

COMUNE DI FERRARA

OGGETTO: VARIANTE AL PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA
APPROVATO CON DELIBERAZIONE N° G.C. N.2013/ 342
IN DATA 18/ 06/ 2013, P. G. 2013/ 50135

ZONA INTERVENTO: VIA COMACCHIO 711, COCOMARO DI CONA - FERRARA (FE)

COMMITTENTE: CONSORZIO POLYART IMPRESE

PROPRIETA': GAMBALE IMMOBILIARE S.R.L.

PROGETTISTA: STUDIO A4+ - ARCH. ENRICO PUGGIOLI
Collaboratori: ARCH. GIOVANNI MAGRI
DOTT. ARCH. MASCIA MIGLIARI

VIA DARSENA, 67 - 44122 FERRARA (FE)

PROGETTO SPECIALISTICO: EDILGEO - STUDIO TECNICO GEOLOGICO
DR. GEOL. MILENA MARTINUCCI

ELABORATO: RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA E GEOTECNICA

RGS

DATA CONSEGNA: 20.07.2017

AGGIORNAMENTO: --

DATA AGGIORNAMENTO: ----

CODICE COMMESSA:

CODICE ELABORATO:

LIVELLO DI PROGETTAZIONE:

VARIANTE N.:

COMUNE DI FERRARA
COCOMARO di CONA – FONDO GOLENA
PIANO PARTICOLAREGGIATO – VARIANTE
RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA e GEOTECNICA



Committente: CONSORZIO POLYART IMPRESE
Proprietà : GAMBALE IMMOBILIARE S.R.L.

Data: Ferrara, giugno 2017

Rif. Rel. 02PUA/2017

EDILGEO geologia sostenibile

Studio Tecnico Geologico dr.geol.Marilena Martinucci
via Pontegradella 11- 44100 Ferrara tel 335 6815433
e.mail: edilgeo.fe@email.it marilena.martinucci@email.it

PROVINCIA DI FERRARA

COMUNE DI FERRARA

LOCALITA' COCOMARO DI CONA – FERRARA



RELAZIONE GEOLOGICA, SISMICA, GEOTECNICA

1. PREMESSA
 - 1.1. Contenuti della Relazione Geologica
 - 1.2. Area di studio
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO
3. IL MODELLO GEOLOGICO
 - 3.1. Assetto Strutturale
 - 3.2. Modello geomorfologico
 - 3.3. Nota Idrogeologica
 - 3.4. Quadro Sismico Locale
 - 3.4.1. Sismicità storica
 - 3.4.2. Classificazione sismica
 - 3.4.3. L'evento sismico del maggio 2012
 - 3.5. Risposta sismica Locale e effetto di sito
 - 3.5.1. Modello sismico del sottosuolo
 - 3.5.2. La microzonazione sismica di terzo livello del PSC
4. INDAGINI SITOSPECIFICHE
 - 4.1. Indagine geognostica
 - 4.2. Indagine sismica
 - 4.2.1. Onde di taglio
 - 4.2.2. Frequenza di risonanza
5. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO
 - 5.1. Categoria di sottosuolo e parametri sismici e geotecnici
 - 5.1.1. Successione litologica
 - 5.1.2. Unità litotecniche
 - 5.1.3. Categoria di sottosuolo
 - 5.1.4. Parametri sismici
 - 5.2. Considerazioni Geotecniche Generali
 - 5.2.1. Pressione critica
 - 5.3. Verifica di Stabilità ai Fenomeni di Liquefazione
6. CONSIDERAZIONI PER IL PIANO DELLE INFRASTRUTTURE
 - 6.1. Strada
 - 6.2. Reti interrato
7. INVARIANZA IDRAULICA
8. VINCOLI PAESAGGISTICI

1. PREMESSA

Per incarico del Consorzio Polyart Imprese si redige la presente Relazione geologica per il Piano Particolareggiato riguardante un'area denominata Fondo Golena, sita in località Cocomaro di Cona, nel comune di Ferrara.

La Consorzio Polyart Imprese presenta una Variante al Piano Particolareggiato di cui ha iniziato l'iter nel 2001 la Gambale Immobiliare srl, relativamente ad una zona C.8 di PRG in località Cocomaro di Cona a Ferrara e ha avuto approvazione con Deliberazione n° GC – 2013 – 342 del 18/06/2013, con sottoscrizione della relativa Convenzione, chiedendo un cambio di destinazione d'uso. Agli usi residenziali con corpi per venticinque unità abitative, integra l'uso sociosanitario, in quanto un nuovo committente si propone di realizzare una cittadella integrata per la terza età "Senior Village" con progetto di realizzare una RSA ed un Centro Medicale.

2

1.1. Contenuti della Relazione Geologica

Per la progettazione di opere su grandi aree, fra le quali gli interventi per nuovi insediamenti civile ed industriali e la ristrutturazione di insediamenti esistenti, la normativa vigente prevede che prima della progettazione delle singole opere per le quali valgono le norme specifiche, sia verificata e documentata con relazione tecnica la fattibilità dal punto di vista geologico, sismico e geotecnico e, se necessario, individuati i limiti imposti al progetto dalle caratteristiche del sottosuolo.

La verifica di fattibilità geologica e geotecnica comprende l'accertamento delle modifiche che il sistema di opere in progetto può indurre nell'area e deve precisare se le condizioni locali impongono l'adozione di soluzioni e procedimenti costruttivi di particolare onerosità.

Per accertare la fattibilità dovranno pertanto essere definiti attraverso la Relazione geologica:

- i lineamenti geomorfologici e la loro tendenza evolutiva;
- i caratteri litostratigrafici e strutturali;
- la stabilità, anche in termini di subsidenza, compressibilità e consistenza dei terreni;
- il regime delle acque superficiali, lo schema idrogeologico e le caratteristiche delle falde idriche, relativamente alle opere;
- le proprietà fisico-meccaniche dei terreni anche in rapporto alle falde;
- la presenza di eventuali cavità o disomogeneità naturali o artificiali nel sottosuolo, significative ai fini del progetto.

L'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, ha ribadito la necessità degli studi geologici e geotecnici nell'elaborazione dei Piani urbanistici e nel progetto di insediamenti di manufatti e interventi che interessino ampie superfici specificando che tali studi devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, al fine di accertare destinazioni d'uso compatibili del territorio in esame.

Attraverso il Modello Geologico si deve valutare inoltre la pericolosità sismica e le indagini devono essere finalizzate anche alla caratterizzazione del territorio per lo studio dei fenomeni di amplificazione locale.

La zona di intervento in seguito all' ORDINANZA 3274/2003 e 3316/2003 della Presidenza del Consiglio dei Ministri (PCM) 20 marzo 2003, ricade in zona sismica di terzo grado.

Trattandosi di un Piano Particolareggiato la normativa prevede anche una Relazione riguardante la “Valutazione di compatibilità delle previsioni con la riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile sulla base di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana”. Si inserisce questa parte nella presente Relazione.

Il Piano Urbanistico Attuativo prevede:

- la realizzazione di nuove unità abitative per mq 7.746 Su;
- la realizzazione di RSA e Centro Medico per mq 90 Su;
- parcheggi pubblici e pertinenziali per mq 6.609;
- verde privato per mq 4.312 e di interesse pubblico per mq 17.046;
- spazi collettivi con strada di accesso e pista ciclabile e pedonabile per mq 11.322 ;
- strade private per mq 778;
- darsena sulla sponda del Po di Volano;
- vasca di laminazione.

Conosciute le caratteristiche geologiche del sito, si è cercato di analizzare anche la sostenibilità ambientale del Progetto rispetto al luogo e al contesto, in rapporto ai luoghi, approfondendo alcuni punti più problematici quali i rapporti con il Sistema Volano, il rischio idraulico e il rischio sismico, la salvaguardia delle acque di falda, la sicurezza della sponda del Volano, le verifiche geotecniche preliminari.

1.2. Area di studio

L'area è ubicata nel Comune di Ferrara, in località Cocomaro di Cona, via Comacchio, Foglio 234, particella 5.



2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La Relazione geologica per un Piano Particolareggiato deve dare le necessarie indicazioni per operare nella conoscenza delle pericolosità geologico-tecniche riguardo la tutela dal rischio idrogeologico, idraulico, sismico e geotecnico. Il piano a sua volta deve inserirsi nella Pianificazione comunale e/o sovraordinata tenendo conto dei vincoli ambientali e delle prescrizioni tecnico-amministrative.

Di seguito le leggi e norme di interesse sia nazionale che della regione Emilia-Romagna seguite nella esecuzione di tale studio e nella stesura della Relazione.

NORME URBANISTICHE ED EDILIZIE

- Legge 17 agosto 1942, n.1150 "Legge Urbanistica" e succ. mod.
- Legge 2 febbraio 1974, n.64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
- D.P.R. 6 giugno 2001, m.380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- Ordinanza n.3274 P.C.M. del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- D.M. 14 gennaio 2008, "Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n.617 del 2 febbraio 2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977)".
- UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) "Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)".
- Eurocode EC-7 : PROGETTAZIONE GEOTECNICA - UNI ENV 1997
- 1/97 Regole generali
- 2/02 Progettazione assistita da prove di laboratorio
- 3/02 Progettazione assistita con prove in sito
- Eurocode EC-8 : INDICAZIONI PROGETTUALI PER LA RESISTENZA SISMICA DELLE STRUTTURE UNI ENV 1998-1 Parte 1 – Regole generali
- UNI ENV 1998-5 Parte 5 – Fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici
- L.R. 24 marzo 2000, n.20 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio"
- L.R. 25 novembre 2002, n.31 "Disciplina generale dell'edilizia"
- L.R. 30 ottobre 2008, n.19 "Norme per la riduzione del rischio sismico"
- L.R. 6 luglio 2009, n.6 "Governo e riqualificazione solidale del territorio"
- Delibera GR E-R n.1373/2011 "Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per gli altri titoli edilizi, alla individuazione degli elaborati costitutivi e dei contenuti del progetto esecutivo riguardante le strutture e alla definizione delle modalità di controllo degli stessi, ai sensi dell'art.12, comma 1, e dell'art.4, comma 1, della L.R. n.19 del 2008"
- Delibera G.R. 21 dicembre 2015 Atto di coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, comma 1 della L.R. 20/2000 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la

pianificazione territoriale e urbanistica” , di cui alla deliberazione dell’Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112.

- Piano Territoriale Paesistico Regionale dell'Emilia Romagna, approvato 08.09.93
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Ferrara, B.U.R. E.R. 12 marzo 1997
- Piano Regolatore Comunale di Ferrara, N.T.A., approvato con D.R. 11 aprile 1995
- Regolamento Edilizio del Comune di Ferrara, agosto 1998
- Piano Strutturale Comunale di Ferrara, RUE

5

TERRE DA SCAVO

- D. lgs. 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale”
- Legge 9 agosto 2013, n. 98 “Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 21 giugno 2013, n. 69 Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia” Art. 41-bis. Ulteriori disposizioni in materia di terre e rocce da scavo
- Legge 11 novembre 2014, n. 164 “Conversione, con modificazioni, del decreto-legge 11 settembre 2014, n. 133, Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive”

NORME RELATIVE ALLE ACQUE

- R.D. 8 maggio 1904, n.368 "Disposizioni in materia di Polizia Idraulica"
- T.U. 25 luglio 1904, n.523 “Testo Unico di legge sulle opere idrauliche”
- R.D. 11 dicembre 1933, n.1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici"
- D.lgs. 3 aprile 2006, n.152 “Norme in materia ambientale”
- D.M. 12 giugno 2003, n.185 “Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell’art.26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152”.
- Delibera G.R. E.R. n. 1053/2003 “Direttiva concernente indirizzi per l'applicazione del D. L.vo 11 maggio 99, n.152 recante disposizioni in materia di tutela delle acque dall'inquinamento”.
- Delibera G.R. E.R. 14 febbraio 2005 n.286 “Direttiva concernente indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne”

NORME PAESAGGISTICHE

- Convenzione Europea del Paesaggio Firenze, 20 ottobre 2000
- D.Lgs. 22 gennaio 2004, n.42 “Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell’art.10 della legge 6 luglio 2002, n.137”. * D.P.C.M. 12 dicembre 2005 “Criteri di redazione e contenuti della Relazione paesaggistica”.
- D.lgs 24 marzo 2006, n.157 “Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n.42, in relazione al paesaggio”.
- Legge 9 gennaio 2006, n.14 “Ratifica ed esecuzione della Convenzione europea del paesaggio fatta a Firenze il 20 ottobre 2000”
- D. lgs. 26 marzo 2008, n.63 “Ulteriori disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n.42 in relazione al paesaggio”
- D.P.R. 9 luglio 2010, n.139 “Regolamento recante procedimento semplificato di autorizzazione paesaggistica per gli interventi di lieve entità, a norma dell’articolo 146, comma 9, del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n.42 e s.m.”

- Circolare del Direttore Generale alla programmazione Territoriale e Sistemi Mobilità del 12 maggio 2004 “Prime indicazioni operative sull’applicazione del D. L.vo 22 gennaio 2004, n.42 Codice dei beni culturali e del paesaggio”
- Delibera G.R. 2 novembre 2004, n.2131 “Indicazioni generali per l’interpretazione delle Norme del PTPR in relazione alle opere di interesse meramente locale, da realizzare in zone tutelate”
- L.R. 30 novembre 2009, n.23 “Norme in materia di tutela e valorizzazione del paesaggio. Modifica della LR 24 marzo 2000, n.20 e norme transitorie in merito alla LR 30 ottobre 2008, n.19”
- P.T.C.P. di Ferrara, approvato con Delibera G.R. n.20 del 20.01.97 – N.T.A.

LE NORMATIVE DEL PO di VOLANO

NORME IDRAULICHE

- R.D. 8 maggio 1904, n.368 "Disposizioni in materia di Polizia Idraulica"
- T.U. 25 luglio 1904, n.523 "Testo Unico di legge sulle opere idrauliche"
- R.D. 11 dicembre 1933, n.1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici"
- D.M. 12 giugno 2003, n.185 "Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell’art.26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152".
- D.lgs. 3 aprile 2006, n.152 "Norme in materia ambientale"
- Delibera G.R. 14 febbraio 2005 n.286 "Direttiva concernente indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne"

NORME PAESAGGISTICHE

- D.Lgs. 22 gennaio 2004, n.42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell’art.10 della legge 6 luglio 2002, n.137".
- D. lgs. 24 marzo 2006, n.157 "Disposizioni correttive e integrative al D. lgs. 42/2004, in relazione al paesaggio"
- D. lgs. 26 marzo 2008, n.63 "Ulteriori disposizioni correttive e integrative al D. lgs. 42/2004, in relazione al paesaggio"
- Legge 2 agosto 2008, n.129 – art.4-quinquies Termine di entrata in vigore delle disposizioni procedurali di cui all’art.146 del D. lgs. 42/2004
- DPCM 12 dicembre 2005 "Criteri di redazione e contenuti della Relazione paesaggistica"
- Circolare del Direttore Generale alla programmazione Territoriale e Sistemi Mobilità del 12 maggio 2004 “Prime indicazioni operative sull’applicazione del D. L.vo 22 gennaio 2004, n.42 Codice dei beni culturali e del paesaggio”
- Delibera G.R. 2 novembre 2004, n.2131 “Indicazioni generali per l’interpretazione delle Norme del PTPR in relazione alle opere di interesse meramente locale, da realizzare in zone tutelate”
- P.T.C.P. di Ferrara, approvato con Delibera G.R. n.20 del 20.01.97 – N.T.A.
- P.S.C. Ferrara approvato aprile 2009 – NTA

3. IL MODELLO GEOLOGICO

3.1. Assetto strutturale

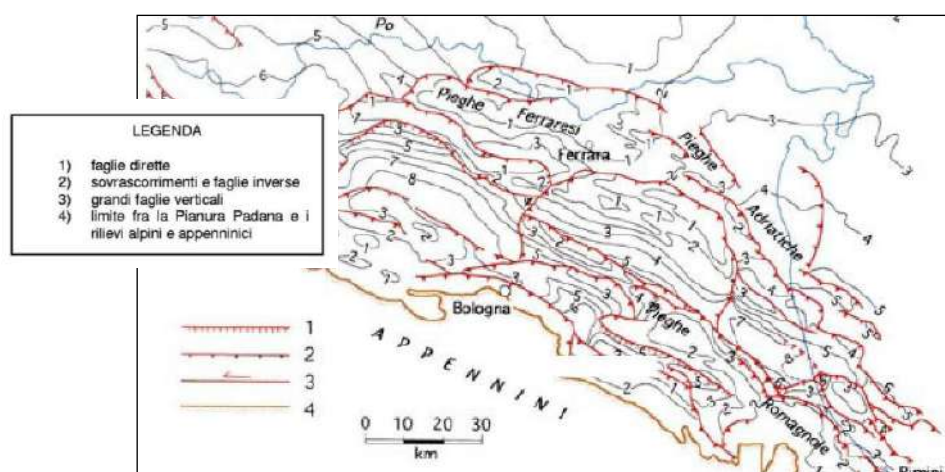
Il territorio della provincia di Ferrara è parte dell’ampio bacino subsidente padano in cui, a partire dal periodo Cenozoico, si sono riversati i sedimenti provenienti dall’erosione della catena alpina e

degli Appennini e il cui assetto deve essere visto nel suo complesso di substrato roccioso e coltre alluvionale.

Il substrato roccioso costituisce il margine della struttura nord-appenninica formatasi a partire dalla fine dell'era mesozoica con l'avvicinamento del Margine europeo a quello Insubro-appenninico e il formarsi delle prime catene montuose nel Cretaceo-Eocene consistente nella formazione di coltri dovute alla subduzione della crosta continentale con il suo successivo riaffioramento in superficie a causa della minore densità rispetto alla crosta oceanica e al mantello stesso.

Nell'Oligo-Miocene, con la completa consunzione della crosta oceanica, la deformazione interessa la crosta continentale. In questa fase si ha un trasporto del margine interno, tirrenico, verso quello esterno, adriatico, fino all'apertura, nel tardo Miocene, del Bacino Tirrenico.

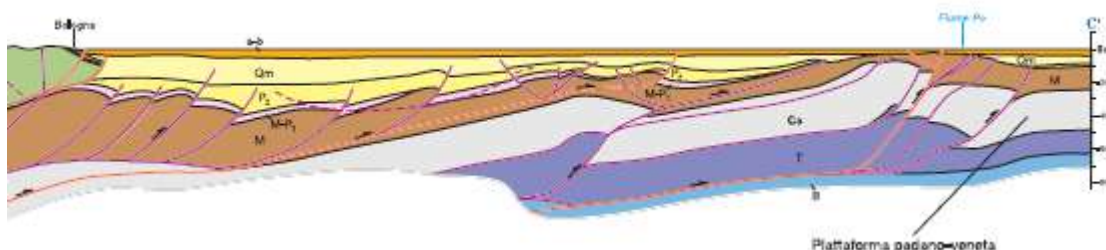
Il Sistema Nord-appenninico è contraddistinto, e si riconoscono ancora ora (Boccaletti et al., 1984), da una serie di strutture omogenee longitudinali: il margine interno tirrenico, il margine esterno adriatico, una parte sepolta sotto la coltre alluvionale padana, l'omoclinale pede-alpina.



Carta strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1992)

Queste strutture longitudinali hanno subito dislocazioni individuate in lineamenti trasversali.

Le strutture che interessano la provincia ferrarese appartengono alla catena esterna nella sua parte sepolta. Essa presenta sovrascorrimenti pede-appenninici attivi dal tardo Miocene fino ad ora, che si presentano come una tipica struttura da ambiente compressivo, a ventaglio embriciato, il cui scollamento principale si trova alla base delle successioni mesozoiche.



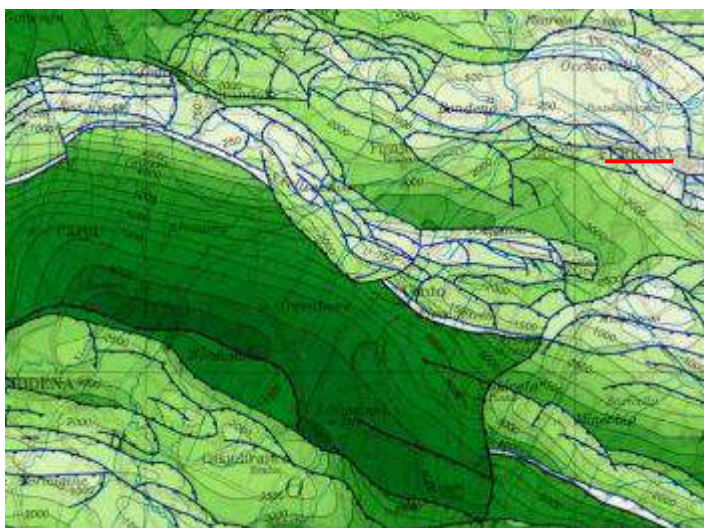
Sezione litostrutturale con direzione Sud – Nord da Bologna al fiume Po

I cunei sinsedimentari ricoprono e fissano le strutture tettoniche permettendone la datazione. Risulta che le fasi tettoniche più accentuate si sono verificate tra il Messiniano e il Pliocene inferiore (5 ml di anni fa) e alla fine del Pliocene (2 ml di anni fa), mentre il Quaternario mostra ondulazione accentuata fino al Pleistocene medio superiore, non escludendo una attività olocenica (Castellarin et al.,1985).

La sedimentazione avvenuta contemporaneamente agli avvenimenti tettonici, è stata di ambiente marino nel Pleistocene medio e inferiore a causa della continua subsidenza seguita dal ritiro del mare a più riprese.

In seguito, per la regressione wurmiana dell'ultima era glaciale, si ha la conseguente sedimentazione continentale e quindi la trasgressione olocenica che interesserà la parte orientale della struttura, in subsidenza rispetto all'alto strutturale della dorsale.

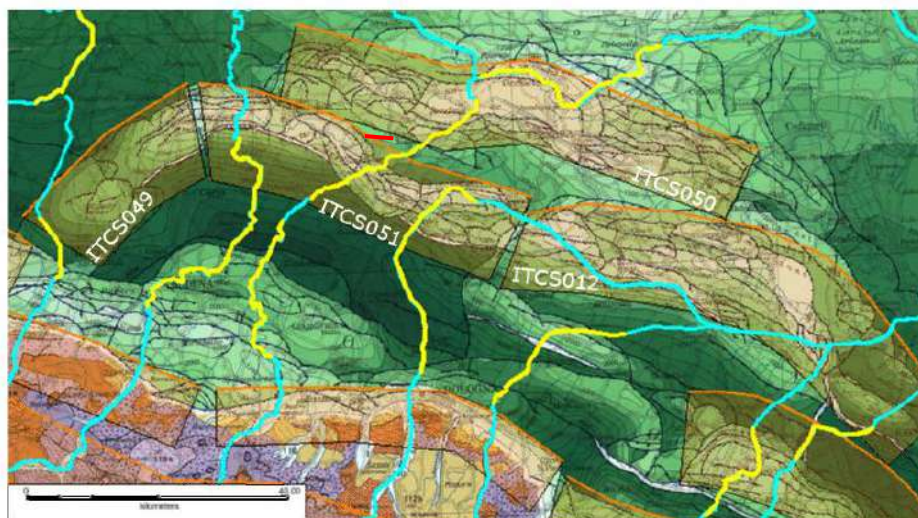
Ne consegue pertanto un assetto tettonico prepliocenico molto vario, con profondità del substrato dai 2700 metri del sinclinorio di Ferrara sud, ai 202 metri del Pozzo Casaglia 1 della Dorsale Ferrarese.



Modello strutturale che evidenzia l'alto strutturale della Dorsale Ferrarese (Bigi e al. 1992)

Da livellazioni della rete altimetrica nazionale, è stato riscontrato un movimento di subsidenza generale e differenziale per cui l'alto di Casaglia si sarebbe ulteriormente sollevato rispetto alle fasce circostanti, in accordo con recenti studi neotettonici e dati sismici.

Una maggiore testimonianza dell'attività Quaternaria (Olocenica), è data senza dubbio dallo spostamento dell'alveo principale del Po verificatosi nel XII secolo d.C. con la rotta di Ficarolo. Prima di tale spostamento l'alveo attraversava la zona della dorsale tra Ficarolo e Ospitale di Bondeno (Burrato et al., 2003).



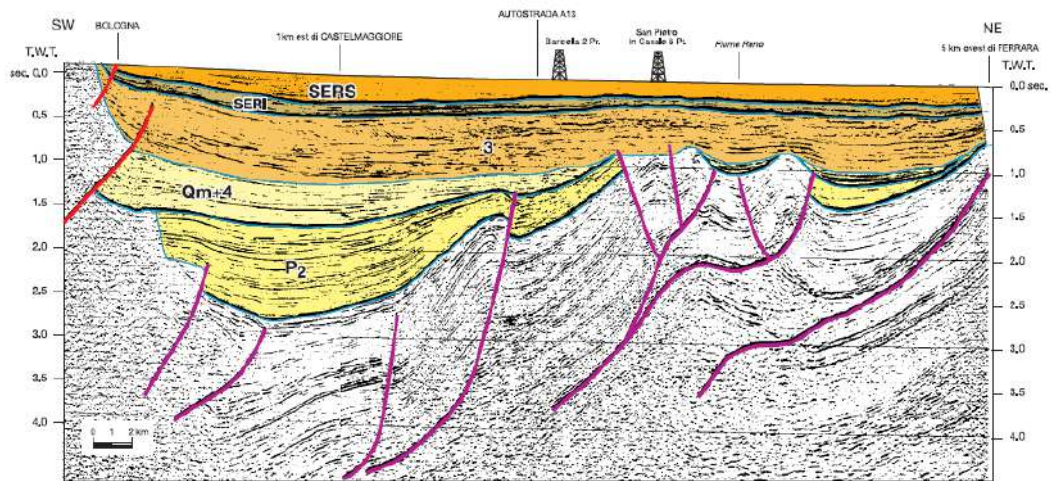
*Dal DISS (Database of Individual Seismogenetic Sources) dell'INGV
Sorgenti sismogenetiche ITCS050 Poggiorusco-Migliarino – ITCS051 Novi-Poggiorenatico
Corso dei fiumi: in azzurro corso regolare – in giallo corso anomalo*

Inoltre, dai confronti dei dati sulla neotettonica (Bondesan e Castellani) e da recenti studi sismici (Agip, carta dei riflettori), si deduce la presenza di una faglia trascorrente, a direzione NE-SW, probabilmente ancora attiva.

Infine, dall'analisi delle linee sismiche che attraversano la zona (Agip), gli accavallamenti più vecchi sono a Sud, mentre quelli più recenti sono a Nord del cuneo di accrezione, quindi una eventuale attività Quaternaria sarebbe logico aspettarsela proprio nella zona della dorsale.

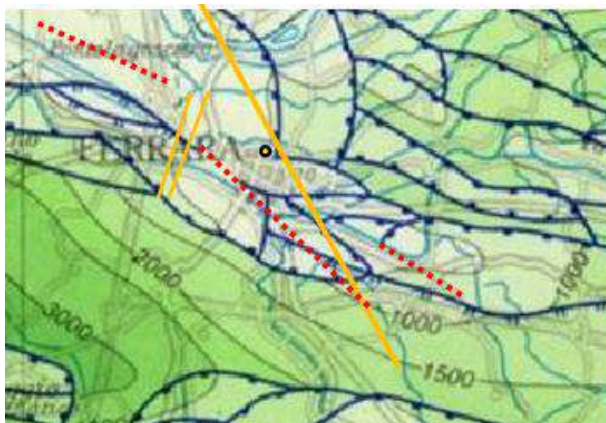
Per quanto riguarda i rigetti, il piano principale di sovrascorrimento fa registrare un rigetto di almeno 2800 m, in quanto si ritrova il Cretaceo sotto la Dolomia Principale (Trias); per quanto riguarda il Quaternario si trovano rigetti sensibilmente minori, ma comunque molto marcati: basti pensare che nel pozzo Casaglia 1 si hanno 200 m di potenza della coltre alluvionale, mentre nel Ferrara 1 si ha una potenza di 900 m.

L'alto strutturale di Casaglia, limitato da due faglie inverse, si inquadra in un ambiente tettonico di tipo compressivo, con piani di scollamento sempre più ripidi da nord a sud, situazione che conferma la successione temporale degli avvenimenti da sud a nord e quindi non esclude la possibilità di una eventuale attività quaternaria proprio nella zona nord del cuneo di accrezione.



AGIP – sezione sismica con direzione sud – nord da Bologna a Ferrara

A scala locale, dalla ricostruzione tettonica operata sulla base delle ricerche AGIP, la città di Ferrara è localizzata sull'anticlinale con asse NW-SE interessata da una linea di dislocazione che dalla zona di Cona si riporta verso il Parco Urbano, a est della città storica.



Stralcio della Carta strutturale con riportate le lineazioni tettoniche



Effetti della liquefazione del sisma del 1570 (triangoli rossi) e epicentro (stella gialla)

Rapporto EMERGEO 04.06.2012

E' probabilmente in corrispondenza di tale dislocazione che si trova l'epicentro del sisma che ha colpito la città di Ferrara nel 1570.

3.2. Modello Geomorfologico

L'area, denominata Fondo Golena, costituisce la golena storica del Volano il cui argine è costituito dal rilevato su cui è insediata la strada storica, ora strada provinciale n.1 di Comacchio.

L'evoluzione del territorio di Ferrara è legata essenzialmente alla evoluzione del sistema fluviale del fiume Po.

11

Gia nell'età del Bronzo (X sec.A.C.) il fiume Po scendendo fino a Ferrara si divideva in prossimità dell'attuale abitato di Codrea in 2 rami: il ramo nord che proseguiva per l'attuale territorio coppedese, e il ramo sud che si dirigeva verso l'attuale territorio di Ostellato.

Durante il periodo etrusco (VI - IV secolo a.C.) e romano (III a.C. - V d.C.) ,si identificò un nuovo ramo intermedio, denominato Olana,corrispondente al Volano che mantenne una certa importanza fino alla rotta del 1152 quando il corso del Po in località Ficarolo si trovò un nuovo alveo sdoppiandosi dal Po di Volano e via via questo nuovo corso assunse sempre maggiore importanza denominandosi Po Grande.

Il Volano subì alterne vicende e si interrì gradualmente anche a causa degli apporti dei fiumi appenninici, del Panaro immesso in Po a Bondeno nel 1526 e delle varie vicende del Reno con l'immissione nel Po nei pressi di Porotto nel 1524. Queste vicende portarono anche al susseguirsi di rovinose rotte e allagamenti sia del Volano che del Primaro.

A questi problemi si aggiunsero nel 1614 quelli collegati con l'interrimento delle foci a causa del Taglio di Porto Viro, ad opera dei Veneziani, che modificò lo sbocco in mare del Po Grande.

A partire dal 1638, con la definitiva chiusura del cavedone presso Bondeno, il Po di Ferrara cessa di essere un ramo del delta, si riduce a semplice collettore delle acque di scolo e viene denominato Poatello.

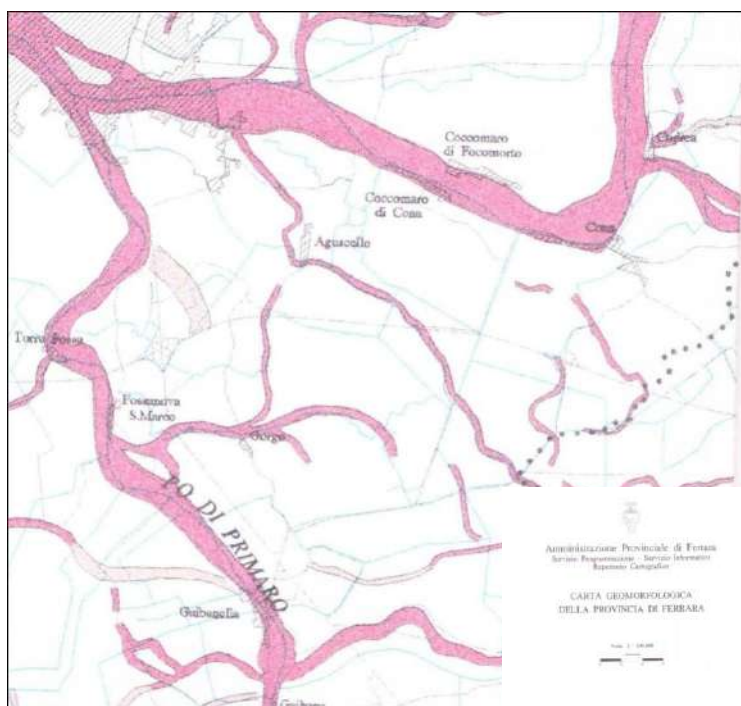
Il Volano, da Ferrara al mare, diviene anch'esso collettore delle acque di scolo dei territori circostanti, ma assume anche il ruolo di canale di navigazione con la costruzione dei primi sostegni e conche di navigazione a Cona, Valpagliaro e Tieni nel 1675, a Marozzo nel 1709 e Migliarino nel 1755.

In seguito vennero eseguiti interventi sistematici di adeguamento poichè le importanti opere di bonifica estensiva richiedevano una sempre maggiore efficienza idraulica del Volano, e anche per una maggiore efficienza ai fini della navigazione interna.

Agli inizi del 1900 a circa 2 Km da Ferrara, a monte dell'area in esame, è stato scavato un drizzagno che taglia l'ampio meandro di Cona e raggiunge l'abitato di Baura. Il tratto parallelo all'area risulta quindi essere attualmente un ramo secondario, utilizzato pur sempre per le opere della Bonifica.

Il territorio considerato. è formato dalle alluvione del. Po di Volano, attualmente canalizzato.

I processi che hanno contribuito alla costruzione e al modellamento del territorio sono quindi i processi fluviali , cui si sono sovrapposti e alternati in epoca storica i processi della bonifica e i processi antropici .



*Stralcio della Carta Geomorfologica
della Provincia di Ferrara con
evidenziati i principali paleoalvei*

I corsi d'acqua fra cui il Volano hanno portato grandi quantità di sedimenti, depositando i più grossolani in corrispondenza dell'alveo e via via i più fini in distanza, verso quello che è ora il centro del bacino. Fino in epoca storica i fiumi avevano argini naturali che venivano normalmente sormontati dalle acque di piena che dilagavano poi nelle aree interfluviali.

Gli antichi corsi fluviali costituiti da sedimenti più grossolani si evidenziarono morfologicamente rispetto le aree circostanti dove sedimentavano limi e argille in ambiente paludoso e acquitrinoso, invaso quasi costantemente dalle acque.

Il diverso grado di addensamento dei terreni nel tempo accentuò questa caratteristica morfologica e rimasero evidenti topograficamente i dossi allungati dei Paleoalvei e fra questi il paleoalveo del Volano.

In epoca storica la costruzione degli argini, l'avvento della Bonifica meccanica che nell'ultimo secolo ha modificato totalmente il territorio, e la regimazione idraulica della rete idrografica minore ha irrigidito il sistema morfogenetico e il sistema delle acque superficiali.

La subsidenza naturale agendo in sinergia con le opere di bonifica e le attività umane, ha accentuato nel tempo le differenze di quota fra i dossi sabbioso-limosi perimetrali e le aree centrali argilloso-torbose e facilmente soggette alla compattazione.

Topograficamente i paleoalvei del Volano e del Primaro costituiscono alti strutturali, delimitando quindi un ampio bacino che si apre a ventaglio, con fulcro in corrispondenza di Ferrara e delimitato verso est dal sistema dunare costiero.

Dalle quote di "alto topografico" al bordo del bacino, superiori al livello del medio mare, (+7,00) ./ (+8,00), il territorio si deprime verso il centro del bacino, sino a quote prossime allo zero sull'allineamento Argenta – Portomaggiore – Ostellato, margine della zona più depressa corrispondente alle Valli del Mezzano..

L'area di intervento è rilevata rispetto la campagna circostante; le quote variano da massimi di circa (+7,10) presso la strada/argine, a quote prossime a (+ 6,70) ./. (+ 6,40). presso la scarpate del Po di Volano .

I terreni degradano verso est, da quote intorno a (+8,00) al limite della strada comunale che unisce Cocomaro di Cona a Cocomaro di Focomorto, a quote di (+6,50) verso est, dove la golena termina e la strada provinciale posta sull'argine si avvicina al Po di Volano.

La definizione litostratigrafica della fascia di territorio in cui è ubicata l'area è stata eseguita in base alle successioni stratigrafiche ottenute dalle prove eseguite dall'Indagine Geognostica.

Le stratigrafie mostrano una sequenza superficiale corrispondente ai sedimenti di alveo fluviale, di spessore e caratteristiche variabili, a granulometria sabbiosa più o meno limosa, posata su terreni argilloso limosi con livelli torbosi di ambiente distale acquitrinoso o palustre..

L'area è infatti ubicata in corrispondenza del paleoalveo del Volano, nell'area di antica golena, come dimostra la successione sabbiosa continua e omogenea della zona orientale, mentre nella zona ovest in superficie l'interrimento del fiume è dimostrato dalla sedimentazione, insieme alle sabbie, di frazioni limose e argillose variamente eteropiche e intercalate.

3.3. Nota idrogeologica

I fattori e i processi del Sistema Idrogeologico che riguardano la Variante in oggetto sono legati essenzialmente alle acque superficiali e alle acque sotterranee per quanto riguarda la prima falda.

Il sistema delle acque superficiali è costituito

- dal corso del Volano
- dalla rete dei canali della Bonifica, regolata dal Consorzio di Bonifica Il Circondario Polesine di San Giorgio, che fanno capo all'impianto Idrovoro di S.Antonino da cui, attraverso il collettore omonimo si scaricano nel Volano fra l'abitato di Cocomaro e Cona.

Il Po di Volano è regolato idraulicamente dal Servizio Provinciale della Regione Emilia Romagna. Il livello dell'acqua è legato:

- 1) alle esigenze e della Bonifica che lo utilizza sia per lo scolo che per derivare acqua per la irrigazione
- 2) alle esigenze della Navigazione interna.

Questo livello è mantenuto costante nel tempo con variazioni, legate alle esigenze sopra dette, fra quota +4,60 m. s.l.m. e +4,90 m. s.l.m. (con massimi ammessi per eventi straordinari di + 5,25 m. s.l.m.), per mezzo di chiuse e conche di navigazione poste a valle (conca di Valpagliaro).

Il livello della falda freatica è stato misurato nell'area ad una profondità di metri 2,30 dal piano campagna, corrispondente circa al livello del Po di Volano.

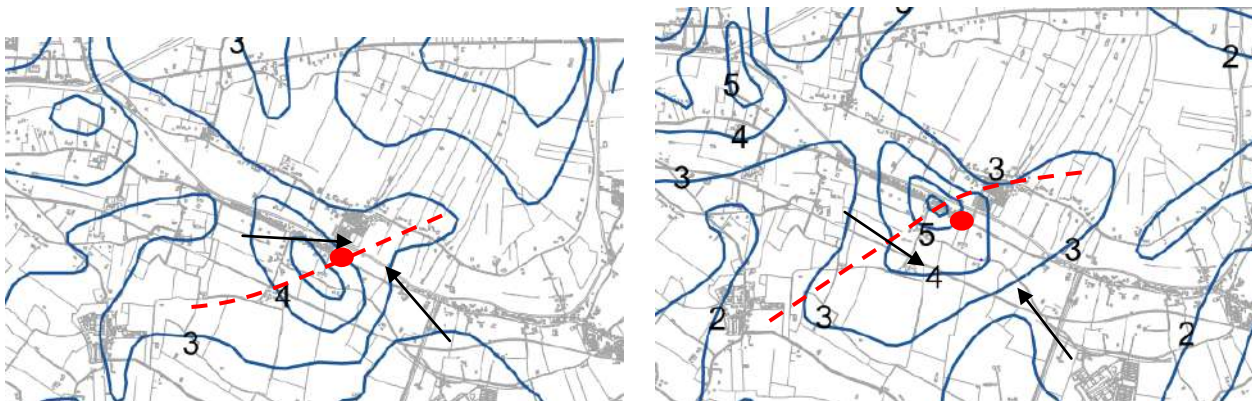
Nella zona in esame, la presenza di terre sabbiose al di sotto del piano campagna, c.a quota

(+6,00), fino a metri -6 ./.-15 dal piano campagna, (+ 1,00)/. (- 8,00), indica una totale connessione fra il livello dell'acqua del Po di Volano e la falda freatica.

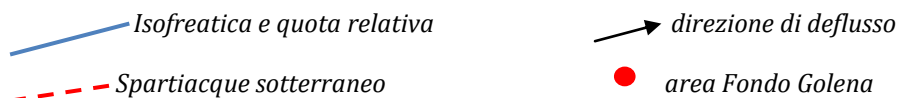
Ad ogni variazione di livello del Po corrisponde una variazione di livello della falda.

L'area è attualmente priva di problemi di scolo, drenando nel Volano ed essendo estranea al regime idraulico della Bonifica da cui è separata dall'argine fluviale rappresentato dalla via Comacchio.

14

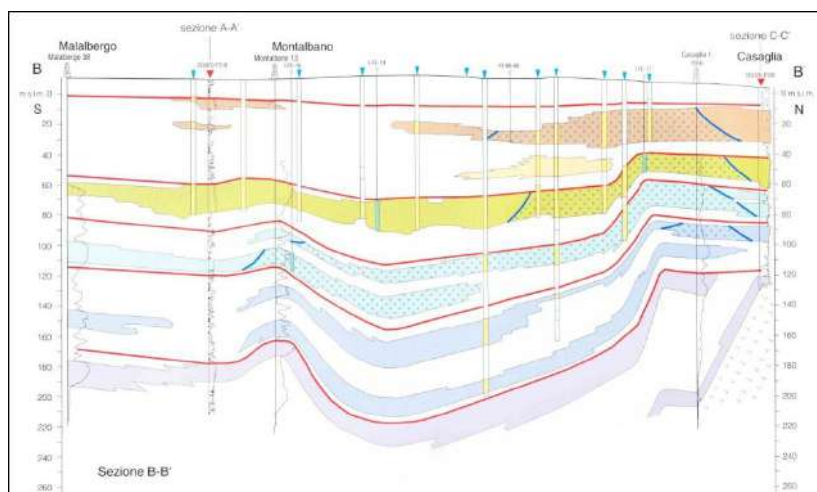


Isofreatiche (metri sul medio mare) in autunno (ottobre) e primavera (maggio) dal PRG comune di Ferrara (73-74).



Riguardo la prima falda è evidenziato uno spartiacque sotterraneo con direzione nord est – sud ovest e drenaggio della falda verso nord-nord est.

L'acquifero interessato è il Gruppo Acquifero A, Complesso Acquifero A0, Sistema Acquifero Freatico. Esso è contenuto nelle sabbie e limi dei depositi di piana continentale, con spessore e caratteristiche localmente variabili. E' limitato al letto da limi e argille di notevole potenza, tanto che l'acquifero conosciuto e captato, del Complesso Acquifero A2-I ha una profondità del tetto intorno ai 40-50 metri.



3.4. Quadro sismico locale

3.4.1. Sismicità storica

La zona, interessata dalla sequenza sismica attuale iniziata il 20 maggio 2012, è caratterizzata da una modesta sismicità storica, così come riportata dai Cataloghi.

In realtà la cronaca del tempo (Giacomo da Marano, XIV sec.) riporta di un forte terremoto a Ferrara nel 1346, quando il 22 Febbraio “*cascarono molte case, palazzi e torri...e nelle ville casamenti, fenili, pieze et altri edifitii*”. L’evento fu risentito anche a Modena l’8 Febbraio (Giovanni da Bazzano, XV sec.) e forse in altre città della pianura padana per cui si potrebbe trattare di una sequenza protrattasi per diversi giorni.

15

Così è stato anche per il terremoto del 1570 di magnitudo calcolata pari a 5.5 che non è dovuto alle medesime due strutture interessate attualmente ma ad una struttura più orientale. L’evento principale del 17 novembre diede comunque inizio ad una sequenza sismica lunga quattro anni. La documentazione storica, oltre agli effetti distruttivi su edifici e monumenti, ricorda, riguardo quegli eventi sismici, una brusca variazione nel livello del Po a Stellata e fenomeni di liquefazione dei terreni.

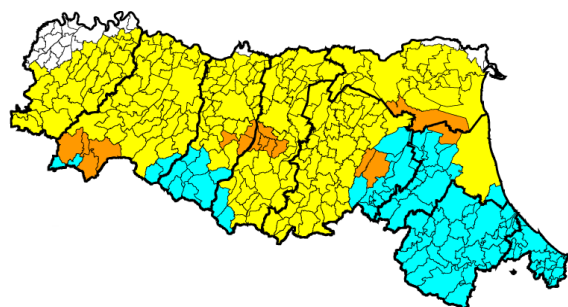
Si ricordano gli eventi successivi del 1695 (M=4), del 1743 (M=4.6) e del 1787 (M=4) a Ferrara e del 1908 e 1922 nella zona di Cento. Maggiormente interessata da eventi sismici è l’area modenese colpita dal terremoto dell’8 maggio 1987 di magnitudo M = 4.6.

Anno	Epicentro	Intensità epicentro
1234	FERRARA	7.0
1285	FERRARA	6.5
1346	FERRARA	7.5
1410	FERRARA	6.5
1425	FERRARA SUD	6.0
1508	FERRARA SUD	6.0
1561	FERRARA	5.5
1570	FERRARA	7.5
1574	FINALE EMILIA	7.0
1695	FERRARA	5.5
1743	FERRARA	6.5
1780	BOLOGNESE	5.5
1834	BOLOGNA	5.5
1922	CENTO	3.5
1986	BONDENO	6.0
1996	CORREGGIO	7.0

Dall’elenco dei terremoti riportati nel catalogo parametrico dei terremoti italiani (Scala Mercalli-Càncani-Sieberg)

3.4.2. Classificazione sismica

Il territorio dell’Emilia-Romagna è classificato sismico nella sua interezza dal 24 ottobre 2005.



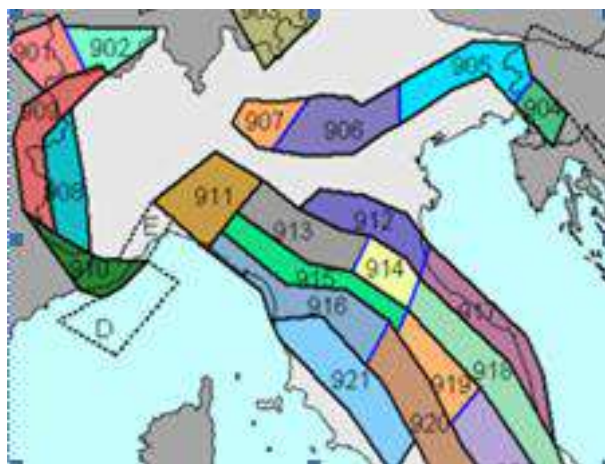
Classe	sismicità	PGA
2	media	0,15-0,25 g
3	bassa	0,05-0,15 g
4	molto bassa	< 0,15 g

16

I comuni della provincia di Ferrara appartengono per la maggior parte alla classe 3, con esclusione di Argenta classificata in classe 2 e i comuni di Berra, Mesola e Goro inseriti in classe 4.

La classificazione è operata dalle Regioni sulla base della Mappa MPS04 di riferimento di tutto il territorio nazionale in base all'OPCM 3519/2006. Questa Mappa della Pericolosità sismica indica la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Essa si basa sia sulla storia dei terremoti avvenuti riportati negli Elenchi, che sulla geologia delle zone di sorgente (zone sismogenetiche) e sulla propagazione-attenuazione delle onde.

Nella zonazione nazionale ZS9 la zona di riferimento sismogenetica è la n°12, la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco dell'Appennino settentrionale, con le zone-sorgente longitudinali rispetto all'asse della catena appenninica. La profondità efficace, cioè la profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti, e che determina la pericolosità della zona, corrispondente allo strato sismogenetico, per la zona S912 è valutato, con calcolo probabilistico, intorno a 7 Km.



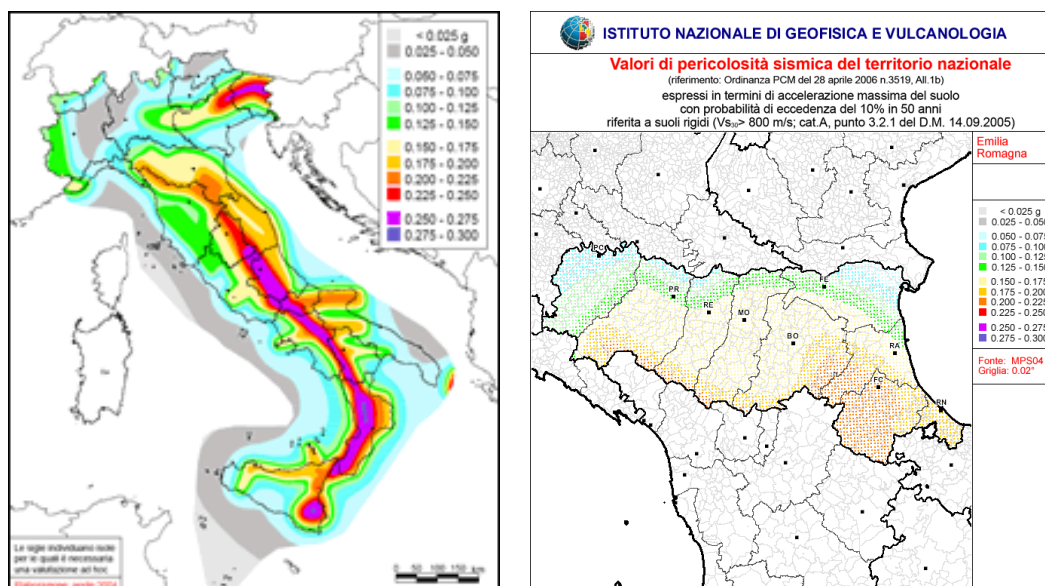
INGV: Zonazione Sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto conclusivo marzo 2004

La carta della Pericolosità sismica del territorio nazionale è stata redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.) sulla base dei valori di accelerazione massima al suolo (a_g), con probabilità di superamento in 50 anni del 10%, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s (V_{s30} è la velocità media delle onde sismiche di taglio entro i primi 30 metri di sottosuolo).

In base a questi valori il sottosuolo del territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone caratterizzate da valori diversi di a_g .

zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g)
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05 g	0,05

Tabella – valori di accelerazione per le quattro zone sismiche



Le mappe di pericolosità sismica dell'I.N.G.V.

3.4.3. L'evento sismico del maggio 2012

Un terremoto di Magnitudo (MI) 5.9 è avvenuto il giorno 20 maggio 2012 alle ore 4.03 con epicentro nei pressi di Finale Emilia, Lat. 44,89°N, Long. 11,23°E, alla profondità di Km 6,3, preceduto da un episodio di MI = 4.1 alle ore 1.13.

Sono seguite numerose repliche fra cui una scossa di MI = 4.9 alle ore 7.30 e una di MI 5.1 alle ore 15.18. Le due scosse principali di magnitudo 5.9 e 5.1 hanno epicentri allineati NW-SE, distanti c.a 10 Km e la sismicità è distribuita lungo un'area allungata per c.a 40 Km con direzione simile.

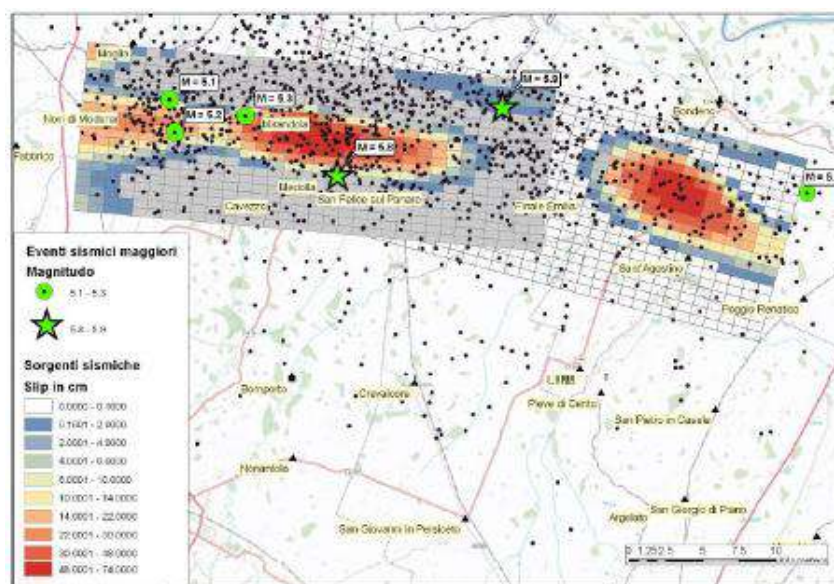
Il 29 maggio alle ore 9.30 una scossa MI = 5.8 con epicentro alla profondità di Km 10,2 si è verificata in provincia di Modena nel comune di Medolla, Lat. 44.85°N, Long. 11.09°E, con replica alle ore 12.55 con MI = 5.3 ed epicentro alla profondità di 6,8 Km, seguita il 3 giugno alle ore 21.20

da una scossa $M_l = 5.1$ con epicentro alla profondità di Km 9,2, Lat. 44.90°N, Long. 10.94°E, con spostamento quindi del fenomeno verso ovest.

data	ora UTC (ora locale)	latitudine	longitudine	profondità	magnitudo	fonte
20/05/2012	02:03:52 (04:03:52)	44.889	11.228	6.3	5.9	iside.rm.ingv.it
20/05/2012	02:07:31 (04:07:31)	44.863	11.370	5.0	5.1	iside.rm.ingv.it
20/05/2012	13:18:02 (15:18:02)	44.831	11.490	4.7	5.1	iside.rm.ingv.it
29/05/2012	07:00:03 (09:00:03)	44.851	11.086	10.2	5.8	iside.rm.ingv.it
29/05/2012	10:55:57 (12:55:57)	44.888	11.008	6.8	5.3	iside.rm.ingv.it
29/05/2012	11:00:25 (13:00:25)	44.879	10.947	5.4	5.2	iside.rm.ingv.it
03/06/2012	19:20:43 (21:20:43)	44.899	10.943	9.2	5.1	iside.rm.ingv.it

18

La sequenza sismica è continuata con più di 2000 repliche.



Sorgenti sismiche (da Atzori et al. 2012)

Le due sequenze sono legate a due strutture compressive del margine appenninico. Per ambedue le sequenze di eventi il meccanismo focale è di tipo compressivo con direzione di massima compressione NS e orientazione dei piani di faglia EW.

3.5. La risposta sismica locale e effetto di sito

Studiare la Risposta sismica locale vuol dire definire la Funzione di trasferimento o la Funzione di amplificazione rappresentativa della situazione geologico-strutturale al di sotto della zona esaminata.

In generale la forma della Funzione Amplificazione o Trasferimento è legata alla modalità di trasmissione delle onde all'interno dello strato superficiale e, in particolare, alle interferenze che si generano tra queste onde.

Nel caso di basamento rigido (bedrock) ricoperto da sedimenti soffici l'onda sismica proveniente dal basso rimane intrappolata all'interno dello strato sedimentario a causa della presenza di forti contrasti di impedenza alla base (interfaccia basamento-copertura) e alla superficie (interfaccia sedimenti-aria). Le onde intrappolate tra forti contrasti di impedenza interferiscono fra loro portando alla amplificazione. Se il contrasto di impedenza è piccolo l'amplificazione riguarda solo alcune frequenze, sulla base del rapporto Vs/H.

All'interno dello strato sedimentario la velocità delle onde S cambia con la profondità e naturalmente cambia anche l'amplificazione. Il processo di propagazione dipende dalle proprietà meccaniche del terreno, proprietà come la rigidità e lo smorzamento.

Attraverso codici di calcolo, tenendo conto di quattro parametri: spessore dello strato, densità dei terreni, modulo di taglio e smorzamento, per ciascuno strato, si esegue la valutazione dell'amplificazione stratigrafica. L'amplificazione viene calcolata in funzione della frequenza (o del periodo) scelta come il rapporto fra gli spettri di risposta del moto di input (al basamento) e quello di output (al di sopra del sedimento) di un terremoto di riferimento (condizioni 1D).

Oltre allo spettro di risposta del terremoto di riferimento, per il calcolo della RSL è necessario riferirsi ad un idoneo gruppo di accelerogrammi (NTC 2008) ricavati da Banche Dati.

Tale studio è stato eseguito per il territorio comunale di Ferrara per la Microzonazione Sismica di terzo Livello del PSC.

Nella zona nord è confermato un fattore di amplificazione FA pari a 1,5. Tale valore è infatti quello indicato dalla Regione E-R per i terreni di tali caratteristiche nella zona denominata Pianura 2.

3.5.1. Modello sismico del sottosuolo

Nel territorio comunale di Ferrara e più specificatamente nella zona est gli studi eseguiti distinguono una frequenza caratteristica con un massimo a bassa frequenza pari a 0,76-0,79 Hz.

Questi valori evidenziano la presenza di una interfaccia risonante a profondità indicata negli studi della Regione E-R (Martelli et al., 2013) come la base delle alluvioni del Pleistocene medio che sono posizionate nella zona della città intorno ai 130-150 metri di profondità.

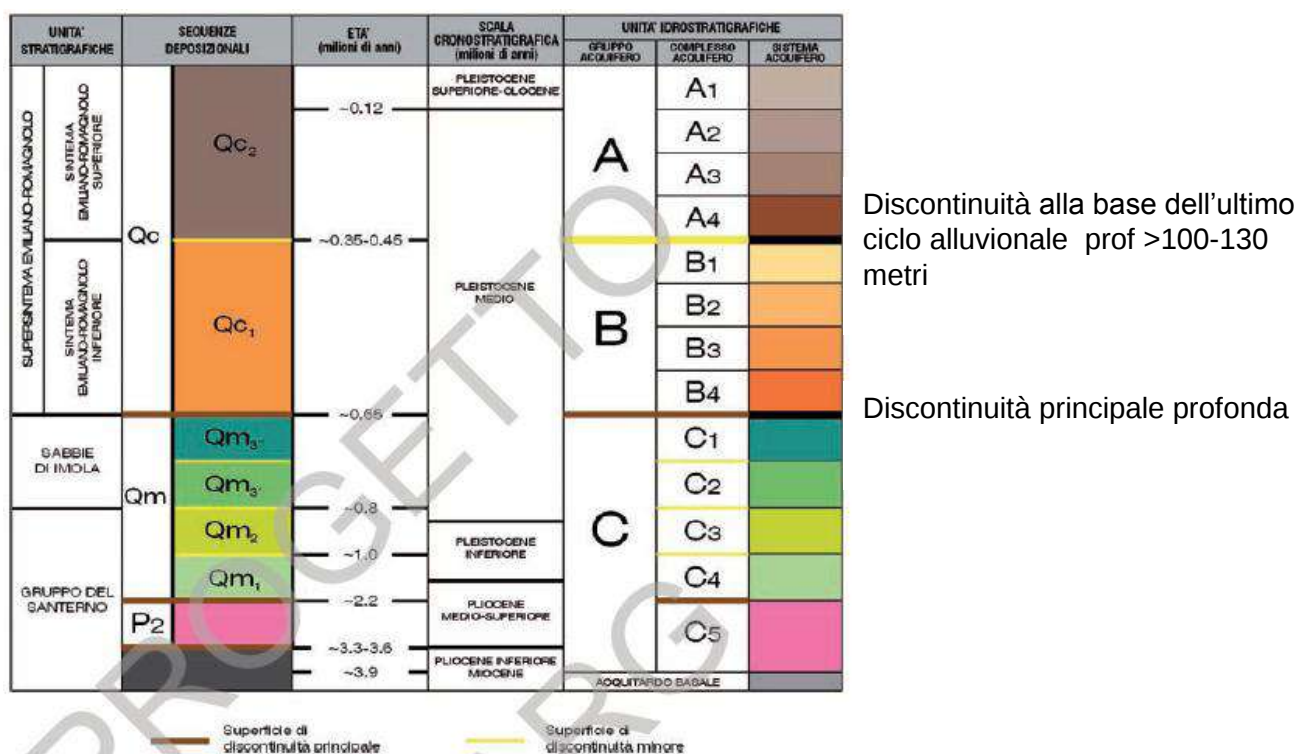


Fig. 5 - Schema stratigrafico dei depositi plio-quaternari del bacino padano, con indicazione delle principali unità stratigrafiche e superfici di discontinuità, sequenze deposizionali e unità idrostratigrafiche (da REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENI-AGIP, 1998).

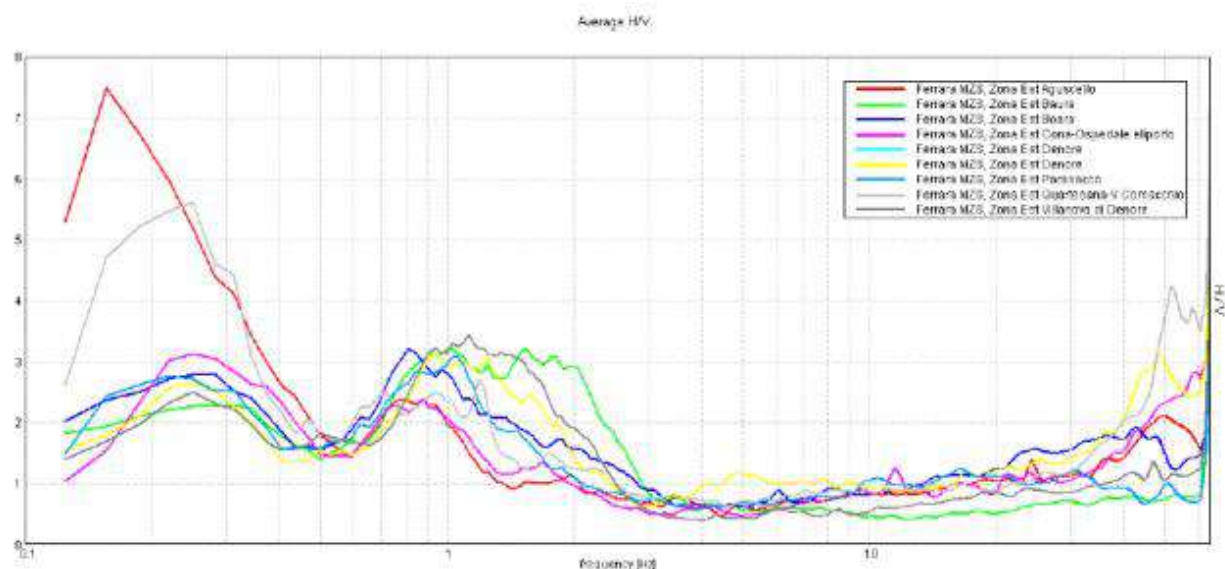


Figura 5.3 Curve HVSR Zona Est.

La frequenza di risonanza (F0) tipica dei terreni investigati, compresa tra 0,76 Hz – 0,79 Hz (T=1,27 sec - 1,32 sec) conferma la discontinuità presente a profondità superiori a 130 m (130 m-150 m).

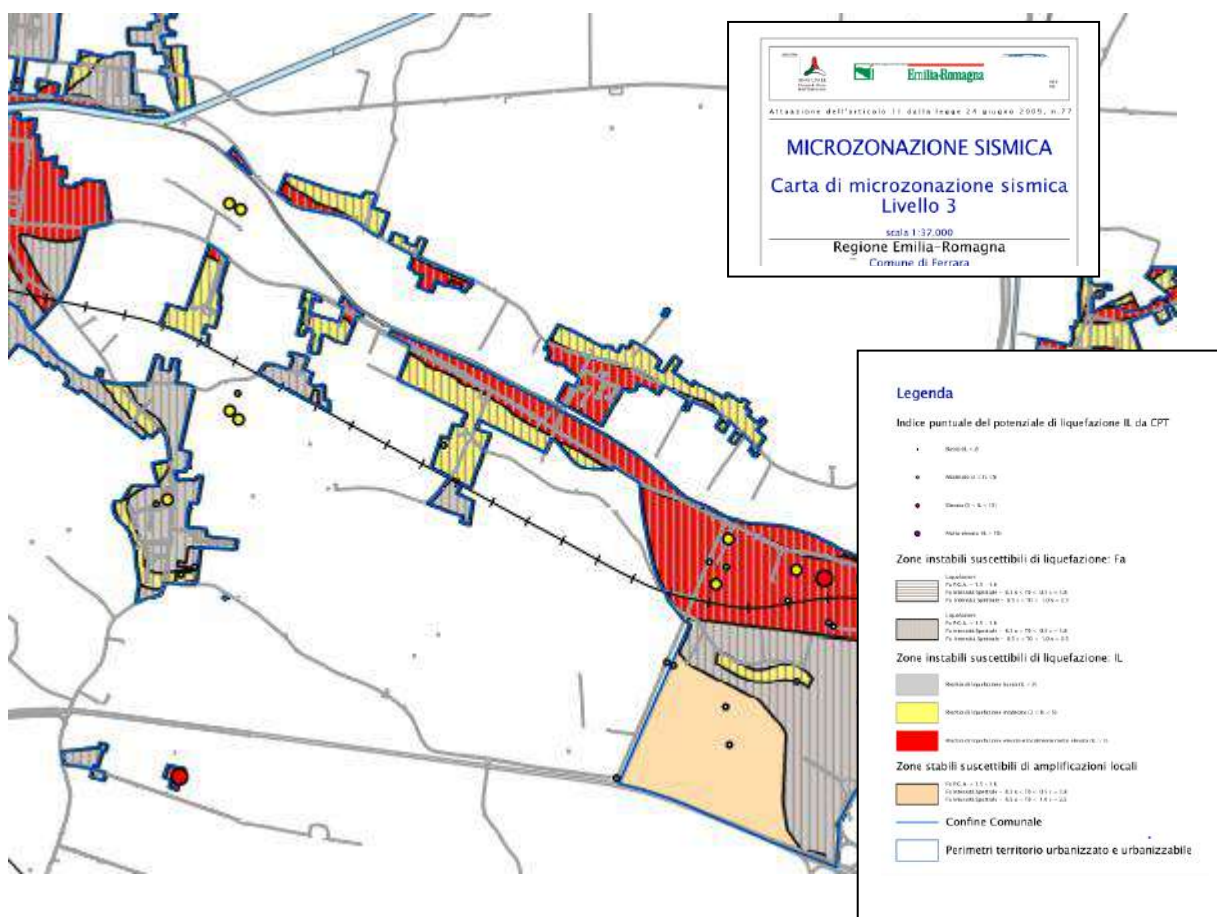
3.5.2. Microzonazione sismica di terzo livello del PSC

Il comune di Ferrara è dotato di Piano Strutturale aggiornato ed integrato nella parte sismica e geotecnica con l'approvazione del Regolamento Urbanistico Edilizio del 15 maggio 2012 e successivamente, a seguito degli eventi sismici posteriori, con indagini per la Microzonizzazione sismica di terzo livello e Relazione del 28.10.2013.

21

Si fa pertanto riferimento, come richiede la normativa, alla Relazione Q.C. 1.1.1. "Studio di Microzonazione sismica di terzo livello" del POC di Ferrara, a firma degli Ingegneri Fioravante e Giretti dell'Università di Ferrara – Consorzio Ferrara Ricerche.

Le ipotesi di cui si è tenuto conto nelle valutazioni della microzonazione sismica di terzo livello del territorio comunale di Ferrara (PSC e POC) sono di Massima Magnitudo attesa $M = 6,14$ e accelerazioni massime attese su suolo rigido (PGA_0) di $0,132g$ come valori di input. Questo ha portato al calcolo di fattori di amplificazione FA_{PGA} variabili da 1,3 a 1,9, con un valore medio di 1,5.



Sono poi possibili fenomeni di liquefazione delle sabbie, questo in funzione della presenza di acqua e quindi delle condizioni idrogeologiche del momento.

4. INDAGINI SITOSPECIFICHE

4.1. Indagine geognostica

Per le verifiche stratigrafiche e di consistenza sono state eseguite complessivamente nell'area 15 prove penetrometriche statiche spinte a profondità compresa fra 12 e 15 metri e n. 5 sondaggi a piccola profondità per la verifica della profondità della falda .

22

Le 15 prove penetrometriche statiche sono state eseguite secondo due allineamenti paralleli al corso attuale del Po di Volano.

La prova penetrometrica statica di tipo meccanico consiste essenzialmente nella misura della Resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/s} \pm 0,5 \text{ cm/s}$). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta opportunamente ancorato al suolo, che agisce su di una doppia batteria di aste, alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di un opportuno sistema di misura.

La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta tipo Begemann).

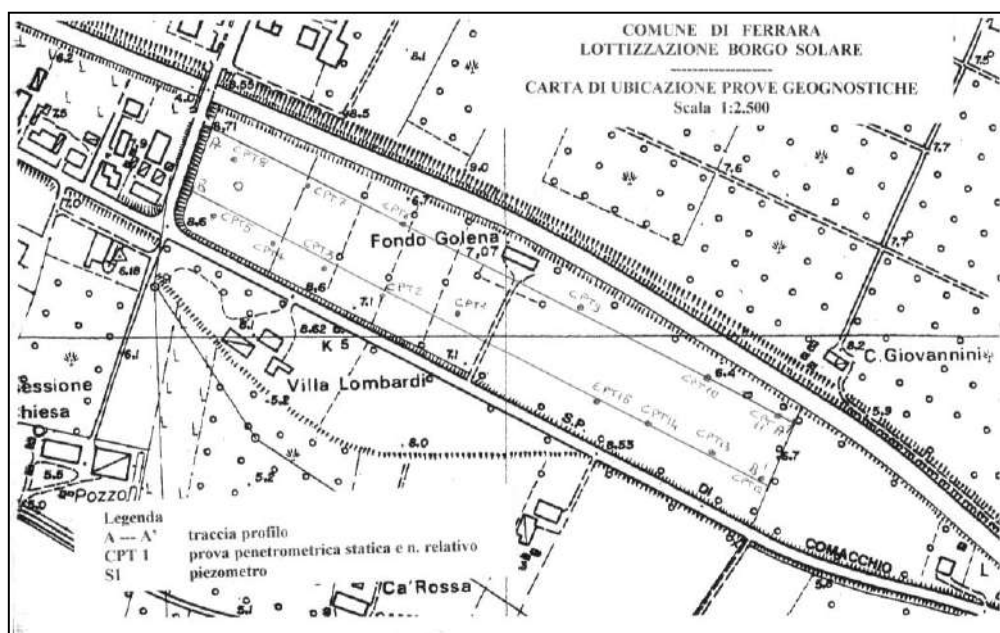
Le dimensioni della punta sono standardizzate , e precisamente:

- diametro di base del cono	$\phi = 35,7$	mm
- area della punta conica	$A_p = 10$	cm ²
- angolo di apertura del cono	$\beta = 60$	°
- superficie laterale del cono	$A_m = 150$	cm ²

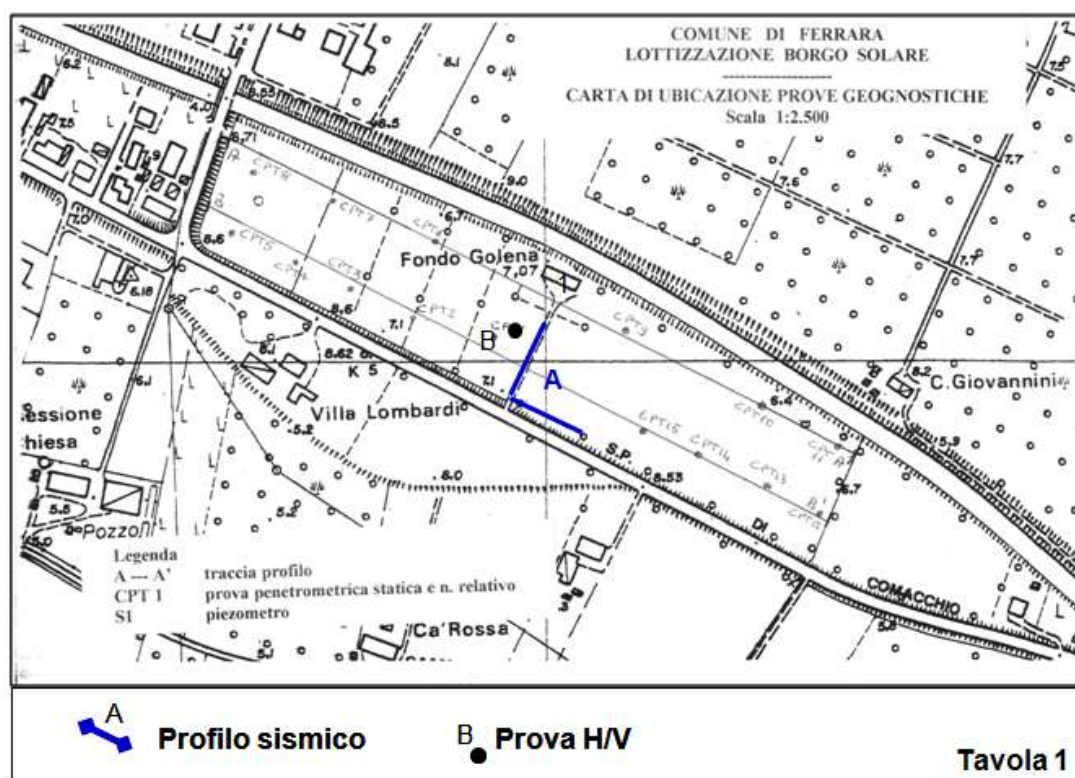
I risultati sono riportati nelle schede allegate ove in relazione alla profondità in metri sono visualizzati i valori della Resistenza alla punta R_p e della Resistenza laterale locale R_l in Kg/cm^q.

Oltre alla elaborazione dei valori della resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/R_l fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Rapporto di Begemann 1965) ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (R_l/R_p)\%$,secondo le esperienze di Schmertmann - 1978.

I sondaggi sono stati eseguiti a rotazione con carotiere semplice diametro 140 mm a secco.



4.2. Indagine sismica



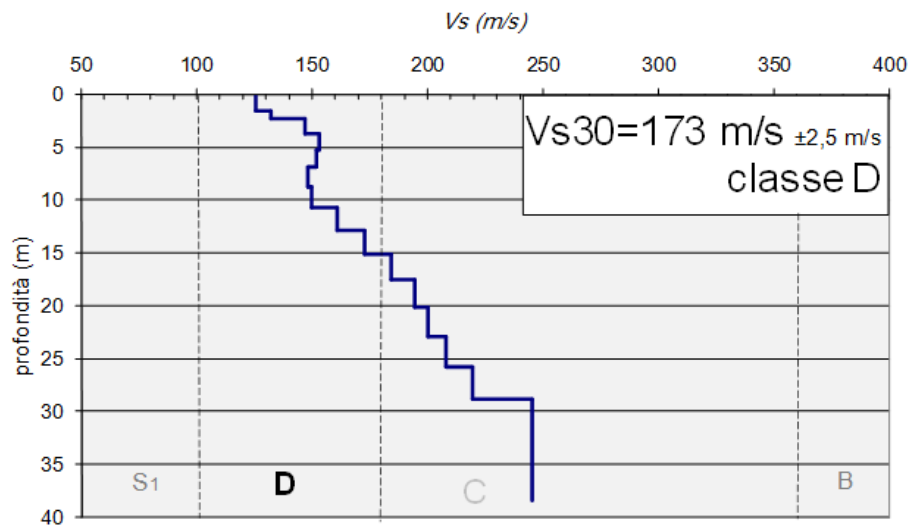
L'Indagine sismica eseguita nell'area ha lo scopo di determinare la velocità di propagazione delle onde S fino alla profondità di 30 metri e di valutare la frequenza di risonanza dei terreni

E' stata eseguita dal Te.Am.Geofisica srl.

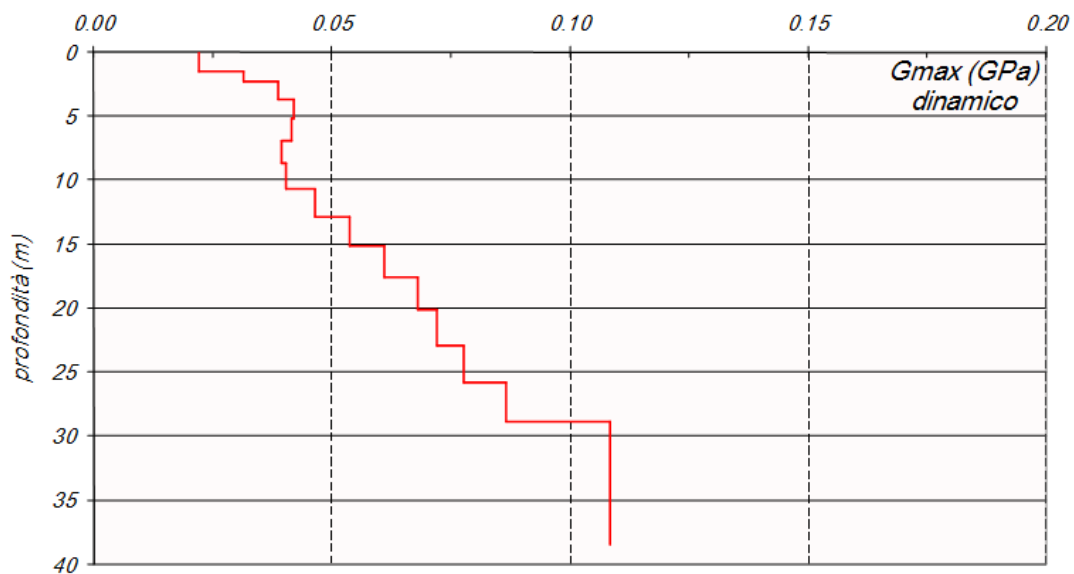
4.2.1. Onde di taglio

Per la sequenza sismica delle onde di taglio S nel sottosuolo è stata utilizzata la Tecnica SPAC, del rumore ambientale, tramite l'analisi del Microtremore che permette di ricavare attraverso la misura delle onde superficiali di Rayleigh (R) la velocità delle onde S.

Acquisiti ed elaborati i dati, l'interpretazione dei Microtremori ha indicato fino a 38 metri la presenza di quindici sismostrati e un valore medio di Vs30 di 173 m/sec.



Dall'applicazione della relazione $\mu = \rho V_s^2$ risulta il modulo di rigidità dinamico G_{max} corrispondente.

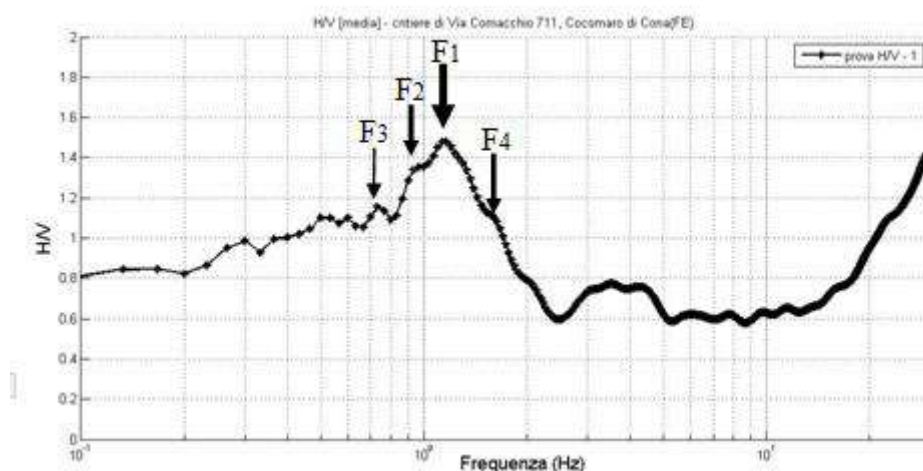


4.2.2. Frequenza di risonanza

Con il metodo VHSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio) si misura per le onde S la frequenza di risonanza propria del terreno, che dipende dalla sequenza propria dei contrasti di impedenza acustica presenti nel sottosuolo variamente stratificato, tramite l'interferenza costruttiva delle onde S con le onde superficiali di Love (L) e la componente orizzontale delle onde Rayleigh (R).

25

Riguardo ai rapporti spettrali H/V si riscontrano picchi per quattro frequenze



I picchi rappresentano superfici di discontinuità nel sottosuolo, con terreni a proprietà fisiche differenti.

prova H/V	Frequenza F ₁ (Hz)	Periodo T ₁ (sec)	Frequenza F ₂ (Hz)	Periodo T ₂ (sec)	Frequenza F ₃ (Hz)	periodo T ₃ (sec)	Frequenza F ₄ (Hz)	periodo T ₄ (sec)
H/V _m	1,133/ 1,166	0,883/ 0,857	0,966	1,035	0,733	1,364	1,566/ 1,6	0,625/ 0,638
H/V _{EW}	1,166	0,857	0,966	1,035	0,733	1,364	-	-
H/V _{NS}	1,133	0,883	0,966	1,035	0,766	1,305	1,566/ 1,6	0,625/ 0,638

La Tabella mostra anche I rapporti direzionali EW e NS che confermano l'assenza di direzionalità fra le varie frequenze.

La frequenza di risonanza per i terreni del sottosuolo è di grande importanza se rapportata con la frequenza di risonanza degli edifici.

5. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Riguarda la caratterizzazione e la modellazione geotecnica basata sui risultati delle indagini effettuate per rappresentare le condizioni stratigrafiche, il regime delle pressioni interstiziali e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo

5.1. Categoria di sottosuolo e parametri sismici e geotecnici

5.1.1. Successione litologica

Dall'osservazione dei diagrammi penetrometrici ed evidenziati nelle due sezioni stratigrafiche, correlando tali dati alla litologia rilevata dai sondaggi, la caratterizzazione stratigrafica in dettaglio, può essere schematizzata come di seguito esposto:

Sezione A A' (W-E) parallela al Po a circa m. 25 ./30 dalla scarpata
CPT 8 - CPT 7 - CPT 6 -- CPT 9 - CPT 10 - CPT 11

- strato superficiale dello spessore di circa 0,7 ./ 1,0 metri caratterizzato dalla presenza di terreno vegetale limo-argilloso e argilla limosa a medio bassa consistenza, Resistenza alla punta del penetrometro statico $R_p = 5./10 \text{ Kg/cm}^2$ e Resistenza laterale locale $RI = 0,2 ./ 0,4 \text{ Kg/cm}^2$
- fra metri 1,00 e metri 9,0./15,0 sono stati attraversati terreni prevalentemente sabbiosi, sabbioso limosi con intercalazioni limose e limo sabbiose. Il valore della R_p varia fra valori medi minimi di 18 ./ 20 Kg/cm^2 e valori medi massimi di 35 ./60 Kg/cm^2 . Localmente sono presenti strati limo-sabbiosi caratterizzati da $R_p = 10 ./12 \text{ Kg/cm}^2$, $RI = 0,1./0.25 \text{ Kg/cm}^2$ (CPT 7 fra m. 2 e m 5 e CPT 6 fra m.3 e m. 4,40)
- da metri 9 ./ 11 in poi nelle CPT 8 , CPT 7 e CPT 6 sono stati attraversati terreni coesivi - limo argillosi e argillo-limosi con probabile presenza di sottili strati di torba
Il valore della R_p varia minimi di 8 e massimi di 12 Kg/cm^2 , $RI = 0.3 ./ 0.5 \text{ Kg/cm}^2$

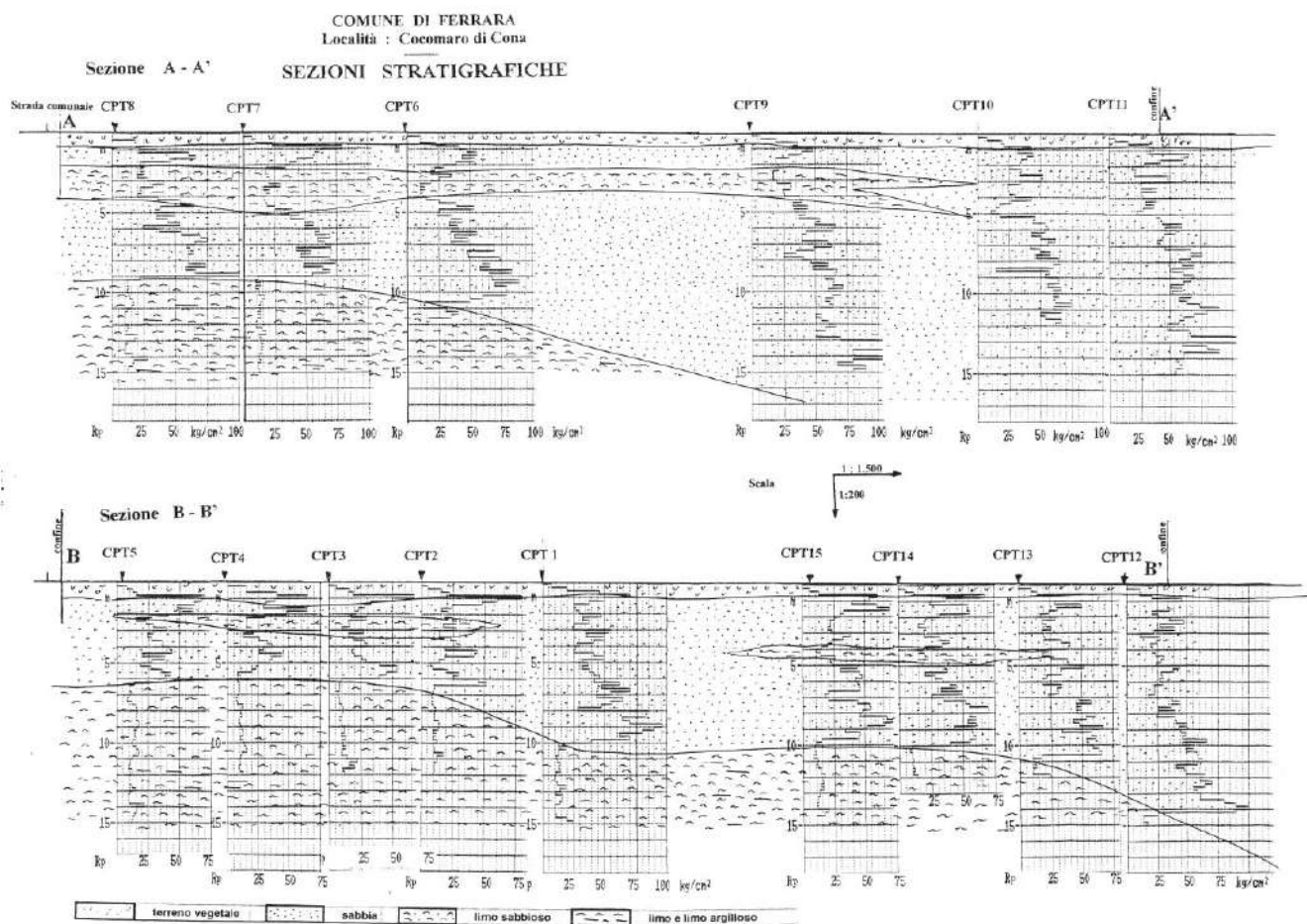
Sezione B B' (W - E) a circa m. 25 dal ciglio strada Provinciale
CPT 5 - CPT 4 - CPT 3 - CPT 2 - CPT 1 -- CPT 15 - CPT 14 - CPT 13 - CPT 12

- strato superficiale dello spessore di circa 0,7 ./ 1,0 metri caratterizzato dalla presenza di terreno vegetale limo-argilloso e argilla limosa a medio bassa consistenza, Resistenza alla punta del penetrometro statico $R_p = 5./10 \text{ Kg/cm}^2$ e Resistenza laterale locale $RI = 0,2 ./ 0,4 \text{ Kg/cm}^2$
- fra metri 1,0 e metri 6,0 ./10,0 (m 14,20 nella CPT 12) sono stati attraversati terreni prevalentemente sabbiosi, sabbioso limosi con intercalazioni limose e limo sabbiose. Il valore della R_p varia fra valori medi minimi di 18 ./ 20 Kg/cm^2 e valori medi massimi di 35 ./60 Kg/cm^2 . Localmente sono presenti strati limo-sabbiosi caratterizzati da $R_p = 10 ./12 \text{ Kg/cm}^2$, $RI = 0,1./0.25 \text{ Kg/cm}^2$ (CPT3 fra m. 2,5 e m 3,5 ; CPT 2 fra m.4,5 e 5,5; CPT15 fra m 3,60 e m. 4,40)

- da metri 6 ./ 10 (14,20 nella CPT 12) in poi sono stati attraversati terreni coesivi - limo argillosi e argillo- limosi con probabile presenza di sottili strati di torba.
Il valore della R_p varia minimi di 8 e massimi di 12 Kg/cm^2 , $R_l = 0.3 ./ 0.5 \text{ Kg/cm}^2$

Il livello statico della falda è stato misurato a metri 2,20 ./ 2,30 dal piano campagna attuale .

27



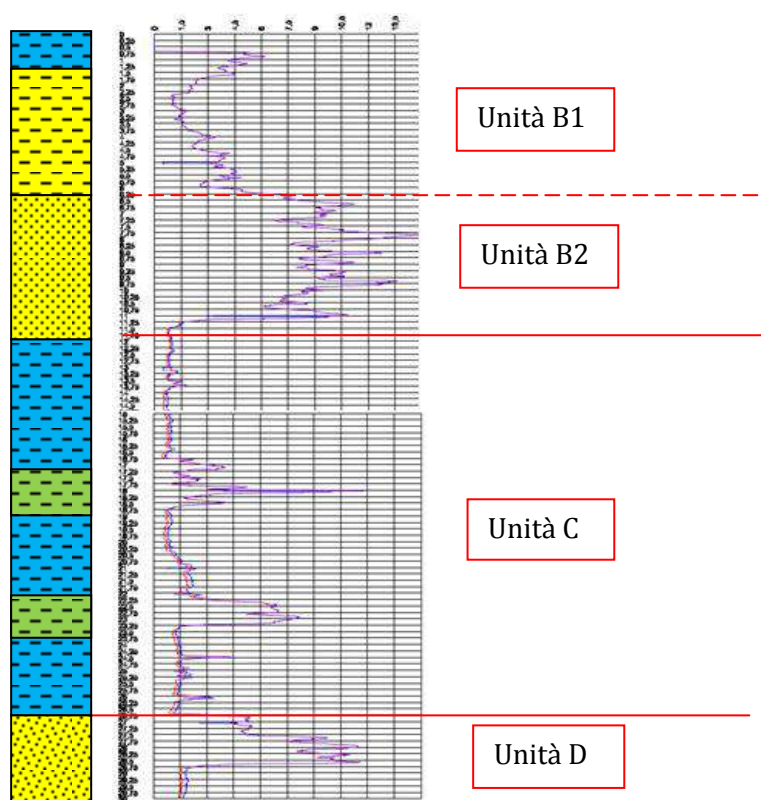
5.1.2. Unità litotecniche

La successione delle Unità litotecniche in base ai risultati delle indagini e alle relative valutazioni dei parametri geotecnici, può essere riassunta come segue. Le profondità sono indicative perché riferite al piano campagna di riferimento della prova, quindi hanno valore relativo.

Per i parametri geotecnici, dato il volume significativo interessato, si assumono **valori caratteristici** pari ai **valori medi**.

Unità A – comprende il suolo e terreni argilloso-limosi da m 0,00 a m 3,00 soprafalda
 $\gamma_a = 18 \text{ KN/m}^3$
 $c_u = 20 \text{ Kpa}$
 $\phi = 0^\circ$
 $M_o = 3.000 - 4.000 \text{ KPa}$

- Unità B1 -** comprende i limi più o meno sabbiosi da m 3,00 a m 5,00
 $\gamma_a = 18 \text{ KN/m}^3$
 $c_u = 30 \text{ Kpa}$
 $\Phi = 0^\circ$
 $Mo = 4.000 \text{ Kpa}$
- Unità B2 -** comprende il banco sabbioso da m 5,00 a m 10,00-16,00
 $\gamma_a = 19 \text{ KN/m}^3$
 $c_u = 0$
 $\Phi = 35^\circ$
 $Dr = 40\%$
 $Mo = 35.000 - 40.000 \text{ Kpa}$
- Unità C -** comprende i terreni limosi e argillosi fino a m 24,00 – 25,00
 $\gamma_a = 18 \text{ KN/m}^3$
 $c_u = 50 \text{ Kpa}$
 $\Phi = 0^\circ$
 $Mo = 4.000 \text{ Kpa}$
- Unità D -** banco sabbioso
- ove γ_a peso di volume naturale del terreno
 Dr densità relativa
 c_u coesione non drenata
 ϕ° angolo attrito
 Mo modulo edometrico



5.1.3. Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario valutare l'effetto della risposta sismica basandosi sull'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento.

Questa classificazione si basa sui valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità.

L'indagine sismica effettuata con stendimento ha consentito di ricostruire il quadro sismico del sottosuolo dell'area indagata fino alla massima profondità d'indagine raggiunta di 38 m. Quanto rilevato concorda con dati ricavati in area limitrofa del palealveo da una indagine eseguita con cono sismico tramite SCPTU.

Si tratta di terreni appartenenti alla categoria di sottosuolo D *“Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s”*

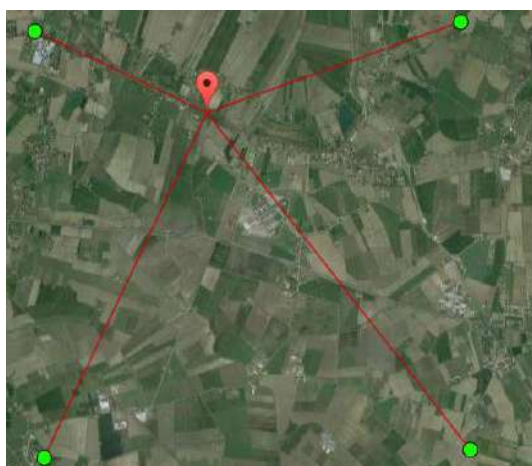
5.1.4. Parametri sismici

La classificazione sismica introdotta dall'OPCM 3519/2006, recepita dal D.M. 14.01.08, attribuisce al Comune di Ferrara un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo appartenente agli intervalli 0,125 g - 0,150 g, con $T=0$, su suolo rigido ($V_{s30}>800$ m/sec), con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

I parametri sismici necessari alla progettazione

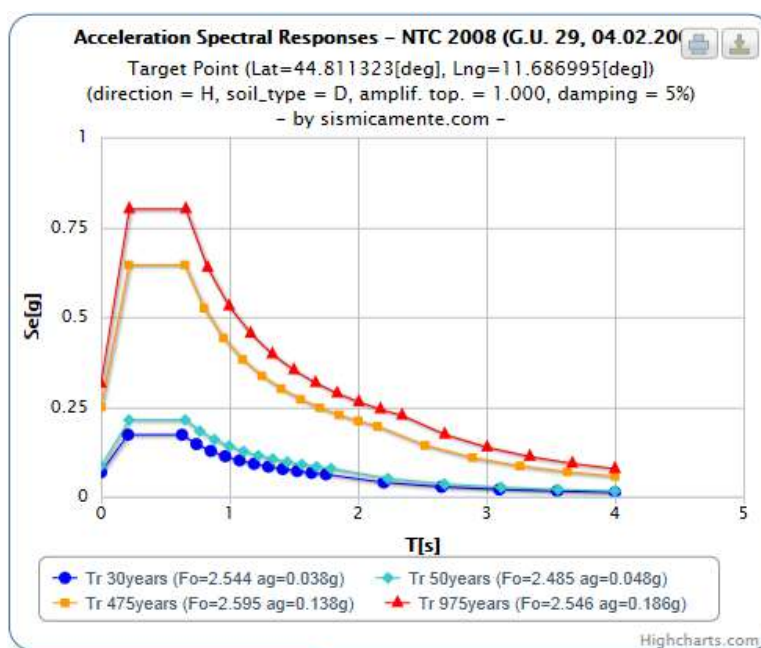
a_g accelerazione orizzontale massima al sito
 F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
 T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

30



TARGET POINT
Lat: 44.811323
Lng: 11.686995

Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_c [s]
Operatività (SLO)	30	0.0382	5.440	2.54
Danno (SLD)	50	0.0482	4.850	2.75
Salvaguardia Vita (SLV)	475	0.1382	5.950	2.73
Prevenzione Collasso (SLC)	975	0.1862	5.460	2.79



Le verifiche vengono fatte allo stato limite ultimo di salvaguardia alla vita SLV, con probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R pari a $P_{VR} = 10\%$, nell'ipotesi di categoria topografica T1 (terreno pianeggiante), per categoria di sottosuolo D, si ha:

vita nominale $V_N = 50$ anni
tempo di ritorno $T_R = 475$ anni

accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A	$a_g = 0,138$ g
coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S = 1,5$
coefficiente di amplificazione topografica	$S_T = 1,0$
coefficiente di amplificazione sismica	$S = S_S S_T = 1,5$
accelerazione orizzontale massima al suolo	

$$a_{\max} = S a_g = 0,20 \text{ g}$$

5.2. Considerazioni geotecniche generali

Le opere di cui è prevista la costruzione dovranno essere inoltre verificate con riferimento ai meccanismi di rottura per carico limite e scorrimento come previsto da Norme Tecniche per le costruzioni 2008.

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) devono rispettare la condizione

$$Ed < Rd$$

essendo

Ed il valore di progetto dell'azione

Rd il valore di progetto della resistenza del terreno

La resistenza del terreno (Rd) va valutata in riferimento ai coefficienti parziali relativi ai parametri geotecnici del terreno secondo l'approccio 1 e le seguenti combinazioni di carico

- ♦ combinazione 1 "A1 + M1 + R1" STR
- ♦ combinazione 2 "A2 + M2 + R2" GEO

per le azioni (A1 e A2)

per i parametri geotecnici (M1 e M2)

per le resistenze (R1, R2, R3)

Le verifiche devono essere effettuate nei confronti dello stato limite ultimo SLU di tipo geotecnico (GEO) per

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- collasso per scorrimento sul piano di posa
- stabilità globale

La verifica di stabilità globale dovrà essere effettuata secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali

- per le azioni o i loro effetti (tab. 6.2.I N.T.C.)

- per i parametri geotecnici del terreno (tab. 6.2.II N.T.C.)
- per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo (6.8.I N.T.C.)

5.2.1. Pressione critica

Utilizzando la relazione di Fröhlich si determina la pressione critica per i terreni limosi presenti fra m. 2,5 e 5,0 circa di profondità .

32

Essa vale:

$$P_{crit} = \frac{\pi(\gamma D + c \cdot \operatorname{ctg} \varphi)}{\operatorname{ctg} \varphi - (\pi/2 - \varphi)}$$

assunto : coesione non drenata $c_u = 0,3$ Kg/cm^q
angolo attrito interno $\varphi' = 0^\circ$
peso di volume terreno $\gamma = 1,8$ ton/mc
e falda a m. 2,30

la relazione sopra scritta assume la forma: $P_{crit.} = (c_u \times P + \gamma \times D)$

e quindi, si ha:

$$P_{crit.} = 0,3 \times 3,1415 + (0,0018 \times 230 + 0,0008 \times 20) = 1,36 \text{ Kg/cm}^q$$

da tale valore, che rappresenta l'inizio di fenomeni di plasticizzazione, introducendo un fattore riduttivo, compreso fra 1 e 2 in relazione alle modalita' di carico, si ricava il valore della pressione ammissibile.

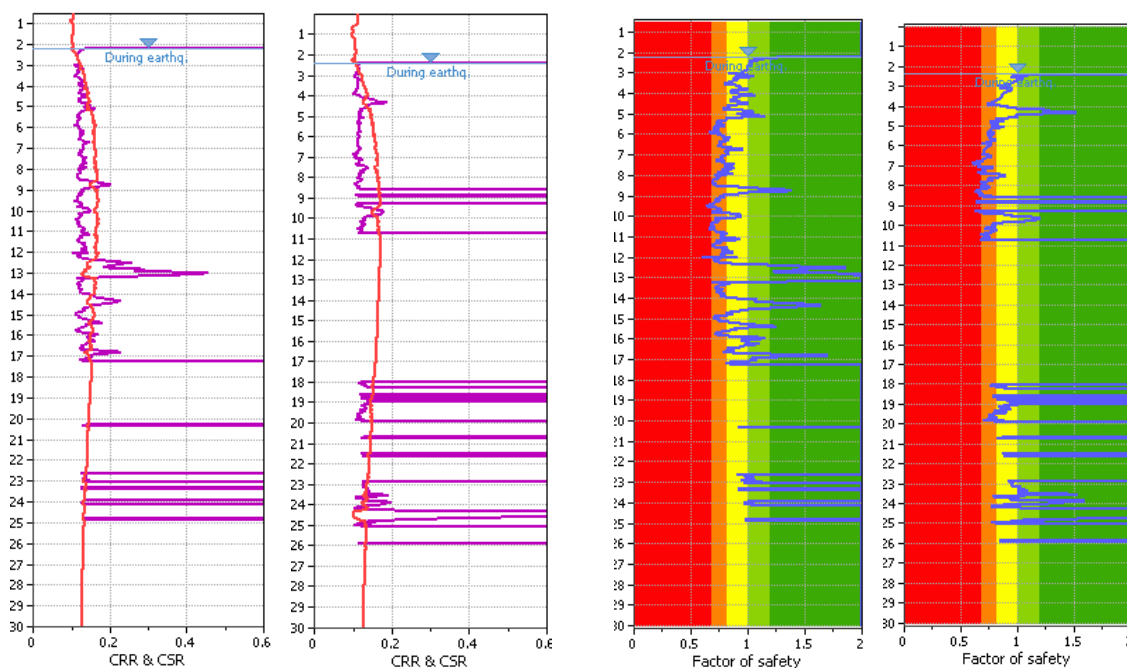
Il calcolo della Pressione ammissibile in funzione delle fondazioni e delle strutture in elevazione sarà calcolato specificatamente in fase di progetto, valutando la variabilità laterale delle caratteristiche geotecniche.

5.3. Verifica di stabilità ai fenomeni di liquefazione

La resistenza dei terreni alla liquefazione viene valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione espresso dal rapporto fra la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico (Cyclic Stress Ratio, CSR lim (CSR)) e la sollecitazione di taglio massimo indotta dal sisma (Cyclic Stress Ratio – CRR)

$$F = \text{CSR lim} / \text{CRR}$$

E' necessario calcolare la suscettibilità alla liquefazione delle sabbie e dei terreni presenti fino alla profondità di c.a 15,00-20,00 metri, profondità ritenuta massima per il manifestarsi di tale fenomeno.



Con riferimento ai valori di CPTU eseguite in un'area golenale limitrofa e con condizioni deposizionali simili, secondo le indicazioni di Robertson & Wride (1998), i valori del rapporto fra CRR, resistenza ciclica normalizzata, e CSR, tensione indotta dal terremoto, con MSF coefficiente correttivo, in base alla relazione

$$F_s = (CRR/CSR) \times MSF$$

CRR = Cyclic Resistance Ratio

CSR = Cyclic Stress Ratio

forniscono il coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione.

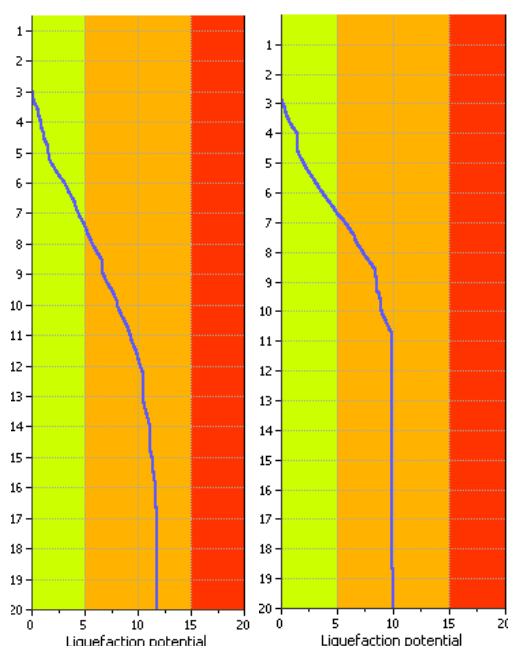
Attraverso l'interpretazione di Boulanger & Idriss 2014 risultano liquefacibili i livelli granulari superficiali, sabbioso limosi, saturi, dell'Unità B e le intercalazioni sabbiose profonde.

I terreni sono liquefacibili se il Fattore di sicurezza F_s è minore di uno.

Le verifiche sono state eseguite considerando una magnitudo di riferimento $M = 6,14$, una accelerazione massima orizzontale $A_{max} = 0,2 \text{ g}$ e la falda a 2,20-2,80 metri dal piano campagna.

E' valutato l'Indice di potenziale liquefazione che definisce classi di pericolosità (Sonmez, 2003).

$I_L = 0$	non liquefacibile
$0 < I_L \leq 2$	potenziale basso
$2 < I_L \leq 5$	potenziale moderato
$5 < I_L \leq 15$	potenziale alto
$15 < I_L$	potenziale molto alto



L'indice di liquefazione è nullo fino a tre metri per l'assenza della falda, è basso per la presenza di frazione limosa fino a 5-6 metri, è potenzialmente moderato fino a 15 metri.

In fase di progettazione degli edifici dovrà essere eseguita una verifica sitospecifica.

6. CONSIDERAZIONI PER IL PIANO DELLE INFRASTRUTTURE

Un Piano Particolareggiato prevede infrastrutture in superficie (strade e piazzali) e nel sottosuolo (rete fognaria, acquedotto, gas e altro).

6.1. Strada

materiali

I materiali costituenti il pacchetto della pavimentazione sono caratterizzati dal modulo dinamico di elasticità E e dal modulo di Poisson ν .

Il controllo del grado di addensamento potrà essere eseguito attraverso prove su piastra diametro 30 cm, al primo ciclo di carico, per i seguenti valori:

strato	Natura	Intervallo di carico (Mpa)
Sottofondo	Terra costipata	0.05÷0.15
Rilevato	Riporto (A1, A3 ...)	0.05÷1.5
Fondazione	Misto granulare stabilizzato	0.05÷0.15

Sottofondo

Per la determinazione del modulo di sottofondo si possono utilizzare le relazioni sperimentali:

$$E_o = 10 \text{ CBR} = 2,5 \text{ Md} \quad (\text{MPa})$$

per terreni coesivi vale la relazione

$$\text{CBR} = \text{Coesione non drenata } c_u / 0,025 \quad (\text{KPa})$$

E quindi :

$$E_o = (10/0.025) \times c_u \quad (\text{MPa})$$

$$E_o = 400 \times 0,05 = 20 \text{ MPa}$$

$$c_u = 0,05 \text{ MPa}$$

Il sottofondo adeguatamente scoticato (15./30 cm) dovrà essere adeguatamente compattato

Geotessuto

Sul piano di posa fra riporto sabbioso e terreno in sito è opportuno prevedere la posa di un telo di geotessuto, nontessuto e/o tessuto, del peso di circa 200 ./350 g/m² con funzione ripartitrice di carico e anti intasamento.

Fondazione

Lo strato di fondazione è previsto con riporto, di uno o più strati, dello spessore variabile in relazione alla quota del terreno scoticato, con spessore minimo di cm 20.. I materiali sciolti (sabbiosi) potranno essere miscelati con cemento, i terreni limo argillosi con calce.

Il riporto dovrà essere steso in strati dello spessore reso prossimo a 20 cm, adeguatamente compattato ad umidità prossima a quella ottimale, (previo controllo umidità ottimale in laboratorio con Prove di consolidazione Proctor). Se troppo umido sarà adeguatamente aerato se troppo secco adeguatamente umidificato. La deumidificazione potrà essere ottenuta attraverso l'apporto di calce viva

Nel caso di riporto di materiali limo-argillosi si dovrà eseguire una miscelazione con calce (circa 3./5 % in peso del materiale secco) con Pulvimixer .

Seguirà il controllo dell' addensamento con prova su piastra 30 cm di diametro – Md > 40./70 MPa.

Tenuto conto di un coefficiente di Poisson ν di 0,4 per questo terreno si ammettono valori di modulo elastico prossimi a

$$E_1 = 100./150 \text{ MPa } \nu = 0,40$$

Misto granulare stabilizzato granulometricamente (Il strato di fondazione)

Per il secondo strato di fondazione si considera l'utilizzo di un misto granulare stabilizzato ben gradato (0÷50 mm), adeguatamente compattato con una umidità prossima a quella ottimale.

Per il controllo del grado di addensamento si dovrà raggiungere un modulo di deformazione con prova su piastra 30 cm prossimo a $M_d = 80 \cdot 100 \text{ MPa}$

Lo spessore reso dovrà essere non inferiore a 20 cm

Per questo strato si adottano valori di $E_2 = 200 \text{ MPa}$ $\nu = 0,3$

6.2. Reti interrate

Per la progettazione e posa delle reti tecnologiche interrate in fase progettuale si dovranno eseguire le verifiche geologiche e geotecniche dirette, come richiede la normativa (D.M. 12.12.85), che analizzeranno le caratteristiche dei terreni interessati e i rapporti con la prima falda.

7. INVARIANZA IDRAULICA

La Direttiva della Regione Emilia-Romagna concernente “Indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne” in ottemperanza all’art.39 del D. Lgs 11 maggio 1999, n.152, disciplina lo smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento delle superfici impermeabili quali strade, piazzali, suscettibili di essere contaminate e delle acque meteoriche dalle coperture di fabbricati e superfici impermeabili non suscettibili di essere contaminate.

La stessa direttiva suggerisce per la scelta dei diversi sistemi di drenaggio (3.4) nelle aree di nuova urbanizzazione la realizzazione di impianti che permettano di raccogliere le acque meteoriche dei tetti, o da altre superfici impermeabili scoperte non suscettibili di essere inquinate con sostanze pericolose, e di convogliarle con brevi reti esclusivamente pluviali aventi recapito su suoli permeabili o in vicini corpi ricettori superficiali ovvero recuperate per usi non pregiati.

La stessa Direttiva specifica che con tale separazione a monte delle reti fognarie si possono ottenere notevoli vantaggi sia idraulici che ambientali e al fine di limitare il carico idraulico sul sistema fognario degli agglomerati, nel caso di nuove urbanizzazioni ed in presenza di un corpo idrico ricettore superficiale per il recapito delle acque meteoriche, si prevederà di norma la realizzazione di sistemi di tipo separato.

Sulla base di quanto previsto dall’art.29 lett.e) del D. Lgs 152/99 per gli scarichi delle reti bianche che recapitano sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo si applicano le prescrizioni e le modalità di scarico previste dalla deliberazione del Comitato dei Ministri per la tutela delle acque dall’inquinamento del 4 febbraio 1977 – Allegato 5, punti 1 e 2.

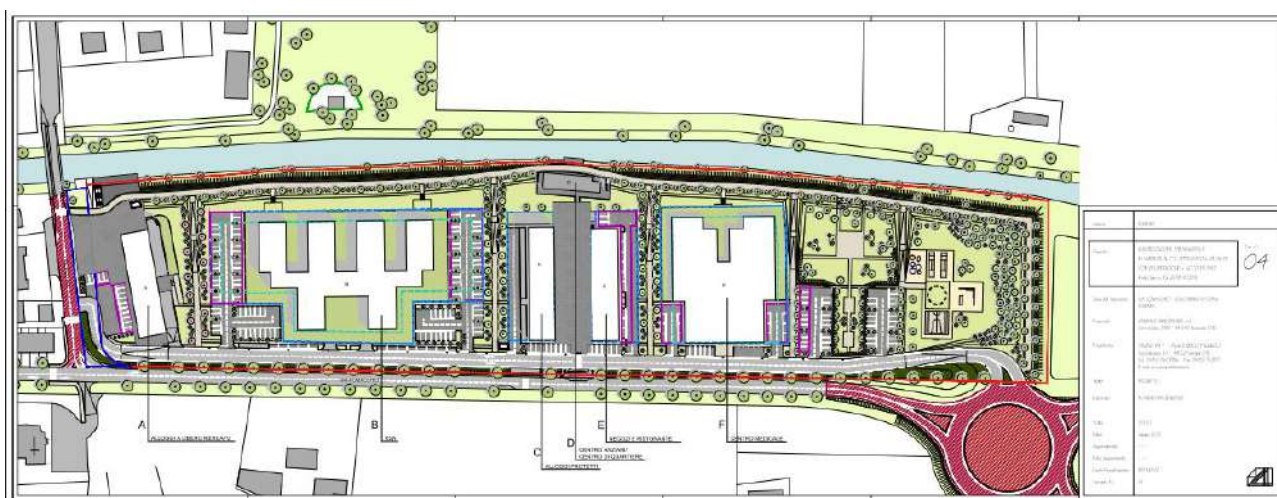
Riguardo le acque di dilavamento della strada, che saranno raccolte nelle cunette di bordo strada, non è permesso il loro scarico diretto nel suolo/sottosuolo ma dovranno essere raccolte ed adeguatamente trattate.

Il principio dell’Invarianza Idraulica sancisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un’area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell’uso del suolo in quell’area.

Lo studio di un bilancio idrologico deve essere eseguito per bacino e a questo si deve fare riferimento per un intervento di urbanizzazione parziale o per un intervento diretto di edificazione. Le componenti del bilancio in un bacino idrologico sono in effetti numerose e variabili, dalle diverse componenti del deflusso, alla variabilità della capacità di infiltrazione e, non ultimo per importanza, alle diverse modalità di manifestarsi degli eventi meteorici e degli afflussi.

37

Per un'area di nuova urbanizzazione è necessario verificare che l'intervento proposto non aggravi l'esistente livello di rischio idraulico nè possa pregiudicare la possibilità di una futura riduzione di tale livello. In pratica è necessario verificare che, modificando le caratteristiche e l'uso del suolo, sia verificata la compatibilità dei deflussi con i corpi recettori.



bacino ovest:

- verde	mq 4'525 (di cui 1'195 argine vs il Volano)
- piazze	mq 1.150
- parcheggi	mq 3.381
- ciclabili	mq 1.620
- strada	mq 1.750
- lotto A	mq 574
- edificio A	mq 756
- lotto B	mq 3.473
- edificio B	mq 2.710

totale mq19.939

bacino est:

- verde	mq 12'150 (di cui 9'865 argine vs est)
- piazze	mq 1.655
- parcheggi	mq 2.284
- ciclabili	mq 2.052
- strada	mq 2.028
- lotto C	mq 788
- edificio C	mq 741
- edificio D	mq 220
- lotto E	mq 762
- edificio E	mq 783
- lotto F	mq 1.550
- edificio F	mq 2.826

Per il calcolo si rimanda alla Relazione Idraulica.

E' calcolato un incremento sensibile di acque meteoriche da smaltire per le massime piovosità di 60 mm giornalieri. E' prevista pertanto una vasca di laminazione nella zona ovest e un'area di laminazione nella zona est a verde.

38

8. VINCOLI PAESAGGISTICI

Riguardo le tutele ambientali, si fa riferimento principalmente al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.

Il P.T.C.P. vigente, approvato con delibera regionale n. 20 del 20 gennaio 1997, adeguato alla L.R. 20/2000, a sua volta integrata con il Titolo III bis Tutela e valorizzazione del paesaggio dalla L.R. 23/2009, prevede la definizione degli indirizzi e le direttive per le realizzazioni di dotazioni ecologiche ed ambientali negli ambiti urbani e periurbani, di reti ecologiche e di spazi di rigenerazione e compensazione ambientale, con la Rete Ecologica Provinciale di 1° livello.

Con il D.Lgs. 42/2004 "Codice dei beni culturali e del Paesaggio" il Piano Territoriale Paesistico è stato definito come lo strumento garante della tutela dinamica e globale del territorio.

La Regione Emilia-Romagna, già in base alla legge 431/85 che lo prevedeva si è dotata di P.T.P.R., piano urbanistico territoriale con specifica considerazione dei valori paesistici e ambientali, considerando e disciplinando i vincoli paesaggistici presenti nel territorio regionale.

Tali previsioni e zonizzazioni sono state attuate nei Piani Provinciali e nei Piani Comunali, i quali hanno approfondito tali previsioni, al fine di specificarle e integrarle conformandole alle caratteristiche del proprio territorio.

Ai sensi dell'art.24 della L.R. 20/2000 i PTCP adeguati al PTPR costituiscono l'unico riferimento per la pianificazione paesaggistica, anche per gli strumenti di pianificazione comunale e per l'attività amministrativa.

Il Sistema Po di Volano fa parte dei beni Paesaggistici indicati all'art. 134 della Parte terza del Codice dei beni culturali e del Paesaggio. E' compreso fra le Aree tutelate per legge per il loro interesse paesaggistico (art.142), con una fascia di tutela di 150 per ogni sponda.

E' inserito negli elenchi compilati dall'Amministrazione Provinciale comprendenti i Beni soggetti a Tutela dallo stesso D.Lgs.42/2004 e tale tutela impone che qui si possa intervenire solo con Autorizzazione paesistica rilasciata dalla Amministrazione comunale previo nulla osta della Sovrintendenza.

Già il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale con l'art.19 "Zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale" indica le tutele per la valorizzazione ricostruzione ambientale e paesaggistica di aree di particolare interesse.

Il comma 7 dell'art.19 indica comunque la possibilità di urbanizzare tali aree, salvo restando le misure di tutela previste, e il successivo comma 8 prevede l'esclusione dal vincolo per le aree all'interno del perimetro del territorio urbanizzato.

La Rete Ecologica Provinciale considera il Po di Volano Corridoio ecologico principale.

Nelle N.T.A. del Piano Comunale la particolarità di Zona con elementi di interesse storico, testimoniale e paesaggistico da tutelare è indicata all'art.20 per i dossi mentre l'art.15 tutela le Zone di particolare interesse paesaggistico ambientale e di tutela naturalistica, riferendosi alle aree tutelate dall'art.19 del P.T.P.R..

La paleogolena del Volano, sia in destra che in sinistra, ha già subito notevoli interventi di urbanizzazione ed edificazione. L'ecosostenibilità del progetto previsto per questo nuovo insediamento è comunque una garanzia ulteriore per il rispetto delle peculiarità naturali dell'area sia come tutela che come utilizzo compatibile delle risorse.

Tutte le prescrizioni di salvaguardia e tutela sono recepite nel Piano Attuativo e nel Progetto.

Il PSC attualmente vigente caratterizza l'area soprattutto per il corridoio ecologico terrestre parallelo al corridoio ecologico acquatico primario del Po di Volano, che si collegherebbe al corridoio terrestre al di là della strada provinciale attraverso un varco di permeabilità ecologica. (Rete ecologica e del verde Tav.5.02).

Dr.geol. Marilena Martinucci

Ferrara, giugno 2017