
Regione Emilia Romagna
COMUNE DI FAENZA
Provincia di Ravenna

**RELAZIONE
GEOLOGICA**

*Progetto di Variante alla Scheda 80
Area Via Piero della Francesca 2 - sub ambito A2,
del Prg del Comune di Faenza".*



**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas.
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com

Versione	Data	Note
1	Giugno 2012	
2	Agosto 2012	Sond. + DH



1. PREMESSA.....	2
2. LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI	7
2.1 Lineamenti strutturali.....	11
3. LINEAMENTI CLIMATOLOGICI	13
3.1. Pluviometria.....	13
3.2. Evapotraspirazione	13
3.3. Idrometria	13
4. IDRO - GEOMORFOLOGIA	14
5. IDROGEOLOGIA	20
6. LITOLOGIA SUPERFICIALE E PEDOLOGIA	27
7. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOMECCANICHE ..	29
7.1 Misure digitali del rumore sismico eseguite con il “Tromino” e misure attive SASW/MASW	31
8. MICROZONAZIONE SISMICA	37
8.2 Liquefazione	47
9. CONSIDERAZIONE GEOTECNICHE.....	49
9.1 Metodo utilizzato per la valutazione dei parametri geotecnici caratteristici	49
9.2 Valutazione dei parametri geotecnici caratteristici.....	52
9.2.1 Parametri geotecnici caratteristici delle unità litostratigrafiche del sito indagato	54
9.3 Valutazione degli Stati Limite Ultimi (SLU)	56
9.4 Valutazione dello Stato Limite di Esercizio (SLE) – deformazioni irreversibili	58
10. CONCLUSIONI	63
Appendice	65

1. PREMESSA

Su incarico dei Sig.ri Gaddoni Villiam, via Lapi 121, Faenza -C.F.: GDDVLM56S26D429Q- e Gaddoni Pasquale, via Piero della Francesca 15, Faenza -C.F.: GDOPQL24D21E289J- si è provveduto alla realizzazione di una relazione geologica finalizzata ad una Variante di PRG del Comune di Faenza.

La presente indagine preliminare è stata programmata allo scopo di fornire la base conoscitiva dei parametri geologici e geotecnici della variante di PRG in oggetto da realizzarsi in via Biasola e finalizzata alla realizzazione di un comparto urbano.

In altri termini il presente studio identifica gli elementi principali della geologia locale facilitandone il confronto con le singole ipotesi di Pianificazione, fornisce gli elementi di base permettendo di operare scelte ragionate ed, infine, fornisce le indicazioni preliminari geologiche e geotecniche di massima utili per le successive fasi di approfondimento.

La presente relazione è stata condotta seguendo le varie normative di legge e/o direttive di interesse, in particolare si è fatto riferimento:

- Al D.M. 11.03.88 (sez. H) e pubblicato sul supplemento ordinario della G.U. n.127 del 01.06.88,
- Alla Circolare Regionale (Dipartimento Ambiente e Territorio) n.1288 del 11.02.1983,
- Piano Territoriale Paesistico Regionale,
- Al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale,
- Alla Legge nazionale 236/88 sulle captazioni idriche per il consumo umano
- Alle Norme del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Reno.
- D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Del.Reg.1677/2005 con indicazioni rispetto alle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- All'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione urbanistica" approvato con D.G.R. n. 2131 del 02-05-2007.
- Al Piano Strutturale del Comune di Faenza

In questa prima fase, per la realizzazione dello studio in oggetto si è proceduto alla raccolta e selezione critica di tutti i dati bibliografici riguardanti il territorio di interesse ed un adeguato intorno; tali dati sono stati successivamente integrati tramite rilevamenti sul territorio ed indagini geognostiche sul sito in esame: n. 2 CPTU, n. 2 piezometri, n. 2 tromini, una MASW, un sondaggio ed un Down Hole. Inoltre sono state analizzate le caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche del sottosuolo del territorio oggetto di studio, elaborando, alla luce di quanto emerso, una serie di considerazioni sui possibili rischi geologici dell'area oggetto di variante e dei relativi approfondimenti necessari per completare il quadro geologico, geotecnico e idrogeologico.

Lo studio è stato condotto coerentemente gli approfondimenti del III livello.

Pertanto scopo della presente relazione sarà quella di individuare le eventuali pericolosità geologiche, in senso lato, e di indicare le eventuali opportune azione di mitigazione delle stesse a cui ci si dovrà attenere in fase di realizzazione dell'espansione urbanistica. Ovvero della necessità di realizzare ulteriori analisi di approfondimento.

Brevemente si riporta la relazione del rischio a cui si è fatto riferimento nel presente elaborato.

$$R=H*V*E$$

Dove

R = rischio

H = pericolosità

V = vulnerabilità

E = elementi a rischio

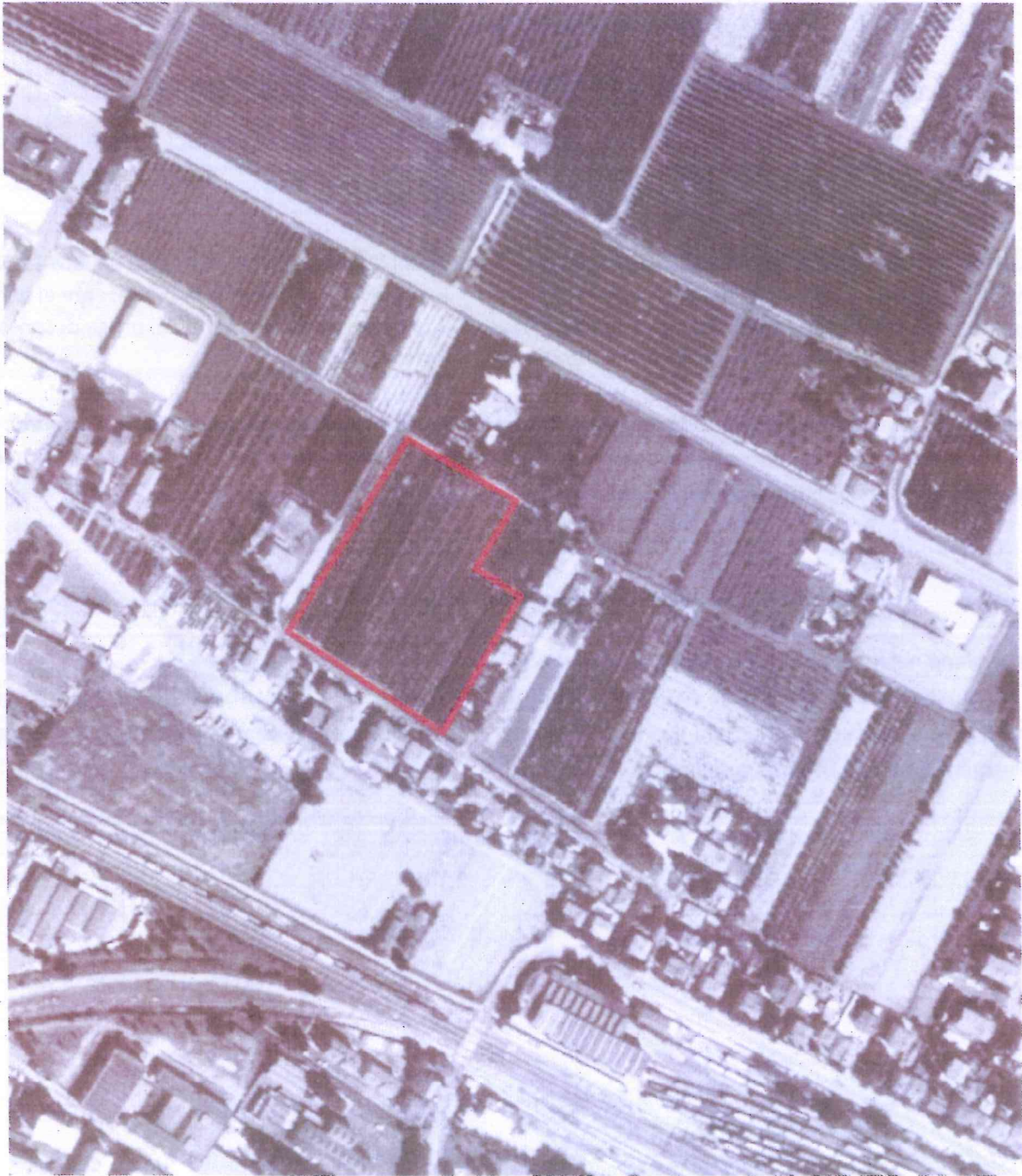


COROGRAFIA


 Area di interesse


600 0 600 1200 Meters

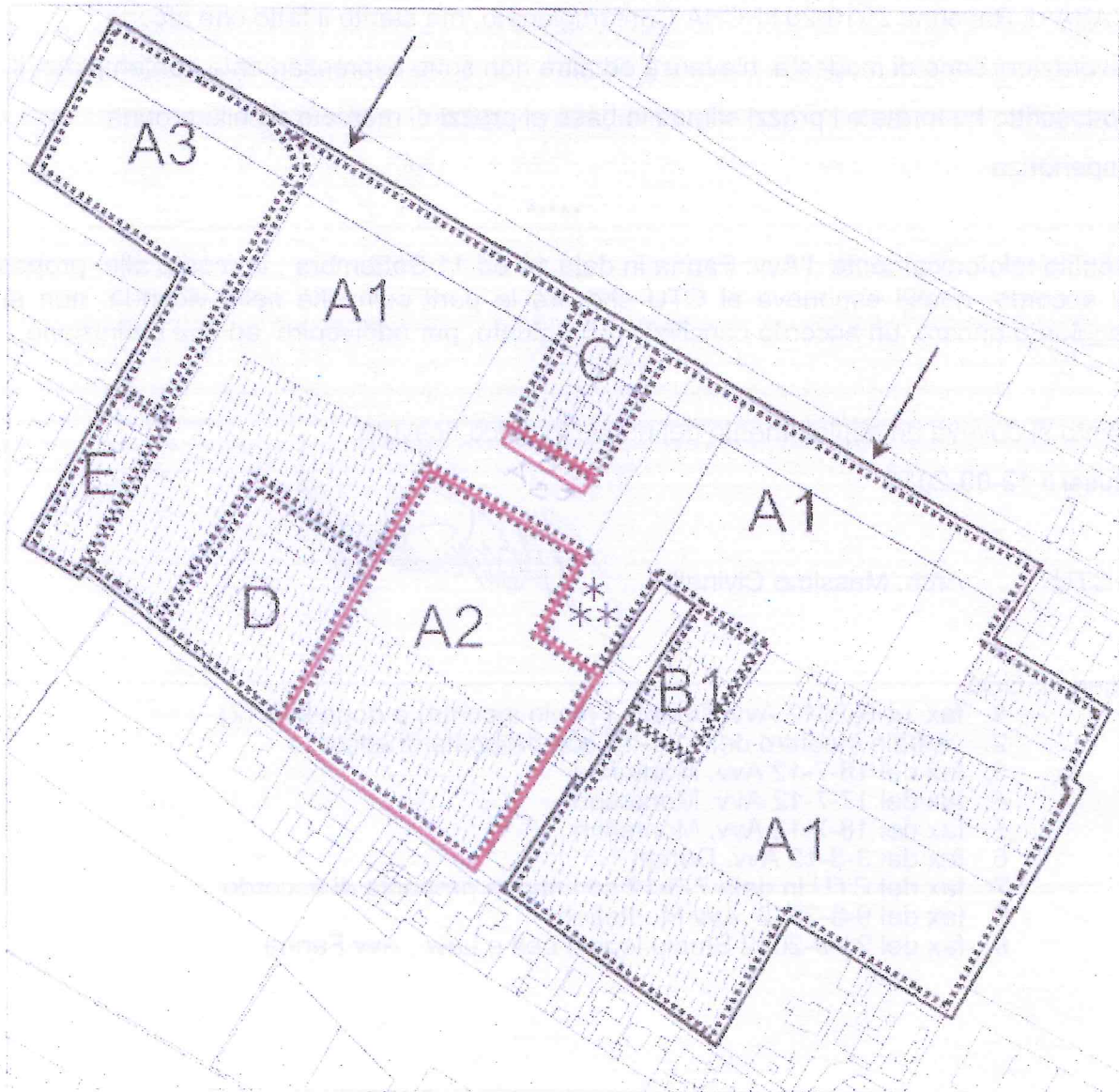





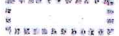





VOLO AIMA 1996

 Area di interesse

70 0 70 140 Meters




	Perimetro comparto		Posizione indicativa degli accessi	<p>Nord</p> 
	Perimetro ambito			
	Posizione indicativa delle funzioni residenziali (art. 12.2.1)			<p>Scala 1:2500</p>
	Posizione indicativa delle funzioni produttive (art. 12.6)			
	Posizione indicativa dell'area a standard che potrà essere oggetto di diversa ubicazione al momento dello studio del comparto A2			

Sub-ambito A2

- Art. 12.6 Zone produttive miste di nuovo impianto*
U.L. = 0,50 m³/m² di S.I.
S.I. = 7.507 m²
Standard base (produttivo) = 855 m³
- Art. 12.2.1 "Zone di completamento a prevalenza residenziale"
S.I. = 5.000 m²
Volume max = 9.250 m³
Standard base (residenziale) = 2.775 m³

Modalità attuative:

Progetto Unitario e successivo permesso di costruire

(A) (*)

Note:

All'interno del comparto dovranno essere eseguite le seguenti opere:

- realizzazione e cessione gratuita all'Amministrazione Comunale dello standard previsto nel rispetto delle previsioni contenute nella "Schema della viabilità di comparto". In presenza di quantità eccedenti da tali indicazioni occorrerà privilegiare la realizzazione dei parcheggi alberati rispetto ad altre funzioni pubbliche, in considerazione della densità urbana del comparto
- realizzazione della pavimentazione su area privata
- lo standard va progettato in maniera organica prendendo come riferimento il sub-ambito di intervento.

COMUNE di FAENZA - Settore Territorio

Piano Particolareggiato in variante al PRG n. 30 - Scheda n. 80

15

2. LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI

Le caratteristiche fisiche generali, la composizione litologica, l'assetto strutturale, il grado di stabilità attuali di un territorio sono la risultante e la sintesi della sua evoluzione geologica.

Per una migliore comprensione della geologia del territorio in esame, risulta utile avere un quadro, sia pure schematico e riassuntivo, dei lineamenti e della storia geologica della più ampia unità regionale di cui l'area in esame è parte.

Il territorio dove si trova l'area in esame è inserito, anche se in modo marginale, nel vasto bacino sedimentario della Valle Padana e più precisamente nel lembo sud-orientale della stessa, delimitato a Nord dal corso del Po e a Sud dalle propaggini collinare dell'Appennino Romagnolo.

La storia geologica di questa pianura, la sua genesi e le sue vicissitudini evolutive possono essere ricondotte, nel loro insieme, ad un lento e progressivo ricoprimento del settore meridionale della fossa occupata dall'alto Adriatico già a partire dalla fase centrale della orogenesi alpina, da un lato, e di quella appenninica, dall'altro, cioè nell'oligocene, come confermano le risultanze della perforazioni condotte nell'area per ricerche di idrocarburi.

L'attuale assetto geologico è la risultante di un complesso avvicendamento di fasi erosive in alternanza a fasi prevalentemente sedimentarie, sia in senso verticale sia in senso orizzontale, in relazione al perdurare di una dinamica di abbassamenti del substrato, di fenomeni di subsidenza del materasso alluvionale che si stava formando, con conseguenti arresti della regressione marina o addirittura episodi di ingressione e formazione di fasi lagunari lungo la fascia preappenninica.

Solo nel Quaternario più recente l'assetto tettonico manifesta una sorta di equilibrio raggiunto e, alla prevalente tendenza alla subsidenza e deposizione prevalentemente marina, subentra un periodo di più estesi fenomeni sedimentari fluviali, ai quali è concomitante il progressivo ritiro del mare verso la configurazione dell'attuale costa.

Il quaternario è contraddistinto da una fase deposizionale marina iniziale (Pleistocene) e una fase deposizionale continentale (Olocene) che prosegue anche attualmente.

La stratigrafia pleistocenica presenta frequenti variazioni litologiche. Le sabbie si intercalano a sedimenti più fini limoso sabbiosi o limoso argillosi, e nelle parti sommitali si fanno sempre più frequenti litotipi di ambiente lagunare salmastro.

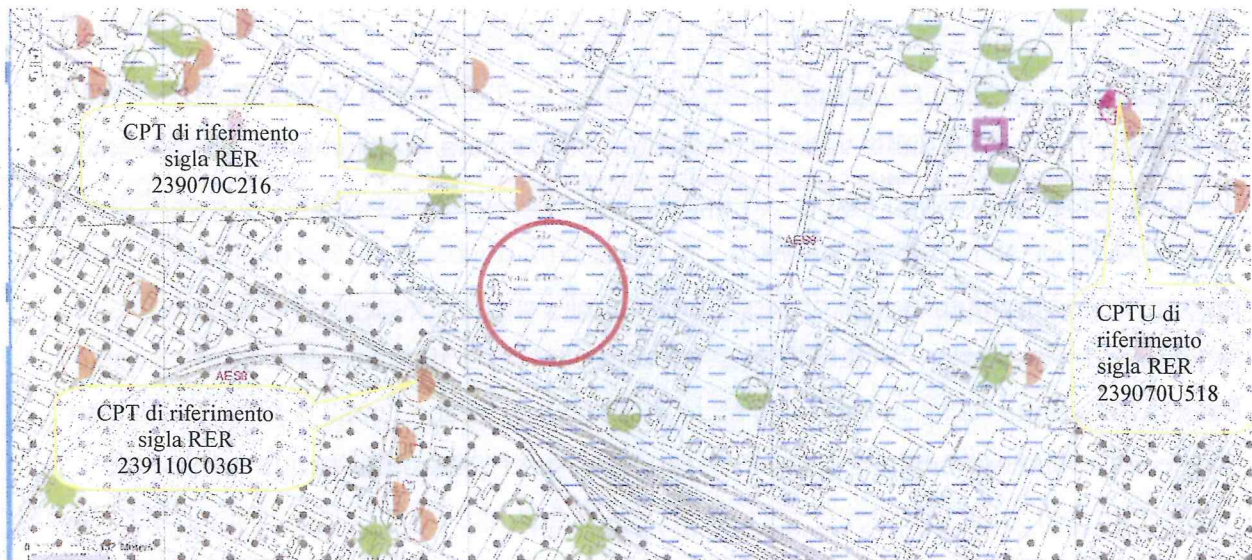
La stratigrafia olocenica è dominata dalla più recente regressione marina in concomitanza con le grandi glaciazioni intervallate da lunghi periodi di clima più mite durante i quali prevale l'azione di trasporto dei numerosi corsi d'acqua.

Da quanto esposto risulta che il bacino subsidente padano, ed in particolare il suo settore sud-orientale, è un'area geologicamente giovane e conseguentemente instabile. Questo carattere di instabilità permane tuttora.

In particolare l'area di interesse è inserita nella conoide distale del F. Lamone, si estende a quota inferiore di 32.5/33 m s.l.m., ed è costituita da alluvionali depositatesi dal pleistocene sup. al periodo pre-romano (età del bronzo), a granulometria prevalentemente fine (sabbie, limi e argille) (AES8 subsintema di Ravenna), passante verso il basso a depositi più grossolani ghiaioso-sabbiosi (conoide distale sepolta) (AES7 subsintema di Villa Verrucchio). In superficie si rinvengono suoli evoluti non calcarei e scarsamente calcarei e, sotto l'aspetto geomorfologico, la superficie si caratterizza come morfologia relitta.

Nell'area in esame la cartografia del PSC Faentino evidenzia la presenza di alluvioni terrazzate intravallive e della media pianura. Tale cartografia risulta coerente con la carta geologica della Regione Emilia-Romagna che pone l'area di interesse su depositi alluvionale del subsintema di Ravenna (AES8) di natura limosa.

Al di sotto di questa copertura si rinviene la conoide vera e propria del F. Lamone che nella zona di interesse si trova alla profondità di circa 22 metri.



	AES8 - Subsistema di Ravenna
	AES8a - Unità di Modena
	Deposito di piana inondabile (area interfluviale) - Argilla Limosa
	Deposito di canale, argine e rotta fluviale - Sabbia Limoso Argillosa - Piana alluvionale

AES8 - Subsistema di Ravenna

Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conchiglie ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconchiglie. L'unità comprende più ordini di terrazzo nelle zone intravallive. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di trascinamento fluviale (piana inondabile, argine, e trascinazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte retta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequent reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a, nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è circa 20m.

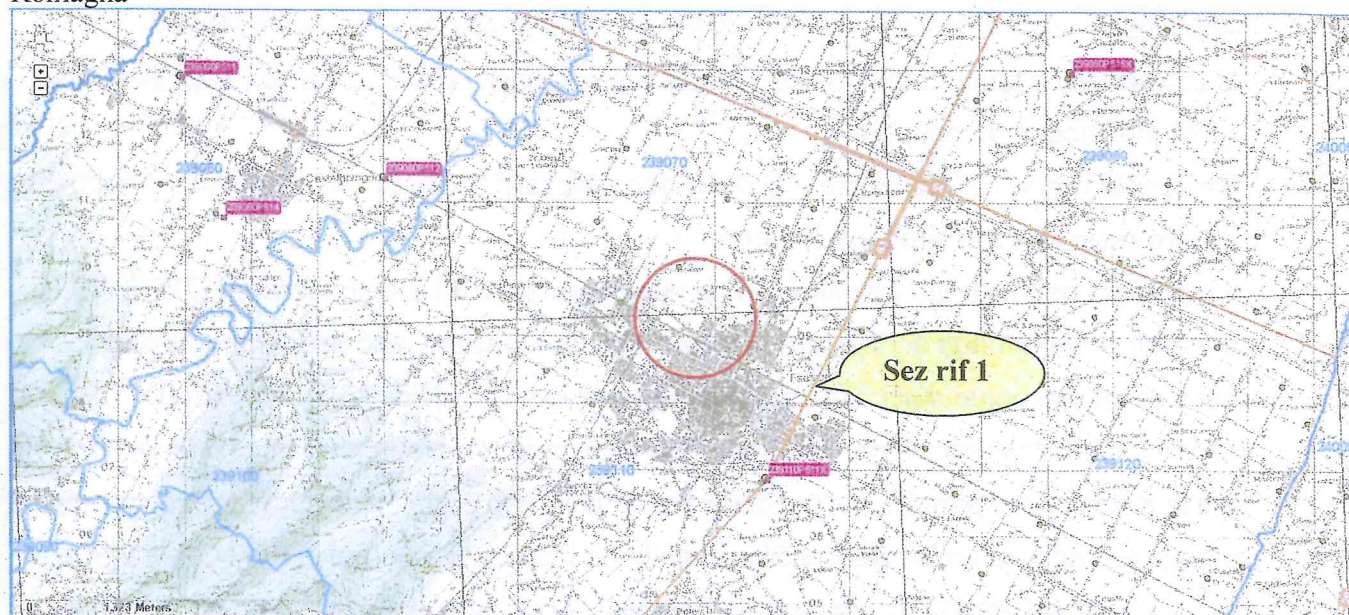
Fraiotocene sup. - Olocene

AES8a - Unità di Modena

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

Olocene

Sezioni geologiche tratte dal sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna



2.1 Lineamenti strutturali

Lo schema strutturale locale è caratterizzato da uno stile a pieghe, di norma asimmetriche con vergenza verso N, ad andamento NW-SE con frequenti ondulazioni assiali ed una immersione generale verso SE.

Nei terreni neogenici il piegamento è avvenuto in due fasi distinte tra Miocene e Pliocene e prima del Pliocene medio. La seconda fase ha influito maggiormente nell'area emilano-romagnola, dove la discordanza tra i termini del Miocene e quelli del Pliocene inferiore è attenuata, mentre si osserva un più accentuato piegamento ed una maggiore erosione dei termini del pliocene inferiore. Ai fenomeni plicativi si sovrappone la già citata subsidenza differenziale, con deposizione più intensa nelle sinclinali e minore al culmine delle anticlinali.

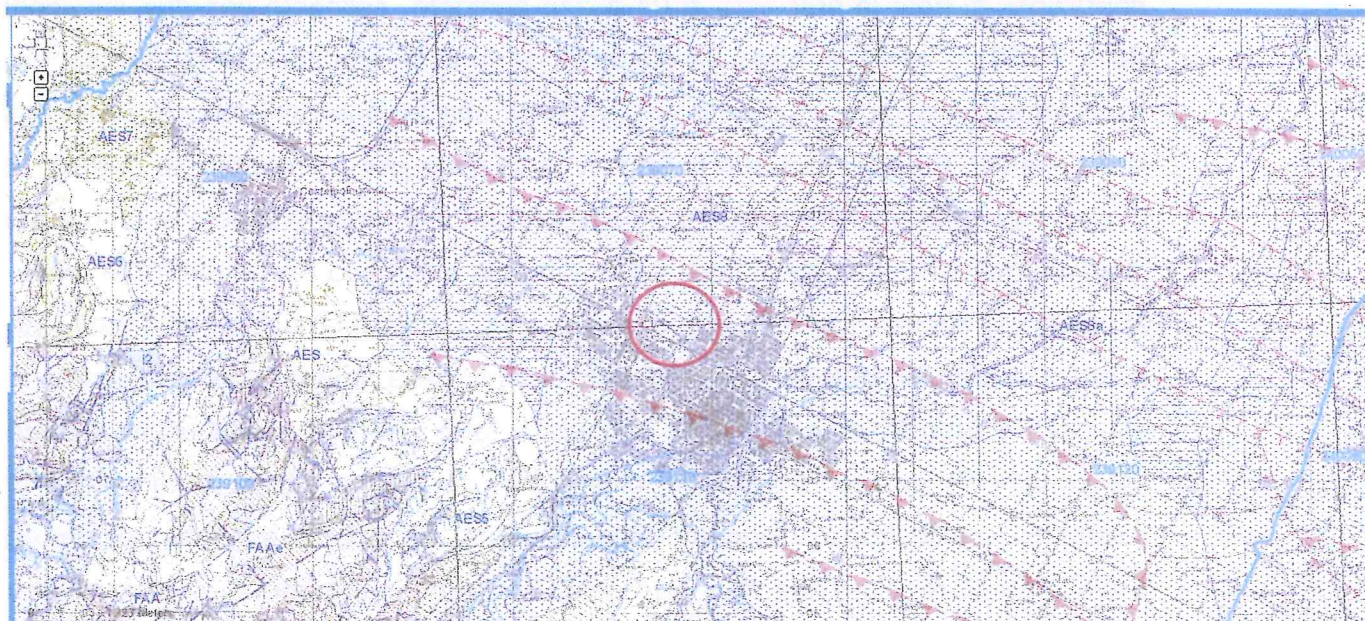
Le pieghe pedeappenniniche sono accompagnate dallo sviluppo di faglie a carattere distensivo, talora grandiose, e sono inoltre sovente interrotte da faglie con direzione NE-SW con rigetto prevalentemente orizzontale.

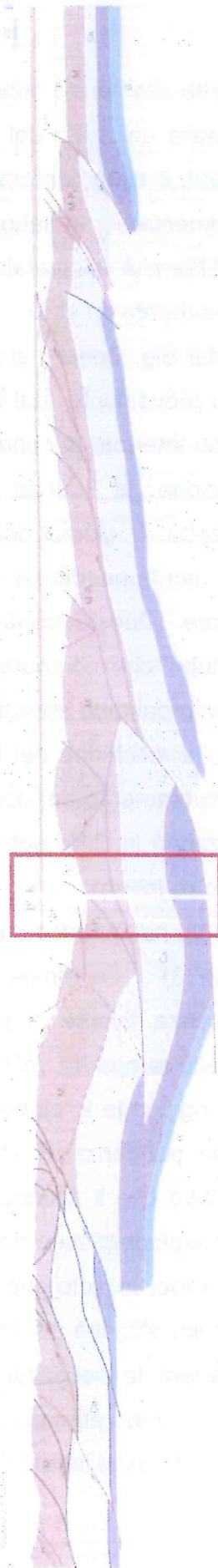
Nella più ampia unità di territorio in esame da N a S si riconoscono i seguenti motivi strutturali principali:

- Sinclinale di S.Romualdo-Piombone;
- Anticlinale di Ravenna e di Alfonsine;
- Sinclinale romagnola (asse ONO-ESE);
- Anticlinale di Cotignola;
- Sinclinale di Forlì.

Le strutture sepolte plioceniche influenzano, sia pure con grado decrescente col diminuire della profondità, l'assetto dei sedimenti pleistocenici, che risultano blandamente ondulati e presentano una generale pendenza verso SE secondo l'immersione degli assi strutturali pliocenici.

I sedimenti alluvionali recenti hanno un assetto più irregolare ed articolato. Infatti pur avendo una tendenziale e debole pendenza verso NE secondo la direzione di deflusso degli attuali corsi appenninici, presentano variazioni di potenza anche rilevanti, derivanti da ondulazioni del letto con depressioni ad andamento appenninico, probabilmente riferibili a paleovalvei.





3. LINEAMENTI CLIMATOLOGICI

Il territorio della località di interesse è climatologicamente inquadrabile in un regime sublitoraneo padano.

Il graduale passaggio da condizioni climatiche di tipo costiere, presenti lungo il litorale ravennate, a condizioni di tipo padano si rendono sempre più manifeste procedendo verso il retroterra. In tal modo nell'area di pianura in cui rientra il territorio della località analizzata si registrano condizioni climatiche che sono tipiche della pianura interna e che vedono nella temperatura dell'aria, nell'umidità e nella ventosità, le maggiori diversificazioni rispetto alla pianura costiera.

In questa area, il clima assume una individuale fisionomia i cui aspetti significativi sono costituiti da una maggiore escursione termica giornaliera, un aumento del numero di giornate con gelo, un aumento di frequenza delle formazioni nebbiose, una attenuazione della ventosità.

Meno evidenti risultano invece le diversificazioni negli apporti pluviometrici rispetto alla pianura costiera.

3.1. Pluviometria

All'interno del territorio in cui ricade la località di S.Andrea non sono ubicate stazioni pluviometriche, pertanto per valutare il regime pluviometrico si farà riferimento alla stazione di Faenza (alt. 35 m s.l.m.), capoluogo della località in esame.

Considerando un periodo trentennale (01.01.1956 - 31.12.1985), l'altezza di precipitazione media annua risulta:

Faenza 757.2 mm

Considerando che il territorio in esame ricade in prossimità della stazione di Faenza, si può considerare una altezza di precipitazione media di 757 mm/anno, media per il periodo di trenta anni suddetto. L'apporto annuo medio risulta quindi di 757.000 mc/kmq.

3.2. Evapotraspirazione

Sulla base dei dati della stazione climatologica di Faenza, per la quale si rendono disponibili anche i dati termometrici, la temperatura media annua estesa al territorio comunale risulta di 13.7 °C, la temperatura media minima risulta di 9.1 °C, mentre la temperatura massima media risulta di 18.2 °C.

La relativa evapotraspirazione media annua, calcolata con la formula di L. Turc valida per grandi bacini, risulta:

$$ETR = P / 0.9 + (P^2 / L^2)$$

dove:

P = precipitazione media annua (757 mm)

T = temperatura media annua (13.7° C)

L = $300 + 15 * T + 0,05 * T^3$

$ETR = 757 / 2.33 = 324 \text{ mm} = 42\%$ delle precipitazioni

Pertanto a livello molto indicativo risulta che 433 mm di afflussi meteorici defluiscono attraverso il reticolo idrografico superficiale o si infiltrano nel sottosuolo, mentre i restanti 324 mm vengono restituiti all'atmosfera per evapotraspirazione.

3.3. Idrometria

Il complesso reticolo idrografico del territorio in esame è il risultato di tutta una serie di interventi antropici che hanno agito sui corsi d'acqua naturali e hanno creato canali artificiali per lo scolo delle acque.

Limitando l'analisi ad alcune considerazioni di carattere generale utili ai fini della identificazione dei problemi idrogeologici del territorio in esame, si considera il comportamento di analoghi bacini di pianura a deflusso noto avendo come riferimento i dati emersi dal presente studio.

Il coefficiente teorico medio per bacini di pianura ha valori compresi tra 0.1 e 0.2, considerando però che nel territorio in esame è presente una rete scolante artificiale che risulta esercitare una prevalente azione drenante, solo in parte compensata dalle perdite locali del reticolo idrografico naturale, si può ritenere probabile un coefficiente di deflusso pari a 0.3, per cui si avrebbe:

$$I = 757 - 324 - 227 = 206 \text{ mm}$$

In definitiva l'infiltrazione efficace annuale alimentante la falda freatica risulterebbe mediamente di 206 mm, quindi con un apporto di 206.000 mc/kmq.

4. IDRO - GEOMORFOLOGIA

Il territorio di interesse è situato sulla conoide distale del Fiume Lamone, nella zona soggetta a rapida urbanizzazione della città di Faenza.

L'esame della carta ipsometrica evidenzia una superficie topografica costituita da un piano inclinato in direzione NNE con pendenza media di circa il tre per mille.

L'area in esame si trova circa 155 m a valle dell'asse Ferroviario BO-AN, elemento antropico emergente e in sinistra delle arginature del Fiume Lamone, a circa 1800 m, altro elemento principale emergente sulla pianura.

L'area non risulta essere stata allagata durante l'evento estremo del 1996. Tale evento corrisponde a tempi di ritorno di 100 anni, evidenziando la sua sicurezza idraulica rispetto al sistema della bonifica.

L'attuale morfologia dell'area in esame è il risultato di un intenso rimodellamento antropico che, a scopo di bonifica, ha obliterato gli originali lineamenti geomorfologici, e ha praticamente sostituito tutto il reticolo idrografico naturale con un denso reticolo artificiale.

L'elemento idrografico drenante dell'area in esame è costituito da un fosso che nasce dalle prime propaggini collinari nella zona di Celle, scendendo poi verso Nord lungo via Graziola e viale Risorgimento per poi girare verso Est lungo la via Piero della Francesca, circa 90 m a Nord dell'ara in esame, e infine recapitare le acque nel Fiume Lamone.

L'analisi degli allagamenti accaduti durante l'evento eccezionale del 1996 (tempo di ritorno di 100 anni) ricavata dai dati provinciali, non evidenzia allagamento dell'area oggetto di variante.

Al riguardo si è proceduto alla realizzazione del DEM di pianura della zona in cui ricade l'area in esame. A partire da tale elaborazione, si sono poi analizzati i massimi tiranti idrici previsti nella zona in caso di allagamento, indipendentemente dall'origine e dalla probabilità, utilizzando la funzione "identify sink" dell'applicativo Hydro.

Tale elaborato ha evidenziato un tirante idrico nullo per l'area in esame. Valutato considerando la lottizzazione finita al livello dell'attuale piano stradale. Pertanto per l'area in esame non risultano pericoli di allagamento.

Infine, osservando la perimetrazione del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, nell'ultima versione approvata dalla Giunta Regionale nel Dicembre del 2011, si evidenzia che l'area in esame risulta esclusa da possibili allagamenti dai corsi d'acqua naturali.

Infine si osserva che il trend di subsidenza della zona, ricavato dalla cartografica del PSC Faentino, risulta compreso tra 5 e 9 mm/anno.

Infine non sussistono interferenze con il perimetro delle aree allagate di cui alla D.G.R. n. 1071/98.

Stralcio carta geomorfologica tratto dal quadro conoscitivo del PSC Faentino



Morfologie fluviali

- Aree alluvionali terrazzate intravallive e della media pianura
- Aree alluvionali in evoluzione
- Aree alluvionali di interdosso
- Dossi fluviali sub-attuali
- Paleodossi fluviali

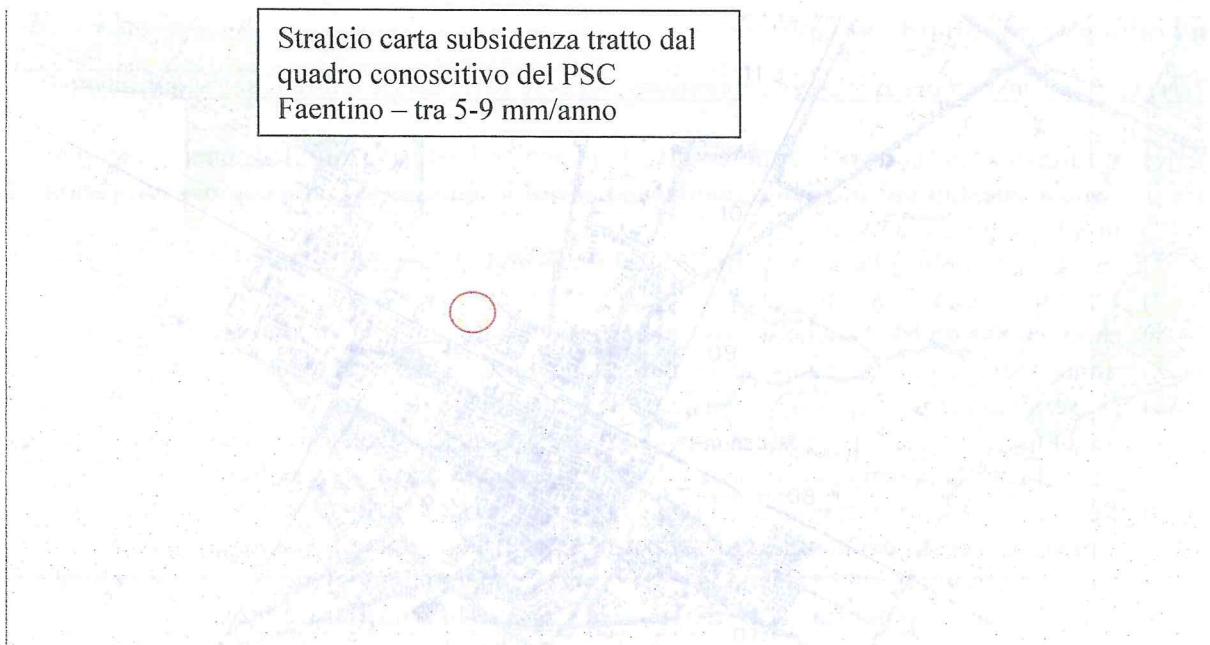
Morfologie carsiche

- Dolina

Morfologie antropiche

- Principali scarpate di copertura
- Aree esentive in atto o previste (PIAF) e principali aree esentive dismesse
- Orme scarpate di terrazzo
- Sostituzioni portuali
- Misure limitative della media e bassa pianura

Stralcio carta subsidenza tratto dal
quadro conoscitivo del PSC
Faentino – tra 5-9 mm/anno



Confini comunali



Territorio pianificato

Subsidenza in mm/anno

0 \ -4

-5 \ -9

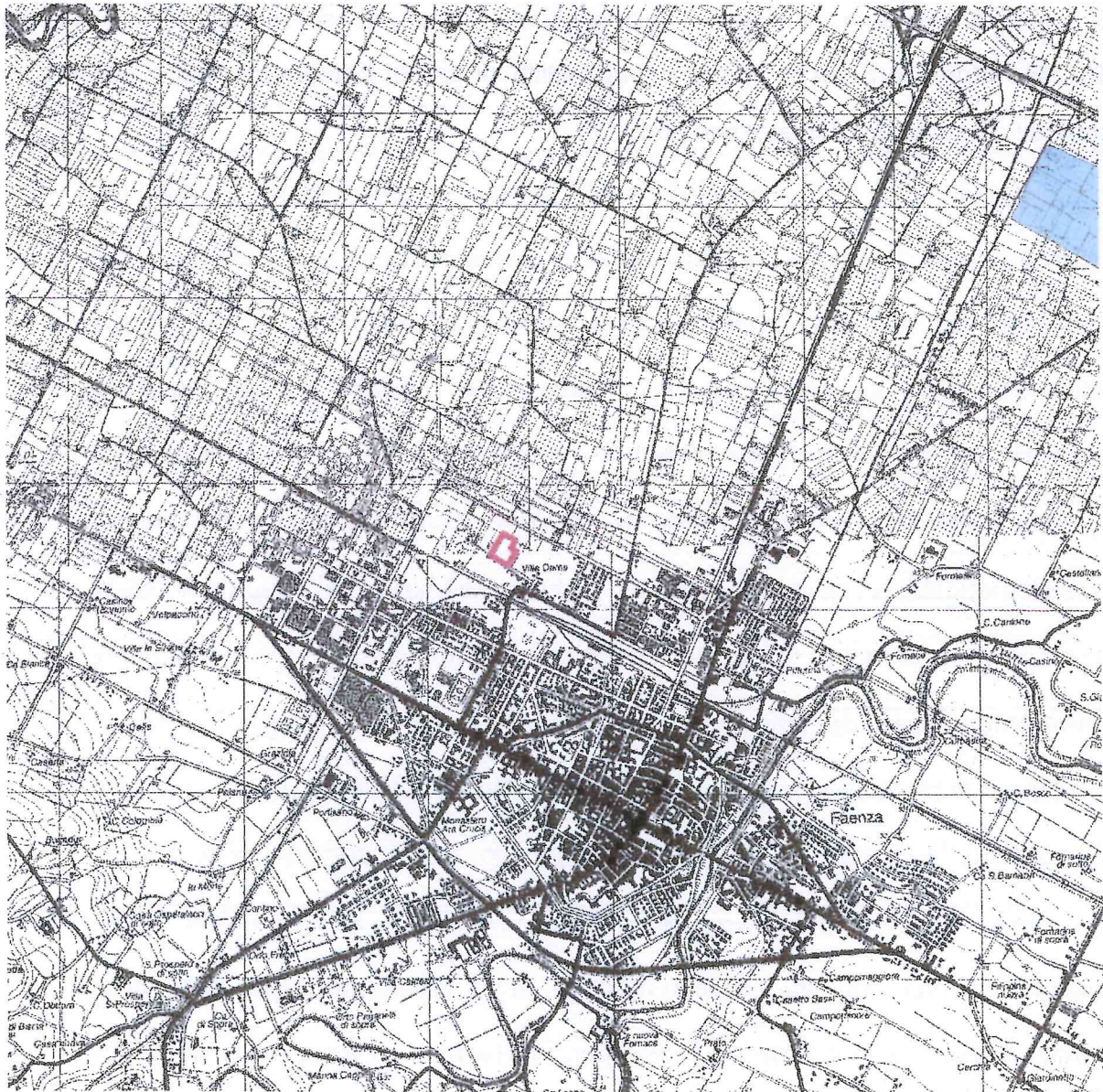
-10 \ -19



-20 \ -24

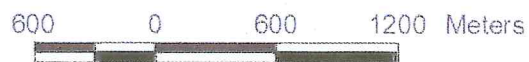


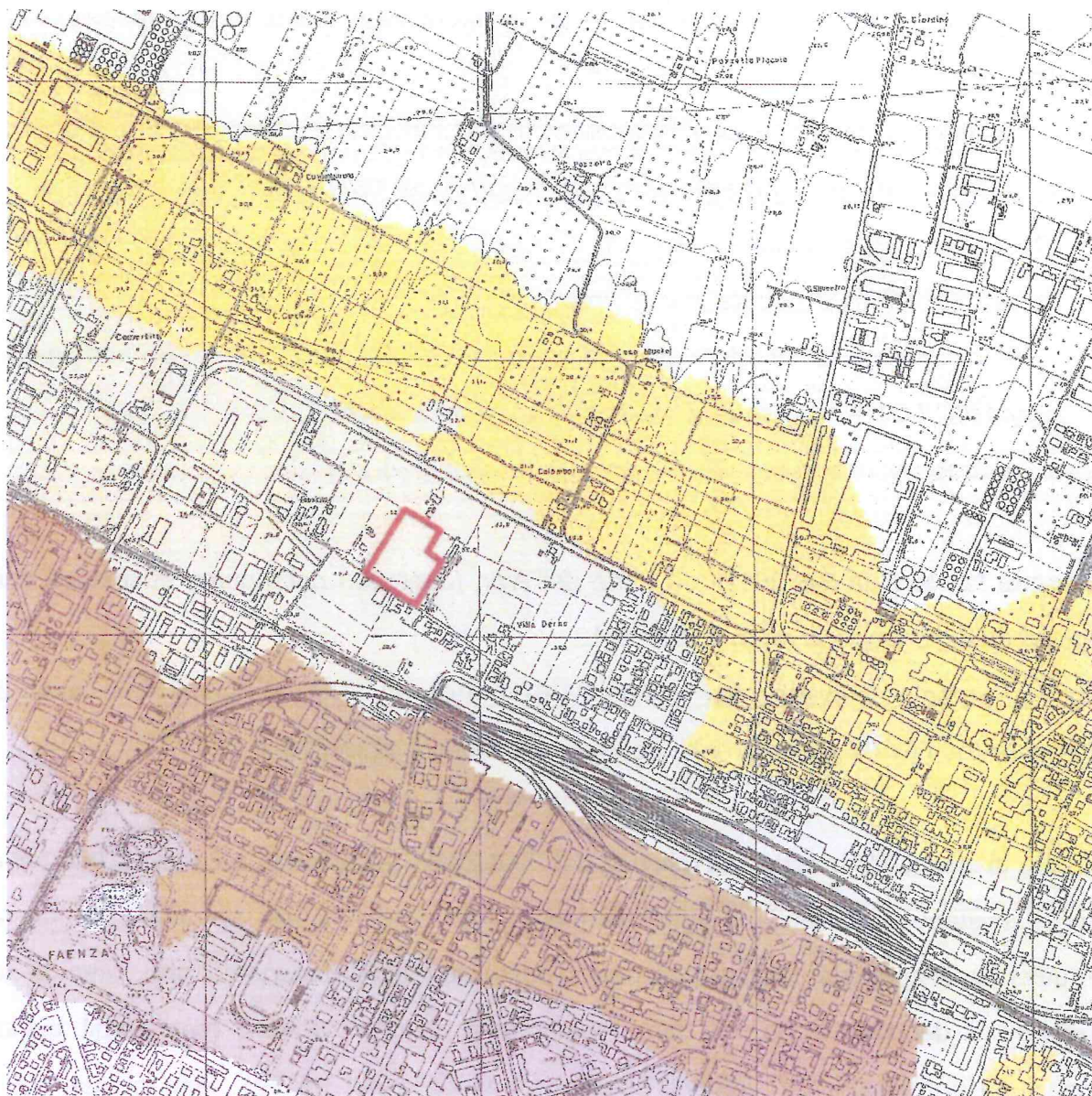
-25 \ -30



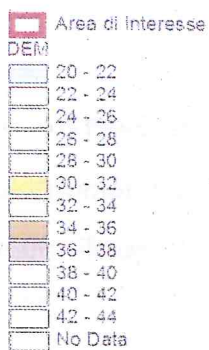
ALLAGAMENTI evento eccezionale del 1996

- Area di interesse
- Allagamenti evento pluviometrico 1996a
- Allagamenti evento pluviometrico 1996b



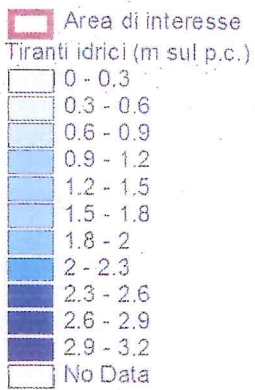
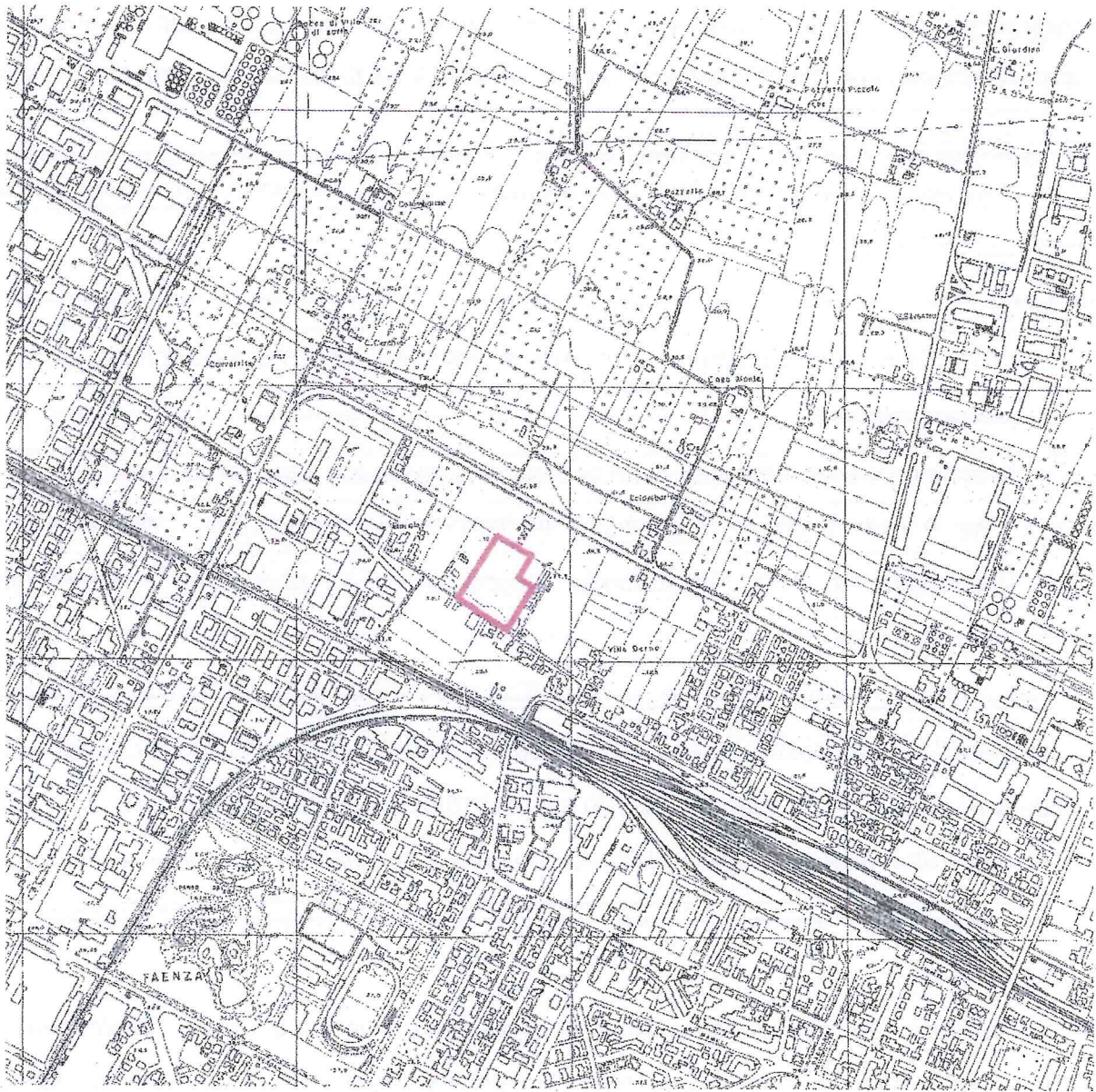


DEM - MODELLO DIGITALE ALTIMETRICO

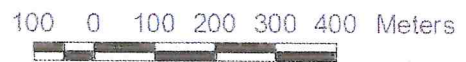


100 0 100 200 300 400 Meters





TIRANTI IDRICI ATTESI IN CASO ALLAGAMENTI



5. IDROGEOLOGIA

La falda libera superficiale ha una particolare incidenza ed un ruolo peculiare ai fini edificatori, sia per quanto riguarda la sua possibile influenza sui parametri del carico ammissibile, sia per la salubrità degli edifici, sia per le possibili invasioni di acqua in eventuali scantinati, sia per la sua influenza sulla risposta sismica del terreno.

Al fine di caratterizzare la falda freatica del zona di interesse si è fatto riferimento allo studio è freaticometrico realizzato dalla relazione geologica allegata al PRG 96, eseguendo opportune verifiche in campagna che hanno confermato i caratteri idrogeologici del territorio emersi dal suddetto precedente studio.

Per l'area in esame il suddetto studio evidenzia valori attorno a $-2\div-3$ m dal piano di campagna.

I livelli misurati in data 17-05-2012 all'interno delle prove penetrometriche eseguite hanno evidenziato valori attorno a -2.3 m dal p.c..

Le misure effettuate in data 12-06-2012 sui piezometri installata alla profondità di 6.0 m dal piano di campagna hanno riscontrato una falda alla profondità di $-2,4$ m dal p.c..

Pertanto il livello posto attorno a $2.3\div 2.4$ m dal p.c. deve considerarsi un valore di medio idrogeologico, caratterizzante la falda superficiale, ed in accordo con i livelli freatici riportati nel PRG 96.

I dati disponibili hanno permesso di definire il livello freatico massimo uguale ad un livello di circa -2.0 m dal piano di campagna attuale del sito oggetto di variante.

L'analisi della carta delle isofratriche evidenzia una direzione di deflusso verso NNE, cioè verso valle come ci si dovrebbe aspettare. Solo nella parte bassa della carta è osservabile una depressione in corrispondenza del centro di Faenza.

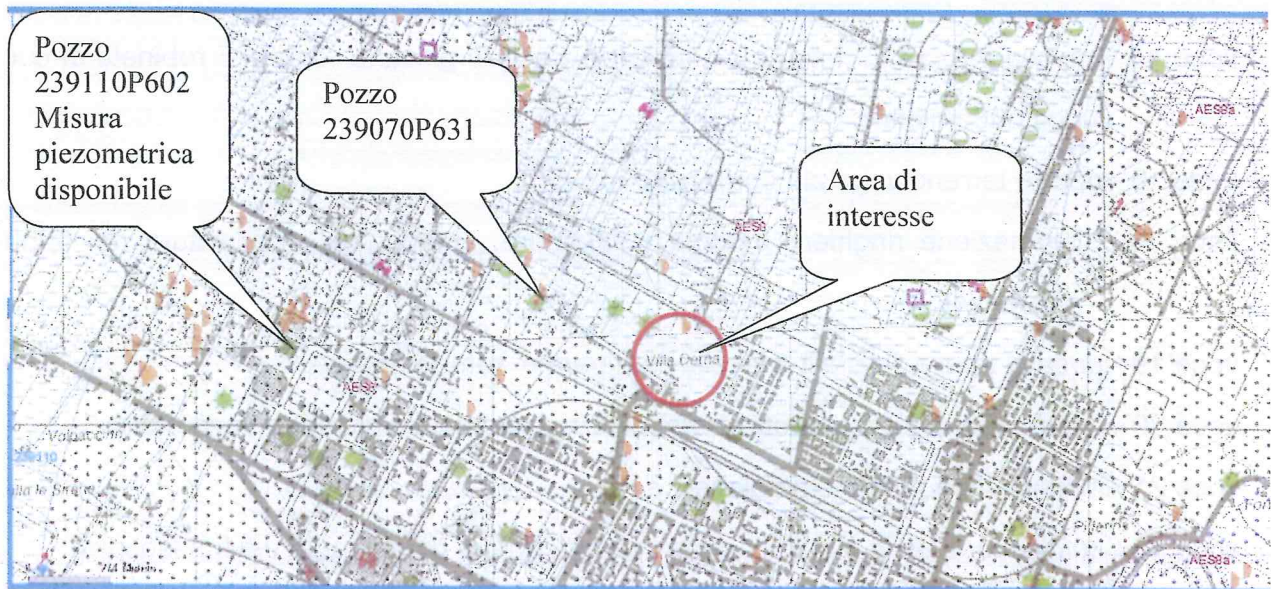
La schema idrogeologico profondo è caratterizzato da una copertura alluvionale di terreni sostanzialmente impermeabili che ricoprono e proteggono la sottostante conoide distale del Fiume Lamone, che contiene i principali acquiferi della zona.

Per avere una visione della stratigrafia idrogeologica si riporta quella ricavata dalla scheda di un pozzo in adiacenza all'area di interesse e estratto dal data base della Regione Emilia-Romagna.

Pozzo di riferimento sigla 239070P631

Prof. da p.c. (m)	Descrizione litologica tratta dalla scheda pozzo	Falda captata
Da 0 a 8.1 m	Terriccio misto a scuro	
Da 8.1 a 84.9 m	Argilla color cenere	
Da 84.9 a 91.8 m	Sabbia e ghiaia sciolta	
Da 91.8 a 184.7 m	Argilla color cenere	
Da 184.7 a 190.8 m	Ghiaia e sabbia	
Da 190.8 a 290.8 m	Argilla dura color blu	
Da 290.8 a 306 m	Sabbia grossa acquifera	Falda captata

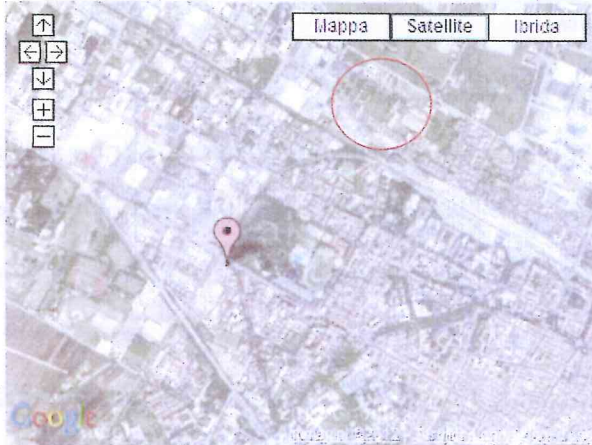
In base alla stratigrafia, realizzata non da esperti, si può notare come non sia descritta il livello di ghiaia posto, nella zona, attorno $15\div 22$ m, probabilmente perché di piccola potenza, con poca matrice ghiaiosa, e poco significativo per la realizzazione dell'opera di captazione.



La scheda di un pozzo posizionato a Est dell'area in esame (N. 239110P602) e profondo circa 228 m, riporta un livello statico a circa -19 m dal p.c., dalla scheda sembra nel 1986, ad indicazione della separazione tra le falde superficiali e quelle profonde.

A titolo esemplificativo si riportano i livelli piezometrici di due pozzi inseriti nella rete ARPA codice RA89-00 profondo 88 metri e codice RA 78-00 profondo 45 m, ubicati nella zona dell'area di interesse, da cui si osservano andamenti piezometrici tipici di falde profonde in pressione, non in connessione con la falda freatica.

Codice	RA89-00
Nome della Banca Dati	Emilia-Romagna Region (Italy)
Profondità del pozzo	88.0 metri
Livello di riferimento	Livello medio del mare Adriatico
Sistema di riferimento	Coordinate UTM 32 Nord (Datum ED50)
Coordinata X	728739.0
Coordinata Y	4908559.0
Ente gestore	Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua - Regione Emilia-Romagna
Ente responsabile	ARPA - Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente - Regione Emilia-Romagna
Usa	Industriale
Data della prima misura	07-08-2002
Data dell'ultima misura	06-11-2007

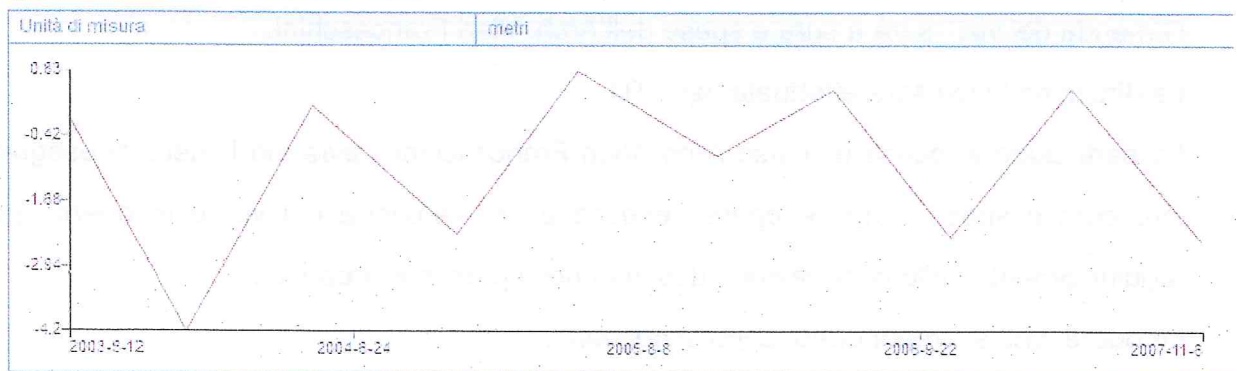


Livello piezometrico (metri s.l.m.) minimo: -4.2 massimo: 0.83

Acquifero (Classificazione secondo riserve idriche sotterranee RER) [Apri](#)

Codice A3.A4

Grafico del Parametro: Livello piezometrico



Codice	RA78-00
Nome della Banca Dati	Emilia-Romagna Region (Italy)
Profondità del pozzo	45.0 metri
Quota del piano di campagna	28.5 metri
Livello di riferimento	Livello medio del mare Adriatico
Sistema di riferimento	Coordinate UTM 32 Nord (Datum ED50)
Coordinata X	730840.0
Coordinata Y	4908500.0
Ente gestore	Servizio Tutela e Risanoamento Risorsa Acqua - Regione Emilia-Romagna
Ente responsabile	ARPA - Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente - Regione Emilia-Romagna
Uso	Inattivo
Data della prima misura	08-05-1988
Data dell'ultima misura	16-10-2006

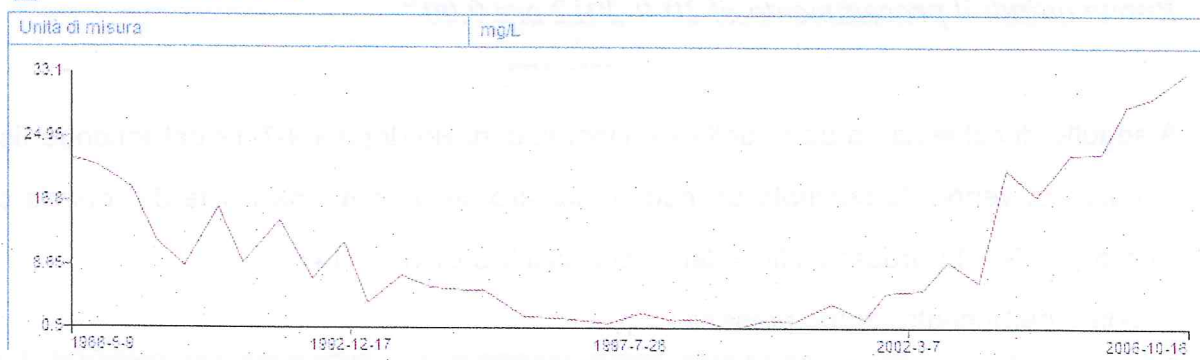


Livello piezometrico (metri s.l.m.) minimo: -999.0 massimo: -999.0

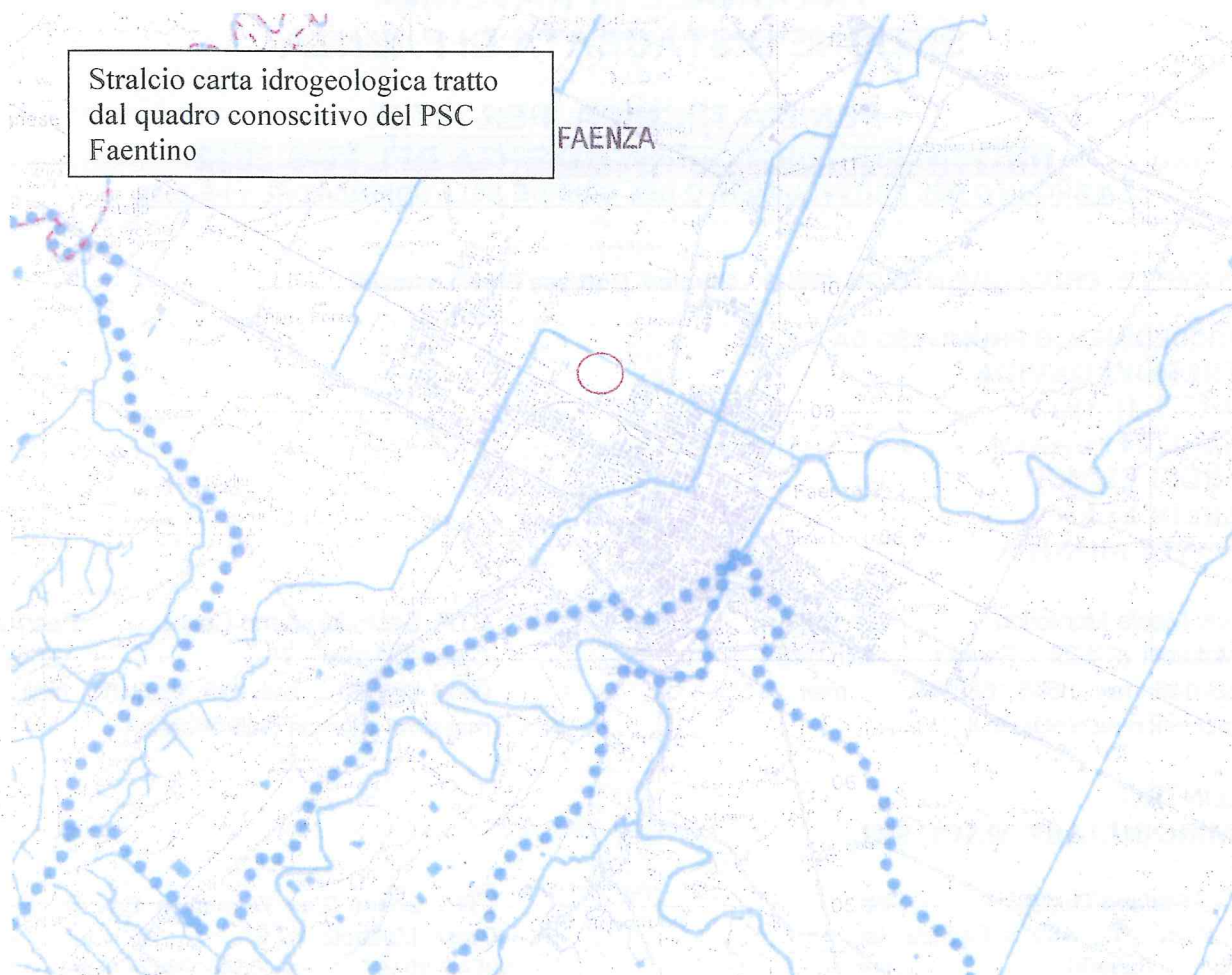
Acquifero (Classificazione secondo riserve idriche sotterranee RER) [Apri](#)

Codice A2

Grafico del Parametro: Nitrati



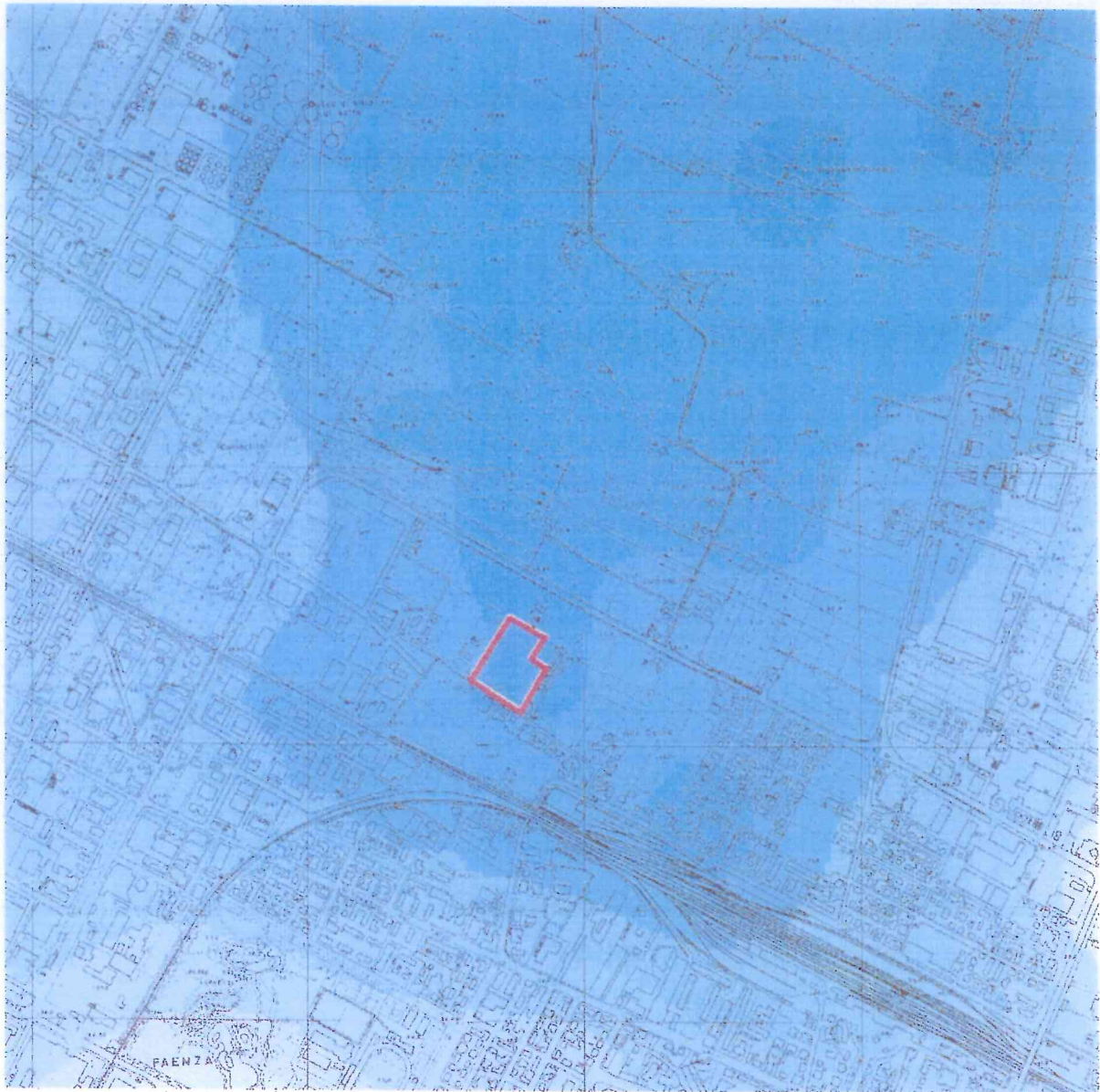
Stralcio carta idrogeologica tratto dal quadro conoscitivo del PSC Faentino




- Reticolo idrografico
- Principali invasi idrici
- ✦ Sorgenti
- Risorgive

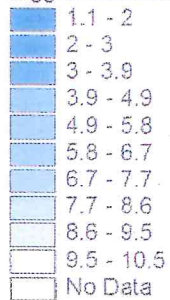
Zonazione dei terreni e delle rocce affioranti in base al grado di permeabilità (G. Castany, 1982)

- Rocce e terreni permeabili ($K > 10^{-2}$ m/s)
(Formazione Gossoso-Solfifera, "Spungone", Formazione delle Sabbie Gialle, Alluvioni dei dossi fluviali sub-attuali, Alluvioni di fondovalle e depositi alluvionali in evoluzione)
- Rocce e terreni mediamente permeabili ($10^{-3} < K < 10^{-2}$ m/s)
(Membri prevalentemente arenacei della Formazione Marnoso-Arenacea, Litofacies arenoso-sabbiosa della Formazione delle Argille Azzurre, Alluvioni di paleocorso fluviale, Alluvioni di intercorso)
- Rocce e terreni poco permeabili ($10^{-5} < K < 10^{-3}$ m/s)
(Membri prevalentemente pelitici della Formazione Marnoso-Arenacea, Litofacies pelitico-sabbiosa della Formazione delle Argille Azzurre)
- Rocce e terreni impermeabili ($K < 10^{-6}$ m/s)
(Formazione dei Ghioi di Letto, Formazione delle Argille Azzurre)



IDROGEOLOGIA

 Area di interesse
 soggiacenza falda - m da p.c.



SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA DAL PIANO DI CAMPAGNA

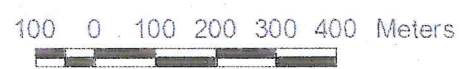
100 0 100 200 300 400 Meters





- Pozzifaenza.shp
 - ▭ Area di interesse
- Piezometria m s.l.m.
- 33 - 35
 - 31 - 33
 - 29 - 31
 - 27 - 29
 - 25 - 27
 - 23 - 25
 - 21 - 23
 - 19 - 21
 - 17 - 19
 - No Data

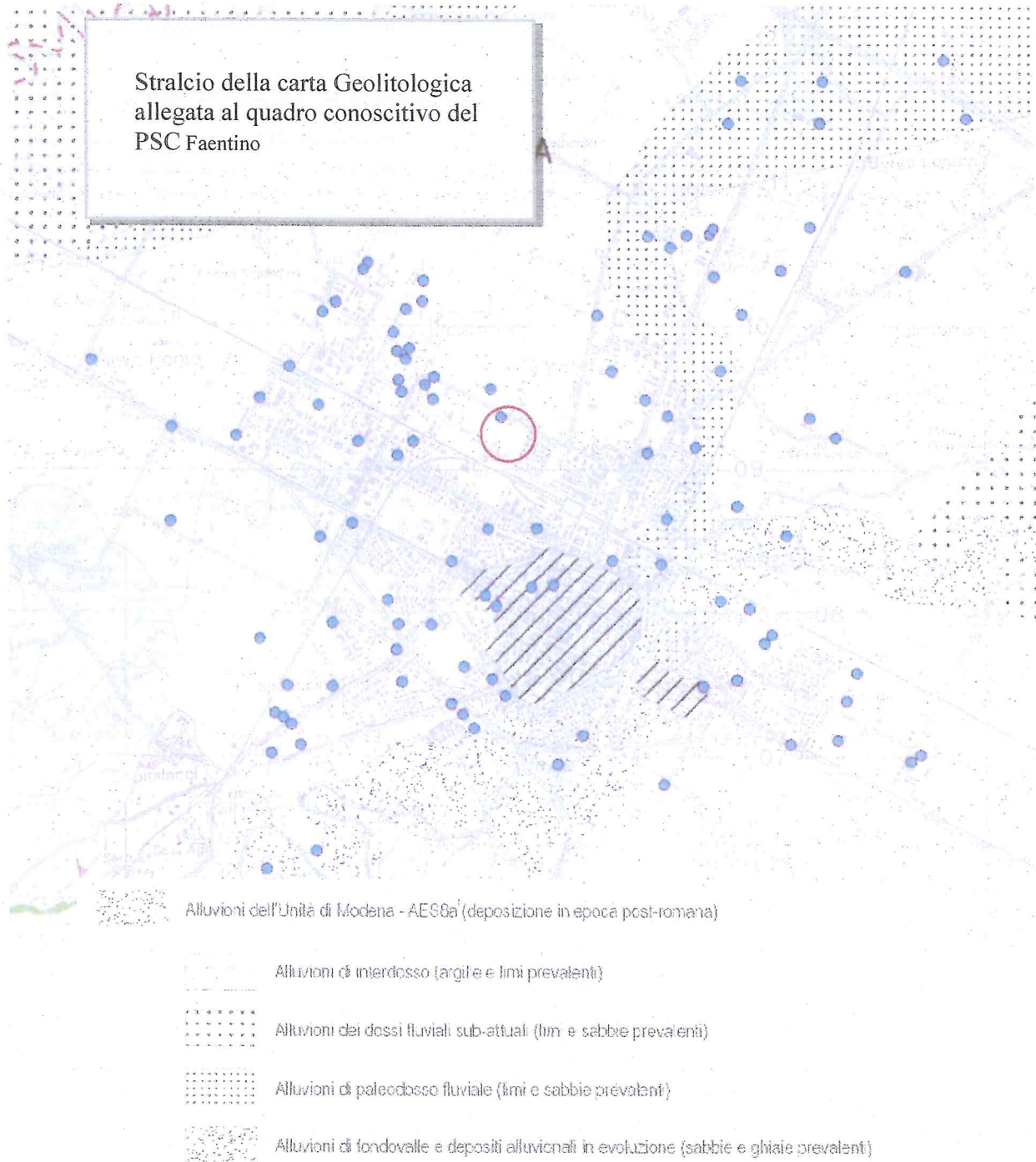
IDROGEOLOGIA FREATIMETRIA



6. LITOLOGIA SUPERFICIALE E PEDOLOGIA

La carta Geologia e dei Suoli Regionale evidenzia l'area in esame litologie di Deposito di piana inondabile (area interfluviale) - Argilla Limosa.

In base alla carta geolitologica allegata al quadro conoscitivo del PSC Faentino, l'area risulta interessata da alluvioni del Subsistema di Ravenna (p.p.) e Villa Verrucchio- AES8+AES7 - (Pleistocene superiore - Olocena)



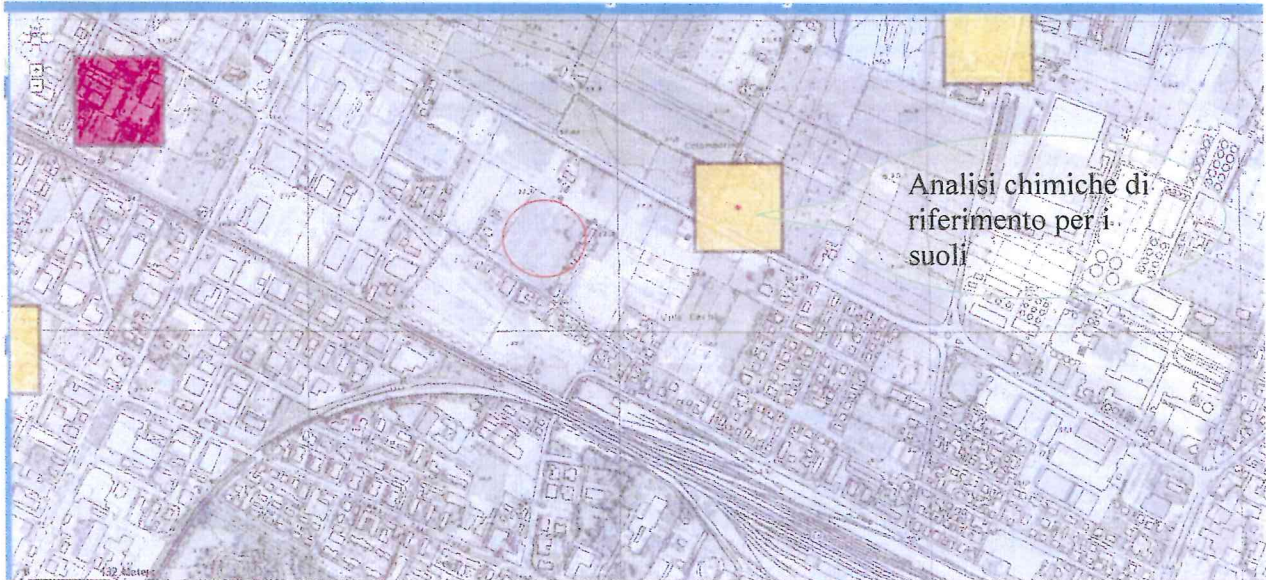
Unità alluvionali antiche e del substrato di origine marina

Alluvioni del Subsistema di Ravenna (p.p.) e Villa Verrucchio - AES8 - AES7 (Pleistocene superiore - Olocene)

La pedologia evidenzia per l'area in esame suoli appartenenti alla consociazione dei suoli CATALDI franca limosa, 0,2-1% pendente.

Alcune analisi agronomiche realizzate in adiacenza alla zona in esame realizzate dal servizio pedologico della Regione Emilia-Romagna, evidenzia i seguenti valori:

Campione Analisi terreno	Prof. cm	Sabbia %	Limo %	Argilla %	Mat. org. %	pH in H ₂ O	Calc tot %	Calc attivo %	K ₂ O ass. %	P ₂ O ₅ ass. %	N _{tot} %
578874	0-25	24	52	24	1.5	7.9	3	2	571	69	0.9



F5008 CATALDI franca argillosa limosa, 0,2-1% pendente

Descrizione introduttiva

I suoli Cataldi franco argillosi limosi, 0,2-1% pendenti sono nella piana pedemontana, in ambiente di conoide alluvionale e di interconoide alluvionale o di terrazzo alluvionale. La pendenza va da 0,2 a 1%, ma possono registrarsi pendenze fino al 5% in aree limitate, in prossimità delle scarpate di raccordo tra terrazzi fluviali nelle incisioni vallive della bassa collina. Il substrato è costituito da sedimenti alluvionali a tessitura media o moderatamente fine, calcarei; il materiale di partenza è costituito da sedimenti alluvionali a tessitura media o moderatamente fine. L'utilizzazione prevalente è a seminativo semplice ed arborato, sono presenti frutteti, vigneti e localmente prati permanenti. Questi suoli sono ampiamente diffusi in tutta la piana pedemontana della regione, ad eccezione del Piacentino dove sono scarsamente diffusi. Questi suoli hanno profondità utile alle radici elevata o molto elevata, sopra stratificazioni compatte ad accumulo di carbonati; hanno buona disponibilità di ossigeno, drenaggio buono, permeabilità media; alta capacità in acqua disponibile. La falda superficiale è generalmente assente entro 1,5 m di profondità. In un profilo di riferimento hanno orizzonti superficiali, spessi 35 cm, colore bruno grigiastro scuro, tessitura franca argillosa limosa e sono moderatamente calcarei; la parte superiore dell'orizzonte profondo (Bw), spessa 40 cm, di colore bruno oliva, con tessitura franco argillosa limosa, e molto calcarea; la parte inferiore (Bk), a partire da circa 75 cm ha colore bruno oliva chiaro, tessitura franco limosa, e molto calcarea e caratterizzata da comuni od abbondanti concentrazioni di carbonato di calcio. Questi suoli sono moderatamente alcalini fino a 150 cm di profondità.

7. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E GEOMECCANICHE

Al fine di comprendere le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dell'area oggetto di variante al PRG sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche con punta elettrica e piezocono, un tromino, un MASW, un sondaggio ed un Down Hole.

Per le prove penetrometriche CPTU è stato utilizzato un penetrometro statico elettrico dotato di punta elettrica e con piezocono costruita secondo la tipologia "Gouda" che ha permesso l'acquisizione dei dati ogni 2 cm di avanzamento.

La punta utilizzata ha dimensioni standard europee:

- Punta conica per la misura della resistenza alla punta con area pari a cm^2 10 ed angolo di 60° ;
- Manicotto per la misura dell'attrito laterale di cm^2 150;
- Sensore inclinometrico per controllare la deviazione delle aste dalla verticale;
- Sensore di temperatura per correggere deriva dovuta al cambiamento di temperatura.

Dall'esame dei dati di lettura sono state costruite le curve che si riferiscono alla resistenza alla punta (Q_c), alla resistenza all'attrito laterale (F_s) le cui rappresentazioni grafiche vengono riportate nei diagrammi allegati. Dall'indice di comportamento I_c , che è funzione di Q_c e F_s/Q_c , si è giunti alla classificazione dei terreni seguendo la metodologia suggerita dal Robertson in 1990 e utilizzando le metodologie suggerite dalla letteratura sono state ricostruite le caratteristiche meccanico-fisiche di ciascuna porzione di terreno.

Uno sguardo complessivo ai grafici ricavati dalle prove penetrometriche e dal sondaggio si evidenzia:

Unità A	<i>Da 0.0 m a -1.0 m dal p.c.</i>	
	terreno agrario di alterazione superficiale areato;	
Unità B	<i>Da -1.0 m circa a -22.0÷22.4 m dal piano di campagna</i>	
	Per questa unità si possono distinguere due sottounità.	
	<p><u>Sottounità B1</u></p> <p>profondità <i>da 1.0 m a circa -16÷17 m</i></p> <p>Alternanza tra limo argilloso e sabbia limosa con assetto litostratigrafico lentiforme</p>	<p>Alternanza tra terreni limoso argillosi a consistenza plastica e sabbioso limosi con spessore da centimetrico a decimetrico fino a metrico e addensamento da sciolto a mediamente addensato.</p> <p>I rapporti litostratigrafici risultano lentiformi ad indicazione di un ambiente deposizionale caratterizzato da divagazione dei corsi d'acqua naturali.</p> <p>I litotipi limoso argillosi presentano consistenza prevalentemente plastica. I valori penetrometrici sono mediamente compresi tra 1.3 MPa e 1.5 MPa; i livelli limoso-sabbiosi presentano valori penetrometrici medi compresi tra 2÷3 MPa e 8÷9 MPa.</p>
	<p><u>Sottounità B2</u></p> <p>profondità <i>Da circa -16÷17m a circa -22÷22.40 m</i></p> <p>Prevalenti terreni limoso argillosi</p>	<p>Limo argilloso, a luoghi a scheletro sabbioso, a consistenza plastica. I valori penetrometrici risultano mediamente compresi tra circa 1.6 MPa e 2 MPa, tendenzialmente in aumento con la profondità.</p>
Unità C	<i>Da circa -22÷22.4 m a -27.2 m dal piano di campagna</i>	
	Sabbia ghiaiosa, arresto all'avanzamento per rifiuto penetrometrico circa -22.4m, valori oltre 35 MPa.	
Unità D	<i>Da circa -27.2 m a -32 m dal piano di campagna, massima profondità indagata</i>	
	Prevalenti limi argillosi a consistenza plastica.	

Nel complesso i terreni del substrato dell'area oggetto di studio nel loro insieme presentano omogeneità litostratigrafia, in particolare in relazione al volume significativo interessato dalla opere previste nella variante al PRG.

7.1 Misure digitali del rumore sismico eseguite con il “Tromino” e misure attive SASW/MASW

Dalle misure sismiche passive (Tromino) è possibile giungere alla valutazione dell'amplificazione sismica di risonanza del substrato di interesse e della V_{s30} , valore più significativo per valutare la risposta sismica di un determinato sito.

Infatti i maggiori danni a seguito di un sisma di progetto si hanno proprio per corrispondenza tra periodo proprio del sottosuolo e quello della struttura in esame, con possibilità che si abbiano pericolosi fenomeni di risonanza.

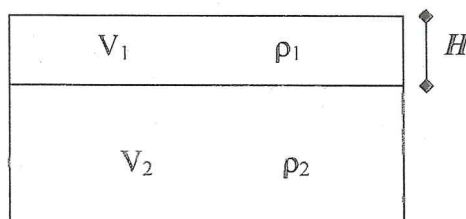
Il Tromino è uno strumento in grado di misurare i microtremori. Il tremore sismico, comunemente definito “rumore sismico”, esiste ovunque sulla superficie della terra. Esso è principalmente costituito da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Il rumore sismico è prodotto essenzialmente dal vento o dalle onde marine. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione della velocità di queste ultime.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo da rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoschi e Igaraschi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando lo schema della figura sottostante in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizioni di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4 * H}$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi dello spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando la sopra riportata equazione.



L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) in contenuto di frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

Un aspetto assai importante è che il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore.

Questo risulta molto importante a livello ingegneristico perché se un edificio ha frequenze proprie di vibrazione uguali a quelle del substrato su cui è fondato, durante un sisma, si assiste al fenomeno dell'accoppiamento delle vibrazioni. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.

La calibrazione delle misure dei microtremori è stata eseguita in base alle indagini geognostiche eseguite sul sito di indagine.

Nell'area è stato eseguito uno stendimento SASW/MASW e n. 2 Tromini, rispettivamente in corrispondenza della SASW/MASW (tromino n. T1), e della prova n. 1 (tromino n. T2) quindi utilizzato per l'inversione della curva in combinazione con la misura SASW/MASW.

Il confronto tra i due profili H/V dei due tromini, hanno evidenziato uniformità sismostratigrafica del sito oggetto di variante al PRG.

Impiegando la suddetta metodologia dei microtremori, utilizzando l'inversione H/V con il metodo proposto da Nakamura, secondo la teoria descritta da Aki (1964) e Ben-Menahem & Sing (1981), e integrando le misure con la MASW, è stato possibile ricavare una V_{s30} attorno a 224-247 m/s.

Le misure Down Hole, eseguite all'interno del sondaggio, di cui si riporta il rapporto tecnico negli allegati, ha evidenziato una $V_{s30} = 233$ m/s, valore coerente con le V_{s30} ricavate dalla MASW e dal Tromino.

L'analisi delle frequenze fondamentali di amplificazione del sito evidenzia l'amplificazione di risonanza tipica del terreno e, di conseguenza, l'altezza critica degli edifici che in caso di sisma possono entrare in risonanza con il terreno.

Nel caso specifico i contrasti sismostratigrafici risultano poco accentuati e quindi anche i possibili effetti sugli edifici saranno probabilmente poco importanti. Comunque è possibile indicare le seguenti frequenze tipiche per il deposito esaminato, significative per gli edifici

Frequenza (f=Hz)	Periodo (T=sec)
2.54	0.39
1.12	0.89

Tale aspetto risulta certamente più significativo della valutazione della V_{s30} . Infatti una struttura risulta particolarmente vulnerabile se presenta un periodo di vibrazione simile a quello del sottosuolo, potendo essere soggetta ad un fenomeno di amplificazione per risonanza.

Altezza critica degli edifici per doppia risonanza

Il modo di vibrare fondamentale dell'edificio in progetto può essere stimato utilizzando la formula riportata al paragrafo 7.3.3.2 delle NTC 2008:

$$T_1 = C_1 * H^{3/4}$$

Dove

T_1 = modo di vibrare principale dell'edificio nella direzione in esame

C_1 = coefficiente che vale 0.085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio, 0.075 per costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato, 0.05 per costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura

H = altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione.

Per gli edifici in muratura è possibile utilizzare la seguente relazione

$$10 \div 12 \text{ Hz/ frequ. Naturale coperture} = \text{numero di piani}$$

Pertanto con periodo fondamentale del sottosuolo pari a $T=0.39$ e $T=0.89$, l'altezza critica degli edifici risulterà

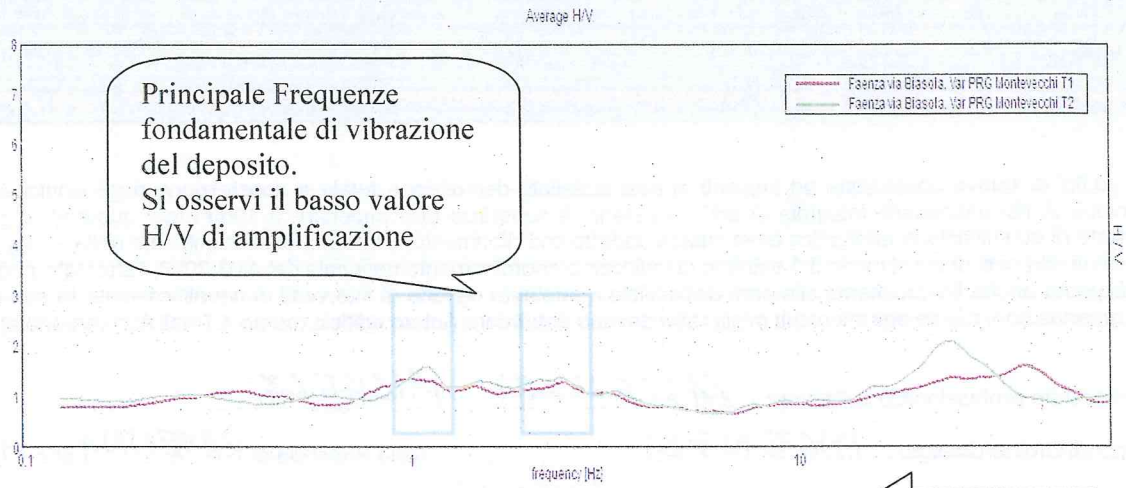
Altezza critica degli edifici per effetti di risonanza								
N. Misura	Vs30	Frequenze fondamentali di risonanza del deposito	Periodi fondamentali di risonanza del deposito	Altezza critica edifici in muratura (n. piani)		Altezza critica dal piano di fondazione di edifici a telaio in calcestruzzo armato $C_1=0.075$	Altezza critica dal piano di fondazione di edifici con struttura qualsiasi $C_1=0.05$	Altezza critica dal piano di fondazione di edifici con struttura a telaio in acciaio $C_1=0.085$
	m/s	(Hz)	T (sec)			(m)	(m)	(m)
T1	247	2.54	0.394	3.9	4.7	9.1	15.7	7.7
T2	224	0.893	0.89	8.9	10.7	27.2	46.7	23.0

I suddetti valori risultano unicamente di massima e di guida per la progettazione.

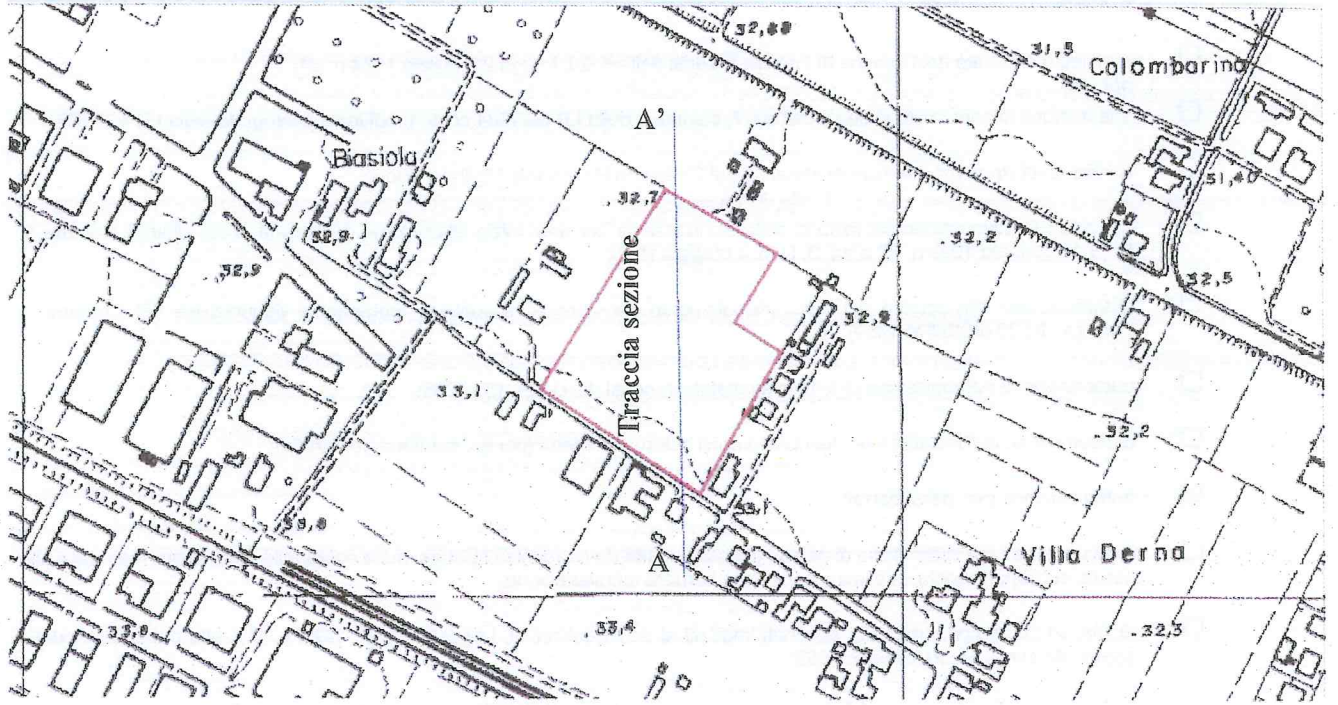
Comunque le verifiche del modello sismico sulle opere in progetto potranno essere utilmente confrontate con la frequenza fondamentale del sito indagato.

Nota: si evidenzia come il fenomeno di risonanza potrebbe essere molto attenuato per via della scarsa impedenza sismostratigrafica riscontrata nell'area in esame.

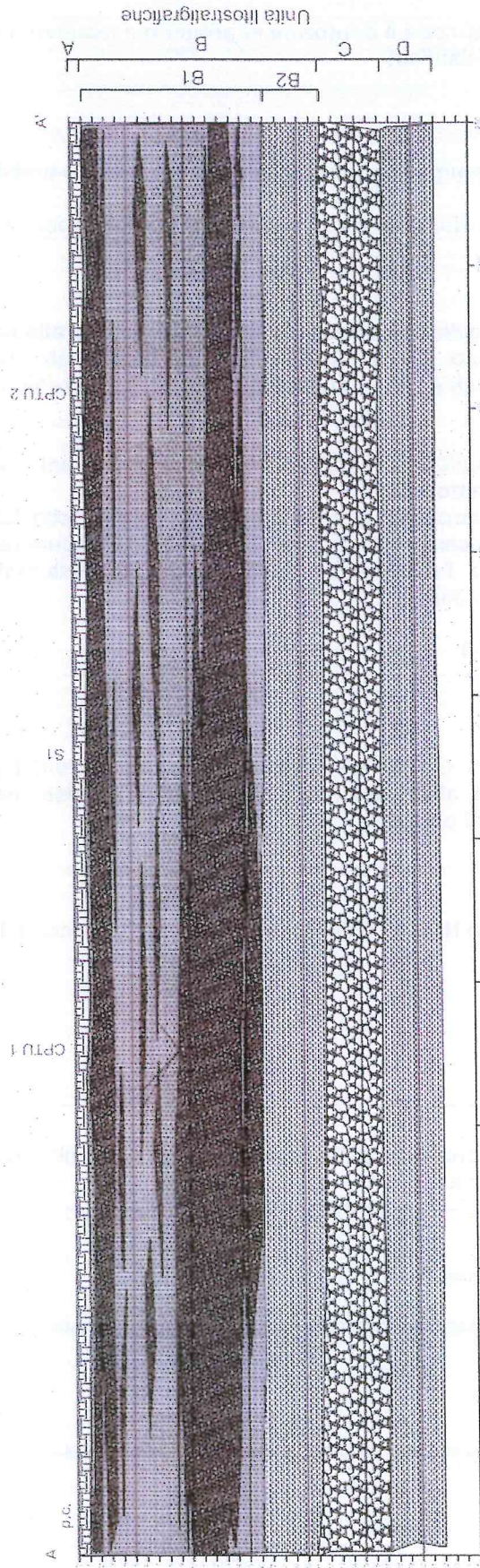
Misura dei microtremori effettuate sul sito di progetto








← profondità



SEZIONE GEOLOGICA SCHEMATICA



- Legenda
-  terreno di alterazione superficiale
 -  alternanza tra limi argillosi e livelli di limo sabbioso e sabbia limosa
 -  sabbie limose e limi sabbiosi
 -  limi argillosi plastici
 -  sabbie e sabbie ghiaiose

8. MICROZONAZIONE SISMICA

Da quanto riportato sul PSC Faentino, analisi di I livello, l'area appartiene ad un ambito con depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fin a centinaia di metri terreni, caratterizzati da valori di Vs30 variabili tra 180 e 360 m/s.

Facendo riferimento alla carta di microzonazione sismica del quadro conoscitivo del PSC di Faenza, l'area ricade nella zona 6 (fa_a) $FA_{0.1-0.5s}=1.7$ - "Ambito di conoide terrazzato con successioni regolari di alluvioni fini mediamente compatte (AE8), poggianti a profondità variabile tra 10/>25 m su ghiaie e substrato alluvionale "non rigido" (AES7 (zona urbana di Faenza p.p.)"

Pertanto ricade in una zona dove è previsto solo il II livello di approfondimento non essendo presenti terreni potenzialmente liquefacibili.

N.T.C. 14-01-2008

Le misure dei microtremori, realizzate con il "Tromino", confrontate con le indagini geognostiche realizzate nella zona, hanno permesso di verificare una Vs30 attorno a 224÷247 m/s, quindi suoli di categoria C.

Zona sismica	2
Latitudine	44.3002
Longitudine	11.8768
Tipo di opera	2
Classe d'uso	Classe II
Vita Nominale (V _N)	>=50 anni
Coefficiente d'uso (C _U)	1.0
Vita di riferimento (V _N x C _U)	50 anni
Accelerazione su suolo di riferimento rigido - SLV (ag/g)	0.209
Categoria di sottosuolo	C
Coefficiente di amplificazione per tipo di suolo (S)	1.39
Categoria topografica (T1)	1.0
Coefficiente di amplificazione per categoria topografica (S _T)	1.0
Accelerazione massima al suolo (a _{max} /g)= (ag/g)*S*S _T	0.291

D.G.R. n. 112/2007

L'area di interesse si trova in ambiente di "PIANURA 2" avendo il substrato con $v_s > 800$ m/s ad una profondità sicuramente attorno o superiore ai -100 m, come riscontrabile dalla Carta Sismotettonica pubblicata dalla Regione Emilia-Romagna e ricavabile dai pozzi profondi realizzati nella zona.

Sempre da tale cartografia si osserva che il meccanismo focale sismico si riferisce a comportamenti compressivi (faglia inversa).

Al comune di Faenza viene attribuita una accelerazione massima al suolo riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s) corrispondente ad $a_g = 0.205g$.

In ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (≈ 100 m da p.c.) (PIANURA 2) si devono usare le seguenti tabelle.

F.A. P.G.A.

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Considerando che le prove geofisiche hanno evidenziato V_{s30} media attorno a 230 m/s, i fattori di amplificazione da utilizzare saranno

- F.A. P.G.A. = 1.5
- F.A. INTENSITA' SPETTRALE $0.1s < T_0 < 0.5s$ = 1.8
- F.A. INTENSITA' SPETTRALE $0.5s < T_0 < 1.0s$ = 2.5

Per quanto riguarda l' a_g al suolo attribuita al sito in esame, facendo sempre riferimento alla già citata D.G.R., si ha un valore pari a $a_g = 0.205 * 1.5 = 0.307g$, quindi superiore a quanto ottenuto seguendo le procedure della normativa nazionale.

A titolo indicativo in appendice viene riportato la modellazione sismica del sito di interesse con l'utilizzo del modello EERA. Le elaborazioni hanno evidenziato valori di accelerazione sismica al suolo compresa tra $a_g = 0.23$ ed $a_g = 0.27$, valori in ogni caso inferiori sia a quanto ricavata in base alle NTC 2008 che alla D.G.R. n.112/2007.

OSSERVAZIONI SISMICHE DISPONIBILI PER FAENZA (tratto da INGV)

Codice Descrizione del parametro

Loc denominazione della località (sito)

(secondo l'authority modificata come descritto al paragrafo 4) Lat latitudine del sito

(idem) Lon longitudine del sito

(idem) Is intensità al sito (x10)

(si ricorda che valori tipo 65, 75 stanno per 6/7, 7/8; essi indicano incertezza fra i due valori interi, non valori "intermedi" di intensità)

Sc casi particolari (special case).

Può assumere i seguenti valori (App.2):

DL località abbandonata (deserted locality)

AL località assorbita (absorbed locality)

MS agglomerato multiplo (multiple settlement)

TE territorio (territory)

SS piccolo agglomerato (small settlement)

SB edificio isolato (solitary building)

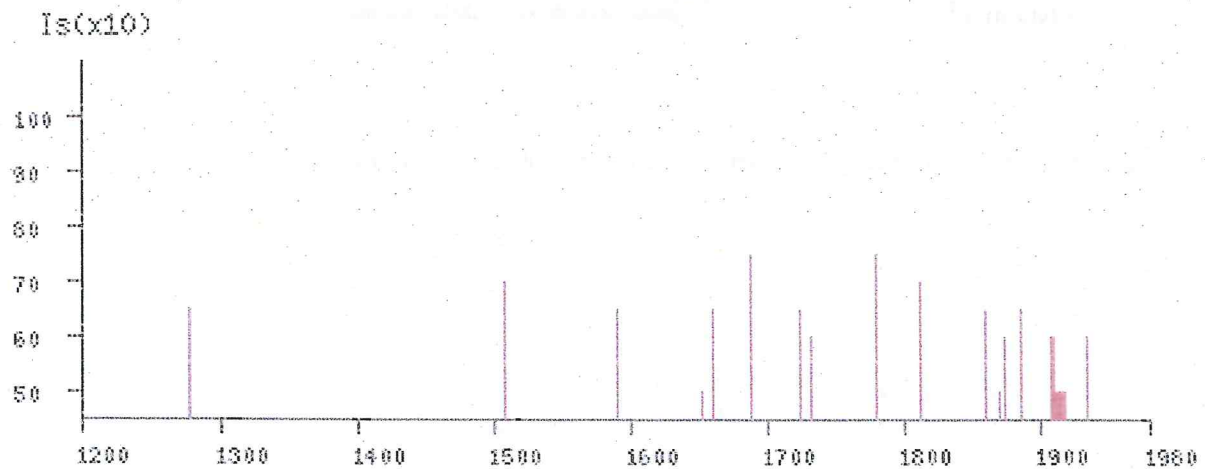
ID danno a singolo edificio (isolated damage)

Osservazioni sismiche (46) disponibili per
FAENZA (RA) [44.288, 11.881]

Data					Effetti	in occasione del terremoto di:			
Ye	Mo	Da	Ho	Mi	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix	Ms	
1688	04	11	11	30	75	ROMAGNA	90	62	
1781	04	04			75	FAENTINO	90	62	
1509	04	19			70	FAENZA	70	50	
1781	07	17	09	10	70	FAENTINO	80	55	
1813	09	21			70	FAENZA	70	50	
1279	04	30			65	ROCCA SAN CASCIANO	75	52	
1591	07	10			65	FORLI`	65	47	
1661	03	22	12	45	65	CIVITELLA DI ROM.	90	62	
1725	10	28			65	FAENTINO	70	50	
1861	10	16			65	FORLI`	70	47	
1887	09	30	15	52	65	FAENZA	65	44	
1732	08	09			60	FAENZA	60	44	
1875	03	17			60	RIMINI	80	52	
1909	01	13	00	45	60	BASSA PADANA	65	54	
1911	02	19	07	18	60	FORLIVESE	75	52	
1935	06	05	11	48	60	FAENTINO	60	51	
1117	01	03	13		D	VERONESE	90	64	
1653	08	15			50	CESENA	65	47	
1870	10	30			50	MELDOLA	80	55	
1913	07	21	22	35	50	VALLE DEL LAMONE	60	47	

1914	10	27	09	22	50	GARFAGNANA	70	58
1916	08	16	07	06	50	RIMINESE	80	61
1918	11	10	15	12	50	S.SOFIA	80	58
1919	06	29	15	06	50	MUGELLO	90	63
1931	04	05	13	34	45	FAENTINO	65	47
1672	04	14	15	15	40	RIMINI	80	55
1929	07	18	21	02	40	MUGELLO	70	47
1930	10	30	07	13	40	SENIGALLIA	85	60
1936	10	18	03	10	40	BOSCO CANSIGLIO	90	58
1924	01	02	08	55	35	SENIGALLIA	75	55
1931	09	05	01	26	35	FIRENZUOLA	70	47
1956	05	26	18	40	35	S. SOFIA	65	47
1980	11	23	18	34	35	IRPINIA-LUCANIA	100	69
1505	01	03	02		F	BOLOGNA	70	50
1828	10	08			F	FORLI`	65	47
1768	10	19	23		30	S.SOFIA	80	55
1881	02	12			30	RUSSI	65	47
1929	04	20	01	09	30	BOLOGNESE	75	54
1951	05	15	22	54	30	LODIGIANO	60	49
1952	07	04	20	35	30	ROCCA SAN CASCIANO	60	44
1957	04	17	02	22	30	S. SOFIA	60	42
1972	10	25	21	56	30	PASSO CISA	50	47
1874	10	07			25	IMOLESE	70	50
1971	07	15	01	33	10	PARMENSE	80	54
1904	02	25	18	47	NF	APP. REGGIANO	75	53
1904	11	17	05	02	NF	PISTOIESE	70	50

Storia sismica di FAENZA (RA)

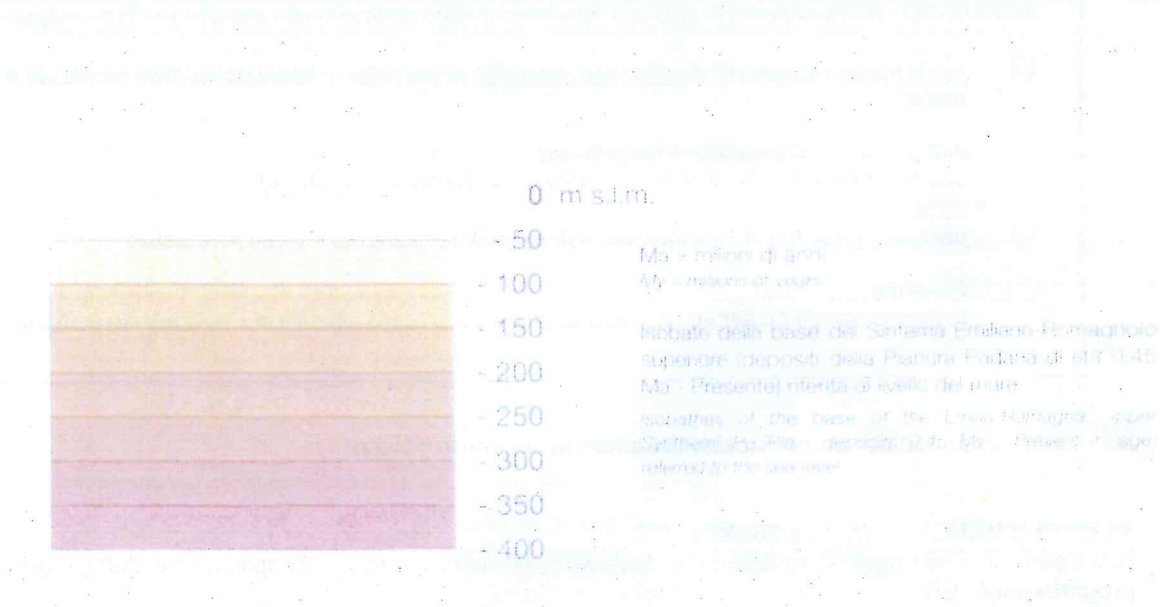


RISEA: LA RIFORMAZIONE E I FORI
 L'EVOLUZIONE DEL TERRITORIO

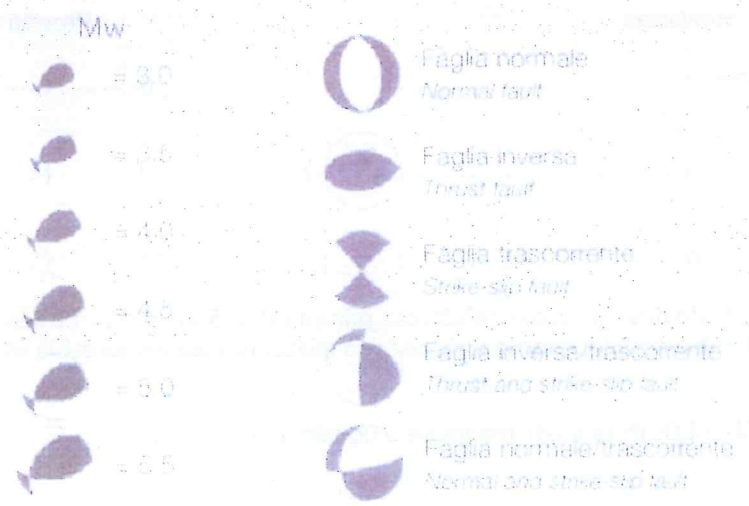


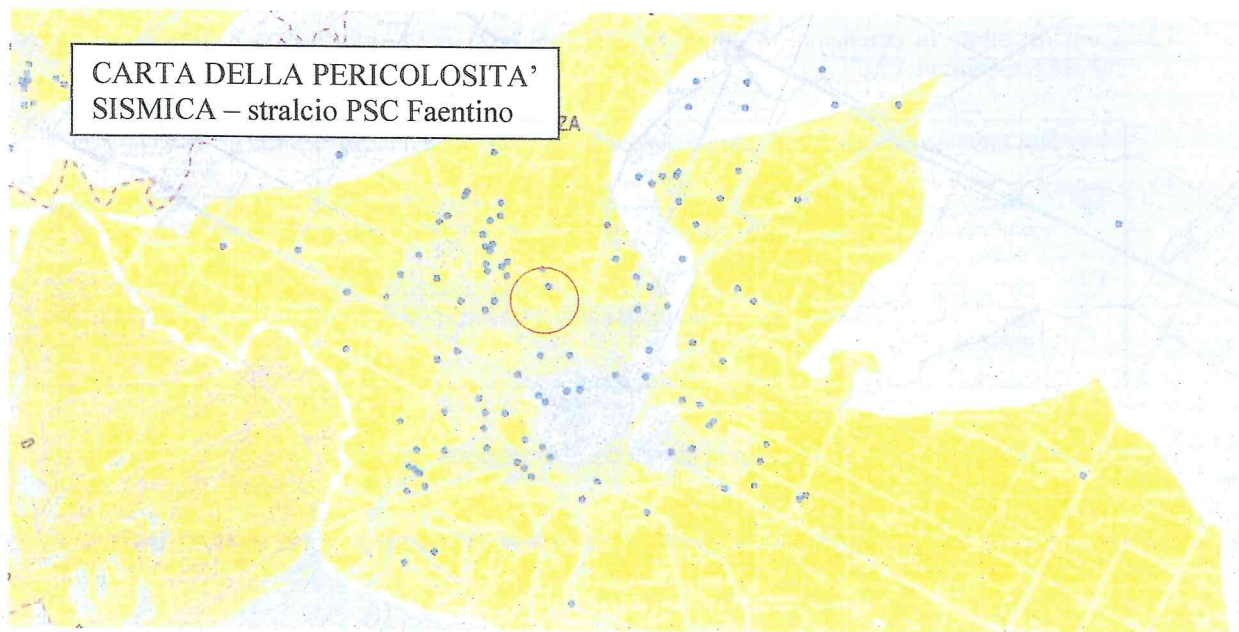
Formazioni geologiche quaternarie e terziarie (1-7) e
 Nivola (8) - Riese e Riese del Sud

- 1 Depositi di origine e alluvionali intramontani (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma. Pleistocene medio (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma. Pleistocene medio (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma.
- 2 Depositi alluvionali terrazzati della Pianura Padana (Pleistocene medio e superiore) Opere 1-5 Ma. Pleistocene medio (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma.
- 3 Depositi di origine e alluvionali intramontani (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma. Pleistocene medio (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma.
- 4 Depositi di origine e alluvionali intramontani (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma. Pleistocene medio (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma.
- 5 Depositi di origine e alluvionali intramontani (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma. Pleistocene medio (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma.
- 6 Depositi di origine e alluvionali intramontani (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma. Pleistocene medio (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma.
- 7 Depositi di origine e alluvionali intramontani (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma. Pleistocene medio (Pleistocene medio) Opere 1-5 Ma.



Meccanismi focali *Earthquake focal solutions*

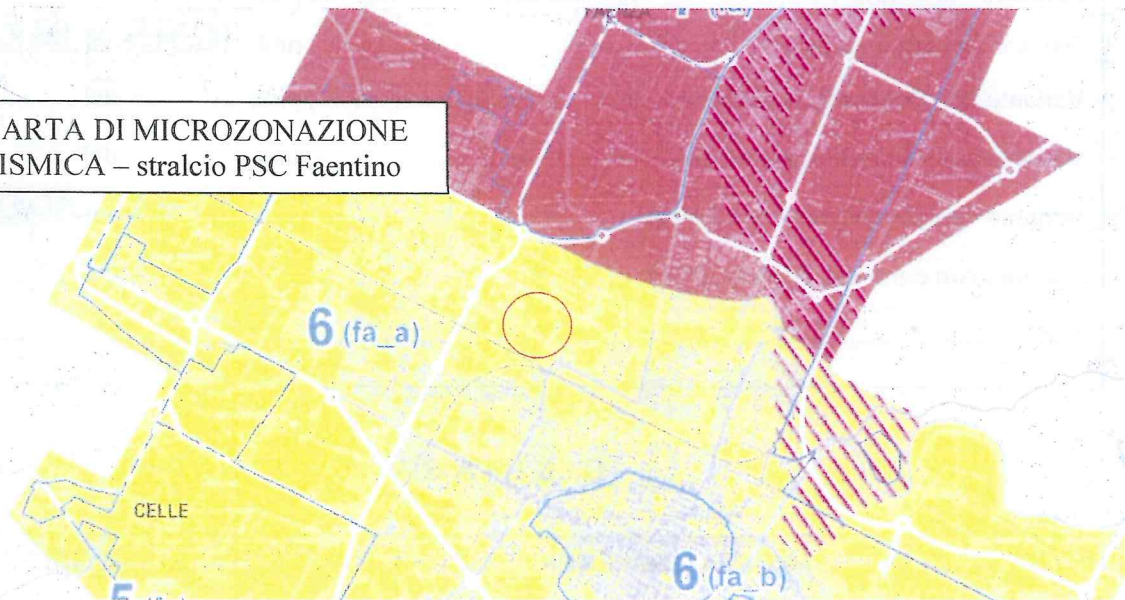




Categorie di suolo di fondazione

- A - Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati d'alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5m
 - B - Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decime di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 600 m/s
 - C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decime fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s
 - C/D - Depositi di terreni granulari da sciolti a mediamente addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS30 variabili tra <180 e 360 m/s
 - E - Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C e C/D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 >> 360 m/s
- Isobata 20 metri del substrato rigido

CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA – stralcio PSC Faentino



Zone di amplificazione stratigrafica:

3 (fa)	FA _{3,10,5} = 1,4 Ambiti di zona in falda di alluvioni (AE3fa) con substrato roccioso (terziario) (Argille Azzone) a profondità di pochi metri (Mazzoni p.p.)
5 (fa)	FA _{5,10,5} = 1,6 Ambiti di zona pianura con depositi recenti di alluvioni (argille compatte e parzialmente ghiaiose) (AE5f, AE5g) poggianti a profondità variabile tra 10-25m su substrato marino (terziario) (Argille Azzone - Sabbie Galle - Costa Cella-Pesolera)
6 (fa_a)	FA _{6,10,5} = 1,7 Ambiti di zona terrazzata con successioni regolari di alluvioni compatte (AE6f) poggianti a profondità variabile tra 10-25m argillacee e sabbie (alluvioni "terziarie") (AE6g) (Costa Cella di Faenza) p.p.
6 (fa_b)	FA _{6,10,5} = 1,7 Ambiti di zona terrazzata ripiani di fondovalle con successioni regolari di alluvioni (argille compatte e parzialmente ghiaiose) (AE6f, AE6g) poggianti a profondità variabile tra 10-25m su alluvioni e sabbie (alluvioni "terziarie") (AE6h) (Costa Cella di Faenza) p.p.
6 (fa_c)	FA _{6,10,5} = 1,7 Ambiti di zona terrazzata ed alluvioni con successioni regolari di alluvioni compatte e parzialmente ghiaiose (AE6f) poggianti a profondità variabile tra 5-10m su substrato marino (terziario) (Argille Azzone - Sabbie Galle - Costa Cella - Fontana)
6 (fa_d)	FA _{6,10,5} = 1,7 Ambiti di zona piano e fanale con successioni (spesso > 30m) di alluvioni (argille compatte) (AE6f, AE6h) (Faenza) p.p.
6 (fa_e)	FA _{6,10,5} = 1,7 Ambiti di zona terrazzata ed alluvioni con successioni regolari di alluvioni compatte e parzialmente ghiaiose (AE6f) poggianti a profondità variabile tra 5-10m su substrato marino (terziario) (Argille Azzone) (Mazzoni) p.p.
7 (fa)	FA _{7,10,5} = 1,8 Ambiti di zona - Falda di zone due successioni irregolari di alluvioni (argille compatte) (AE7f, AE7g) poggianti a profondità variabile tra 10-25m su ghiaie (AE7h) e sabbie (alluvioni "terziarie") (AE7i) (Costa Cella di Faenza, Fontana Faentina, Mazzoni, Riva, Capaci, Prato, Fontana)
8 (fa_a)	FA _{8,10,5} = 1,9 Ambiti di zona pianura e pianura di fondovalle con successioni regolari di alluvioni (argille compatte e parzialmente ghiaiose) (AE8f, AE8g) poggianti a profondità variabile tra 10-25m su ghiaie e sabbie (alluvioni "terziarie") (AE8h) (Costa Cella di Faenza) p.p.
8 (fa_b)	FA _{8,10,5} = 1,9 Ambiti di zona terrazzata ed alluvioni con successioni regolari di alluvioni parzialmente ghiaiose (AE8f, AE8g) poggianti a profondità variabile tra 5-10m su substrato marino (terziario) (Argille Azzone - Sabbie Galle - Costa Cella di Faenza) p.p.
8 (fa_c)	FA _{8,10,5} = 1,9 Ambiti di zona in falda di alluvioni parzialmente deluviali (Argille Azzone - Sabbie Galle) (Riva di Prato)
10 (fa)	FA _{10,10,5} > 2 Ambiti di zona terrazzata ed alluvioni con successioni irregolari di alluvioni (argille compatte e parzialmente ghiaiose) (AE10f, AE10g) poggianti a profondità variabile tra 5-10m su substrato marino (terziario) (Argille Azzone) (E. S. p.p.)

Zone in cui è previsto come necessario il III livello di approfondimento



Zone con terreni potenzialmente liquefacibili

Ambiti di zona in falda di alluvioni (argille compatte) (AE10f, AE10g) poggianti a profondità variabile tra 5-10m su substrato marino (terziario) (Argille Azzone) (E. S. p.p.)

Mappe interattive di pericolosità sismica

Strumenti

- Ritorna alla mappa iniziale
- Ridisegna mappa
- Zoom In
- Zoom Out
- Ricentra sul punto
- Grafico sul punto griglia
- Grafico di disaggregazione

Scala:
(valori consentiti: 50.000 - 7.500.000)
Scala: 62000

Coordinate del centro della mappa
Latitudine: 44.3
Longitudine: 11.876

Cambia scala/centro

Ricerca Comune
Il nome contiene:

Selezione mappa

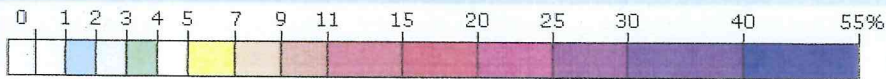
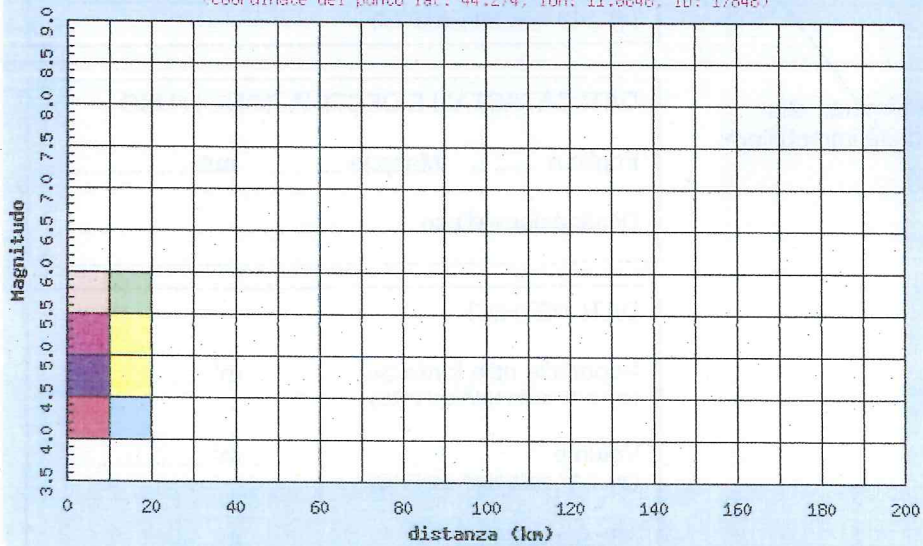
Visualizza punti della griglia riferiti a: Parametro dello scuotimento: a(g) Probabilità in 50 anni: 10% Percentile: 50 Periodo spettrale (sec): 0.7

Ridisegna mappa

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
0 0.40.81.21.6 2 km

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

(Coordinate del punto lat: 44.274, lon: 11.8646, ID: 17848)



Contributo percentuale alla pericolosità

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinata del punto lat: 44.274, lon: 11.8846, ID: 17848)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	18.200	34.800	20.400	7.850	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.320	5.120	6.010	3.910	0.118	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.088	0.725	0.981	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.023	0.203	0.045	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.032	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.930	6.690	1.040

8.2 Liquefazione

Una sollecitazione sismica provoca una messa in accelerazione delle particelle del suolo che possono determinare liquefazione e/o modificazioni topografiche dell'area.

Ciò avviene in misura maggiore per quei terreni incoerenti poiché i granuli sottoposti a vibrazione perdono resistenza di attrito e quindi vengono favoriti fenomeni di scorrimento con assestamenti e rifluimenti, con possibili processi di liquefazione in caso di terreni saturi di acqua.

La coesione conserva invece la sua efficacia, indipendentemente dalla vibrazione; quindi i terreni coerenti presentano, praticamente, inalterata la resistenza alle azioni taglianti rapide e con essi sono più rari cedimenti delle opere per assestamenti e rifluimenti generati da azioni dinamiche quali quelle sismiche.

In senso stretto la liquefazione è lo stato raggiunto dai terreni sabbiosi sciolti saturi quando perdono la loro resistenza al taglio come conseguenza di un incremento delle pressioni interstiziali.

In senso più ampio con liquefazione si intende un termine generale che descrive differenti fenomeni fisici osservati in terreni sabbiosi sciolti saturi durante l'applicazione rapida di carichi o durante un terremoto.

Tutti i fenomeni collegati alla liquefazione sono causati da un incremento di pressione interstiziali in condizioni di carico non drenate.

Tali fenomeni possono includere grandi deformazioni di terreno, che possono essere catastrofiche, ma anche effetti minori che possono ridurre la funzionalità di edifici, infrastrutture, etc.

Si possono distinguere tre tipologie di liquefazione che producono effetti diversi:

- *Fluidificazione (flow liquefaction)* – elevati sforzi di taglio statici preesistenti, condizioni pendio acclivi o di near field - movimenti del terreno elevati e rapidi, anche dopo il terremoto, perdita di capacità portante degli edifici, frane;
- *Mobilità ciclica (cyclic mobility)* – deboli sforzi di taglio preesistenti, condizioni di pendio lieve o di near field - si hanno deformazioni permanenti in superficie e limitate (lateral spreading);
- *Liquefazione ciclica (cyclic liquefaction)* – assenza di sforzi di taglio statici preesistenti, condizioni di free field e piano di campagna orizzontale – crateri e vulcanelli di sabbia, fuoriuscita di acqua e sabbia.

Per l'area in esame sono state eseguite verifiche di liquefazione con il metodo AGI (2005) e Robertson (1998), facendo riferimento a favore della sicurezza ad una magnitudo momento corrispondente a $M=5.5$, decisamente superiore rispetto a quella attesa sul sito per un sisma di progetto con tempi di ritorno di 475 anni, che è pari a $M=4.93$, come ricavato dal sito INGV.

Le verifiche eseguite hanno evidenziato un indice di potenziale di liquefazione basso. Il che esclude la possibilità che sull'area oggetto di variante si possano manifestare fenomeni di liquefazione catastrofici a seguito di un sisma di progetto.

Si consideri inoltre che i sedimenti non sono recenti, appartenendo a depositi AES8 la cui formazione risulta di età pre-romana e quindi hanno già subito nella loro storia tensionale gli effetti di un sisma con magnitudo significativa.

Infine dai grafici di valutazione della liquefazione si osserva che i depositi che possono potenzialmente essere soggetti al fenomeno di liquefazione si trovano a profondità superiore a 8÷9 m, escludendo di fatto la possibilità di fuoriuscita di acqua e fango alla superficie con significative modifiche della morfologia di superficie che corrisponde alla tipologia di liquefazione più gravosa per le opere.

Inoltre i cedimenti post sisma, sia dovuti alla parte granulare sia ai terreni fini, risultano compatibili nei termini degli SLU per le strutture previste, essendo compresi tra circa 8 cm ed un massimo di 14 cm. Pertanto in caso di un sisma di progetto non si avrà collasso della struttura causa cedimenti del terreno.

Infine si osserva che la magnitudo momento media della zona per un sisma di progetto con tempi di ritorno di 475 anni, evento atteso per il sito in esame in base ai calcoli di disaggregazione proposti dall'INGV, risulta inferiore al valore di $M=5$ ($M=4.93$) limite per cui le energie sono tali da poter indurre eventuali fenomeni di liquefazione.

9. CONSIDERAZIONE GEOTECNICHE

9.1 Metodo utilizzato per la valutazione dei parametri geotecnici caratteristici

Un aspetto essenziale del metodo degli stati limite riguarda la scelta dei parametri da introdurre nel modello di calcolo. Relativamente ai calcoli geotecnici con il criterio degli stati limite si devono considerare nelle relazioni i parametri caratteristici.

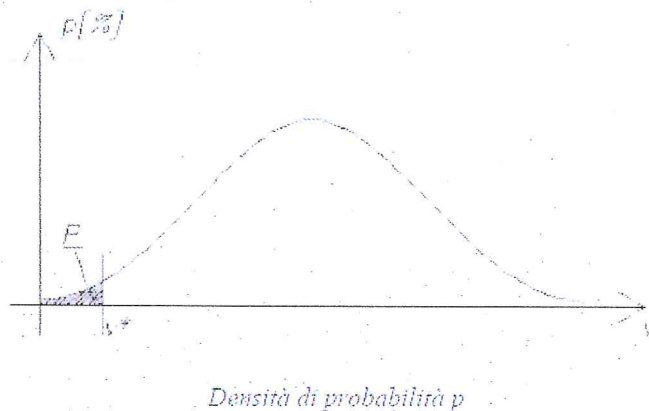
In base all'EC7, al punto 2.4.5.2.2(P), il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore di influenza all'insorgere dello stato limite.

Da ciò discende:

- *Stima cautelativa*: si tratta di una stima che deve essere a favore della sicurezza. Cioè si deve tenere conto dell'incertezza esistente in geotecnica dovuta alla notevole variabilità delle proprietà dei depositi nonché all'incertezza dovuta alle informazioni non complete generalmente a disposizione tramite prove in situ e di laboratorio;
- *Valore che influenza l'insorgere dello stato limite*: il valore caratteristico è in funzione dello stato limite considerato, ad esempio la rottura al collasso verticale della fondazione. Si osserva che se invece della rottura al collasso verticale, esaminiamo la rottura allo slittamento, il valore del parametro geotecnico sarà generalmente diverso.

L'unica metodologia delineata dall'EC7 per la definizione dei valori caratteristici è di natura statistica, anche se questa non è resa obbligatoria, cioè non deve necessariamente essere adottata dai singoli stati membri.

Nel caso specifico utilizzando il metodo statistico il valore caratteristico di un particolare parametro di calcolo è definito come quel valore al quale è associato una determinata probabilità di non superamento.



Osservando la sopra riportata figura si rileva che P è la probabilità di non superamento della variabile v connessa al valore v^* (valore caratteristico cercato se $P=5\%$). v^* viene quindi calcolato imponendo che l'area P sia uguale a 5%.

In particolare in funzione del volume di terreno coinvolto nello stato limite considerato si possono presentare le seguenti situazioni:

1. Elevati volumi di terreno;
2. Piccoli volumi di terreno.

1. Elevati volumi di terreno

Quando la zona di influenza coinvolge elevati volumi di terreno bisogna selezionare un 5° percentile della distribuzione media.

$$x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0.95} \left(\frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

Dove:

x_k = valore caratteristico desiderato

\bar{x} = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

t = valore della distribuzione di student ad n-1 gradi di libertà con probabilità u=95% (ossia $1-\alpha=0.95$ o alternativamente, $\alpha=0.05$)

s = deviazione standard del campione

n = numero di dati

2. Piccoli volumi di terreno

Nel caso che la rottura sia locale, ossia interessi volumi relativamente piccoli del terreno, la formula da applicare è la seguente.

$$x_k = \bar{x} \pm z_{0.05} \cdot s \approx \bar{x} \pm 1.645 \cdot s$$

Dove:

x_k = valore caratteristico desiderato

\bar{x} = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

z = distribuzione normale standardizzata

s = deviazione standard del campione

3. Campioni di scarsa numerosità

Per campioni di scarsa numerosità è possibile utilizzare anche la più generica equazione di Schneider, che offre la seguente formula semplificata:

$$x_k = \bar{x} * 1 - \frac{COV}{2}$$

Dove:

x_k = valore caratteristico desiderato

\bar{x} = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

COV = covarianza

Diversi autori propongono valori di covarianza per i vari parametri geotecnici

Shneider (1997)

Angolo di attrito = 10%

Coesione = 40%

Modulo di comprimibilità = 40%

Phoon et al. 1995

Peso di volume naturale = 7%

Valore di q_c (MPa) per sabbie = 38%

Valore di q_c (MPa) per argille limose = 27%

Valore di q_T (MPa) per argille = 8%

Densità relativa (%) per sabbie = 10-40%

9.2 Valutazione dei parametri geotecnici caratteristici

Nel caso in esame, in base alla tipologia di edifici previsti nella lottizzazione, si ipotizza:
Fondazioni a platea e fondazioni nastroformi alla profondità di circa 1.0 metri;

Parametro per fondazioni superficiali di larghezza B = 1 m		Condizioni non drenate			
		Valore Caratteristico per Elevati Volumi	Valore Caratteristico per Piccoli Volumi	Valore Media	Deviazione Standard
ANGOLO DI ATTRITTO	ϕ □	n/a	n/a	n/a	n/a
COESIONE DRENATA	C'	n/a	n/a	n/a	n/a
COESIONE NON DRENATA	Cu	1.1 daN/cm ^q	0.9 daN/cm ^q	1.1 daN/cm ^q	0.13 daN/cm ^q
ANGOLO DI ATTRITTO A VOLUME COSTANTE	ϕ CV	n/a	n/a	n/a	n/a
COEFFICIENTE DI POISSON	P			0.28	
MODULO ELASTICO	E	292 daN/cm ^q	191 daN/cm ^q	305 daN/cm ^q	69 daN/cm ^q
Ki DI WINKLER VERTICALE PER PIASTRA 30 CM	Ki			3.28 daN/cm ^c	
Kw DI WINKLER VERTICALE PER FONDAZIONE B = 1 m	Kw			3.32 daN/cm ^c	
DENSITA' DEL TERRENO	ρ □	1867 daN/mc	1814 daN/mc	1874 daN/mc	36 daN/mc
DENSITA' SECCO DEL TERRENO	ρ S	1467 daN/mc	1414 daN/mc	1474 daN/mc	36 daN/mc

Parametro per fondazioni superficiali di larghezza B = 1 m		Condizioni drenate			
		Valore Caratteristico per Elevati Volumi	Valore Caratteristico per Piccoli Volumi	Valore Media	Deviazione Standard
ANGOLO DI ATTRITTO	ϕ □	30.5 °	21.6 °	31.5 °	6 °
COESIONE DRENATA	C'	0.5 daN/cm ^q	0.5 daN/cm ^q	0.5 daN/cm ^q	0 daN/cm ^q
COESIONE NON DRENATA	Cu	n/a	n/a	n/a	n/a
ANGOLO DI ATTRITTO A VOLUME COSTANTE	ϕ CV	n/a	n/a	n/a	n/a
COEFFICIENTE DI POISSON	P			0.29	
MODULO ELASTICO	E	278 daN/cm ^q	175 daN/cm ^q	289 daN/cm ^q	69 daN/cm ^q
Ki DI WINKLER VERTICALE PER PIASTRA 30 CM	Ki			2.93 daN/cm ^c	
Kw DI WINKLER VERTICALE PER FONDAZIONE B = 1 m	Kw			3.16 daN/cm ^c	
DENSITA' DEL TERRENO	ρ □	1859 daN/mc	1802 daN/mc	1865 daN/mc	38 daN/mc
DENSITA' SECCO DEL TERRENO	ρ S	1459 daN/mc	1402 daN/mc	1465 daN/mc	38 daN/mc

Parametro per fondazioni superficiali di larghezza B = 10 m		Condizioni non drenate			
		Valore Caratteristico per Elevati Volumi	Valore Caratteristico per Piccoli Volumi	Valore Media	Deviazione Standard
ANGOLO DI ATTRITTO	ϕ □	n/a	n/a	n/a	n/a
COESIONE DRENATA	C'	n/a	n/a	n/a	n/a
COESIONE NON DRENATA	Cu	0.89 daN/cm ²	0.62 daN/cm ²	0.89 daN/cm ²	0.16 daN/cm ²
ANGOLO DI ATTRITTO A VOLUME COSTANTE	ϕ cv	n/a	n/a	n/a	n/a
COEFFICIENTE DI POISSON	P			0.36	
MODULO ELASTICO	E	255 daN/cm ²	131 daN/cm ²	260 daN/cm ²	78 daN/cm ²
Ki DI WINKLER VERTICALE PER PIASTRA 30 CM	Ki			2.65 daN/cm ²	
Kw DI WINKLER VERTICALE PERFONDAZIONE B = 10 m	Kw			0.3 daN/cm ²	
DENSITA' DEL TERRENO	ρ □	1799 daN/m ³	1701 daN/m ³	1803 daN/m ³	62 daN/m ³
DENSITA' SECCO DEL TERRENO	ρ s	1399 daN/m ³	1301 daN/m ³	1403 daN/m ³	62 daN/m ³

Parametro per fondazioni superficiali di larghezza B = 10 m		Condizioni drenate			
		Valore Caratteristico per Elevati Volumi	Valore Caratteristico per Piccoli Volumi	Valore Media	Deviazione Standard
ANGOLO DI ATTRITTO	ϕ □	28.9 °	20.3 °	29.2 °	5.4 °
COESIONE DRENATA	C'	0.23 daN/cm ²	0.00	0.25 daN/cm ²	0.19 daN/cm ²
COESIONE NON DRENATA	Cu	n/a	n/a	n/a	n/a
ANGOLO DI ATTRITTO A VOLUME COSTANTE	ϕ cv	n/a	n/a	n/a	n/a
COEFFICIENTE DI POISSON	P			0.36	
MODULO ELASTICO	E	273 daN/cm ²	88 daN/cm ²	279 daN/cm ²	116 daN/cm ²
Ki DI WINKLER VERTICALE PER PIASTRA 30 CM	Ki			2.68 daN/cm ²	
Kw DI WINKLER VERTICALE PERFONDAZIONE B = 10 m	Kw			0.32 daN/cm ²	
DENSITA' DEL TERRENO	ρ □	1800 daN/m ³	1699 daN/m ³	1804 daN/m ³	64 daN/m ³
DENSITA' SECCO DEL TERRENO	ρ s	1400 daN/m ³	1299 daN/m ³	1404 daN/m ³	64 daN/m ³

Tali valori geotecnici caratteristici potranno essere applicati in prima approssimazione per la valutazione delle resistenze del terreno di fondazione ai carichi verticali agli SLU, per le due tipologie di fondazione ipotizzate, una volta note le caratteristiche dello specifico edificio in progetto.

Più precise valutazioni geotecniche dovranno essere eseguite in fase di definizione dei progetti definitivi ed esecutivi sulla base delle indagini specifiche ed alle caratteristiche strutturali dell'opera in progetto.

9.2.1 Parametri geotecnici caratteristici delle unità litostratigrafiche del sito indagato

Si valutano i parametri geotecnici caratteristici delle varie unità litostratigrafiche.

I parametri rappresentano una stima cautelativa rispetto a quanto emerso dal confronto tra le varie prove penetrometriche eseguite nell'area di interesse.

Si riportano anche i valori caratteristici per la prova n. 1, fino alla massima profondità indagata di - 23.5 m dal piano di campagna attuale.

ANGOLO DI ATRITTO	ANGOLO DI ATRITTO A VOLUME COSTANTE	DENSITA' RELATIVA	COESIONE DRENATA	COESIONE NON DRENATA	COEFFICIENTE DI POISSON	MODULO ELASTICO	MODULO EDOMETRICO	Ki di Winkler per piastra di 30cm	Kh di Winkler per pali di diametro 30 cm sul tratto di 1 metro	ρ	ρ_s

VALORI CARATTERISTICI PER PICCOLI VOLUMI

ϕ	ϕ_{cv}	Dr	C	Cu	P	E	M	Ki	Kh	ρ	ρ_s
°	°	%	daN/cmq	daN/cmq		kg/cmq	daN/cmq	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/mc
20.7	20.7	25.3	0.50	0.87	0.25	249	83	3.04	0.012	1829	1429
22.5	21.0	25.3			0.23	162	80	0.58	0.019	1775	1375
22.8			0.14	0.65	0.40	128	43	2.27	0.009	1675	1275
25.1	24.6	11.9			0.27	128	38	0.11	0.004	1674	1274
24.1			0.00	0.88	0.40	186	62	3.10	0.012	1720	1320
31.4	19.5	89.7			0.37	1261	681	30.40	1.013	1974	1574

UNITA'	CPT 1		CPT 2		lc	LITOTIPO PREVALENTE
GEOTECNICA	DA	A	DA	A		
A	0.00	1.00	0.00	1.00	MEDIA NA	ROBERTSON 1990
B	1.00	3.50	1.00	3.50	2.74	limo argilloso-argilla limosa
C	3.50	8.00	3.50	7.50	2.56	sabbia limosa-limo sabbioso
D	8.00	16.00	7.50	17.00	2.78	limo argilloso-argilla limosa
E	16.00	22.00	17.00	22.00	2.58	sabbia limosa-limo sabbioso
F	22.00	22.30	22.00	22.30	2.87	limo argilloso-argilla limosa
					1.50	sabbia-sabbia limosa

VALORI CARATTERISTICI PER GRANDI VOLUMI

ϕ	ϕ_{cv}	Dr	C	Cu	P	E	M	Ki	Kh	ρ	ρ_s
°	°	%	daN/cmq	daN/cmq		kg/cmq	daN/cmq	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/mc
21.6	21.6	33.5	0.50	1.02	0.26	323	108	3.58	0.014	1872	1472
24.1	21.8				0.30	262	119	2.34	0.078	1842	1442
24.3					0.40	223	74	2.89	0.012	1755	1355
27.3	25.9	24.6			0.35	229	100	2.33	0.078	1783	1383
25.3			0.00	1.02	0.40	271	90	3.58	0.014	1771	1371
36.9	23.6	95.1			0.38	1573	885	41.20	1.373	2046	1646

UNITA'	CPT 1		CPT 2		lc	LITOTIPO PREVALENTE
GEOTECNICA	DA	A	DA	A		
A	0.00	1.00	0.00	1.00	MEDIA NA	ROBERTSON 1990
B	1.00	3.50	1.00	3.50	2.74	limo argilloso-argilla limosa
C	3.50	8.00	3.50	7.50	2.56	sabbia limosa-limo sabbioso
D	8.00	16.00	7.50	17.00	2.78	limo argilloso-argilla limosa
E	16.00	22.00	17.00	22.00	2.58	sabbia limosa-limo sabbioso
F	22.00	22.30	22.00	22.30	2.87	limo argilloso-argilla limosa
					1.50	sabbia-sabbia limosa

VALORI MEDIE

ϕ	ϕ_{cv}	Dr	C	Cu	P	E	M	Ki	Kh	ρ	ρ_s
°	°	%	daN/cmq	daN/cmq		kg/cmq	daN/cmq	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/mc
21.9	21.9	34.5	0.50	1.06	0.26	341	114	3.71	0.015	1883	1483
24.2	21.8				0.30	271	123	2.51	0.084	1848	1448
24.4			0.36	0.84	0.40	230	77	2.94	0.012	1761	1361
27.5	25.9	26.3			0.35	238	106	2.52	0.084	1792	1392
25.4			0.00	1.03	0.40	276	92	3.61	0.014	1774	1374
39.4	25.5	97.5			0.38	1715	976	46.08	1.536	2078	1678

UNITA'	CPT 1		CPT 2		lc	LITOTIPO PREVALENTE
GEOTECNICA	DA	A	DA	A		
A	0.00	1.00	0.00	1.00	MEDIA NA	ROBERTSON 1990
B	1.00	3.50	1.00	3.50	2.74	limo argilloso-argilla limosa
C	3.50	8.00	3.50	7.50	2.56	sabbia limosa-limo sabbioso
D	8.00	16.00	7.50	17.00	2.78	limo argilloso-argilla limosa
E	16.00	22.00	17.00	22.00	2.58	sabbia limosa-limo sabbioso
F	22.00	22.30	22.00	22.30	2.87	limo argilloso-argilla limosa
					1.50	sabbia-sabbia limosa

9.3 Valutazione degli Stati Limite Ultimi (SLU)

In base alle NTC 2008 le valutazioni geotecniche agli SLU non possono più essere esemplificative, come per le precedenti normative.

Infatti per una corretta valutazione delle resistenze devono essere note le caratteristiche della struttura: massa, altezza, tipologia strutturale, duttilità etc.

Eseguire valutazioni di resistenza, ad esempio ai carichi verticali, senza sufficienti conoscenze del progetto, potrebbe risultare fuorviante e determinare considerazioni non appropriate alla situazione geotecnica in sito.

Pertanto, in attesa di specifiche istruzioni da parte delle amministrazioni preposte, in questa fase di progettazione della lottizzazione, cercando la coerenza con le relazioni geologiche e geotecniche ante NTC 2008, si procede alla valutazione del collasso al carico limite (N_{lim}) in condizioni *esclusivamente statiche*, senza tenere conto delle azioni del sisma.

Nel caso specifico si ipotizza una fondazione a platea con larghezza di 10 metri ed una nastriforme con larghezza di 1 metro.

Per i parametri geotecnici si utilizzano quelli caratteristici precedentemente ricavati.

Utilizzando i seguenti dati, ipotesi fondazione a platea (esclusivamente condizioni statiche)

VALUTAZIONE DEL CARICO DI ROTTURA IN TERRENO OMOGENEO

Per la verifica del carico di rottura (Q_r) si applica la formula di Terzaghi:

$$Q_r = N_c * c * sc * sk + N_q * g_1' * D + 0.5 * N_g * g_2' * B = 52.1 \text{ ton/mq}$$

in cui:	N_c	fattore di capacità portante dipendente dal ϕ	=	5.14	(Terzaghi, Prandtl & Vesic $N_c = (N_q - 1) * \cotan(\phi)$)
	N_q	fattore di capacità portante dipendente dal ϕ	=	1.00	(Terzaghi, Prandtl & Vesic $N_q = \tan^2(45 + \phi/2) * e^{(\pi * \tan(\phi))}$)
	N_g	fattore di capacità portante dipendente dal ϕ	=	0.00	(Terzaghi, Prandtl & Vesic $N_g = 2 * (N_q + 1) * \tan(\phi)$)
		(fattori calcolati assumendo un angolo di attrito interno effettivo ϕ')	=	0.00	$\phi' = 0^\circ$
		ed applicando una riduzione per ϕ per l'addensamento del terreno (sk)			
	sk	coefficiente di riduzione per addensamento basso	=	1.00	(1.0 per terreni molto addensati; 0.67 per terreni poco addensati)
	c	coesione	=	8.90	ton/mq
	g_1'	peso unitario efficace del terreno sopra la fondazione	=	1.80	ton/mc
	g_2'	peso unitario efficace del terreno sotto la fondazione	=	1.00	ton/mc
	D	profondità di posa della fondazione	=	1.00	m
	B	larghezza della fondazione	=	10.00	m
	L	lunghezza della fondazione	=	20.00	m
	sc	coefficiente di forma della fondazione	=	1.10	(1.0 per nastriformi; 1.2 per quadrate e circolari)
	sg	coefficiente di forma della fondazione	=	0.90	(1.0 per nastriformi; 0.8 per quadrate; 0.6 per circolari)

Applicando un fattore di sicurezza uguale a tre da applicare al carico di rottura (Q_r), come prescritto del D.M.LL.PP. dell' 11-03-1988 si ottiene un carico ammissibile di:

$$Q_a = Q_r / 2.3 = 22.6 \text{ ton/mq} = 2.26 \text{ daN/cm}^2 = 226 \text{ kPa}$$

Risultati

Risolvendo il metodo sopra enunciato sulla base dei dati sopra elencati si può affermare che il carico limite di una fondazione siffatta nelle condizioni sopra descritte è pari a:

$$N_{lim} = 521 \text{ [kPa]}$$

$$R_d = 226 \text{ [kPa]}$$

Utilizzando i seguenti dati, ipotesi fondazione nasriforme (esclusivamente condizioni statiche)

VALUTAZIONE DEL CARICO DI ROTTURA IN TERRENO OMOGENEO

Per la verifica del carico di rottura (Qr) si applica la formula di Terzaghi:

$$Q_r = N_c \cdot c \cdot s_c \cdot s_k + N_q \cdot g_1' \cdot D + 0.5 \cdot N_g \cdot g_2' \cdot B = 49.0 \text{ ton/mq}$$

in cui:	Nc	fattore di capacita portante dipendente dal phi	=	5.14	(Terzaghi, Prandtl & Vesic $N_c = (N_q - 1) \cdot \cotan(\phi)$)
	Nq	fattore di capacita portante dipendente dal phi	=	1.00	(Terzaghi, Prandtl & Vesic $N_q = \tan^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan(\phi))}$)
	Ng	fattore di capacita portante dipendente dal phi	=	0.00	(Terzaghi, Prandtl & Vesic $N_g = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi)$)
		(fattori calcolati assumendo un angolo di attrito interno effettivo $\phi = 0.00^\circ$ * $s_k = 0^\circ$ ed applicando una riduzione per phi per l'addensamento del terreno (s_k))			
	sk	coefficiente di riduzione per addensamento basso	=	1.00	(1.0 per terreni molto addensati; 0.67 per terreni poco addensati)
	c	coesione	=	9.00	ton/mq
	g1'	peso unitario efficace del terreno sopra la fondazione	=	1.80	ton/mc
	g2'	peso unitario efficace del terreno sotto la fondazione	=	1.00	ton/mc
	D	profondita di posa della fondazione	=	1.00	m
	B	larghezza della fondazione	=	1.00	m
	L	lunghezza della fondazione	=	10.00	m
	sc	coefficiente di forma della fondazione	=	1.02	(1.0 per nastriformi; 1.2 per quadrate e circolari)
	sg	coefficiente di forma della fondazione	=	0.98	(1.0 per nastriformi; 0.8 per quadrate; 0.6 per circolari)

Applicando un fattore di sicurezza uguale a tre da applicare al carico di rottura (Qr), come prescritto del D.M.LL.PP. dell' 11-03-1988 si ottiene un carico ammissibile di:

$$Q_a = Q_r / 2.3 = 21.2 \text{ ton/mq} = 2.12 \text{ daN/cm}^2 = 212 \text{ kPa}$$

Risultati

Risolvendo il metodo sopra enunciato sulla base dei dati sopra elencati si può affermare che il carico limite di una fondazione siffatta nelle condizioni sopra descritte è pari a:

$$N_{lim} = 490 \text{ [kPa]}$$

$$R_d = 212 \text{ [kPa]}$$

9.4 Valutazione dello Stato Limite di Esercizio (SLE) – deformazioni irreversibili

Al fine di valutare in prima analisi l'entità delle deformazioni irreversibili delle prevedibili strutture della lottizzazione, si esegue la verifica dei cedimenti ipotizzando una fondazione a platea di 10x20 m ed una fondazione nastriforme di 1x10 m, poste a circa 100 cm dal piano di campagna.

Per la distribuzione dei carichi in profondità si è fatto uso del metodo di Steinbrenner con soluzione di Ohde, considerando una superficie di carico priva di rigidità e uniformemente caricata.

Mentre i relativi assestamenti del terreno sono stati verificati applicando la teoria dei cedimenti a tempo infinito e all'80% del costipamento dei pori.

Per la $\Sigma s = \Sigma(\Delta h \cdot m_v \cdot \Delta p)$

con

s= entità del cedimento (cm)

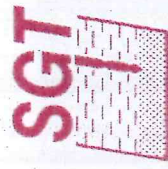
Δh = spessore del terreno sottoposto al calcolo (cm)

Δp = carico agente sullo spessore considerato (Kg/cmq)

m_v = coefficiente di compressibilità volumetrica (cmq/Kg)

si ottengono i risultati riportati nelle tabelle riportate negli allegati: i cedimenti ottenuti dai calcoli in riferimento ai carichi ammissibili ipotizzati, risultano compatibili con le prevedibili tipologie di fabbricati della lottizzazione in progetto.

Considerazioni più precise potranno in ogni caso essere eseguite alla luce di indagini specifiche sul sito di progetto ed in base alla effettiva tipologia di fabbricato in progetto.



**Società di
Geologia
Territoriale**

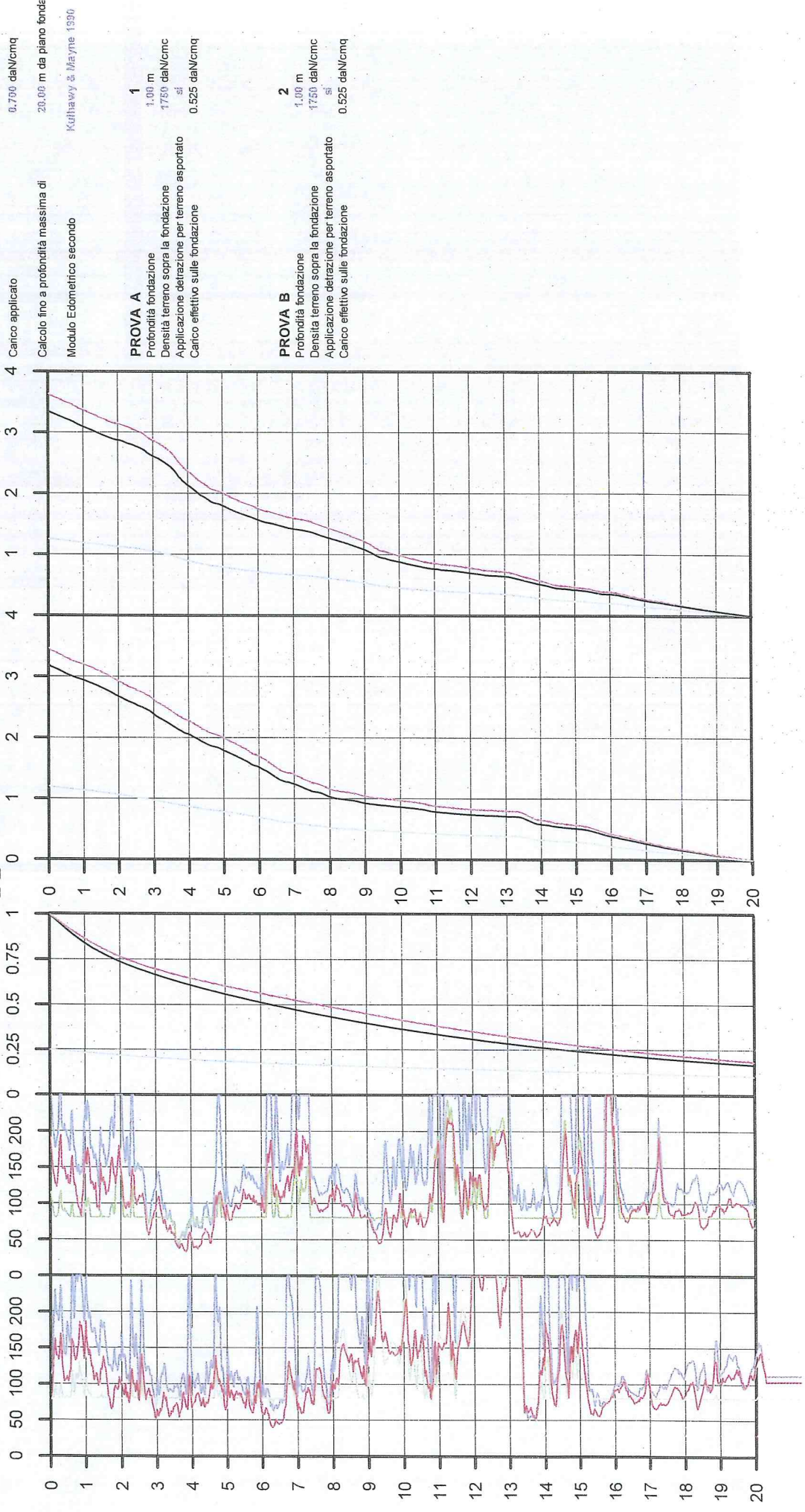
S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
43012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com

VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI

Modulo Edometrico M secondo Kulhawy & Mayne 1990

Comune Faenza
Via Biasola
Località Faenza
Committente Geom. Montecocchi
Data 17/05/2012

Modulo Edometrico M CPT 1 (daN/cm ²)	Modulo Edometrico M CPT 2 (daN/cm ²)	Rapporto di tensione verticale per una pianta rettangolare di 10 x 20 metri	Cedimento (cm) CPT 1 con carico effettivo di 0.525 daN/cm ²	Cedimento (cm) CPT 2 con carico effettivo di 0.525 daN/cm ²	CALCOLO DEI CEDIMENTI
Benassi Vari Autori Kulhawy & Mayne	Benassi Vari Autori Kulhawy & Mayne	angolo pianta flessibile centro pianta flessibile pianta rigida	angolo pianta flessibile 1.19 cm centro pianta flessibile 3.46 cm pianta rigida 3.19 cm	angolo pianta flessibile 1.25 cm centro pianta flessibile 3.63 cm pianta rigida 3.33 cm	Larghezza fondazione (b) 10.00 m Lunghezza fondazione (a) 20.00 m Carico applicato 0.790 daN/cm ² Calcolo fino a profondità massima di 20.00 m da piano fondo Modulo Edometrico secondo Kulhawy & Mayne 1990





RIEPILOGO CEDIMENTI (calcolati con M secondo Kulhawy & Mayne 1990)

Comune	Faenza	Distanze tra le prove (m)	Prova 1	Prova 2
Località	Faenza		Prova 1	8.0
Committente	Geom. Montevocchi	Prova 2	8.0	
Fondazione rettangolare	10 X 20 m			
Piano di posa	1 -- 1 m			
Carico applicato	0.7 daN/cm ²			

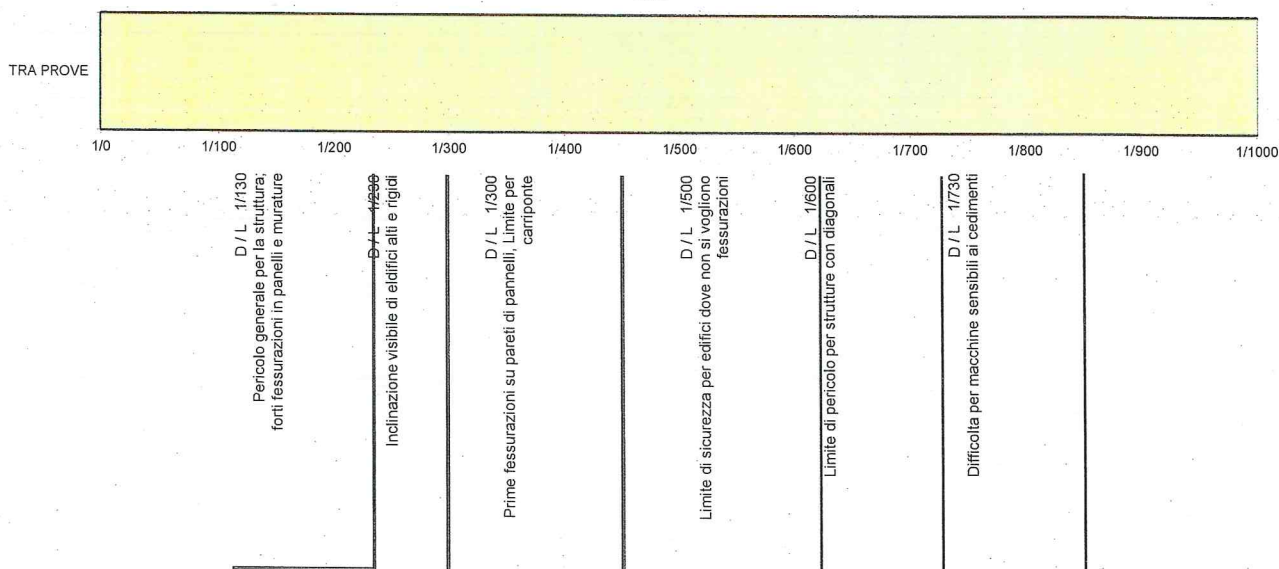
CEDIMENTI DIFFERENZIALI PER CAUSA DI DIFFERENZE TRA LE PROVE

Centro di una pianta rettangolare rigida	Cedimenti cumulativo (cm) secondo Kulhawy & Mayne 1990	Cedimenti differenziali (cm)		Prova 1	Prova 2	Cedimenti differenziali (%)		Cedimenti differenziali massimi		
		Prova 1	Prova 2			Prova 1	Prova 2	cm	%	L / Δ
Prova 1	3.19	Prova 1	0.15			0.15	0.02			
Prova 2	3.34	Prova 2	0.15			0.15	0.02			

LIMITI DELLE DISTORSIONI ANGOLARI (BJERRUM 1963)

DISTORSIONE MASSIMA TRA PROVE

D / L

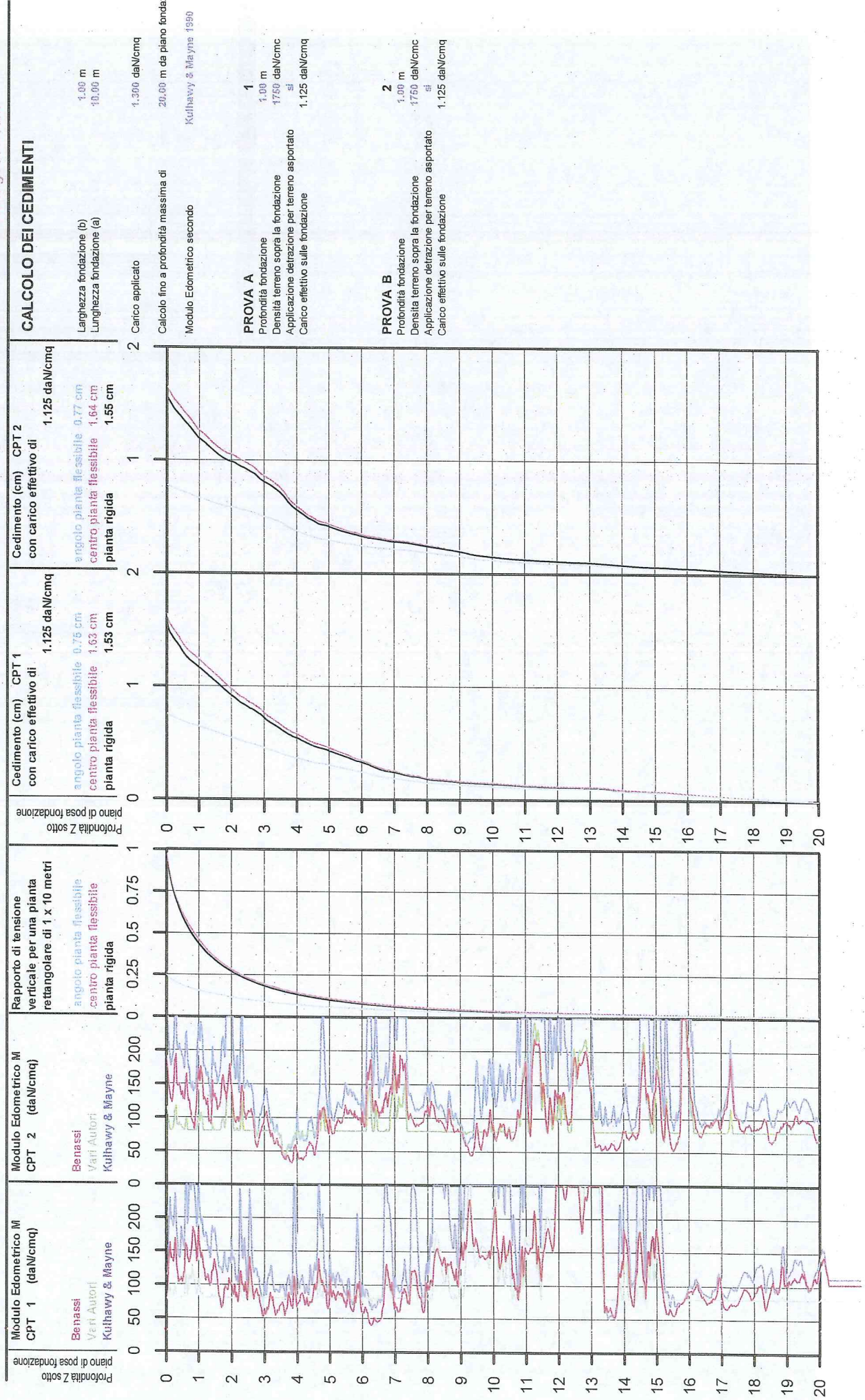


LIMITI DEI CEDIMENTI E DISTORSIONI ANGOLARI AMMISSIBILE (WILUN & STARZEWSKI 1975)

Classe edificio e struttura	Tipo di edificio e strutture	Cedimento massimo totale ammissibile (cm)	Deformazione angolare massima ammissibile calcolata per tre punti allineati e connessi della fondazioni di una struttura
1	strutture massicce di notevole rigidità rispetto agli assi orizzontale, con fondazioni massicce in calcestruzzo non armato o fondazioni cellulari o graticci rigidi in calcestruzzo armato.	15 - 20	Le differenze massimi tra i cedimenti dei vari punti della struttura non dovrebbero causare inclinazioni della fondazioni maggiori di 1/100 - 1/200 del rapporto tra la dimensione minore in pianta della fondazione e l'altezza della struttura.
2	strutture isostatiche con giunti e cerniere e strutture in legno.	10 - 15	1/100 - 1/200
3	strutture iperstatiche in acciaio e strutture portanti in laterizio con cordoli in cementi armati ad ogni piano, con fondazioni continue in cemento armato e con pareti trasversali con almeno 25 cm di spessore con interassi minori di 6 m e strutture a telaio in calcestruzzo armato con le colonne ad interassi minori di 6 m, con fondazioni continue o a platea.	8 - 10	1/200 - 1/300
4	strutture della classe 3, ma che non soddisfano una delle condizioni imposte e strutture in cemento armato con fondazioni a plinti.	6 - 8	1/300 - 1/500
5	strutture prefabbricate costituite da grandi pareti o elementi a blocchi.	5 - 6	1/500 - 1/700

VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI
Modulo Edometrico M secondo
Kulhavy & Mayne 1990

Comune Faenza
Via Biasola
Località Faenza
Committente Geom. Montevocchi
Data 17/05/2012





RIEPILOGO CEDIMENTI (calcolati con M secondo Kulhawy & Mayne 1990)

Comune	Faenza	Distanze tra le prove (m)	Prova 1	Prova 2
Località	Faenza			
Committente	Geom. Montevecchi	Prova 1		8.0
Fondazione rettangolare	1 X 10 m	Prova 2	8.0	
Piano di posa	1 -- 1 m			
Carico applicato	1.3 daN/cm ²			

CEDIMENTI DIFFERENZIALI PER CAUSA DI DIFFERENZE TRA LE PROVE

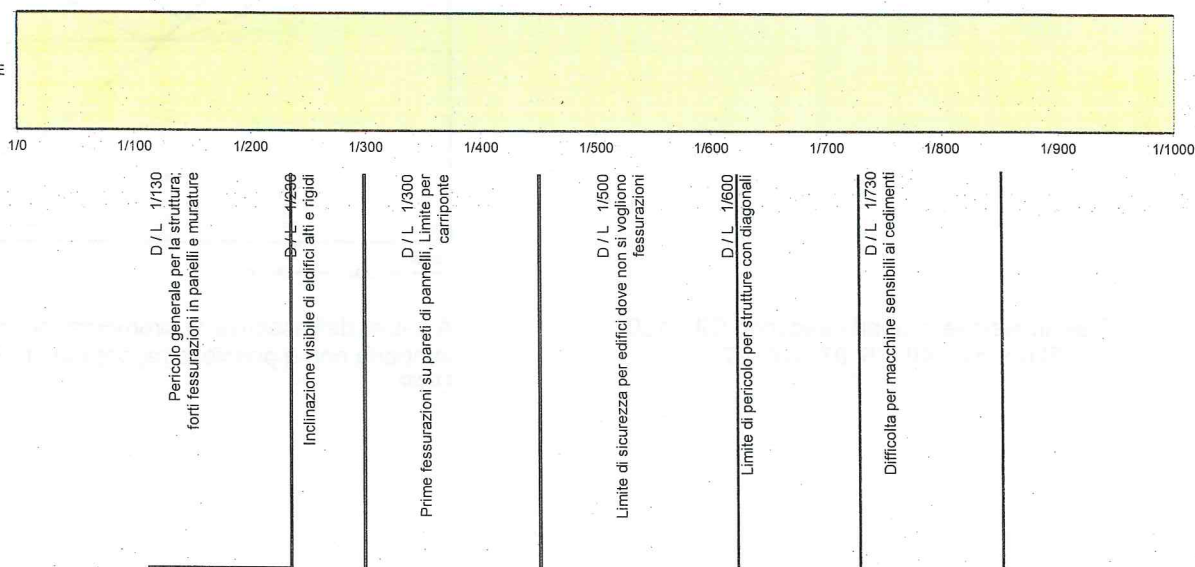
Centro di una pianta rettangolare rigida	Cedimenti cumulativo (cm) secondo Kulhawy & Mayne 1990	Cedimenti differenziali (cm)	Prova 1	Prova 2	Cedimenti differenziali (%)	Prova 1	Prova 2	Cedimenti differenziali massimi		
								cm	%	L / Δ
Prova 1	1.54	Prova 1		0.01	Prova 1		0.00	0.01	0.00	66356
Prova 2	1.55	Prova 2	0.01		Prova 2	0.00				

LIMITI DELLE DISTORSIONI ANGOLARI (BJERRUM 1963)

DISTORSIONE MASSIMA TRA PROVE

D / L

TRA PROVE



LIMITI DEI CEDIMENTI E DISTORSIONI ANGOLARI AMMISSIBILE (WILUN & STARZEWSKI 1975)

Classe edificio e struttura	Tipo di edificio e strutture	Cedimento massimo totale ammissibile (cm)	Deformazione angolare massima ammissibile calcolata per tre punti allineati e connessi della fondazioni di una struttura
1	strutture massicce di notevole rigidità rispetto agli assi orizzontale, con fondazioni massicce in calcestruzzo non armato o fondazioni cellulari o graticci rigidi in calcestruzzo armato.	15 - 20	Le differenze massimi tra i cedimenti dei vari punti della struttura non dovrebbero causare inclinazioni della fondazioni maggiori di 1/100 - 1/200 del rapporto tra la dimensione minore in pianta della fondazione e l'altezza della struttura.
2	strutture isostatiche con giunti e cerniere e strutture in legno.	10 - 15	1/100 - 1/200
3	strutture iperstatiche in acciaio e strutture portanti in laterizio con cordoli in cemento armati ad ogni piano, con fondazioni continue in cemento armato e con pareti trasversali con almeno 25 cm di spessore con interassi minori di 6 m e strutture a telaio in calcestruzzo armato con le colonne ad interassi minori di 6 m, con fondazioni continue o a platea.	8 - 10	1/200 - 1/300
4	strutture della classe 3, ma che non soddisfano una delle condizioni imposte e strutture in cemento armato con fondazioni a plinti.	6 - 8	1/300 - 1/500
5	strutture prefabbricate costituite da grandi pareti o elementi a blocchi.	5 - 6	1/500 - 1/700

10. CONCLUSIONI

L'area oggetto dell'indagine è caratterizzata da un morfotipo antropico, si trova nella zona urbana della città di Faenza e la morfologia è pianeggiante con quote attorno a 32 ÷ 33 m slm.

L'idrografia principale è costituita da uno scolo che proveniente dalla zona di Cella scorre in prossimità di via Piero della Francesca a circa 90 m a Nord dell'area in esame, per poi gettarsi nel Fiume Lamone.

L'area non è mai stata soggetta ad allagamenti. Anche l'evento estremo del 1996 non ha determinato allagamenti dell'area in esame.

La falda idrica superficiale nell'area di progetto presenta mediamente un livello statico compreso tra di -2.3 m e -2.4 m dal p.c., corrispondente ad un periodo idrogeologico di sub-massimo. Mentre il massimo livello idrico atteso in base alle informazioni bibliografiche risulta attestarsi a circa -2 m dal piano di campagna attuale.

La presenza di un livello di falda prossimo al p.c. impone all'atto della progettazione esecutiva dei fabbricati di considerare tutte quelle opere necessarie ad evitare allagamenti di eventuali scantinati e risalita capillare lungo le murature.

A grandi linee, i terreni dell'area indagata sono costituiti da alternanza tra terreni limoso-argillosi a consistenza media, e livelli e stratificazioni sabbioso limose con assetto stratigrafico lentiforme tra la profondità compresa tra il piano di campagna e -16 ÷ 17 m dal p.c.; da tale profondità fino a circa -22 ÷ 22.4 m dal piano di campagna si riscontrano terreni prevalentemente limoso-argillosi soprastante i terreni ghiaioso sabbiosi della conoide del F. Lamone che si spingono fino a circa -27.10 m dal piano di campagna, sottostante fino a -32 m dal piano di campagna, massima profondità indagata, si rivengono terreni prevalentemente limoso argillosi.

In base al Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli l'area oggetto di variante al PRG non ricade in zona perimetrata.

In base alle NTC 2008 l'area di interesse presenta un valore di $ag/g = 0.209$, con un substrato appartenente alla categoria di suolo C. Risulta un coefficiente di amplificazione sismica per tipo di suolo $S=1.39$ ed, essendo in zona pianeggiante, il coefficiente di amplificazione morfologico risulta $S_T = 1$, quindi con accelerazione massima al suolo risulterà di $a_{max}=0.291g$.

Le frequenze fondamentali di risonanza del substrato del sito in esame, di interesse per l'ingegneria, risultano pari a

Frequenza (f=Hz)	Periodo (T=sec)
2.54	0.39
1.12	0.89

Le strutture di progetto dovranno avere frequenze diverse al fine di evitare pericolosi fenomeni di risonanza.

Si osserva comunque che il substrato è caratterizzato da bassi contrasti sismostratigrafici, pertanto i relativi fenomeni di amplificazione dovrebbero essere attenuati.

Il substrato del sito in esame non presenta rischio di liquefazione in caso di evento sismico di progetto con tempi di ritorno di 475 anni, ed i cedimenti post sismici, nei termini degli SLU, risultano compatibili con le previste strutture di progetto sull'area oggetto di variante.

Per l'area di lottizzazione in esame non risultano significative differenziazioni areali relativamente alle caratteristiche geologiche, sismiche e geotecniche significative per le future strutture di progetto. Conseguentemente risulta nel complesso uniforme ai fini del progetto di lottizzazione.

I cedimenti in condizioni statiche valutati ipotizzando una generica fondazione a platea e nastriforme risultano nel complesso accettabili per le prevedibili strutture di progetto.

Alla luce delle indagini e delle valutazioni sopra esposte, si ammette l'idoneità dell'area di interesse ai fini della fattibilità geologica, sismica e geotecnica per la realizzazione di fabbricati, così come delineati dal progetto di variante al PRG e con le indicazioni riportate nella presente relazione.

Si rammenta che, in ogni caso, il presente studio ha solo carattere di indagine di massima e che, quindi, ogni costruzione dovrà essere corredata da opportuna relazione tecnica a carattere esecutivo, come prescritto dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni e dalle relative circolari esplicative che saranno in vigore all'atto degli esecutivi.

Agosto 2012

