



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico centro settentrionale

IMPIANTO DI RECUPERO DI RIFIUTI NON PERICOLOSI COSTITUITI DA MATERIALI DI DRAGAGGIO

VOLUME 3

AUTORIZZAZIONE UNICA NUOVO IMPIANTO DI RECUPERO
RIFIUTI (Art. 208 D.Lgs 152/2006 e s.m.i.)

OGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICO-MORFOLOGICA

FILE
Vol3-Elaborato9_rev1.pdf

CODICE
Vol.3-Elaborato 9

Rev.	Data	Causale
0	Gen 2023	Emissione
1	Lug 2023	Emissione per integrazione PAUR
2		
3		

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Giulia Minghetti


AGGIUDICATARIO

RENCO

**Appalto integrato – previa acquisizione del Progetto definitivo in sede di offerta -
per l'affidamento della progettazione esecutiva, realizzazione ed esercizio di
“Impianto di trattamento materiale di escavo” sulla base del progetto di fattibilità
tecnica ed economica
nell'ambito dell'intervento “Hub portuale di Ravenna - Fase II, 4° stralcio”**



RELAZIONE GEOLOGICO-MORFOLOGICA

1	28/07/2023	Emissione per integrazione PAUR	Forlani	Carbone	Arcangeletti
0	01/12/2022	Emissione per gara	Renco	Gagliardi	Arcangeletti
Rev.	Data		Preparato	Verificato	Approvato
			Proponente	Renco SpA	
			Rif. proposta		
			No.documento	Vol3-Elaborato9	



INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	INDAGINI GEOGNOSTICHE DI PROGETTO A BASE GARA	4
3.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	5
4.	SORGENTI SISMOGENETICHE E FAGLIE CAPACI	9
5.	MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO	11
6.	INQUADRAMENTO SISMICO - MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI RAVENNA	14
7.	CONCLUSIONI E CRITICITÀ GEOLOGICO - GEOTECNICHE	25



1. **PREMESSA**

Il presente elaborato si propone di fornire un inquadramento geologico/geomorfologico di carattere generale del sito di studio sulla base delle conoscenze derivanti dalle indagini di progetto preliminare avanzato a base di gara e su cui si è redatto il progetto definitivo di gara, sintetizzando qui il quadro stratigrafico e geotecnico di riferimento, con evidenza dei principali aspetti e criticità che saranno oggetto di specifico approfondimento di indagine diretta e indiretta.

2. INDAGINI GEOGNOSTICHE DI PROGETTO A BASE GARA

Le indagini disponibili hanno avuto lo scopo di definire l'assetto stratigrafico e la caratterizzazione geotecnica dei materiali di riempimento e dei terreni naturali di fondazione.

Le indagini svolte presso le casse NADEP a supporto del progetto possono essere distinte in:

➤ quelle previste inizialmente dal progetto:

- ☒ n. 6 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a profondità di 15-25 m da p.c. S7Pz/20, S8/20, S9/20, S10/Pz/20, S11/20, S12Pz/20, con prove SPT e prelievo di campioni sottoposti in laboratorio a prove geotecniche di classificazione, prove triassiali CIU, prove di taglio diretto TD e prove triassiali cicliche TXC;
- ☒ n. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono sismico SCPTu spinte fino a profondità di 30/40 m, SCPTu10/20÷SCPTu11/20;
- ☒ n. 5 prove penetrometriche statiche con piezocono CPTu spinte fino a profondità di 15 m, CPTu1/20÷CPTu5/20 e n.10 test di dissipazione su n.5 punti;
- ☒ n. 4 stendimenti di tomografia geoelettrica (STE) STE 1/20÷STE4/20.

➤ quelle integrative:

- ☒ n. 7 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a profondità di 8m da p.c. S1CD/21÷ S7CD/21 con prelievo di campioni indisturbati per prove geotecniche di classificazione

L'ubicazione planimetrica delle suddette indagini è riportata nella seguente immagine.

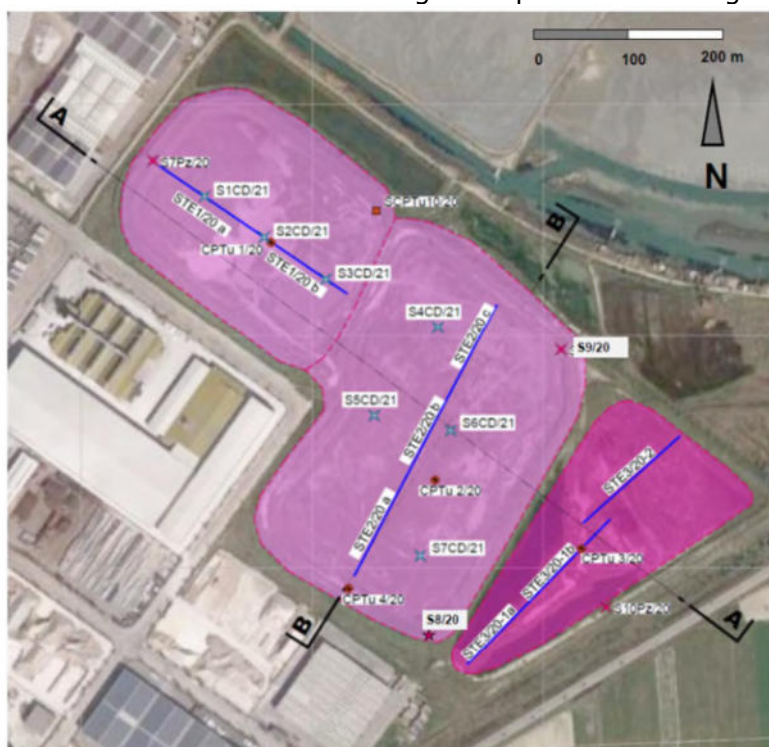


Fig. 2-1 Ubicazione Indagini Casse Nadep

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

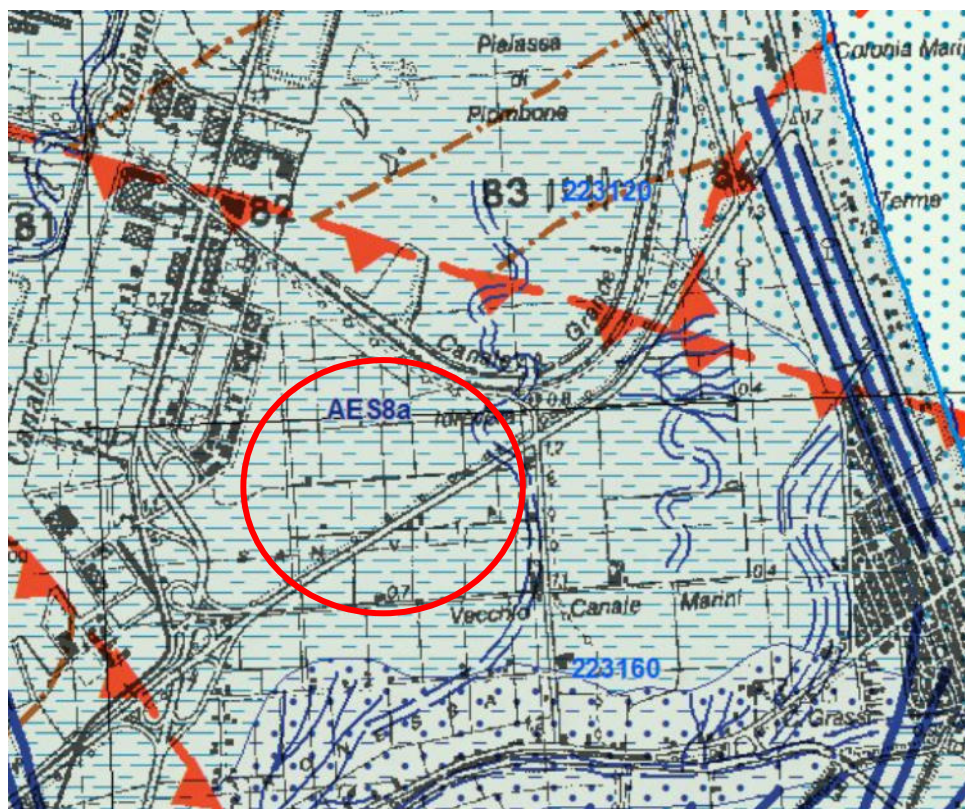
Il sito in esame ricade in un'area fortemente antropizzata e bonificata in passato, connessa con il sistema portuale di Ravenna, con la presenza di canali ed aree paludose, piazzali e zone industriali.

L'area è pianeggiante con quote generali dell'area di circa 1-2m s.l.m.

Nello specifico del sito di studio, sono presenti superficialmente materiali derivanti dal dragaggio accumulati fino ad una quota di circa 4-5m s.l.m., contenuto fra argini artificiali.

Al di sotto sono presenti i sedimenti originari rappresentati dall'unità di Modena (AES8a), correlati con un sistema deposizionale deltizio e litorale, fondamentalmente di carattere sabbioso, limoso e argilloso.

Come indicato dalla carta Geologica della RER in scala 1:10.000 (Sezione 223120 - Marina di Ravenna), si segnala la presenza di lineamenti tettonici prossimi al sito (faglie -sovrascorrimenti).



▽ ▽ faglia inversa sepolta



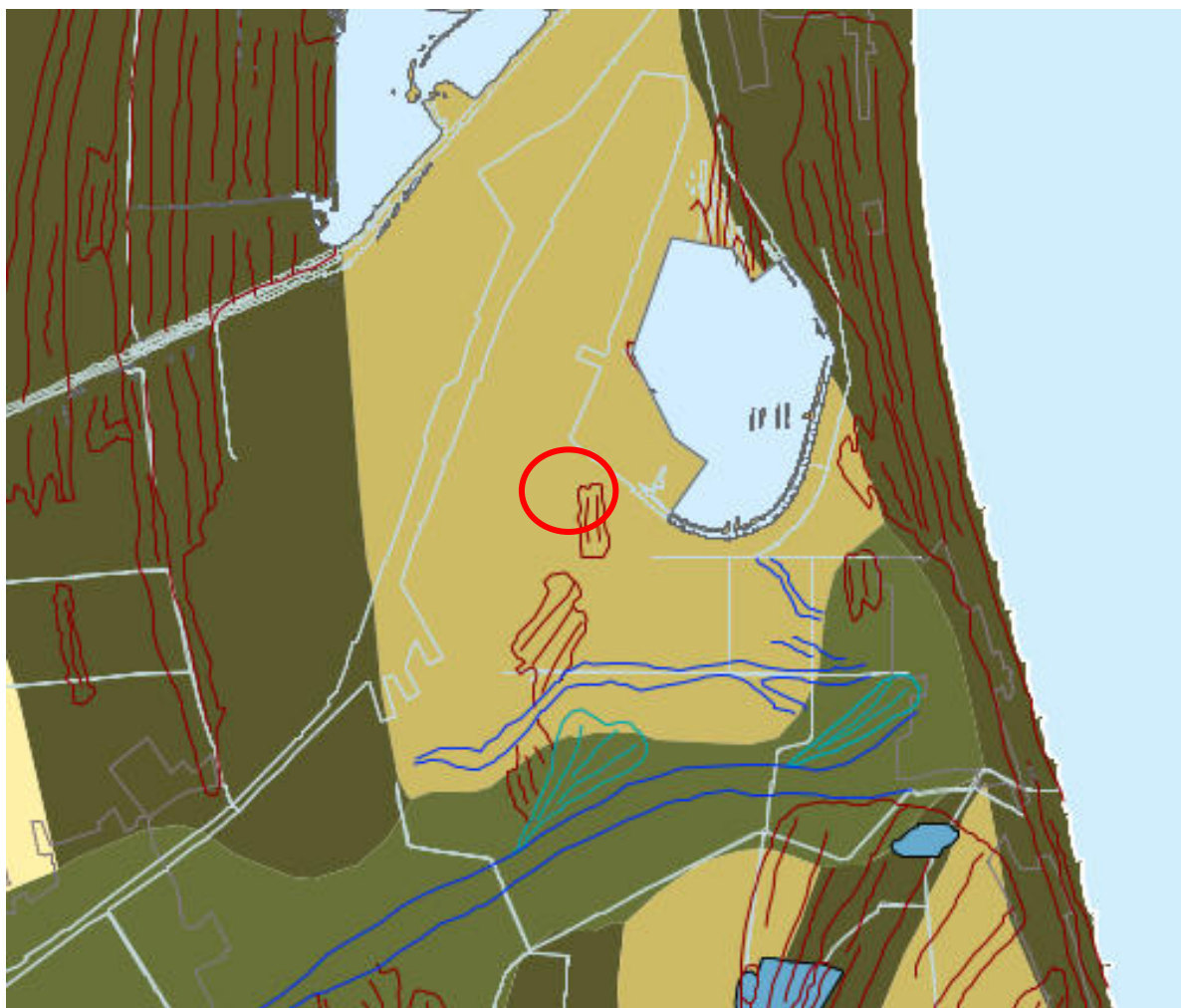
AES8a - Unità di Modena

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Depositi alluvionali intravallivi, terrazzati (primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive), deltizi, litorali, di conoide e, localmente, di piana inondabile. Nella costa e nel Mare Adriatico sabbie di cordone litorale e di fronte deltizia passanti ad argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Limite superiore coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Può ricoprire resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Lo spessore massimo dell'unità è generalmente di alcuni metri, talora plurimetrico.

(Olocene)

Fig. 3-1 B.2.3b. Stralcio della Carta geologica della RER scala 1:10000

Dalla consultazione della carta B.2.3b. "Carta geologica – geomorfologica" del PSC del Comune di Ravenna, si evidenzia nell'intorno dell'area la presenza di cordoni litorali e palealvei



DEPOSITI DELTAICI E LITORALI

	Depositi di canale distributore, di argine e di rotta <i>Sabbie da medie a fini</i> <i>in strati da sottili a spessi alternate a limi sabbiosi e subordinatamente limi argillosi, in strati molto sottili e sottili</i>
	Depositi di palude salmastra e laguna (area inerdistributrice) <i>Sabbie fini e finissime, argille limose, argille e limi argillosi ricchi di sostanza organica, intercalati da argille torbose e da torba, in strati da sottili a spessi</i>
	Depositi di cordone litorale e dune eoliche <i>Sabbie medie e fini, subordinatamente sabbie finissime, con abbondanti bioclasti e biosomi di molluschi, in strati da sottili a medi, generalmente amalgamati, localmente alternati a limi sabbiosi</i>
	Depositi di palude salmastra e laguna (retrocordone) <i>Argille limose, argille, torbe e limi argillosi in strati da molto sottili a medi, alternati a sabbie finissime e fini ricche in materiale conchigliare, in strati da sottili a spessi</i>

SEGNI CONVENZIONALI

	Paleoalvei certi
	Paleoalvei probabili
	Coni di esondazione
	Cordoni litoranei certi

Fig. 3-2 B.2.3b. Stralcio della "Carta geologica – geomorfologica" del PSC del Comune di Ravenna.

La carta B.2.1 "Carta del Drenaggio" indica una quota di falda per l'area in esame pari a -2m, quota probabilmente condizionata dal drenaggio meccanico presente nell'area.

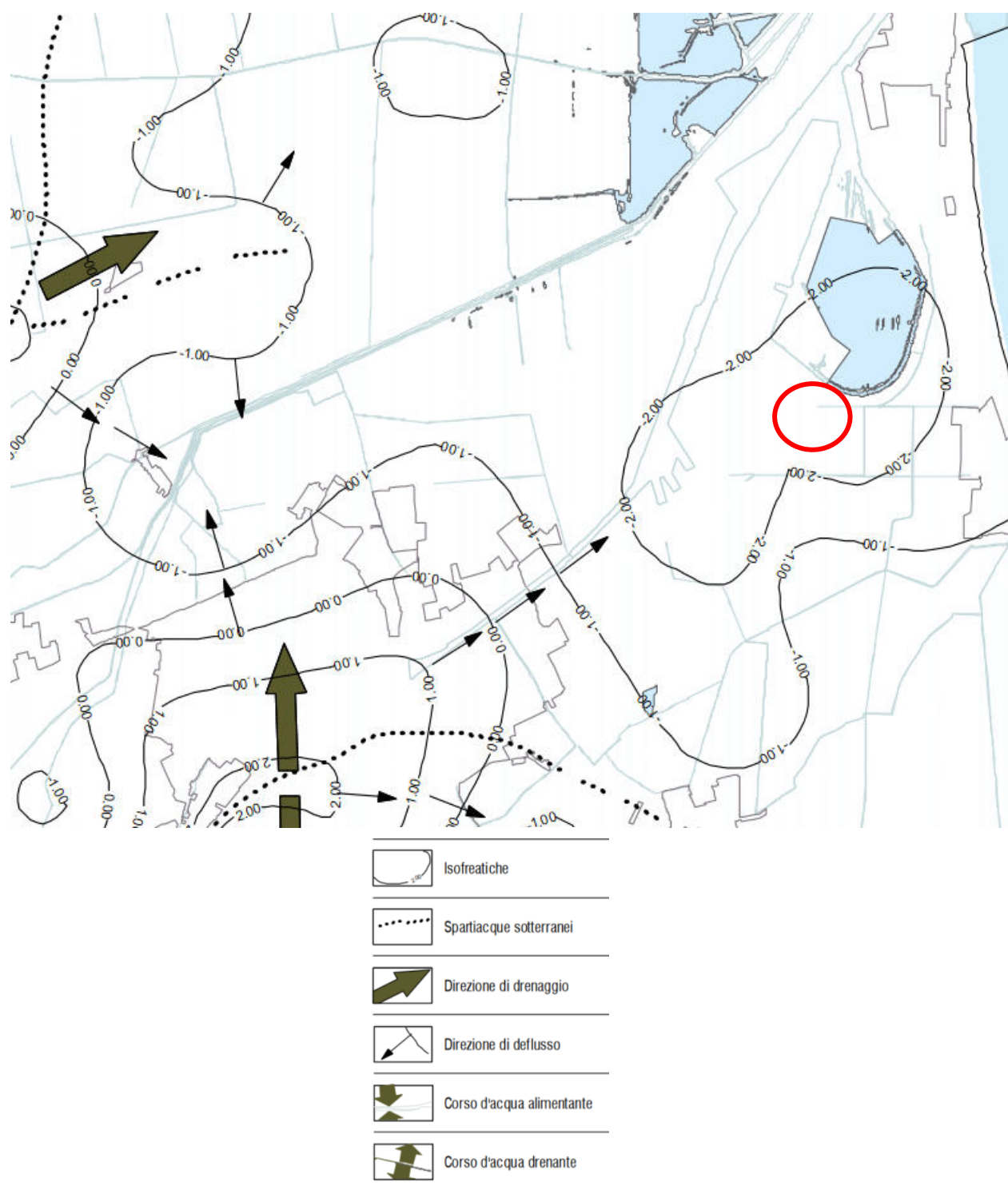


Fig. 3-3 B.2.1. Stralcio della Carta del Drenaggio del PSC del Comune di Ravenna.

Al fine di individuare particolari criticità geomorfologiche dell'area, è stata consultata la Mosaicatura nazionale delle aree a pericolosità dei Piani di Assetto Idrogeologico – PAI sviluppata dalla piattaforma italiana sul dissesto idrogeologico dell'ISPRA (portale WebGis IdroGeo). L'ISPRA, al fine di aggiornare e omogeneizzare la mappa della pericolosità da frana sull'intero territorio nazionale, ha proceduto a realizzare la nuova Mosaicatura nazionale delle aree a pericolosità dei Piani di Assetto Idrogeologico – PAI.

Per l'area in esame vengono perimetrate unicamente pericolosità di tipo idraulico (media).

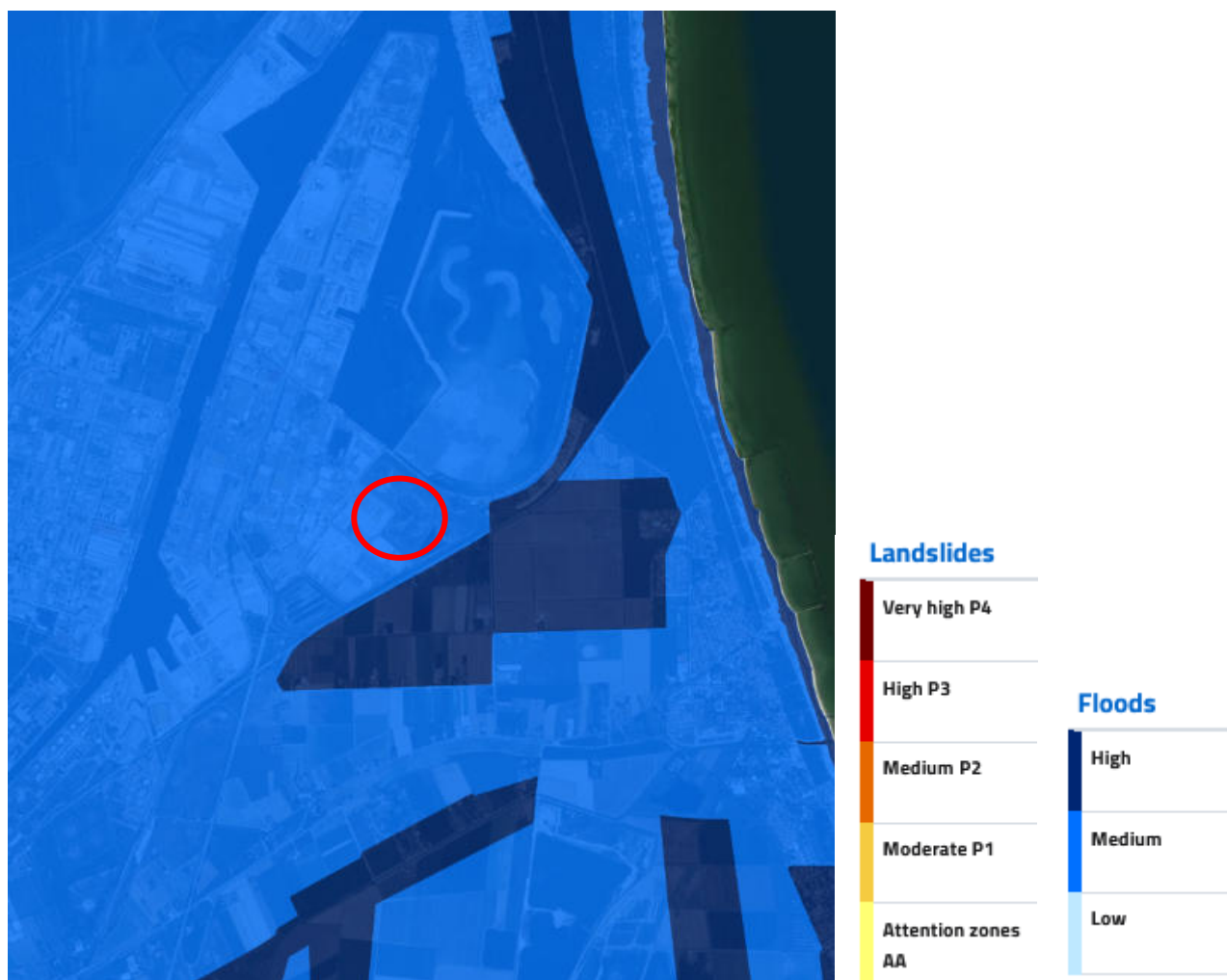


Fig. 3-4 Pericolosità IdroGeo-ISPRA per l'area in esame

4. SORGENTI SISMOGENETICHE E FAGLIE CAPACI

Il database "A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas", pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise & Pantosti, 2001), contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti.

L'assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull'andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

Dall'esame del Database, le sorgenti sismogenetiche composite presenti nel sito di studio e nelle sue vicinanze, sono le seguenti:

- "ITICS012 – Malalbergo-Ravenna" a partire dalla quale possono svilupparsi sismi di magnitudo momento pari a 5,6. La geometria del thrust è compresa tra i 2 e gli 8 km dal piano campagna immergente a NE;

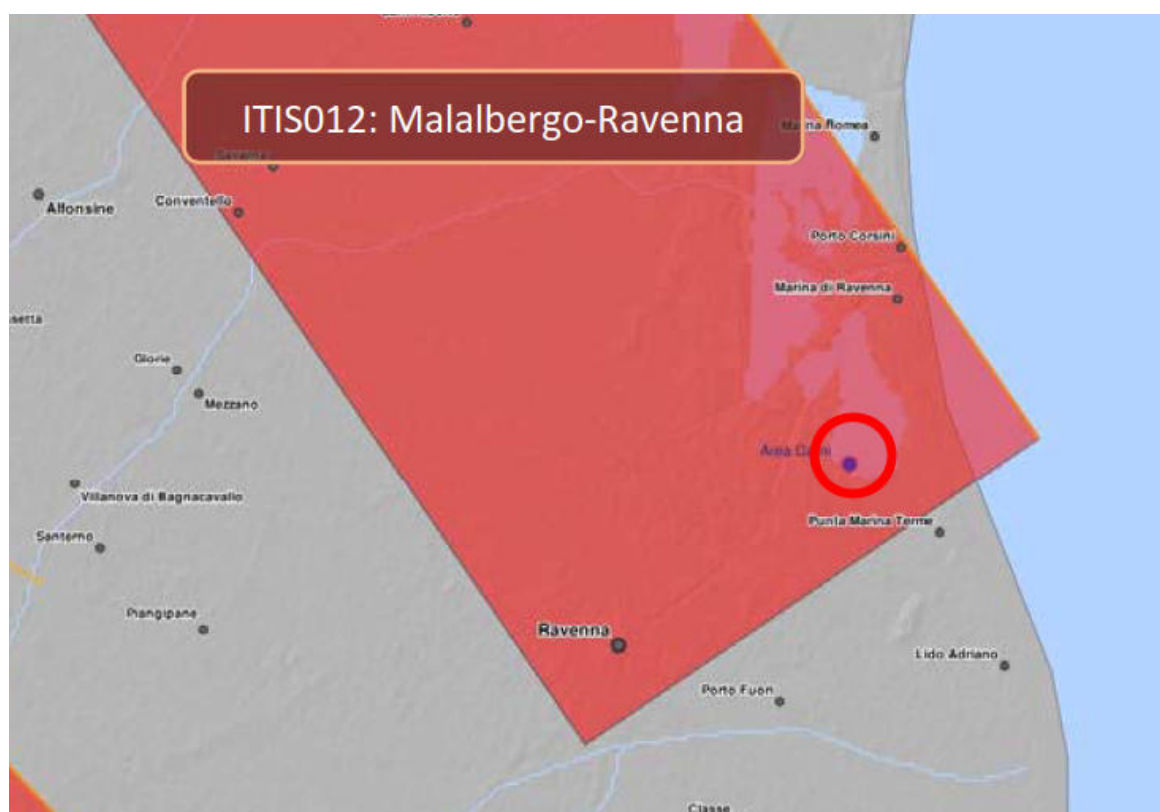


Fig. 4-1 Database zone sismogenetiche INGV (DISS3.2): rappresentazione cartografica delle CSS (Composite Seismogenic Source). In rosso l'area di studio.

La consultazione del database del progetto ITHACA (ITaly Hazard from Capable faults) ha permesso di definire la presenza di faglie capaci prossime al sito di studio, definite come lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche.

L'area di studio è compresa fra due 2 faglie (minima distanza 1.5km circa) con cinematica inversa. Tali faglie vengono identificate nel database ITHACA con i seguenti codici:

- Faglia n. 93788 "Marina di Ravenna"
- Faglia n. 91104 "F. Lamone – Ravenna"

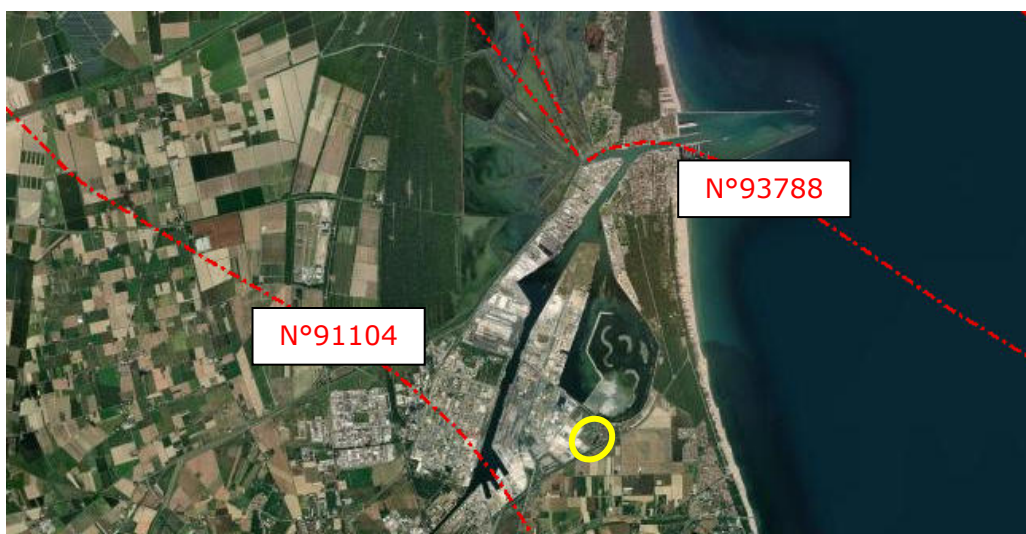
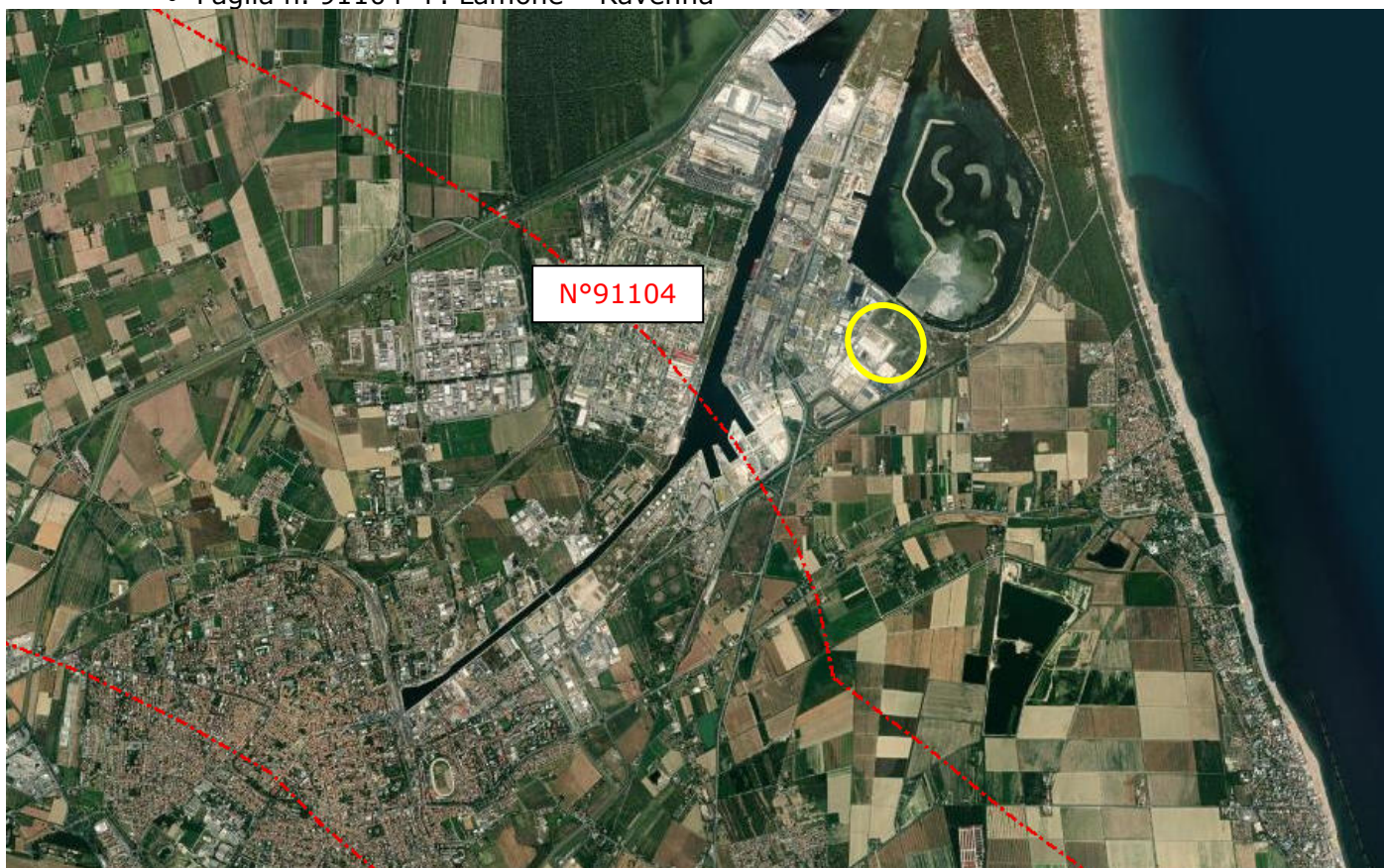
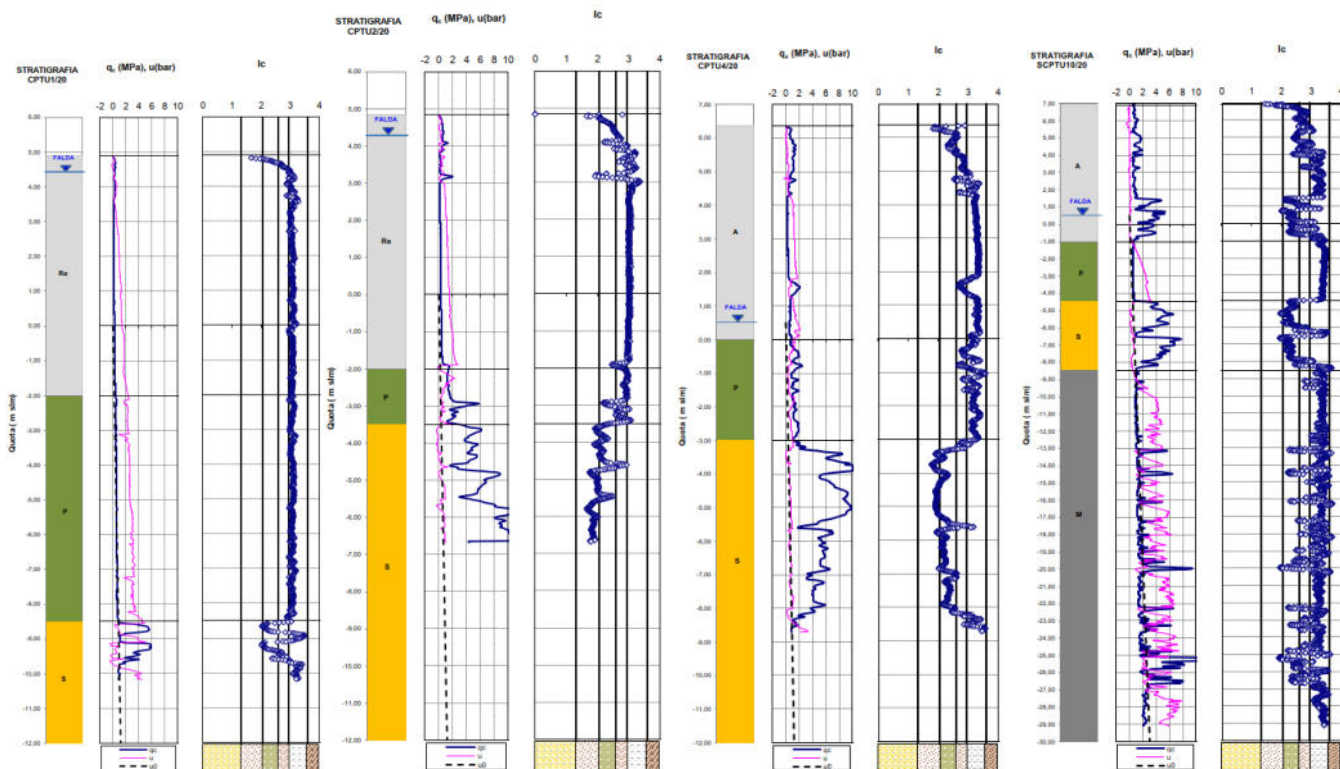


Fig. 4-2 Faglie capaci (segmenti rossi) dal database ITHACA (2019), in giallo l'area di interesse.

5. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Il modello geologico e geotecnico di riferimento per le casse Nadep, definito nell'elaborato 1114-E-CAX-GEN-RG-03-0 - Relazione sintesi indagini geognostiche - Casse di Colmata, posto a base gara (capitoli 3 e 4), è stato sviluppato a partire dalle risultanze dei sondaggi geognostici e delle prove penetrometriche statiche CPTu.

Nel dettaglio, l'elaborazione dei dati CPTu di maggiore interesse per il sito di studio, ha consentito di estrarre i seguenti profili stratigrafici:



In sintesi, sono state individuate le seguenti unità:

- **Unità A:** argini delle casse: sabbia con limo/limo con sabbia, ben compattati.
- **Unità Re*:** crosta superficiale dell'unità R indurita per essiccamento
- **Unità Re:** terreni dragati e refluiti all'interno delle casse: limo argilloso sabbioso localmente presenza di livelli sabbioso-limosi

Materiale dragato e sversato in cassa di colmata, costituito da limi argillosi e sabbiosi con locale incremento della frazione sabbiosa. I valori di w_n sono prossimi al LL.

- **Unità P:** depositi di palude salmastra: limi argillosi/limi sabbiosi

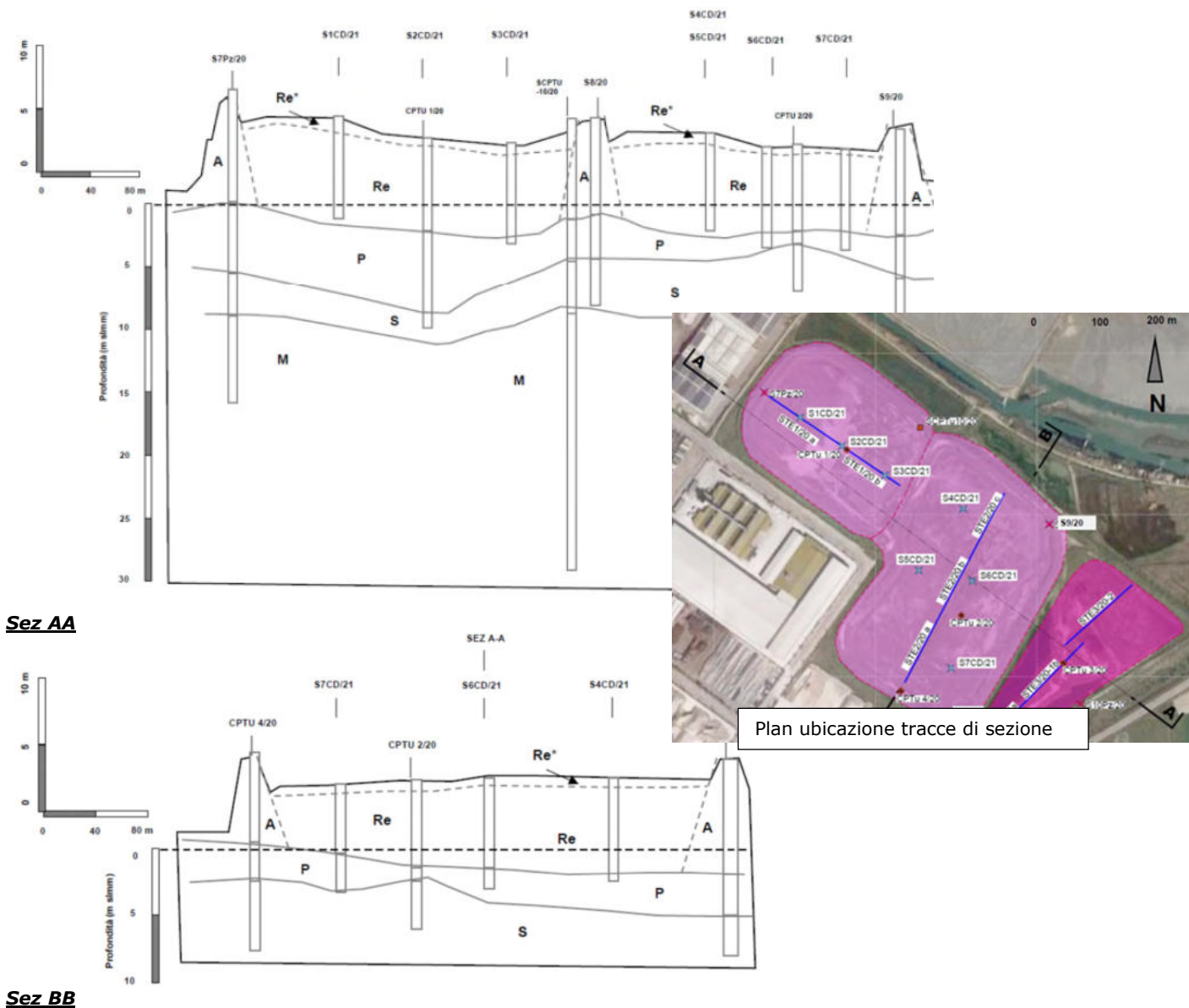
Si tratta di materiali fini, di natura limoso-argillosa e limoso-sabbiosa, con resti vegetali appartenenti agli ambienti palustri della Pialassa, caratterizzati da uno spessore medio nell'area in oggetto sino a circa 3m.

- **Unità S:** depositi di cordone litorale: sabbie limose/sabbie con limo

L'unità S comprende i depositi di cordone litorale, costituiti in prevalenza da sabbie intercalate a terreni limosi di spessore decimetrico, caratterizzati da uno spessore medio pari a 5 m nell'area delle Casse Nadep.

- **Unità M:** depositi di prodelta: limi argillosi con frequenti intercalazioni limoso-sabbiose all'aumentare della profondità.

Le seguenti sezioni sintetizzano il modello geotecnico elaborato sulla base delle prove CPTu e sondaggi.



In riferimento alle unità geotecniche precedentemente descritte, si riportano di seguito gli intervalli di confidenza dei principali parametri geotecnici definiti.

Unità	Tipologia Terreno	γ/γ' [kN/m ³]	ν [-]	$c_{u,k}$ [kPa]	c'_k [kPa]	ϕ'_k [°]	E_{sp} [MPa]	M [MPa]	k [m/s]
A	Coerente	19/9	0,30	-	35	35	20	-	3E-6
Re*	Coerente	18/8	0,35	25	10	29	6	5	1E-6
Re	Coerente	17,5/7,5	0,40	15	4	29	2	2	1E-8
P*	Incoerente	18,5/8,5	0,30	-	0	34	35	-	1E-6
P	Coerente	18/8	0,35	30	2	29	6	5	1E-8
S	Incoerente	20/10	0,30	-	0	34	35	-	1E-6
M	Coerente	18,5/8,5	0,35	40	5	30	6	5	5E-8
Piste	Incoerente	18/8	0,25	-	0	38	15	-	1E-4

Per quanto riguarda il livello della falda freatica, come indicato "nell'elaborato 1114-E-CAX-GEN-RG-03-0 - Relazione sintesi indagini geognostiche", "sulla base delle risponderenze dai pozzetti scavati nei primi mesi del 2021, la falda all'interno delle vasche risulta essere sospesa a circa 0.5 m dal p.c: questo conferma anche indirettamente la tenuta idraulica della stessa. Il livello è ovviamente dipendente dal bilancio pioggia-evaporazione, ma le oscillazioni possono essere solo decimetriche".

6. INQUADRAMENTO SISMICO - MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI RAVENNA

Per un inquadramento sismico dell'area di studio, ci si riferisce alla cartografia relativa alla Microzonazione Sismica di II e III livello del Comune di Ravenna (**POC.14**, OCDPC 293/2015 **MS3**, ed i più recenti aggiornamenti **PUG2020**).

POC14 – MS3:

In particolare sono state consultate le seguenti carte di interesse:


- la Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica;
- Carta del potenziale di liquefazione.
- Carta delle Aree suscettibili di effetti locali;

In sintesi l'area ricade in un settore costiero ampiamente attenzionato per gli aspetti relativi alla Liquefazione (Zona 30502002), per cui non è possibile escluderne il fenomeno. A partire dai profili stratigrafici ricostruiti, il fenomeno della liquefazione potrebbe interessare i depositi sabbiosi e limosi in falda (unità S ed in minor misura l'Unità P nelle frazioni limoso sabbiose).

Tale fenomeno dovrà essere pertanto adeguatamente valutato mediante le opportune verifiche, in relazione agli interventi e quote previste da progetto.

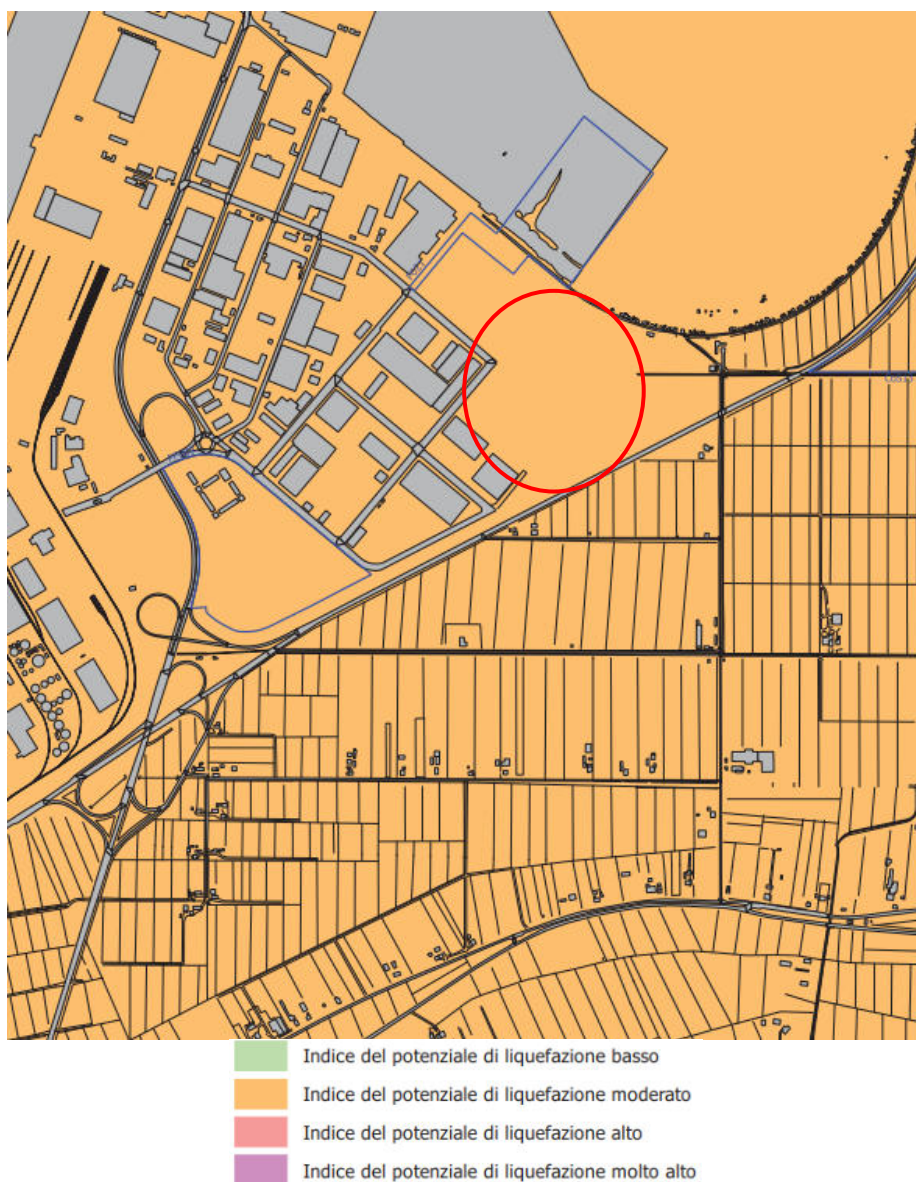
Le cartografie consultate indicano anche come possibili effetti locali i cedimenti differenziali per variazioni laterali delle caratteristiche meccaniche.



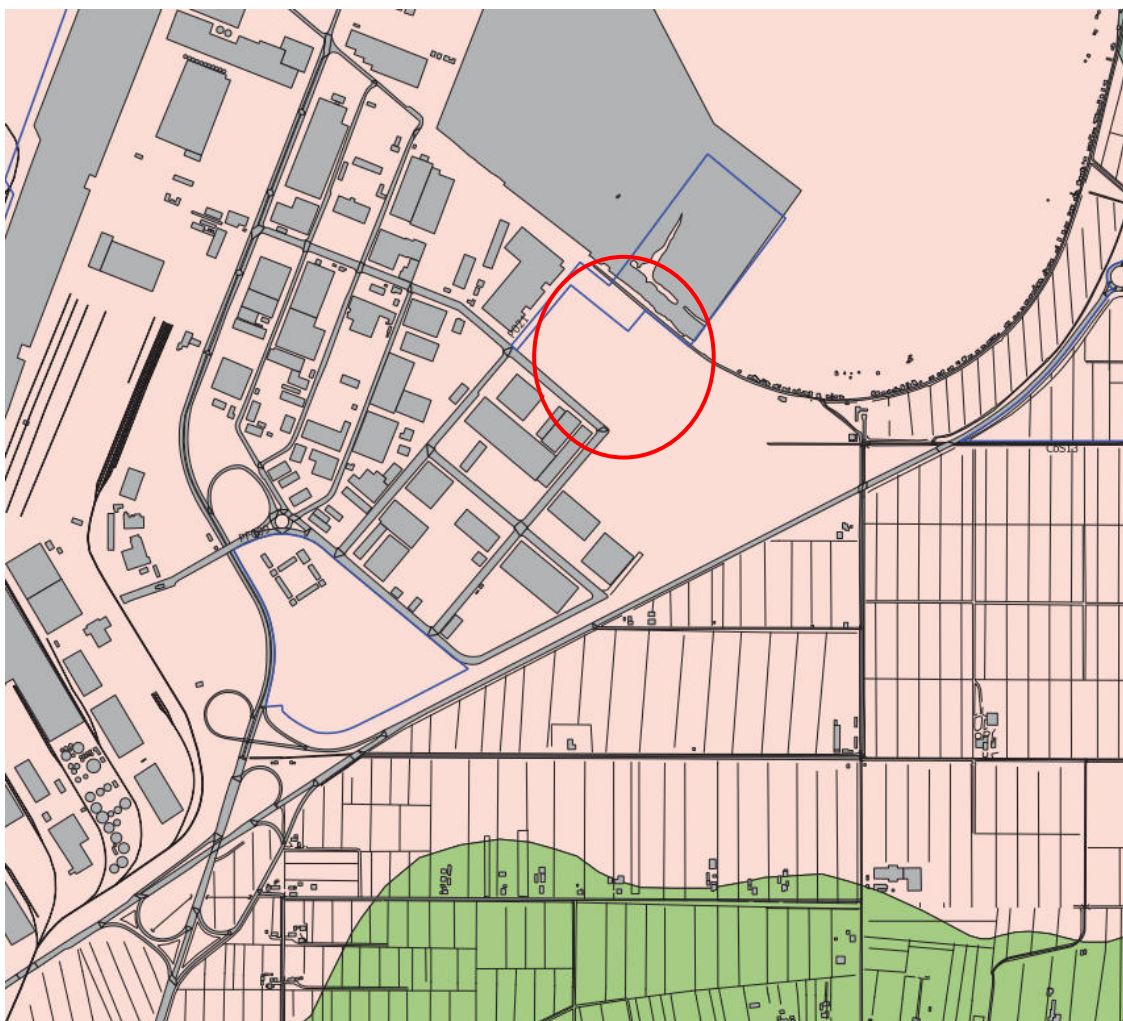
 ZALQ – Zona di attenzione per liquefazione – Zona 2

ZONA 30502002: questa zona comprende le aree immediatamente retrostanti a quelle di litorale dove affiorano argille inorganiche di piccolo spessore sovrastanti a sabbie limose e limi sabbiosi e ad argille e argille limose con livelli di sabbie. Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. La zona può avere effetti di liquefazione.

6-1 Stralcio della “Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica” MS3 Comune di Ravenna (Capoluogo_Nord_rid_AD2)




6-2 Stralcio della “Carta del potenziale di liquefazione” MS Comune di Ravenna (Capoluogo_Nord_rid_AD2)





CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI

Zone suscettibili di amplificazioni locali

 Amplificazione del moto sismico attesa come possibile effetto dell'assetto litostratigrafico locale

Zone suscettibili di amplificazione e di instabilità

 Liquefazioni in presenza di importanti spessori di terreni granulari saturi nei primi 20 m da piano campagna

 Cedimenti differenziali in aree che presentano terreni con significative variazioni laterali delle caratteristiche meccaniche

6-3 Stralcio della “Carta delle Aree suscettibili di effetti locali” MS Comune di Ravenna (Capoluogo_Nord_rid_AD2)

PUG 2020 (AGGIORNAMENTO MS)

Si riportano i più recenti studi Microzonazione Sismica del Comune di Ravenna (PUG2020), in particolare stralci delle mappe risultanti dallo studio di risposta sismica locale, ovvero la carta dei valori delle velocità delle onde di taglio e dei fattori di amplificazione della sollecitazione sismica al variare dei periodi di riferimento.

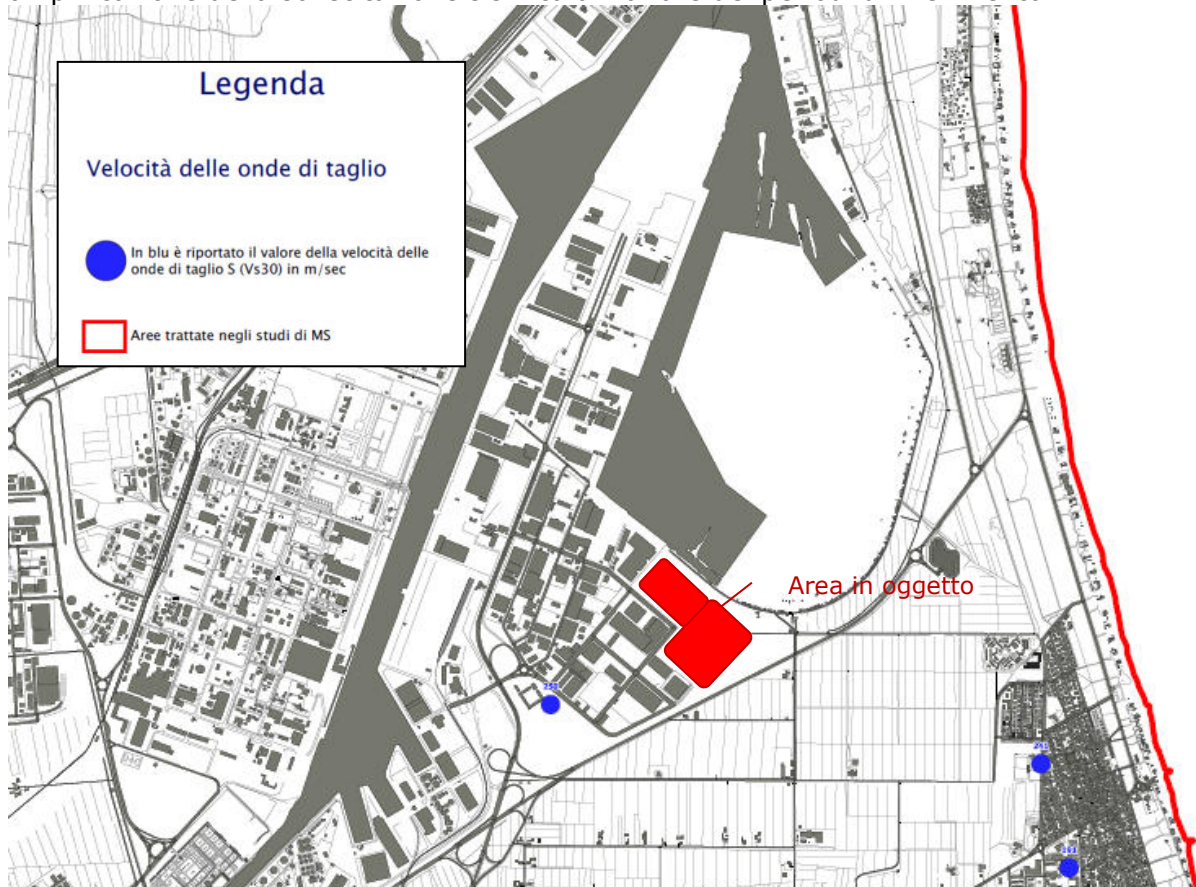


Fig. 6-4 PUG 2020 - Stralcio "QC_5-9-6 foglio 4_Carta della velocità delle onde di taglio"

Il valore della velocità delle onde di taglio più prossimo è pari a 250 m/sec, compatibile con un sottosuolo tipo C da NTC18.

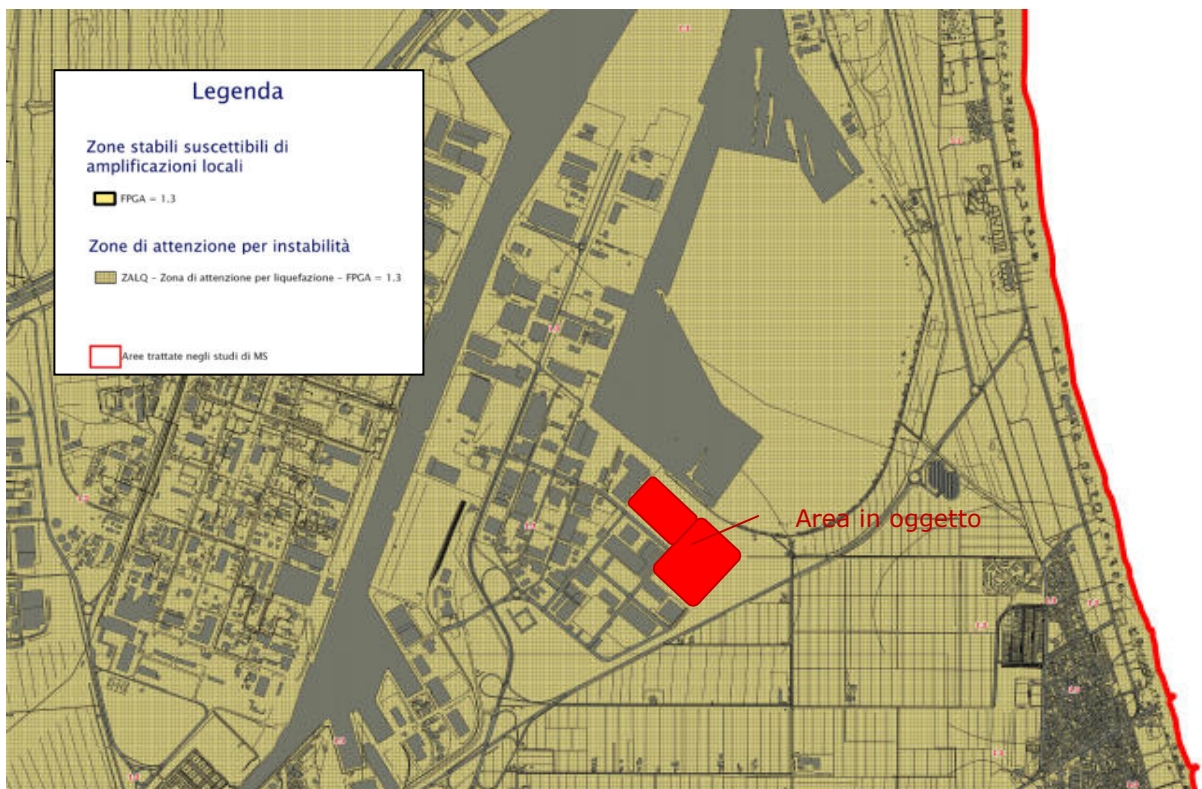


Fig. 6-5 PUG 2020 - Stralcio "QC_5-9-7.A foglio 4_Carta_MS_FPGA"

Fattore di amplificazione PGA: 1.30

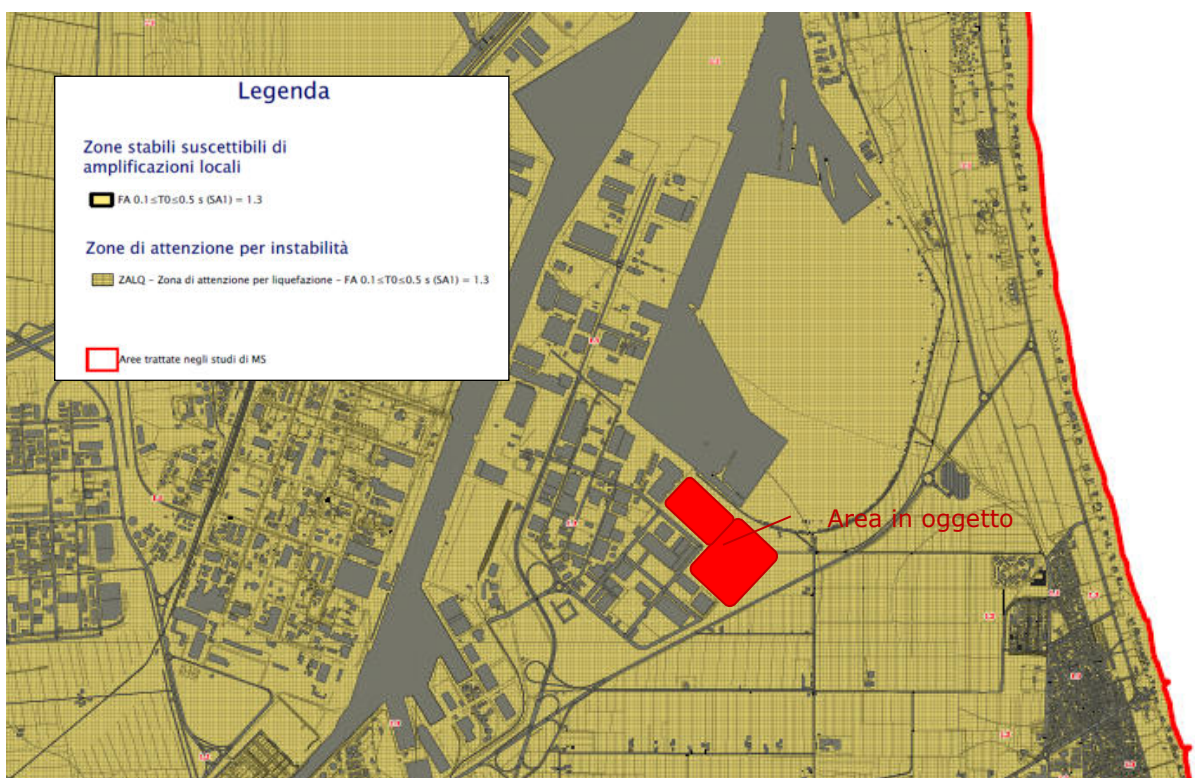


Fig. 6-6 PUG 2020 - Stralcio "QC_5-9-7.B foglio 4_Carta_MS_SA1"

Fattore di amplificazione SA (0.1 ≤ T0 ≤ 0.5 s): 1.30

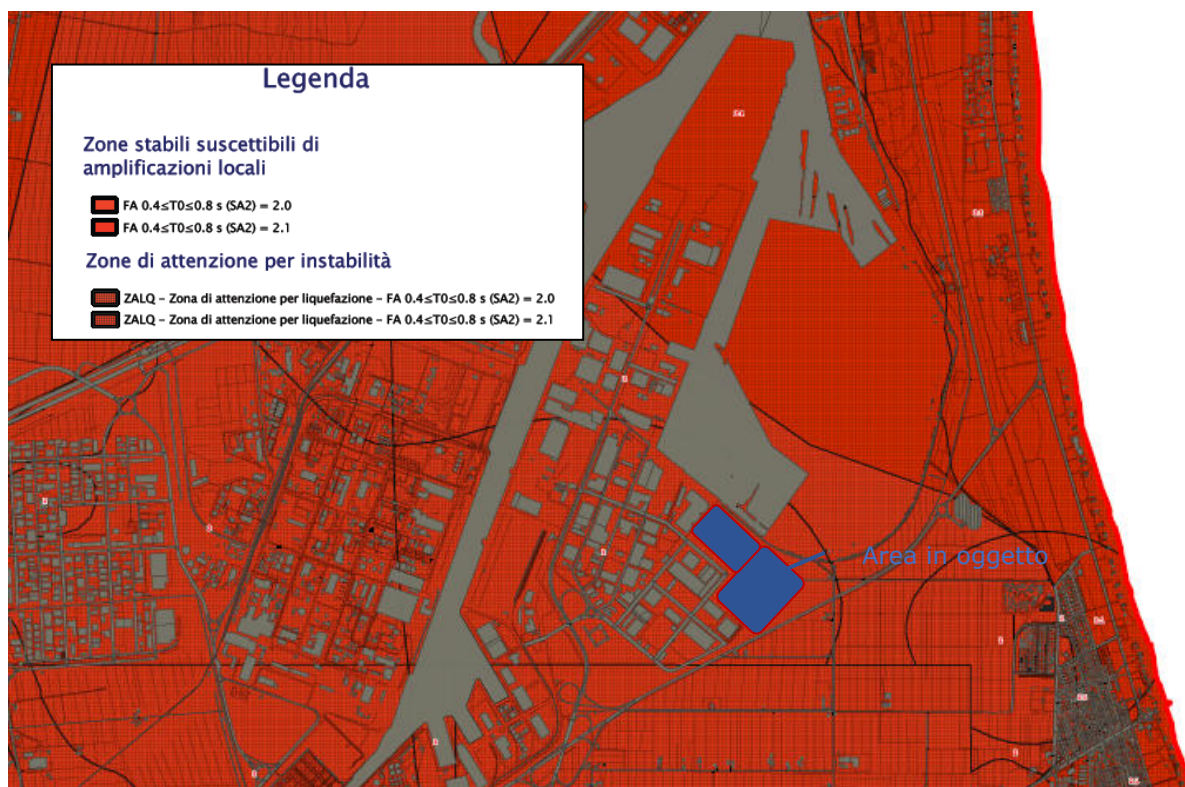


Fig. 6-7 PUG 2020 - Stralcio "QC_5-9-7.C foglio 4_Carta_MS_SA2"

Fattore di amplificazione SA ($0.4 \leq T_0 \leq 0.8$ s): 2.0

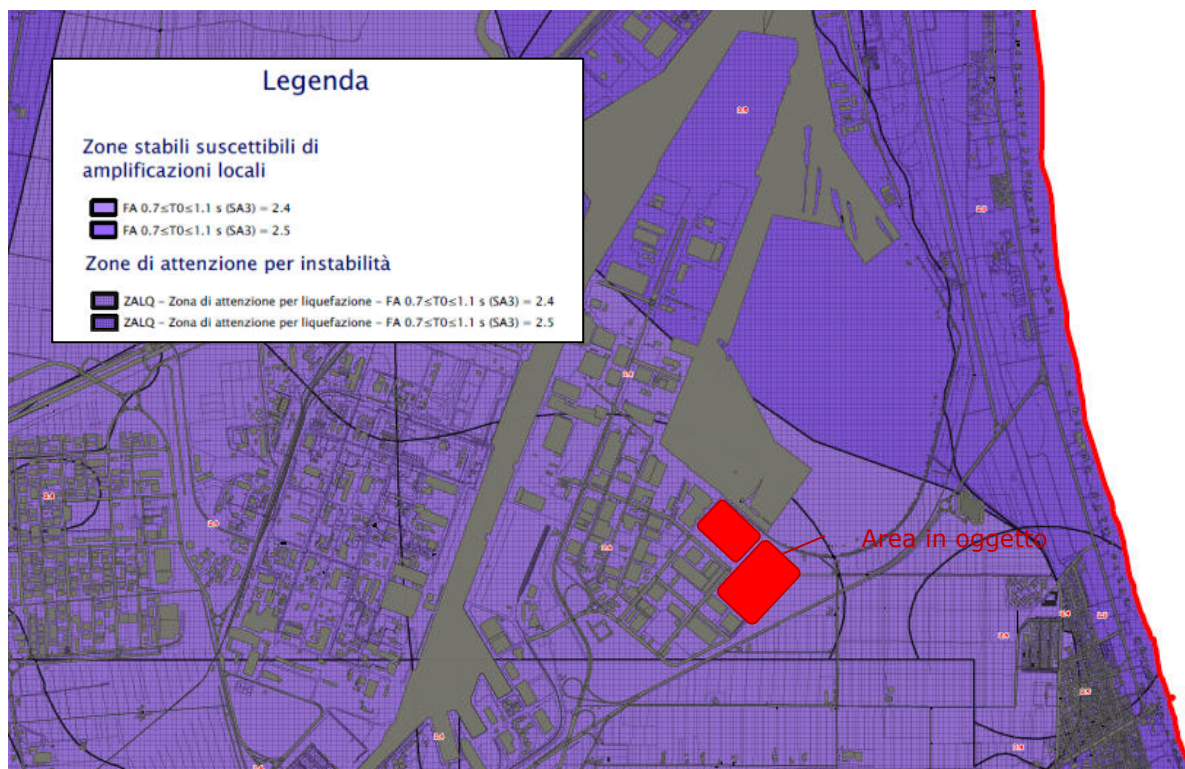


Fig. 6-8 PUG 2020 - Stralcio "QC_5-9-7.D foglio 4_Carta_MS_SA3"

Fattore di amplificazione SA ($0.7 \leq T_0 \leq 1.1$ s): 2.4

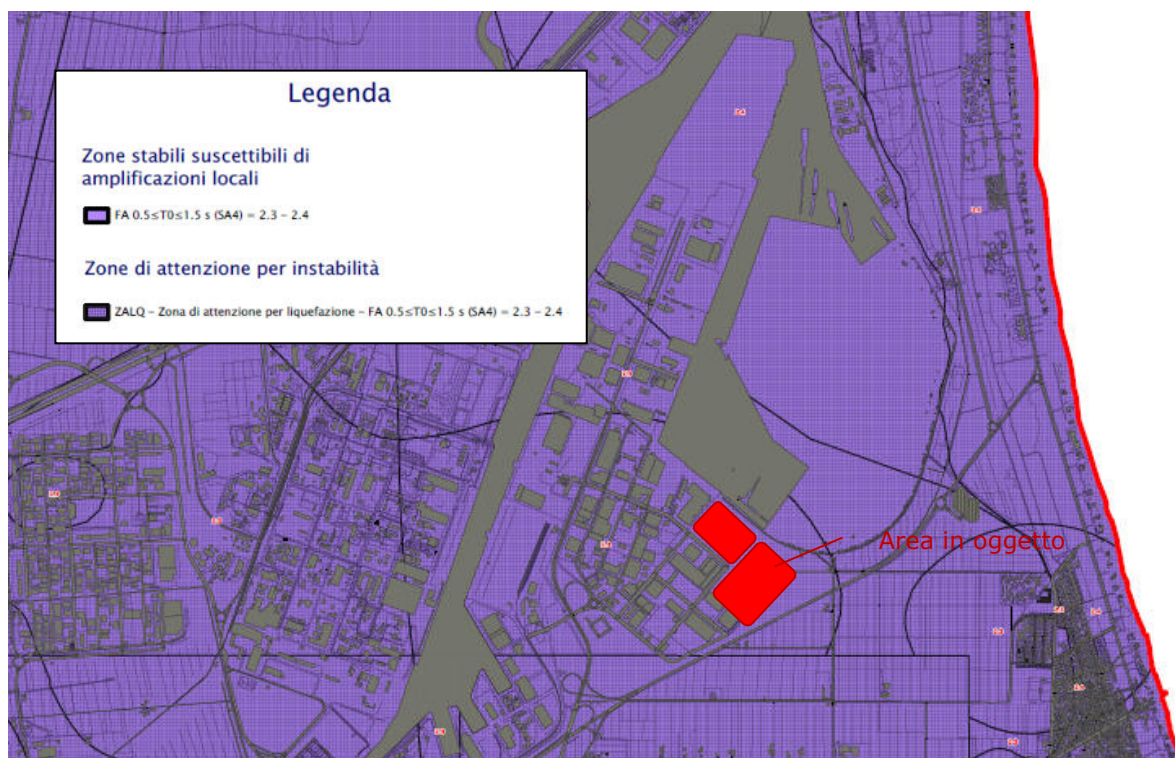


Fig. 6-9 PUG 2020 - Stralcio “QC_5-9-7.E foglio 4_Carta_MS_SA4”

Fattore di amplificazione SA ($0.5 \leq T_0 \leq 1.5$ s): 2.3 – 2.4

In merito alla zona del porto, si rimanda, per un inquadramento generale, allo studio approfondito sulla valutazione del potenziale di liquefazione realizzato nell'anno 2017 da **EUCENTRE** (Rapporto tecnico - Valutazione del Potenziale di Liquefazione al Porto di Ravenna – EUCENTRE. 2017). Lo studio riporta, tra i punti di maggior interesse per l'aggiornamento delle carte di MS, l'ubicazione di numerose indagini di sottosuolo, la ricostruzione stratigrafica dell'area e la valutazione del potenziale di liquefazione. Lo studio è stato condotto operando la suddivisione dell'area portuale in tre zone omogenee in termini di successione lito-stratigrafica e proprietà meccaniche delle formazioni (zona centrale, zona nord-orientale, zona meridionale) in seguito illustrate.

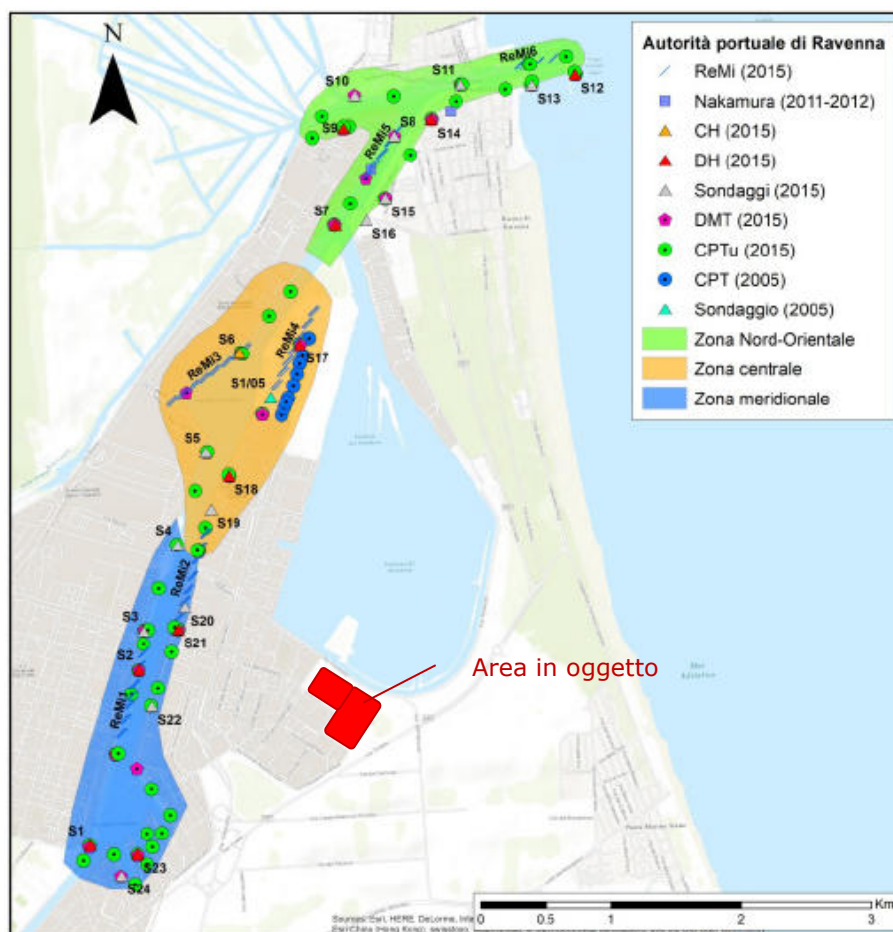


Fig. 6-10 Mappa GIS che mostra la suddivisione del porto di Ravenna in tre zone omogenee per la valutazione della risposta sismica locale (EUCENTRE, 2017)

L'area in oggetto ricade tra le zone "centrale" e "meridionale", cautelativamente si può assumere quanto concerne alla zona "meridionale".

Si riportano le informazioni che si possono estrapolare dagli studi EUCENTRE relative a:

- Risposta sismica locale (**RSL**) eseguite con $T_r=475$ e 712 anni;
- Potenziale di liquefazione (**LI**).

RSL

I risultati ottenuti dalle analisi stocastiche della risposta sismica locale relative al periodo di ritorno di 475 anni e 712 anni vengono riportati, nel seguito, in termini di spettri di risposta elastici in accelerazione (componente orizzontale del moto) per le tre aree in cui è stato suddiviso il porto di Ravenna.

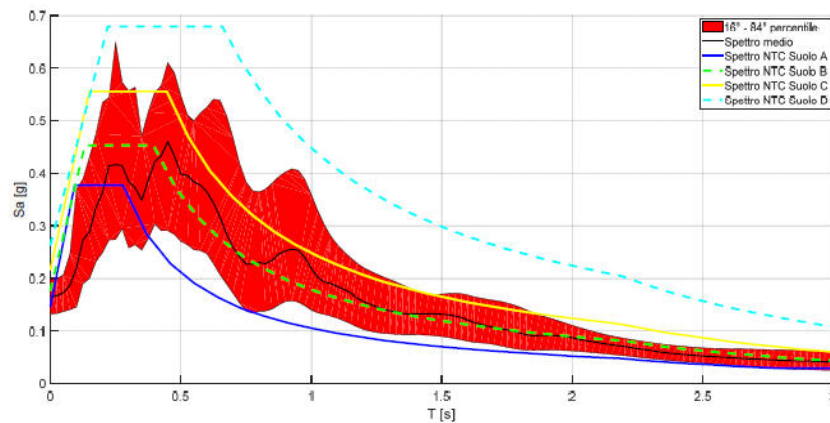


Fig. 6-11 Confronto tra gli spettri di risposta elastici in accelerazione calcolati secondo l'approccio semplificato NTC08 e lo spettro medio ottenuto dall'analisi stocastica di risposta sismica locale per l'area meridionale del porto di Ravenna (linea nera continua) per TR = 475 anni (EUCENTRE, 2017).

Zona del porto	a_{max} media(g)	a_{max} 84° percentile (g)
Centrale	0.145	0.173
Nord-Orientale	0.189	0.221
Meridionale	0.165	0.197

Fig. 6-12 Valori di accelerazione orizzontale di picco ottenuti in superficie per le tre aree in cui è stato suddiviso il porto di Ravenna mediante analisi di risposta sismica locale stocastiche per TR = 475 anni (EUCENTRE, 2017).

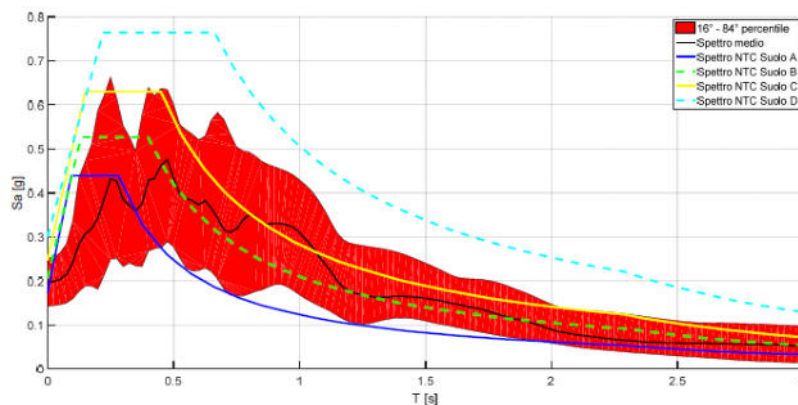


Fig. 6-13 Confronto tra gli spettri di risposta elastici in accelerazione calcolati secondo l'approccio semplificato NTC08 e lo spettro medio ottenuto dall'analisi stocastica di risposta sismica locale per l'area meridionale del porto di Ravenna (linea nera continua) per TR = 712 anni (EUCENTRE, 2017).

Modello	a_{max} media(g)	a_{max} 84 percentile (g)
Centrale	0.171	0.215
Nord-Orientale	0.227	0.278
Meridionale	0.198	0.252

Fig. 6-14 Valori di accelerazione orizzontale di picco ottenuti in superficie per le tre aree in cui è stato suddiviso il porto di Ravenna mediante analisi di risposta sismica locale stocastiche per TR = 712 anni (EUCENTRE, 2017).

LPI

La procedura per la valutazione del rischio di liquefazione e dei relativi cedimenti co-sismici utilizzata al porto di Ravenna, è basata sui risultati delle prove penetrometriche statiche (CPT) eseguite nell'area portuale. I risultati ottenuti per i due periodi di ritorno di 475 e 712 anni tengono conto dell'incertezza (epistemica) associata ai modelli di calcolo utilizzati; per questo motivo nello studio del rischio liquefazione al porto di Ravenna, sono state utilizzate metodologie di analisi indipendenti in modo da pervenire ad una stima del rischio liquefazione e dei cedimenti co-sismici del terreno che tenga conto dell'incertezza dei modelli di calcolo adottati:

- Metodologia A: Robertson (2009);
- Metodologia B: Boulanger e Idriss (2015);
- Metodologia C: Seed (2010).

LPI	Potenziale rischio di liquefazione
≤ 5	Basso
$5+15$	Elevato
≥ 15	Molto Elevato

LSI	Potenziale rischio di liquefazione
$0+0.35$	Molto Basso
$0.35+1.30$	Basso
$1.30+2.5$	Elevato
$2.5+10$	Molto Elevato

Fig. 6-15 Scala del rischio di liquefazione lungo una verticale in accordo ai parametri LPI e LSI

LSN	Potenziali effetti indotti da liquefazione
$0+10$	Manifestazioni del fenomeno della liquefazione da nulle a lievi. Effetti trascurabili
$10+20$	Manifestazioni del fenomeno della liquefazione modeste. Pochi vulcanelli di sabbia
$20+30$	Manifestazioni del fenomeno della liquefazione moderate. Qualche vulcanello di sabbia e qualche danno strutturale
$30+40$	Manifestazioni del fenomeno della liquefazione da moderate a severe. I cedimenti indotti possono causare danni strutturali
$40+50$	Evidenti manifestazioni del fenomeno della liquefazione. Ondulazioni e fratture in superficie. Significativi cedimenti assoluti e differenziali delle strutture
>50	Danni notevoli, estese manifestazioni del fenomeno in superficie. Notevoli cedimenti assoluti e differenziali delle strutture. Danni ai sottoservizi

Fig. 6-16 Scala dei potenziali effetti indotti dalla liquefazione in accordo al parametro LSN

Dai risultati ottenuti applicando in modo indipendente le tre metodologie per i periodi di ritorno di 475 anni e 712 anni sono anche stati calcolati gli indici di rischio liquefazione (i.e., LPI, LSI, LSN) combinando in una media pesata i valori degli indici individuali.

		Metodologia A				Metodologia B				Metodologia C				Media pesata		
		LPI (-)	LSI (-)	LSN (-)	CV (cm)	LPI (-)	LSI (-)	LSN (-)	CV (cm)	LPI (-)	LSI (-)	LSN (-)	CV (cm)	LPI (-)	LSI (-)	LSN (-)
Area meridionale	CPTu001/14	0	0.90	6.5	7	5.3	1.80	33.9	29	6.3	3.80	52.5	52	4.2	2.08	31.7
	CPTu002/14	0.1	0.70	6.3	7	5.7	1.90	44.9	34	3.2	3.20	44.6	39	3.7	1.93	35.2
	CPTu003/14	0.1	0.80	8.2	6	4.1	1.50	37.2	26	6.3	3.90	55.3	44	3.7	1.93	34.5
	CPTu003m/14	0.4	0.40	4.8	6	2.8	0.90	15.9	20	0.8	0.80	9.7	13	1.7	0.75	11.6
	CPTu004/14	0.2	0.70	7.5	6	4.7	1.70	40.8	29	2.2	3.10	36	32	3.0	1.80	31.3
	CPTu005/14	0	1.00	7.8	8	4.7	1.70	38.4	30	6.7	4.60	67	56	4.0	2.25	37.9
	CPTu006/14	0.4	1.50	15.1	11	7.6	2.30	47	35	9.9	4.70	68.3	54	6.4	2.70	44.4
	CPTu007/14	1.5	2.00	23	17	11	3.10	54.5	39	10.9	5.00	71.9	61	8.6	3.30	51.0
	CPTu007m/14	0.7	0.40	5.4	8	1.2	0.40	7.5	11	1.3	0.60	10.2	16	1.1	0.45	7.7
	CPTu008/14	1	2.00	23.3	17	10.2	2.90	54.3	41	14.4	5.30	85.3	75	9.0	3.28	54.3
	CPTu009/14	1.3	1.30	20.6	19	10	2.90	54.2	49	5.6	2.80	45	50	6.7	2.48	43.5
	CPTu037/14	0.5	1.30	12	11	6.6	2.00	37.6	30	10.2	4.10	56.9	49	6.0	2.35	36.0
	CPTu037m/14	0.4	0.20	3.9	6	0.9	0.30	5.8	9	0.9	0.50	9.3	17	0.8	0.33	6.2
	CPTu038/14	1.5	1.70	18.7	17	8.9	2.60	43.7	37	9.7	4.40	60.1	53	7.3	2.83	41.6
	CPTu039/14	0.3	1.20	9.9	10	5.5	1.80	33.6	29	9.2	4.20	58.1	51	5.1	2.25	33.8
	CPTu040m/14	0.2	0.10	2.6	4	0.3	0.10	3	5	0.5	0.20	5.7	11	0.3	0.13	3.6
	CPTu041/14	0	0.70	5	4	4.7	1.70	35.9	25	5.5	3.60	53.8	40	3.7	1.93	32.7
	CPTu042/14	0.9	1.20	0	13	9.2	2.60	43.9	34	5.4	3.50	45.7	38	6.2	2.48	33.4
	CPTu043/14	0.3	1.10	9.7	7	9.4	2.70	45.7	32	3.1	3.40	42.4	32	5.6	2.48	35.9
	CPTu044/14	0.2	0.70	5.5	5	4.6	1.70	33.7	23	4.6	3.60	45.9	35	3.5	1.93	29.7
	CPTu045/14	0	0.40	2.8	3	2.5	1.10	28.4	20	2.6	2.70	33.2	27	1.9	1.33	23.2
	CPTu046/14	0.2	0.70	8.7	6	7	2.10	43.7	30	3.5	2.60	35.4	28	4.4	1.88	32.9
	CPTu046m/14	0.2	0.10	2.3	4	0.3	0.10	3.4	6	0.5	0.20	6.1	12	0.3	0.13	3.8
	CPTu047/14	1.1	1.10	12	14	4.9	1.50	24.9	26	4.5	2.60	32.9	37	3.9	1.68	23.7
	CPTu048/14	1.2	1.80	20.5	15	11.9	3.40	64.3	39	11.8	5.60	89.7	64	9.2	3.55	59.7

Fig. 6-17 Risultati delle analisi del rischio liquefazione per l'area meridionale del porto di Ravenna: valori degli indici di liquefazione LPI, LSI, LSN e cedimenti verticali indotti nel terreno (CV), calcolati mediante le tre metodologie A, B e C, per il periodo di ritorno di 475 anni (EUCENTRE, 2017).

		Metodologia A				Metodologia B				Metodologia C				Media pesata		
		LPI (-)	LSI (-)	LSN (-)	CV (cm)	LPI (-)	LSI (-)	LSN (-)	CV (cm)	LPI (-)	LSI (-)	LSN (-)	CV (cm)	LPI (-)	LSI (-)	LSN (-)
Area meridionale	CPTu001/14	5.3	2.70	29.4	33	16.9	4.30	48	48	14.9	5.10	80.7	86	13.5	4.10	51.5
	CPTu002/14	3.8	2.50	27.4	29	18.7	4.80	57.4	49	10.7	4.80	80.4	73	13.0	4.23	55.7
	CPTu003/14	4.5	2.80	32.5	29	15.9	4.10	51.5	44	14.8	5.30	84.4	77	12.8	4.08	55.0
	CPTu003m/14	2.5	1.10	12.1	16	7.5	1.90	19.2	25	2.4	1.40	18.7	24	5.0	1.58	17.3
	CPTu004/14	4	2.50	28.1	27	17.8	4.70	56.1	46	9.6	5.00	80.9	73	12.3	4.23	55.3
	CPTu005/14	6.6	3.10	34.2	40	17.5	4.60	53.9	48	17.6	5.90	92.6	89	14.8	4.55	58.7
	CPTu006/14	10.3	3.80	46.9	39	19.5	4.90	53.7	45	19.5	5.60	84.7	77	17.2	4.80	59.8
	CPTu007/14	13.4	4.40	49.5	41	22.9	5.60	60.3	49	20.4	5.90	88.2	78	19.9	5.38	64.6
	CPTu007m/14	2.3	0.60	9.7	15	3	0.70	9.3	14	2.6	0.80	15	23	2.7	0.70	10.8
	CPTu008/14	13.6	4.30	53.7	43	21.6	5.30	58.8	51	24	5.90	91	82	20.2	5.20	65.6
	CPTu009/14	7.8	3.00	42	44	22	5.40	62.7	61	10.4	4.30	69.3	75	15.6	4.53	59.2
	CPTu037/14	8.5	3.10	33.6	31	16.4	4.10	44.8	39	17.8	4.80	67.9	62	14.8	4.03	47.8
	CPTu037m/14	1.6	0.40	7.5	13	2	0.50	7.3	13	1.9	0.60	11.8	20	1.9	0.50	8.5
	CPTu038/14	11.4	3.70	39.3	38	19.6	4.80	48.4	45	18.3	5.20	74.3	70	17.2	4.63	52.6
	CPTu039/14	8.2	3.00	32.2	33	15.9	4.00	43.1	41	17.8	5.00	72.6	71	14.5	4.00	47.8
	CPTu040m/14	0.6	0.20	4.5	9	0.7	0.20	4	8	0.8	0.20	5.9	12	0.7	0.20	4.6
	CPTu041/14	3.4	2.50	24.5	22	16.5	4.30	49	41	13.1	5.00	77.3	65	12.4	4.03	50.0
	CPTu042/14	8.1	3.00	34.8	31	19	4.60	47.4	38	13.3	4.60	70	57	14.9	4.20	49.9
	CPTu043/14	6.3	3.10	31.7	26	20.7	5.00	53.2	42	11.7	5.10	77.3	61	14.9	4.55	53.9
	CPTu044/14	3.4	2.40	21.8	21	16.2	4.20	49.1	39	12.9	5.10	80.6	69	12.2	3.98	50.2
	CPTu045/14	1.2	1.70	15.7	16	13	3.60	45.7	37	9.1	4.30	65.9	53	9.1	3.30	43.3
	CPTu046/14	3.8	2.20	26.6	22	17.8	4.50	51	40	9.2	4.00	65.1	52	12.2	3.80	48.4
	CPTu046m/14	0.5	0.10	4.5	9	0.7	0.20	4.4	8	0.7	0.20	6.9	13	0.7	0.18	5.1
	CPTu047/14	6.8	2.40	25.9	31	12.7	3.20	32.8	37	10	3.50	48.5	56	10.6	3.08	35.0
	CPTu048/14	11.3	4.20	49.1	39	25.8	6.20	76.1	51	23.1	6.80	115.5	87	21.5	5.85	79.2

Fig. 6-18 Risultati delle analisi del rischio liquefazione per l'area meridionale del porto di Ravenna: valori degli indici di liquefazione LPI, LSI, LSN e cedimenti verticali indotti nel terreno (CV), calcolati mediante le tre metodologie A, B e C, per il periodo di ritorno di 712 anni (EUCENTRE, 2017).

In sintesi, negli studi EUCENTRE, per l'area meridionale del porto, le conseguenze attese sul terreno a causa della liquefazione sono indicate non essere trascurabili per entrambi i periodi di ritorno.

7. CONCLUSIONI E CRITICITÀ GEOLOGICO - GEOTECNICHE

Si riassumono gli aspetti e criticità di carattere geologico (e geotecnico) da attenzionare:

- Modello geologico caratterizzato da geometrie complesse di difficile previsione spaziale con possibili variazioni laterali delle resistenze;
- Scarse caratteristiche di resistenze e deformabilità delle unità geotecniche individuate: cedimenti totali e differenziali a breve e lungo termine.
- Effetti sismici di sito in riferimento anche alla sismicità dell'area (liquefazione, cedimenti differenziali, amplificazione stratigrafica);