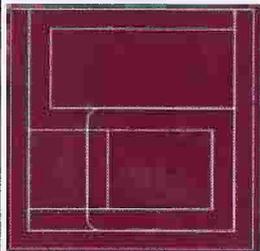


COMUNE DI FERRARA  
 VIA COMACCHIO - COCOMARO DI CONA  
 PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA  
 "LE TRE CORTI"  
 AREA DI NUOVA LOTTIZZAZIONE - ZONA C8



PROPRIETA'  
**GAMBALE IMMOBILIARE s.r.l.**  
 GAMBALE IMMOBILIARE SRL  
 Corso Italia, 514  
 44043 Mirabello (FE)



PROGETTO URBANISTICO ARCHITETTONICO  
**Studio Architettura Urbanistica**  
**arch. Michele Pastore**  
 Via Garibaldi n. 90 44121 FERRARA  
 Tel. 0532-210185 Fax. 0532-247303 E-mail. studiosauasso@libero.it



COLLABORATORI  
**arch. LIDIA SPANO**  
**dott. MASSIMO PASTORE**  
**LUCA FARINELLI architetto**  
 via Bagaro 6 - 44121 Ferrara  
 tel. +39 0532 209003  
 studio@far.it  
 www.far.it

PROGETTO SPECIALISTICO  
**EDILGEO**  
**geologia sostenibile**  
**Studio Tecnico Geologico**  
**dr. geol. Marilena Martinucci**  
 Via Pontegradella 11  
 44100 FERRARA  
 Tel. e Fax 0532/740943  
 e.mail: edilgeo.fe@email.it  
 marilena.martinucci@email.it



LUOGO  
 Ferrara  
 COMUNE DI FERRARA  
 SETTORE PIANIFICAZIONE TERRITORIALE - PROGETTAZIONE  
 SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE - PROGETTAZIONE  
 U.O. PIANI URBANISTICI ATTUATIVI - PROGETTAZIONE  
 E GESTIONE

DESCRIZIONE  
**RELAZIONE VALUTAZIONE COMPATIBILITA'**  
**CON RIDUZIONE RISCHIO SISMICO**  
 Il Tecnico  
 COMUNE DI FERRARA  
 SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE  
 Ufficio Piani Urbanistici Attuativi

27 FEB. 2012  
 COMUNE DI FERRARA  
 SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE  
 Ufficio Piani Urbanistici Attuativi

DATA  
 GENNAIO 2012  
 SCALA  
 —  
 ALLEGATO

**COMUNE DI FERRARA**  
**Località COCOMARO di CONA**

-----

**PIANO PARTICOLAREGGIATO ZONA C8**

**VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' DELLE PREVISIONI  
CON LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO E CON LE ESIGENZE DI  
PROTEZIONE CIVILE, SULLA BASE DI PERICOLOSITA' LOCALE  
NONCHE' DI VULNERABILITA' ED ESPOSIZIONE URBANA**



**Committente: GAMBALE IMMOBILIARE S.R.L.**  
**MIRABELLO - FERRARA**

**Data: Ferrara, novembre 2011**

**Rif. Rel. 11b-2011**

**EDILGEO** *geologia sostenibile*

**Studio Tecnico Geologico**  
**dr.geol.Marilena Martinucci**

via Pontegradella 11- 44100 Ferrara tel 0532 740943 fax  
e.mail: [edilgeo.fe@email.it](mailto:edilgeo.fe@email.it) [marilena.martinucci@email.it](mailto:marilena.martinucci@email.it)

---

**PROVINCIA DI FERRARA  
COMUNE DI FERRARA  
LOCALITA' COCOMARO DI CONA – FERRARA**

**VALUTAZIONE DI COMPATIBILITA' DELLE PREVISIONI  
CON LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO E CON LE ESIGENZE DI PROTEZIONE CIVILE SULLA  
BASE DI PERICOLOSITA' LOCALE NONCHE' DI VULNERABILITA' ED ESPOSIZIONE URBANA**

**INDICE**

1. PREMESSA
  - 1.1. Ubicazione dell'area
  - 1.2. Caratteristiche generali dell'intervento
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO
3. VULNERABILITA' E PERICOLOSITA' GEOLOGICA
  - 3.1. Indicazioni riguardo il rischio da inquinamento
    - 3.1.1. Ricostruzione storica dell'uso del suolo
    - 3.1.2. Terre da scavo
  - 3.2. Prime indicazioni per la sicurezza al rischio sismico
    - 3.2.1. Pericolosità all'azione sismica
    - 3.2.2. Categoria di sottosuolo e parametri sismici
    - 3.2.3. Verifica di stabilità ai fenomeni di liquefazione
  - 3.3. Stabilità geotecnica
    - 3.3.1. Modello geognostico
    - 3.3.2. Prima verifica della sicurezza delle prestazioni
    - 3.3.3. Verifica al cedimento
  - 3.4. Sicurezza idrogeologica e idraulica
    - 3.4.1. Pericolosità da allagamento
    - 3.4.2. Sicurezza della sponda del Volano
    - 3.4.3. Sicurezza da alluvionamento
    - 3.4.4. Invarianza idraulica
  - 3.5. Altri rischi

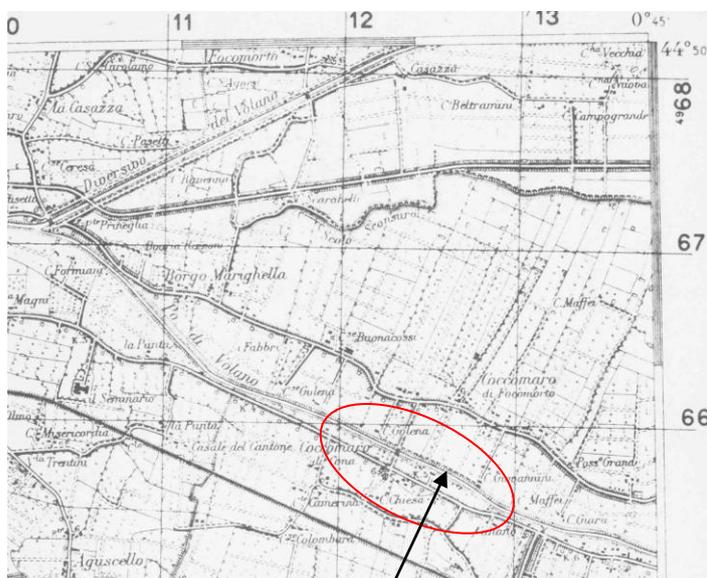
## 1. PREMESSA

Per incarico della Dittaditta Gambale Immobiliare di Mirabello di Ferrara si redige la presente Relazione geologica per il Piano Particolareggiato "Le tre corti" riguardante un'area denominata Fondo Golena, nel comune di Ferrara in località Cocomaro di Cona.

La presente Relazione fa seguito alla Relazione Geologica con indicazioni geotecniche del Piano Particolareggiato raccogliendo specificatamente le indicazioni riguardo gli aspetti del territorio che possono risultare problematici dal punto di vista della Protezione Civile, in relazione ai principali rischi quali idraulico, sismico, geotecnico, industriale e da incendi boschivi.

### 1.1. Ubicazione dell'area

L'area è sita a est della città di Ferrara, in località Cocomaro di Cona in un'area denominata Fondo Golena sita fra il corso del Po di Volano e la strada provinciale n.1, via Comacchio.



Tav. IGM



Piano Particolareggiato

### 1.2. Caratteristiche generali dell'intervento

Il Piano Particolareggiato prevede:

la realizzazione di involucri edilizi avanzati tramite l'impiego di componenti e materiali specifici che consentano elevati livelli di isolamento termico e di inerzia termica, al fine di ridurre drasticamente i fabbisogni per la climatizzazione estiva ed invernale;

l'installazione di impianti tecnologici ad alta efficienza per il riscaldamento ed il raffrescamento, onde contenere i consumi energetici;

l'impiego di pannelli fotovoltaici e di collettori eliotermini integrati nelle coperture degli edifici, per il parziale soddisfacimento autonomo dei consumi elettrici e di acqua calda ad uso sanitario;

l'utilizzo di sistemi per il controllo della radiazione solare per l'incremento del daylighting negli ambienti confinati e la limitazione del surriscaldamento estivo;

la realizzazione di sistemi per il recupero ed il riciclaggio delle acque grigie e meteoriche, in abbinamento a reti duali nei fabbricati, per la riduzione del consumo della risorsa idrica;

l'impianto mirato di alberi e di vegetazione sia del tipo caducifolia per il controllo del microclima locale che di sempreverdi, che con valenze paesaggistiche;

la creazione di percorsi ciclopeditoni, in un contesto di rilevante valenza ambientale;

Conosciute le caratteristiche geologiche del sito, si è cercato di analizzare la sostenibilità ambientale del Progetto rispetto al luogo e al contesto ambientale, già eseguita in un precedente studio per la Variante al PRG, rispetto alla sostenibilità del progetto in sé e in rapporto ai luoghi, approfondendo in seguito 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.

Il progetto quindi è stato messo a punto tenendo conto, dal punto di vista ambientale:

- degli obiettivi di sostenibilità del nuovo PSC;
- della coerenza con il Piano d'Azione di Agenda 21;
- delle caratteristiche peculiari del sito riconosciute come risorse;
- della sostenibilità del progetto nel contesto ambientale

sempre nel rispetto delle norme vigenti in materia.

## **2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL SITO**

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.

Già 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.

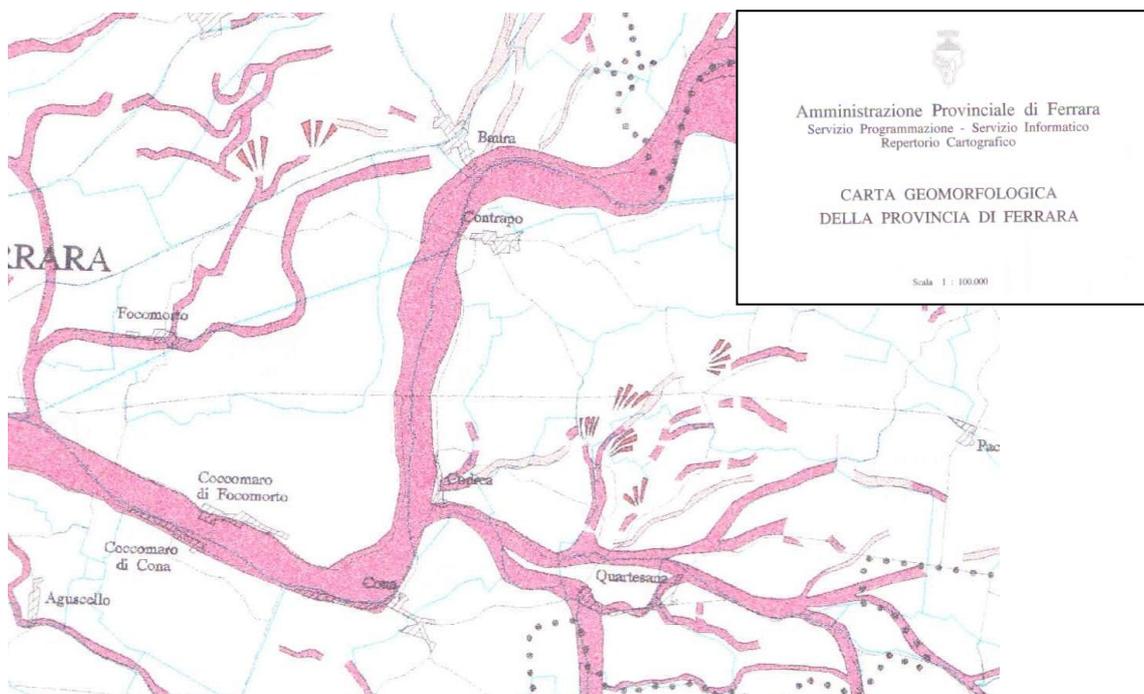
A questi problemi si aggiunsero nel 1614 quelli collegati con l'interrimento delle foci a causa del Taglio di Porto Viro, ad opera dei Veneziani, che modificò lo sbocco in mare del Po Grande.

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 del punto 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 in esame 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 .

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 Primario 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 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. VULNERABILITA' E PERICOLOSITA' GEOLOGICA

#### 3.1. Indicazioni riguardo il rischio da inquinamento

##### 3.1.1. Ricostruzione storica dell'uso del suolo

Il ramo del Po di Volano, che attraversava Ferrara sorta sulle sue rive, ha condizionato sia la costruzione fisica che l'uso antropico del territorio a est della città.

Dei borghi di Cocomaro di Cona, o Cocomarino, e Cocomaro di Focomorto si ha notizia già da documenti del 904 d.C. (U.Malagù, 1967).

Cocomaro di Cona è sito in destra del Volano, con la Chiesa costruita in epoca precedente al 1632, data in cui fu elevata a parrocchia, sotto l'argine del fiume. Le abitazioni allungate inizialmente lungo la strada arginale, ora via Comacchio, si sono ampliate poi nel tempo anche nell'antica golena.

Cocomaro di Focomorto si sviluppa sotto l'argine sinistro del Volano e già dal 1141 si ha notizia della sua chiesa.



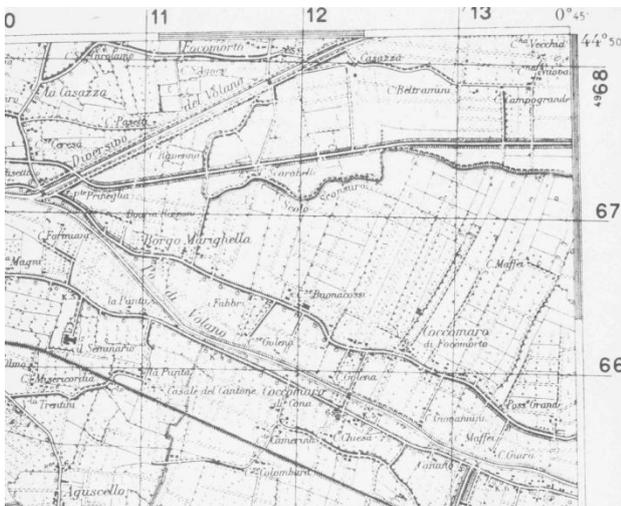
*Cocomaro di Cona sotto l'argine destro del Po di Volano nella Topografia dello Stato di Ferrara di F. Bolzoni del 1709*

*Cocomaro di Focomorto (Cogomaro) sotto l'argine sinistro del Po di Volano nella Corografia dello Stato di Ferrara di G.B. Aleotti del 1603*



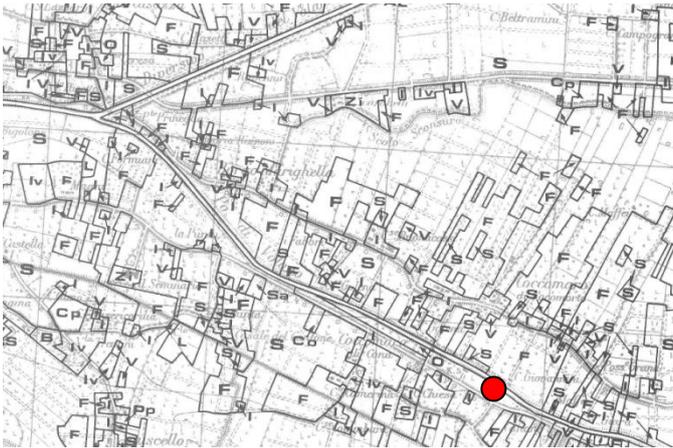
La strada sull'argine destro è la provinciale n.1, via Comacchio, che portava dal Borgo di San Giorgio verso il mare, mentre la strada sull'argine sinistro è la comunale via della Ginestra che da Quacchio proseguiva lungo il corso del fiume collegando gli abitati e ora termina sulla via Pomposa. Ora infatti il nuovo tratto del corso d'acqua, che dal Ponte di Bigoni sulla Provinciale n.15 taglia l'ansa di Cona fino a Contrapò, interrompe questa continuità con la via Prinella e la città, non più mantenuta anche dopo la scomparsa del Ponte Prinella durante l'ultimo conflitto.

Le golene del Volano hanno sempre avuto quote più rilevate rispetto al piano campagna circostante e una certa sicurezza idraulica, avulsa dalla gestione idraulica della Bonifica.



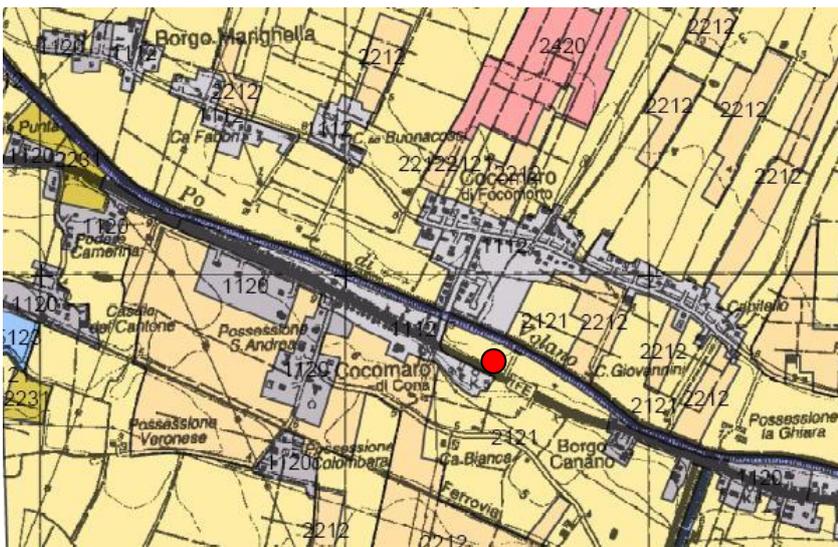
Stralcio della tavoletta IGM del 1893 con aggiornamenti del 1937

Questi terreni sono sempre stati dediti all'agricoltura e le abitazioni site nella golena erano unicamente quelle legate al fondo e di tipo rurale.



Stralcio dal PTPR della Carta Uso del suolo precedente al 1986

Questo territorio di antichissima bonifica è vocato all'agricoltura sia come seminativo, dalla canapa, ora abbandonata, al frumento, mais e barbabietole, che come frutteti. Anche in tutta la fascia golenale sono indicati frutteto (F) e seminativo (S) con piccole aree a orti o vigneti di carattere familiare.



Stralcio della Carta Uso del suolo della RER 2003

La Carta della Regione Emilia Romagna aggiornata al 2003 e ben dettagliata, indica Seminativi semplici (cod. 2.1.2.1.) e frutteti (cod. 2.2.1.2.), aggiungendo le zone urbanizzate (cod. 1.1) con maggiore precisione rispetto alle carte del Piano Paesistico.

L'area di Fondo Golena appare quindi ad uso agricolo-seminativo inserita nella golena in destra Volano fra aree urbanizzate, campite in grigio.

L'uso nel tempo è sempre stato di area agricola, non avendo ospitato attività produttive extraagricole ed escludendo anche le attività estrattive.

### 3.1.2. Terre da scavo

I terreni scavati per le opere di fondazione degli edifici e le opere di urbanizzazione saranno certamente riutilizzate nell'area e non abbisognano in tali condizioni di ulteriori verifiche.

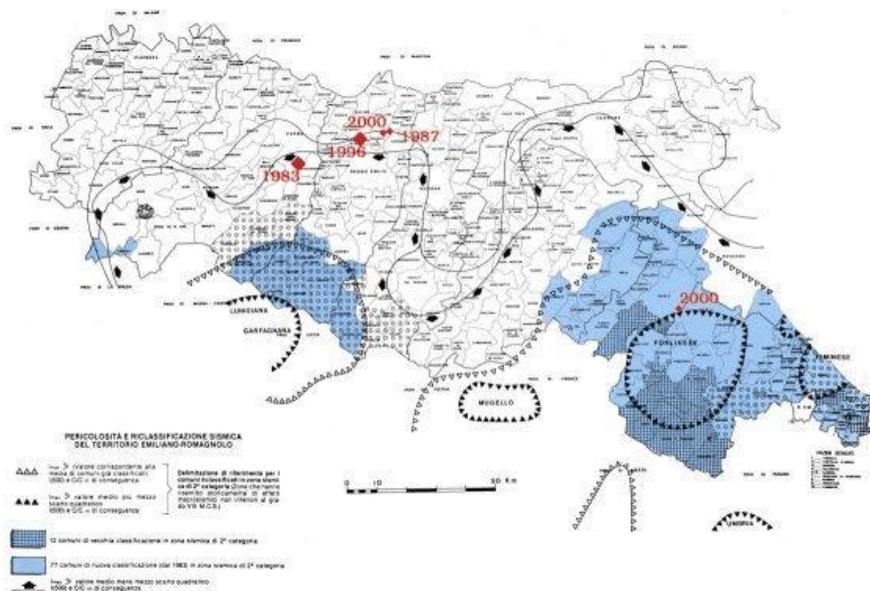
Essendo previsto un riporto di m 1,00-1,50 di terreno nella fascia lungo la sponda del Po di Volano, dovrà essere studiato il tipo di materiale da acquisire e distribuire, secondo le indicazioni normative vigenti.

Poiché al momento non è possibile la identificazione della provenienza e qualità di detto materiale, si rimanda questa caratterizzazione e le relative relazioni richieste, al momento della esecuzione delle opere di urbanizzazione.

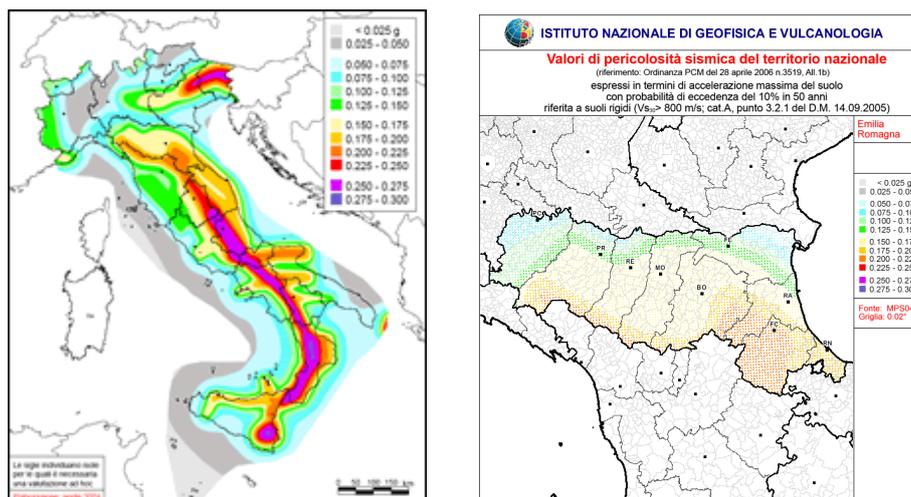
## 3.2. Prime indicazioni per la sicurezza al rischio sismico

### 3.2.1. Pericolosità all'azione sismica

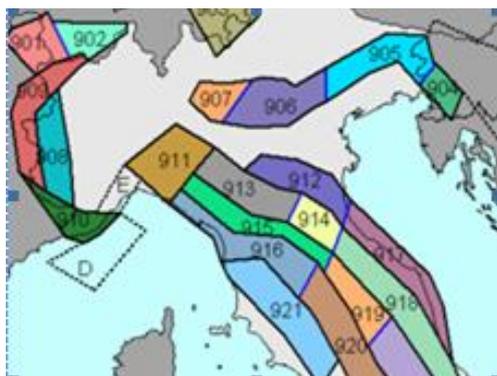
A seguito dell'Ordinanza P.C.M n. 3274/2003 che prevede che tutto il territorio nazionale sia classificato sismico, con diversi gradi di pericolosità, la Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna ha posto il territorio del comune di Ferrara in zona 3.



### Pericolosità e riclassificazione sismica del territorio dell'Emilia-Romagna



La classificazione generale esprime la sismicità di un'area sulla base dei terremoti avvenuti in epoca storica e della distanza dalle potenziali sorgenti sismogenetiche, senza considerare le caratteristiche locali del territorio che possono modificare il moto sismico atteso. Infatti, le caratteristiche geologiche dei terreni e alcune forme del paesaggio possono aumentarne gli effetti dei terremoti amplificando il moto sismico o favorendo fenomeni di instabilità (effetto di sito).



*La classificazione sismica nazionale nella Zonazione sismogenetica ZS9 eseguita anche in base al catalogo storico degli eventi sismici, pone il territorio della provincia di Ferrara in Zona 912, con un valore di magnitudo  $M$  pari a 5,81.*

Per valori di magnitudo superiori a 5 il terremoto è considerato "forte".

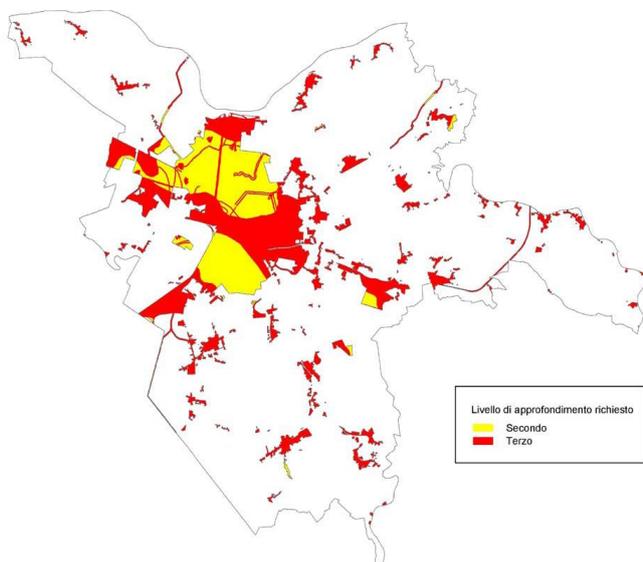
E' per questo motivo che l'Ordinanza PCM 3274/2003, le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/1/2008) e l'Eurocodice 8, richiedono che per la valutazione dell'azione sismica siano adeguatamente considerate le condizioni geologiche e morfologiche attraverso dettagliati studi di microzonazione sismica.

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale, tenendo conto sia della sismicità di base (distanza dalle sorgenti sismogenetiche, energia, frequenza e tipo dei terremoti attesi) che delle caratteristiche geologiche e morfologiche locali. La microzonazione sismica, individuando le aree a diversa pericolosità sismica, permette di indirizzare le scelte della pianificazione verso gli ambiti a minore rischio sismico fin dalle prime fasi della pianificazione (PTCP e PSC). In Emilia-Romagna si seguono le indicazioni regionali allegata alla Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n°112 - oggetto n°3121 del 2 maggio 2007.

Alla riduzione del rischio sismico concorrono gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, così come riporta la L.R. 20/2000 nell'Allegato all'art.A-2, comma 4.

In base all'Atto di indirizzo e coordinamento della Regione n.112/2007, che fornisce i criteri per la individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte di pianificazione, è stata eseguita la "Valutazione del rischio sismico delle aree edificate ed edificabili del PSC del comune di Ferrara" da parte dell'Università degli Studi e del Consorzio Ferrara Ricerche.

Nella prima fase di analisi sono state identificate le parti di territorio comunale suscettibili di effetti locali sulla base dello Studio Geologico, fornendo una *Carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali* (Comune di Ferrara PSC Tav. 1.03b – 02) e una *Carta di sintesi della prima fase di analisi di pericolosità sismica* riguardante il livello di approfondimento richiesto.



*Dal PSC di Ferrara - Carta di sintesi della prima fase di Analisi della pericolosità sismica*

Riguardo l'effetto di sito, l'area di Fondo Golena è stata classificata come: Presenza di corpi sabbiosi sottofalda inglobati in un macrostrato di terreno fine, per i quali effetti attesi sono l'amplificazione stratigrafica, la liquefazione, cedimenti per addensamento e/o riconsolidazione indotti dal sisma.

Per l'argine su cui corre la via Comacchio e la scarpata del Po di Volano, classificate come Opere in terra, gli effetti attesi sono: amplificazione topografica e stratigrafica, instabilità, cedimenti indotti dal sisma.

La Carta di sintesi della prima fase di analisi di pericolosità sismica, che rappresenta un indirizzo per la pianificazione, sintetizza tutte le informazioni contenute nella Carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali. Tutte le aree della fascia golenale fra la via Ginestra e la via Comacchio rientrano nelle aree per cui è richiesto il Terzo livello di approfondimento (colore rosso) secondo quanto richiesto dall'Atto di indirizzo della Regione Emilia-Romagna.

Relativamente alla Valutazione locale della suscettibilità a cedimenti post-sismici (seconda fase di analisi), il PSC ha quantificato l'effettivo grado di pericolosità sismica locale sulla base della interpretazione di prove penetrometriche statiche (CPT).

Riguardo la Valutazione locale del potenziale di liquefazione, nell'area è stato indicato un Potenziale di liquefazione basso, con  $LL < 5$ , mentre per la suscettibilità dei terreni a manifestare cedimenti indotti da sisma, non ci sono elementi in aree poste nelle medesime condizioni.

Le prime valutazioni sulla potenzialità di liquefazione sono state operate in base alle indagini geotecniche eseguite, e riportate nel Modello geologico-tecnico – prime indicazioni per la sicurezza al rischio sismico, dove si esclude la possibilità di liquefazione.

In fase di progettazione verranno eseguiti gli approfondimenti necessari richiesti per il terzo livello.

### 3.2.2. Categoria di sottosuolo e parametri sismici

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.

La verifica è stata eseguita sulla base dei risultati di una Indagine geofisica eseguita per conto della Edilgeo dalla Ditta Te. Am Geofisica s.r.l. di Ferrara con Relazione del dr. Nasser Abu Zeid, e dell'Indagine geognostica utilizzando i parametri ricavati dalle CPT, utilizzando le indicazioni del D.M. 14.01.2008.

Il Modello sismico risultante ha evidenziato un valore di  $V_{s30}$  di 173 +/- 2,4 m/s, identificando quindi terreni di categoria "D".

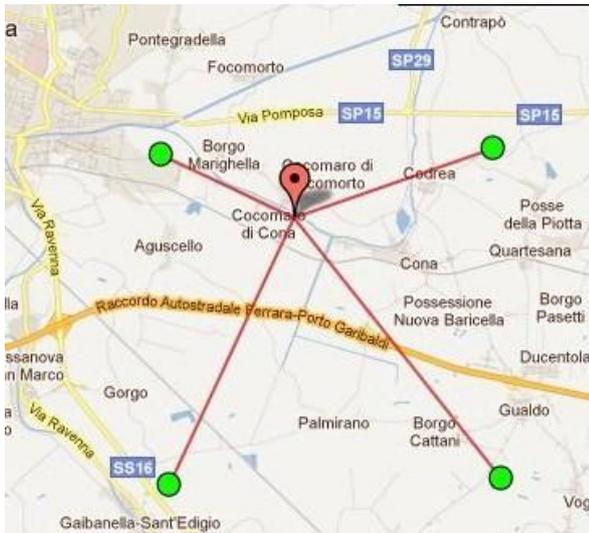
### 3.2.3. Definizione delle forme spettrali definite dal DM 14.1.08 ( $a_{go}$ $F_0$ $T^*_{co}$ )

Secondo le Norme Tecniche vigenti le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica di base si definisce con

- $a_g$       velocità massima attesa
- $F_0$       valore del fattore di amplificazione
- $T^*c$      periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Questi valori sono forniti per tutti i siti italiani in allegato alle Norme Tecniche.

Essi si ricavano utilizzando le informazioni disponibili riguardo il reticolo di riferimento per il sito di progetto.



**Coord. Punto Target**

Latitudine 44.811222 [deg]  
 Longitudine 11.686664 [deg]  
 Ag (Tr=475anni, 50° perc.) 0.138 [g]

**Vertici della maglia del reticolo di riferimento**

Vertice 1 (ID=15403) d<sub>1</sub>=2.46 [km]  
 Vertice 2 (ID=15404) d<sub>2</sub>=3.55 [km]  
 Vertice 3 (ID=15625) d<sub>3</sub>=4.96 [km]  
 Vertice 4 (ID=15626) d<sub>4</sub>=5.58 [km]

**Costruzione: Classe d'uso e vita nominale**

Classe d'uso II  
 Vita nominale V<sub>N</sub> 50

**Spettro di progetto Accelerazione Se**

Tipo  elastico  anelastico (SLU)  
 Direzione  Orizzontale  Verticale

**Spettro elastico Spostamento SDe**

Direzione  Orizzontale

**Tipo terreno**

A  B  C  D  E

**Amplificazione suolo**

T1  T2  T3  T4

**h/H**

h=quota sito 0.50  
 H=altezza rilievo topografico 0.51  
 0.52

punto e reticolo di riferimento

TARGET POINT	Stato Limite	T <sub>r</sub> [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>o</sub> [-]	T* <sub>c</sub> [s]
Lat: 44.811222	Operatività (SLO)	30	0.038	2.545	0.254
Lng: 11.686664	Danno (SLD)	50	0.048	2.485	0.275
	Salvaguardia Vita (SLV)	475	0.138	2.595	0.273
	Prevenzione Collasso (SLC)	975	0.186	2.546	0.279

### 3.2.4. Verifica di stabilità ai fenomeni di liquefazione

Sulla base delle prove penetrometriche statiche prese in considerazione per le prime verifiche esposte nella presente relazione, risulta come siano presenti sabbie fini limose a medio addensamento fra 11 e 12,50 m di profondità (CPT 1), e oltre metri 15÷16 m (CPT2).

Per questi strati si procede alla “VERIFICA DI STABILITA’ IN RELAZIONE AI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE”, possibili in terreni sabbiosi e sabbioso-limosi presenti entro la profondità di 15÷20 m.

Un terreno incoerente durante un evento sismico, viene interessato da sollecitazioni cicliche di taglio. Si ha liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tali che la pressione interstiziale raggiunga il valore della pressione di confinamento. In definitiva per liquefazione si intende il quasi totale annullamento della resistenza al taglio e un comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

Se si rappresenta la resistenza al taglio con la relazione di Coulomb

$$\tau = c + (\sigma_{vo} - u) \tan \varphi$$

essendo

c = coesione del terreno

$\sigma_{vo}$  = pressione litostatica totale alla profondità di indagine

u = pressione interstiziale dell’acqua

$\varphi$  = angolo di resistenza al taglio

si avrà

$$\tau = 0$$

solamente se “  $c = 0$  “<sup>(1)</sup> e “  $(\sigma_{vo} - u) = 0$  “<sup>(2)</sup>

- quindi inesistente per terre coesive o incoerenti con abbondante frazione coesiva (1)
  - e solo per  $\sigma_{vo} = u$  la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale litostatica
- Il fenomeno interessa quindi essenzialmente depositi sciolti non coesivi immersi in falda ed in occasione di eventi sismici è legato a:
- caratteristiche delle vibrazioni sismiche
  - proprietà geotecniche dei terreni
  - fattori ambientali

Dalle osservazioni sui casi reali di liquefazione si è notato che:

- maggiore è la pressione di confinamento maggiore è il numero di cicli di carico richiesto per il collasso
- tanto più è bassa la densità relativa del deposito ( $D_r$ ) , tanto maggiore è il rischio di liquefazione
- la dimensione, la distribuzione , il grado di uniformità e la forma delle particelle solide influenzano sensibilmente la liquefazione dei depositi

La valutazione del potenziale di liquefazione viene eseguito secondo le indicazioni di Seed e Idriss, verificando gli sforzi al taglio indotti alle varie profondità del terreno in esame dal terremoto di progetto, e confrontandoli con la resistenza al taglio ciclica offerta dal terreno alle sollecitazioni indotte dal Sisma .La resistenza al taglio ciclica viene valutata utilizzando correlazioni empiriche che legano questo parametro ai valori di resistenza penetrometrica (statica o dinamica) e alla  $V_s$

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

$$F = CRR / CSR$$

Per questi terreni si è valutato il valore di CSR di progetto ed il corrispondente valore di CRR dal cui rapporto risulta il grado di sicurezza per una data intensità di Sisma .

Dati: zona di 3° categoria

- - accelerazione massima al suolo  $a_{max} / g = 0,132 g$  (Ferrara)
- - Categoria di suolo C
- - Coeff amplificativo per il tipo di suolo  $S = 1,5$
- - forza tangenziale medio ciclico di progetto  $\tau_{av} = 0,65 \cdot (S \cdot a_{max} / g) \cdot \sigma_{vo} \cdot R_d$
- - Cyclic Stress Ratio  $CSR = \tau_{av} / \sigma'_{vo}$

essendo:

$\tau_{av}$	valore medio della tensione tangenziale ciclica
$a_{max}$	massima accelerazione orizzontale attesa alla superficie del suolo (PGA)
$g$	accelerazione di gravità $9,81 \text{ m/s}^2$
$\sigma_{vo}$ e $\sigma'_{vo}$	tensione litostatica totale e efficace
$R_d$	coefficiente funzione della profondità Z
	$R_d = 1 - 0,00765 \cdot Z$ (Z in metri) sino a m 9,15
	$R_d = 1,174 - 0,0267 \cdot Z$ (Z in metri) fra m 9,15 e 23
	$R_d = 0,744 - 0,008 \cdot Z$ (Z in metri) fra m 23 e 30

Dai risultati della prova CPT si ricava il valore di resistenza alla liquefazione CRR utilizzando

$$\begin{aligned} \text{CRR}_{7,5} &= 0,883 [ (qc \text{ in})_{cs} / 1000 ] + 0,05 && \text{per } (qc \text{ in})_{cs} < 50 \text{ e} \\ \text{CRR}_{7,5} &= 93 [ (qc \text{ in})_{cs} / 1000 ]^3 + 0,08 && \text{per } 50 < (qc \text{ in})_{cs} < 160 \end{aligned}$$

essendo

$$(qc \text{ in})_{cs} = \text{resistenza alla punta normalizzata per la condizione più gravosa (sabbia pulita)} \\ \text{(senza tener conto della frazione fine)} = qc \cdot CQ \quad (CQ = \sigma'_{vo}^{-0.5978})$$

Per il territorio in esame il sisma di progetto risulta avere una Magnitudo prossima a 5,5÷6,2 . Si dovrà quindi rapportare il valore del rapporto CRR/CSR da magnitudo 7,5 a 5,5 , moltiplicando questo valore per un coefficiente correttivo CM funzione della magnitudo del sisma ricavabile con relazioni del tipo:

$$CM = (M / 7,5)^{-3,3} \text{ per } M < 7,5 \text{ che nel caso in esame risulta pari a } 2 \text{ (Andrus e Stokoe 1990)}$$

Il rapporto  $F = CRR / CSR$  definisce pertanto il rischio di liquefazione e per  $F > 1$  non esiste pericolo di liquefazione

Strato fra m÷ m	Prof med. (m)	CRR Media	CSR	CM Andrus e Stokoe	F=(CRR/CSR)x CM
11,0 ÷ 12,50	11,75	0,141	0,201	2	1,3
15,0 ÷ 20,0	17,50	0,181	0,177	2	1,7

Per l'area è minimo il rischio del fenomeno di liquefazione essendo risultato un valore del rapporto CRR/CSR compreso fra minimi di 1,3 e 1,7.

### 3.3. Stabilità geotecnica

#### 3.3.1. Modello geognostico

Per verificare le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dall'intervento, si utilizzano i risultati delle 15 prove penetrometriche statiche eseguite secondo due allineamenti paralleli al corso attuale del Po di Volano, come è visibile dalla Planimetria. Sono stati inoltre eseguiti n. 5 sondaggi a carotaggio continuo spinti a m. 4./4,5 di profondità.

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 <sup>2</sup>
- angolo di apertura del cono	$\beta = 60$	°
- superficie laterale del cono	$A_m = 150$	cm <sup>2</sup>

Nelle schede allegare 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<sup>2</sup>.

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.

La successione delle Unità litotecniche nelle due condizioni sopradescritte 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**.

La schematizzazione geotecnica del sottosuolo può essere così visualizzata:

Prof. in metri	$R_p$ [Kg/cm <sup>2</sup> ]	$D_r$ %	$\phi'$ gradi	$C_u$ [ kg/cm <sup>2</sup> ]	$M_o$ [ Kg/cm <sup>2</sup> ]
Unità A da 0 a 1,0	12./20	--	0 °	0,5./0,55	60./100
Unità B da 1,0 a 6./15	(15)20./50[60]	25./60	26 ./30 °	---	60./200
Unità C da 6./12 in poi	8./12	--	--	0,4./0,55	48./70

( ) valori minimi                      [ ] valori massimi

ove:  $R_p$  resistenza alla punta del pen. statico  
 $c_u$  coesione non drenata  
 $D_r$  densità relativa  
 $\phi'$  angolo di resistenza al taglio in termini di tensioni efficaci  
 $M_o$  modulo edometrico

### 3.3.2 Prima verifica della sicurezza delle prestazioni

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.)

### 3.3.2. Pressione ammissibile per fondazione diretta

In fase di pianificazione attuativa, ipotizzando l'adozione di fondazione diretta, si danno alcune indicazioni preliminari per la pressione ammissibile da utilizzare per le future progettazioni.

Si procede pertanto alla verifica della pressione limite al piano di fondazione, utilizzando la relazione proposta da Brinch - Ansen.,

Tale espressione rappresenta la estensione della relazione di Buisman e Terzaghi con la introduzione dei casi particolari ( forma, inclinazione carico - base fondazione - piano campagna , profondità del piano di posa).

Per condizioni drenate

$$Q_{lim} = 1/2 \gamma' B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma} + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c$$

Per condizioni non drenate

$$Q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q'$$

essendo:

$\gamma$	= peso di volume del terreno ( $\gamma'$ p.vol.t. immerso)
B	= dimensione minore della fondazione
$q' = \gamma \cdot H$	= carico preesistente al piano fondazione
$c'$	= coesione
$c_u$	= coesione non drenata
$N_{\gamma}, N_q, N_c$	= fattori capacita' portante , legati all'ang. di res. al taglio $\phi$
$s_{\gamma}, s_q, s_c$	= fattori di forma della fondazione
$i_{\gamma}, i_q, i_c$	= fattori correttivi per inclin. del carico
$b_{\gamma}, b_q, b_c$	= fattori correttivi per inclinazione base della fondazione

$g\gamma, gq, gc$  = fattori correttivi per piano campagna inclinato  
 $dq, dc$  = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa

Trascurando il momento i fattori correttivi per

- inclinazione del carico
- inclinazione base della fondazione
- piano campagna inclinato

trascurando anche i fattori di profondità a favore della sicurezza per le ipotesi generiche di:

- fondazione diretta continua  $B = 1,50$  m
- profondità di posa metri 1,0 dal piano campagna attuale
- carico centrato e verticale

e per le caratteristiche geotecniche soprariportate risulta

$$Q_{lim} = 270 \text{ KPa}$$

### **3.4. Sicurezza idrogeologica e idraulica**

#### *3.4.1. Pericolosità da allagamento*

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:

- alle esigenze della Bonifica che lo utilizza sia per lo scolo che per derivare acqua per la irrigazione
- 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 di Volano 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.

### 3.4.2. Sicurezza della sponda del volano

Dal punto di vista idraulico, la normativa prevede che "sono vietati in modo assoluto dall'art.133 del R.D. 8 maggio 1904, n.368:

- a) le piantagioni di alberi o siepi, le fabbriche e lo smovimento del terreno dal piede dell'argine e loro accessori o dal ciglio delle sponde dei canali non muniti di argini o dalle scarpate delle strade, a distanza minore di metri 2 per le piantagioni, di metri 1 a 2 per le siepi e smovimento del terreno, e di m 4 a 10 per i fabbricati, secondo l'importanza del corso d'acqua.
- b) L'apertura di canali, fossi e qualunque scavo nei terreni laterali a distanza minore della loro profondità dal piede degli argini e loro accessori o dal ciglio delle sponde e scarpate sopra dette, una tale distanza non può essere mai minore di metri 2, anche quando l'escavazione del terreno sia meno profonda.

La stessa normativa è riportata all'art.96 del T.U. 25 luglio 1904, n.523 che riprende l'art. 168 della legge 20 marzo 1865, n.2248.

Inoltre l'art.95 dello stesso Testo Unico dà diritto ai proprietari frontisti di intervenire nei casi di necessità indicati dall'art.58, per munire le sponde, senza tuttavia alterare il corso delle acque e le attività connesse.

Il Po di Volano è inserito nell'"Elenco dei corpi idrici superficiali significativi" definito con Delibera della Giunta Regionale 2 agosto 2002, n.1420 All.A, in ottemperanza al D. Lgs.152/99, e corrispondenti ai requisiti contenuti nell'All.1 del Decreto sopracitato. Lungo la riva del Volano è prevista una pista ciclabile indicata nella scheda progetto come "elemento vincolante"; questa comunque manterrà le distanze di legge di 10 metri dal bordo della sponda del Volano e non ne pregiudicherà la attuale stabilità.

Anche le piantumazioni previste si adegueranno alle normative vigenti e saranno progettate in conformità con le norme di sicurezza idraulica.

### 3.4.3. Sicurezza da alluvionamento

Il livello dell'acqua nel Po di Volano è mantenuto costante nel tempo, con variazioni 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.. Questo garantisce la sicurezza dell'area da alluvionamento avendo l'area naturalmente quote intorno ai 7 metri ed essendo previsto il reinterro fino alla quota della strada/argine a (+8,50) c.a.

Non è ricordato in epoca storica l'allagamento dell'area da parte del Volano.

#### 3.4.4. 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.

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.

Per l'urbanizzazione del Piano Particolareggiato in oggetto risulta un incremento di

<b>VALUTAZIONE DEFLUSSI SUPERFICIALI</b>						
			Superficie	Coeff deflusso	Totale	
edifici (case e box)	imper		6880	0,9	6192	
strade e marciapiedi	imper		9205	0,85	7824,25	
parcheggi pubblici e privati	imper		3005	0,85	2554,25	
Piazze e pista ciclabile	imper		5856	0,85	4977,6	
Verde pubblico e privato	permeab		21168	0,2	4233,6	
Sentieri ghiaiosi	permeab		1896	0,3	568,8	
Aree servizio	imper		430	0,9	387	
=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
					<b>coef defl medio</b>	
Superficie totale			48440		<b>0,55</b>	
			<b>prec mm/ora</b>	<b>superficie tot.</b>	<b>coeff defl</b>	
<b>prima intervento</b>			<b>55</b>	<b>48440</b>	<b>0,2</b>	<b>533</b>
<b>dopo intervento</b>			<b>55</b>	<b>48440</b>	<b>0,55</b>	<b>1465,31</b>

Si ha quindi una possibilità di incremento di c.a 932 mc per le massime piovosità.

Il piano prevede l'utilizzo di due vasche di laminazione di tipo scatolare ed interrato di raccolta delle acque meteoriche, una di 300 mc al di sotto della piazza ovest e l'altra di 1100 mc a nella zona est (area attrezzature collettive e parcheggio pubblico).

### **3.5. Altri rischi**

Non è prevedibile che l'area possa essere interessata dal rischio di incendio non essendoci aree boschive nelle vicinanze. Non ci sono aree industriali con attività a rischio rilevante.

dr.geol. Marilena Martinucci

Ferrara, novembre 2011

