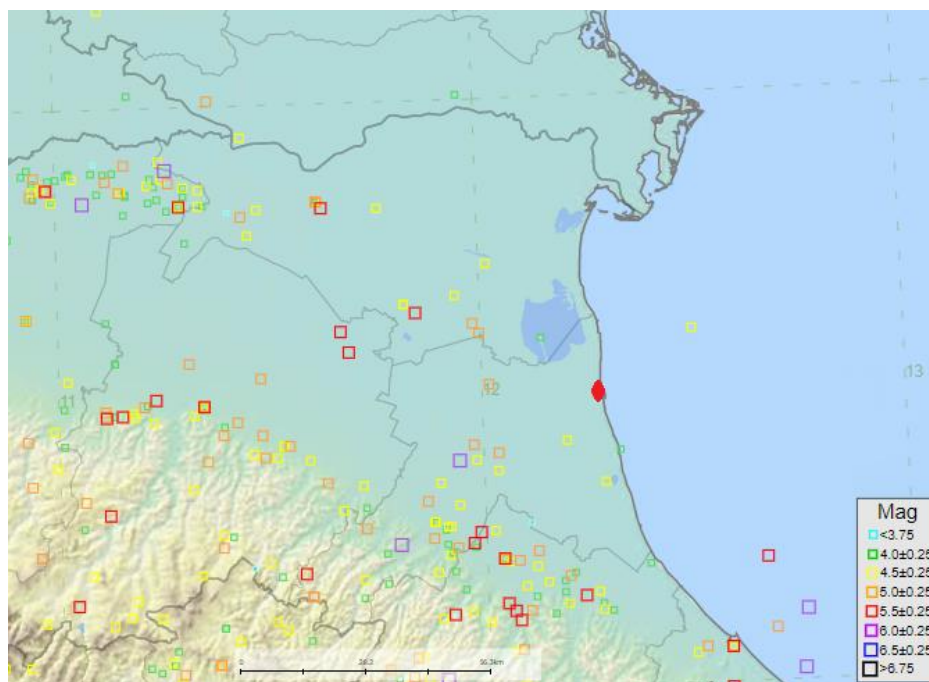


Figura 4-3: Magnitudo dei Terremoti estratti dal database Iside (INGV) (● Sito)

La figura seguente (Figura 4-4) riporta la sismicità in un cerchio di 40 km di raggio da Porto Corsini dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI15) in termini di intensità massima risentita (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>). Il CPTI15 fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita ($I_{max} \geq 5$ o magnitudo momento ($M_w \geq 4.0$ d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

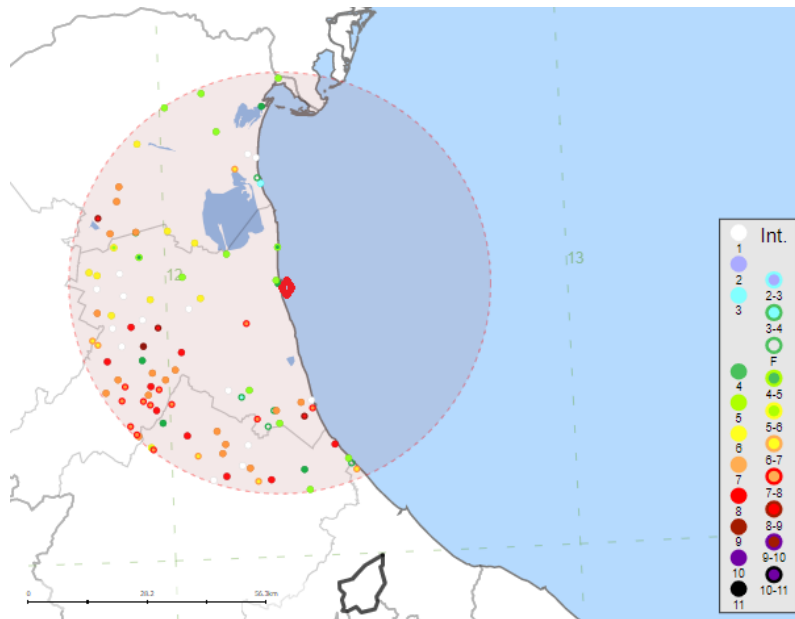


Figura 4-4: Intensità massima risentita dei Terremoti in un raggio pari a 40 km dal sito, estratti dal CPTI15 (0 Sito)

Per i soli eventi relativi a Ravenna (numero di terremoti risentiti EQs = 75) estratti da CPTI15 la intensità massima (Imax) è pari a 7-8 come visibile dalla sequenza temporale delle massime intensità riportata nel grafico sottostante (Figura 4-5).

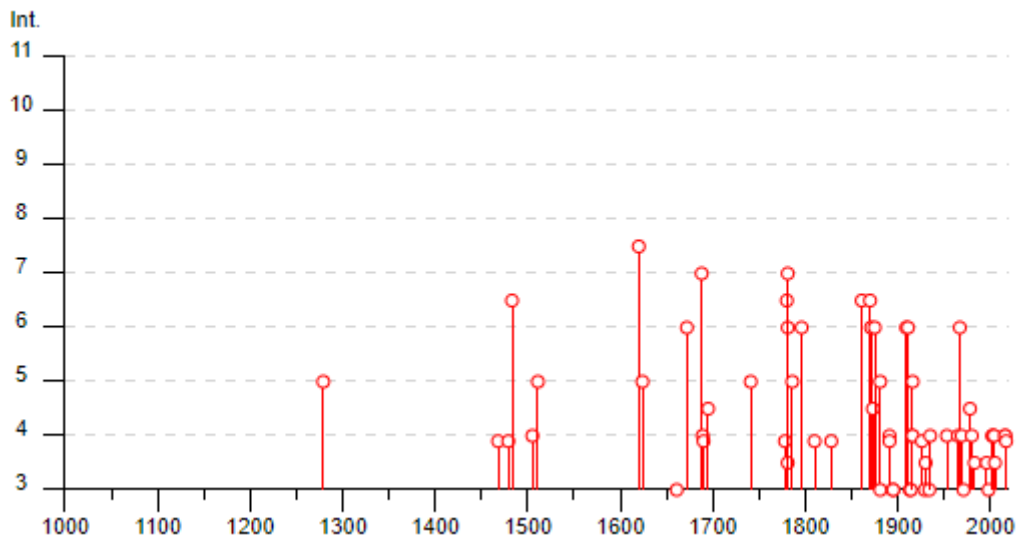


Figura 4-5: Intensità massime dei Terremoti Risentiti a Ravenna, estratte dal CPTI15

4.2.2 Classificazione Sismica

Riguardo la pericolosità sismica, l'area di progetto ricade nel comune di Ravenna caratterizzato da pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. Il comune di Ravenna è classificato in Zona Sismica

Relazione geologica

3 (0,05<ag<0.155g). La carta INGV mostra valori di accelerazione (ag) tra 0.125 e 0.150 g espressi con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferiti al substrato rigido caratterizzato da Vs>800m/s (Figura 4-6).

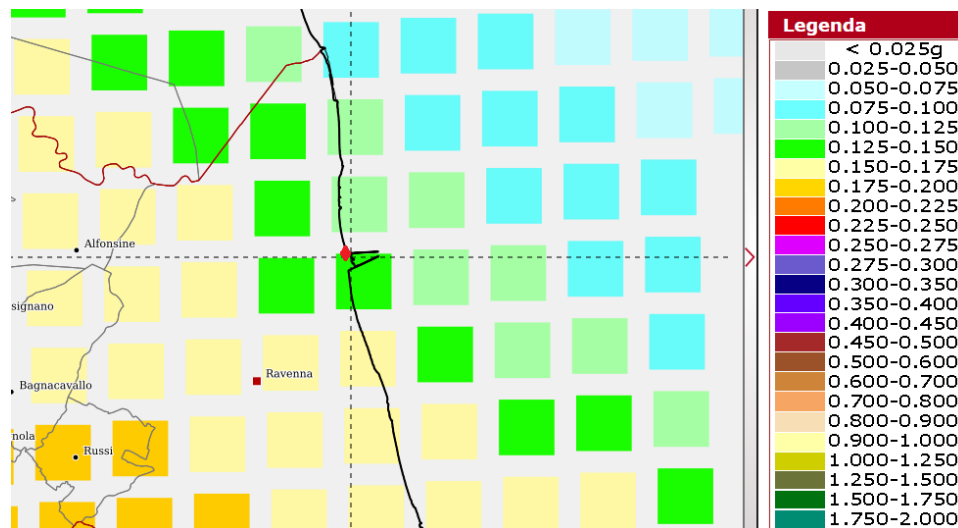


Figura 4-6: Carta delle Accelerazioni Massime del Suolo (Sito INGV) (Sito)

L'analisi di disaggregazione derivata dall' INGV (2008) ha permesso di identificare come terremoto dominante lo scenario di pericolosità sismica dell'area un sisma di Magnitudo 4,98 ad una distanza di 10,9 km (Figura 4.7).

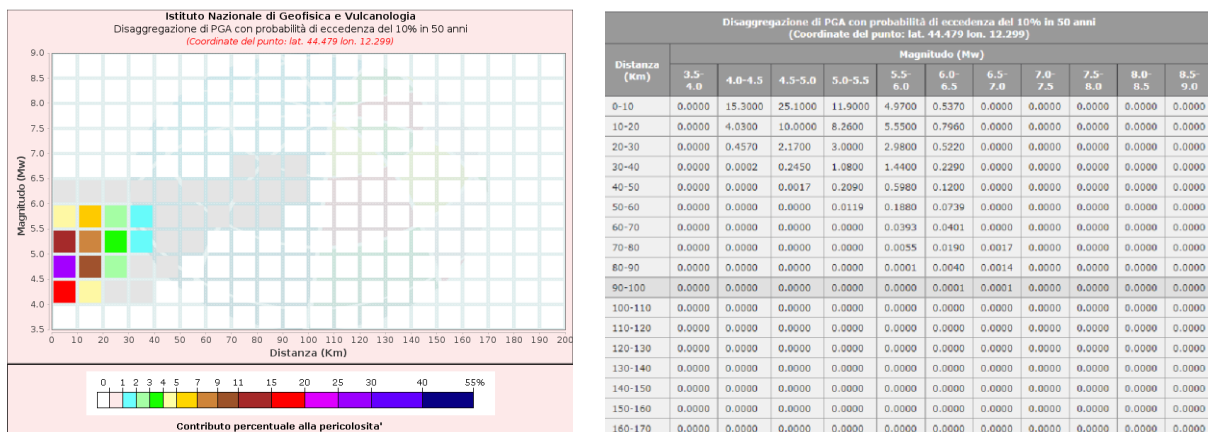


Figura 4-7: Analisi di disaggregazione per definizione terremoto dominante dell'area

4.3 MICROZONAZIONE SISMICA

Il Comune di Ravenna ha eseguito lo studio di **microzonazione sismica con approfondimento al secondo livello** avente come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la microzonazione sismica del territorio indagato, allo scopo di definire un modello unitario del sottosuolo e individuare con criteri speditivi le zone a più elevato rischio sismico da sottoporre in seguito ad approfondimento di terzo livello. L'approfondimento al secondo livello ha riguardato anche la Località Marina di Ravenna – Porto Corsini. In particolare, l'elaborato gestionale

Relazione geologica

RUE 11 [7] Studio di Microzonazione Sismica (Approfondimento al II° livello DAL Regione Emilia-Romagna n. 112/2007 e smi) riporta i seguenti elaborati:

- ✓ Carta delle indagini
- ✓ Carta geologico – tecnica e delle frequenze naturali dei terreni
- ✓ Carta delle aree suscettibili di effetti locali
- ✓ Carta delle velocità delle onde di taglio S (VS)
- ✓ Carta dei fattori di amplificazione.

Dalla visione degli elaborati sopra citati si evince che per l'area di progetto:

- ✓ un settore a S-SE, prossimo al Canale Candiano, è ricompreso tra le “**zone suscettibili di amplificazioni e di instabilità**”, e caratterizzato in particolare da liquefazioni in presenza di importanti spessori di terreni granulari saturi nei primi 20 m da p.c.; la restante parte dell'area di progetto non è classificata (Figura 4-8)
- ✓ il parametro Velocità delle **Onde di Taglio S (Vs30)** nell'intervallo: $175 \text{ m/sec} < Vs30 < 184 \text{ m/sec}$ - Categoria di suolo C – D (Figura 4-9);
- ✓ Il **coefficiente di amplificazione FA SI3** assegnato è pari a 3.4. (Figura 4-10). La parte sud-ovest dell'area di progetto è stata individuata come area da studiare in fase di terzo livello di approfondimento (presente tra gli elaborati del POC).

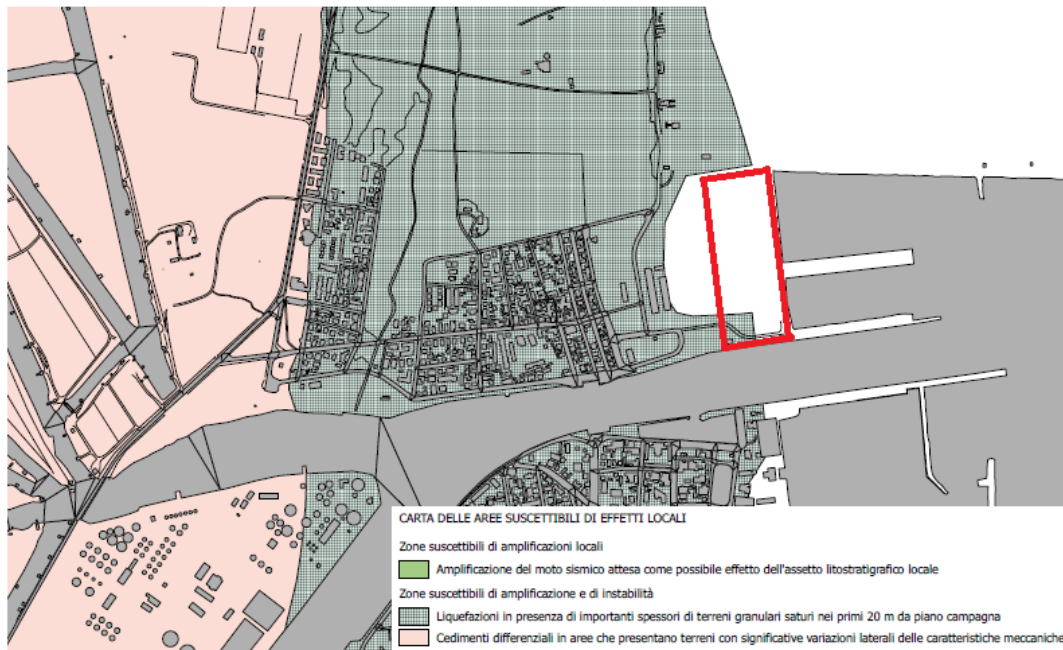


Figura 4-8: Carta delle Aree Suscettibili di Effetti Locali (RUE, Comune di Ravenna)

⁷ <https://www.comune.ra.it/aree-tematiche/gestione-del-territorio-e-protezione-civile/urbanistica/rup-ravenna-urban-planner/rue-regolamento-urbanistico-edilizio/elaborati-bis/gestionali/rue-11-studio-di-microzonazione-sismica/>

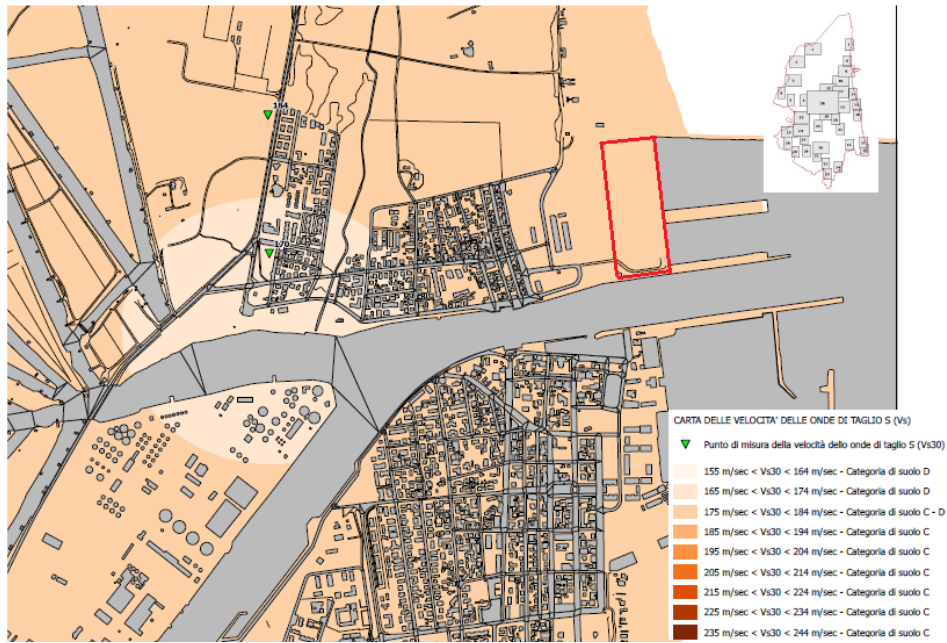


Figura 4-9: Carta delle Velocità Onde di Taglio (RUE, Comune di Ravenna)

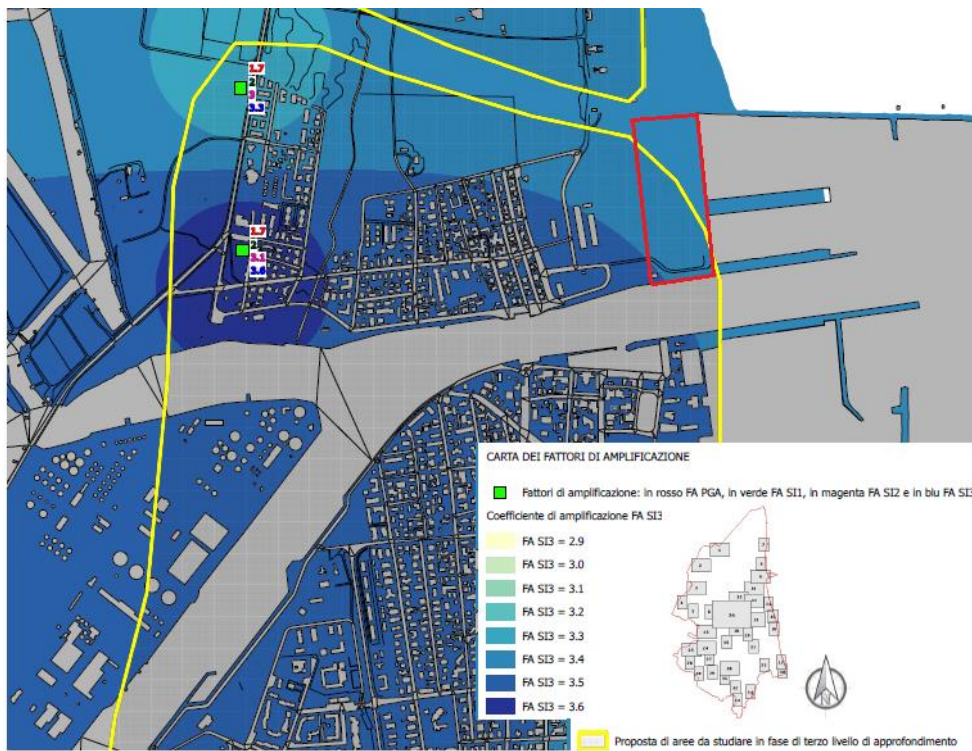


Figura 4-10: Carta dei Fattori di Amplificazione (RUE, Comune di Ravenna)

5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO - STRATIGRAFICA DELL'AREA DI PROGETTO

I dati di caratterizzazione geologico-stratigrafica dell'area di progetto discussi nel presente capitolo derivano dalla documentazione progettuale fornita, in particolare:

- ✓ la Relazione geologica-geotecnica e prove di Laboratorio del Maggio 1999, per il Progetto Definitivo relativo alle Opere di protezione a mare di Porto Corsini, e
- ✓ la Relazione Geologica e Sismica, del Dicembre 2013, relativa all'area di Avamposto di Porto Corsini per la realizzazione di servizi alla Darsena Crociere.

5.1 INDAGINI 1999

Le indagini eseguite nel 1999 hanno compreso (Figura 5-1, cerchio giallo: localizzazione dell'area di Progetto):

- ✓ **3 sondaggi con sonda a rotazione fino alla profondità di 40 m (S1, S2, S3)** nel corso dei quali sono state eseguite 6 prove SPT e prelevati 12 campioni indisturbati per analisi geotecniche di laboratorio.

In aggiunta ai 3 sondaggi sopra citati, la Relazione descrive le seguenti indagini progressive eseguite nella zona:

- ✓ 3 sondaggi (S1/96, S2/96 e S3/96) e 2 prove penetrometriche statiche (CPTU1/96 e CPTU2/96) effettuate lungo il molo interno lato nord durante i lavori di costruzione dello stesso (1996);
- ✓ 1 sondaggio (S1/89) e 2 prove penetrometriche statiche (P4/89 e P5/89). Le 2 prove penetrometriche sono state eseguite sulla allora battigia a una quota di circa 30 cm superiore a quella del mare;
- ✓ 2 prove penetrometriche statiche (SIDER 1 e 2) nel piazzale antistante il faro lato di marina di Ravenna;
- ✓ 1 sondaggio (S2/86), ubicato dove ha avuto inizio l'allargamento del canale in connessione con la costruzione del nuovo molo nord;
- ✓ 2 prove penetrometriche statiche (P1/76 e P2/76) una sul molo nord una sul molo sud (non localizzate in mappa in quanto l'ubicazione esatta non era conosciuta dagli autori).

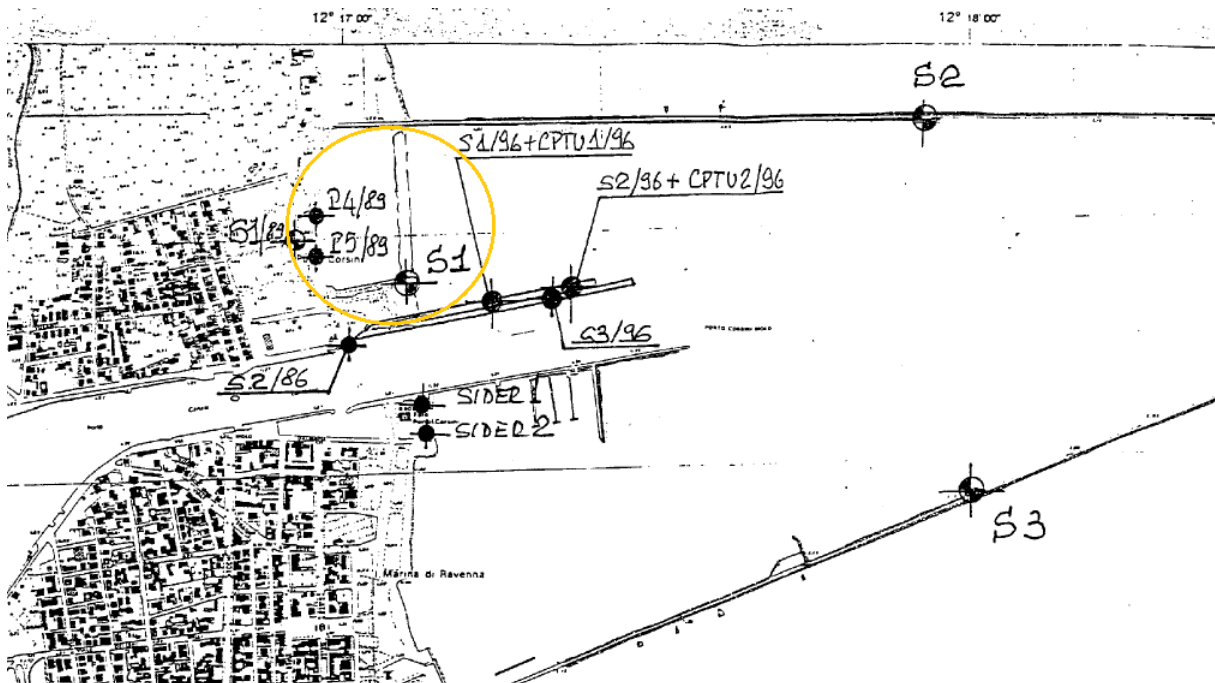


Figura 5-1: Mappa di Ubicazione delle Indagini (Relazione Geologico Geotecnica, anno 1999)

In particolare, i sondaggi S1 (1999), S1/89, S2/86 più prossimi all'area di Progetto, mostrano le seguenti caratteristiche stratigrafiche.

Relazione geologica

Il **sondaggio S1 effettuato nel 1999** in prossimità della “scogliera al margine dell’area destinata alla Nuova Capitaneria di Porto”:

- terreno di riporto costituito da sabbia mista a macerie e pietrisco calcareo con blocchi di calcare nella parte bassa: dal piano banchina a 6,5 m,
- Sabbia fine sciolta a tratti limosa fino a 11,5 m;
- Limo argilloso e limo sabbioso molle, fino a 28,80 m.
- Prevalente sabbia fine densa da 28,80 a 40 m (strato di argilla limosa tra 29,20 e 30,30 m).

La profondità di falda è riportata a 1,3 m dal p.c..

Il **sondaggio S1/89** (nell’area della nuova capitaneria di porto), quota +2.50 da l.m., riporta:

- terreno di riporto costituito da sabbia mista a macerie: dal p.c. a 1.9 m,;
- Sabbia fine fino a 10 m;
- Argilla limosa e limo argilloso molle, fino a 29,90 (sottile strato di base di limo passante a sabbia con conchiglie da 29,20 a 29,95);
- Argilla limosa e sabbia limosa da 29,95 a 32 m.

La profondità Falda è riportata a 2,55 m da p.c..

Il **sondaggio S2/86** (in prossimità del canale), quota +2,4 da l.m., riporta:

- Strato di sabbia e pietrame: dal p.c. a 0,8 m,;
- Sabbia fine limosa fino a 10 m;
- Argilla limosa molle, fino a 15 m.

La Figura seguente riporta i parametri geotecnici medi suggeriti dagli autori per i vari strati di terreno che caratterizzano l’area (a parte il materiale di riporto, Unità 1):

- ✓ Unità 2: sabbia fine e sabbia limosa superficiale (depositi di spiaggia recenti)
- ✓ Unità 3: Argilla limosa e limo argilloso normalconsolidato di ambiente marino (ingressione Olocenica, che ha portato la linea di costa molto più ad ovest di quella attuale) con base è a circa 27 m dal l.m., con un sottile strato di sabbia e limo alla base;
- ✓ Unità 4: Limi argillosi ed argille limose con lenti di sabbia fine densa (alluvioni pleistocene superiore, più o meno sovraconsolidate, il cui tetto rappresenta il piano campagna durante la fase finale dell’ultima glaciazione).

Unità n.2 : Strato di sabbia superficiale :

densità : $\Gamma = 1.80$ t/mc
angolo di attrito : $\phi' = 30^\circ$
coesione : $c' = 0$
modulo edometrico : $E = 120$ kg/cmq

Unità n.3 : Strato argilloso-limoso normalconsolidato

densità : $\Gamma = 1.80-1.85$ crescente con la profondità
condizioni drenate :
angolo di attrito : $\phi' = 25^\circ$
coesione : $c' = 0$
condizioni non drenate :
angolo di attrito : $\phi_u = 0$
coesione non drenata : $c_u = 0.25-0.35$ kg/cmq
crescente con la profondità
Rapporto di compressione : $CR = 0.15$
Coefficiente di consol. : $C_v = 2 \times 10^{-3}$ cmq/sec

Unità n.4 : alluvioni pleistoceniche :

In questa unità sono presenti sia strati di sabbia (prevalenti nella zona in esame) sia strati argilloso-limosi sovraconsolidati.
Per gli strati di sabbia si suggeriscono i seguenti parametri :
densità naturale : $\Gamma = 1.90$ t/mc
angolo di attrito : $\phi' = 35^\circ$
coesione : $c' = 0$
modulo edometrico : $E = 400$ kg/cmq
Per gli strati di argilla si può assumere :
condizioni drenate :
angolo di attrito : $\phi' = 25^\circ$
coesione : $c' = 0$
condizioni non drenate :
angolo di attrito : $\phi_u = 0$
coesione non drenata : $c_u = 0.80$ kg/cmq
modulo edometrico medio : $E = 80$ kg/cmq

Figura 5-2: Parametri geotecnici medi per i vari strati di terreno (Relazione Geologico Geotecnica, anno 1999)

5.2 INDAGINI 2013

La relazione geologica e sismica del 2013 a corredo del progetto relativo all' Avamposto di Porto Corsini, riporta un'indagine geognostica ad integrazione delle indagini pregresse disponibili, consistente nella realizzazione di (Figura 5-3):

- ✓ 2 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono, spinte fino alla profondità massima di 32 metri dal p.c. (CPTU1 e CPTU2).

Inoltre, per la caratterizzazione sismica del terreno le indagini sono state integrate con:

- ✓ un'indagine geofisica costituita da una prova SCPT ("Cono sismico"), integrata con due registrazioni dei microtremori sismici del sottosuolo con tromografo digitale (HVSr).

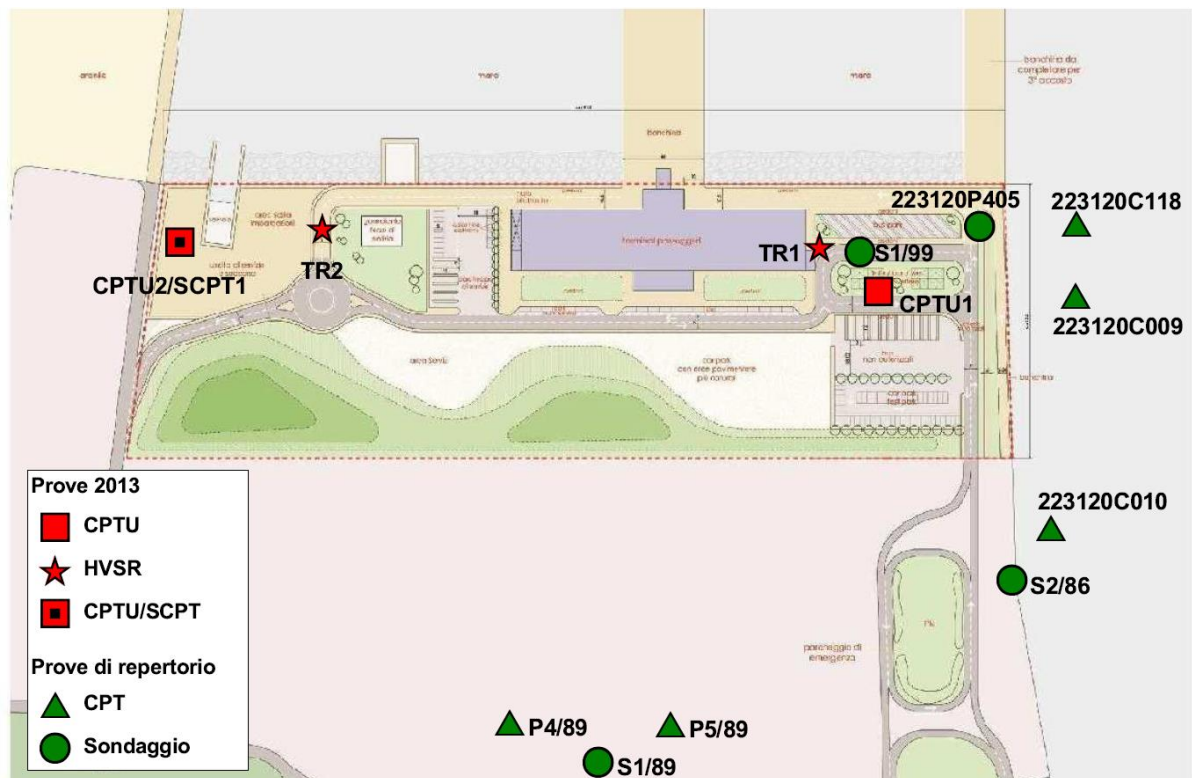


Figura 5-3: Mappa di Ubicazione delle Indagini (Relazione Geologica e Sismica, anno 2013)

Va precisato che in questa mappa di ubicazione delle indagini (Figura 5-3) la posizione del sondaggio S1/99 non è corretta. Con riferimento alla mappa di Figura 5-1 della campagna di indagini 1999 la posizione di questo sondaggio andrebbe arretrata verso terra, verso ovest, di circa 70m.

Le indagini geognostiche eseguite per la Relazione Geologica e Sismica del Dicembre 2013 (CPTU) hanno confermato in generale l'assetto geologico stratigrafico ricostruito nell'inquadramento geologico e nella relazione del 1999. In particolare, la ricostruzione lito-stratigrafica riportata nello studio 2013 ha evidenziato, a partire dal piano di riferimento attuale (circa + 2,5 m dal livello marino), Figura 5-4:

- circa 4- 5 metri di **terreno di riporto** prevalentemente fine, determinato dal riempimento dell'area di retro banchina con i fanghi di dragaggio del canale, localmente frammisti a terre e materiali più grossolani (inerti di demolizione e laterizi);
- alternanze di **sabbie pulite e sabbie più limose** riconducibili ad ambiente di cordone marino, mediamente addensate, fino alla profondità di circa 11.5 metri dal p.c. attuale (spessore del banco di sabbie circa 6-7 m);
- **argille e limi argillosi** con livelli generalmente sottili di sabbie fini riconducibili a depositi di "prodelta" marino, fino a circa 29 metri di profondità (*ingressione olocenica*);
- alternanze di **sabbie limose e limi argillosi** blandamente sovraconsolidate, riconducibili a depositi di facies alluvionale (*pleistocene superiore*), riscontrabili fino a circa 40 metri di profondità (in base ai sondaggi a carotaggio di repertorio, presenti nella Relazione del 1999).

Nella prova CPTU 2 è stato misurato un livello di falda a -1.70 m dal piano di riferimento attuale, pertanto più alto rispetto al livello del mare limitrofo.

La figura 5-5 riporta inoltre i valori meccanici medi estrapolati dagli esiti della penetrometria CPTU2.

Relazione geologica

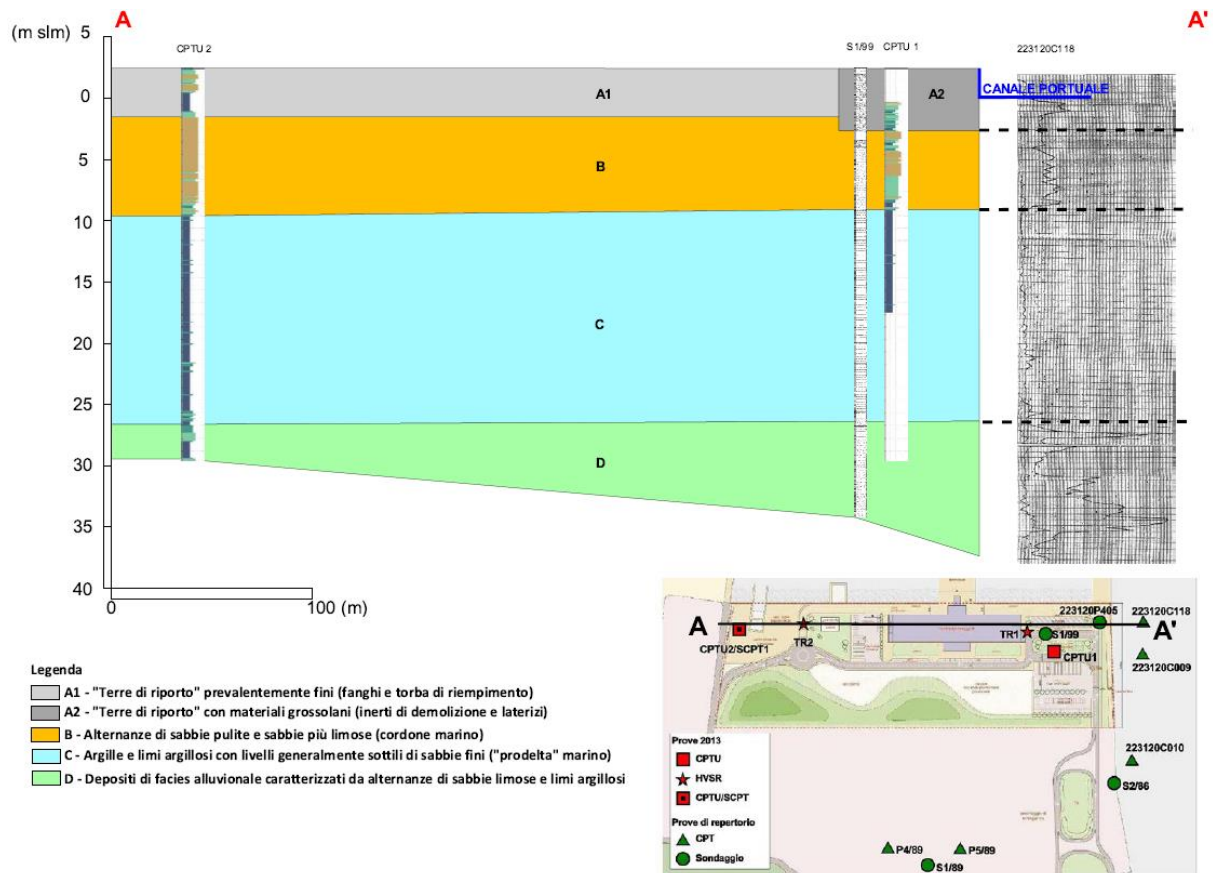


Figura 5-4: Schema Geo-litologico del sottosuolo nell'area di progetto (Relazione Geologica e Sismica 2013)

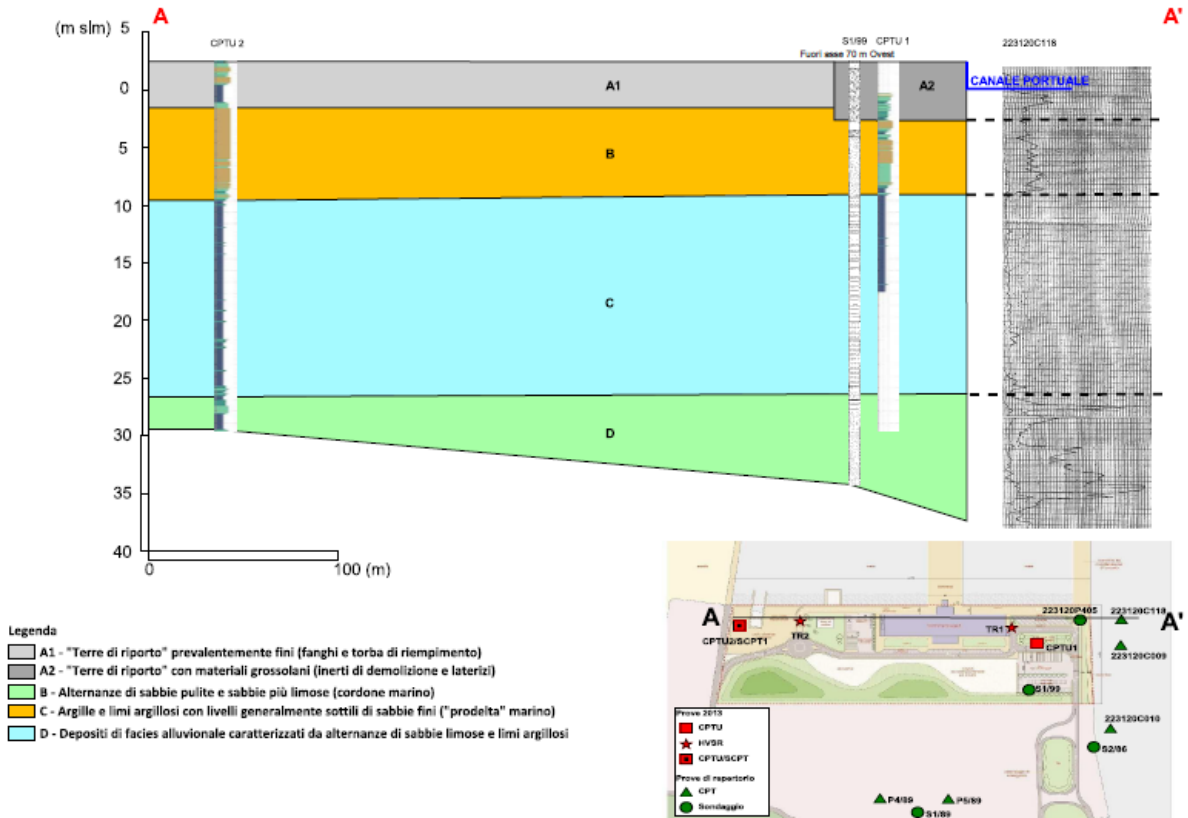
Relazione geologica

Description	qt (MPa)	Ksbt (m/s)	N60	Es (MPa)	Dr	Phi (°)	M (MPa)	Go (MPa)	Su (kPa)	Su ratio	OCR	Gamma (kN/m ³)
0.12 1.70 Terre di riparto fini essiccate	3.3	6.14E-6	9.1	31.1	44.1	37.7	36.6	38.5	-	-	-	17.3
1.86 Terre di riparto fini	0.9	4.05E-8	3.9	-	-	-	9.3	23.8	38.2	0.8	3.5	16.2
4.06 Sabbie pulite con intervalli limo-sabbiosi	5.2	1.26E-5	13.5	42.3	43.1	37.5	50.0	52.2	-	-	-	17.3
11.90 Argille e limi prevalenti	1.2	-	6.6	-	-	-	5.4	39.3	64.2	0.4	2.0	16.2
27.82 Limi argillosi	2.4	2.27E-8	10.9	54.5	-	-	15.9	59.9	117.2	0.6	2.6	16.8
29.06 Limi sabbiosi	4.6	1.72E-7	17.5	84.4	28.6	33.6	51.6	89.9	-	-	-	18.0
30.24 Argille prevalenti	2.8	5.63E-9	14.7	-	-	-	22.5	94.7	161.6	0.7	3.2	18.4

Figura 5-5: Valori Medi Parametri Meccanici Prova CPTU2 (Relazione Geologica e Sismica 2013)

6 CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE

Da quanto emerso dall'analisi delle precedenti indagini eseguite nell'area del sito la caratterizzazione geologico-stratigrafica dell'area di progetto può essere rappresentata dallo schema prodotto nella relazione geologica redatta in riferimento delle indagini del 2013.



In particolare la stratigrafia dell'area di progetto può essere rappresentata dalla seguente successione di strati dal Piano campagna:

- circa 4- 5 metri di **terreno di riporto** prevalentemente fine, determinato dal riempimento dell'area di retro banchina con i fanghi di dragaggio del canale, localmente frammisti a terre e materiali più grossolani (inerti di demolizione e laterizi);
- alternanze di **sabbie pulite e sabbie più limose** riconducibili ad ambiente di cordone marino, mediamente addensate, fino alla profondità di circa 11.5 metri dal p.c. attuale (spessore del banco di sabbie circa 6-7 m);
- **argille e limi argillosi** con livelli generalmente sottili di sabbie fini riconducibili a depositi di "prodelta" marino, fino a circa 29 metri di profondità (*ingressione olocenica*);
- alternanze di **sabbie limose e limi argillosi** blandamente sovraconsolidate, riconducibili a depositi di facies alluvionale (*pleistocene superiore*), riscontrabili fino a circa 40 metri di profondità.

Nella prova CPTU 2 è stato misurato un livello di falda a -1.70 m dal piano di riferimento attuale, pertanto più alto rispetto al livello del mare limitrofo.

Sulla base dello studio di **microzonazione sismica con approfondimento al secondo livello** del Comune di Ravenna (Paragrafo 4.3), la presenza di uno strato sabbioso di spessore di circa circa 6-7 m nei primi venti metri di sottosuolo può comportare problemi di liquefazione.

Relazione geologica

Dall'esame delle mappe di inquadramento estratte dal Geoportale Arpae, gli abbassamenti relativi ai diversi periodi rappresentati per l'area immediatamente circostante la zona di colmata sono di circa:

- 5 - 12,5 mm/anno nel periodo 2011-2016;
- 5 - 7,5 mm/anno nel periodo 2006-2011;
- 10 - 12,5 mm/anno nel periodo 2002-2006;
- 7,5 - 12,5 mm/anno nel periodo 1992-2000.

La progettazione quindi dovrà tenere conto di un abbassamento del terreno per fenomeno di subsidenza di circa 12,5mm annui.

RIFERIMENTI

- [1] ISPRA, Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50'000, Foglio 223 "Ravenna" (<https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/emilia.html>)
- [2] Autorità Portuale di Ravenna. Opere di protezione a mare di Porto Corsini. Progetto Definitivo. Relazione geologica-geotecnica e prove di Laboratorio, 1999.
- [3] Provincia di Ravenna, Comune di Ravenna. Avamposto di Porto Corsini per la realizzazione di servizi alla Darsena Crociere, Relazione Geologica e Sismica, Dicembre 2013
- [4] Agenzia Prevenzione Ambiente Energia Emilia-Romagna (Arpae), rilievo della Subsidenza nella Pianura Emiliana – Romagnola. Seconda Fase, Relazione Finale, Bologna, Aprile 2018. <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/suolo/subsidenza/la-rete-regionale-di-monitoraggio-della-subsidenza/rilievo-della-subsidenza-2016-2017>
- [5] Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli. Piano di Stralcio per il Rischio Idrogeologico. Testo coordinato con gli adeguamenti introdotti fino alla "Variante di coordinamento PAI-PGRA" (DGR n°2112 del 5/12/2016), ultimo aggiornamento disponibile. <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/suolo-bacino/sezioni/pianificazione/autorita-bacini-romagnoli/piano-stralcio-rischio-idrogeologico>
- [6] Regione Emilia-Romagna: Sito della Cartografia Geologica del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli: https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp
- [7] Comune di Ravenna, Piano Strutturale Comunale (PSC), approvato con delibera di Consiglio Comunale PV 25/2007 del 27/02/2007; <https://www.comune.ra.it/aree-tematiche/gestione-del-territorio-e-protezione-civile/urbanistica/rup-ravenna-urban-planner/psc-piano-strutturale-comunale/>
- [8] Comune di Ravenna, Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE) <https://www.comune.ra.it/aree-tematiche/gestione-del-territorio-e-protezione-civile/urbanistica/rup-ravenna-urban-planner/rue-regolamento-urbanistico-edilizio/>
- [9] Comune di Ravenna, 2° Piano Operativo Comunale (POC) 2016-2021, <https://www.comune.ra.it/aree-tematiche/gestione-del-territorio-e-protezione-civile/urbanistica/rup-ravenna-urban-planner/poc/2-poc/>
- [10] Comune di Ravenna, Piano Generale Urbanistico (PUG), <https://www.comune.ra.it/aree-tematiche/gestione-del-territorio-e-protezione-civile/urbanistica/rup-ravenna-urban-planner/p-u-g-piano-urbanistico-generale/>
- [11] DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; doi:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1
- [12] Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPT15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPT15>.

Committente



Progettista Definitivo ed Esecutivo



Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto dei Proponenti.