



## PROLUNGAMENTO DELLA S.S. n° 9 "TANGENZIALE NORD di REGGIO EMILIA" NEL TRATTO DA S. PROSPERO STRINATI A CORTE TEGGE

### PROGETTO DEFINITIVO

**COORDINAMENTO GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

 **COMUNE DI REGGIO EMILIA**  
ing. David Zilioli - Dirig. U.diP. Area Nord

**IL PROGETTISTA:**

dott. ing. Andrea Burchi  
Ordine Ingegneri di Bologna n° 7927A



**GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

  
**SITECO**  
ing. Andrea Burchi

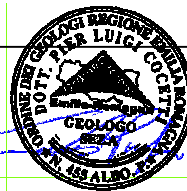
**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

dott. ing. Rodolfo Biondi  
Ordine Ingegneri di Modena n° 1256



**IL GEOLOGO:**

dott. geol. Pier Luigi Cocetti  
Ordine Geologi della Regione Emilia Romagna n° 455



**PROGETTISTA**

dott. ing. Andrea Burchi  
Ordine Ingegneri di Bologna n° 7927A  
**ANDREA BURCHI**  
LAUREA SPECIALISTICA  
Sezione: A  
N° 7927 / A

VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

ing. Angela Maria Carbone

VISTO: IL RESPONSABILE  
UNITA' DEL COORDINAMENTO

ing. Nicola Dinnella

PROTOCOLLO

DATA

## 03\_GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

COBO27

D

1101

NOME FILE

3.1 T00GEO0GEORE01B.DWG

REVISIONE

SCALA:

CODICE  
ELAB.

T00GEO0GEORE01

B

—

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C					
B	ISTRUTTORIA ANAS	febbraio 2014	ing. S. Venturelli	ing. A. Frascari	ing. A. Burchi
A	EMISSIONE	settembre 2013	ing. S. Venturelli	ing. A. Frascari	ing. A. Burchi

# INDICE

## 1. GEOLOGIA

- 1.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO
- 1.2 UNITA' GEOLOGICHE PRINCIPALI

## 2. GEOLITOLOGIA DEL TERRITORIO

- 2.1 GEOLITOLOGIA DA 0 A 1 M
- 2.2 GEOLITOLOGIA DA 0 A 10 M

## 3. GEOMORFOLOGIA

- 3.1 UNITA' DEI CONOIDI PROSSIMALI
- 3.2 UNITA' DELL'ALTA PIANURA
- 3.3 UNITA' DEI DOSSI FLUVIALI

## 4. IDROGRAFIA – IDROLOGIA

- 4.1 DOMINIO DEL T. CROSTOLO
- 4.2 DOMINIO DEL F. SECCHIA
- 4.3 UNITA' DEI DOSSI FLUVIALI
- 4.4 PALEOALVEI E TRACCE DI PALEOALVEI
- 4.5 ELEMENTI ANTROPICI

## 5. IDROGEOLOGIA

- 5.1 LE UNITA' IDROGEOLOGICHE
- 5.2 PIEZOMETRIA
- 5.3 QUALITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE
- 5.4 PERMEABILITA'

## 6. VULNERABILITA'

- 6.1 GENERALITA'
- 6.2 VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

## 7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

## 8. STRATIGRAFIA E PARAMETRI MECCANICI

## 9. SISMICITA'

- 9.1 SISMICITA' DEL TERRITORIO DI REGGIO EMILIA
- 9.2 MAPPE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA
- 9.3 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
- 9.4 INDAGINI SISMICHE
- 9.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA
- 9.6 PARAMETRI SISMICI E SPETTRI ELASTICI

## 1. GEOLOGIA

### 1.1 Inquadramento Geologico

Il territorio del comune di Reggio Emilia ricade nella parte centro-meridionale della Pianura Padana propriamente detta, bacino subsidente (pliocene-quadernario), di tipo sedimentario, che comincia a delinarsi sin dall'inizio del Triassico. La subsidenza differenziata ha caratterizzato il bacino sia nel tempo che nello spazio, in diversi periodi Mesozoico, Cenozoico, ma soprattutto Pliocene e Quaternario, con movimenti verticali controllati dai caratteri strutturali presenti in profondità. L'assetto geologico strutturale profondo della Pianura Padana è noto soprattutto grazie ai dati emersi in seguito alle perforazioni profonde ed alle prospezioni geofisiche, effettuate a partire dagli anni '50, per la ricerca di idrocarburi, esposti nelle pubblicazioni di PIERI & GROPPi (1981) e CASSANO ed altri (1986), nelle quali viene aggiornata la sintesi stratigrafica e strutturale dell'area e specificati l'andamento, l'evoluzione e la cronologia degli eventi tettonici che si sono attuati nei diversi comparti del bacino.

L'area studiata ricade nella fascia della media pianura reggiana. Queste zone, di media e bassa pianura, sono caratterizzate in generale da depositi continentali di origine fluviale, spessi poche centinaia di metri, ad assetto sub-orizzontale o debolmente inclinato verso nord. I terreni, di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene, poggiano su un substrato costituito da formazioni marine (pre-Pleistocene medio) affioranti a sud, lungo il margine collinare, che per motivi strutturali vengono ribassate e ricoperte dapprima dalle conoidi alluvionali dei corsi d'acqua appenninici e, procedendo verso nord, dai termini limoso-argillosi di colmamento della pianura.

Questa parte di pianura assume quindi un andamento morfologico uniformemente pianeggiante, litologicamente dominato dalla presenza di materiali prevalentemente fini e, in misura minore, da sabbie e ghiaie. La differenziazione litologica dei materiali presenti risulta essere funzione delle variazioni di energia dei corsi d'acqua, oltre che dell'alternarsi di fasi erosive e di sedimentazione.

I principali eventi geologici che, durante il Quaternario, hanno conferito al territorio reggiano la configurazione attuale e che tuttora sono riconoscibili nella valle del T. Crostolo, possono essere così sintetizzati: alla chiusura del bacino marino collocabile circa 1 milione di anni fa si imposta un ambiente continentale con la deposizione di sedimenti fluvio-lacustri; essi sono rilevabili all'altezza della Vasca Corbelli, subito a monte del limite comunale. Dopo la fase di colmamento del bacino fluvio-lacustre hanno avuto inizio le fasi fluviali rissiane alle quali hanno fatto seguito i potenti terrazzamenti rissiani del Ghiardo, della Razza e di Fogliano.

Nell'interglaciale Riss- Wurm si ha la formazione del paleosuolo e, successiva-

mente, l'incisione dei terrazzi rissiani da parte dei diversi corsi d'acqua. L'incisione maggiore viene determinata ovviamente dai corsi d'acqua principali quali il T.Modolena, il T.Crostolo e il T.Rodano. Con le fasi fluviali del Wurm si ha la deposizione delle alluvioni tardo-pleistoceniche e antiche, corrispondenti ai terrazzi antichi. Durante la successiva fase cataglaciale si ha una ripresa dell'erosione che si sviluppa in misura tale da fare affiorare i depositi fluvio-lacustri di base e formare a valle depositi sabbiosi in corrispondenza degli alvei ora sepolti. Nell'Olocene si verifica un nuovo sovralluvionamento che porta alla deposizione delle alluvioni medio-recenti e alla formazione dei bassi terrazzi marginali ai corsi d'acqua principali. La successiva fase erosiva e la deposizione delle alluvioni recenti sono da considerare la fase finale del ciclo, nonché la fase di raccordo con i depositi di bassa pianura. Infine si passa all'attuale fase di erosione e canalizzazione, attribuibile in gran parte agli interventi antropici. Nella cartografia a scala regionale è evidenziata la presenza nel territorio comunale di Reggio E. di depositi di Conoidi e terrazzi alluvionali corrispondenti rispettivamente a:

- *sabbie, limi sabbiosi e limi, in strati di spessore decimetrico, ghiaie sabbiose e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari; al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.*
- *limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.*

I corpi descritti si immettono nella cosiddetta "piana alluvionale costituita da litologie quali: sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico, passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi, localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi; afferibili a depositi di canali e argine prossimale.

## 1.2 Unità Geologiche Principali

Le unità geologiche affioranti nell'area in esame possono essere raggruppate all'interno del ciclo Quaternario Continentale, denominato Supersistema Emiliano-Romagnolo (equivalente all'Allogruppo Emiliano-Romagnolo di R.E.R., ENI-AGIP, 1998) nel quale sono state individuate due unità principali: un'unità inferiore, detta *Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore* (equivalente all'*Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore* della pubblicazione citata) ed un'unità superiore, detta *Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore* (equivalente all'*Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore* della pubblicazione citata).

Nell'area in esame il Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore non è affiorante, mentre sono presenti i depositi del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (Pleistocene medio-Olocene) è stato

suddiviso in cinque subsintemi identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfo-pedostratigrafiche: si tratta infatti di conoidi alluvionali terrazzate, le cui superfici deposizionali relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano un'evoluzione pedostratigrafica differente; in ordine crescente di età si trova:

- Subsintema di Ravenna (AES8)
- Subsintema di Villa Verucchio (AES7)
- Subsintema di Agazzano (AES3)
- Subsintema di Maiatico (AES2)
- Subsintema di Monterlinzana (AES1)

Nell'area di interesse affiora il subsintema di Ravenna (AES8) descritto nei paragrafi successivi (le descrizioni sono tratte dalle note illustrative della Carta Geologica CARG disponibile sul sito <http://geo.regione.emiliaromagna.it>).

### Subsintema di Ravenna (AES8)

In contesto intravallivo e in pianura l'unità è rappresentata da depositi di conoide alluvionale, terrazzati, costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, con locali intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi, ricoperte da una coltre limosoargillosa di spessore variabile. Localmente sono presenti limi e limi sabbiosi prevalenti: depositi di interconoide e del reticolo idrografico minore. Il contatto di base è erosivo e discordante con tutte le altre unità, mentre il limite di tetto è una superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente alla superficie topografica. Il fronte di alterazione del tetto è di moderato spessore (da qualche decina di cm fino ad 1 m) ed i suoli presentano gli orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati. Il profilo è costituito dagli orizzonti A-Bw-Bk (C); Hue degli orizzonti B 2,5Y-10YR. È sede di attività agricola diffusa, di insediamenti produttivi e di nuclei abitativi. Nell'area studiata il Subsintema di Ravenna raggiunge lo spessore massimo di circa 20 m.

Sulla base delle datazioni radiometriche ottenute nelle successioni "continue" e in base alle datazioni radiometriche e geoarcheologiche disponibili è possibile datare la base del Subsintema di Ravenna a circa 20.000 anni B.P. Età: Pleistocene superiore (post circa 20.000 anni B.P.) – Olocene.

Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, viene distinta, all'interno del Subsintema di Ravenna, l'Unità di Modena.

### Unità di Modena (AES8a).

L'unità è costituita da ghiaie prevalenti con livelli e lenti di sabbie, ricoperte da una coltre limosa e/o limoso-sabbiosa discontinua: depositi di conoide alluvionale, terrazzati, adiacenti all'alveo di piena degli attuali corsi d'acqua, sia in contesto intravallivo, sia di pianura. La scarpata che la separa dal Subsintema di Ravenna non supera mai i 2-3 m di altezza. Il fronte di alterazione della

superficie di tetto e di limitato spessore (poche decine di cm) ed il profilo pedologico e di tipo A-C (Entisuoli) e, localmente, A-Bw-C (Inceptisuoli); Hue dell'orizzonte Bw 10YR-2,5Y. Nella zona di alta pianura l'unità è sede principalmente di attività agricola e solo localmente di insediamenti produttivi e di nuclei abitativi. Verso la zona di bassa pianura i principali corsi d'acqua sono stati arginati artificialmente, e anche le superfici terrazzate riferibili all'Unità di Modena risultano intensamente urbanizzate (per esempio la città di Parma).

Lo spessore massimo dell'unità è di circa 10 metri. In base alle datazioni geo-archeologiche disponibili nell'area del Foglio 199, all'unità di Modena è attribuita un'età post-romana, probabilmente post IV-VII sec. d.C. Olocene (post IV-VII sec. d.C.).

### Subsistema di Villa Verucchio (AES7)

Comprende ghiaie, sabbie, limi e argille di ambiente alluvionale organizzati in una successione ciclica suddivisa in due unità di rango inferiore: unità di Vignola, costituente la parte sommitale prevalentemente grossolana, e unità di Niviano, costituente la parte inferiore prevalentemente fine dell'Allomembro. Base discordante, e tetto coincidente con la superficie topografica. Potenza da 0 a 50 metri circa. *Pleistocene superiore-Olocene*.

### Tetto ghiaie AES8

Come si osserva nella Carta Geologica, le ghiaie e le sabbie, a partire dalle zone in affioramento per poi immergersi nel sottosuolo, formano dei corpi amalgamati di riempimento di canale fluviale nastriformi, allungati essenzialmente in senso N-S e con una larghezza massima di circa 1200 m. Generalmente il tetto delle ghiaie ha una pendenza variabile dagli 0,2° ai 0,4°.

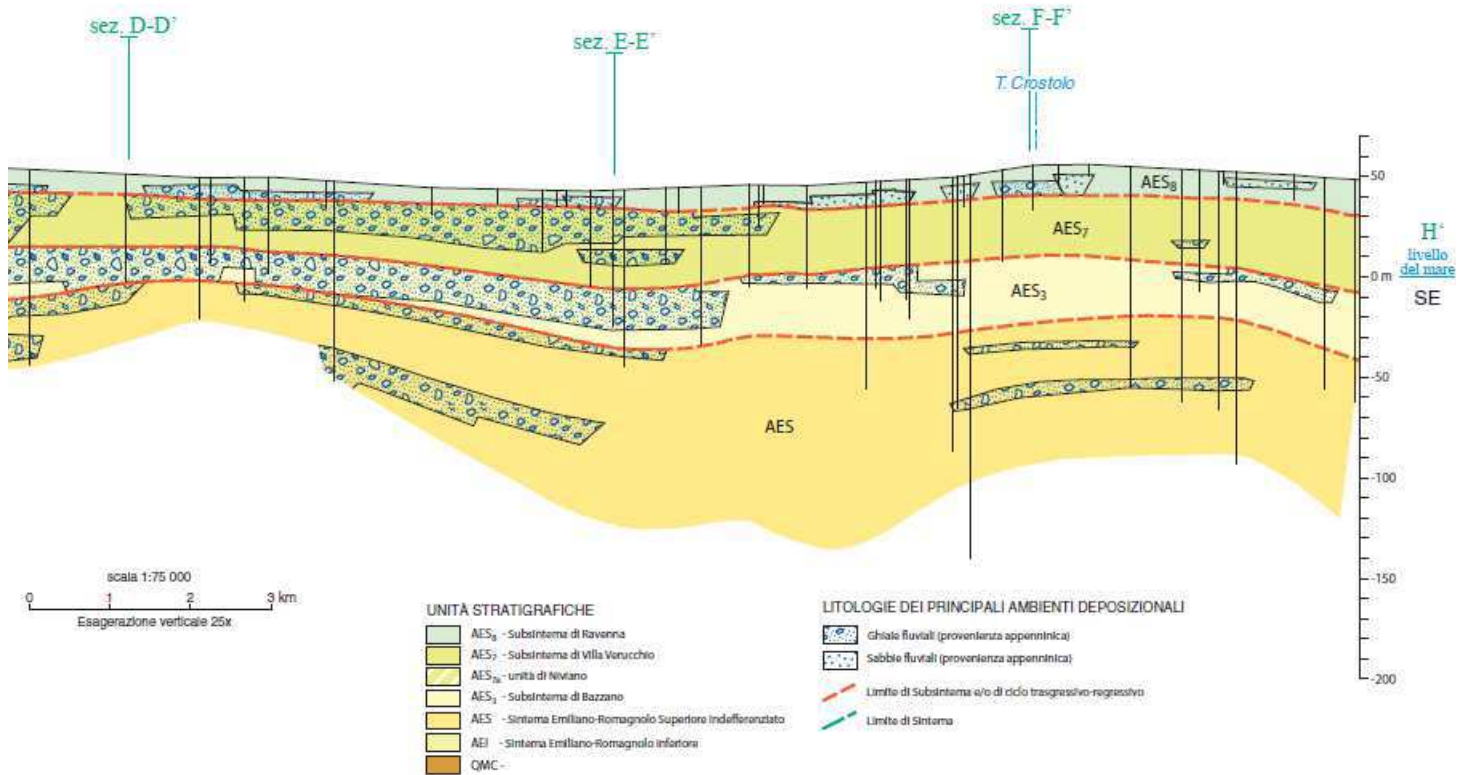
Questi corpi ghiaiosi dello spessore medio di circa 5-6 m passano in modo netto attraverso una superficie erosiva a depositi limoso sabbiosi di argine distale e a depositi limoso argillosi di piana inondabile. A volte all'interno di questi depositi fini si hanno degli intervalli ricchi in materia organica (Torbe) che possono raggiungere lo spessore massimo di circa 1 m.

### Tetto Ghiaie AES7

Nella "Sezione Geologica" viene illustrato l'andamento nel sottosuolo del tetto delle ghiaie di questa unità, nel caso in cui esse costituiscano un corpo sedimentario con continuità tale da poter essere ragionevolmente correlato sulla base dei dati disponibili. Il tetto delle ghiaie di questa unità ha una profondità media nell'area di circa 13-15 m.



SEZIONE STRATIGRAFICA DELL'AREA



NOTA: Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna; "sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola". Sezione n°37.

Schema stratigrafico adottato				
Super sintema	Subsintemi	Sintemi / Formazioni	Acquiferi	
			complessi	gruppi
Emiliano-Romagnolo	AES8a unità di Modena	AES Emiliano-romagnolo superiore	A0	A
	AES8 Ravenna		18.000 anni	
	AES7 Villa Verucchio		130.000 anni	
	AES6 - 3 Bazzano			
	AES5 - 2 Torre Stagni			
	AES4- 1 Liano			
	350-450.000 anni		350-450.000 anni	
	AEI Emiliano-romagnolo inferiore			B
650.000 anni		650.000 anni		
		IMO formazione Sabbie di Imola		C
850.000 anni		850.000 anni		

## 2. GEOLITOLOGIA DEL TERRITORIO

La base per la caratterizzazione geologica e litologica del territorio comunale è stata lo studio condotto per la stesura del PSC. In questo studio, sono state condotte indagini di superficie relative a una profondità compresa fra 0 e 1 metro, ed una seconda indagine compresa fra 0 e -10 m dal piano campagna.

Con riferimento alla Relazione geologica allegata al PRG 1993, l'indagine si era svolta con diverse metodologie, di seguito riassunte:

- Campionatura e riconoscimento speditivo: la campionatura di campagna è stata eseguita seguendo un reticolo a maglia quadrata di 250 m di lato. Su ogni campione di terreno prelevato alla profondità massima di 1 m dal p.c. è stato effettuato il riconoscimento litologico speditivo mediante taglio del campione raccolto con filo armonico e confrontando la superficie di taglio con quelle di litotipi a granulometria nota.
- Interazione con dati bibliografici, alcuni dei quali relativi a stratigrafie di pozzi per acqua. Ovviamente sono stati presi in considerazione gli elementi più significativi ed attendibili relativi però solamente ai primi 10 metri di profondità.
- Interazione con i dati aereofotogrammetrici relativi a periodi storici differenti.
- Confronto con i dati relativi a sondaggi penetrometrici effettuati da studi professionali e in tempi diversi nell'ambito del territorio comunale. Tutti gli elementi raccolti hanno consentito di aggiornare la cartografia di base esistente, relativa alla documentazione redatta a corredo del P.R.G. all'inizio degli anni 80.

### 2.1 GEOLITOLOGIA DA 0 A 1 M

• **DEPOSITI TERRAZZATI: PALEOSUOLO ARGILLOSO-LIMOSO DI COLORE BRUNO PLUVIALE (WURM).**  
 Si tratta di sistemi deposizionali terrazzati di antica origine fluviale dove lo strato superficiale, dal caratteristico colore bruno, è costituito da sabbie limose di chiusura, sovrastanti depositi di ghiaia fini e sabbie. L'origine di questi depositi viene correlata agli eventi alluvionali del pluviale Wurmiano, successivo alla fase erosiva determinata dalle condizioni climatiche dell'interglaciale Riss-Wurm.

In particolare questi depositi sono presenti ai lati del T. Crostolo e in sponda sinistra del T. Modolena.

• **DEPOSITI FLUVIO-COLLUVIALI LIMOSI DEI CORSI D'ACQUA MINORI (STRUTTURA DEL GHIARDO).**  
 Sono presenti all'interno della valli che solcano la struttura del Ghiardo e rappresentano i piani di raccordo fra l'orlo dei terrazzi alti e i depositi di fondo-valle. Possiedono morfologia debolmente acclive e superfici ondulate; sono formati in gran parte da depositi fluviali e in parte da materiali colluviali provenienti dalle sommità dei versanti posti ai lati. Si tratta dunque di depositi misti a matrice fine, la cui conformazione ed estensione è estremamente impor-



tante in quanto condiziona e controlla l'evoluzione dei piccoli corsi d'acqua

• **DEPOSITI TERRAZZATI MEDIO-RECENTI, A DOMINANTE GHIAIOSA.**

Sono presenti a tratti, lungo i corsi d'acqua principali, T. Crostolo, T. Modolena, in particolare alcuni ripiani sono posti a lato del T. Crostolo, a monte della città. Questi terrazzi formano modesti ripiani e lunule, composte generalmente da sabbie e ghiaie eterometriche in matrice limo-sabbiosa con alternanze lenti formi di limi; in superficie sono ricoperti da una coltre agraria. Essi costituiscono, ove presenti, il punto di raccordo fra i più antichi ed elevati complessi fluviali ed i depositi di ghiaie e sabbie oloceniche presenti negli alvei attuali.

Morfologicamente, questi sistemi terrazzati risultano sospesi, in media, di 2 o 3 m rispetto ai fondovalle; il loro limite é ben evidenziato generalmente da vecchi muri di contenimento posti a lato del fiume tuttora conservati e riferibili agli anni '30. La potenza di queste alluvioni si é rivelata intorno ai 5-7 m, aumentando però in corrispondenza di solchi di erosione prodotti da passati fenomeni di sovra escavazione. Immediatamente a Sud della città, in località Baragalla, é presente un banco ghiaioso continuo in matrice fine del T. Crostolo, spesso circa 4 - 5 m, al di sotto di terreni sabbiosi che non raggiungono il metro di spessore. Un altro affioramento ghiaioso con caratteri analoghi ma riferibili al T. Rodano affiora in corrispondenza della direttrice Due Maestà- Bazzarola -S. Maurizio.

• **GHIAIE MEDIO - RECENTI DELLA CONOIDE DEL T. ENZA**

I depositi ghiaiosi riferibili ad antichi percorsi dell'Enza sono affioranti solo in una limitata area di ampiezza irregolare, a Sud di Cadè. Si osservano ciottoli ben arrotondati, di natura calcarea ed arenacea, le cui dimensioni vanno da pochi centimetri ad alcuni decimetri. La matrice é costituita da materiale fine, di tipo argilloso-sabbioso in percentuale variabile. La percentuale della matrice, correlata all' energia di trasporto del T. Enza, in genere tende ad aumentare da monte verso valle (ossia da Sud verso Nord).

• **DEPOSITI DELLA PIANURA ALLUVIONALE A DOMINANZA SABBIOSA**

I terreni sabbiosi presenti nelle aree di pianura costituiscono in genere corpi più o meno continui di forma tondeggiate o allungata con direzione SW-NE, ossia disposti secondo gli antichi percorsi dei corsi d'acqua principali a cui devono la loro origine. La granulometria delle sabbie non é omogenea, ma varia da luogo a luogo, risultando più fine procedendo da Sud verso Nord; naturalmente, si rileva un contemporaneo aumento dei termini limosi e argillosi, poiché si rammenta che la capacità di sedimentazione di un corso d'acqua é funzione dell'energia di trasporto che diminuisce col diminuire dell'inclinazione dell'alveo.

Questi terreni possiedono una discreta permeabilità e quindi possono veicolare facilmente eventuali agenti inquinanti all'acquifero sottostante.

• **DEPOSITI DELLA PIANURA ALLUVIONALE A DOMINANZA LIMOSA**

Sono maggiormente diffusi a Nord della Via Emilia e prevalenti nel settore SE del territorio comunale. La loro deposizione é riferibile alle esondazioni dei corsi d'acqua principali, in particolare del T. Crostolo, del paleo-Tresinaro e, in misura inferiore, del T. Modolena e del T. Rodano. Anche per questi sedimenti si osserva una graduale diminuzione granulometrica da Sud verso Nord.

Sono materiali a permeabilità ridotta che, in virtù anche di notevoli spessori, offrono generalmente una buona protezione all'acquifero profondo.

• **DEPOSITI DELLA PIANURA ALLUVIONALE A DOMINANZA ARGILLOSA**

I termini argillosi, che rappresentano le alluvioni a granulometria più fine, sono particolarmente diffusi al margine nord-occidentale del territorio comunale, mentre nella zona settentrionale costituiscono solo limitati affioramenti, corrispondenti a piccole depressioni topo grafiche nelle quali le acque di esondazione potevano ristagnare più a lungo. Si tratta di terreni dotati di permeabilità quasi nulla e offrono una buona protezione alla falda acquifera contro l'infiltrazione di liquidi inquinanti.

## **2.2 GEOLITOLOGIA DA 0 A 10 M**

La fascia pedecollinare dell'alta pianura del territorio Reggiano é caratterizzata dalla presenza dei conoidi del T. Enza e del F. Secchia, intercalati da altri dei corsi d'acqua secondari, T. Crostolo e T. Tresinaro, nei quali i livelli permeabili (ghiaie e ghiaie con sabbie) sono molto più ridotti di spessore e arealmente meno estesi. I conoidi principali si trovano, rispetto al Corsi d'acqua attuali, spostate verso Ovest, ad eccezione del conoide del T. Crostolo. Nell'alta pianura i sedimenti sia quelli argillosi marini del substrato, sia quelli alluvionali, si presentano particolarmente sollevati e dislocati; più a Nord il substrato si approfondisce bruscamente tanto che all'altezza di Reggio Emilia é posto a profondità superiori ai 400 m. A Nord della Via Emilia, esauriti gli apporti grossolani dei corsi d'acqua appenninici, i depositi sono costituiti da limi-argillosi con discontinui livelli sabbiosi così che i pozzi per acqua devono qui raggiungere profondità notevoli (150-250 m). In questo paragrafo viene riassunta la situazione litologica del territorio, considerando i terreni dominanti percentualmente fino alla profondità di 10m dal piano campagna. Come già anticipato Il termine "a dominante" indica che il materiale cartografato rappresenta oltre il 50% dello spessore totale nell'intervallo preso in esame.

Sono state distinte le seguenti classi litologiche:

- Alluvioni a dominante argillosa della bassa pianura (olocene);
- Alluvioni a dominante limo-argillosi con intercalazioni sabbiose irregolari (olocene);
- Ghiaie e sabbie dei terrazzi recenti.

Si riporta di seguito la descrizione di dettaglio di ogni classe litologica.

• **ALLUVIONI A DOMINANTE ARGILLOSA DELLA BASSA PIANURA (OLOCENE)**

I terreni argillosi occupano gran parte della fascia di media pianura del territorio Reggiano, situato in posizione mediana tra due importanti corsi d'acqua, ossia il Torrente Enza ed il Fiume Secchia.

Tale collocazione, lontana dalle due aste fluviali, ha consentito soltanto la deposizione dei materiali più fini che, durante gli episodi alluvionali restavano più a lungo in sospensione potendo così raggiungere luoghi anche distanti dai corsi d'acqua. Ad essi si aggiungono poi gli apporti del T. Crostolo, del T. Tresinaro e del T. Modolena. Si tratta di depositi di stanca che hanno dato origine a strati argillosi di potente spessore, la cui natura è riferibile alla presenza di rocce marnoso-argillose nei bacini montani entro i quali scorrono i corsi d'acqua responsabili del loro trasporto e deposito.

• **ALLUVIONI A DOMINANTE LIMO-ARGILLOSA CON INTERCALAZIONI SABBIOSE (OLOCENE)**

In questa classe sono stati raggruppati quei terreni che denotano una composizione granulometrica molto irregolare e variabile, sia in senso areale che nel senso della profondità. Nel territorio esaminato, essi sono correlabili a paleo alvei del T. Crostolo e del T. Tresinaro: al primo è legato una fascia allungata in direzione Nord-Sud che segue la direttrice Reggio-Pratofontana-Bagnolo, al secondo il paleo alveo sul quale attualmente è impostato il Cavo Tresinaro. Quest'ultimo si riconosce facilmente nella zona compresa fra Masone e Castellazzo, dove il Cavo Tresinaro è caratterizzato da scarpate di erosione e ripiani terrazzati, i quali sono necessariamente riferibili ad un Corso d'acqua con portate maggiori rispetto a quelle del canale oggi esistente.

• **GHIAIE E SABBIE DEI TERRAZZI RECENTI**

Questi terreni occupano in prevalenza il settore Sud-Ovest del territorio comunale e, in misura inferiore, il bordo meridionale del settore a Nord-Ovest. A prescindere dai depositi d'alveo attuale del T. Crostolo, sono individuabili alcune aree di dimensioni varie situate per lo più a ridosso ed entro i rilievi terrazzati dell'alta pianura. Ricordiamo le presenze ghiaiose più significative nei pressi di Coviolo, presso Sabbione dove le ghiaie sono relative ad un paleoalveo del T. Tresinaro.

Altre lenti ghiaiose, ma per ampiezza ridotta, si segnalano nei pressi di Masone, Roncocesi e dell'aeroporto: queste sono collegate a passati eventi di piene eccezionali. Inoltre depositi ghiaiosi e di qualità scadente si rivengono ad una profondità variabile nella zona di S. Bartolomeo e in località Casinazzo, a Rivalta e nella zona occidentale, compresa fra Ghiarda, Castel Baldo e le Tibbie. Queste ghiaie sono riferibili a corsi d'acqua di secondaria importanza quali il T. Quaresimo, Rio Coviola e T. Modolena.

Le ghiaie di ottima qualità e sub affioranti sono relative al T. Crostolo e alla co-

noide del T. Enza. Nel primo caso la presenza più significativa é riferita ad una fascia allungata corrispondente alla valle del corso d'acqua a Sud della città, mentre per quanto riguarda il dominio del T. Enza si segnala un ampio affioramento tra Cadé e Calerno, al margine occidentale del Comune, costituito da ghiaie medio-recenti in matrice argilloso-limosa frammiste a ciottoli alterati provenienti dal disfacimento dei sovrastanti terrazzi pleistocenici. Il dilavamento dei paleosuoli conferisce a tali depositi un colore bruno-rossastro che testimonia la presenza di materiale alterato rimaneggiato.

### 3. GEOMORFOLOGIA

Il territorio comunale di Reggio Emilia ricade nell' ambito della Pianura Padana, ed in particolare in quella fascia posta ai piedi dell' Appennino che viene indicata come alta e media pianura.

L'area è caratterizzato da uno spessore di alcune decine di metri di depositi continentali, fluviali, di età relativamente recente e/o recentissima, ad assetto sub orizzontale o debolmente inclinato verso Nord. Al di sotto di questi abbiamo depositi marini assai potenti (migliaia di m) coinvolti nelle fasi ultime dell' orogenesi appenninica. Nelle aree meridionali del comune affiorano i depositi più antichi del territorio risalenti alle ultime fasi glaciali che, a partire da circa un milione d'anni, hanno interessato l'emisfero settentrionale. Questi sedimenti, dopo la loro deposizione, sono stati coinvolti assieme all'Appennino da sollevamento, per cui ora costituiscono basse colline incise da piccoli corsi d'acqua.

A Nord di queste colline si sviluppano i depositi recenti, alcuni dei quali si sono formati in epoca storica, legati ai vari corsi d'acqua che scendono dal vicino Appennino. Questi depositi sono caratterizzati da una forma pianeggiante, inclinata di pochi gradi verso Nord, interrotta solo dai solchi della rete idrografica attuale. Sotto il profilo strettamente geomorfologico, si osserva la presenza di antichi sistemi terrazzati, morfologicamente ben distinti rispetto alle aree con sedimenti più recenti, situate nella porzione settentrionale dell'area comunale. Complessivamente si tratta di depositi di origine fluviale, la cui distribuzione territoriale, in funzione della granulometria, evidenzia l'estrema dinamicità idraulica che ha caratterizzato l'evoluzione nel tempo dei corsi d'acqua principali del bacino Reggiano.

La zona di alta pianura è rappresentata dai terreni pleistocenici dei sistemi terrazzati che costituiscono quella che era denominata "Struttura del Ghiardo": si tratta di una serie di rilievi allungati con direzione SW-NE che in seguito ad eventi tettonici hanno acquistato una configurazione ad anticlinale. La caratteristica morfologica prevalente é rappresentata da sommità sub-pianeggianti o a debole curvatura interrotte da scarpate piuttosto ripide di raccordo ai terreni sotto stanti.

Alla formazione di un tale assetto morfologico hanno contribuito, come anzi accennato, ripetuti eventi tettonici anche recenti, i quali hanno determinato vere e proprie scarpate di faglia ed il rinnovamento del ciclo erosivo dei locali corsi d'acqua. Tuttora, la presenza di vallecole piuttosto strette con versanti ripidi e percorse da incisioni fluviali in prevalente fase erosiva.

Il territorio comunale di Reggio Emilia costituisce un riferimento esemplare, didattico, della modalità di formazione dell'ambiente fisico del margine appenninico-padano e delle dinamiche insediative lungo l'asse della Via Emilia. Nel territorio si possono, infatti, distinguere tre principali unità fisiografiche, omogenee dal punto di vista della storia geologica, della morfologia e della pedologia:

- i terrazzi pedemontani;
- i conoidi;
- la pianura alluvionale.

Da un punto di vista più generale si può affermare che il territorio di Reggio Emilia è organicamente connesso con l'ambiente fisico dei conoidi dell'alta pianura, zona di transizione tra il settore collinare ben delineato, posto al di fuori del territorio comunale e quello della pianura in senso stretto, il cui limite marca le propaggini settentrionali del comune al di là della "linea delle risorgive", grossomodo coincidente con l'asse della Via Emilia.

La fascia dei conoidi è compresa tra la collina ed il limite di affioramento della parte distale dei conoidi stessi, contraddistinto da forma prevalentemente di erosione ed un ambito dell'alta pianura per la restante parte del territorio, segnato da forme di deposito.

Tale posizione differenzia nettamente due ambienti genetici: uno in cui sono prevalsi fenomeni di trasporto ed erosione ed uno in cui sono oggi manifesti soprattutto quelli di deposito di materiali fini con evidenti implicazioni e condizionamenti che avremo modo di sviluppare anche negli altri capitoli della relazione, ma che riguardano principalmente l'assetto insediativo storico e la vulnerabilità del sistema acquifero sotterraneo.

I limiti e le suddivisioni delle unità geologiche di paesaggio individuate rispecchiano quindi questa realtà fisica anche nel confronto con le altre caratteristiche territoriali, sia biologiche, che storiche ed insediative.

Le unità geologiche di paesaggio descritte nel seguito verranno esaminate procedendo da Sud verso Nord percorrendo un ideale cammino di formazione delle stesse, con due importanti avvertenze: i limiti tracciati tra le varie unità individuate non devono intendersi come "lineari" bensì identificativi di una zona di transizione; la distribuzione tra unità geologiche di paesaggio diverse è sempre stata condotta attraverso l'analisi delle caratteristiche e delle immagini zenitali utilizzate.

### **3.1 UNITA' DEI CONOIDI PROSSIMALI.**

Si tratta di una ristretta fascia che sutura la parte meridionale del territorio comunale e la cui continuità è interrotta dagli assi vallivi, in particolare dei torrenti Enza, Crostolo e Tresinaro, La superficie topografica ha un andamento complessivamente ondulato con variazioni di pendenza comprese tra 1 e 10%.

La tessitura dei campi può essere definita minuta ed orientata secondo direzioni radiali irregolari che si sviluppano lungo una superficie tronco-conica che si adatta alla morfologia dei luoghi. Soprattutto nella parte occidentale si hanno incisioni torrentizie relativamente profonde e strette che esaltano gli andamenti crinalici perpendicolari alla Via Emilia.

Tali incisioni delimitano le caratteristiche, ampie superfici, dei terreni pedecol-



linari che ricomprendono le zone del Ghiardo, delle Tibbie, di Rivalta e di Fogliano. Si tratta di sedimenti di ambiente pluviale e lacustre depositatisi tra 700.000 e 150.000 anni fa circa, poi ricoperti da coltri di terreni più fini (loess), dislocati e sollevati da successivi movimenti tettonici.

### 3.2 UNITA' DELL'ALTA PIANURA

Nonostante la denominazione, tale unità non coincide con la definizione classica di "alta pianura" ricomprendendo tutto il territorio comunale di Reggio Emilia fino alle estreme propaggini settentrionali, e quindi ben al di là dell'asse della Via Emilia o del sistema delle risorgive. Tale scelta é stata condotta in armonia con le caratteristiche riscontrate nelle immagini zenitali, anche se tale unità al suo interno é in realtà suddivisibile in base alla variazione di uno o più dei parametri presi in considerazione (tono, tessitura, pattern); variazione che tuttavia non modifica i caratteri di omogeneità complessivamente osservabili.

Si assiste infatti ad una modificazione della tessitura da Ovest (grossolana) verso Est (fine) e ad

una variazione del pattem da Sud (rettilineo) verso Nord (ondulato e circolare).

L'unità dell'alta pianura è evidenziata nella Tavola 3 paesaggio da una linea tratteggiata alternata ad una continua ed aventi pattern rettilineo.

In tale unità sono riscontrabili elementi residuali della centuriazione romana, in gran parte cancellata da eventi alluvionali più recenti e da pratiche agricole "meccanizzate" che hanno modificato profondamente la struttura fondiaria in queste zone, nonché numerosissimi paleoalvei testimonianti la profonda evoluzione subita dal reticolo idrografico superficiale.

### 3.3 UNITA' DEI DOSSI FLUVIALI

Si differenziano altimetricamente e litologicamente dal contesto circostante, hanno un andamento prevalentemente Nord/Est - Sud/Ovest ed il loro "apice" é generalmente marcato da insediamenti lineari come ad esempio le strade statali già presenti in epoca storica, in quanto zone più rilevate e salvaguardate dalle frequenti, passate inondazioni. La tessitura dei campi esalta infine un andamento topo grafico altrimenti difficilmente percepibile, testimoniano un profilo di equilibrio non ancora raggiunto o quanto meno rinnovato dalla neotettonica in continua evoluzione. Questi sistemi terrazzati si estendono con continuità dall'estremo bordo meridionale del territorio comunale fino all'altezza del Canale di Secchia, oltre il quale affiorano solamente le alluvioni recenti della media pianura.

La parte che si sviluppa a Nord della "Struttura del Ghiardo" descritta, si estende per un'ampiezza di circa 10 km e denota complessivamente un dislivello altimetrico assai modesto (circa 30 m).

Si tratta di una porzione del territorio caratterizzata da una morfologia piuttosto pianeggiante uniforme, dominata in gran parte da sedimenti fini (limi e argille) e in misura inferiore da sabbie e ghiaie. La diversa distribuzione areale e la differenziazione litologica dei materiali rappresentati é da correlare direttamente alle

variazioni di energia delle correnti fluviali nonché all'alternarsi di eventi erosivi a fasi di sedimentazione.

Questi fenomeni hanno prodotto terrazzamenti dei sedimenti, più modesti di quelli del Ghiardo, ancora visibili lungo la valle del Torrente Crostolo a monte della città. Procedendo verso Nord, questi sfumano rapidamente e già a valle della Via Emilia non sono più rilevabili morfologicamente. La Via Emilia coincide, grossomodo, con il passaggio fra i termini sabbioso-ghiaiosi di monte ed i materiali limo-argillosi tipici dell'ambiente di medio-bassa pianura.

Un'indagine geomorfologica ad una scala maggiore rispetto a quella sopra descritta, colloca la porzione nord del territorio comunale nel macro-ambiente deposizionale della "Piana a copertura alluvionale", che verrà denominata dal punto di vista idrogeologico "Unità Idrogeologica della piana alluvionale appenninica". Questa è contraddistinta dalla presenza di depositi a sequenze prevalentemente fini (sabbie, limi, argille), dovuti ad una crescita di tipo verticale, data da processi di tracimazione e rotta fluviale, che hanno portato alla deposizione di strati sub-orizzontali a geometria lenticolare, probabilmente riferibili a singoli eventi alluvionali. In queste aree a pendenze basse ed energia di trasporto altrettanto modesta, i corsi d'acqua, in condizioni naturali, esplicano principalmente un'azione di deposito, selezionando granulometricamente i sedimenti in funzione delle modeste, ma presenti, differenze di energia di trasporto fra l'ambiente di "canale" e quello di "valle" con acque stagnanti

Lo stesso colmamento della pianura è avvenuto a seguito delle frequenti modifiche e divagazioni degli alvei fluviali dovute alle ricorrenti rotte e tracimazioni dei corsi d'acqua, che dopo aver stazionato per un certo periodo in una posizione, diventano pensili a seguito dei continui apporti sedimentari, che costituiscono veri e propri argini naturali.

Nel caso di rotte e tracimazioni, le acque inondano i territori adiacenti l'alveo, depositando sedimenti più grossolani (sabbie e sabbie limose) nelle vicinanze dello stesso e sedimenti più fini al diminuire della capacità di trasporto.

L'azione di deposito provoca un graduale accrescimento dell'area, con innalzamento progressivo del canale rispetto alle zone circostanti, dove giungono acque di esondazione a carico solido già ridotto. Inevitabilmente e per svariate cause, il corso d'acqua abbandona il proprio alveo, trasferendosi in aree più depresse, per poi ricominciare l'innalzamento di un nuovo manufatto pensile.

Il continuo avvicinarsi nel tempo delle situazioni sopra descritte, determina quindi il sovrapporsi di depositi a diversa granulometria, in lenti e livelli orientati prevalentemente nel senso di scorrimento delle correnti.

Il modello di pianura alluvionale precedentemente descritto, trova riscontro oltre che nella distribuzione litologica di superficie e del primo sottosuolo, anche nell'assetto morfologico della pianura.

## 4.IDROGRAFIA – IDROLOGIA

Nel presente paragrafo viene esaminata la situazione idrografica del territorio comunale, descrivendo sia la rete idrografica presente ed "attiva", sia i palealvei di cui vi è certezza storica ed anche quelli di cui se ne individuata solo la traccia geomorfologia. Sono inoltre indicate e descritte le zone umide presenti sul territorio e i fenomeni di risorgiva.

Essendo la rete idrografica funzione dell'assetto morfologico e litologico del substrato, il reticolo di superficie rivela percorsi e sviluppi differenti a seconda delle caratteristiche geologiche specifiche che il territorio comunale possiede.

Infatti, si riscontra l'esistenza di due domini prevalenti di appartenenza:

- Dominio del Torrente Crostolo, che comprende un'ampia porzione del conoide del Torrente Enza, il settore centrale e occidentale, fino all'asse Gavasseto-Masenzatico-Bagnolo.
- Dominio del F.Secchia, di più modeste dimensioni e con caratteristiche idrauliche differenti, relative al restante settore orientale del comune.

### 4.1 Dominio del T.Crostolo

Comprende un'ampia porzione di territorio di alta pianura ed una discreta porzione di medio-bassa pianura. Questo settore comprende le principali aste di deflusso presenti nell'ambito comunale costituite dal T.Modolena, dal T.Crostolo e dal T.Rodano, ai quali confluiscono una serie di affluenti e subaffluenti ordinati secondo una configurazione di tipo dendritico che confluisce verso Nord, e che appartengono a ciò che nella "Calia geomorfologica" viene indicato come il reticolo idrografico secondario. In particolare i tributari del T.Modolena che si rinvergono nella porzione sud-occidentale del territorio comunale, incidono gli antichi terreni pleistocenici dei sistemi terrazzati, mettendo ne in luce nelle incisioni le strutture sedimentarie ed a tratti il substrato roccioso.

### 4.2 Dominio del F.Secchia

Questo settore possiede caratteristiche assai diverse dal precedente, in quanto il corso del fiume non attraversa l'ambito comunale reggiano; inoltre, il conoide relativo a questo corso d'acqua si chiude rapidamente nei pressi di Rubiera, occupando solo una posizione "marginale" all'interno del territorio.

Ne risulta che anche l'aspetto litologico e morfologico dell'area ne viene fortemente condizionato: se nel dominio del T.Crostolo i corsi d'acqua principali hanno prodotto terreni con notevole componente ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa, a cui si associano corrugamenti di origine neotettonica, nella zona di influenza del F.Secchia il profilo topografico risulta in gran parte pianeggiante e composto da sedimenti fini. L'idrografia di superficie risente di questa configurazione e si presenta priva di corsi d'acqua importanti e sprovvista di una ordinata gerarchia fluviale. A tale situazione hanno ovviato le opere idrauliche antropiche, regiman-

do e collegando principali corsi d'acqua naturali con gli altri artificiali, creando un complesso sistema di canalizzazioni ben articolate che svolgono funzioni irrigue e scolanti, come appartenenti al reticolo idrografico secondario. In questo modo viene restituita anche la rete idraulica presente nelle aree in aree pianeggianti che è garanzia all'occorrenza del deflusso di queste porzioni di territorio.

### 4.3 Paleoalvei e tracce di paleoalvei

Per quanto riguarda, le tracce di paleoalvei relative ai principali corsi d'acqua (T. Enza, T.Crostolo, T.Tresinaro) rappresentano una unità fisiografica di particolare importanza nell'ambito della pianura Reggiana. La loro individuazione nasce dal confronto di numerosi elementi di tipo morfologico (presenza di dossi elevati), litologico (aree a litologia sabbioso-ghiaiosa delimitate da zone argillose), oppure riguardante lo sviluppo più o meno irregolari di insediamenti urbani, della viabilità locale nonché della parcellizzazione agricola. Gli antichi alvei tuttora ravvisabili non costituiscono un carattere morfologico omogeneo e continuo. I principali paleoalvei presenti nel territorio comunale sono:

- Paleoalveo del T.Enza: interessa la porzione compresa fra Gaida e Cadé. Questo passando fra Montecchio Emilia e Bibbiano scendeva in direzione Calemo-Campesine. E' di età medievale.
- Paleoalvei del T.Crostolo: é ben visibile quello posto in corrispondenza dell'asse Reggio-Pratofontana-Bagnolo in Piano. Esistono però numerosi altri paleoalvei morfologicamente distinguibili e riferibili storicamente all'Alto Medioevo che dalla conoide del T.Crostolo si dipartono a raggiera in direzione Nord-Est.
- Paleoalvei del T.Tresinaro: sebbene nel XIII secolo il corso d'acqua sia stato deviato artificialmente nel Fiume Secchia a Sud di Rubiera, sono ancora evidenti alcuni antichi percorsi, dei quali uno passa per Masone-Castellazzo. Un altro paleoalveo, più ad Est del precedente, è visibile sull'asse Corticella-Ospedaletto, Nel territorio si sono individuate "aree a difficoltà di deflusso superficiale"; questo tipo di problematica risulta concentrato principalmente nel settore centro-occidentale in cui le acque vengono convogliate quasi esclusivamente verso Nord. La presenza, in uno spazio relativamente ristretto, di tre ostacoli (la via Emilia, la ferrovia BO-MI e l'autostrada A1) perpendicolari alla direzione di deflusso e paralleli fra di loro, danno luogo ad allagamenti in occasione di intensi eventi meteorici e le difficoltà di drenaggio e di rifluimento provocano ristagni prolungati.

Tale configurazione non emerge invece nel settore orientale; qui infatti la distanza fra la via Emilia, la FF.SS. e la A1 risulta maggiore e il territorio è morfologicamente uniforme e servito in modo efficiente da una fitta e regolare rete idraulica di superficie. In questa porzione di territorio sono anche ridotte le aree con drenaggio difficoltoso.

Al piede delle aree di conoide del T.Enza e dei corsi d'acqua minori si evidenzia la presenza di alcune aree caratterizzate da fenomeni di artesianesimo, nelle

quali le acque hanno comportamento perenne, in altre, invece, possiedono andamento stagionale. Complessivamente la loro presenza tende a ridursi arealmente nel tempo, a causa di un generale impoverimento degli acquiferi.

Alcune zone, piuttosto ristrette, interessate anche nel recente passato da acque risalenti sono:

- area di Gavasseto, impostata su di un antico alveo riferibile al T.Tresinaro;
- area di Ville S.Giulio (Sesso), impostata su di un paleoalveo del T.Crostolo;
- area a Nord di Mancasale, situata fra S.Michele in Boschi e il Gattaglio;
- area di paleoconoide del T.Enza, che dal margine nord-occidentale del Comune prosegue nel territorio di Campegine (Corte Valle Re).

In particolare, tra Casaloffia Barisella si trova un'area ristretta dove la falda affiora con una prevalenza dal p.c. di circa 1.5m solo per brevi periodi.

#### **4.4 Elementi antropici**

Fra gli elementi morfologici di origine antropica si deve evidenziare in particolare:

- a) La conurbazione della Via Emilia in quanto è la porzione omogenea di territorio che ha subito più massicciamente la trasformazione dell'uomo, quindi l'uomo viene inteso come agente morfogenetico.
- b) Il territorio urbanizzato inteso come sia come territorio edificato che come infrastrutture; in particolare sono riportate in cartografia con dettaglio univoco le principali reti viarie intese come le principali arterie stradali ed in particolare l'Autostrada A1. si sono altresì evidenziati i tracciati ferroviari di TAV, della ferrovia storica Milano-Bologna e delle linee ferroviarie Provinciali. Tali infrastrutture rappresentano per il loro impatto e interferenza uno degli aspetti più significati dell'antropizzazione del sistema naturale, soprattutto se esso viene inteso nei termini evolutivi.
- c) Impianti di trattamento rifiuti e le aree di ex-cava. Quest'ultime sono aree che hanno subito una passata attività di escavazione e che sono state poi in parte o totalmente ritombate o ripristinate; è importante, infatti, il mantenimento di una memoria storica dei suddetti siti poiché presentano, in termini di morfologia ma anche di vulnerabilità, caratteristiche spesso differenti rispetto al contorno.

## 5. IDROGEOLOGIA

### 5.1 LE UNITA' IDROGEOLOGICHE

Il sistema acquifero della pianura emiliano-romagnola, che appartiene al sistema padano, si è costituito per progressivo riempimento di un bacino ad opera di sedimenti alluvionali di apporto padano e appenninico. Per la descrizione della struttura dell'acquifero si fa riferimento alle numerose pubblicazioni presenti in bibliografia la cui validità, da un punto di vista strettamente idrogeologico di insieme, resta valida anche accettando il modello deposizionale proposto da Parea (1987) per i depositi quaternari tardo-pleistocenici: la base dell'acquifero dovrebbe corrispondere all'interfaccia acque dolci-acque di fondo ad elevata salinità, che non coincide con un limite fisico-geologico ben preciso, ma che è solamente controllato da fenomeni di "spremitura" differenziata, indotta dalle strutture tettoniche sepolte, le cosiddette "pieghe appenniniche". Si nota, infatti, una correlazione tra strutture geologiche profonde e l'andamento delle isobate dell'interfaccia idrica tra acque a contenuto salino differenziato; nell'alta pianura di Reggio questa profondità, più o meno crescente da sud a nord, è compresa tra 100 m (margine collinare, con la sola eccezione di Monticelli dove le acque di fondo sub affiorano) e 600 m (zona di Bagnolo- Cadelbosco). Le acque dolci saturano acquiferi a permeabilità significativa, di spessore di poche decine di metri, allo sbocco in pianura dei solchi vallivi intra-montani; al limite nord dell'alta pianura raggiungono e superano i 300 metri di profondità, come nella zona di Rubiera cioè lungo il tracciato della Via Emilia. La litologia e la forma dei depositi nel sotto suolo appare strettamente controllata dalle capacità di trasporto e deposito dei corsi di acqua che scendono dal retrostante Appennino (T.Enza, F.Secchia, T.Tresinaro e T.Crostolo); lo spessore e l'ampiezza degli orizzonti ghiaiosi a granulometria più grossolana disposti in lenti dipendono dalla competenza del corso d'acqua a cui appartengono.

Durante la costruzione dell'edificio sedimentario della pianura, i corsi d'acqua non essendo arginati avevano la possibilità di divagare, spostando il tracciato del loro alveo ed andavano a colmare le aree altimetricamente più depresse.

Con il progressivo abbandono dei materiali trasportati l'alveo si innalzava divenendo pensile, e in occasione di una piena si verificava lo spostamento dello stesso in una zona più depressa; da qui il fenomeno, quindi, ricominciava.

Il risultato è oggi una struttura complessa del materasso alluvionale che costituisce il sistema acquifero della pianura emiliano-romagnola, con alternanze irregolari tra i depositi più grossolani e quelli più fini e con le falde interconnesse fra loro che vanno, quindi, a costituire un sistema multifalda.

Facendo riferimento alla pubblicazione *Alta Pianura e Appennino della Provincia di Reggio Emilia* (Carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento"



"Studi sulla vulnerabilità degli acquiferi 4), si evince come nella Pianura Reggiana, ed in particolare nel territorio comunale di Reggio E., siano identificabili tre serbatoi principali, geneticamente legati ai torrenti sopra menzionati, che determinano le unità idrogeologiche (vedi Tav.5), cioè delle aree con ben definite caratteristiche idrogeologiche, distinguibili da quelle adiacenti esse sono:

- Unità Idrogeologica del Tonente Enza
- Unità Idrogeologica dei corsi d'acqua minori (T.Crostolo, Modolena, Tresinaro)
- Unità Idrogeologica della piana alluvionale appenninica

In particolare, nella parte orientale dell'alta pianura reggiana, la conoide del Secchia presenta una estensione areale assai limitata, in quanto essa non raggiunge mai il chilometro di ampiezza dall'alveo attuale del fiume sviluppandosi infatti quasi interamente nella limitrofa pianura modenese. Mentre il fronte del T. Crostolo arriva a tangere appena la città di Reggio Emilia, i depositi grossolani dei piccoli corsi d'acqua compresi tra quest'ultimo torrente e il fiume Secchia, verso nord hanno uno sviluppo assai limitato.

### Unità Idrogeologica del Torrente Enza

L'unità idrogeologica del T. Enza si sviluppa da S. Polo fino a nord della via Emilia ed ha uno spessore variabile da zero metri in corrispondenza del margine collinare fino a 250 metri presso la Via Emilia, interessando, quindi, la porzione occidentale il territorio comunale. La presenza della conoide del T.Enza influenza, però, decisamente l'assetto idrogeologico della zona:infatti, l'antico percorso sepolto é rappresentato in prevalenza da litotipi a granulometria grossolana, soprattutto ghiaie, ad elevata permeabilità,

Nella zona compresa fra Quercioli, Villa Cella ed il limite Ovest del Comune, si osservano profondità della falda che variano da 10m (in corrispondenza della via Emilia) fino a 20 m ed oltre verso il confine Sud del territorio.

A Nord della via Emilia la falda freatica risale rapidamente giungendo a sfiorare il piano campagna dando origine alla fascia delle risorgive, con prevalenza di 1,5 m circa nel periodo di massima ricarica.

L'alimentazione dell'acquifero avviene per infiltrazione delle acque meteoriche e irrigue laddove affiorano o sub affiorano ghiaie e sabbie, cioè l'acquifero e per dispersione da alvei di corsi d'acqua e canali derivate.

A descrizione del moto della falda, sulla base di alcune caratteristiche geometriche delle linee isopotenziali, si possono notare situazioni assai significative dal punto di vista idrogeologico:

Rapporti idraulici (prevalentemente di dispersione dagli alvei) tra falda e fiume competono, allo sbocco in pianura dei solchi vallivi e nella parte apicale delle conoidi, ai T. Crostolo, Tresinaro e al F. Secchia. Relativamente a questo corso d'acqua l'andamento delle isofreatiche rappresenterebbe, anche secondo la Carta

della Vulnerabilità della contigua pianura modenese, connessioni idrauliche complesse: nella parte più strettamente apicale si materializzerebbe un drenaggio della falda dalla sponda sinistra (di Reggio), per poi verificarsi condizioni inverse a nord di Salvaterra, fino poco a nord di Rubiera (località Bosco Fontana, limite approssimativo delle possibilità di scambio fiume-falda).

I gradienti relativamente elevati che competono alla falda nella parte apicale delle conoidi, a ridosso del rilievo collinare, dove l'acquifero presenta per lo più una struttura indifferenziata ed affiora, determinando tipiche condizioni di falda libera. Da ricordare che in questa zona della pianura si hanno quasi ovunque falde sospese, tributarie della sottostante falda principale, per le quali, in relazione alla loro discontinuità areale non è possibile ricostruire la forma.

#### Unità Idrogeologica dei corsi d'acqua minori (T. Crostolo, Modolena, Tresinaro)

Verrà di seguito descritta l'unità idrogeologica del T.Crostolo, in quanto la principale fra quelle dei corsi minori: essa comprende il settore centrale e occidentale, fino all'asse Gavasseto-Massenzatico-Bagnolo del territorio comunale sviluppandosi fino a sud della via Emilia comprendendo una discreta porzione di medio-bassa pianura. L'intera struttura idrogeologica è caratterizzata dalla presenza di ripetute alternanze di depositi grossolani e fini di spessore pluridecamentrico; in particolare, lo spessore e la continuità laterale di corpi grossolani decresce in modo sostanziale a favore di un analogo aumento dei depositi fini, che occupano la gran parte delle successioni. In senso verticale i depositi ghiaiosi sono presenti quasi esclusivamente nelle parti sommitali delle alternanze, dando luogo a depositi tabulari poco estesi; la zona di amalgamazione delle ghiaie è sostanzialmente assente così come la presenza di ghiaie sulla superficie.

La ricarica dell'acquifero ivi presente avviene su ambiti limitati e principalmente per infiltrazione dalla superficie topo grafica. In relazione a queste caratteristiche geologiche l'intera unità si presenta compartimentata e caratterizzata quasi esclusivamente da condizioni di falda in pressione.

Verso valle i gradienti diminuiscono notevolmente (0.2% circa) per l'insorgere di condizioni di confinamento della falda, secondo le quali il transfert di pressioni diventa prevalente su quello di massa; moto delle linee a basso raggio di curvatura o che tendono a chiudersi devono interpretarsi, per i motivi già accennati, tipiche di condizioni dinamiche, cioè di misure disturbate dal funzionamento di pozzi circostanti (a NO di Reggio E. tra Mancasale e Roncocesi). Anche il marcato asse di drenaggio che si individua ad ovest di Reggio E. con decorso SO a NE è con tutta probabilità di origine artificiale, dovuto a prelievi idrici concentrati, in condizioni di bassa trasmissività.

#### Unità Idrogeologica della piana alluvionale appenninica.

La porzione nord ed est del territorio comunale ricade nell'unità idrogeologica denominata Piana Alluvionale, caratterizzata dall'assenza di ghiaia e da domi-

nanza di depositi fini. Questa unità si estende, indifferenziata al suo interno, a partire dalla pianura reggiana fino al limite orientale interponendosi tra i depositi grossolani delle conoidi appenniniche a sud ed i depositi padani a nord. Si sottolinea che nel settore romagnola tale unità a volte si viene a trovare a diretto contatto con il margine appenninico, costituendo le zone di interconoide.

La profondità della falda freatica é qui compresa fra il piano campagna e 6 m; si tratta di acquiferi di modesta entità sospesi entro orizzonti di depositi fini. A causa della loro vicinanza con la superficie e di conseguenza del loro grado di inquinamento non sono più utilizzati per usi idropotabili; infatti, queste falde vengono alimentate quasi esclusivamente per infiltrazione di acque meteoriche che percolando trasportano in profondità le sostanze inquinanti presenti sul terreno (liquami e concimi). Dalle misure effettuate, mediante diverse campagne di rilievi freatimetrici, é emerso che l'escursione stagionale ha un valore medio di 2 m. Esaminando i dati freatimetrici relativi al marzo 1984 (Studio generale effettuato a corredo del P.R.G) e confrontandoli con i valori emersi dalla campagna di rilievi de settembre/ottobre '92, marzo-aprile '93, si evince che i livelli statici riguardanti la prima falda superficiale denotavano un generale e discreto innalzamento rispetto ad una decina di anni fa.

## 5.2 PIEZOMETRIA

La situazione idrogeologica del territorio risulta strettamente controllata dai conoidi del T.Enza e del T.Crostolo; essi definendo i caratteri morfologici e litologici sia di superficie che in profondità, condizionano la distribuzione degli acquiferi.

Dall' analisi dei gradienti idraulici si rileva una netta diminuzione del gradiente idraulico dalla zona a monte dell'abitato di Reggio Emilia, corrispondente alla porzione mediana della conoide del Crostolo, a quella a valle in corrispondenza dell'unità della piana alluvionale appenninica.

L'esame dei caratteri idrogeologici della falda freatica più prossima alla superficie si é avvalsa di dati esistenti che sono stati aggiornati mediante integrazione con i più recenti dati freatimetrici di alcuni pozzi facenti parte della rete di controllo ARPA presenti nel territorio comunale.

I pozzi a vario uso presenti nel territorio comunale sono circa 400. Si osserva fra questi una netta prevalenza di pozzi a camicia (per uso domestico) rispetto ai pozzi trivellati (per uso domestico e irriguo). Per quanto riguarda la profondità dei pozzi censiti si possono distinguere due categorie:

- pozzi a camicia: l'aggiungono profondità variabili tra 10m e 20 m; soltanto nella zona del Ghiardo si incontrano pozzi di questo tipo profondi oltre 30 metri;
- pozzi trivellati: generalmente raggiungono profondità comprese fra 50 m e 100 m, mentre più raramente si rinvencono profondità di oltre 100 metri.

Le captazioni presenti a sud della Via Emilia sono dovute al grande sviluppo di aziende agricole e industriali ove la scarsità di acque superficiali e la possibilità di reperire a profondità discrete falde con buone caratteristiche qualitative e quantitative, hanno determinato un incremento dello sfruttamento degli acquiferi contribuendo all'impoverimento delle falde stesse. Mentre si osserva una minore concentrazione industriale e scarsità di acquiferi significativi nella zona a nord della Via Emilia, però anche in questa zona per sopperire alla scarsità d'acqua nelle stagioni più secche, si è avuto un incremento di pozzi che vengono trivellati sempre più profondi. In altri termini si assiste ad un generale impoverimento delle falde anche in questo settore, poiché, come nell'altra zona, viene a crearsi uno squilibrio fra entità dell'emungimento e ricarica delle risorse idriche sotterranee. Il primo effetto di questa situazione consiste nella riduzione o scomparsa dei fenomeni di artesianesimo che persistono solo poco più a Nord della conoide dell'Enza e poco oltre gli apici di ingresso delle conoidi del Crostolo e del Tresinaro nel territorio comunale.

Le strutture morfologiche e litologiche superficiali e profonde permettono di controllare la distribuzione degli acquiferi, almeno fino alla profondità di 25 -30 m dal piano campagna, dove si osserva una buona corrispondenza fra andamento geomorfologico e geolitologico dei sedimenti e la geometria dell'acquifero.

Esaminando i dati freaticometrici relativi al 1993 (Studio generale effettuato a corredo del P.R.G) e confrontandoli con i valori emersi dall'attuale elaborazione della tavola piezometrica e della soggiacenza, si evince che i livelli statici riguardanti la prima falda superficiale denotano una progressiva diminuzione in questi ultimi 20 anni, ciò in riferimento alle necessità sempre più crescenti di consumi idrici e anche in considerazione del mutato regime degli apporti meteorici stagionali.

Passando ad analizzare quanto emerso dai più recenti rilevamenti piezometrici della rete ARPA, si nota come la falda nella zona orientale del territorio comunale, e riferita alla struttura del Ghiardo, si incontra ad una quota compresa fra 0 m e -10m dal p. c. con una oscillazione stagionale media di 5 m circa. Dopo aver oltrepassato l'asse di drenaggio nord-sud rappresentato dalla paleoconoide s.s. del T. Crostolo in cui si ravvisano valori costanti di -10m in corrispondenza del capoluogo urbano, si giunge progressivamente verso occidente, alla zona diretta competenza della paleoconoide recente del T.Enza. La struttura sedimentaria influenza decisamente l'assetto idrogeologico della zona; si osservano profondità della falda che aumentano via via, variando da 10m (in corrispondenza della via Emilia) fino a 20 m ed oltre verso il confine Sud del territorio. Gli antichi percorsi sepolti del T. Crostolo e del T. Enza sono rappresentati in prevalenza da litotipi a granulometria grossa, soprattutto ghiaie, con elevata permeabilità contrastano nettamente con i litotipi più fini che si rinvennero nella piana alluvionale. Infatti, a Nord della via Emilia la falda freatica risale rapidamente giungendo a sfiorare il piano campagna dando origine alla fascia delle risorgive,

con prevalenza di 1,5 m circa nel periodo di massima ricarica. In particolare, i dati freaticometrici relativi al campo acquifero di Roncocesi confermano tale assetto. Infatti, pur considerando i notevoli volumi emunti a scopo acquedottistico si rivela nell'area una risalita della piezometrica, che in determinati periodi dell'anno possiamo considerare "coincidente al piano campagna".

Dalle misure a disposizione é emerso che la risalita della falda corrisponde con il passaggio dalle competenze sedimentarie di conoide a quelle esclusive della piana alluvionale, dove probabilmente la falda passa da pelo libero a in pressione. La risalita è quanto più importante quanto maggiore è l'aspetto di ricarica e di permeabilità dell'acquifero di riferimento, che nel caso specifico esso va interpretato con il più ampio bacino di ricarica del F. Enza rispetto agli altri corsi d'acqua appenninici che attraversano il territorio comunale.

### 5.3 QUALITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Il prioritario obiettivo della rete di monitoraggio delle acque sotterranee a livello regionale è connesso alla classificazione delle acque sotterranee in base ai criteri definiti nel D.Lgs.152/99, che prevede la determinazione di uno stato chimico o qualitativo e di uno stato ambientale.

Per il settore in oggetto si dispone anche di una quantificazione più dettagliata relativa ai dati reperiti da Arpa R.E.R. inerenti il monitoraggio delle acque sotterranee profonde, ed in particolare, ai dati anche storici di piezometria, chimismo e anagrafica dei pozzi della rete regionale di monitoraggio ricadenti nel comune di Reggio Emilia fino al 2006.

Sempre in riferimento al D.lgs 152/99, sono disponibili le classificazioni S.C. A.S. (stato chimico delle acque sotterranee) , e S.A.A.S. (stato ambientale delle acque sotterranee) per gli anni dal 2002 al 2006

Le elaborazioni di seguito riportate sono state ricavate dal volume "Arpa Emilia-Romagna, Regione Emilia-Romagna, (2005). *Le caratteristiche degli acquiferi dell'Emilia-Romagna - Report 2003*. A cura di A. Fava, M. Farina, M. Marcaccio. Rapporto tecnico Arpa Emilia- Romagna, Scandiano (RE)".

Sono inoltre disponibili presso Arpa i dati relativi a due pozzi ritenuti significativi sia per la loro ubicazione, in quanto ubicati rispettivamente a nord (Pozzo 23) e a sud (pozzo 36) dell'abitato di Reggio Emilia, sui quali si ha a disposizione una serie quasi completa di dati dal 1976 al 2005.

In particolare, sono stati elaborati dati piezometrici, riferiti all'autunno del trentennio suddetto e alcuni dati chimici. Per quanto riguarda le piezometrie in entrambi i pozzi si evidenzia il trend negativo nel decennio compreso fra metà anni '80 fino a metà anni '90 e il repentino calo dei livelli del 2003 causato da una annata particolarmente siccitosa.

Dallo studio ARPA, si evince come la maggior parte del territorio comunale di Reggio Emilia ricada all'interno dell'unità idrogeologica del T. Crostolo che verrà quindi analizzata per prima dal punto qualitativo.

I dati pubblicati dalla Regione Emilia Romagna nel Report 2003, evidenziano come la distribuzione areale dei nitrati mostri una diminuzione della concentrazione procedendo dalla zona apicale e mediana a quella distale e laterale. Le concentrazioni di cloruri e solfati sembrano avere lo stesso andamento areale dei nitrati con gradienti meno accentuati; il ferro e il manganese mostrano concentrazioni in crescita da occidente ad oriente.

I composti organo alogenati mostrano concentrazioni particolarmente elevate anche se nella stazione RE55-00 ubicata presso il centro urbanizzato di Reggio E. si registra comunque un valore medio di 1-2 microg/l.

Per quanto riguarda la distribuzione areale dei nitrati nella conoide dell'Enza si evidenzia la presenza di valori elevati nella zona mediale (comune di Montecchio) e bassi nella zona distale (comune di Reggio E.): il pozzo 23 (zona Roncocesi) è caratterizzato da brusche oscillazioni, rispetto all'intorno, dovute alla compartimentazione degli acquiferi con nitrati inibiti nella porzione inferiore a causa di condizioni ambientali riducenti.

L'andamento nel tempo del valore medio dei nitrati evidenzia un trend in aumento di circa 0.4 mg. /anno, a partire soprattutto dagli anni 90.

Per definire lo Stato Ambientale delle acque ovvero per ottenere un giudizio complessivo che tenga in considerazione sia gli aspetti qualitativi che quelli quantitativi del sistema acquifero, come abbiamo già detto, si fa riferimento alla classificazione nel volume *Le caratteristiche degli acquiferi dell'Emilia-Romagna - Report 2003*.

La suddetta classificazione viene determinata attraverso la sovrapposizione delle classi qualitative (1, 2, 3, 4 e 5) con quelle quantitative (A, B, C, D e E):

Classe 1: Impatto antropico nullo o trascurabile con pregiate caratteristiche idrochimiche;

Classe 2: Impatto antropico ridotto e sostenibile sul lungo periodo e con buone caratteristiche idrochimiche;

Classe 3: Impatto antropico significativo e con caratteristiche idrochimiche generalmente buone, ma con alcuni segnali di compromissione;

Classe 4: Impatto antropico rilevante con caratteristiche idrochimiche scadenti;

Classe 5: Impatto antropico nullo o trascurabile ma con particolari facies idrochimiche naturali in concentrazioni al di sopra del valore della classe 3.



## 5.4 PERMEABILITA'

L'analisi della permeabilità del territorio, fornisce un valido documento di base e di integrazione alle altre Carte tematiche proposte, dando la possibilità di attuare un sempre migliore controllo ed una più corretta gestione del sistema ambientale comunale. L'analisi della permeabilità dei terreni affioranti nel territorio è stata effettuata sulla base delle caratteristiche litologiche riscontrate.

Per consentire un migliore dettaglio ed una immediata visualizzazione del dato tecnico è stata prodotta la Carta della Permeabilità. Trattandosi sempre di terreni sciolti, le differenti classi granulometriche sono state raggruppate in quattro categorie principali, sulla base del coefficiente di permeabilità loro caratteristico, cioè ad ogni categoria è stato attribuito, indicativamente, un intervallo di variabilità del coefficiente di permeabilità "K" relativo a quella classe.

Le classi granulometriche sono riferite al sistema UNI – CNR:

- Aree con terreni a permeabilità praticamente nulla (0 da 0,0001 a 0,005 mm.)

Sono le aree caratterizzate da terreni in cui prevalgono i termini a granulometria più fine (argille), il cui coefficiente di permeabilità "K" risulta compreso fra  $10^{-8}$  e  $10^{-6}$  cm/sec. In altri termini, la propagazione di un fluido in terreni di questo tipo procede con una velocità media variabile da 3 cm a 30 cm l'anno.

- Aree con terreni a permeabilità molto ridotta (0 da 0,005 a 0,05 mm)

Si tratta di aree caratterizzate da terreni con prevalenza di materiali la cui granulometria risulta leggermente maggiore dei precedenti (limi). Il coefficiente di permeabilità "K" è compreso fra  $10^{-6}$  e  $10^{-5}$  cm/sec; ciò corrisponde alla velocità media di propagazione di un fluido compresa fra 30 cm e 300 centimetri all'anno.

- Aree con terreni a permeabilità discreta ( da 0,05 a 0,2mm)

Sono aree la cui litologia prevalente è rappresentata da materiali con abbondante matrice sabbiosa fine. Il coefficiente di permeabilità "K" relativo a questi terreni è compreso fra

$10^{-5}$  e  $10^{-3}$  cm/sec: a tale valore di K con sponde la velocità media di propagazione di un fluido variabile fra 3 metri e 300 metri all'anno.

- Aree con terreni a permeabilità elevata (0 0,2 mm)

Sono quelle zone nelle quali affiorano ghiaie e sabbie, il cui coefficiente di permeabilità "K" è compreso fra  $10^{-3}$  e  $10^{-2}$  cm/sec. In questi terreni la velocità media di propagazione di un fluido è praticamente immediata, coprendo distanze elevate, ossia da centinaia di metri a chilometri all'anno.

## 6. VULNERABILITA'

### 6.1 GENERALITA'

In conformità all'art. 6 della L.R. 20/2000, la pianificazione territoriale e urbanistica, oltre a disciplinare l'uso e le trasformazioni del suolo, accerta i limiti e i vincoli agli stessi che derivano, fra cui la presenza di fattori di rischio ambientale, per la vulnerabilità delle risorse naturali.

Relativamente nuova almeno in Italia è l'applicazione del concetto di vulnerabilità in cui il soggetto vulnerabile è rappresentato dall'ambiente o dai suoi aspetti particolari e non già dalle attività o strutture antropiche.

La vulnerabilità dell'ambiente rappresenta pertanto una base avanzata nella valutazione di impatto ambientale, al fine di verificare la compatibilità tra scelte di piano e ambiente, diventando un fattore determinante nella pianificazione territoriale al fine di definire il carico ammissibile e il potenziale rischio di degrado dell'ambiente stesso. Con questo tipo di approccio si è cercato di analizzare il territorio già antropizzato della porzione della alta pianura reggiana in oggetto, soprattutto per quanto riguarda la vulnerabilità all'inquinamento delle acque sotterranee, ritenendo che questo aspetto ambientale fosse tra quelli più significativi, in quanto la sua compromissione può peggiorare seriamente la qualità della vita di questa porzione di territorio.

L'approccio utilizzato per una valutazione qualitativa della vulnerabilità all'inquinamento è stato quello classico adottato nella Provincia di Reggio Emilia a cui si è fatto riferimento per l'elaborazione della carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale della Pianura emiliana delle province di Parma, Reggio E. e Modena (C.N.R. 1995), area considerata ad alto rischio di crisi ambientale.

In modo tale si forniscono informazioni circa il diverso grado di vulnerabilità naturale del territorio evidenziando la natura e l'entità del rischio in funzione delle diverse attività antropiche che si vanno a prevedere.

Una valutazione e analisi di questo tipo consente di indicizzare, attraverso un giudizio, la naturale esposizione degli acquiferi sotterranei a potenziali fattori di degrado che potessero presentarsi per azione antropica e questo attraverso sovrapposizione e lettura incrociata di un numero abbastanza limitato di parametri fisici e ambientali.

In un contesto come quello dell'area in esame, dove le acque sotterranee costituiscono una importante risorsa naturale, e la loro tutela il principale nodo ambientale, diventa preponderante nell'azione pianificatrice l'utilità di questo tipo di approccio come strumento di conoscenza del territorio.

L'elaborazione della *Carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale della Pianura emiliana delle province di Parma, Reggio Emilia e Modena* (redatta dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeo-

logiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche nel 1995) si è basata su i fattori di seguito schematizzati:

1. la litologia di superficie (argille/limo/sabbia/ghiaia);
2. profondità del tetto delle ghiaie (alta pianura) e sabbie (Bassa pianura) se maggiore o minore di 10 m dal p.d.c.;
3. caratteristiche della falda (falda libera/confinata)

Il concetto e, quindi, la valutazione e la zonizzazione della vulnerabilità naturale non ha mai un contenuto applicativo e pianificatorio, l'acquista quando la vulnerabilità intrinseca di una zona viene associata alla presenza e alla tipologia dei centri di pericolo ivi esistenti o dei quali si pianifica la realizzazione; nella suddetta carta vengono, quindi, individuati tutti i fattori antropici presenti. In tale modo si esprime il concetto di vulnerabilità integrata, che sottintende la interazione tra vulnerabilità naturale e fattore di pericolo, in modo tale da offrire al pianificatore una prima valutazione del rischio potenziale di situazioni specifiche.

Dall'esame di tale carta, riportata in stralcio in figura 8, si osserva che il settore di indagine è contraddistinto da un grado di vulnerabilità che decresce progressivamente da sud a nord, passando, quindi, dalla zona delle conoidi alla cosiddetta piana alluvionale, denominata in termini idrogeologici Unità della media pianura, caratterizzata da litologie fini.

Risulta evidente una maggiore variabilità nella classificazione nella parte corrispondente all'alta e media pianura dovuta alla eterogeneità litologica dei terreni affioranti e alla lenticolarità dei livelli acquiferi presenti nel sottosuolo, più rilevanti rispetto al resto, in quanto si sovrappongono o si interdigitano in maniera complessa, alvei e paleo alvei di tipo braided dei principali corsi di acqua appenninici ad altri di piana alluvionale e ai canali dei torrenti minori.

Le aree ad alto ed elevato grado di vulnerabilità sono localizzate in vicinanza degli alvei fluviali, laddove si rileva la presenza di ghiaie sub affioranti o di litotipi generalmente permeabili; esse rappresentano le alluvioni recenti essenzialmente ghiaiose e ghiaiose-sabbiose dei corsi di acqua principali. A queste zone corrispondono le aree di ricarica degli acquiferi principali con i più elevati coefficienti di infiltrazione.

Le aree a grado di vulnerabilità estremamente elevato corrispondono, invece, agli alvei dei corsi di acqua di tipo braided e disperdenti cioè in comunicazione diretta con gli acquiferi sotterranei e che determinano un sostanziale contributo in termini di alimentazione e ricarica degli stessi.

Infine, la zona corrispondente alla media e bassa pianura è caratterizzata da gradi di vulnerabilità da basso a molto basso determinati da coperture scarsamente permeabili e da acquiferi caratterizzata da falda confinata.

## 6.2 VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

Sulla base dei numerosi dati raccolti direttamente sia di tipo geolitologico che idrologico, è stato redatto un documento cartografico che intende esprimere sinteticamente il grado di vulnerabilità dell'acquifero presente nel territorio comunale. La redazione di una carta specifica è stata suggerita dalla necessità di fornire uno strumento di pianificazione alle aree che necessitano di una maggiore tutela.

Si intende cioè evidenziare quelle zone che risultano più sensibili, sotto il profilo geoidrologico, alla dispersione di eventuali inquinanti; ne deriva che l'area indicata come "vulnerabile" sia soggetta a fenomeni di degrado ambientale in senso lato, anche in tempi rapidi. Questa particolare "sensibilità" deriva in primo luogo dai caratteri geolitologici e Litostratigrafici relativi al substrato esistente; poiché ai diversi terreni competono differenti coefficienti di permeabilità il grado di vulnerabilità di un'area dipenderà dal proprio dai tipi di materiali sovrastanti il corpo acquifero. Altro elemento importante è lo spessore dei terreni anzidetti.

Si è, quindi, redatta una calia "semplificata" in cui è stato associato ad una litologia un determinato grado di permeabilità a sua volta corrispondente ad un grado di vulnerabilità; in particolare:

- ALTA: terreni prevalentemente ghiaiosi (K è compreso fra  $10^{-3}$  e  $10^{-2}$  cm/s);
- MEDIA: terreni prevalentemente sabbiosi (K è compreso fra  $10^{-5}$  e  $10^{-3}$  cm/s);
- BASSA: terreni prevalentemente Limo-argillosi (K è compreso fra  $10^{-8}$  e  $10^{-5}$  cm/s)

La conoscenza della litostratigrafia nell'intervallo di profondità considerato ha permesso di evidenziare la distribuzione territoriale dei materiali con elevato grado di permeabilità (ghiaie), maggiormente permeabili al passaggio di elementi inquinanti o da sabbie aventi un grado medio di permeabilità.

Osservando la ripartizione di ghiaie e sabbie, si deduce che la loro prevalenza risulta concentrata nel settore centro-meridionale del territorio comunale, occupando la fascia pedecollinare ed estendendosi, in linea di massima, fino alla Via Emilia.

Le principali unità idrogeologiche che interessano il territorio reggiano, ampliamenti descritte nella capitolo sull'idrogeologia, sono quelle relative al F.Enza, al T.Crostolo e al T.Tresinaro:

-Conoide del F.Enza: di ampie dimensioni, occupa la porzione occidentale del Comune e si spinge a Nord sino a lambire l'abitato di Campegine. Abbondante risulta la componente ghiaiosa che, a luoghi, dà origine a lenti di ghiaie affioranti (Calemo).

-Conoide del T.Crostolo: di dimensioni inferiori rispetto al precedente, occupa il settore centrale del territorio comunale; la sua zona frontale oltrepassa di poco l'abitato di Villa Sesso. Tale unità idrogeologica nel suo lato occidentale vede la sovrapposizione del più modesto conoide del T.Modolena, che per altro presenta

contorni sfumati e mal definiti;

-Conoide del T.Tresinaro: la porzione sud-orientale del territorio comunale risulta soggetta alla competenza del Tresinaro, anche se in gran parte si osservano interferenze con il vicino e più ampio dominio idrogeologico del Secchia. Il conoide del Tresinaro possiede dimensioni inferiori ai precedenti; nel suo punto apicale non oltrepassa la Via Emilia, ma comprende gli abitati di Gavasseto, Roncadella e Villa Bagno.

In linea di massima, all'altezza della Via Emilia i depositi di conoide tendono ad approfondirsi e ad immergersi, rarefacendosi, sotto la coltre alluvionale di media e bassa pianura, costituita prevalentemente da sedimenti argillosi e argilloso-limosi, caratterizzati da un basso grado di permeabilità.

Le aree di raccordo tra i conoidi e la pianura vengono talora evidenziate dalla presenza di fontanili o risorgive che l'aumento delle superfici rese impermeabili all'infiltrazione diretta delle acque meteoriche da asfalti ed edifici e l'incremento dei prelievi idrici dal sottosuolo per usi industriali con l'abbassamento del livello piezometrico della falda superficiale, hanno provocato la scomparsa e/o la riduzione di portata di molte di queste emergenze naturali.

Le zone di conoide, a causa della litologia superficiale risultano maggiormente esposte a fattori di degrado e di inquinamento; in esse il primo orizzonte acquifero del tipo a pelo libero é presente ad una profondità compresa fra 8 m e 10m dal p.c . Questo, pur non potendo essere definito superficiale, risulta facilmente e rapidamente raggiungibile in virtù della presenza di banchi ghiaiosi e sabbiosi in cui é ospitato.

Inoltre nella zona apicale e mediana di conoide si hanno le maggiori dispersioni verso la falda da palie dei corsi d'acqua soprattutto in condizioni di piena.

Appare pertanto evidente che le aree a maggior rischio coincidano con gli alvei attuali dei corsi d'acqua e, più generalmente, con la fascia pedecollinare, in quanto essa costituisce la zona di alimentazione delle falde presenti in tutto il territorio, anche di tipo confinato (a tale proposito si rimanda al modello di acquifero monostrato compartimentato di media e bassa pianura).

I terrazzi alti, caratterizzati in superficie da paleosuoli argillosi e/o loessici, sono solcati da numerosi solchi d'acqua e piccole incisioni torrentizie che esplicano una continua azione erosiva di tipo fluviale. Le coperture fini, impermeabili possiedono uno spessore piuttosto modesto e sono distribuite arealmente in modo discontinuo soggette ad una riduzione sempre maggiore da continui interventi antropici (scavi per fondazioni e marciapiedi, canalette stradali, etc.). Queste azioni incidono sull'assetto geoidrologico dei terrazzi, modificando un equilibrio già precario ed esponendo gli acquiferi ospitati ad una maggiore vulnerabilità.

## 7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il presente rapporto è il quadro riassuntivo delle indagini utilizzate per il progetto definitivo della Tangenziale Nord di Reggio Emilia.

Le indagini geognostiche eseguite appositamente per il presente progetto sono costituite da un totale di: 13 sondaggi a carotaggio continuo; 15 prove penetrometriche statiche; 4 sismiche in foro (Down Hole); 8 pozzetti geognostici.

Si sono consultate numerose altre prove geognostiche eseguite in occasione del PRG di Reggio Emilia, del PSC-RE ed infine per il precedente progetto della Tangenziale Nord a committenza ITALFER (queste ultime prove sono state in parte utilizzate per la ricostruzione stratigrafica l'ungo l'asse stradale).

Le prove geognostiche effettuate per il presente progetto sono state eseguite in tre distinte campagne di indagini: la prima nel 2008 (prove blu), la seconda nel 2009 (prove verdi) e l'ultima nel 2012 (prove rosse).

Durante la prima fase di indagini o campagna di indagine, sono stati eseguiti n°3 sondaggi a carotaggio continuo (S1-S3 blu), n°5 prove penetrometriche statiche (CPT1-CPT5 blu) ed una prova Down Hole.

Nella seconda campagna di indagine sono stati eseguiti 6 sondaggi a carotaggio continuo (S4-S9 verdi), 8 prove penetrometriche statiche (CPT6-CPT13 verdi), 2 indagini geofisiche tipo Down Hole (DHS4, DHS6), 8 scavi per con prelievo di campioni per il trattamento a calce.

Nella terza, ed ultima campagna di indagine, sono stati infine eseguiti 4 sondaggi a carotaggio continuo (SA, SB, SD ed SE rossi), 2 prove penetrometriche statiche (CPT1-CPT2 rosse) ed una prova Down Hole.

Per le prove si è preferito mantenere la numerazione originaria aggiungendo solamente l'anno di esecuzione a pedice o una colorazione diversa al simbolo.

Per la natura del terreno i campioni prelevati dai 13 sondaggi eseguiti sono stati abbastanza numerosi, per un totale di **68** campioni così distribuiti:

FASE	SONDAGGIO	N° CAMPIONI
PRIMA	S1	6
	S2	5
	S3	6
SECONDA	S4	7
	S5	3
	S6	7
	S7	4
	S8	3
	S9	5
TERZA	SA	6
	SB	4
	SD	8
	SE	4 <sup>(1)</sup>

(1) MANCANO LE PROVE SUL CAMPIONE SE-C2



<b>COD.LAB.</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>DSC</b>	APERTURA E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE INDISTURBATO
<b>CFV</b>	CARATT. FISICO VOLUMETRICHE
<b>LIM</b>	LIMITI DI ATTERBERG E INDICE DI PLASTICITA'
<b>EDO</b>	PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA. MISURE DI CV E KV
<b>CDC</b>	PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD CON SCATOLA DI CASAGRANDE
<b>ELL</b>	PROVA DI ESPANSIONE LATERALE LIBERA CON CURVE
<b>TUU</b>	PROVA TRIASSIALE U.U. CURVA SFORZI DEFORMAZIONI
<b>TCU</b>	PROVA TRIASSIALE C.U. CURVA SFORZI DEFORMAZIONI
<b>TCD</b>	PROVA TRIASSIALE C.D. CURVA SFORZI DEFORMAZIONI
<b>COR</b>	COLONNA RISONANTE

**TABELLA 1:** Elenco delle prove di laboratorio con il relativo codice.

La tabella che segue elenca tutte le prove di laboratorio eseguite per il presente lavoro, individuandole con il numero di sondaggio (a pedice l'anno di esecuzione) e la sigla del campione.

<b>S</b>	<b>C</b>	<b>DSC</b>	<b>CFV</b>	<b>LIM</b>	<b>EDO</b>	<b>CDC</b>	<b>ELL</b>	<b>TUU</b>	<b>TCU</b>	<b>TCD</b>	<b>COR</b>
S1 <sub>08</sub>	C1	X	X	X					X		X
	C2	X	X	X					X		X
	C3	X	X	X					X		X
	C4	X	X	X					X		X
	C5	X	X	X					X		X
	C6	X	X	X					X		X
S2 <sub>08</sub>	C1	X	X	X	X				X		
	C2	X	X	X	X				X		
	C3	X	X	X	X				X		
	C4	X	X	X	X				X		
	C5	X	X	X	X				X		
S3 <sub>08</sub>	C1	X	X	X	X				X		
	C2	X	X	X	X				X		
	C3	X	X	X	X				X		
	C4	X	X	X	X				X		
	C5	X	X	X	X				X		
	C6	X	X	X	X				X		
S4 <sub>09</sub>	C1	X	X	X	X				X		
	C2	X	X	X	X				X		
	C3	X	X	X	X				X		
	C4	X	X	X	X				X		
	C5	X	X	X	X				X		
	C6	X	X	X	X				X		
	C7	X	X	X	X	X			X		
S5 <sub>09</sub>	C1	X	X	X					X		
	C2	X	X	X					X		
	C3	X	X	X					X		
S6 <sub>09</sub>	C1	X	X	X					X		
	C2	X	X	X					X		
	C3	X	X	X					X		
	C4	X	X	X					X		
	C5	X	X	X					X		

S	C	DSC	CFV	LIM	EDO	CDC	ELL	TUU	TCU	TCD	COR
	C6	X	X	X					X		
	C7	X	X	X					X		
S7 <sub>09</sub>	C1	X	X	X	X				X		
	C2	X	X	X	X				X		
	C3	X	X	X	X				X		
	C4	X	X	X	X				X		
S8 <sub>09</sub>	C1	X	X	X					X		
	C2	X	X	X					X		
	C3	X	X	X					X		
S9 <sub>08</sub>	C1	X	X	X					X		
	C2	X	X	X					X		
	C3	X	X	X					X		
	C4	X	X	X					X		
	C5	X	X	X					X		
SA <sub>12</sub>	C1	X	X	X	X				X		
	C2	X	X	X	X				X		
	C3	X	X	X	X				X		
	C4	X	X	X	X				X		
	C5	X	X	X				X			
	C6	X	X	X				X			
SB <sub>12</sub>	C1	X	X	X	X					X	
	C2	X	X	X	X					X	
	C3	X	X	X	X					X	
	C4	X	X	X				X			
SD <sub>09</sub>	C1	X	X	X	X					X	
	C2	X	X	X	X					X	
	C3	X	X	X	X					X	
	C4	X	X	X	X					X	
	C5	X	X	X				X			
	C6	X	X	X				X			
	C7	X	X	X				X			
	C8	X	X	X				X			
SE <sub>09</sub>	C1	X	X	X	X					X	
	C3	X	X	X	X					X	
	C4	X	X	X	X					X	
	C5	X	X	X				X			

TABELLA 2: Elenco delle prove di laboratorio. Per i codici si veda la tabella precedente.

Per la caratterizzazione geotecnica degli strati meno coesivi, ci si è basati sulle prove SPT, mentre per la caratterizzazione degli strati coesivi, oltre alle prove di laboratorio si sono consultate le prove CPT.

L'ubicazione dei sondaggi e delle altre prove geognostiche è stata riportata nella *Carta Ubicazione delle Indagini Geognostiche*.

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati spinti ad una profondità massima di 40 m dall'attuale p.c.

I grafici dei sondaggi delle CPT e le colonne stratigrafiche dei sondaggi a carotaggio continuo sono stati posizionati lungo la sezione dell'asse stradale principale per la ricostruzione della sezione geotecnica; per la ricostruzione di quella geologica invece è stato necessario uniformare le prove creando apposite colonne stratigrafiche che sono state in seguito posizionate sempre lungo l'asse stradale.

Durante l'esecuzione dei sondaggi si è provveduto ad effettuare misure di resistenza a compressione con penetrometro tascabile sui campioni prelevati nei livelli più argillosi e/o limosi e misure di resistenza mediante prove di penetrazione di tipo S.P.T. in avanzamento al foro nei livelli più sabbiosi.

## 8. STRATIGRAFIA

Per la stratigrafia di dettaglio si sono integrate le conoscenze bibliografiche con i sondaggi a carotaggio continuo e con le prove penetrometriche statiche CPT.

La classificazione adottata nell'elaborazione delle CPT di norma suddivide le litologie attraversate in 4 o 5 classi principali a seconda del rapporto fra resistenza alla punta e resistenza laterale (AGI 1977):

- |                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 1) <i>Torbe o argille organiche</i>   | (T) |
| 2) <i>Argille e limi argillosi</i>    | (A) |
| 3) <i>Limi sabbiosi e sab. limose</i> | (L) |
| 4) <i>Sabbie e sabbie con Ghiaie</i>  | (S) |
| 5) <i>Ghiaie prevalenti</i>           | (G) |

Le ultime 2 classi (la 4 e la 5 a volte vengono raggruppate in una unica classe.






Il tracciato stradale è stato suddiviso, in base alle opere in progetto, in 11 zone od aree principali: per ognuna di queste zone, è stata ricostruita una stratigrafia di dettaglio e sono stati forniti, in apposite tabelle, le principali caratteristiche meccaniche del terreno (parametri volumetrici, coesione, angolo d'attrito, modulo edometrico, coefficienti di consolidamento, parametri di permeabilità).

Le stratigrafie sono state ottenute sulla base di una valutazione incrociata tenendo conto sia dell'esito dei sondaggi a carotaggio che delle prove penetrometriche statiche, privilegiando dove possibile i dati ottenuti dai sondaggi.

Per le stratigrafie di sintesi adottate per le 11 zone stratigrafiche e che vengono riportate nelle pagine seguenti (da pag. 36 a pag.66), si segue la seguente legenda litologica:

LITOLOGIA	COLORE	RETINO
Suolo/Riporto		
Argille		
Argille Limose		
Limi Sabbiosi - Sabbie limose		
Sabbie e Sabbie con Ghiaie		
Ghiaie in matrice sabbiosa		

Per il profilo stratigrafico, lungo l'asse stradale, vista la difficoltà di correlare le prove CPT con i sondaggi a carotaggio continuo, ma anche gli stessi sondaggi eseguiti in tempi e con operatori (ditte) diverse, si è preferito raggruppare le argille e le argille limose in un'unica classe litologica per cui la legenda precedente viene leggermente modificata e semplificata:

LITOLOGIA	COLORE	RETINO
Suolo/Riporto		
Argille e Argille Limose		
Limi Sabbiosi - Sabbie limose		
Sabbie e Sabbie con Ghiaie		
Ghiaie in matrice sabbiosa		

Nell'elencare le prove geognostiche di riferimento, per la descrizione stratigrafica delle aree, si è preferito mantenere la sigla e la numerazione originaria con l'avvertenza di mettere a pedice (CPT<sub>108</sub>) o dopo un trattino (CPT1-08) l'anno d'esecuzione della prova in modo da poter eventualmente risalire alla campagna di indagine originale.

Ciò permette di consultare facilmente la documentazione di origine mantenendo tuttavia distinte le diverse prove geognostiche.

Nelle ricostruzioni stratigrafiche e nelle classificazioni geotecniche che seguono, a fianco dell'indicazione dell'area che si vuole descrivere, vengono quindi elencate le prove geognostiche con la metodologia sopra descritta.

Infine nella *Carta delle Indagini Geognostiche* viene utilizzata la numerazione originale con colori differenti in modo da individuare facilmente la provenienza delle prove e l'anno di indagine.

Ad esempio la campagna di indagine 2008 avrà simboli di colore blu, la campagna di indagine 2009, simboli color verde, ed infine la campagna di indagine 2012 simboli di color rosso. Per la simbologia adottata si vedano anche le legende riportate nelle carte tematiche.

1) PONTE SUL CROSTOLO-SPONDA DX [S1<sub>08</sub>, CPT1<sub>08</sub>, CPT2<sub>08</sub>]

RIFERIMENTO PRINCIPALE SONDAGGIO S1-BLU

STRATIGRAFIA DELL'AREA		
LITOLOGIA	H	DESCRIZIONE
1		Riperto limoso, Limo sabbioso.
2		
3		
4	3.5	Limo sabbioso e sabbia
5	5.4	Argilla grigia plastica poco. cons., Argilla Limosa cons., Argilla chiara med. Cons.
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14	14.1	Sabbia limosa, lenti ghiaiose, sabbia limosa
15	15.4	Argilla grigia da plastica a mediamente consistente
16		
17		
18		
19	19.1	Ghiaietto in matrice sabbiosa
20	21.1	Argilla Grigia Bruna plastica, Argilla grigio Chiara da plastica a consistente
21		
22		
23		
24		
25		
26	26.1	Sabbia fine limosa med. Addensata
27	27.2	Argilla grigia Plastica, Argilla Limosa
28		
29		
30		
31		
32	32.1	Argilla Grigia consistente
33		
34		
35		
36	36.0	Limo Argilloso
37	37.0	Argilla Grigia consistente
38		
39		

In quest'area sono previsti solo pali e diaframmi.

STRATIGRAFIA AREA DI INDAGINE

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S1 (BLU)

H Falda (m) = 4.1

STRATO (m)			DESCRIZIONE LITOLOGIA DELLO STRATO	CAMPIONE		Nspt
				Codice	Profondità(m)	Profondità(m)
1	0.0	5.4	Riporto limoso, Limo sabbioso e sabbia	S1 - C1	4.70	-
2	5.4	14.1	Argilla grigia plastica poco. cons., Argilla Limosa cons., Argilla chiara med. Cons.	S1 - C2	9.70	-
3	14.1	15.4	Sabbia limosa, lenti ghiaiose, sabbia limosa	-	-	-
4	15.4	19.1	Argilla griga da plastica a mediamente consistente	S1 - C3	14.90	-
5	19.1	21.1	Ghiaietto in matrice sabbiosa	-	-	-
6	21.1	26.1	Argilla Grigia Bruna plastica, Argilla grigio Chiara da plastica a consistente	S1 - C4	24.90	-
7	26.1	27.2	Sabbia fine limosa med. Addensata	-	-	-
8	27.2	32.0	Argilla grigia Plastica, Argilla Limosa	S1 - C5	31.20	-
9	32.0	40.0	Argilla Grigia consistente	S1 - C6	37.20	-

Come si nota prevalgono i termini coesivi costituiti da argille e limi. Ai diversi strati si sono attribuiti i seguenti parametri geomeccanici ricavati dalle prove di laboratorio e dalle prove geognostiche effettuate in sito:

PARAMETRI MECCANICI CARATTERISTICI

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S1 (BLU)

STRATO (m)	CAMPIONE				ANALISI DI LABORATORIO											
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	ATTERBERG			Cu	C <sub>um</sub>   C <sub>uk</sub>	C'	C' <sub>m</sub>   C' <sub>k</sub>	φ'	φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub>				
				W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	pl	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(°)	(°)				
1	0.0 5.4	S1 - C1 -	4.70 -	19.0 -	29 -	22 -	7 -	59.0 -	59.0 -	54 -	19.0 -	19.0 -	17 -	31.3 -	31.3 -	28.7 -
2	5.4 14.1	S1 - C2 -	9.70 -	19.5 -	35 -	19 -	16 -	73.0 -	73.0 -	67 -	21.4 -	21.4 -	20 -	24.8 -	24.8 -	22.8 -
3	14.1 15.4	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
4	15.4 19.1	S1 - C3 -	14.90 -	18.8 -	21 -	17 -	4 -	91.0 -	91.0 -	84 -	11.0 -	11.0 -	10 -	34.1 -	34.1 -	31.3 -
5	19.1 21.1	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
6	21.1 26.1	S1 - C4 -	24.90 -	19.7 -	27 -	19 -	8 -	163.0 -	163.0 -	150 -	28.0 -	28.0 -	26 -	31.3 -	31.3 -	28.7 -
7	26.1 27.2	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
8	27.2 32.0	S1 - C5 -	31.20 -	18.6 -	53 -	30 -	23 -	96.0 -	96.0 -	88 -	53.0 -	53.0 -	49 -	18.7 -	18.7 -	17.2 -
9	32.0 40.0	S1 - C6 -	37.20 -	19.4 -	41 -	23 -	18 -	190.0 -	190.0 -	174 -	10.0 -	10.0 -	9 -	30.0 -	30.0 -	27.5 -

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di circa – 4.1 m rispetto al p.c. nel sondaggio S1<sub>08</sub>.



2) PONTE SUL CROSTOLO SPONDA SX [S2<sub>08</sub>, CPT3<sub>08</sub>]

RIFERIMENTO PRINCIPALE SONDAGGIO S2-BLU

STRATIGRAFIA DELL'AREA		
LITOLOGIA	H	DESCRIZIONE
1	1.6	Riporto limoso marrone
2		6.4
3		
4		
5		
6	14.2	Argille e Argille limose
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14	14.2	Sabbie e poi lenti ghiaiose
15		
16	16.7	Argille e limi argillosi con lenti di Sabbie
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24	24.8	Sabbie e/o ghiaie
25		
26	26.0	Argille e limi
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38	32.1	Argille con lenti limose
39		

Nell'area sono previsti rilevati di altezze notevoli, fino a 7 metri dal piano campagna, quindi si sono sviluppati i calcoli di stabilità e calcoli dei cedimenti con i relativi tempi. L'area mostra caratteristiche meccaniche abbastanza modeste per quanto riguarda i terreni più superficiali per cui sarebbe opportuno l'uso delle geogriglie durante la costruzione dei rilevati, per lo meno per quelli di altezze maggiori.

STRATIGRAFIA AREA DI INDAGINE

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S2 (BLU)

H Falda (m) = 3.9

STRATO (m)			DESCRIZIONE LITOLOGIA DELLO STRATO	CAMPIONE		Nspt
				Codice	Profondità(m)	Profondità(m)
1	0.0	6.4	Limi e limi sabbiosi. Lenti di ghiaie	S2 - C1	5.40	-
				-	-	-
2	6.4	14.2	Argille e Argille limose	S2 - C2	11.30	-
				-	-	-
3	14.2	16.7	Sabbie e poi lenti ghiaiose	-	-	15.8
				-	-	-
4	16.7	24.8	Argille e limi argillosi con lenti di Sabbie	S2 - C3	21.30	-
				-	-	-
5	24.8	26.0	Sabbie e/o ghiaie	-	-	-
				-	-	-
6	26.0	32.0	Argille e limi	S2 - C4	28.20	-
				-	-	-
7	32.0	40.0	Argille con lenti limose	S2 - C5	34.20	-
				-	-	-

Pur essendo in quest'area i termini coesivi predominanti, nel sondaggio S2<sub>08</sub>, ad una quota compresa fra i -14.2 e i -16.7 m dal p.c.(nella CPT3<sub>08</sub> fra -1.0 e -3.8 m dal p.c.), si incontrano strati incoerente prevalentemente composti da sabbie o sabbie limose.

I cedimenti sono notevoli (80 cm) e la presenza di livelli sabbiosi potrebbe, in caso di sisma, generare limitati fenomeni di liquefazione (IL=0.29), per cui l'uso dei dreni verticali è utile oltre che per accelerare i tempi di consolidazione nei livelli coesivi anche per azzerare la propensione alla liquefazione nei livelli sabbiosi sotto falda.

PARAMETRI MECCANICI CARATTERISTICI

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S2 (BLU)

STRATO (m)	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	ANALISI DI LABORATORIO												
				ATTERBERG			Cu	C <sub>um</sub>   C <sub>uk</sub>	C'	C' <sub>m</sub>   C' <sub>k</sub>	φ'	φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub>				
				W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	PI	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(°)	(°)				
1	0.0 6.4	S2 - C1 -	5.40 -	19.0 -	34 -	23 -	11 -	47.0 -	47.0 -	43 -	4.0 -	4.0 -	4 -	31.3 -	31.3 -	28.7 -
2	6.4 14.2	S2 - C2 -	11.30 -	19.4 -	39 -	24 -	15 -	83.0 -	83.0 -	76 -	1.0 -	1.0 -	1 -	31.3 -	31.3 -	28.7 -
3	14.2 16.7	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
4	16.7 24.8	S2 - C3 -	21.30 -	19.8 -	39 -	21 -	18 -	98.0 -	98.0 -	90 -	5.0 -	5.0 -	5 -	26.1 -	26.1 -	24.0 -
5	24.8 26.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
6	26.0 32.0	S2 - C4 -	28.20 -	19.2 -	57 -	28 -	29 -	134.0 -	134.0 -	123 -	28.0 -	28.0 -	26 -	23.6 -	23.6 -	21.7 -
7	32.0 40.0	S2 - C5 -	34.20 -	20.2 -	32 -	18 -	14 -	215.0 -	215.0 -	197 -	6.0 -	6.0 -	6 -	31.3 -	31.3 -	28.7 -

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di -3.9 m dal p.c. nel sondaggio S2<sub>08</sub>. Per lo strato incoerente (sabbie e ghiaie) compreso fra -14.2 e -16.7 m dal p.c. si riporta l'esito delle Nspt in foro.

Nella tabella viene calcolato prima l'angolo di attrito interno medio del materiale e poi quello caratteristico.

NSPT IN FORO					
STRATO (m)	H <sub>nspt</sub> (m)	N <sub>spt</sub>		φ <sup>'m</sup>   φ <sup>'k</sup>	
		Nominale	MEDIO	(°)	(°)
1	0.0	-	-	-	-
	6.4	-	-	-	-
2	6.4	-	-	-	-
	14.2	-	-	-	-
3	14.2	15.8	27	27.0	35.1   32.2
	16.7	-	-	-	-
4	16.7	-	-	-	-
	24.8	-	-	-	-
5	24.8	-	-	-	-
	26.0	-	-	-	-
6	26.0	-	-	-	-
	32.0	-	-	-	-
7	32.0	-	-	-	-
	40.0	-	-	-	-

**PARAMETRI DI COMPRESSIBILITA' DA PROVE EDOMETRICHE**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S2 (BLU)

STRATO (m)	CAMPIONE			MODULO EDOMETRICO PER GLI INTERVALLI TENSIONALI SIGNIFICATIVI														
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ <sub>p</sub> (kPa)	OCR	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> /2 (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)				
1	0.0	S2 - C1	5.40	19.0	87.6	128.5	1.5	3701	3701	3591	153.5	4731	4731	4590	219.4	5703	5703	5533
	6.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	6.4	S2 - C2	11.30	19.4	145.2	177.9	1.2	4920	4920	4774	207.6	5576	5576	5410	270.0	6495	6495	6302
	14.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	14.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	16.7	S2 - C3	21.30	19.8	247.7	318.8	1.3	5764	5764	5592	299.2	6063	6063	5883	350.7	6361	6361	6172
	24.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	24.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	26.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	26.0	S2 - C4	28.20	19.2	298.4	198.2	0.7	6074	6074	5893	342.2	6328	6328	6140	386.0	6582	6582	6386
	32.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	32.0	S2 - C5	34.20	20.2	387.8	543.8	1.4	9064	9064	8794	425.7	9359	9359	9081	463.6	9628	9628	9342
	40.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

I parametri di compressibilità rivestono molta importanza in quanto nell'area sono previsti rilevati imponenti con i relativi calcoli dei cedimenti. Per quanto riguarda il modulo edometrico viene utilizzato nei calcoli quello relativo alla pressione geostatica efficace (σ'<sub>v</sub>) più una sovrappressione media Δσ<sub>v</sub>/2 trasmessa dal rilevato al terreno.

**COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE E PERMEABILITA'**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S2 (BLU)

STRATO (m)	CAMPIONE				CONSOLIDAZIONE - PERMEABILITA'			
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ' <sub>vi</sub> - σ' <sub>vf</sub> (kPa)	C <sub>v</sub> (cm²/s)	k (cm/s)	
1	0.0 6.4	S2 - C1 -	5.40 -	19.0 -	87.6 -	49.03 - 98.07 -	0.9790 · 10 <sup>-4</sup> -	0.265 · 10 <sup>-8</sup> -
2	6.4 14.2	S2 - C2 -	11.30 -	19.4 -	145.2 -	98.07 - 196.13 -	4.0700 · 10 <sup>-4</sup> -	0.827 · 10 <sup>-8</sup> -
3	14.2 16.7	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
4	16.7 24.8	S2 - C3 -	21.30 -	19.8 -	247.7 -	196.13 - 392.27 -	7.8200 · 10 <sup>-4</sup> -	1.357 · 10 <sup>-8</sup> -
5	24.8 26.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
6	26.0 32.0	S2 - C4 -	28.20 -	19.2 -	298.4 -	196.13 - 392.27 -	4.7300 · 10 <sup>-4</sup> -	0.779 · 10 <sup>-8</sup> -
7	32.0 40.0	S2 - C5 -	34.20 -	20.2 -	387.8 -	392.27 - 784.53 -	0.9790 · 10 <sup>-4</sup> -	0.108 · 10 <sup>-8</sup> -

**3) SOTTOVIA HIROSHIMA [SA<sub>12</sub>, CPT1<sub>12</sub>]**

RIFERIMENTO PRINCIPALE SONDAGGIO S-A

STRATIGRAFIA DELL'AREA		
LITOLOGIA	H	DESCRIZIONE
1 FALDA	0.2	Argilla limosa di colore nocciola
2	2.7	Limo Sabbioso color grigio
3	4.2	Argilla debolmente limosa griga, plastica
4	6.0	Limo argilloso di color Nocciola
5	9.3	Sabbia da fine a media di color nocciola
6	9.9	Argilla debolmente limosa griga, plastica
7	13.3	Sabbia con abbondante ghiaia
8	19.0	Argilla Limosa di colore grigio scuro
9	22.0	Argilla Limosa di colore grigio scuro
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		

Nell'area sono previsti solamente diaframmi, il calcolo dei quali viene sviluppato dall'ing. strutturista: nelle pagine seguenti viene quindi fornita la stratigrafia e i parametri efficaci caratteristici del terreno (Xk). Per il calcolo dei diaframmi molta importanza risulta avere la permeabilità, il livello della falda e gli strati sabbiosi e/o ghiaiosi.

STRATIGRAFIA AREA DI INDAGINE

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-A (ROSSO)

H Falda (m) = 0.5

STRATO (m)			DESCRIZIONE LITOLOGIA DELLO STRATO	CAMPIONE		Nspt
				Codice	Profondità(m)	Profondità(m)
1	0.0	2.7	Argilla limosa di colore nocciola	-	-	-
2	2.7	4.2	Limo Sabbioso color grigio	SA - C1	2.90	-
3	4.2	6.0	Argilla debolmente limosa griga, plastica	SA - C2	5.20	-
4	6.0	9.3	Limo argilloso di color Nocciola	SA - C3	7.80	-
5	9.3	9.9	Sabbia da fine a media di color nocciola	-	-	-
6	9.9	13.3	Argilla debolmente limosa griga, plastica	SA - C4	10.60	-
7	13.3	19.0	Sabbia con abbondante ghiaia	-	-	15.0
8	19.0	22.0	Argilla Limosa di colore grigio scuro	SA - C5	20.40	-
9	22.0	25.0	Argilla Limosa di colore grigio scuro	SA - C6	24.80	-

I termini coesivi sono predominanti anche se qualche livello sabbioso lo si incontra: abbiamo un livello molto sottile fra -9.3 e -9.9 m dal p.c. ed un livello più spesso fra -13.3 3 9.9 m dal p.c.

STRATO (m)	CAMPIONE			ANALISI DI LABORATORIO										
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	ATTERBERG			Cu (kPa)	C <sub>um</sub>   C <sub>uk</sub> (kPa)	C' (kPa)	C' <sub>m</sub>   C' <sub>k</sub> (kPa)	φ' (°)	φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub> (°)		
				WL	Wp	PI								
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2	SA - C1	2.90	17.9	47	21	26	20.0	20.0	18	21.0	19	24.8	24.8	22.8
3	SA - C2	5.20	18.8	71	33	38	31.0	31.0	28	34.0	31	24.8	24.8	22.8
4	SA - C3	7.80	19.0	50	22	28	46.0	46.0	42	28.0	26	30.0	30.0	27.5
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	SA - C4	10.60	19.1	63	26	37	71.0	71.0	65	47.0	43	28.7	28.7	26.3
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	SA - C5	20.40	18.7	40	28	12	53.0	53.0	49	-	-	-	-	-
9	SA - C6	24.80	18.8	45	26	19	43.0	43.0	39	-	-	-	-	-

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di circa -0.5 m dal p.c. nel sondaggio SA, mentre la profondità degli scavi raggiunge circa -9.0 m dal p.c.

In complesso i livelli incoerenti sembrano abbastanza addensati con Nspt > 50.

NSPT IN FORO				
STRATO (m)	H <sub>nspt</sub> (m)	N <sub>spt</sub>		φ'm   φ'k (°)
		Nominale	MEDIO	
1	0.0	-	-	-
	2.7	-	-	-
2	2.7	-	-	-
	4.2	-	-	-
3	4.2	-	-	-
	6.0	-	-	-
4	6.0	-	-	-
	9.3	-	-	-
5	9.3	-	-	-
	9.9	-	-	-
6	9.9	-	-	-
	13.3	-	-	-
7	13.3	15.0	56	41.8 38.4
	19.0	-	56.0	-
8	19.0	-	-	-
	22.0	-	-	-
9	22.0	-	-	-
	25.0	-	-	-

STRATO (m)	CAMPIONE				MODULO EDOMETRICO PER GLI INTERVALLI TENSIONALI SIGNIFICATIVI									
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ <sub>p</sub> (kPa)	OCR	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> /2 (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)
1	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2.7	SA - C1	2.90	17.9	27.9	185.7	6.7	899	899	872	-	-	-	-
	4.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	4.2	SA - C2	5.20	18.8	50.8	275.7	5.4	10210	10210	9906	-	-	-	-
	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	6.0	SA - C3	7.80	19.0	75.2	445.6	5.9	3784	3784	3671	-	-	-	-
	9.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	9.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	9.9	SA - C4	10.60	19.1	101.5	295.0	2.9	4209	4209	4084	-	-	-	-
	13.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	13.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	19.0	SA - C5	20.40	18.7	182.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	22.0	SA - C6	24.80	18.8	223.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Molto importanti i parametri di permeabilità riportati nell'ultima tabella.

**COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE E PERMEABILITA'**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-A (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE				CONSOLIDAZIONE - PERMEABILITA'			
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ' <sub>vi</sub> - σ' <sub>vf</sub> (kPa)	C <sub>v</sub> (cm²/s)	k (cm/s)	
1	0.0	-	-	-	-	-	-	
	2.7	-	-	-	-	-	-	
2	2.7	SA - C1	2.90	17.9	27.9	0.0 - 40.0	0.2070 · 10 <sup>-4</sup>	0.230 · 10 <sup>-8</sup>
	4.2	-	-	-	-	-	-	
3	4.2	SA - C2	5.20	18.8	50.8	50.0 - 100.0	3.6600 · 10 <sup>-4</sup>	0.358 · 10 <sup>-8</sup>
	6.0	-	-	-	-	-	-	
4	6.0	SA - C3	7.80	19.0	75.2	40.0 - 80.0	0.3970 · 10 <sup>-4</sup>	0.105 · 10 <sup>-8</sup>
	9.3	-	-	-	-	-	-	
5	9.3	-	-	-	-	-	-	
	9.9	-	-	-	-	-	-	
6	9.9	SA - C4	10.60	19.1	101.5	80.0 - 150.0	4.4800 · 10 <sup>-4</sup>	1.064 · 10 <sup>-8</sup>
	13.3	-	-	-	-	-	-	
7	13.3	-	-	-	-	-	-	
	19.0	-	-	-	-	-	-	
8	19.0	SA - C5	20.40	18.7	182.5	-	-	
	22.0	-	-	-	-	-	-	
9	22.0	SA - C6	24.80	18.8	223.2	-	-	
	25.0	-	-	-	-	-	-	



**4) SVINCOLO RETE 2 [S3<sub>08</sub>, CPT5<sub>08</sub> ]**

RIFERIMENTO PRINCIPALE SONDAGGIO S3-BLU

STRATIGRAFIA DELL'AREA		
LITOLOGIA	H	DESCRIZIONE
1		Riporto limo argilloso
2	1.3	Argilla limosa nocciola passante ad argilla grigia
3		
4	4.1	Argille grigia plastica
5		
6	6.0	Argille grigia plastica
7		
8		
9		
10		
11	10.8	Sabbia grigia debolmente limosa
12		
13	13.3	Argilla plastica e limo argilloso
14		
15	16.0	Argilla Grigia Consistente
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24	24.5	Sabbia fino a 26.4 m poi ghiaie
25		
26		
27		
28		
29		
30	30.0	Argilla Grigia Consistente
31		
32		
33		
34		
35	35.0	Argilla Grigia Consistente
36		
37		
38		
39		

Nell'area sono previsti diaframmi, il calcolo dei quali viene sviluppato dall'ing. strutturista: nelle pagine seguenti viene quindi fornita la stratigrafia e i parametri efficaci caratteristici del terreno (Xk). Per il calcolo dei diaframmi molta importanza risulta avere la permeabilità, il livello della falda e la presenza di eventuali strati sabbiosi

STRATIGRAFIA AREA DI INDAGINE

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S3 (BLU)

H Falda (m) = 2.2

STRATO (m)			DESCRIZIONE LITOLOGIA DELLO STRATO	CAMPIONE		Nspt
				Codice	Profondità(m)	Profondità(m)
1	0.0	6.0	Argilla limosa nocciola passante ad argilla grigia	S3 - C1	4.20	-
				-	-	-
2	6.0	10.8	Argille grigia plastica	S3 - C2	7.30	-
				-	-	-
3	10.8	13.3	Sabbia grigia debolmente limosa	-	-	-
				-	-	-
4	13.3	16.0	Argilla plastica e limo argilloso	S3 - C3	14.30	-
				-	-	-
5	16.0	24.5	Argilla Grigia Consistente	S3 - C4	20.30	-
				-	-	-
6	24.5	30.0	Sabbia fino a 26.4 m poi ghiaie	-	-	-
				-	-	-
7	30.0	35.0	Argilla Grigia Consistente	S3 - C5	30.60	-
				-	-	-
8	35.0	40.0	Argilla Grigia Consistente	S3 - C6	36.30	-
				-	-	-

I termini coesivi sono predominanti anche se qualche livello sabbioso lo si può intercettare dopo i 10 m di profondità: abbiamo un livello abbastanza spesso fra -10.0 e -13.3 m dal p.c. ed un livello ancora più spesso fra -24.5 e 30.0 m dal p.c.

PARAMETRI MECCANICI CARATTERISTICI

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S3 (BLU)

STRATO (m)	CAMPIONE			ANALISI DI LABORATORIO											
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	ATTERBERG			Cu (kPa)	C <sub>um</sub>   C <sub>uk</sub> (kPa)	C' (kPa)	C' <sub>m</sub>   C' <sub>k</sub> (kPa)	φ' (°)	φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub> (°)			
				W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	PI									
1	S3 - C1	4.20	17.9	51	30	21	27.0	27.0	25	0.0	0.0	0	28.7	28.7	26.3
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	S3 - C2	7.30	18.7	67	29	38	29.0	29.0	27	4.0	4.0	4	19.9	19.9	18.3
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	S3 - C3	14.30	20.1	35	21	14	80.0	80.0	73	4.0	4.0	4	30.0	30.0	27.5
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	S3 - C4	20.30	19.2	59	30	29	80.0	80.0	73	7.0	7.0	6	23.6	23.6	21.7
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	S3 - C5	30.60	17.9	70	35	35	99.0	99.0	91	23.0	23.0	21	21.1	21.1	19.4
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	S3 - C6	36.30	19.6	56	30	26	137.0	137.0	126	17.0	17.0	16	22.4	22.4	20.6
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di circa -2.2 m dal p.c. nel sondaggio S3, mentre la profondità degli scavi raggiunge circa -9.6 m dal p.c.

Anche se non sono state eseguite apposite prove Nspt in foro, in complesso i livelli incoerenti sembrano abbastanza addensati.

I parametri di compressibilità non rivestono molta importanza per quest'opera mentre risultano molto importanti i parametri di permeabilità riportati nell'ultima tabella.

I parametri di compressibilità del sondaggio S3 vengono utilizzati per le opere previste lungo l'asse principale del tracciato con rilevati di altezza di circa 5 m.

**PARAMETRI DI COMPRESSIBILITA' DA PROVE EDOMETRICHE**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S3 (BLU)

STRATO (m)	CAMPIONE			MODULO EDOMETRICO PER GLI INTERVALLI TENSIONALI SIGNIFICATIVI													
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ <sub>p</sub> (kPa)	OCR	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo+Δσ<sub>v</sub>/2</sub> (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo+Δσ<sub>v</sub></sub> (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)			
1	0.0 6.0	S3 - C1 -	4.20 -	17.9 -	55.2 -	197.0 -	3.6 -	2056 1995	100.0 -	2740 -	2740 2658	144.9 -	3096 -	3096 3004			
2	6.0 10.8	S3 - C2 -	7.30 -	18.7 -	85.5 -	183.6 -	2.1 -	3353 3253	129.8 -	3638 -	3638 3530	174.1 -	3995 -	3995 3876			
3	10.8 13.3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -			
4	13.3 16.0	S3 - C3 -	14.30 -	20.1 -	166.4 -	92.1 -	0.6 -	3166 3166	207.6 -	3587 -	3587 3480	248.7 -	3894 -	3894 3778			
5	16.0 24.5	S3 - C4 -	20.30 -	19.2 -	208.8 -	221.0 -	1.1 -	6967 6967	245.8 -	6857 -	6857 6653	282.0 -	6746 -	6746 6545			
6	24.5 30.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -			
7	30.0 35.0	S3 - C5 -	30.60 -	17.9 -	263.7 -	332.6 -	1.3 -	7429 7429	293.4 -	8380 -	8380 8131	323.1 -	8602 -	8602 8346			
8	35.0 40.0	S3 - C6 -	36.30 -	19.6 -	370.5 -	379.0 -	1.0 -	8835 8835	396.5 -	9154 -	9154 8882	422.6 -	9350 -	9350 9072			

**COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE E PERMEABILITA'**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S3 (BLU)

STRATO (m)	CAMPIONE			CONSOLIDAZIONE - PERMEABILITA'				
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ' <sub>vi</sub> - σ' <sub>vf</sub> (kPa)	C <sub>v</sub> (cm²/s)	k (cm/s)	
1	0.0 6.0	S3 - C1 -	4.20 -	17.9 -	55.2 -	49.03 - 98.07 -	0.3430 · 10 <sup>-4</sup> -	0.131 · 10 <sup>-8</sup> -
2	6.0 10.8	S3 - C2 -	7.30 -	18.7 -	85.5 -	49.03 - 98.07 -	2.5400 · 10 <sup>-4</sup> -	0.759 · 10 <sup>-8</sup> -
3	10.8 13.3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
4	13.3 16.0	S3 - C3 -	14.30 -	20.1 -	166.4 -	98.07 - 196.13 -	13.9000 · 10 <sup>-4</sup> -	6.860 · 10 <sup>-8</sup> -
5	16.0 24.5	S3 - C4 -	20.30 -	19.2 -	208.8 -	196.23 - 588.39 -	3.2300 · 10 <sup>-4</sup> -	0.564 · 10 <sup>-8</sup> -
6	24.5 30.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
7	30.0 35.0	S3 - C5 -	30.60 -	17.9 -	263.7 -	196.23 - 588.39 -	1.1900 · 10 <sup>-4</sup> -	0.181 · 10 <sup>-8</sup> -
8	35.0 40.0	S3 - C6 -	36.30 -	19.6 -	370.5 -	196.23 - 588.39 -	2.6700 · 10 <sup>-4</sup> -	0.368 · 10 <sup>-8</sup> -

5) SVINCOLO RETE 2 ASSE PRINCIPALE [S3<sub>08</sub>, CPT5<sub>08</sub>]

RIFERIMENTO PRINCIPALE SONDAGGIO S3-BLU

STRATIGRAFIA DELL'AREA		
LITOLOGIA	H	DESCRIZIONE
1		Riporto limo argilloso
2	1.3	Argilla limosa nocciola passante ad argilla grigia
3		
4	4.1	Argille grigia plastica
5		
6	6.0	Argille grigia plastica
7		
8		
9		
10		
11	10.8	Sabbia grigia debolmente limosa
12		
13	13.3	Argilla plastica e limo argilloso
14		
15	16.0	Argilla Grigia Consistente
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24	24.5	Sabbia fino a 26.4 m poi ghiaie
25		
26		
27		
28		
29		
30	30.0	Argilla Grigia Consistente
31		
32		
33		
34		
35	35.0	Argilla Grigia Consistente
36		
37		
38		
39		

Nell'area sono previsti rilevati di altezza fino a 5 metri dal piano campagna. Gli strati sono ancora prevalentemente coesivi, quindi si sono sviluppati calcoli di stabilità e calcoli dei cedimenti con i relativi tempi.

I cedimenti sono notevoli e la presenza di livelli sabbioso non sembra tuttavia sufficiente ad innescare, in caso di sisma, locali fenomeni di liquefazione (I.L.=0).

Anche quest'area mostra caratteristiche meccaniche modeste per quanto riguarda i terreni più superficiali per cui, vista l'altezza dei rilevati, si impone l'uso delle geogriglie e/o dei rilevati alleggeriti.

STRATIGRAFIA AREA DI INDAGINE

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S3 (BLU)

H Falda (m) = 2.2

STRATO (m)			DESCRIZIONE LITOLOGIA DELLO STRATO	CAMPIONE		Nspt
				Codice	Profondità(m)	Profondità(m)
1	0.0	6.0	Argilla limosa nocciola passante ad argilla grigia	S3 - C1	4.20	-
	-			-	-	
2	6.0	10.8	Argille grigia plastica	S3 - C2	7.30	-
	-			-	-	
3	10.8	13.3	Sabbia grigia debolmente limosa	-	-	-
	-			-	-	
4	13.3	16.0	Argilla plastica e limo argilloso	S3 - C3	14.30	-
	-			-	-	
5	16.0	24.5	Argilla Grigia Consistente	S3 - C4	20.30	-
	-			-	-	
6	24.5	30.0	Sabbia fino a 26.4 m poi ghiaie	-	-	-
	-			-	-	
7	30.0	35.0	Argilla Grigia Consistente	S3 - C5	30.60	-
	-			-	-	
8	35.0	40.0	Argilla Grigia Consistente	S3 - C6	36.30	-
	-			-	-	

I termini coesivi sono predominanti con qualche livello sabbioso e/o limoso. Esiste un livello incoerente (sabbie e limi) fra i -10.8 e i - 13.3 m dal p.c.

PARAMETRI MECCANICI CARATTERISTICI

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S3 (BLU)

STRATO (m)	CAMPIONE			ANALISI DI LABORATORIO												
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	ATTERBERG			C <sub>u</sub>	C <sub>um</sub>   C <sub>uk</sub>	C'	C' <sub>m</sub>   C' <sub>k</sub>	φ'	φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub>				
				W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	PI	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(°)	(°)				
1	0.0	S3 - C1	4.20	17.9	51	30	21	27.0	27.0	25	0.0	0.0	0	28.7	28.7	26.3
	6.0				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	6.0	S3 - C2	7.30	18.7	67	29	38	29.0	29.0	27	4.0	4.0	4	19.9	19.9	18.3
	10.8				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	10.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13.3				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	13.3	S3 - C3	14.30	20.1	35	21	14	80.0	80.0	73	4.0	4.0	4	30.0	30.0	27.5
	16.0				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	16.0	S3 - C4	20.30	19.2	59	30	29	80.0	80.0	73	7.0	7.0	6	23.6	23.6	21.7
	24.5				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	24.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30.0				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	30.0	S3 - C5	30.60	17.9	70	35	35	99.0	99.0	91	23.0	23.0	21	21.1	21.1	19.4
	35.0				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	35.0	S3 - C6	36.30	19.6	56	30	26	137.0	137.0	126	17.0	17.0	16	22.4	22.4	20.6
	40.0				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di -2.2 m dal p.c. nel sondaggio S2<sub>08</sub>. Nelle successive 2 tabelle vengono riportati i parametri di compressibilità, i coefficienti di consolidazione e la permeabilità K.

I parametri di compressibilità rivestono molta importanza in quest'area, in quanto sono previsti rilevati importanti con i relativi calcoli dei cedimenti.

Per quanto riguarda il modulo edometrico viene utilizzato nei calcoli quello relativo alla pressione geostatica efficace più una sovrappressione media  $\Delta\sigma_v/2$  trasmessa al terreno dal rilevato stradale (ad esempio, come modulo edometrico caratteristico del primo strato di terreno compreso fra 0 e 6 m dal p.c., si è preso quello calcolato alla pressione  $(\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v/2)$  che corrisponde ad un modulo edometrico  $E_{dk} = 2658$  kPa).

**PARAMETRI DI COMPRESSIBILITA' DA PROVE EDOMETRICHE**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S3 (BLU)

STRATO (m)	CAMPIONE			MODULO EDOMETRICO PER GLI INTERVALLI TENSIONALI SIGNIFICATIVI													
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ <sub>p</sub> (kPa)	OCR	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> + Δσ <sub>v</sub> /2 (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> + Δσ <sub>v</sub> (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)			
1	0.0 6.0	S3 - C1 -	4.20 -	17.9 -	55.2 -	197.0 -	3.6 -	2056 2056	1995 1995	100.0 -	2740 -	2740 2740	2658 2658	144.9 -	3096 -	3096 3096	3004 3004
2	6.0 10.8	S3 - C2 -	7.30 -	18.7 -	85.5 -	183.6 -	2.1 -	3353 3353	3253 3253	129.8 -	3638 -	3638 3638	3530 3530	174.1 -	3995 -	3995 3995	3876 3876
3	10.8 13.3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
4	13.3 16.0	S3 - C3 -	14.30 -	20.1 -	166.4 -	92.1 -	0.6 -	3166 3166	3072 3072	207.6 -	3587 -	3587 3587	3480 3480	248.7 -	3894 -	3894 3894	3778 3778
5	16.0 24.5	S3 - C4 -	20.30 -	19.2 -	208.8 -	221.0 -	1.1 -	6967 6967	6760 6760	245.8 -	6857 -	6857 6857	6653 6653	282.0 -	6746 -	6746 6746	6545 6545
6	24.5 30.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
7	30.0 35.0	S3 - C5 -	30.60 -	17.9 -	263.7 -	332.6 -	1.3 -	7429 7429	7208 7208	293.4 -	8380 -	8380 8380	8131 8131	323.1 -	8602 -	8602 8602	8346 8346
8	35.0 40.0	S3 - C6 -	36.30 -	19.6 -	370.5 -	379.0 -	1.0 -	8835 8835	8572 8572	396.5 -	9154 -	9154 9154	8882 8882	422.6 -	9350 -	9350 9350	9072 9072

**COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE E PERMEABILITA'**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S3 (BLU)

STRATO (m)	CAMPIONE			CONSOLIDAZIONE - PERMEABILITA'				
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ' <sub>vi</sub> - σ' <sub>vf</sub> (kPa)	C <sub>v</sub> (cm²/s)	k (cm/s)	
1	0.0 6.0	S3 - C1 -	4.20 -	17.9 -	55.2 -	49.03 - 98.07 -	0.3430 · 10 <sup>-4</sup> -	0.131 · 10 <sup>-8</sup> -
2	6.0 10.8	S3 - C2 -	7.30 -	18.7 -	85.5 -	49.03 - 98.07 -	2.5400 · 10 <sup>-4</sup> -	0.759 · 10 <sup>-8</sup> -
3	10.8 13.3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
4	13.3 16.0	S3 - C3 -	14.30 -	20.1 -	166.4 -	98.07 - 196.13 -	13.9000 · 10 <sup>-4</sup> -	6.860 · 10 <sup>-8</sup> -
5	16.0 24.5	S3 - C4 -	20.30 -	19.2 -	208.8 -	196.23 - 588.39 -	3.2300 · 10 <sup>-4</sup> -	0.564 · 10 <sup>-8</sup> -
6	24.5 30.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
7	30.0 35.0	S3 - C5 -	30.60 -	17.9 -	263.7 -	196.23 - 588.39 -	1.1900 · 10 <sup>-4</sup> -	0.181 · 10 <sup>-8</sup> -
8	35.0 40.0	S3 - C6 -	36.30 -	19.6 -	370.5 -	196.23 - 588.39 -	2.6700 · 10 <sup>-4</sup> -	0.368 · 10 <sup>-8</sup> -



6) CAVALCAVIA SU VIA FERRARONI [SD<sub>12</sub>, CPT7<sub>09</sub>]

RIFERIMENTO PRINCIPALE SONDAGGIO SD-ROSSO

STRATIGRAFIA DELL'AREA		
LITOLOGIA	H	DESCRIZIONE
1 2 3 4	3.8	Limo Argilloso debolmente sabbioso
5 6 7 8 9 10 11 12		Argilla debolmente limosa
13	11.9	Argilla debolmente limosa, da 11.90 limo sabbioso
14 15 16 17	12.9	Ghiaia grossolana in abbondante matrice sabbiosa
18 19	17.1	Argilla debolmente limosa di colore grigio
20 21 22 23	19.1	Ghiaia grossolana in abbondante matrice sabbiosa
24 25 26 27 28 29 30	23.7	Alternanze di argille limose e sabbie
31 32 33 34 35 36 37	30.5	Argilla debolmente limosa di colore grigio
38	37.9	Limo sabbioso
39	38.5	Argilla debolmente limosa di colore grigio
	39.0	Limo sabbioso
	39.5	Ghiaia media in matrice sabbiosa e limosa

Nell'area sono previsti rilevati di altezza fino a 8 m e quindi si svilupperanno calcoli di stabilità e calcoli dei cedimenti e relativi tempi.

Anche quest'area mostra caratteristiche meccaniche modeste per quanto riguarda i terreni più superficiali per cui, vista l'altezza dei rilevati, si impone l'uso delle geogriglie e/o dei rilevati alleggeriti (vedi paragrafo seguente).

STRATIGRAFIA AREA DI INDAGINE

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-D (ROSSO)

H Falda (m) = 2.8

STRATO (m)			DESCRIZIONE LITOLOGIA DELLO STRATO	CAMPIONE		Nspt
				Codice	Profondità(m)	Profondità(m)
1	0.0	3.8	Limo Argilloso debolmente sabbioso	SD-C1	2.80	-
				-	-	-
2	3.8	10.0	Argilla debolmente limosa	SD-C2	5.30	-
				SD-C3	7.70	-
3	10.0	12.9	Argilla debolmente limosa, da 11.90 limo sabbioso	SD-C4	10.10	-
				-	-	-
4	12.9	17.1	Ghiaia grossolana in abbondante matrice sabbiosa	-	-	-
				-	-	-
5	17.1	19.1	Argilla debolmente limosa di colore grigio	SD-C5	17.50	-
				-	-	-
6	19.1	23.7	Ghiaia grossolana in abbondante matrice sabbiosa	-	-	-
				-	-	-
7	23.7	30.5	Alternanze di argille limose e sabbie	SD-C6	23.90	-
				-	-	-
8	30.5	39.5	Argilla debolmente limosa di colore grigio	SD-C7	30.70	-
				SD-C8	35.20	-
9	39.5	40.0	Ghiaia media in matrice sabbiosa e limosa	-	-	39.7
				-	-	-

I termini coesivi sono ancora predominanti ma nel sondaggio SD<sub>12</sub> fra -12.9 e -17.1 e fra -19.1 e 23.7 e nella prova CPT07 fra -2 e -5.6 m dal p.c. sono presenti spessi livelli incoerente costituiti da sabbie e/o sabbie con ghiaie. La presenza di livelli incoerenti non sembra tuttavia potere dar luogo fenomeni di liquefazione (I.L.=0).

PARAMETRI MECCANICI CARATTERISTICI

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-D (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE			ANALISI DI LABORATORIO											
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	ATTERBERG			Cu (kPa)	C <sub>um</sub>   C <sub>uk</sub> (kPa)	C' (kPa)	C' <sub>m</sub>   C' <sub>k</sub> (kPa)	φ' (°)	φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub> (°)			
				WL	Wp	pl									
1	0.0	2.80	19.5	56	27	29	31.0	31.0	28	9.0	9.0	8	24.8	24.8	22.8
	3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	3.8	5.30	19.5	49	27	22	56.0	53.0	49	12.0	29.0	27	26.1	24.3	22.3
	10.0	7.70	18.8	64	31	33	50.0	-	-	46.0	-	-	22.4	-	-
3	10.0	10.10	17.7	56	28	28	40.0	40.0	37	6.0	6.0	6	24.8	24.8	22.8
	12.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	12.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	17.1	17.50	19.0	51	26	25	43.7	43.7	40	-	-	-	-	-	-
	19.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	19.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	23.7	23.90	19.7	64	28	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	30.5	30.70	18.5	68	30	38	82.8	73.9	68	-	-	-	-	-	-
	39.5	35.20	19.1	40	25	15	65.0	-	-	-	-	-	-	-	-
9	39.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di circa -2.8 m dal p.c. nel sondaggio SD<sub>12</sub> e a -2.5 m dal p.c. nella prova CPT7<sub>09</sub>

I parametri di compressibilità rivestono molta importanza in quest'area, in quanto sono previsti rilevati importanti con i relativi calcoli dei cedimenti. Per quanto riguarda il modulo edometrico viene utilizzato nei calcoli quello relativo alla pressione geostatica efficace più una sovrappressione media  $\Delta\sigma_v/2$  impressa dal rilevato.

**PARAMETRI DI COMPRESSIBILITA' DA PROVE EDOMETRICHE**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-D (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE			MODULO EDOMETRICO PER GLI INTERVALLI TENSIONALI SIGNIFICATIVI											
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ <sub>p</sub> (kPa)	OCR	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> /2 (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	
1	0.0 3.8	SD-C1 -	2.80 -	19.5 -	54.6 -	160.2 -	2.9 -	4641 -	4641   4503	126.5 -	4611 -	4611   4474	198.5 -	5375 -	5375   5215
2	3.8 10.0	SD-C2 SD-C3	5.30 7.70	19.5 18.8	78.4 95.8	240.5 265.6	3.1 2.8	4477 4120	4299   4171	149.9 166.5	5096 5047	5072   4921	221.5 237.2	5463 6061	5762   5591
3	10.0 12.9	SD-C4 -	10.10 -	17.7 -	105.8 -	69.5 -	0.7 -	1705 -	1705   1654	175.2 -	2495 -	2495   2421	244.6 -	3363 -	3363   3263
4	12.9 17.1	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
5	17.1 19.1	SD-C5 -	17.50 -	19.0 -	185.5 -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
6	19.1 23.7	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
7	23.7 30.5	SD-C6 -	23.90 -	19.7 -	259.8 -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
8	30.5 39.5	SD-C7 SD-C8	30.70 35.20	18.5 19.1	289.0 348.3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
9	39.5 40.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -

**COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE E PERMEABILITA'**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-D (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE			CONSOLIDAZIONE - PERMEABILITA'				
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ' <sub>vi</sub> - σ' <sub>vf</sub> (kPa)	C <sub>v</sub> (cm²/s)	k (cm/s)	
1	0.0 3.8	SD-C1 -	2.80 -	19.5 -	54.6 -	50 - 100 -	3.1700 · 10 <sup>-4</sup> -	0.683 · 10 <sup>-8</sup> -
2	3.8 10.0	SD-C2 SD-C3	5.30 7.70	19.5 18.8	78.4 95.8	50 - 100 50 - 100	1.9700 · 10 <sup>-4</sup> 8.8900 · 10 <sup>-4</sup>	0.440 · 10 <sup>-8</sup> 2.158 · 10 <sup>-8</sup>
3	10.0 12.9	SD-C4 -	10.10 -	17.7 -	105.8 -	100 - 200 -	2.2300 · 10 <sup>-4</sup> -	1.308 · 10 <sup>-8</sup> -
4	12.9 17.1	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
5	17.1 19.1	SD-C5 -	17.50 -	19.0 -	185.5 -	- -	- -	- -
6	19.1 23.7	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
7	23.7 30.5	SD-C6 -	23.90 -	19.7 -	259.8 -	- -	- -	- -
8	30.5 39.5	SD-C7 SD-C8	30.70 35.20	18.5 19.1	289.0 348.3	- -	- -	- -
9	39.5 40.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -

7) SOTTOPASSO DI VIA FERRARONI ALLA FFSS [SB<sub>12</sub>]

RIFERIMENTO PRINCIPALE SONDAGGIO SB-ROSSO

STRATIGRAFIA DELL'AREA		
LITOLOGIA	H	DESCRIZIONE
1 2 3 4 5	4.5	Limo Argilloso con sabbia
6 7 8 9		Argilla Limosa Grigia con livelli di sabbie
10 11 12 13 14	10.1	Argilla Limosa Grigia con livelli di sabbie
15 16 17 18		Sabbia marrone nocciola con presenza di livelli argillosi
19 20 21 22 23 24	14.3	Sabbie e/o ghiaie
		Limi sabbiosi e sabbie
	18.2	Ghiaia in matrice sabbiosa
	18.8	
	21.0	Argilla Grigia blu molto consistente

Nell'area sono previsti diaframmi il calcolo dei quali viene sviluppato dall'ing. strutturista: nelle pagine seguenti viene quindi fornita la stratigrafia e i parametri efficaci caratteristici del terreno (Xk).

**STRATIGRAFIA AREA DI INDAGINE**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-B - ROSSO

H Falda (m) = 3.2

STRATO (m)			DESCRIZIONE LITOLOGIA DELLO STRATO	CAMPIONE		Nspt
				Codice	Profondità(m)	Profondità(m)
1	0.0	4.5	Limo Argilloso con sabbia	SB - C1	2.40	-
				-	-	-
2	4.5	7.0	Argilla Limosa Grigia con livelli di sabbie	SB - C2	5.20	-
				-	-	-
3	7.0	10.1	Argilla Limosa Grigia con livelli di sabbie	SB - C3	7.70	-
				-	-	-
4	10.1	14.3	Sabbia marrone nocciola con presenza di livelli argillosi	-	-	10.1
				-	-	-
5	14.3	18.2	Sabbie e/o ghiaie	-	-	15.0
				-	-	-
6	18.2	18.8	Limi sabbiosi e sabbie	-	-	-
				-	-	-
7	18.8	21.0	Ghiaia in matriche sabbiosa	-	-	20.1
				-	-	-
8	21.0	25.0	Argilla Grigia-Blu molto consistente	SB - C4	24.80	-
				-	-	-

In questo sondaggio i termini coesivi, per i primi 10 m dal p.c., sono predominanti. Alle argille, anche nei livelli superiori si intercalano sottili strati di sabbie e limi.

Dalla profondità di circa 10 m dal p.c. i livelli incoerenti diventano predominanti con strati di ghiaie, sabbie e limi sabbiosi.

**PARAMETRI MECCANICI CARATTERISTICI**

**PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-B - ROSSO**

STRATO (m)	CAMPIONE			ANALISI DI LABORATORIO									
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	ATTERBERG			C <sub>u</sub> (kPa)	C <sub>u</sub> m   C <sub>u</sub> k (kPa)	C' (kPa)	C' <sub>m</sub>   C' <sub>k</sub> (kPa)	φ' (°)	φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub> (°)	
				W <sub>L</sub>	W <sub>P</sub>	PI							
1	0.0 4.5	SB - C1 -	2.40 -	19.5 -	43 -	26 -	17 -	31.0 -	31.0 28	28.0 -	28.0 26	23.6 -	23.6 21.7
2	4.5 7.0	SB - C2 -	5.20 -	19.3 -	35 -	22 -	13 -	49.0 -	49.0 45	1.0 -	1.0 1	31.4 -	31.4 28.8
3	7.0 10.1	SB - C3 -	7.70 -	19.3 -	61 -	31 -	30 -	86.0 -	86.0 79	3.0 -	3.0 3	28.7 -	28.7 26.3
4	10.1 14.3	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
5	14.3 18.2	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
6	18.2 18.8	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
7	18.8 21.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
8	21.0 25.0	SB - C4 -	24.80 -	18.8 -	59 -	28 -	31 -	91.2 -	91.2 84	- -	- -	- -	- -
9	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di circa -3.2 m dal p.c. nel sondaggio a carotaggio continuo SB<sub>12</sub>. In complesso i livelli incoerenti sembrano abbastanza addensati con N<sub>spt</sub> > 50.

STRATO (m)	NSPT IN FORO			
	H <sub>Nspt</sub> (m)	N <sub>spt</sub>		φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub> (°)
		N <sub>spt</sub> Nominale	N <sub>spt</sub> MEDIO	
1	0.0 4.5	- -	- -	- -
2	4.5 7.0	- -	- -	- -
3	7.0 10.1	- -	- -	- -
4	10.1 14.3	10.1 -	84 -	45.0 41.3
5	14.3 18.2	15.0 -	52 -	41.1 37.7
6	18.2 18.8	- -	- -	- -
7	18.8 21.0	20.1 -	61 -	42.7 39.2
8	21.0 25.0	- -	- -	- -

PARAMETRI DI COMPRESSIBILITA' DA PROVE EDOMETRICHE

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-B - ROSSO

STRATO (m)	CAMPIONE				MODULO EDOMETRICO PER GLI INTERVALLI TENSIONALI SIGNIFICATIVI									
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ <sub>p</sub> (kPa)	OCR	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> /2 kPa	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> kPa	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)
1	0.0	SB - C1	2.40	19.5	46.8	135.2	2.9	3543	3543	3438	-	-	-	-
	4.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	4.5	SB - C2	5.20	19.3	80.4	108.3	1.3	3086	3086	2994	-	-	-	-
	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	7.0	SB - C3	7.70	19.3	103.6	311.5	3.0	10326	10326	10019	-	-	-	-
	10.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	10.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	14.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	14.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	18.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	18.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	18.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	18.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	21.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	21.0	SB - C4	24.80	18.8	250.2	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE E PERMEABILITA'

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-B - ROSSO

STRATO (m)	CAMPIONE				CONSOLIDAZIONE - PERMEABILITA'			
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ' <sub>vi</sub> - σ' <sub>vf</sub> (kPa)	C <sub>v</sub> (cm²/s)	k (cm/s)	
1	0.0	SB - C1	2.40	19.5	46.8	50 - 100	9.4900 · 10 <sup>-4</sup>	2.679 · 10 <sup>-8</sup>
	4.5	-	-	-	-	-	- · 10 <sup>-4</sup>	- · 10 <sup>-8</sup>
2	4.5	SB - C2	5.20	19.3	80.4	50 - 100	3.0600 · 10 <sup>-4</sup>	0.992 · 10 <sup>-8</sup>
	7.0	-	-	-	-	-	- · 10 <sup>-4</sup>	- · 10 <sup>-8</sup>
3	7.0	SB - C3	7.70	19.3	103.6	100 - 200	4.4600 · 10 <sup>-4</sup>	0.432 · 10 <sup>-8</sup>
	10.1	-	-	-	-	-	-	-
4	10.1	-	-	-	-	-	-	-
	14.3	-	-	-	-	-	-	-
5	14.3	-	-	-	-	-	-	-
	18.2	-	-	-	-	-	-	-
6	18.2	-	-	-	-	-	-	-
	18.8	-	-	-	-	-	-	-
7	18.8	-	-	-	-	-	-	-
	21.0	-	-	-	-	-	-	-
8	21.0	SB - C4	24.80	18.8	250.2	-	-	-
	25.0	-	-	-	-	-	-	-



8) SOTTOVIA CARLO MARX [SE<sub>12</sub>]

RIFERIMENTO PRINCIPALE SONDAGGIO SE-ROSSO

STRATIGRAFIA DELL'AREA		
LITOLOGIA	H	DESCRIZIONE
1		Terreno vegetale
2	1.4	Limo Argilloso debolmente sabbioso
3		
4		
5	5.0	Sabbia media color nocciola
6	6.0	Limo sabbioso umido
7	7.0	Argilla debolmente limosa di color grigio-azzurro
8		
9		
10	10.0	Sabbia limosa color nocciola
11	11.5	Argilla limosa color grigio
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20	19.8	Ghiaia in matriche sabbiosa
21		
22		
23	23.0	Ghiaia in matriche sabbiosa
24		

Nell'area sono previsti diaframmi il calcolo dei quali viene sviluppato dall'ing. strutturista: nelle pagine seguenti viene quindi fornita la stratigrafia e i parametri efficaci caratteristici del terreno (Xk).

STRATIGRAFIA AREA DI INDAGINE

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-E (ROSSO)

H Falda (m) = 2.5

STRATO (m)			DESCRIZIONE LITOLOGIA DELLO STRATO	CAMPIONE		Nspt
				Codice	Profondità(m)	Profondità(m)
1	0.0	5.0	Limo Argilloso debolmente sabbioso	SE - C1	2.70	-
				-	-	-
2	5.0	6.0	Sabbia media color nocciola	SE - C2	5.20	-
				-	-	-
3	6.0	7.0	Limo sabbioso umido	-	-	-
				-	-	-
4	7.0	10.0	Argilla debolmente limosa di color grigio-azzurro	SE - C3	7.20	-
				-	-	-
5	10.0	11.5	Sabbia limosa color nocciola	SE - C4	10.20	-
				-	-	-
6	11.5	19.8	Argilla limosa color grigio	SE - C5	15.30	-
				-	-	-
7	19.8	23.0	Ghiaia in matriche sabbiosa	-	-	20.2
				-	-	-
8	23.0	25.0	Ghiaia in matriche sabbiosa	-	-	24.5
				-	-	-

I termini coesivi sono predominanti fino a quasi -20 m dal p.c. se si eccettua uno strato limo sabbioso fra -6 e -7 m dal p.c. Da -19.8 m dal p.c. sono predominanti le ghiaie.

**PARAMETRI MECCANICI CARATTERISTICI**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-E (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE			ANALISI DI LABORATORIO												
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	ATTERBERG			Cu			C'			φ'			
				W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	PI	(kPa)	C <sub>m</sub>   C <sub>u</sub> k (kPa)	(kPa)	C' <sub>m</sub>   C' <sub>k</sub> (kPa)	(°)	φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub> (°)				
1	0.0 5.0	SE - C1 -	2.70 -	19.2 -	44 -	25 -	19 -	43.0 -	43.0 -	39 -	3.0 -	3.0 -	3 -	31.0 -	31.0 -	28.5 -
2	5.0 6.0	SE - C2 -	5.20 -	18.8 -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
3	6.0 7.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
4	7.0 10.0	SE - C3 -	7.20 -	18.6 -	45 -	25 -	20 -	65.0 -	65.0 -	60 -	3.0 -	3.0 -	3 -	30.0 -	30.0 -	27.5 -
5	10.0 11.5	SE - C4 -	10.20 -	19.8 -	46 -	25 -	21 -	67.0 -	67.0 -	61 -	14.0 -	14.0 -	13 -	24.8 -	24.8 -	22.8 -
6	11.5 19.8	SE - C5 -	15.30 -	18.6 -	49 -	23 -	26 -	22.5 -	22.5 -	21 -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
7	19.8 23.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
8	23.0 25.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di circa -2.5 m dal p.c.

**La profondità degli scavi in quest'area raggiunge circa -8.5 m mentre la stabilità dei fronti di scavo è assicurata da paratie di diaframmi.**

I livelli incoerenti costituiti generalmente da ghiaie in matrice limosa e sabbiosa, che si incontrano ad una ventina di metri di profondità, sono sempre abbastanza addensati con N<sub>spt</sub> sempre maggiori di 50 colpi.

STRATO (m)	NSPT IN FORO			
	H (m)	N <sub>spt</sub>		φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub> (°)
		Nominale	MEDIO	
1	0.0 5.0	- -	- -	- -
2	5.0 6.0	- -	- -	- -
3	6.0 7.0	- -	- -	- -
4	7.0 10.0	- -	- -	- -
5	10.0 11.5	- -	- -	- -
6	11.5 19.8	- -	- -	- -
7	19.8 23.0	20.2 -	51 -	51.0 -
8	23.0 25.0	24.5 -	100 -	100.0 -

**PARAMETRI DI COMPRESSIBILITA' DA PROVE EDOMETRICHE**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-E (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE				MODULO EDOMETRICO E INTERVALLI TENSIONALI SIGNIFICATIVI									
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ <sub>p</sub> (kPa)	OCR	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> /2 (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)
1	0.0	SE - C1	2.70	19.2	49.8	177.7	3.6	3021	3021   2931	-	-	-	-	-
	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5.0	SE - C2	5.20	18.8	70.8	102.5	1.4	2388	2388   2317	-	-	-	-	-
	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	7.0	SE - C3	7.20	18.6	86.9	304.7	3.5	4203	4203   4078	-	-	-	-	-
	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	10.0	SE - C4	10.20	19.8	125.0	111.8	0.9	3922	3922   3805	-	-	-	-	-
	11.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	11.5	SE - C5	15.30	18.6	156.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	19.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	23.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE E PERMEABILITA'**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-E (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE				CONSOLIDAZIONE - PERMEABILITA'			
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ' <sub>vi</sub> - σ' <sub>vf</sub> (kPa)	C <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> /s)	k (cm/s)	
1	0.0	SE - C1	2.70	19.2	49.8	50 - 100	9.4900 · 10 <sup>-4</sup>	3.141 · 10 <sup>-8</sup>
	5.0	-	-	-	-	-	- · 10 <sup>-4</sup>	- · 10 <sup>-8</sup>
2	5.0	SE - C2	5.20	18.8	70.8	50 - 100	3.0600 · 10 <sup>-4</sup>	1.281 · 10 <sup>-8</sup>
	6.0	-	-	-	-	-	- · 10 <sup>-4</sup>	- · 10 <sup>-8</sup>
3	6.0	-	-	-	-	-	-	-
	7.0	-	-	-	-	-	-	-
4	7.0	SE - C3	7.20	18.6	86.9	50 - 100	10.7000 · 10 <sup>-4</sup>	2.546 · 10 <sup>-8</sup>
	10.0	-	-	-	-	-	- · 10 <sup>-4</sup>	- · 10 <sup>-8</sup>
5	10.0	SE - C4	10.20	19.8	125.0	100 - 200	11.9000 · 10 <sup>-4</sup>	3.034 · 10 <sup>-8</sup>
	11.5	-	-	-	-	-	- · 10 <sup>-4</sup>	- · 10 <sup>-8</sup>
6	11.5	SE - C5	15.30	18.6	156.6	-	-	-
	19.8	-	-	-	-	-	-	-
7	19.8	-	-	-	-	-	-	-
	23.0	-	-	-	-	-	-	-
8	23.0	-	-	-	-	-	-	-
	25.0	-	-	-	-	-	-	-

9) PONTE SUL TORRENTE MODOLENA [SE<sub>12</sub>, CPT2<sub>12</sub>]

RIFERIMENTO PRINCIPALE SONDAGGIO SE-ROSSO

STRATIGRAFIA DELL'AREA		
LITOLOGIA	H	DESCRIZIONE
1		Terreno vegetale
2	1.4	Limo Argilloso debolmente sabbioso
3		
4		
5	5.0	Sabbia media color nocciola
6	6.0	Limo sabbioso umido
7	7.0	Argilla debolmente limosa di color grigio-azzurro
8		
9		
10	10.0	Sabbia limosa color nocciola
11	11.5	Argilla limosa color grigio
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20	19.8	Ghiaia in matriche sabbiosa
21		
22		
23	23.0	Ghiaia in matriche sabbiosa
24		

Nell'area sono previsti solo diaframmi il calcolo dei quali viene sviluppato dall'ing. strutturista: nelle pagine seguenti viene quindi fornita la stratigrafia e i parametri efficaci caratteristici del terreno (Xk).

STRATIGRAFIA AREA DI INDAGINE

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-E (ROSSO)

H Falda (m) = 2.5

STRATO (m)			DESCRIZIONE LITOLOGIA DELLO STRATO	CAMPIONE		Nspt
				Codice	Profondità(m)	Profondità(m)
1	0.0	5.0	Limo Argilloso debolmente sabbioso	SE - C1	2.70	-
				-	-	-
2	5.0	6.0	Sabbia media color nocciola	SE - C2	5.20	-
				-	-	-
3	6.0	7.0	Limo sabbioso umido	-	-	-
				-	-	-
4	7.0	10.0	Argilla debolmente limosa di color grigio-azzurro	SE - C3	7.20	-
				-	-	-
5	10.0	11.5	Sabbia limosa color nocciola	SE - C4	10.20	-
				-	-	-
6	11.5	19.8	Argilla limosa color grigio	SE - C5	15.30	-
				-	-	-
7	19.8	23.0	Ghiaia in matrice sabbiosa	-	-	20.2
				-	-	-
8	23.0	25.0	Ghiaia in matrice sabbiosa	-	-	24.5
				-	-	-

I termini coesivi sono predominanti fino a quasi -20 m dal p.c. se si eccettua uno strato limo sabbioso fra -6 e -7 m dal p.c. Da -19.8 m dal p.c. sono predominanti le ghiaie.

**PARAMETRI MECCANICI CARATTERISTICI**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-E (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE			ANALISI DI LABORATORIO									
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	ATTERBERG			Cu	C <sub>um</sub>   C <sub>uk</sub>	C'	C' <sub>m</sub>   C' <sub>k</sub>	φ'	φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub>	
				W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	PI	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(°)	(°)	
1	0.0 5.0	SE - C1 -	2.70 -	19.2 -	44 -	25 -	19 -	43.0 -	43.0 39	3.0 -	3.0 3	31.0 -	31.0 28.5
2	5.0 6.0	SE - C2 -	5.20 -	18.8 -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
3	6.0 7.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
4	7.0 10.0	SE - C3 -	7.20 -	18.6 -	45 -	25 -	20 -	65.0 -	65.0 60	3.0 -	3.0 3	30.0 -	30.0 27.5
5	10.0 11.5	SE - C4 -	10.20 -	19.8 -	46 -	25 -	21 -	67.0 -	67.0 61	14.0 -	14.0 13	24.8 -	24.8 22.8
6	11.5 19.8	SE - C5 -	15.30 -	18.6 -	49 -	23 -	26 -	22.5 -	22.5 21	- -	- -	- -	- -
7	19.8 23.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
8	23.0 25.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di circa -2.5 m dal p.c.

I livelli incoerenti costituiti generalmente da ghiaie in matrice limosa e sabbiosa, che si incontrano ad una ventina di metri di profondità, sono sempre abbastanza addensati con N<sub>spt</sub> sempre maggiori di 50 colpi.

NSPT IN FORO				
STRATO (m)	H (m)	N <sub>spt</sub>	N <sub>spt</sub>	φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub>
		Nominale	MEDIO	(°)
1	0.0 5.0	- -	- -	- -
2	5.0 6.0	- -	- -	- -
3	6.0 7.0	- -	- -	- -
4	7.0 10.0	- -	- -	- -
5	10.0 11.5	- -	- -	- -
6	11.5 19.8	- -	- -	- -
7	19.8 23.0	20.2 -	51 51.0	40.9 37.5
8	23.0 25.0	24.5 -	100 100.0	45.0 41.3

PARAMETRI DI COMPRESSIBILITA' DA PROVE EDOMETRICHE

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-E (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE			MODULO EDOMETRICO E INTERVALLI TENSIONALI SIGNIFICATIVI											
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ <sub>p</sub> (kPa)	OCR	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> /2 (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	σ' <sub>vo</sub> +Δσ <sub>v</sub> (kPa)	Ed (kPa)	Ed <sub>m</sub>   Ed <sub>k</sub> (kPa)	
1	0.0	SE - C1	2.70	19.2	49.8	177.7	3.6	3021	3021	2931	-	-	-	-	
	5.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2	5.0	SE - C2	5.20	18.8	70.8	102.5	1.4	2388	2388	2317	-	-	-	-	
	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	7.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4	7.0	SE - C3	7.20	18.6	86.9	304.7	3.5	4203	4203	4078	-	-	-	-	
	10.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
5	10.0	SE - C4	10.20	19.8	125.0	111.8	0.9	3922	3922	3805	-	-	-	-	
	11.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
6	11.5	SE - C5	15.30	18.6	156.6	-	-	-	-	-	-	-	-		
	19.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
7	19.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	23.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
8	23.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	25.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE E PERMEABILITA'

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-E (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE			CONSOLIDAZIONE - PERMEABILITA'				
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	σ' <sub>vo</sub> (kPa)	σ <sub>vi</sub> - σ <sub>vf</sub> (kPa)	C <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> /s)	k (cm/s)	
1	0.0	SE - C1	2.70	19.2	49.8	50 - 100	9.4900 · 10 <sup>-4</sup>	3.141 · 10 <sup>-8</sup>
	5.0	-	-	-	-	-	-	-
2	5.0	SE - C2	5.20	18.8	70.8	50 - 100	3.0600 · 10 <sup>-4</sup>	1.281 · 10 <sup>-8</sup>
	6.0	-	-	-	-	-	-	-
3	6.0	-	-	-	-	-	-	-
	7.0	-	-	-	-	-	-	-
4	7.0	SE - C3	7.20	18.6	86.9	50 - 100	10.7000 · 10 <sup>-4</sup>	2.546 · 10 <sup>-8</sup>
	10.0	-	-	-	-	-	-	-
5	10.0	SE - C4	10.20	19.8	125.0	100 - 200	11.9000 · 10 <sup>-4</sup>	3.034 · 10 <sup>-8</sup>
	11.5	-	-	-	-	-	-	-
6	11.5	SE - C5	15.30	18.6	156.6	-	-	-
	19.8	-	-	-	-	-	-	-
7	19.8	-	-	-	-	-	-	-
	23.0	-	-	-	-	-	-	-
8	23.0	-	-	-	-	-	-	-
	25.0	-	-	-	-	-	-	-

10) PONTE SUL TORRENTE QUARESIMO [S7<sub>09</sub>,S8<sub>09</sub>]

RIFERIMENTO PRINCIPALE SONDAGGIO S7-ROSSO

STRATIGRAFIA DELL'AREA		
LITOLOGIA	H	DESCRIZIONE
1	0.2	Argilla di colore nocciola
2		
3		
4	3.7	Limo argilloso sabbioso di colore nocciola
5		
6	5.5	Sabbia fine di colore nocciola e poi grigia
7		
8	8.1	Argilla di colore grigio
9		
10		
11	11.2	Limo argilloso sabbioso di colore grigio scuro
12		
13	12.9	Ghiaiutto centimetrico e poi ghiaia eterometrica
14		
15		
16		
17	17.5	Limo argilloso sabbioso
18		
19	18.8	Ghiaia eterometrica con matrice sabbiosa e limo sabbiosa
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26	26.3	Limo argilloso sabbioso di colore grigio
27		
28		
29		
30		
31		
32	31.6	Argilla di colore grigio di media consistenza
33	33.0	Ghiaiutto centimetrico e poi ghiaia eterometrica
34		
35		
36	36.5	Argilla di colore grigio
37	37.3	Limo sabbioso di colore grigio
38	38.0	Ghiaiutto centimetrico e poi ghiaia eterometrica
39		

Nell'area sono previste rilevati di altezza fino a 7 metri dal piano campagna: quindi si svilupperanno calcoli di stabilità ed i calcoli dei cedimenti con i relativi tempi.

RELAZIONE GEOLOGICA

STRATO (m)			DESCRIZIONE LITOLOGIA DELLO STRATO	CAMPIONE		Nspt
				Codice	Profondità(m)	Profondità(m)
1	0.0	5.5	Argilla di color nocciola - Limo argilloso	S7 - C1	2.50	-
	-			-	-	
2	5.5	12.9	Sabbia fine di color nocciola passante a limo e argilla	S7 - C2	10.30	-
	-			-	-	
3	12.9	17.5	Ghiaietto centimetrico e poi ghiaia eterometrica	-	-	14.8
	-			-	-	
4	17.5	18.8	Argilla debolmente limosa di color grigio-azzurro	-	-	18.0
	-			-	-	
5	18.8	26.3	Ghiaia eterometrica in matriche sabbiosa	-	-	20.2
	-			-	23.7	
6	26.3	31.6	Limo Argilloso Sabbioso	S7 - C4	27.20	-
	-			-	-	
7	31.6	33.0	Argilla limosa color grigio	S7 - C5	31.20	-
	-			-	-	
8	33.0	40.0	Ghiaia in matriche sabbiosa con qualche livello coesivo	-	-	35.4
	-			-	-	

In questa area i termini coesivi sono predominanti solo in superficie. Nel sondaggio S7<sub>08</sub> a partire da -12.9 dal p.c. si incontra prima uno strato sabbioso, quindi un livello limoso ed argilloso ed infine uno strato sabbioso limoso.

la presenza di livelli sabbiosi potrebbe, in caso di sisma, generare limitati e localizzati fenomeni di liquefazione (I.L.=0.52), per cui l'uso dei dreni verticali risulta utile, oltre che per accelerare i tempi di consolidazione nei livelli coesivi, anche per azzerare la propensione alla liquefazione nei livelli sabbiosi sotto falda.

PARAMETRI MECCANICI CARATTERISTICI

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-7 (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE			ANALISI DI LABORATORIO												
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	ATTERBERG			Cu			C'			φ'			
				W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	PI	(kPa)	C <sub>um</sub>	C <sub>uk</sub>	(kPa)	C' <sub>m</sub>	C' <sub>k</sub>	(°)	φ' <sub>m</sub>	φ' <sub>k</sub>	
1	0.0	S7 - C1	2.50	18.9	-	-	-	36.0	36.0	33	24.0	24.0	22	22.3	22.3	20.5
	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5.5	S7 - C2	10.30	18.6	-	-	-	70.0	70.0	64	18.0	18.0	17	26.1	26.1	24.0
	12.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	12.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	17.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	17.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	18.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	18.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	26.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	26.3	S7 - C4	27.20	19.4	-	-	-	184.0	184.0	169	16.0	16.0	15	31.3	31.3	28.7
	30.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	30.0	S7 - C5	31.20	19.5	-	-	-	192.0	192.0	176	36.0	36.0	33	36.9	36.9	33.9
	33.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	33.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	40.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



La falda è stata rinvenuta ad una profondità di circa -4.0 m dal p.c. nel sondaggio S7<sub>08</sub>. Non si hanno scavi in quest'area.

Dalle prove Nspt eseguite in foro non sembra che i terreni incoerenti siano particolarmente addensati:

NSPT IN FORO						
STRATO (m)	H (m)	N <sub>spt</sub>		φ'm   φ'k		
		Nominale	MEDIO	(°)		
1	0.0	-	-	-	-	
	5.5	-	-	-	-	
2	5.5	-	-	-	-	
	12.9	-	-	-	-	
3	12.9	14.8	45	45.0	39.6   36.4	
	17.5	-	-	-	-	
4	17.5	18.0	1	1.0	20.0   18.4	
	18.5	-	-	-	-	
5	18.5	20.2	47	42.0	39.0   35.8	
	26.3	23.7	37	-	-	
6	26.3	-	-	-	-	
	30.0	-	-	-	-	
7	30.0	-	-	-	-	
	33.0	-	-	-	-	
8	33.0	35.4	99	99.0	45.0   41.3	
	40.0	-	-	-	-	

**PARAMETRI DI COMPRESSIBILITA' DA PROVE EDOMETRICHE**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-7 (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE			MODULO EDOMETRICO PER GLI INTERVALLI TENSIONALI SIGNIFICATIVI										
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m³)	σ'vo (kPa)	σp (kPa)	OCR	Ed (kPa)	Edm   Edk (kPa)	σ'vo+Δσv/2 (kPa)	Ed (kPa)	Edm   Edk (kPa)	σ'vo+Δσv (kPa)	Ed (kPa)	Edm   Edk (kPa)
1	S7 - C1	2.50	18.9	47.3	247.8	5.2	5810	5810   5637	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	S7 - C2	10.30	18.6	128.6	179.6	1.4	4432	4432   4300	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	S7 - C4	27.20	19.4	295.7	354.2	1.2	7580	7580   7354	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	S7 - C5	31.20	19.5	336.4	384.9	1.1	7866	7866   7632	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

11) SOTTOVIA FFSS MILANO-BOLOGNA [S8<sub>09</sub>, CPT13<sub>09</sub>]

RIFERIMENTO PRINCIPALE SONDAGGIO S8-ROSSO

STRATIGRAFIA DELL'AREA		
LITOLOGIA	H	DESCRIZIONE
1	4.5	Argilla di color nocciola - Limo argilloso
2		
3		
4		
5	6.5	Argilla di color grigio di media consistenza
6		
7		
8	11.3	Argilla di color grigio di medio-bassa consistenza
9		
10		
11	15.0	Ghiaietto in matrice sabbiosa
12		
13	15.8	Sabbia limosa color nocciola
14		
15	17.9	Sabbia medio fine
16		
17		
18		
19		Ghiaietto in matrice sabbiosa

Nell'area sono previsti solo diaframmi il calcolo dei quali viene sviluppato dall'ing. strutturista: nelle pagine seguenti viene quindi fornita la stratigrafia e i parametri efficaci caratteristici del terreno (Xk).

STRATIGRAFIA AREA DI INDAGINE

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-8 (ROSSO)

H Falda (m) = 4.0

STRATO (m)			DESCRIZIONE LITOLOGIA DELLO STRATO	CAMPIONE		Nspt
				Codice	Profondità(m)	Profondità(m)
1	0.0	4.5	Argilla di color nocciola - Limo argilloso	S8 - C1	2.70	-
				-	-	-
2	4.5	6.5	Argilla di color grigio di media consistenza	S8 - C2	5.20	-
				-	-	-
3	6.5	11.3	Argilla di color grigio di medio-bassa consistenza	S8 - C3	7.30	-
				-	-	-
4	11.3	15.0	Ghiaietto in matrice sabbiosa	-	-	13.2
5	15.0	15.8	Sabbia limosa color nocciola	-	-	-
6	15.8	17.9	Sabbia medio fine	-	-	17.7
7	17.9	20.0	Ghiaietto in matrice sabbiosa	-	-	19.0

I termini coesivi sono predominanti fino a quasi -11.3 m dal p.c. Da -11.3 m dal p.c. si alternano strati limosi e limo-sabbiosi con potenti strati ghiaiosi.

**PARAMETRI MECCANICI CARATTERISTICI**

PROVE DI RIFERIMENTO: SONDAGGIO S-8 (ROSSO)

STRATO (m)	CAMPIONE			ANALISI DI LABORATORIO									
	CODICE	H <sub>camp</sub> (m)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	ATTERBERG			Cu	C <sub>um</sub>   C <sub>uk</sub>	C'	C' <sub>m</sub>   C' <sub>k</sub>	φ'	φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub>	
				W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	PI	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(°)	(°)	
1	0.0 4.5	S8 - C1 -	2.70 -	19.3 -	37 -	23 -	14 -	31.0 -	31.0   28	12.0 -	12.0   11	28.7 -	28.7   26.3
2	4.5 6.5	S8 - C2 -	5.20 -	19.1 -	37 -	24 -	13 -	50.0 -	50.0   46	42.0 -	42.0   39	27.4 -	27.4   25.1
3	6.5 11.3	S8 - C3 -	7.30 -	18.5 -	53 -	31 -	22 -	45.0 -	45.0   41	24.0 -	24.0   22	26.1 -	26.1   24.0
4	11.3 15.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
5	15.0 15.8	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
6	15.8 17.9	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
7	17.9 20.0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -

La falda è stata rinvenuta ad una profondità di circa -4.0 m dal p.c.

I livelli incoerenti costituiti generalmente da ghiaie in matrice limosa e sabbiosa, che si incontrano ad una decina di metri di profondità, non sembrano sempre molto addensati ma si alternano livelli con N<sub>spt</sub> anche molto bassi.

**Sondaggio S8 Prove N<sub>spt</sub>**

NSPT IN FORO					
STRATO (m)	H <sub>Nspt</sub> (m)	N <sub>spt</sub>		φ' <sub>m</sub>   φ' <sub>k</sub>	
		Nominale	MEDIO	(°)	(°)
1	0.0 4.5	- -	- -	- -	- -
2	4.5 6.5	- -	- -	- -	- -
3	6.5 11.3	- -	- -	- -	- -
4	11.3 15.0	13.2 -	54 54.0	41.5	38.1
5	15.0 15.8	- -	- -	- -	- -
6	15.8 17.9	17.7 -	3 3.0	21.7	19.9
7	17.9 20.0	19.0 -	41 41.0	38.7	35.5

## 9 SISMICITA'

### 9.1 SISMICITA' DEL TERRITORIO DI REGGIO EMILIA

Le osservazioni ed i dati ad oggi disponibili indicano che relativamente alla sismicità nazionale, il territorio della Provincia di Reggio Emilia è interessato da una sismicità di livello medio con terremoti storici che hanno raggiunto intensità pari a VII – VIII grado della scala MCS.

La sismicità non è omogeneamente diffusa su tutto il territorio provinciale, ma si concentra lungo il margine appenninico, nel medio e alto Appennino e nel settore orientale della pianura.

Per informazioni sul quadro sismotettonico si consulta: Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna” (Boccaletti et Alii); Database of individual seismogenetic sources (INGV); Studio della Pericolosità sismica della Provincia di Modena e Reggio Emilia (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia – Dipartimento di Scienze della Terra, 2001).

### 9.2 MAPPE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

I recenti studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale, che prevede l'individuazione di 36 "zone-sorgente", i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc ..

Come detto in precedenza, gli areali della Provincia di Reggio Emilia in cui si concentra l'attività sismica sono il margine appenninico, la cui attività è presumibilmente legata al fronte del thrust pedeappenninico, la parte settentrionale della pianura, ovvero la zona al di sopra della dorsale attiva delle Pieghe Ferraresi, e l'alto Appennino, dove il risentimento è dovuto sia alla sismicità locale, sia alla sismicità della vicina Garfagnana.

Il territorio del Comune di Reggio Emilia ricade in una zona sismogenetica caratterizzata da terremoti di magnitudo medio-bassa.

La maggior parte dei terremoti che si verificano in questa zona, avvengono a profondità comprese tra 12 e 20 km.

Per la valutazione delle pericolosità sismica di base il primo riferimento è costituito dalla Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (MPS04 – edizione aprile 2004), elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e recepita dall'OPCM ° 3519 del 2005.

Successivamente la Mappa è stata revisionata e quella definitiva è stata approvata con Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 (all.1b).

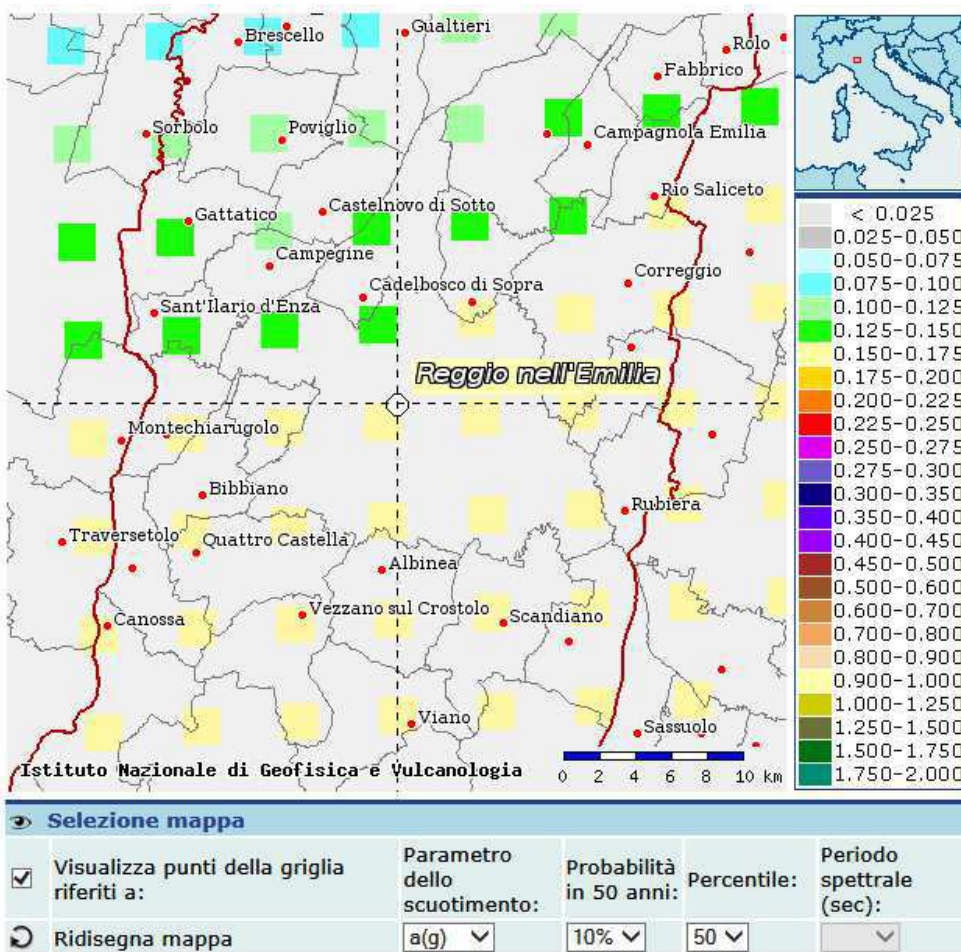
In tale mappa sono indicati i valori di accelerazione di picco al suolo  $a(g)$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente ad un Tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s, Cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) per l'intero territorio nazionale.

L'accelerazione orizzontale massima del suolo come definita dall'OPCM 3519/2006, corrisponde a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA.

A seguito dei contenuti dell'OPCM 3274/2003 il lavoro dell'INGV non si è limitato alla elaborazione della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, ma sono stati avviati altri progetti, tra qui quello che ha portato alla predisposizione di strumenti gestionali interattivi della MPS stessa.

Più in particolare è stato progettato e messo online (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) un sistema consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo  $0.05^\circ$ .

Le mappe riportano due distinti parametri dello scuotimento di rilevante interesse ingegneristico:  $a(g)$  (accelerazione orizzontale massima del suolo) e  $Se(T)$  (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo  $T$ , in accelerazione).



Dalla mappa di pericolosità sismica del territorio in oggetto è evidente che ci si trova in territorio caratterizzato da valori di  $a_{max}$  che variano da un minimo di 0.150 ad un massimo di 0.175 g.

Dalle mappe relative al Comune di Reggio sono poi consultabili i valori dello Spettro di risposta elastico per accelerazioni di periodo rispettivamente pari a 0.5, 1 e 2 secondi tutti riferiti ad un Tr di 475 anni.

La Provincia di Reggio Emilia ha realizzato la Cartografia Provinciale di pericolosità sismica locale a corredo del Quadro Conoscitivo del nuovo PTCP. Più in particolare sono state elaborate la Carta delle aree suscettibili di effetti locali e, mediante derivazione dalla prima, la Carta degli effetti attesi.

### 9.3 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Le caratteristiche sismiche di un' area dipendono dalle sorgenti sismogenetiche, dall' energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti. Questi sono gli aspetti che comunemente vengono indicati come “pericolosità sismica di base”.

Il moto sismico in superficie può essere modificato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Alcuni depositi e forme del paesaggio possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane, fenomeni di liquefazione.

I principali elementi del territorio che concorrono alla pericolosità sismica locale in Emilia-Romagna:

- depositi che possono determinare amplificazione (spessore 2-5 m):
- detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, detriti di versante s.l., depositi morenici, depositi da geliflusso);
- detriti di conoide alluvionale;
- depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle;
- accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e coni di deiezione);
- depositi fluvio - lacustri;
- riporti antropici poco addensati;
- substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (spessore 2-5 m);
- litotipi del substrato con  $V_s < 800$  m/sec.

Elementi morfologici che possono determinare amplificazione:

- creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività  $> 15^\circ$  e altezza  $> 30$  m

Depositi suscettibili di amplificazione, Liquefazione e cedimenti:

- depositi granulari fini con livello superiore della falda acquifera nei primi 15 m dal piano campagna, con composizione granulometrica che ricade nelle fasce critiche indicate nell'Allegato A3 (figura 1) (fattori predisponenti al fenomeno di liquefazione);

- depositi (spessore 2-5 m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori NSPT < 15 o Cu < 70 kPa.

Le conoscenze disponibili per il territorio dell'Emilia-Romagna contenute nelle Carte geologiche, nelle banche dati geognostiche, nelle carte topografiche e nei modelli digitali del terreno (DTM), consentono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

Per le finalità del presente studio è stata presa a riferimento la cartografia Provinciale di pericolosità sismica locale a corredo del PTCP.

Più in particolare si è fatto riferimento alla carta della aree suscettibili di effetti locali ed alla Carta degli effetti attesi.

## 9.4 INDAGINI SISMICHE

Per il presente progetto sono state eseguite 5 indagini sismiche in foro con la tecnica del Down Hole.

Sono state eseguite due indagini sismiche (DHS1 e DHS2) durante la prima campagna nei sondaggi S1 ed S2, due indagini sismiche (DHS4 e DHS6) nella seconda campagna nei sondaggi S4 e S6 ed infine una indagine sismica (DHSD) nella terza campagna di indagine nel sondaggio SD.

Tutte le prove concordano nel classificare il terreno del tracciato come un suolo sismico di tipo C.

Per i dettagli sulle indagini sismiche si veda la relazione sismica redatta appositamente per il presente e gli allegati alla medesima.

## 9.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Riassumendo, durante l'esecuzione delle indagini Down-Hole, si sono ottenute le seguenti velocità delle onde S:

CAMPAGNA	DOWN HOLE	Vs30 m/s
1° Fase	DHS1	204
	DHS3	181
2° Fase	DHS4	236
	DHS6	218
3° Fase	DHSD	226



## Determinazione delle categorie di suolo di fondazione

Utilizzando le tabelle di seguito riportate, si è proceduto alla determinazione della Categoria di appartenenza del suolo di fondazione:

Categorie di suolo di fondazione:

<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 88 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ inferiori a 180 m/s.
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C e D e con spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s)
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ , che includono uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza o di argille altamente organiche
<b>S2</b>	Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella n° 2 – Definizione dei profili stratigrafici

Da cui si evince che l'intero tracciato appartiene alla categoria di suolo C.



## 9.6 PARAMETRI SISMICI E SPETTRI ELASTICI

Ai fini del DM 14/09/2005 e successive modifiche e dell’OPCM 3274 va definito lo spettro di risposta elastico, in accelerazione, per il sito in esame.

Tale spettro indica, per ciascuna frequenza, la risposta allo scuotimento massimo (da terremoto) di un oscillatore elastico smorzato semplice (che rappresenta un edificio teorico ‘tipo’) con frequenza propria pari alla frequenza considerata.

Secondo l’ultima versione del DM 14/01/2008 (§ 3.2.3.2.2) tale spettro va calcolato secondo le formule sottostanti che valgono per le componenti orizzontali del moto del suolo.

### Forma dello spettro elastico di riferimento

Accelerazione. Componenti orizzontali.

§ 3.2.3.2.2

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

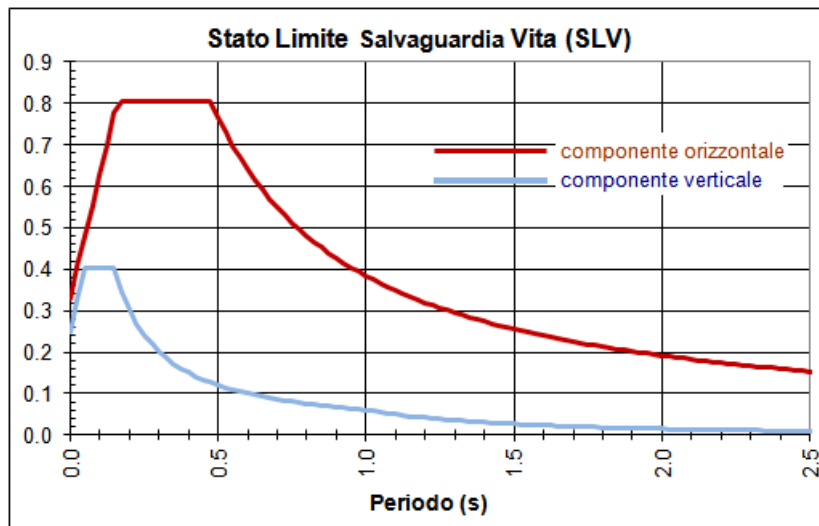
$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

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

$S = S_s \times S_T$	coeff. ampl. stratigrafica x coeff. ampl. topografica tab.3.2V-VI
$\eta = (10 / (5 + \xi))^{1/2}$	$\xi$ è lo smorzam. in % (normalmente 5%, diversamente si valuta in base alle caratteristiche dell’edificio)
$F_o$	fatt. amplif.spettrale max orizz. (> 2.2, allegato alla norma)
$T_c = C_c \times T_c^*$	( $C_c$ in tab.3.2V e $T_c^*$ in allegato alla norma)
$T_B = T_c / 3$	
$T_D = 4 a_g / g + 1.6$	

Con T si intende il periodo fondamentale di risonanza della struttura (espresso in secondi) e con  $a_g$  l’accelerazione massima di picco del sottosuolo (PGA) in caso di terremoto ( $m/s^2$ ). Dalla registrazione sismica si ottiene un **suolo C**; per questo tipo di suolo, con un tempo di ritorno  $T_r=1898$  anni (classe d’uso IV e una vita nominale di 100 anni, come impone la normativa per opere di questo genere), una amplificazione topografica **St=1.0** e un coefficiente di smorzamento = 5%, si ottengono forme spettrali di questo tipo:



Quindi dalla sintesi dei dati (vedi **ALLEGATO B**) è possibile fornire per il sito in oggetto il seguente quadro:

- 1) La categoria del suolo di fondazione è la **C**.
- 2) L'accelerazione orizzontale di picco PGA (Peak Ground Acceleration) è di **0.80** con  $T_r = 1898$  anni (dove  $g =$  accelerazione di gravità =  $9.81 \text{ m/s}^2$ ).
- 3) Il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  e il coefficiente  $C_c$  sono quelli relativi alla categoria di suolo di fondazione **C** descritti nella tabella sottostante:

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

Di seguito si forniscono i parametri sismici delle varie aree dove sono state eseguite indagini Down Hole (sondaggi S1, S3, S4, S6, SD):