



Studio Servizi Tecnici
Settore geologia e ambiente

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (Ferrara)

Tel e fax. 0533 / 713798 cell 335-5240380

E-mail: t.veronese@studio-sst.it

MODELLAZIONE GEOLOGICA, SISMICA e GEOTECNICA SULLE INDAGINI

COMUNE DI COMACCHIO

Loc. Lido degli Scacchi

Piano Urbanistico Attuativo denominato "SCACCHI" sito in viale Lido degli Scacchi al Lido degli Scacchi.



Committente: **Imm.re TOMASI COSTRUZIONI S.R.L., Imm.re FEMAR S.R.L.,
Pozzati R., Querzoli A., Querzoli V.**

29 Dicembre 2021

Studio SST- Settore Geologia e Ambiente

Geotecnica; Studio terreni di fondazione; subirrigazioni; Definizione dell'assetto geologico, geomorfologico, geodinamico e idrogeologico del territorio; Assistenza alle pubbliche amministrazioni negli studi di fattibilità e di realizzazione dei P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee; Gestione e pianificazione territoriale.

Timbro

 Thomas Veronese

INDICE:

1. PREMESSA	2
NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	4
2. MODELLAZIONE GEOLOGICA	4
2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA	4
2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI	6
2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI	8
3. MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA	10
3.1. PERICOLOSITÀ IDRAULICA (DIRETTIVA ALLUVIONI)	11
3.2. LA SUBSIDENZA	13
4. MODELLAZIONE SISMICA	14

1. PREMESSA

Su incarico della Imm.re TOMASI COSTRUZIONI S.R.L., per conto delle società Imm.re TOMASI COSTRUZIONI S.R.L., Imm.re FEMAR S.R.L., Pozzati R., Querzoli A., Querzoli V., si redige una relazione geologica di corredo al Piano Urbanistico Attuativo denominato "SCACCHI" sito al Lido degli Scacchi in viale degli Scacchi. L'ubicazione del sito è riportata in **FIGURA 1.1**. Tale relazione è da presentare entro il 31/12/2021, e l'incarico è stato conferito in data odierna 28/12/2021, per cui dovendola redigere in somma urgenza, si farà riferimento a dati bibliografici, che in seguito dovranno essere validati con apposite indagini.

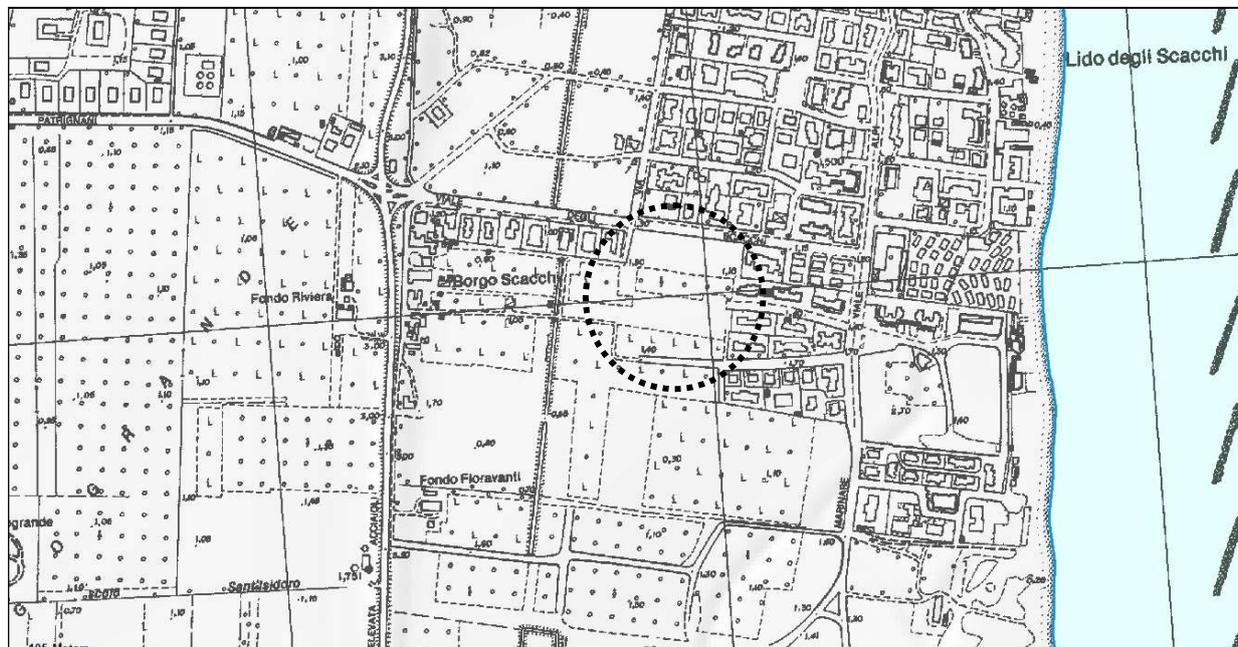


FIGURA 1.1 – Ubicazione area di intervento a Lido di Pomposa (Fe).

Normativa e Raccomandazioni di riferimento

- Decreto del Ministro delle Infrastrutture 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare n. 7/2019 del C.S.LL.PP.: Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 Gazzetta Ufficiale n. 35/2019 - 11 febbraio 2019.
- Deliberazione della Giunta Regionale 12 aprile 2021, N. 476 Aggiornamento dell’”Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)” di cui alla deliberazione della Giunta regionale 29 aprile 2019, n. 630
- Delibera di Giunta Regionale Num. 630 del 29/04/2019, Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, l.r . n. 24/2017).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
“Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
“Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)”.
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)
“Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)”.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL’AREA

Nella **FIGURA 2.1** si riporta la sezione geologica passante per Cotignola, Bagnacavallo, Ravenna, Comacchio, Codigoro, Mesola, Chioggia in cui si possono apprezzare gli spessori dei sedimenti del Quaternario sopra i pliocenici, che coincide con il passaggio dai sedimenti sciolti a quelli litificati o pseudolitificati.

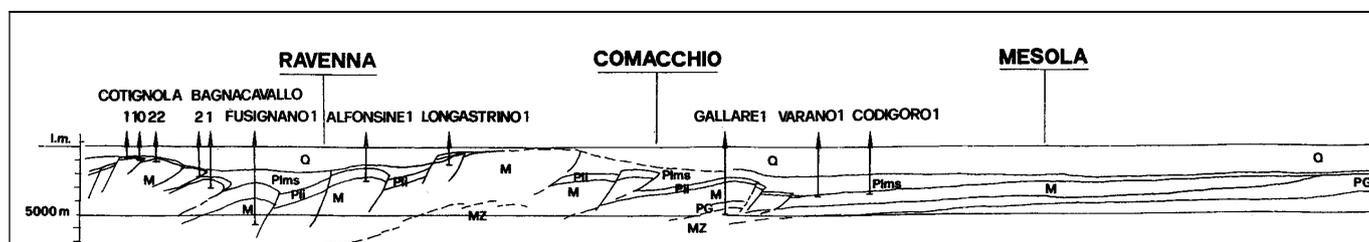


FIGURA 2.1 - Sezione geologica della bassa pianura padana.

Nella **FIGURA 2.2** viene riportata la carta Strutturale della Pianura Padana, (R.E.R., 2004) con visibili le varie strutture sepolte e le faglie e sistemi trascorrenti attivi e non attivi, che sono all’origine della nuova attribuzione alla Zona sismica 3, in cui Comacchio è stato inserito nella OPCM 3274/2003.

In corrispondenza dell'abitato di Lido degli Scacchi sono presenti nel substrato roccioso, posto a profondità di circa 3000/4000m, sistemi di faglie dovute a sovrascorrimenti e a fronti di accavallamento, classificate come riattivate e come soggette a possibili riattivazioni.

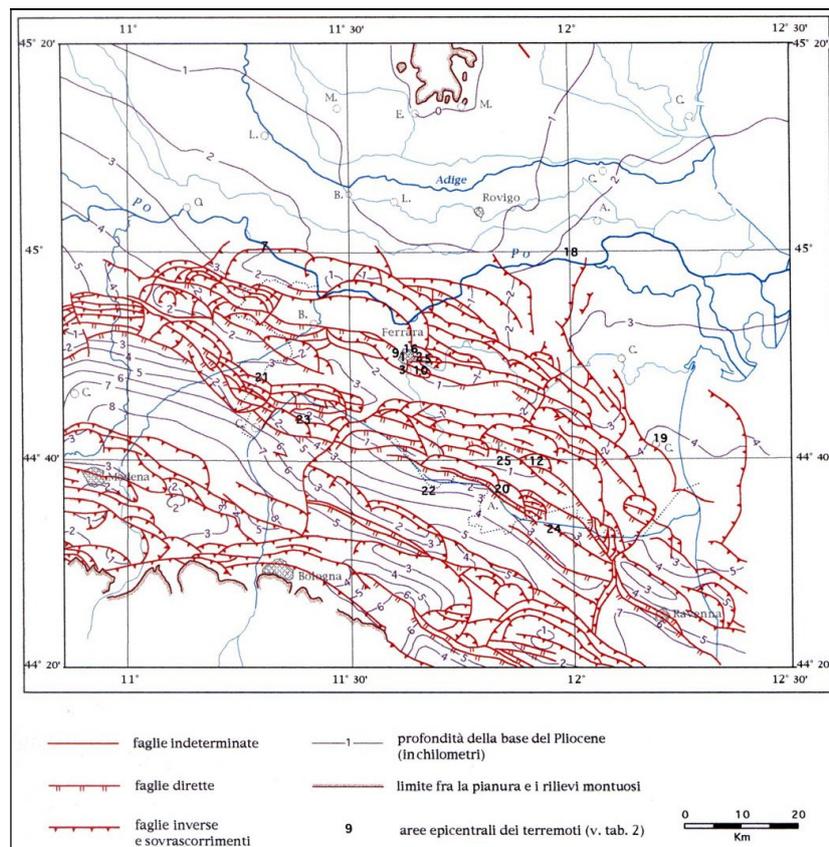


FIGURA 2.2 – Carta strutturale della Pianura Padana orientale (Pieri e Groppi, 1981, CNR, 1992)

Si fa inoltre presente che il territorio comunale di Comacchio in cui si trova il sito allo studio, ricade all'esterno della zona sismogenetica 912 (**FIGURA 2.3**), infatti si può affermare che l'area in esame è fuori dalla Dorsale Ferrarese, e dunque non dovrebbe essere sede epicentrale di eventi sismici.

Di conseguenza in questa zona è previsto che si verifichino sismi con energie piuttosto limitate, di Magnitudo non superiori a 5,30. La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di $M = 6,14$.

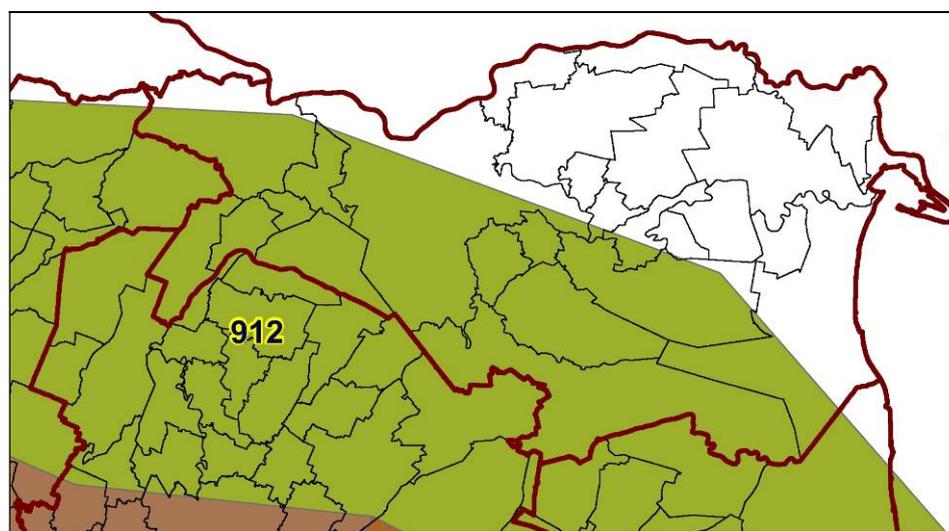
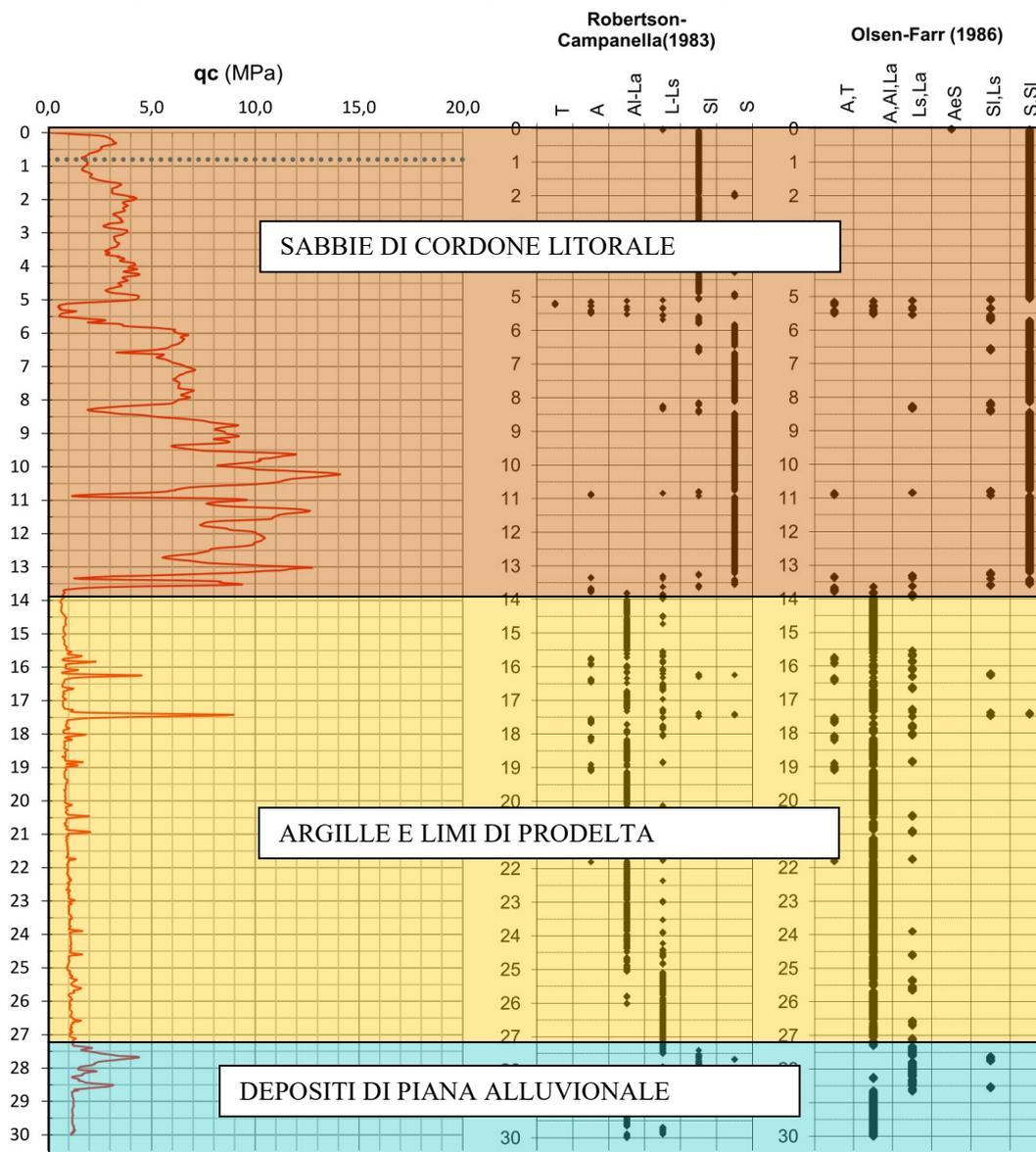


FIGURA 2.3 - Mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia Settentrionale

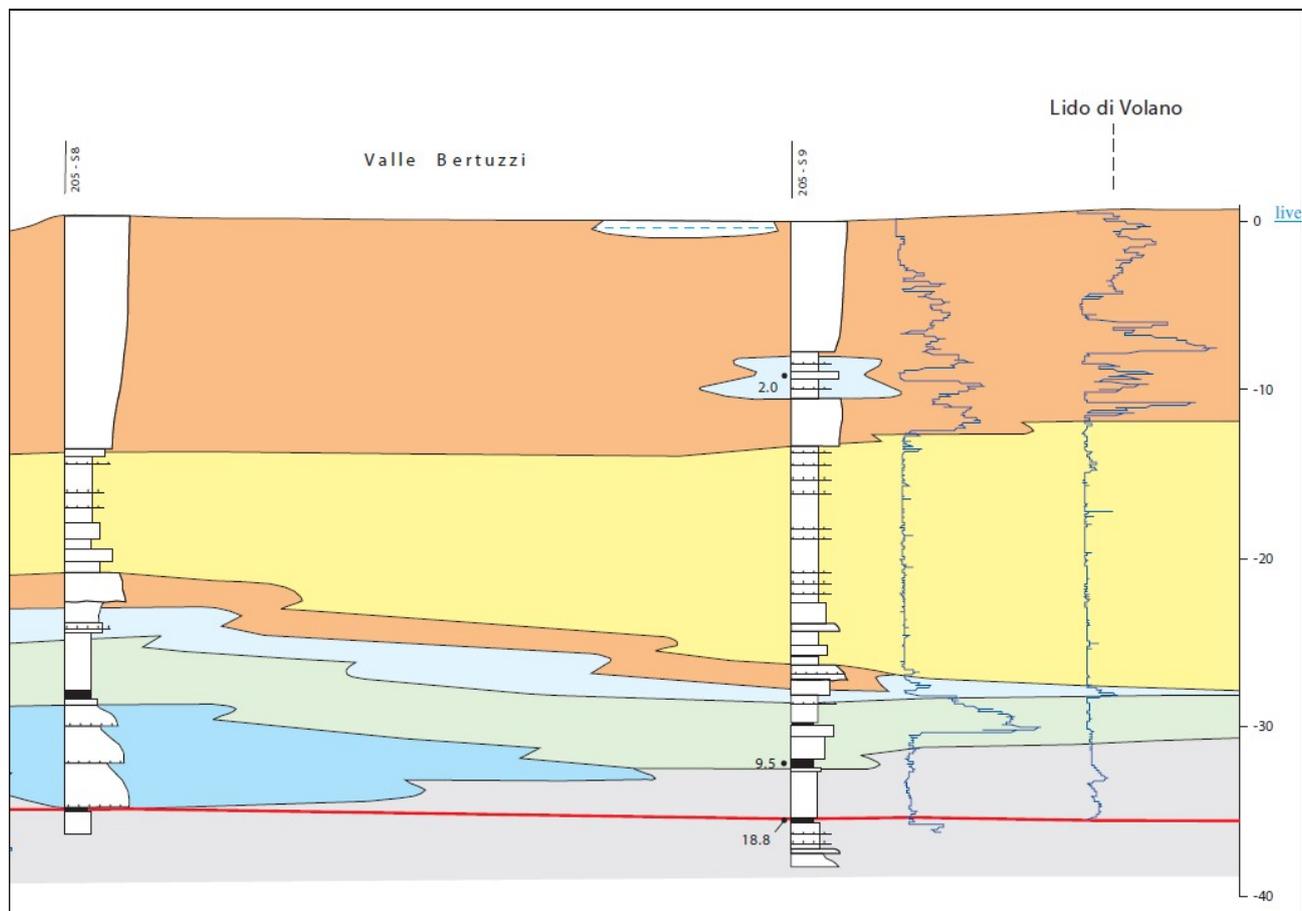
2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

Generalmente i Lidi della Provincia di Ferrara sono caratterizzati dal punto di vista stratigrafico e litologico da un primo strato sabbioso di spessore variabile tra i 14 e i 16m costituito da sabbie eoliche in superficie e sabbie litoranee in profondità con puntuali alternanze di livelli decimetrici di limi sabbiosi e limi argillosi di ambiente deltizio e di prodelta. Tali sedimenti sabbiosi ricoprono i sedimenti marini costituiti da argille limose e limi, con frequenti sottili lenti sabbiose. Tra i 30 ed i 33m dal p.c. si rilevano i sedimenti del pleistocene, generalmente caratterizzati da un primo strato di sabbie alluvionali continentali in graduale passaggio ad argille e limi sempre di ambiente continentale.

Una classica prova penetrometrica a 30m di profondità è quella riportata di seguito:



Diagrammi di resistenza ed interpretazioni litologiche CPTU1 con rif. U173-21



DEPOSITI DI PIANA ALLUVIONALE

-  sabbie e limi di canale, argine e rotta fluviale
-  argille e limi di piana inondabile

DEPOSITI PIANA DELTIZIA E LITORALI

-  argille e limi ricchi in sostanza organica di laguna e baia interdistributrice
-  argille, limi e sabbie di piana costiera
-  argille e limi di prodelta e transizione alla piattaforma
-  sabbie di cordone litorale (fronte deltizia e piana di sabbia)
-  argille e limi ricchi in sostanza organica intercalati a torbe di palude e area interdistributrice

<sez096.pdf> (regione.emilia-romagna.it)

2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

L'area di intervento ricade in un'area geomorfologicamente complessa, dove ha avuto sede per circa un millennio la foce del fiume Padoa - Eridano, antica diramazione di foce principale, di quello che è poi diventato l'attuale fiume Po.

In questa area di delta fluviale ambienti di sedimentazione diversi si sono frequentemente sovrapposti ed affiancati, con il risultato di avere una forte disomogeneità stratigrafica in senso sia verticale che orizzontale.

Le facies deposizionali che hanno interferito l'un l'altra durante la progradazione dominante della linea di costa (accompagnata da eventi non rari di trasgressione marina), hanno visto ambienti marini, marino-costieri, fluviali, palustri succedersi alternando la deposizione di sedimenti di alta e di bassa energia idrodinamica.

In **FIGURA 2.5** si può osservare uno stralcio della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara generale ed una zoomata in dettaglio con evidenziata l'area allo studio che ricade sul limite tra l'allineamento di dune costiere e la valle che caratterizza anche l'abitato di Comacchio.

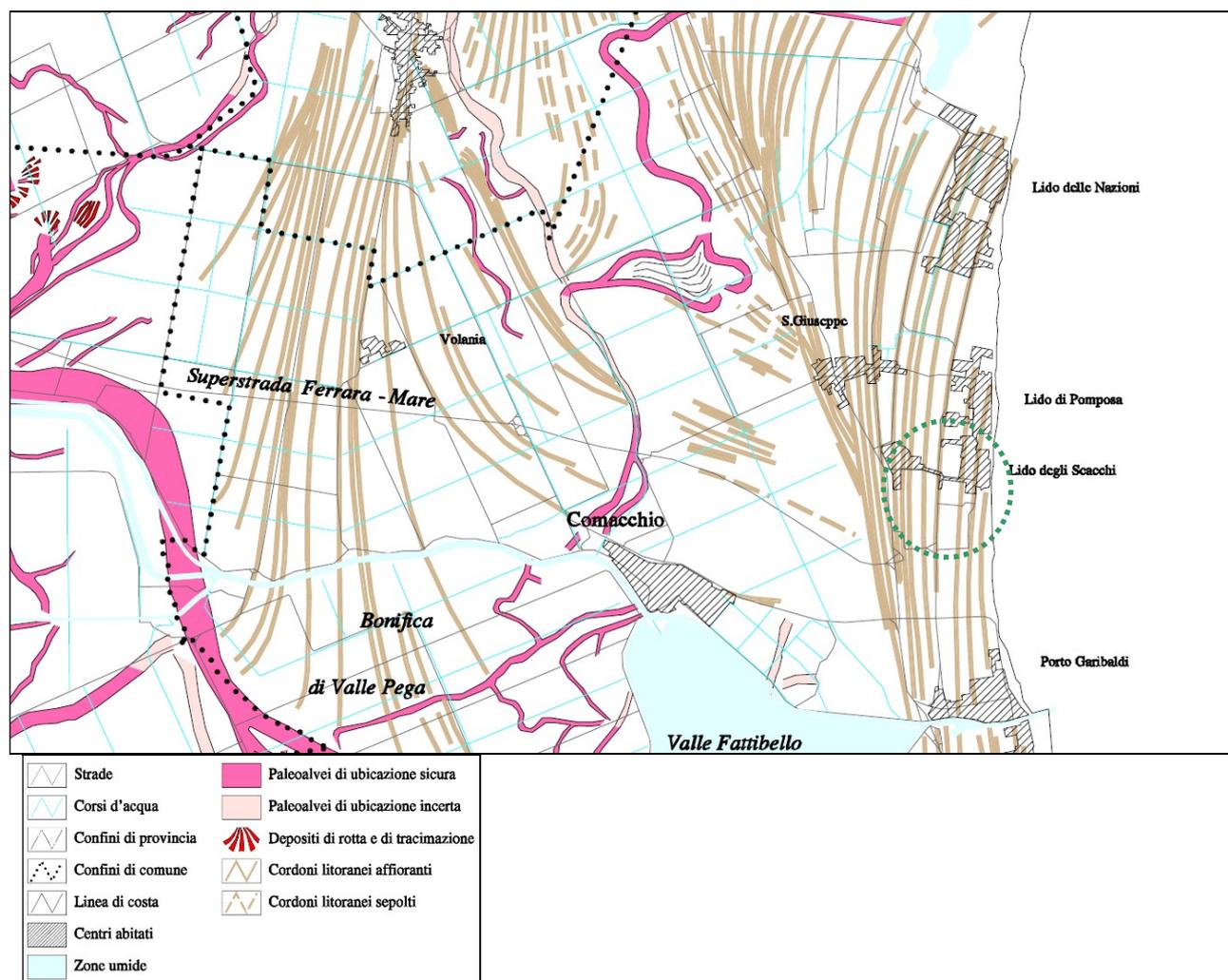
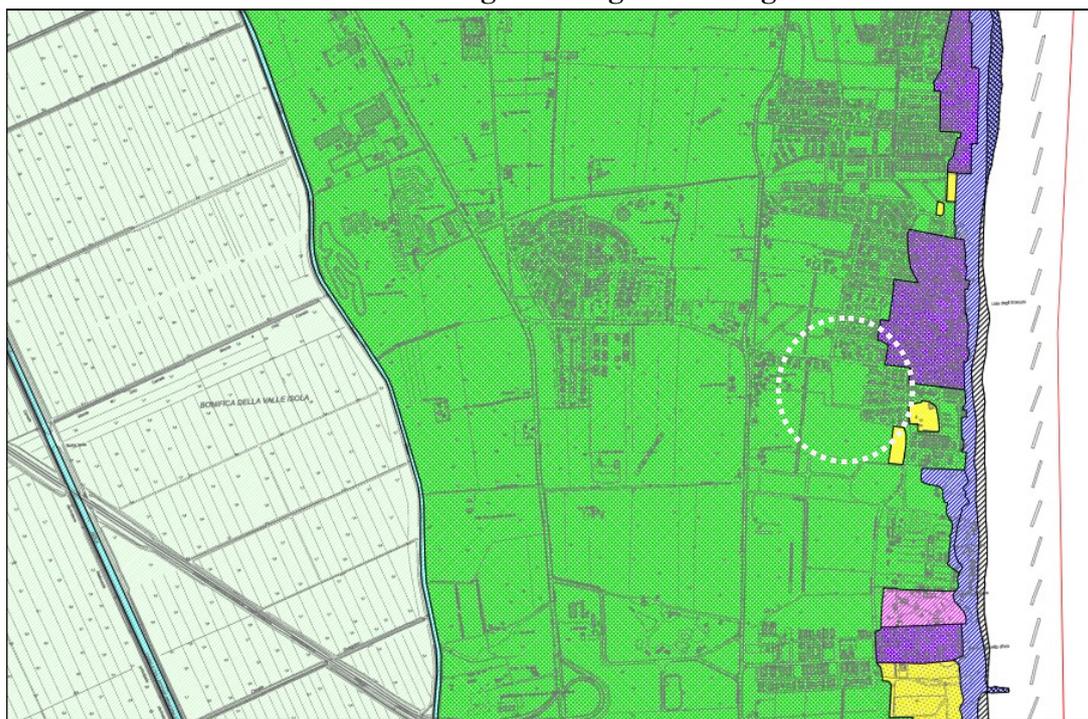


FIGURA 2.5 – Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara con Zoomata

In **FIGURA 2.6**, si riporta uno stralcio della carta degli Ambiti Geo-Morfologici redatta dallo scrivente per il PSC di Comacchio, mai giunto ad approvazione, e confluita negli elaborati del futuro PUG.

Come si può osservare l'area ricade tra le *aree prive di significative tracce di dune sul microrilievo perché subpianeggianti o perché storicamente spianate.*

Carta degli ambiti geo-morfologici



LEGENDA:

-  Prati Umidi
-  Specchi d'acqua
-  Campi di paleodune evidenti sul microrilievo ben preservate e ben colonizzate dalla vegetazione
-  Campi di paleodune evidenti sul microrilievo occupate da attività turistiche all'aria aperta
-  Campi di paleodune evidenti sul microrilievo densamente urbanizzate
-  Aree prive di significative tracce di dune sul microrilievo perchè subpianeggianti o perchè storicamente spianate
-  Aree basse di ex piallassa rilevabili per la topografia pianeggiante depressa, e con stratigrafia a sedimenti anche di bassa energia idrodinamica
-  Piallassa attiva
-  Fascia costiera con processi geodinamici attivi
-  Dossi morfologici fluviali altimetricamente evidenti
-  Ambiti alluvionali distali continentali
-  Allineamenti di dune paleocostiere ribassate per subsidenza e parzialmente ricoperte da sedimenti di fondo valle
-  Fascia costiera in avanzamento dal 1975 al 2011
-  Fascia costiera in arretramento dal 1975 al 2011
-  Confine Comunale

FIGURA 2.6 – Carta degli ambiti Geo-morfologica

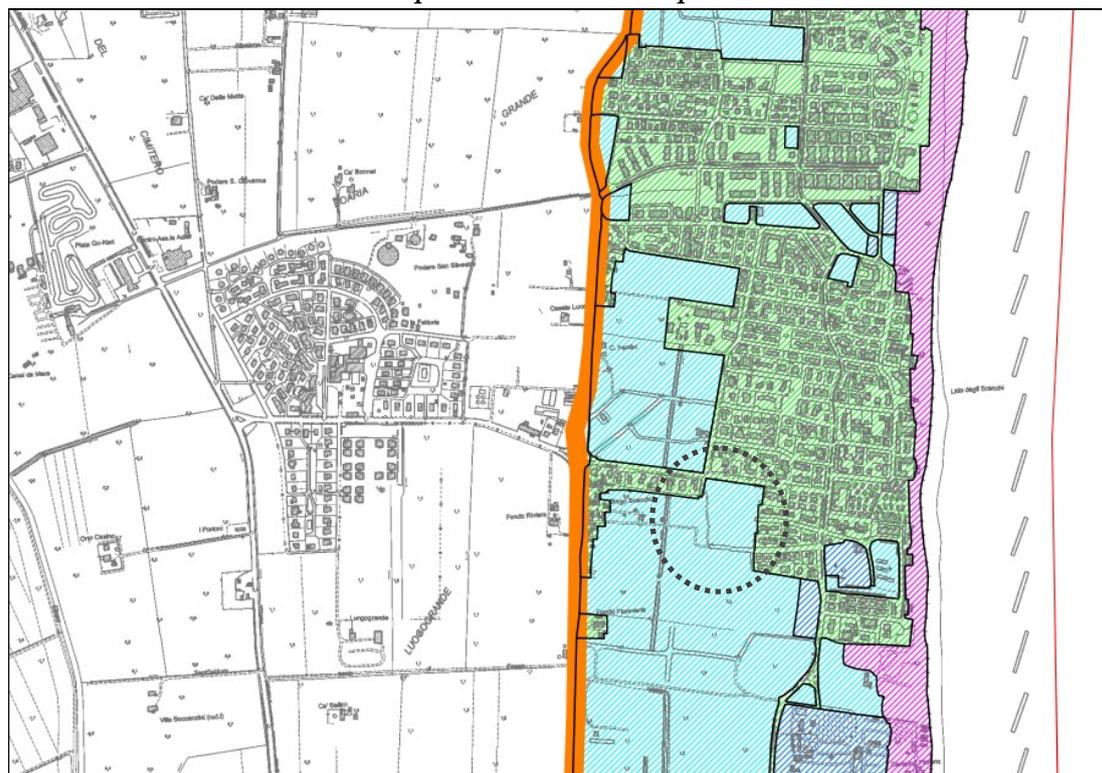
3. MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA

In questo settore del territorio comacchiese, la falda freatica è piuttosto alta, e la sua superficie oscilla tra -1,0m e -1,5m dal p.c., in funzione delle quote del p.c. ed in funzione delle precipitazioni meteoriche.

Le precipitazioni meteoriche sono la più importante fonte di alimentazione del cuscino di acque dolci che galleggia sopra le acque salmastre e poi salate che si trovano scendendo in profondità.

E' fondamentale garantire più infiltrazione possibile di acque dolci meteoriche, ed evitare di sottrarne solo lo stretto necessario a questa funzione, per garantire l'alimentazione del cuscino superficiale di acqua dolce, che garantisce la vita alla vegetazione. Si riporta uno stralcio della carta delle aree di ricarica dell'acquifero freatico ad acque dolci, redatto dallo scrivente per il PSC mai giunto ad approvazione, e confluita nel futuro PUG del comune di Comacchio (**FIGURA 3.1**). Questo PUE si sviluppa su un'area di ricarica efficace buona con topografia media e alta permeabilità, per cui è fondamentale adottare soluzioni progettuali che mantengano alta l'efficacia nel ricaricare la falda freatica ad acque dolci, limitando il più possibile l'allontanamento delle acque meteoriche nella rete fognaria.

Carta delle aree di ricarica dell'acquifero freatico ad acque dolci



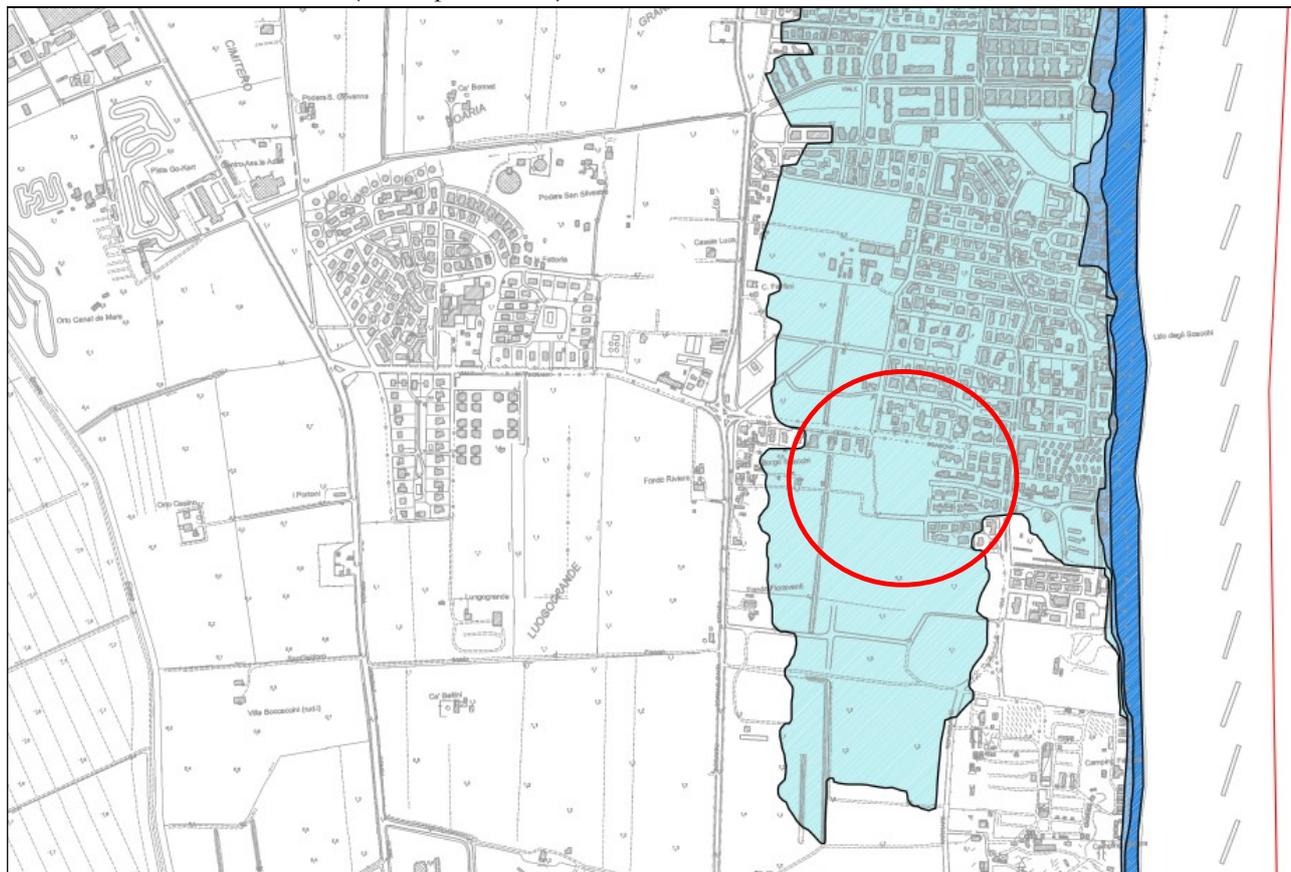
LEGENDA:

-  Area di ricarica efficace ottima, con topografia alta e con alta permeabilità
-  Area di ricarica efficace buona, con topografia media e con alta permeabilità
-  Area di ricarica efficace media, con topografia media e con bassa permeabilità
-  Area di ricarica efficace scarsa, con topografia bassa e con medio/bassa permeabilità
-  Fascia costiera con drenaggio delle acque verso mare
-  Limite vincolo idrogeologico
-  Confine Comunale

FIGURA 3.1. – Carta delle aree di ricarica dell'acquifero freatico ad acque dolci

3.1. Pericolosità idraulica (Direttiva Alluvioni)

In FIGURA 3.2, si riporta uno stralcio della mappa della pericolosità per ingressione marina costiera. L'area è in fascia P1 (scarsa probabilità).

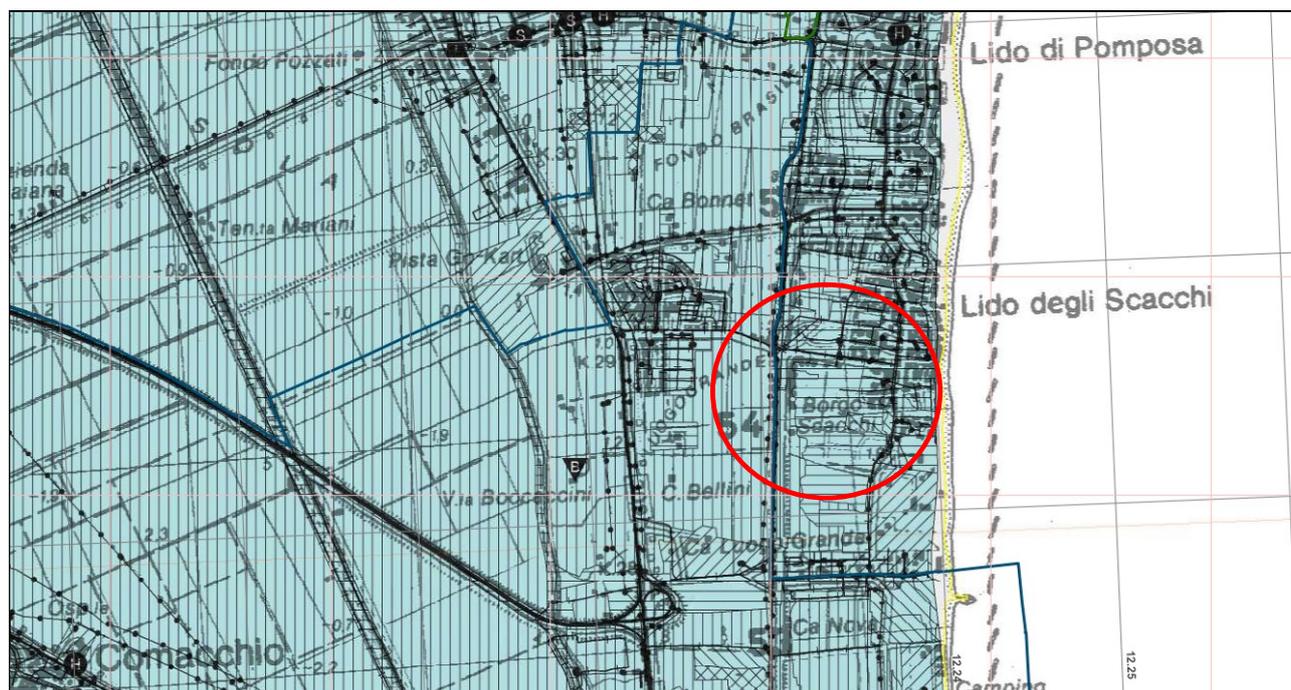


Scenari di Pericolosità

-  P3 – H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
-  P2 – M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
-  P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

FIGURA 3.2. – Mappa di pericolosità idraulica da ingressione marina costiera. [ACM_Tavola_004.pdf \(regione.emilia-romagna.it\)](#)

Segue in **FIGURA 3.3.** lo stralcio della **mappa di pericolosità idraulica da reticolo principale di pianura** (fiume Po e fiume Reno, canale Navigabile). L'area allo studio è in fascia P1 Scarsa probabilità di alluvione.



Scenari di Pericolosità

- | | |
|--|---|
| | P3 – H (Alluvioni frequenti:
tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità) |
| | P2 – M (Alluvioni poco frequenti:
tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità) |
| | P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi) |

Legenda

FIGURA 3.3. – Mappa di pericolosità idraulica da ingressione marino costiera.

In **FIGURA 3.4** si riporta uno stralcio della tavola del **Reticolo Secondario di Pianura** con la mappa della pericolosità e degli elementi esposti della Direttiva Alluvioni.

L'area allo studio risulta caratterizzata da una fascia di pericolosità P2, che corrisponde ad alluvioni poco frequenti con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni, media probabilità.

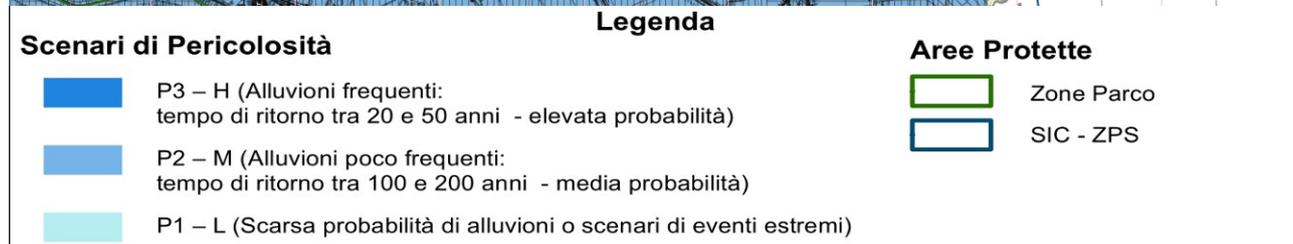


FIGURA 3.4 – Mappa di pericolosità

(Fonte: http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/diretiva_2007_60/PDF/RSP/RSP_Tavola_205SE.pdf)

3.2. La subsidenza

In FIGURA 3.5, si riporta lo stralcio della carta della velocità di abbassamento del suolo, rilevato da ARPAE nel periodo 2011-2016. Il sito allo studio ricade in una fascia la cui velocità di abbassamento, nel periodo, è compresa tra -2,5mm/anno e -5mm/anno.

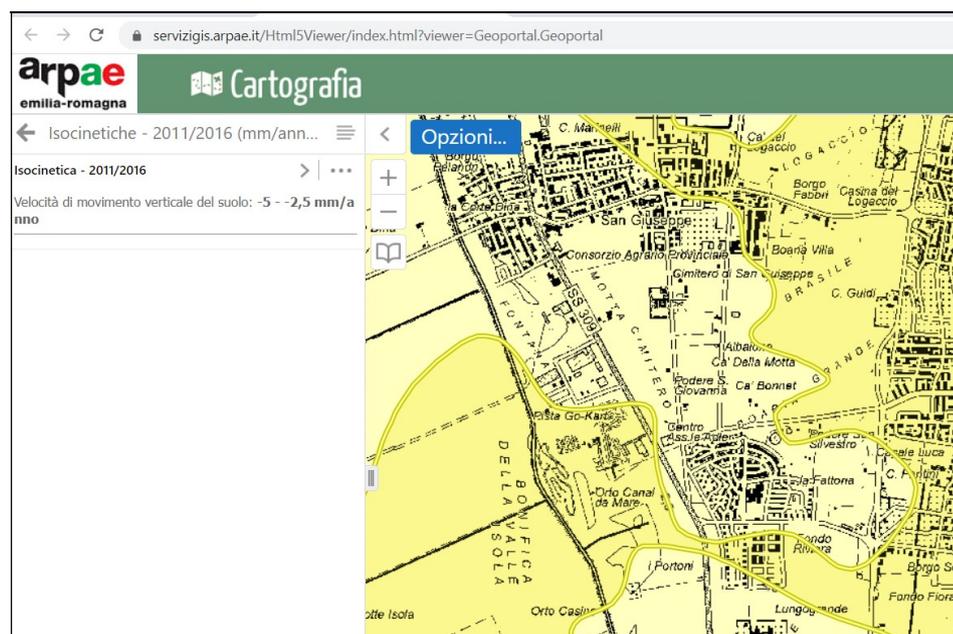
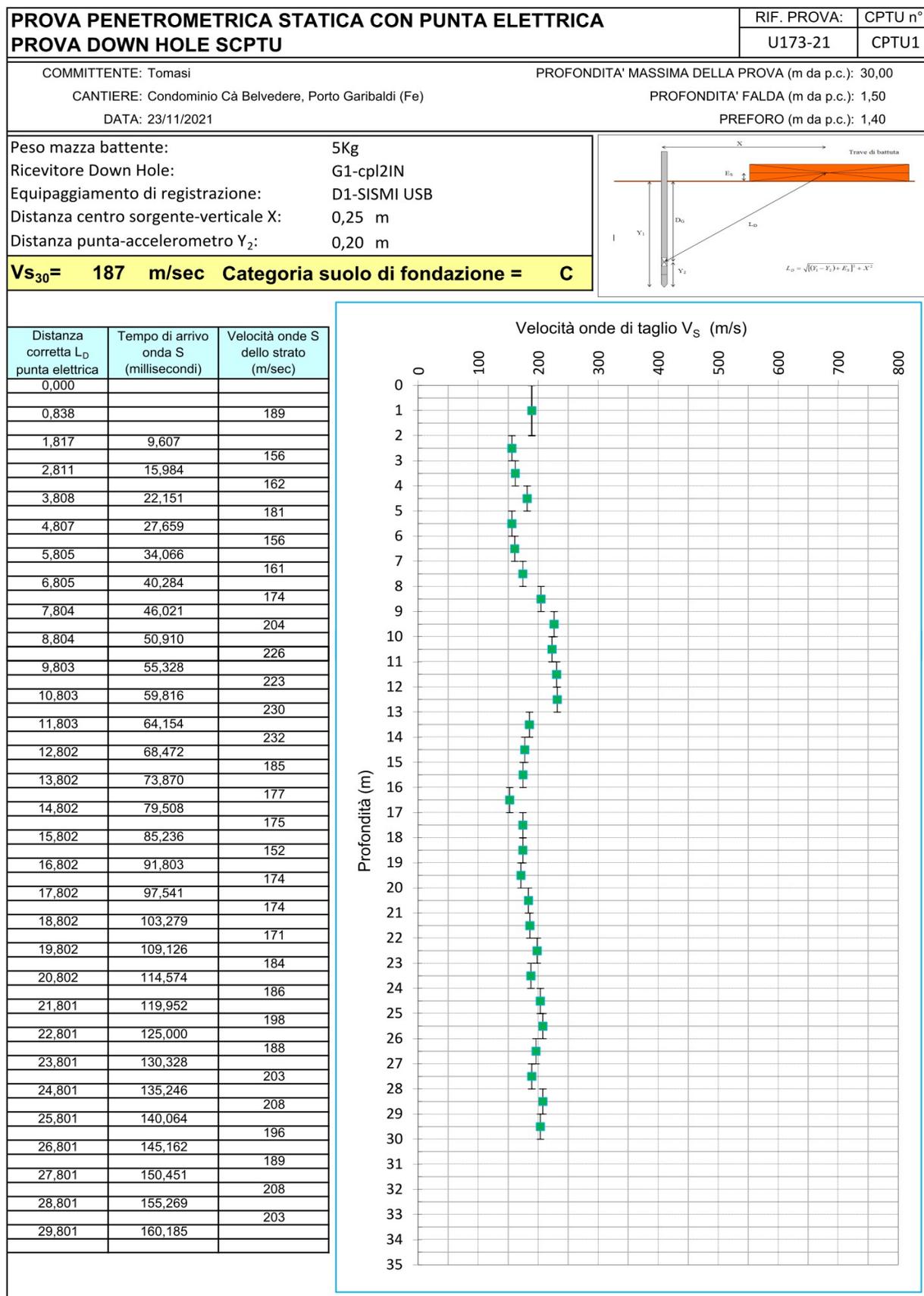


FIGURA 3.5 – Mappa della velocità di abbassamento 2011/2016

4. MODELLAZIONE SISMICA

Si riporta un tipico profilo di Vs ed il calcolo della Vs30 per prove in down hole (SCPTU) eseguite in questa zona del territorio comacchiese.



Il valore di V_{s30} calcolato risulta: $V_{s30} = 187$ m/s e quindi la Categoria di suolo è C.

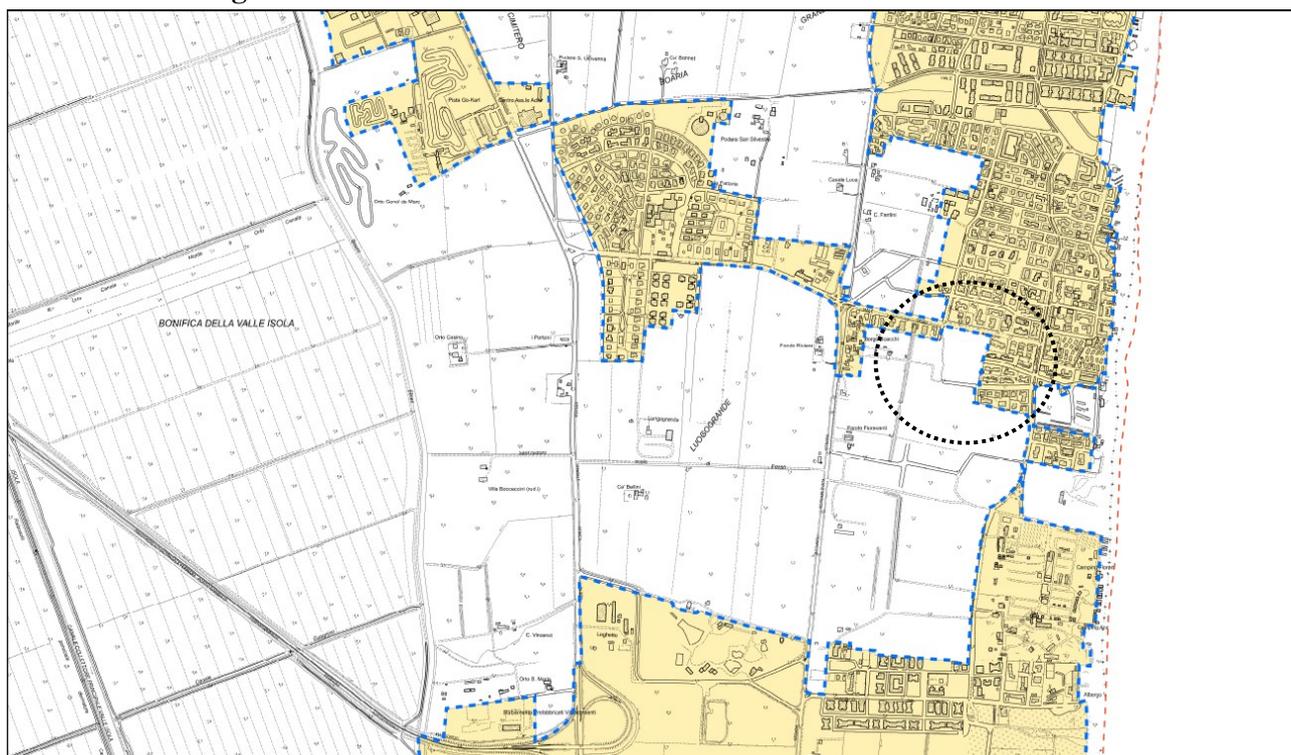
Tale valore v'è assunto con uno scarto di $\pm 10\%$, come per tutti i metodi di acquisizione di tale parametro.

$V_{s30} = 187$ m/s Categoria di suolo C

Comacchio ha già la microzonazione sismica di III livello di approfondimento, da cui si possono desumere tutte le informazioni per il sito allo studio.

Si rimanda alla consultazione di questo strumento già validato dal Dipartimento di Protezione Civile Nazionale. Tale strumento confluirà nel PUG, come parte integrante.

Carta Geologico tecnica



Legenda

Terreni di copertura

- | | | |
|--|-----------|--|
| | OL | Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità (pa = palustre) |
| | SM | Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (es = argine/barre/canali, cl = cordone litoraneo) |

Elementi geologici e idrogeologici

- | | | |
|---|----------|---|
| ● | n | Profondità (m) del sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato geologico |
| ● | n | Profondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie |
| A | A | Traccia di sezione geologica significativa e rappresentativa del modello del sottosuolo |
| | | Confine dell'area oggetto dello studio di MS |
| | | Confine Comunale ISTAT |

Il sito allo studio ricade nella zona SM (sabbie limose di cordone litoraneo).

Carta delle frequenze



Legenda

Frequenza: $0.10 < F_0 \leq 1.10$ Hz

- HVSr < 1.5
- $1.5 \leq \text{HVSr} < 2.0$
- $2.0 \leq \text{HVSr} < 3.0$
- $3.0 \leq \text{HVSr} < 4.0$

- - - Confine dell'area oggetto dello studio di MS

- - - Confine Comunale ISTAT

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica



Legenda

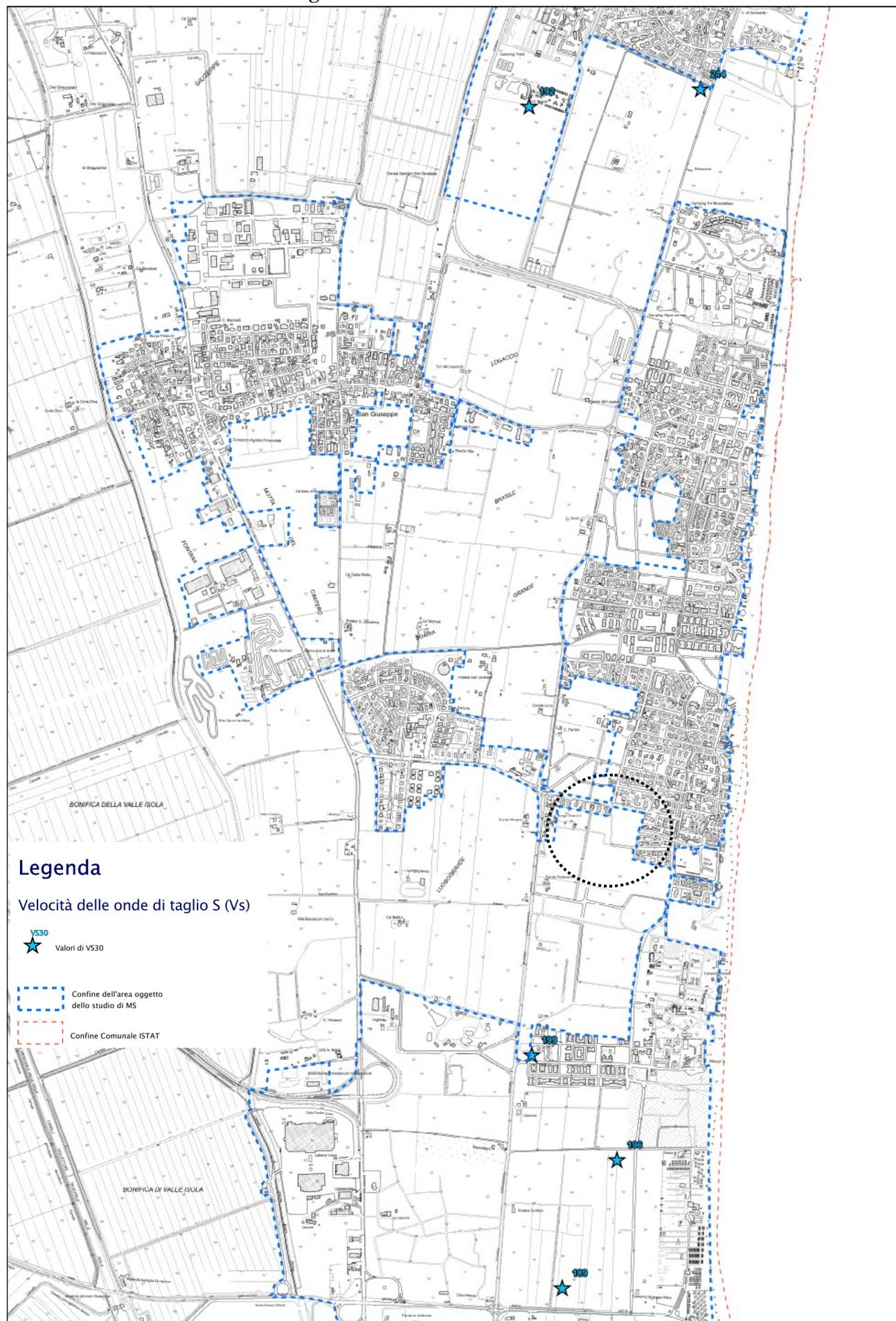
Zone di Attenzione per Instabilità da liquefazione

-  30502001 ZA_LQ - Zona di Attenzione per Liquefazione
Zona 2001
Zona 1 - Sabbie oloceniche affioranti di cordone litorale, con tetto sub-affiorante e spessore maggiore di 5 m
-  30502002 ZA_LQ - Zona di Attenzione per Liquefazione
Zona 2002
Zona 2 - Sabbie oloceniche di cordone litorale, con tetto compreso tra 3 e 6 m da p.c. e spessore maggiore di 5 m. Sopra prevalgono sedimenti fangosi talvolta organici di laguna.

Punti di misura di rumore ambientale

-  4.5 Punto di misura ambientale con indicazione del valore F0
-  Confine dell'area oggetto dello studio di MS
-  Confine Comunale ISTAT

Carta delle velocità delle onde di taglio

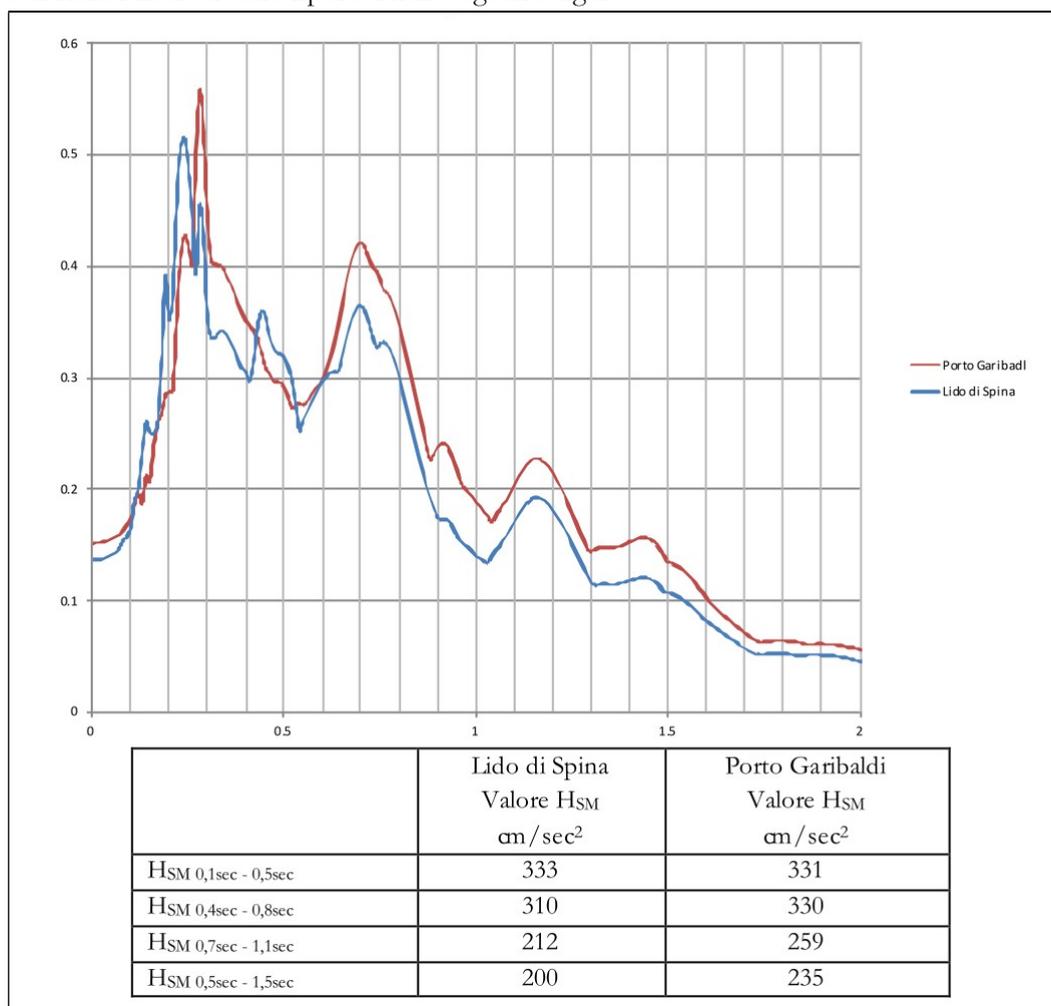


Per quanto riguarda i fattori di amplificazione, invece che riportare gli stralci delle 8 tavole che li rappresentano, si preferisce riportare questa tabella ove sono indicati i fattori di amplificazione da abachi regionali e i fattori di amplificazione ricavati da un apposito studio di analisi di risposta sismica locale.

Le amplificazioni sono di tipo stratigrafico, mentre la topografia pianeggiante del territorio non subisce effetti di amplificazione topografica.

		ABACHI	RSL
F.A. PGA/PGA0		1,3	1,38
F.A. SA1	0,1 - 0,5 sec	1,3	1,38
F.A. SA2	0,4 - 0,8 sec	2,1	2,20
F.A. SA3	0,7 - 1,1 sec	2,5	2,95
F.A. SA4	0,5 - 1,5 sec	2,4	2,67
F.A. SI1	0,1 - 0,5 sec	1,5	1,38
F.A. SI2	0,5 - 1,0 sec	2,3	2,45
F.A. SI3	0,5 - 1,5 sec	2,6	2,52

Sono stati anche calcolati gli Hsm per i diversi periodi richiesti dalla normativa, in due siti campione analizzati con RSL. I risultati sono riportati nella seguente figura:



"Il parametro H_{SM} può essere discretizzato in classi in modo semiquantitativo, relativo al livello di squotimento, il potenziale danno agli edifici e l'intensità strumentale. Le possibili soglie delle classi per i valori HSM proposti da Naso et Alii (2019) possono variare da "basso-molto basso", "moderato-basso", Pericolo sismico da "moderato", "alto", a "molto alto". Come si può vedere a Comacchio si rientra sempre nella classe di rischio "moderato-basso", in quanto in tutti gli intervalli di periodo il valore di HSM è sempre compreso tra 180 e 340 cm/sec^2 .

Table 1 - Possible thresholds for H_{SM} and others physical parameters.

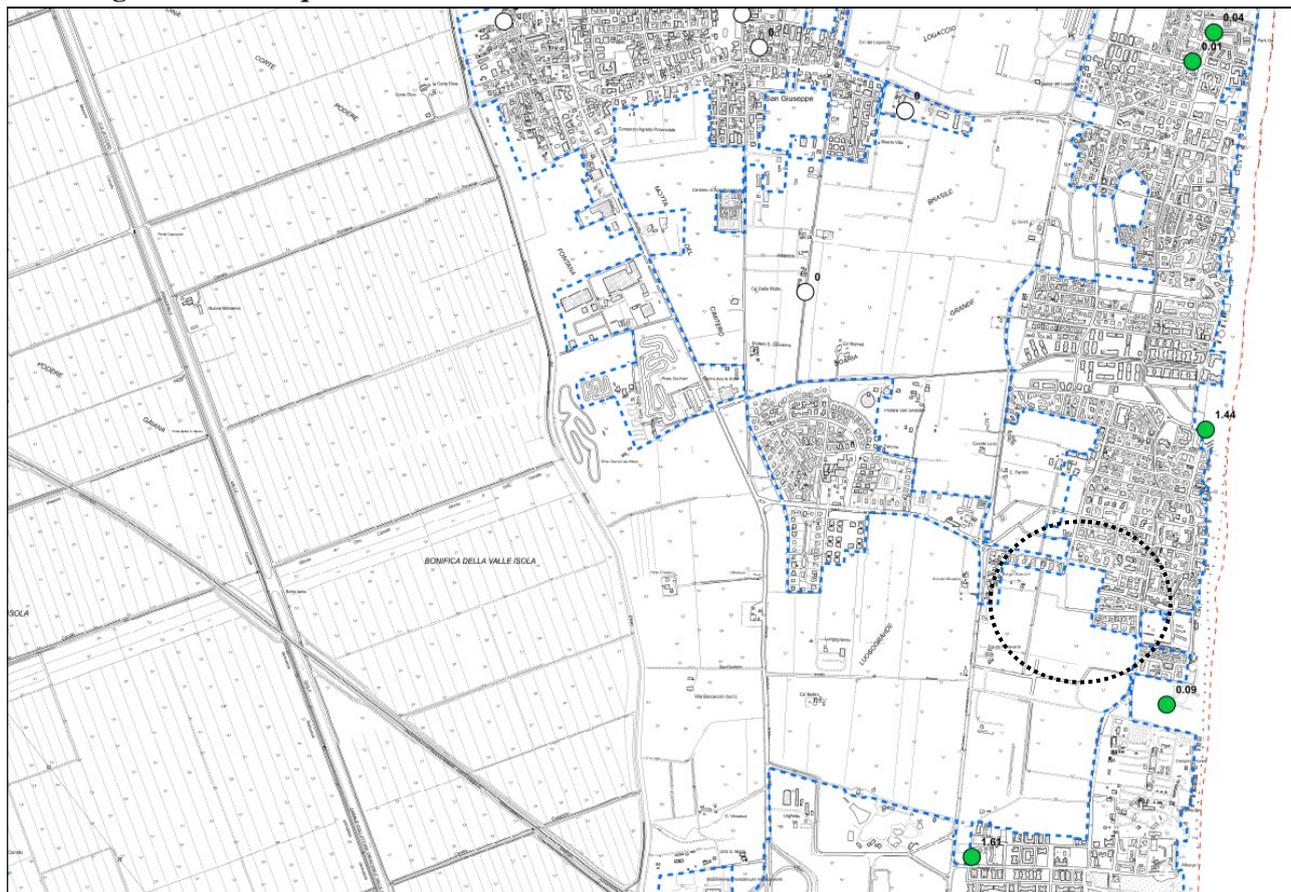
seismic hazard	low-very low	moderate-low	moderate	high	very high
H_{SM} (cm/s^2)	≤ 180	$180 < H_{SM} \leq 340$	$340 < H_{SM} \leq 650$	$650 < H_{SM} \leq 1240$	> 1240
potential damage	none - very light	very light - moderate	moderate - heavy	heavy	very heavy
instrumental intensity	$\leq VI$	VII	VIII	IX	$\geq X$

Naso et Alii (2019)

Per tutto il territorio comunale oggetto di studio di microzonazione sismica, si può adottare conservativamente questa classe di rischio.

Di seguito si riporta invece la carta degli indici del potenziale di liquefazione, importante per verificare la stabilità dei siti di intervento da questo effetto di sito, potenzialmente presente in aree ove sono presenti sabbie oloceniche sciolte immerse in falda.

Carta degli Indici di Liquefazione



Legenda

IPL – Indice del potenziale di liquefazione
 (calcolati con la metodologia Idriss & Boulanger 2014
 con CFC = 0)

- IPL = 0 - non liquefacibile
- IPL <= 2 - basso
- 2 < IPL <= 5 - moderato
- 5 < IPL <= 15 - alto
- IPL > 15 - molto alto

- Area suscettibile a Instabilità per Liquefazione – 2 < IL < 5
- Confine dell'area oggetto dello studio di MS
- Confine Comunale ISTAT

Come si può notare l'area allo studio risulta stabile, con la contorno solo valori con IPL nullo o inferiore a 2.
 Codigoro, lì 29/12/2021

Dott. Geologo Thomas Veronese