



**Autorità di Sistema Portuale
del Mar Adriatico Centro Settentrionale**

**APPROFONDIMENTO CANALI CANDIANO E BAIONA,
ADEGUAMENTO BANCHINE OPERATIVE ESISTENTI, NUOVO
TERMINAL IN PENISOLA TRATTATOLI E RIUTILIZZO DEL
MATERIALE ESTRATTO IN ATTUAZIONE AL P.R.P. VIGENTE 2007
I FASE**

PROGETTO DEFINITIVO

OGGETTO

RELAZIONE GEOLOGICA

FILE

1114.GEO.A - Relazione geologica

CODICE

1114.GEO.A

SCALA

Rev.	Data	Causale
0	Set. 2015	Emissione
1		
2		
3		

**AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL
MARE ADRIATICO CENTRO SETTENTRIONALE**

**IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
IL DIRETTORE TECNICO
(Ing. Fabio Maletti)**



**MINISTERO INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER
LE OPERE PUBBLICHE PER LA LOMBARDIA
E L'EMILIA ROMAGNA**

**IL RESPONSABILE DELLA REVISIONE
DELLA PROGETTAZIONE
(Ing. Francesco Caldani)**



**PORTO DI
RAVENNA**

6. Idrogeologia

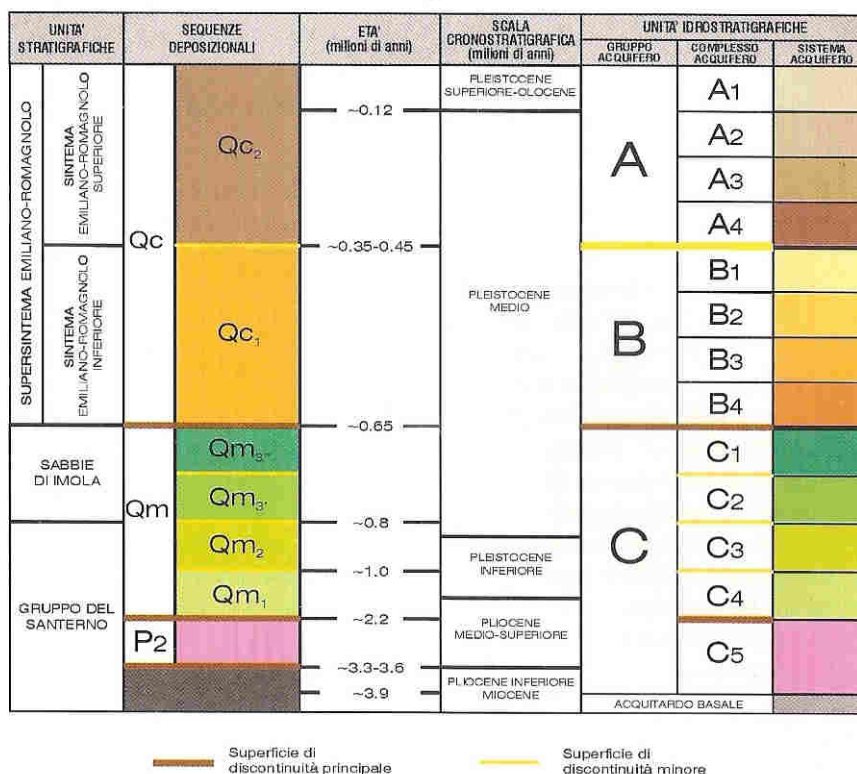
Nell’ambito del territorio comunale ravennate è riconoscibile un sistema acquifero, all’interno dei terreni quaternari continentali, delimitato inferiormente dall’interfaccia acqua dolce/acqua salata.

Le caratteristiche degli acquiferi vanno inquadrare in un modello che è strettamente connesso con la stratigrafia presente della pianura Emiliano-Romagnola. Ciascun acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione da quelli sovrastanti e sottostanti a causa della presenza di livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale, denominati “barriere di permeabilità regionali”, il cui limite inferiore è formato da unità impermeabili.

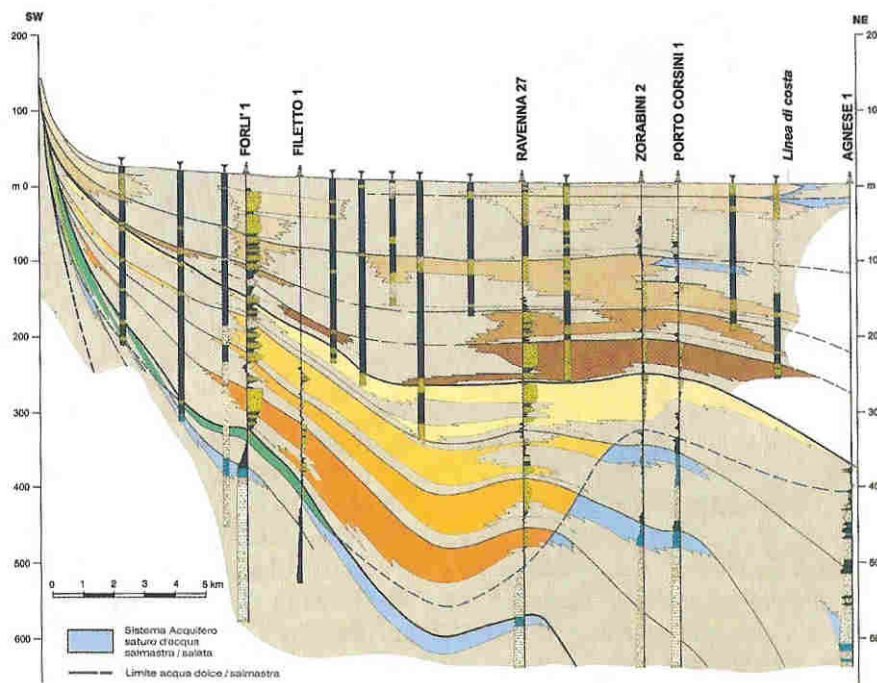
Per l’area in esame l’acquifero di riferimento è il “gruppo A” - complesso A1 come indicato nello schema idrostratigrafico di seguito riportato.

Nell’area in studio è presente una falda superficiale freatica alimentata dall’infiltrazione diretta delle precipitazioni, dall’irrigazione e dalle perdite del reticolo idrografico, ed è regimata dalla rete di canali e scoli consorziali, per lo più controllati da impianti idrovori e, vista la qualità scadente, è soggetta a modesti emungimenti.

Essa è principalmente contenuta nei terreni granulari ossia sabbie e sabbie limose presenti fino a circa 15 metri di profondità e corrispondenti all’associazione di facies “S” precedentemente descritta. Risulta tamponata inferiormente dai terreni argilloso-limosi impermeabili e corrispondenti alle “Argille e limi di prodelta” appartenenti alla litofacies “M”.



Schema stratigrafico e suddivisione stratigrafico-sequenziale dei depositi plio-quaternari del bacino padano con indicazioni delle unità idrostratigrafiche.



Sezione geologica e idrostratigrafica del sottosuolo della pianura romagnola.

Il livello impermeabile dei limi ed argille del prodelta separa verso l'alto una falda libera all'interno delle sabbie e invece verso il basso un sistema di acquiferi multistrato con falde in pressione costituite da orizzonti permeabili sabbiosi (litofacies "T" e parte granulare della litofacies "A") isolati da livelli argillosi (parte fine della litofacies "A"). Tale acquifero ha maggiori potenzialità di quello superficiale in quanto risulta alimentato dalla retrostante pianura con un'alimentazione dalla fascia pedecollinare dei conoidi.

L'esame delle informazioni dirette desunte dalle letture piezometriche, eseguite nei sondaggi attrezzati a piezometro e non, delle passate campagne geognostiche (la presente ne è priva), mette in evidenza un livello piezometrico mediamente stabilizzato a circa 1.0 m dal p.c. e con un gradiente idraulico pressoché nullo. Verosimilmente si può ritenere entrambe le falde (quella superficiale e freatica e quella profonda e multistrato in pressione) in equilibrio idraulico ma l'assenza di una strumentazione adeguata ed un monitoraggio non permette di affermarlo con certezza.

7. Indagini geognostiche

7.1 Indagini pregresse

L'area del porto canale è stata interessata negli anni da numerose campagne geognostiche finalizzate alla realizzazione di diverse opere.

Di seguito si riportano nella tabella le principali, con riferimento all'impresa realizzatrice e all'opera di riferimento per cui è stata realizzata.

PERIODO	IMPRESA ESECUTRICE/GEOLOGO	OPERA DI RIFERIMENTO
Dicembre 1972	Pali Trevisani di Cesena	Zona P.I.R.
Aprile 1973	Studio geotecnico Dr. Radaelli e Dr. Castellotti di Segrate (Mi)	Prolungamento banchina SETRAMAR
Febbraio 1979	Tecnosol di Roma	Zona banchina FERRUZZI
Aprile 1980	Dott. Geol. Angelo Angeli di Cesena	Banchine piazzale Dante della S.A.P.I.R.
Novembre 1985	Prof. Silvano Marchetti	Appalto concorso rafforzamento Molo Guardiano Destro Canale Candiano
Giugno 1987	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Zona EUROTHERMAL S.p.A.
Novembre 1991	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Zona compresa tra canale Candiano, sponda destra e canale Piombone
Novembre 1991	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Progetto esecutivo nuovo molo guardiano in sinistra canale Candiano (commissionata dalla S.A.P.I.R.)
Febbraio 1992	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Zona Largo Trattaroli
Febbraio 1992	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Zona Enichem
Aprile 1992	Acquater S.p.A. di San Lorenzo in Campo (Pesaro)	Prove laboratorio area Trattaroli sx
Luglio 1993	Dott. Geol. Angelo Angeli di Cesena	Zona sviluppo S.A.P.I.R.
Maggio 1995	INDGEO S.r.l. di S. Giuseppe di Comacchio (Ferrara)	Località Trattaroli
8 luglio 1997	PERIGEO Dott. Geol. Guarnieri	Molo San Filippo – Porto Corsini
30 marzo 2010	ISMGEO Seriate (Bergamo)	Prove laboratorio Banchina Polimeri Europa
4 settembre 2012	SOGEO S.r.l. Dott. Porcari	Piazzale Adriatico angolo via Don G. Verità Marina di Ravenna
Dicembre 2012	Dott. Geol. Angelo Angeli di Cesena	Piano urbanistico attuativo “Capitaneria di Porto” Marina di Ravenna
Febbraio 2013	Dott. Geol. Borghetti	Via Fabbrica Vecchia Marina di Ravenna
Aprile 2013	Dott. Geol. Angelo Angeli di Cesena	Banchina San Vitale

Tali dati geognostici sono risultati estremamente utili al fine di avere ulteriori informazione oltre a quelle desunte dalla campagna del 2014.

7.2 Indagini di progetto 2014

Le indagini a supporto della progettazione esecutiva sono state realizzate nei mesi di novembre – dicembre 2014 e concluse nel mese di gennaio 2015.

Il piano d'indagini ha tenuto conto del quadro delle conoscenze delineato dalle indagini pregresse disponibili, delle esigenze del progettista e di quanto previsto dalle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC2008).

Nello specifico sono stati realizzati:

- sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- prove penetrometriche statiche con misura delle pressioni interstiziali (CPTU), sia a terra che a mare, per la ricostruzione stratigrafica di dettaglio, la determinazione della densità relativa e dei parametri di resistenza in tensione efficace per i terreni granulari e della

	<i>Relazione geologica</i> <i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i>	  Membro della Federazione CISQ RINA ISO 9001 Sistema Qualità Certificato DIREZIONE TECNICA Pag. : 30 di 50
---	--	---

coesione non drenata per gli orizzonti coesivi. Le prove sono state ubicate sia a terra che nel canale a mare, immediatamente di fronte ai banchinamenti.

- prove dilatometriche (DMT) con dilatometro piatto tipo Marchetti, finalizzate alla definizione dei moduli elastici a bassi livelli di deformazione e in subordine per la determinazione della coesione non drenata per i terreni coesivi;
- indagini sismiche sia di superficie (Re.Mi.) che in foro mediante down-hole e cross-hole, al fine di ottenere i moduli elastici ed il profilo di velocità delle onde S;
- prove di laboratorio per la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni.

La campagna d'indagini è stata articolata su tre differenti “stazioni tipo di indagini”, denominate tipo A – B - C e alcune verticali singole.

Nel dettaglio si riporta per ciascuna stazione le attività eseguite:

STAZIONE A

1 sondaggio da 35 metri, 3 campioni indisturbati, condizionato per prova down-hole e cross-hole
 1 sondaggio a distruzione a 5 metri di distanza per l'esecuzione della prova cross-hole
 1 prova penetrometrica CPTU da 38 metri e 1 prova CPTU a mare da 15 metri oltre il fondale
 1 prova dilatometrica DMT da 30 metri
 1 cross-hole
 prelievi campioni rimaneggiati

STAZIONE B

1 sondaggio da 35 metri, 3 campioni indisturbati, condizionato per prova down-hole
 1 prova penetrometrica CPTU da 32 a 40 metri e 1 prova CPTU a mare da 14 a 19 metri oltre il fondale
 1 prova dilatometrica DMT da 30 metri
 1 down-hole

STAZIONE C

1 sondaggio da 35 metri, 3 campioni indisturbati, condizionato per prova down-hole e cross-hole
 1 prova penetrometrica CPTU da 27 a 35 metri e 1 prova CPTU a mare da 13 a 19 metri oltre il fondale
 1 prova dilatometrica DMT da 30 metri

In alcune aree in cui non sono state realizzate una delle stazioni precedente descritte e dove le indagini esistenti risultavano sporadiche, sono state realizzate verticali di indagini integrative singole quali sondaggi a carotaggio continuo, verticali CPTU e verticali DMT.

Il programma di indagini è stato rispettato a meno di alcuni cambiamenti dovuti ad impedimenti logistici.

Riassumendo le quantità totali eseguite sono:

- n.25 sondaggi a carotaggio continuo tutti spinti a 35 metri di profondità. E' stato eseguito un sondaggio in più a quanto previsto a causa del S7-14 la cui iniziale postazione è stata modificata a causa dell'interferenza con opere di consolidamento alla quota di 1.6m dal p.c.;
- n.1 sondaggio a distruzione di 35 metri di profondità per l'esecuzione del cross-hole S6-14;
- n. 44 prove penetrometriche CPTU eseguite a terra e n. 16 CPTU effettuate a mare con profondità massima per le prime di 40.90 m nella CPTU46-14 e minima di 28.00 nella CPTU26; per le seconde la profondità massima raggiunta, a rifiuto, è pari a 29.98 m nella

	<i>Relazione geologica</i> <i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i>	 Membro della Federazione CISQ RINA ISO 9001 Sistema Qualità Certificato  DIREZIONE TECNICA Pag. : 31 di 50
---	--	--

CPTU34-14 e minima di 24.27 m nella CPTU3-14. Sono state eseguite per quelle in mare, sei prove in meno rispetto a quanto previsto mentre per quelle a terra non sono state realizzate quattro prove, per entrambi le cause sono da imputarsi ad impedimenti logistici

- n.30 prove dilatometriche DMT con profondità massima raggiunta di 30.20 metri, in numerose verticali, e minima di 27.4 metri nella DMT14-14. Rispetto al programma, a causa della presenza di ostacoli che hanno interrotto l'avanzamento, sono state eseguite tre prove in più in quanto sono state ripetute previo approfondimento del preforo o al fianco della precedente prova(DMT17bis-14, DMT22bis-14 e DMT26bis-14);
- n. 6 stendimenti geofisici tipo Re.Mi. per un totale di 117 prove distribuite su sei siti;
- n.10 prove down-hole ciascuna a 35 metri e con una interdistanza di 0.50 m, eseguite nei seguenti fori di sondaggio: S1-14, S2-14, S7-14, S9-14, S12-14, S14-14, S17-14, S18-14, S21-14 e S23-14;
- n.1 prova cross-hole a 35 metri e con una interdistanza di 0.50 m, eseguita nei sondaggi S6-14 e S6a-14;
- sui campioni prelevati, per un totale di n. 53 indisturbati e n. 53 rimaneggiati, oltre alle prove di caratterizzazione fisica sono state eseguite prove meccaniche: n. 12 prove edometriche, n. 10 prove di taglio diretto CD, n. 11 prove triassiali UU, n. 11 prove triassiali CIU, n. 10 prove triassiali CID e n. 12 colonne risonanti.

L'ubicazione e l'identificazione delle indagini, che per differenziarle da quelle pregresse hanno un suffisso “14”, ad indicare l'anno di esecuzione, è riportata nell'allegato 1; i dati stratigrafici e tecnici derivanti dalle indagini sono contenuti negli allegati dal 2 all'8 della presente relazione.

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive, per ciascuna tipologia di indagine, delle coordinate espresse in Gauss-Boaga e le relative quote.

	EST	NORD	QUOTA SLM
DMT1	2300372.62	4924582.26	0,01
DMT2	2300629.97	4925275.16	1,06
DMT3	2300849.19	4925908.35	0,38
DMT4	2300914.70	4926207.89	1,30
DMT5	2301491.09	4927534.06	1,65
DMT6	2301370.10	4928005.13	2,11
DMT7	2301808.37	4928274.28	2,15
DMT8	2302599.99	4929206.48	0,52
DMT9	2302863.57	4929543.62	0,80
DMT10	2303107.34	4929850.94	1,20
DMT11	2302719.80	4929933.65	0,00
DMT12	2302822.87	4930187.66	2,20
DMT13	2303643.11	4930209.65	1,42
DMT14	2304176.29	4930327.38	2,22
DMT15	2304526.71	4930219.94	2,19
DMT16	2304187.60	4930164.24	2,53
DMT17	2303402.08	4929955.36	1,14
DMT18	2303007.59	4929381.54	1,16
DMT19	2302269.90	4928308.87	1,42
DMT20	2301939.78	4927795.74	1,83
DMT21	2301651.13	4927341.75	2,07
DMT22	2301377.06	4926780.44	1,91
DMT23	2301175.38	4926195.56	0,45
DMT24	2300928.39	4925621.85	1,46
DMT25	2300778.85	4925155.99	0,68
DMT26	2300737.35	4924491.29	0,82
DMT27	2300599.72	4924340.36	0,58

	EST	NORD	QUOTA SLM
CPTU1	2300320.84	4924478.15	1,45
CPTU2	2300374.00	4924587.18	0,01
CPTU3	2300628.33	4925270.45	1,11
CPTU4	2300779.63	4925725.86	0,12
CPTU5	2300848.54	4925905.17	0,32
CPTU6	2300901.50	4926100.02	0,24
CPTU7	2300913.65	4926204.81	1,23
CPTU8	2301051.62	4926520.19	1,42
CPTU9	2301211.09	4926842.72	1,42
CPTU11	2301807.25	4928276.35	2,10
CPTU12	2302045.01	4928538.77	1,33
CPTU13	2302225.96	4928717.65	1,70
CPTU14	2302597.86	4929203.21	0,50
CPTU15	2302731.00	4929356.70	0,83
CPTU17	2302764.61	4929943.18	-0,13
CPTU18	2302726.92	4929934.62	-0,26
CPTU19	2302476.10	4929877.63	2,03
CPTU20	2302561.94	4930038.42	2,35
CPTU21	2303123.36	4930154.70	2,02
CPTU22	2303643.25	4930205.77	1,44
CPTU23	2304178.29	4930327.40	2,20
CPTU25	2304529.59	4930220.25	2,19
CPTU26	2304182.57	4930163.59	2,50
CPTU27	2303984.15	4930144.13	1,53
CPTU28	2303599.21	4930078.35	1,10
CPTU29	2303403.46	4929956.71	1,11
CPTU30	2303218.23	4929694.45	1,23
CPTU31	2303002.53	4929375.15	1,16
CPTU32	2302263.54	4928310.06	1,54
CPTU33	2301938.02	4927796.30	1,87
CPTU34	2301655.24	4927339.37	2,04
CPTU35	2301441.66	4926955.72	2,00
CPTU36	2301380.56	4926789.20	1,90
CPTU37	2301177.21	4926191.89	0,56
CPTU38	2301111.50	4926024.28	0,65
CPTU39	2300988.87	4925756.82	1,45
CPTU41	2300884.01	4924983.59	0,57
CPTU42	2301008.84	4924774.52	0,56
CPTU43	2300936.57	4924643.42	0,82
CPTU44	2300822.30	4924647.07	0,79
CPTU45	2300856.15	4924542.14	0,70
CPTU46	2300736.35	4924492.57	0,85
CPTU47	2300700.34	4924265.05	0,40
CPTU48	2300559.81	4924505.86	0,66

			QUOTA SLM BANCHINA	PROFONDITA FONDALE/INIZIO PROVA	QUOTA SLM FONDALE
CPTU3M	2300647.83	4925274.59	1,00	8,60	-7,60
CPTU7M	2300946.70	4926204.21	1,20	12,00	-10,80
CPTU9M	2301384.34	4927244.98	1,40	11,60	-10,20
CPTU10M	2301498.34	4927536.29	1,70	12,40	-10,70
CPTU11M	2301823.62	4928266.24	2,10	9,43	-7,33
CPTU18M	2302724.24	4929947.87	-0,10	6,60	-6,70
CPTU22M	2303656.40	4930204.20	1,40	6,00	-4,60
CPTU23M	2304184.58	4930320.87	2,20	10,30	-8,10
CPTU24M	2304467.32	4930362.04	2,20	8,00	-5,80
CPTU25M	2304520.64	4930235.32	2,20	8,40	-6,20
CPTU26M	2304189.23	4930185.34	2,50	8,40	-5,90
CPTU34M	2301646.94	4927349.61	2,00	11,80	-9,80
CPTU36M	2301367.47	4926787.55	1,90	13,80	-11,90
CPTU37M	2301147.08	4926213.22	0,50	12,40	-11,90
CPTU40M	2300925.27	4925622.76	1,40	12,70	-11,30
CPTU46M	2300804.32	4924413.17	0,80	14,40	-13,60

	EST	NORD	QUOTA SLM
S1	2300380.13	4924592.31	-0,09
S2	2300851.59	4925909.95	0,42
S3	2300912.55	4926201.74	1,13
S4	2301215.60	4926840.67	1,42
S5	2301488.82	4927535.31	1,66
S6	2301803.82	4928271.52	2,12
S6A	2301801.15	4928275.75	2,03
S7	2302608.26	4929200.59	0,55
S8	2303105.08	4929848.35	1,18
S9	2302723.90	4929934.02	-0,13
S10	2302826.95	4930183.12	2,22
S11	2303643.29	4930207.27	1,41
S12	2304523.31	4930219.39	2,17
S13	2304185.10	4930163.73	2,51
S14	2303399.38	4929952.48	1,12
S15	2303005.23	4929377.85	1,17
S16	2302845.44	4929221.10	1,21
S17	2302265.87	4928305.38	1,62
S18	2301649.21	4927342.75	2,13
S19	2301494.99	4927092.42	2,18
S20	2301238.04	4926359.68	0,63
S21	2301174.41	4926193.24	0,49
S22	2300931.74	4925621.29	1,44
S23	2300737.08	4924495.52	0,76
S24	2300602.99	4924341.67	0,55

	<i>Relazione geologica</i> <i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i>	  Membro della Federazione CISQ RINA ISO 9001 Sistema Qualità Certificato DIREZIONE TECNICA Pag. : 35 di 50
---	--	---

8. Descrizione geologico – stratigrafica dell’area portuale

La ricostruzione geologica del Porto Canale è stata eseguita per ciascun lato (destro e sinistro) del Canale Candiano e del Canale Baiona e si è basata sull’interpretazione dei sondaggi, delle prove penetrometriche CPTU e DMT realizzati nella campagna geognostica 2014.

Tutti i terreni presenti e riconosciuti, precedentemente descritti in modo molto dettagliato nel paragrafo “3.2 Modello geologico locale”, vengono di seguito esposti, da ovest verso est, ponendo l’attenzione sui loro rapporti stratigrafici e sulle eteropie presenti all’interno di ogni *facies* e sui loro spessori.

I profili geologici (Allegato 8), presentati come piano-profili, sono stati realizzati in scala deformata al fine di poter apprezzare cartograficamente gli strati con spessori limitati e comunque per avere una più facile lettura.

8.1 Canale Candiano

Il terreno di riporto (R) presenta spessori diversi e comunque, essendo esso legato all’attività antropica, fortemente variabili anche in modo repentino. Sul lato destro del Canale Candiano lo spessore varia da 1 a 3 metri circa fino alla stazione B9, oltre raggiunge i 10 metri come ben evidente nel sondaggio S12-14 che ha messo in evidenza un riempimento di scogliera costituito da calcari con la dimensione dei ciottoli e dei blocchi. Al contrario nella zona compresa tra le stazioni B1 e C2, per circa 1300 metri di lunghezza, il riporto è pressoché inesistente. Al contrario, sul lato sinistro lo spessore risulta più costante ed è all’incirca pari a 2-3 metri.

La litofacies “S”, costituita da sabbie fossilifere da finissime a grossolane e con rare intercalazioni limose, presenta uno spessore massimo di circa 15 metri nella parte più ad ovest che tende a diminuire, passando a circa 9 metri in corrispondenza del sondaggio S19-14, tra le stazioni C4 e B5, e quindi a circa 5 metri nei pressi della stazione C13. La stessa situazione si osserva sul lato sinistro, in cui l’iniziale spessore di 15 metri decresce a 7 metri in corrispondenza del sondaggio S5-14 (stazione C6) per poi rimanere costante.

La sottostante litofacies “M” di natura limosa e argillosa è presente costantemente in tutta l’area portuale con spessori iniziali, sia in sinistra che in destra di circa 10 metri, con giacitura orizzontale che poi aumenta in corrispondenza dei sondaggi S19-14 (tra le stazioni C4 e B5) e S4-14 (stazione C5) passando a 18 – 20 metri e rimanendo costante fino al mare.

Inferiormente ai depositi limoso argillosi di prodelta si rinvencono le sabbie della barriera trasgressiva (litofacies “T”) con spessori estremamente ridotti variabili da 6 metri, nella porzione più occidentale del lato sinistro, a circa 1 metro nella parte più orientale; sul lato destro invece lo strato ha uno spessore costante e pari a 2-3 metri.

La parte basale è rappresentata dal *bedrock* di piana alluvionale pleistocenica, costituita da alternanze di argille, limi molto consistenti e con livelli di sabbia addensata. Questi terreni sono sempre stati intercettati nei sondaggi e nelle prove penetrometriche, a meno della porzione più orientale del lato sinistro, oltre il canale Baiona. Lo spessore ricostruito di tale formazione è pari a circa 10 metri

8.2 Canale Baiona

La successione stratigrafica risulta caratterizzata dall’alto verso il basso dalla sequenza completa, riconosciuta anche nei profili del Canale Candiano.

Lo strato di riporto, sub orizzontale è pari a circa 2-3 metri ad eccezione dell’area della stazione B8 in cui lo spessore si riduce a circa un metro scarso.

La litofacies “S” costituita dalle sabbie dei cordoni litorali, sul lato sinistro è pari a circa 8 metri di spessore costante lungo tutto il tratto; sul lato destro invece il deposito si presenta mediamente più spesso (10 metri) ad esclusione della zona iniziale, nei pressi della CPTU19-14, in cui si riscontrano solo 6 metri di deposito.

I limi e le argille sottostanti, della litofacies “M”, hanno uno spessore massimo di 20 metri sul lato sinistro, oltre il sondaggio S10-14 mentre nella parte occidentale la potenza è circa 12 metri. Sul lato destro lo strato è pari a 15 metri

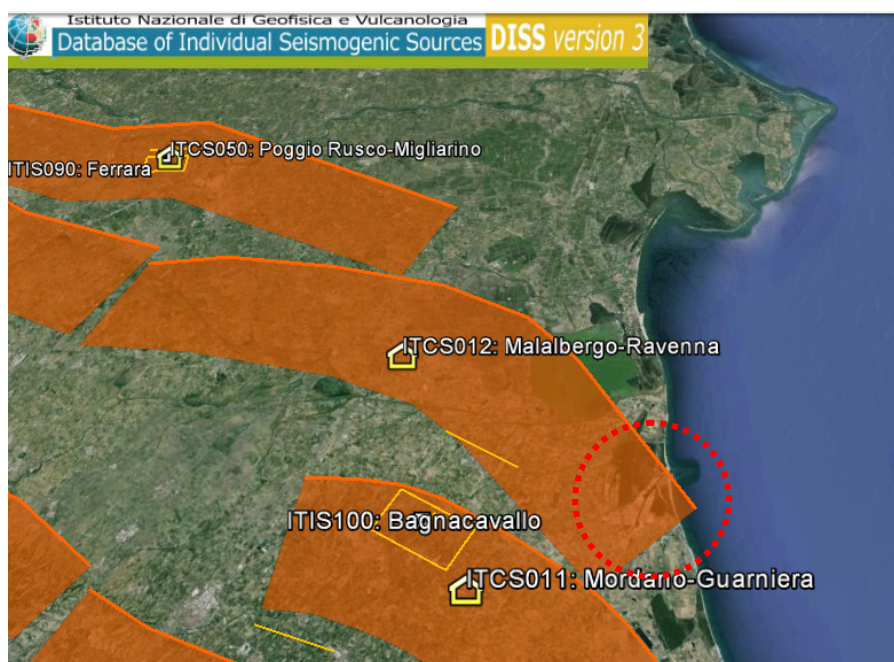
Le sabbie della barriera trasgressiva sono presenti in entrambi i lati e con spessori variabili da 2 a 6 metri e poggiano sul sottostante *bedrock* alluvionale pleistocenico (litofacies “A”) rinvenuto in tutte le verticali a meno della CPTU22-14 che si è arrestata nelle sabbie sovrastanti. Lo spessore ricostruito per tale litotipo è di almeno una decina di metri.

9. Pericolosità geologiche

9.1 Pericolosità sismica

9.1.1 Pericolosità sismica a livello nazionale

Per la pericolosità sismica nazionale si fa riferimento all’ultima zonazione sismogenica nota con la sigla “ZS9” (2004) prodotta dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di seguito riportata nella figura.



Zonizzazione sismogenetica “ZS9” e distribuzione delle sorgenti sismogenetiche (da: DISS 3.1 foto aerea Google Earth).
“ITCS....” Indica la zona sismogenetica mentre “ITIS....” rappresenta le sorgenti sismogenetiche.

Dal database DISS 3.1 dell’INGV emerge che l’area in studio ricade nell’ampia zona sismica 912 che rappresenta la fascia più esterna dell’arco appenninico settentrionale, connessa alla tettonica attiva del fronte compressivo del margine appenninico sepolto più avanzato.

Più nel dettaglio, è riportata una “fascia” sismogenetica più prossima all’area in esame: la ITCS012 Malalbergo-Ravenna, a cui viene attribuita una magnitudo massima $M=5.6$, quindi contraddistinta da terremoti storici che raramente hanno raggiunto elevate intensità. Tale valore risulta cautelativo rispetto alle conoscenze sismiche attuali, vista anche la vicinanza, solo circa 15 km, da sorgenti storicamente note di terremoti di intensità maggiori.

9.1.2 Pericolosità sismica a livello comunale

A livello comunale, nel POC del comune di Ravenna, è presente lo studio di pericolosità sismica preliminare con riferimento all’elaborato POC.6l “Indagine sismica – Relazione” e alla relativa scheda di sintesi, di seguito riportata per l’area di Porto Corsini, e all’elaborato cartografico POC6l.5.2 “Carta delle aree suscettibili di effetti locali”.

	Relazione geologica <i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i>	 Membro della Federazione CISQ RINA ISO 9001 Sistema Qualità Certificato  DIREZIONE TECNICA Pag. : 37 di 50
---	--	--

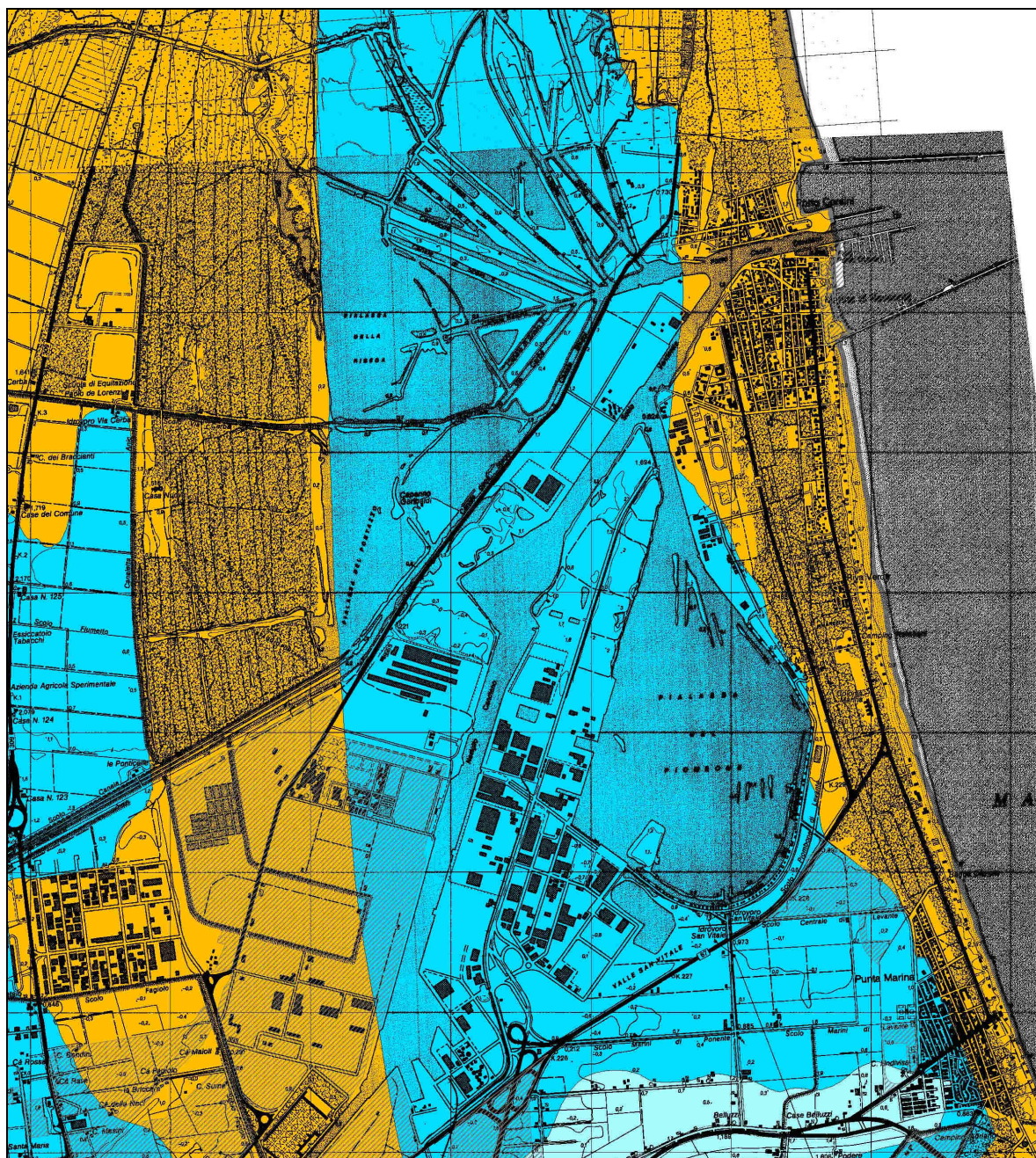
Ambito	PORTO TURISTICO PORTO CORSINI	
Classificazione sismica del territorio comunale	ZONA	P.G.A.
	3	0,163
Scenario di pericolosità sismica	Area suscettibile di amplificazione stratigrafica	SI
	Area suscettibile di amplificazione stratigrafica con rischio di liquefazione ciclica	Si
	Area suscettibile di amplificazione stratigrafica con rischio di cedimenti	No
Condizioni e limiti di fattibilità geologico-sismica	Allo stato delle conoscenze l’ambito risulta edificabile senza particolari condizionamenti sismici. Le ulteriori analisi da realizzare nella fase di PUA potranno variare localmente le presenti conclusioni, secondo quanto indicato nelle norme allegate.	
Prove da eseguire	Indagini sismiche e geologiche mirate nel prosieguo della progettazione.	
Prove CPT di riferimento	247	
Prove geofisiche di riferimento	6	
Pericolosità di liquefazione	Bassa	
Probabilità di liquefazione	15% < LPb	
Vs30 (0-30 m)	196 m/s	
Caratterizzazione sismica microzonazione	Ambito di risposta sismica: COSTA 3 F.A. PGA = 1,8 F.A. IS 0,1 s<T<0,5 s = 2,2 F.A. IS 0,5 s<T<1 s = 2,5	

Scheda di sintesi dell’ambito “Porto Corsini” contenuta nel POC.6I “Indagine sismica - Relazione” del Comune di Ravenna.

Nella scheda di sintesi dell’ambito di interesse sono riportati anche gli esiti della microzonazione sismica semplificata (elaborata ai sensi della D.A.L. 112/2007) basata sulla definizione delle amplificazioni locali e riferite a grandi situazioni morfologico-stratigrafiche.

In conclusione la zona del porto appartiene al macro contesto geologico di COSTA3, con uno scenario di pericolosità sismica definito come “*area suscettibile di amplificazione stratigrafica con rischio di liquefazione ciclica*” e con una pericolosità di liquefazione “*bassa*”. L’area in esame ricade nella zona 3 e viene caratterizzata dai seguenti parametri sismici:

- $V_s=196$ m/s
- FA PGA = 1.8
- FA SI (0.1s÷0.5s)= 2.2
- FA SI (0.5s÷1.0s)= 2.5



Scenari di pericolosità sismica locale

-  Aree suscettibili di amplificazione per caratteristiche stratigrafiche
-  Aree suscettibili di amplificazione per caratteristiche stratigrafiche con terreni potenzialmente liquefacibili
-  Aree suscettibili di amplificazione per caratteristiche stratigrafiche con terreni potenzialmente soggetti a cedimenti

Stralcio della tavola POC.6I.5.2 “Carta delle aree suscettibili di effetti locali” del Comune di Ravenna.

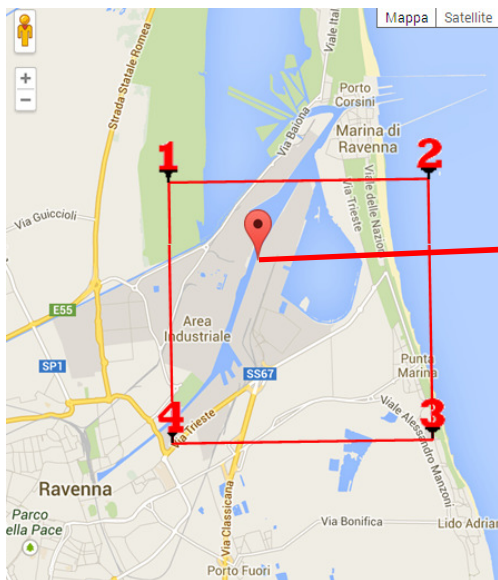
9.1.3 Determinazione della pericolosità sismica del sito

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione dell’opera.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Per la determinazione della pericolosità sismica viene utilizzato il foglio di calcolo in excel denominato “Spettri-NTCver 1.0.3” messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori pubblici. La ricerca della pericolosità può essere fatta o per il comune di appartenenza dell’opera da realizzare o per coordinate geografiche decimali.

Si decide di effettuare la ricerca attraverso l’introduzione delle coordinate, per cui si definisce come punto di riferimento per la stima della pericolosità sismica, un punto baricentrico rispetto all’estensione dell’intervento da progettare, di questo punto vengono estrapolate le coordinate geografiche WGS84.



A questo punto occorre eseguire una conversione del sistema di riferimento, passando dal WGS84 a ED50 (European Datum 1950) il sistema di riferimento per il reticolo sismico (datum INGV).

(1)* Coordinate WGS84	
Lat. 44,462332 °	Long. 12,252539 °
(1)* Coordinate ED50	
Lat. 44,463264 °	Long. 12,253510 °

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C [s]
30	0,043	2,491	0,261
50	0,054	2,490	0,276
72	0,063	2,499	0,286
101	0,075	2,476	0,287
140	0,089	2,503	0,281
201	0,104	2,568	0,279
475	0,148	2,576	0,278
975	0,197	2,526	0,283
2475	0,281	2,452	0,294

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 12,25351 LATITUDINE: 44,46326

☐ Ricerca per comune

REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: Ravenna COMUNE: Ravenna

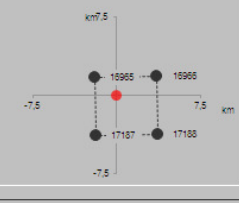
Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo

☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☐ Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

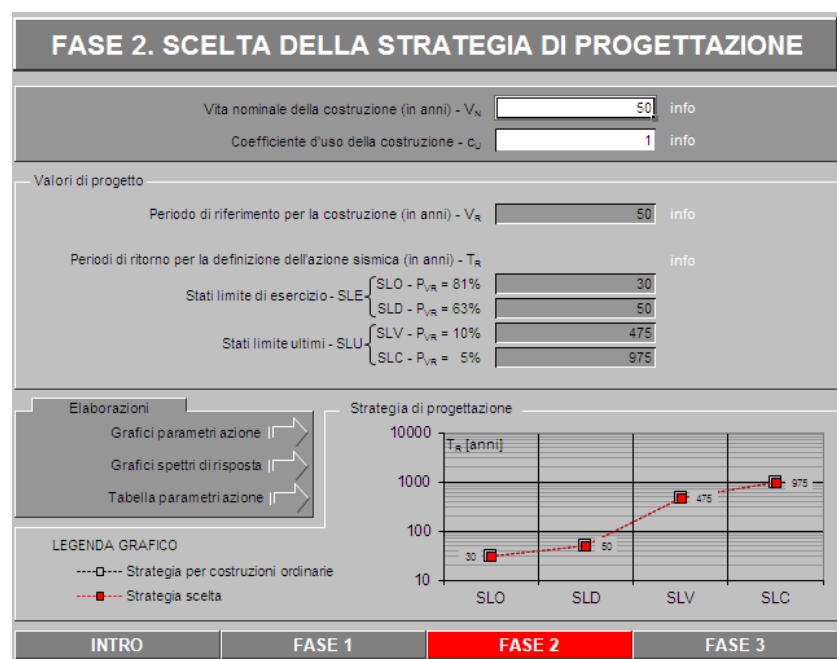
INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

La determinazione della pericolosità sismica viene determinata per lo stato limite ultimo relativo alla salvaguardia della vita (SLV), con probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} dato dalla norma alla tabella 3.2.1

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

In funzione della probabilità di superamento del 10% viene determinato il periodo di ritorno T_R per la definizione dell'azione sismica in anni, che per il caso in esame vale 475 anni.



SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,043	2,491	0,262
SLD	50	0,054	2,490	0,276
SLV	475	0,148	2,576	0,278
SLC	975	0,197	2,526	0,283

La pericolosità sismica intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, vale per lo stato limite ultimo considerato:

$a_g = 0.148 \cdot g$

9.1.4 Valutazione dell'azione sismica di progetto

Nota la pericolosità del sito si procede alla determinazione dell'accelerazione di progetto (azione sismica di progetto) attraverso l'approccio semplificato proposto dalla norma, ovvero determinando l'accelerazione massima attesa al suolo per lo stato limite ultimo considerato come strettamente dipendente dalla stratigrafia del sito (categoria del suolo di fondazione), e dalla configurazione topografica dell'area su cui si interviene.

Le categorie di sottosuolo di riferimento previste dalla norma sono le seguenti:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{a,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{a,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{a,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

I risultati delle indagini sismiche eseguite nella presente campagna geognostica e consistenti in n.6 stendimenti Re.Mi., n.10 down-hole e n.1 cross-hole hanno fornito valori di V_{s30} variabili da 160 m/s a 240 m/s e quindi al il sito in esame è stata attribuita una categoria di sottosuolo “C” e “D”.

Nota la categoria di sottosuolo di progetto si passa alla determinazione del coefficiente S_s , coefficiente che tiene conto della amplificazione stratigrafica che subisce l'accelerazione massima orizzontale su suolo rigido progredendo verso la superficie. La norma da le seguenti espressioni per la determinazione di S_s :

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_z}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_z}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_z}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,30}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_z}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per cui sostituendo i valori si ottiene per la categoria di sottosuolo “D”:

$$S_s = 1.80$$

Mentre per la categoria di sottosuolo “C” si ha:

$$S_s = 1.47$$

L’accelerazione massima di progetto è influenzata, oltre dalla stratigrafia del sito, dalla configurazione topografica dell’area di intervento, per configurazioni superficiali semplici la norma prevede la seguente classificazione topografica, ed in base a questa il relativo coefficiente di amplificazione topografica S_T :

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell’opera o dell’intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Nel caso in esame si assume una categoria topografica T1 per cui $S_T = 1.0$

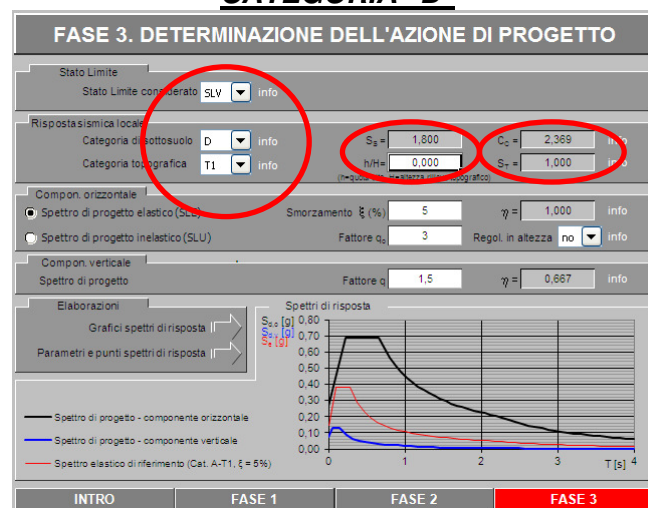
Il coefficiente S che tiene conto della categoria del sottosuolo e delle condizioni topografiche, è dato dalla seguente espressione:

$$S = S_s \cdot S_T = 1.80 \cdot 1.0 = 1.80 \quad \text{per categoria di sottosuolo “D”}$$

$$S = S_s \cdot S_T = 1.47 \cdot 1.0 = 1.47 \quad \text{per categoria di sottosuolo “C”}$$

L’accelerazione orizzontale massima di progetto, per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV) risulta essere rispettivamente per le due categorie di sottosuolo:

CATEGORIA “D”



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,148 g
F_a	2,976
T_c	0,278 s
S_a	1,800
C_d	2,369
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,800
η	1,000
T_B	0,220 s
T_C	0,659 s
T_D	2,194 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_a \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_d \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_a(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_a(T)$ sostituendo con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,267
T_B	0,220	0,688
T_C	0,659	0,688
	0,732	0,619
	0,806	0,563
	0,879	0,516
	0,952	0,477
	1,025	0,443
	1,098	0,413
	1,171	0,387
	1,244	0,365
	1,317	0,344
	1,390	0,326
	1,463	0,310
	1,536	0,295
	1,609	0,282
	1,682	0,270
	1,755	0,258
	1,828	0,248
	1,901	0,239
	1,974	0,230
	2,047	0,222
	2,120	0,214
T_D	2,194	0,207
	2,280	0,191
	2,366	0,178
	2,452	0,166
	2,538	0,155
	2,624	0,145
	2,710	0,136
	2,796	0,127
	2,882	0,120
	2,968	0,113
	3,054	0,107
	3,140	0,101
	3,226	0,096
	3,312	0,091
	3,398	0,086
	3,484	0,082
	3,570	0,078
	3,656	0,074
	3,742	0,071
	3,828	0,068
	3,914	0,065
	4,000	0,062

$$a_{\max} = a_g \cdot S_S \cdot S_T = 0,148 \cdot g \cdot 1,80 \cdot 1,0 = 0,267 \cdot g$$

CATEGORIA “C”

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: SLV info

Risposta sismica locale
Categoria di sottosuolo: C info
Categoria topografica: T1 info

Compon. orizzontale
Smorzamento ξ (%): 5 η_1 = 1,000 info
Fattore q_s : 3 Regol. in altezza: no info

Compon. verticale
Fattore q_v : 1,5 η_2 = 0,667 info

Elaborazioni
Grafici spettri di risposta
Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta
S_u [g] 0,45
S_v [g] 0,40
S_h [g] 0,35
S_g [g] 0,30
S_e [g] 0,25
S_o [g] 0,20
S_l [g] 0,15
S_h [g] 0,10
S_v [g] 0,05
S_h [g] 0,00

— Spettro di progetto - componente orizzontale
— Spettro di progetto - componente verticale
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, ξ = 5%)

INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,148 g
F_o	2,570
T_c	0,278 s
S_s	1,471
C_c	1,601
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,471
η	0,417
T_B	0,149 s
T_C	0,446 s
T_D	2,194 s

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0,000	0,210
0,149	0,234
0,446	0,234
0,529	0,107
0,612	0,171
0,695	0,150
0,779	0,134
0,862	0,121
0,945	0,110
1,028	0,102
1,112	0,094
1,195	0,087
1,278	0,082
1,361	0,077
1,444	0,072
1,528	0,068
1,611	0,065
1,694	0,062
1,777	0,059
1,861	0,056
1,944	0,054
2,027	0,051
2,110	0,049
2,194	0,048
2,278	0,044
2,366	0,041
2,452	0,038
2,538	0,036
2,624	0,033
2,710	0,031
2,796	0,030
2,882	0,030
2,968	0,030
3,054	0,030
3,140	0,030
3,226	0,030
3,312	0,030
3,398	0,030
3,484	0,030
3,570	0,030
3,656	0,030
3,742	0,030
3,828	0,030
3,914	0,030
4,000	0,030

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

$$a_{\max} = a_g \cdot S_S \cdot S_T = 0.148 \cdot g \cdot 1.47 \cdot 1.0 = 0.218 \cdot g$$

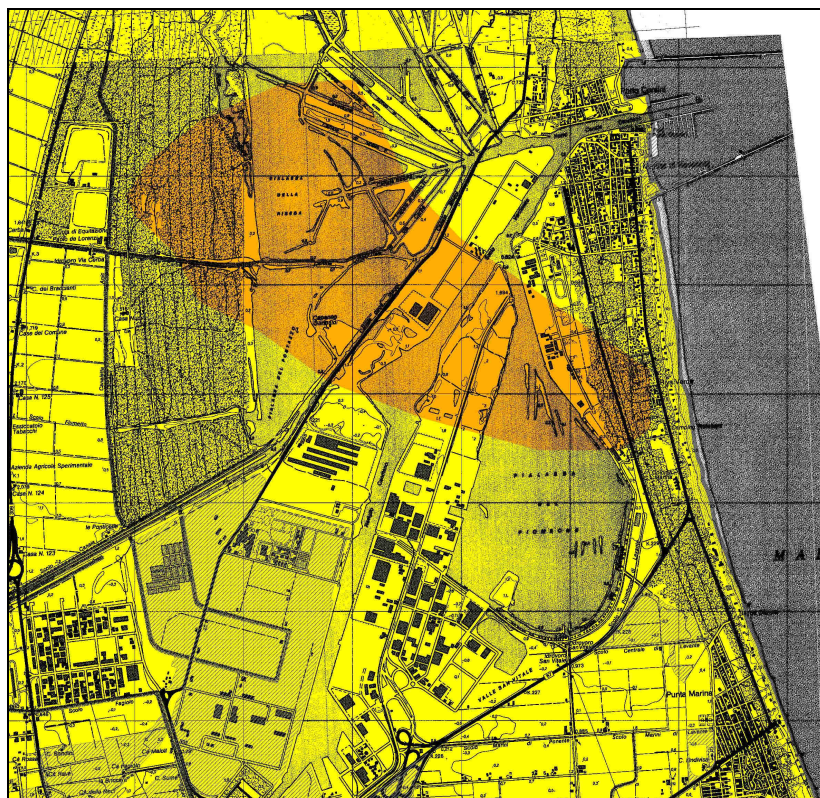
Per ulteriori approfondimenti, si fa comunque riferimento alla relazione sismica di dettaglio allegata al progetto.

9.2 Stabilità nei confronti della liquefazione

Tra gli elaborati gestionali del POC del comune di Ravenna, l'area oggetto dello studio, come riportato negli elaborati POC6l.6.2 “Carta della pericolosità di liquefazione ciclica” e nella tavola POC6l.7.2 “Carta della probabilità di liquefazione ciclica” ricade nel campo della pericolosità moderata e bassa mentre la probabilità risulta in parte con valori di $LP_b < 15\%$ nella zona più prossima alla costa e in parte con valori compresi tra 15% e 35%. Quindi secondo le classi di probabilità di liquefazione, di seguito riportata, emerge che l'area si trova in *Classe 1* con una “non liquefazione certa” e in *Classe 2* con una “liquefazione improbabile”.

Classe	Probabilità di liquefazione, P_L	Giudizio di pericolosità
5	$P_L \geq 0.85$	Liquefazione quasi certa
4	$0.65 \leq P_L < 0.85$	Liquefazione molto probabile
3	$0.35 \leq P_L < 0.65$	Liquefazione e non liquefazione ugualmente probabili
2	$0.15 \leq P_L < 0.35$	Liquefazione improbabile
1	$P_L < 0.15$	Non liquefazione quasi certa

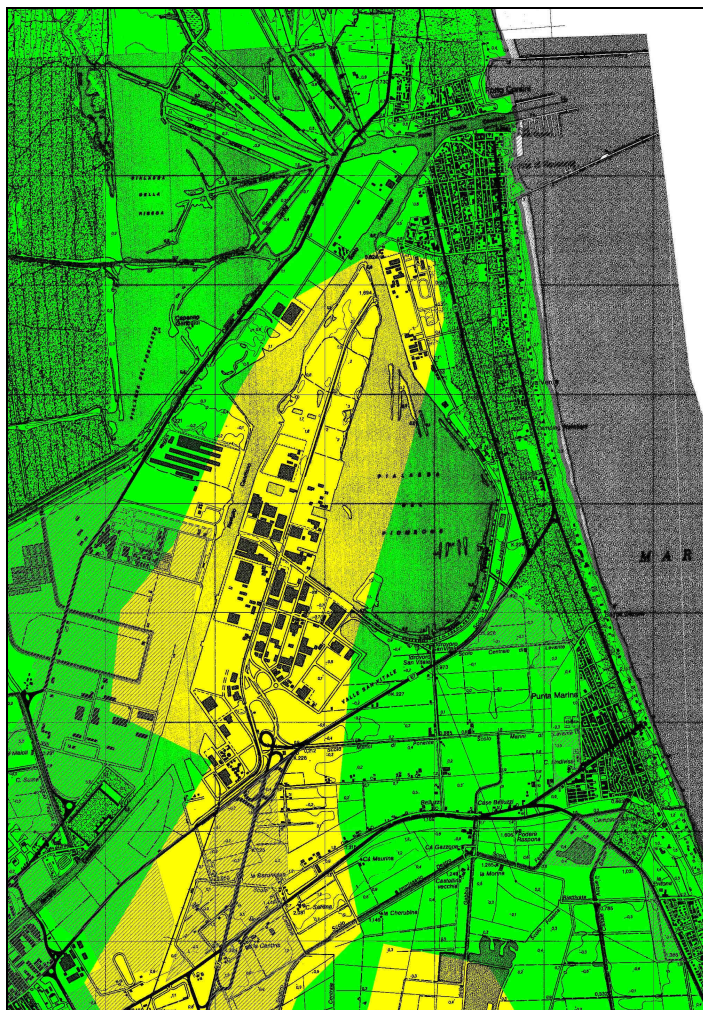
Classi di probabilità di liquefazione (Chen e Juang, 2000)



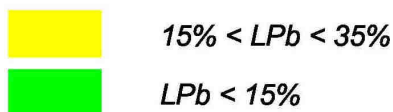
LEGENDA

- Non liquefacibile
- Pericolosità alta
- Pericolosità bassa
- Pericolosità moderata

Stralcio della tavola POC.6l.6.2 “Carta della pericolosità di liquefazione ciclica” del Comune di Ravenna.



LEGENDA



Stralcio della tavola POC.6l.7.2 “Carta della probabilità di liquefazione ciclica” del Comune di Ravenna.

Con i dati disponibili della campagna geognostica 2014, è stata eseguita una verifica, con un approccio semplificato, della stabilità nei confronti della liquefazione con il metodo Robertson 2009 e di seguito riportata in allegato.

Ne risulta che i valori di LPI variano da 1 a circa 2.5 posizionandosi nel rischio basso.

Per ulteriori approfondimenti, si rimanda a futuri studi e alla relazione specialistica relativa alla stabilità nei confronti della liquefazione allegata al progetto e di competenza geotecnica.

	<i>Relazione geologica</i> <i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i>	  Membro della Federazione CISQ RINA ISO 9001 Sistema Qualità Certificato DIREZIONE TECNICA Pag. : 47 di 50
---	--	---

10. Elementi di criticità

10.1 Criticità geologiche

Nel corso dello studio condotto sono emerse alcune criticità di natura geologica che devono essere tenute in considerazione durante la fase di progettazione delle opere previste.

Di seguito si riportano quelle ritenute di massima importanza:

- **Terreni compressibili:** tutti i sondaggi hanno messo in evidenza un primo orizzonte di terreni sabbioso-limosi da poco a moderatamente addensati (litofacies “S”) a cui seguono depositi limoso-argillosi moderatamente consistenti (litofacies “M”) e quindi compressibili e con cedimenti di una certa entità. Le sabbie sottostanti, facenti parte dell’associazione di litofacies “T” si presentano invece maggiormente addensate così come i depositi alluvionali pleistocenici molto consistenti nella porzione argillosa e addensati in quella granulare.
- **Terreni di riporto:** in affioramento, fatta eccezione per alcuni casi come nei sondaggi S2-14 e S3-14 che risultano privi di terreno di riporto, si rinvenivano depositi antropici mediamente spessi 2-3 metri ed attribuibili ai lavori di sistemazione dei piazzali e della viabilità mentre spessori più elevati, di circa 10-15 metri, corrispondono a scogliere (sondaggio S12) e/o ad opere di consolidamento esistenti (pali, tiranti, jet-grouting ecc.), inglobati all’interno del terreno naturale, ed intercettati a diverse profondità nei sondaggi S4, S13, S14 e S23. La natura dei depositi antropici non è sempre macroscopicamente riconoscibile in quanto il materiale utilizzato per i riempimenti non è altro che il terreno scavato altrove, con le stesse caratteristiche sedimentologiche del terreno in situ; quindi il riconoscimento “a vista” non sempre è identificativo e quindi potrebbe richiedere prove specifiche che valutano le caratteristiche geotecniche del deposito.
- **Presenza di gas:** nel sondaggio S1-14 tra 31.00 e 34.80 metri è stata riscontrata una venuta di gas, la cui natura non è stata definita, e che verosimilmente corrisponde alle impregnazioni di gas localizzate al tetto dell’unità progradante inferiore che corrisponde all’apparato deltizio del Po di Primaro e quindi confinato nei depositi alluvionali granulari pleistocenici (litofacies “A”).

Liquefazione: i dati cartografici reperiti nel POC del comune di Ravenna, fanno ricadere l’area in studio nel campo della pericolosità moderata e bassa mentre la probabilità risulta in parte con valori di $LP_b < 15\%$ nella zona più prossima alla costa e in parte con valori compresi tra 15% e 35% . Quindi secondo le classi di probabilità di liquefazione, emerge che l’area si trova in *Classe 1* con una “non liquefazione certa” e in *Classe 2* con una “liquefazione improbabile”. La verifica in approccio semplificato, allegata alla presente relazione, e redatta con il metodo Robertson 2009, indica per l’area portuale un rischio basso con valori massimi di IL pari a 2.5. Comunque per tale criticità si rimanda all’elaborato geotecnico di progetto, in cui la problematica sarà affrontata con un maggiore dettaglio.

10.2 Criticità morfologiche

L’unica criticità osservata di carattere morfologico riguarda la problematica riguardante la subsidenza.

Si tratta di un problema ampiamente esteso e che per l’area in studio, così come documentato dal POC del comune di Ravenna nel periodo compreso tra 1998 ed il 2002 è stato stimato un tasso di subsidenza variabile da un minimo di 0/-1 mm/anno, nella parte più occidentale ad un massimo di -5/-6 mm/anno in corrispondenza della linea di costa.

Le cause sono in modestissima parte di origine geologica e in massima parte di origine antropica e riconducibile alla massiccia estrazione di acque e metano dal sottosuolo.

L’azione strategica per difendersi dai rischi connessi alla subsidenza resta quella di controllo dell’attività estrattiva delle acque di falda, in special modo quella abusiva.

	<i>Relazione geologica</i> <i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i>	 Membro della Federazione CISQ RINA ISO 9001 Sistema Qualità Certificato  DIREZIONE TECNICA Pag. : 48 di 50
---	--	--

10.3 Criticità idrogeologiche

Per quanto concerne le criticità connesse con le acque sotterranee, riferibili sia alla falda acquifera superficiale e sia a quella multistrato profonda risultano essere:

- Falda sub-affiorante: le misure piezometriche risultanti dalle vecchie campagne geognostiche, eseguite in diversi periodi dell’anno, evidenzia un livello piezometrico stabilizzato ad una profondità di circa 1.00 m dal p.c. e con un gradiente idraulico pressoché nullo. Ne risulta che, da un punto di vista ambientale, eventuali contaminanti possono raggiungere facilmente l’acquifero e con difficoltà a muoversi e propagarsi altrove a causa del basso gradiente idraulico.
- Natura salmastra delle acque: la presenza del cuneo salino e quindi dell’ingressione dell’acqua marina, in caso di progettazione di fondazioni profonde, dovrà essere considerato mediante la valutazione dell’aggressività delle acque nei confronti del calcestruzzo e del ferro.

	<i>Relazione geologica</i> <i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i>	 Membro della Federazione CISQ RINA ISO 9001 Sistema Qualità Certificato  DIREZIONE TECNICA Pag. : 49 di 50
---	--	--

Bibliografia

- AA.VV. (1994) – *Appennino Ligure – Emiliano Guide Geologiche Regionali*. Società Geologica Italiana, Be-Ma, Roma
- AUTORITÀ DEI BACINI REGIONALI ROMAGNOLI (2011) – *Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico – Perimetrazione Aree a rischio idrogeologico*.
- AUTORITÀ PORTUALE DI RAVENNA (1972 - 2013) – *Indagini geognostiche pregresse eseguite da diverse Imprese*.
- AMBROSI A., CAPORALE L., CIBIN U., COLALONGO M.L., PASINI G., RICCI LUCCHI F., SEVERI P. & VAIANI S.C. (1998) – *The Pleistocene littoral deposits (Imola Sands) of the northern Apennines foothills*. *Giornale di Geologia*, vol 60, pag. 83-118.
- AMBROSI A., COLALONGO M.L., PASINI G. & PRETI D. (1999) – *Sedimentary response to late Quaternary sea-level changes in the Romagna coastal plain (northern Italy)*. *Sedimentology*, vol. 46, pag. 99-121.
- BERTONI W., ELMI C., MARABINI F. (2005) – *The Subsidence of Ravenna*. *Giornale di Geologia Applicata* Vol. 1, pag. 23-32.
- BONDESAN M. & BUCCI V. (1972) – *Gli antichi cordoni litoranei del settore sud-occidentale delle Valli di Comacchio*. *Atti Acc. Sc. Di Ferrara*, vol. 48, pag. 1-48.
- BONDESAN M., FAVERO V. & VINALS M.J. (1995) – *New evidence on the evolution of the Po-delta coastal plain during the Holocene*. *Quat. Int.*, vol. 29/30, pag. 105-110.
- CIABATTI M. (1960) – *Ricerche sull’evoluzione del Delta Padano*. *Giornale di Geologia*, vol. 34, fasc.2, pag. 381-410.
- COLANTONI P, PRETI M. & VILLANI B. (1990) – *Sistema deposizionale e linea di riva olocenica sommersi in adriatico e a largo di Ravenna*. *Giornale di Geologia*, vol. 52, pag. 1-18.
- COMUNE DI RAVENNA (2008 - 2009) – *RUE2. Regolamento Urbanistico Edilizio. Regimi normativi della città esistente e del territorio extraurbano (approvato 2009)*. Tavv. 27, 28, 34, 41 e 42.
- COMUNE DI RAVENNA (2011) – *POC. Piano Operativo Comunale (approvato 2011)*.
- CORREGGIARI A., ROVERI M. & TRINCARDI F. (1996) – *Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Sea*. *Il Quaternario*, vol.9, pag. 697-704.
- MARABINI S., LENAZ R. & VAI G.B. (1987) – *Pleistocene superiore e Olocene del margine pedeappenninico romagnolo. Rapporto preliminare*. *Rendiconti della Società Geologica Italiana*, vol. 10, pag. 33-37.
- SERVIZIO GEOLOGICO D’ITALIA (1999) – *Note illustrative della carta geologica d’Italia foglio 223 Ravenna*. A cura della Regione Emilia Romagna - Ufficio Geologico
- SERVIZIO GEOLOGICO D’ITALIA (1999) – *Carta geologica d’Italia foglio 223 Ravenna (scala 1:50.000)*. A cura della Regione Emilia Romagna - Ufficio Geologico
- AGENZIA REGIONALE PREVENZIONE E AMBIENTE – REGIONE EMILIA ROMAGNA – SERVIZIO IDROMETEOROLOGICO – AREA IDROLOGICA (1990 – 2013) – *Annali Idrologici (Parte I)*.

 AUTORITÀ PORTUALE DI RAVENNA	<i>Relazione geologica</i> <i>“Lavori e servizi afferenti le indagini geotecniche e geologiche di supporto alla progettazione definitiva delle opere in attuazione del PRP vigente 2007” nell’ambito del progetto: “Ravenna Port Hub: final detailed design and supporting technical analyses - Code: 2012-IT-91002-S”</i>	 Membro della Federazione CISQ RINA ISO 9001 Sistema Qualità Certificato  DIREZIONE TECNICA Pag. : 50 di 50
---	--	--

Allegati

- ALLEGATO 1 - Ubicazione indagini geognostiche
- ALLEGATO 2 - Stratigrafie sondaggi e documentazione fotografica
- ALLEGATO 3 - Prove penetrometriche CPTU terra
- ALLEGATO 4 - Prove penetrometriche CPTU mare
- ALLEGATO 5 - Prove dilatometriche DMT
- ALLEGATO 6 - Indagine sismica
- ALLEGATO 7 - Certificati delle prove di laboratorio
- ALLEGATO 8 - Profili geologici
- ALLEGATO 9 – Verifica della stabilità nei confronti della liquefazione