



# PROVINCIA FORLÌ-CESENA

Piazza Morgagni, 9 – 47100 Forlì

Cod. fisc. 80001550401

Servizio Infrastrutture Viarie, Gestione Strade, Patrimonio, Mobilità e Trasporti  
Ufficio Gestione e progettazione Infrastrutture

## ***SP 27Bis “Braldo” al km 2+350 Intervento di demolizione e ricostruzione del Viadotto sul Fiume Montone***

***Progetto Definitivo***

***CUP***

G67H21019760001

**B2.1**

### **RELAZIONE GEOLOGICA**

Data: Febbraio 2023

IL R.U.P.  
Ing. Fabrizio Di Blasio

RILIEVO E PROGETTO STRADALE  
ESAGEO STUDIO GEOMETRI ASSOCIATI

IL PROGETTISTA ARCHITETTONICO  
Ing. Luca Gardelli

PROGETTO STRUTTURALE  
ENSER srl

I COLLABORATORI  
Arch. Laura Capizzi  
Arch. Silvia Conversano  
Geom. Paolo Galeotti

PROGETTO IDRAULICO  
PRIDE-PROJECTS AND IDEAS FOR ENVIRONMENT

STUDIO GEOLOGICO  
Geol. Alfredo Ricci

## INDICE

<b>ALLEGATI:</b> .....	<b>2</b>
<b>ELABORATI:</b> .....	<b>2</b>
<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
1.1. Opere in progetto .....	4
1.2. Scopi dell'indagine.....	4
1.3. Definizione del modello geologico .....	4
<b>2. INQUADRAMENTO DEL SITO</b> .....	<b>5</b>
2.1. Ubicazione.....	5
2.2. Lineamenti morfologici .....	6
2.3. Rischio idrogeologico .....	6
2.4. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni .....	8
2.5. Dissesto e vulnerabilità territoriale.....	9
<b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b> .....	<b>10</b>
3.1. Cartografia geologica .....	10
3.2. Lineamenti geologici della zona in esame .....	10
3.3. Inquadramento tettonico.....	12
<b>4. LITOLOGIA E GEOTECNICA DELLA ZONA IN ESAME</b> .....	<b>14</b>
4.1. Colonne stratigrafiche disponibili.....	14
4.2. Stratigrafia in corrispondenza del nuovo ponte .....	14
4.2.1. Dati forniti dai sondaggi .....	14
4.2.2. Dati forniti dalle penetrometrie .....	17
4.2.2.1 La serie dei terreni in corrispondenza del nuovo ponte .....	17
4.2.2.2 La serie dei terreni in corrispondenza del nuovo tracciato stradale e rotatorie .....	18
4.2.3. Dati forniti dalle prove in laboratorio .....	19
4.2.4. Stratigrafia del terreno considerato.....	21
4.3. Stratigrafia in corrispondenza nuovo tracciato stradale e nuova rotatoria (Podere Coccolina) .....	22
4.3.1. Stato di fatto.....	22
4.4. Stratigrafia in corrispondenza nei margini del tracciato stradale nella zona di C. Sintoni.....	23
4.4.1. Stato di fatto.....	23
4.5. Stratigrafia in corrispondenza della nuova rotatoria (via Lugheze).....	24
4.5.1. Stato di fatto.....	24
4.6. Sezioni geologiche .....	24
<b>5. ACQUE SOTTERRANEE</b> .....	<b>25</b>
5.1. L'acquifero sotterraneo della pianura regionale.....	25
5.2. Corpi idrici sotterranei della pianura regionale .....	26
5.3. Situazione locale .....	29
<b>6. ORIENTAMENTI TECNICI</b> .....	<b>34</b>
6.1. Modello geologico ed idoneità del terreno .....	34
6.2. Coefficiente di sottofondo .....	34
6.3. Indicazioni progettuali.....	35
<b>7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</b> .....	<b>37</b>

**ALLEGATI:**

-	Inquadramento topografico (CTR) in scala 1:25.000
-	Inquadramento topografico (CTR) in scala 1:10.000
-	Inquadramento topografico (CTR) in scala 1:5.000
-	Inquadramento topografico (CTR) in scala 1:2.000
-	Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:5.000
-	Legenda della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna
-	Ubicazione delle prove d'archivio delle Regione Emilia-Romagna in scala 1:5.000
-	CPTU 239120U520
-	CPTU 239120U521

**ELABORATI:**

B2.1	Relazione Geologica
B2.2	Relazione sulla Modellazione Sismica
B2.3	Ubicazione delle prove geognostiche e delle tracce delle sezioni geologiche in scala 1: 1.000
B2.4	Dati di base, grafici e interpretazioni delle prove geognostiche in sito attinenti al viadotto
B2.5	Dati di base, grafici e interpretazioni delle prove geognostiche in sito attinenti alla variante stradale
B2.6	Dati di base, grafici e interpretazioni delle prove in laboratorio attinenti al viadotto
B2.7	Dati di base, grafici e interpretazioni delle prove geofisiche attinenti al viadotto
B2.8	Dati di base, grafici e interpretazioni delle prove geofisiche attinenti alla variante stradale
B2.9	Sezioni geologiche in scala 1:200
B2.10	Verifica del potenziale di liquefazione

## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

### **Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018**

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni

### **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Circolare 21 gennaio 2019 n. 7

### **Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008**

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

### **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**

Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009

### **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

### **Eurocodice 8**

Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

### **Eurocodice 7**

Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali

### **Eurocodice 7**

Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo

**Leggi Regionali** in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

**Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico** redatto dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli

**Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale** della Provincia di Forlì-Cesena

**Piano Strutturale Comunale (PSC), Piano Operativo Comunale (POC) e Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE)** del Comune di Forlì

### **D.M. 11.03.1988**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione

## **1. PREMESSA**

### **1.1. OPERE IN PROGETTO**

La presente indagine geognostica concerne il terreno, interessato dalla S.P. 27Bis "Braldo" al km 2+350, ove sono previsti l'intervento di demolizione e ricostruzione del Viadotto sul fiume Montone e una variante al tracciato stradale con realizzazione di una rotatoria all'incrocio tra S.P. 27 bis via Ghibellina e S.P. 1 via Lughese ed una rotatoria in prossimità del Podere Coccolina.

### **1.2. SCOPI DELL'INDAGINE**

La presente indagine è stata realizzata al fine di definire la situazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'area in esame, di ricostruire il modello geologico e i lineamenti geotecnici dei terreni interessati, di riconoscere la presenza di acque sotterranee, di specificare il potenziale di liquefazione del terreno, di fornire indicazioni e prescrizioni in merito all'utilizzabilità geologica dell'area.

### **1.3. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO**

Il modello geologico locale è stato definito con riferimento:

- ♦ all'insieme degli elementi cartografici, stratigrafici e normativi disponibili in merito al suolo e sottosuolo considerato;
- ♦ ad un attento rilevamento di superficie;
- ♦ alla realizzazione:
  - in corrispondenza del nuovo viadotto di due sondaggi a carotaggio continuo (S1 e S2), di un sondaggio a distruzione di nucleo (S3) per la posa in opera di tubazione per esecuzione prova Down-Hole, di due prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU1 e CPTU2), di due prove penetrometriche statiche con cono sismico (SCPTU1 e SCPTU2) e di due basi sismiche con rilevamento MASW;
  - in corrispondenza del nuovo tracciato stradale a sud del corso d'acqua e della nuova rotatoria (Podere Coccolina) di tre prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU1, CPTU2 e CPTU3), di due prove penetrometriche statiche con cono sismico (SCPTU1 e SCPTU2) e di tre postazioni con rilievo microtermore (HVS1, HVS2 e HVS3);
  - nei margini del tracciato stradale nella zona di C. Sintoni di due prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU4 e CPTU5);
  - in corrispondenza della nuova rotatoria (via Lughese) di una prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU6), di una prova penetrometrica statica con cono sismico (SCPTU3), di una base sismica con rilevamento MASW e di una postazione con rilievo microtermore (HVS4);
- ♦ all'attuazione di prove di laboratorio su 25 campioni prelevati durante esecuzione di prove SPT a punta aperta;
- ♦ all'attuazione di prove in laboratorio su 12 campioni indisturbati, prelevati durante i sondaggi per definire la natura dei terreni incontrati;
- ♦ alla misura del livello idrico in due piezometri tipo Norton appositamente installati.

L'ubicazione delle prove geognostiche è precisata nell'apposito elaborato allegato (elaborato B2.3). I dati di base, i grafici e le interpretazioni delle prove in sito e in laboratorio sono raccolti negli elaborati B2.4, B2.5, B2.6, B2.7 e B2.8 allegati.





## 2.2. LINEAMENTI MORFOLOGICI

Il ponte Braldo in oggetto è posto a circa 26 metri sul livello marino ed è situato in un'area pianeggiante solcata dal fiume Montone. Nella zona considerata non sono evidenti particolari processi morfogenetici, tali da poter arrecare danno a quanto previsto dal progetto. In particolare, dato l'andamento pianeggiante della superficie, non sussistono problemi di stabilità. Il corso d'acqua è contenuto da appositi argini in terra battuta.

Un quadro dell'attuale situazione morfologico ambientale del sito considerato è fornito dall'immagine aerea riportata nella figura n. 2.2.

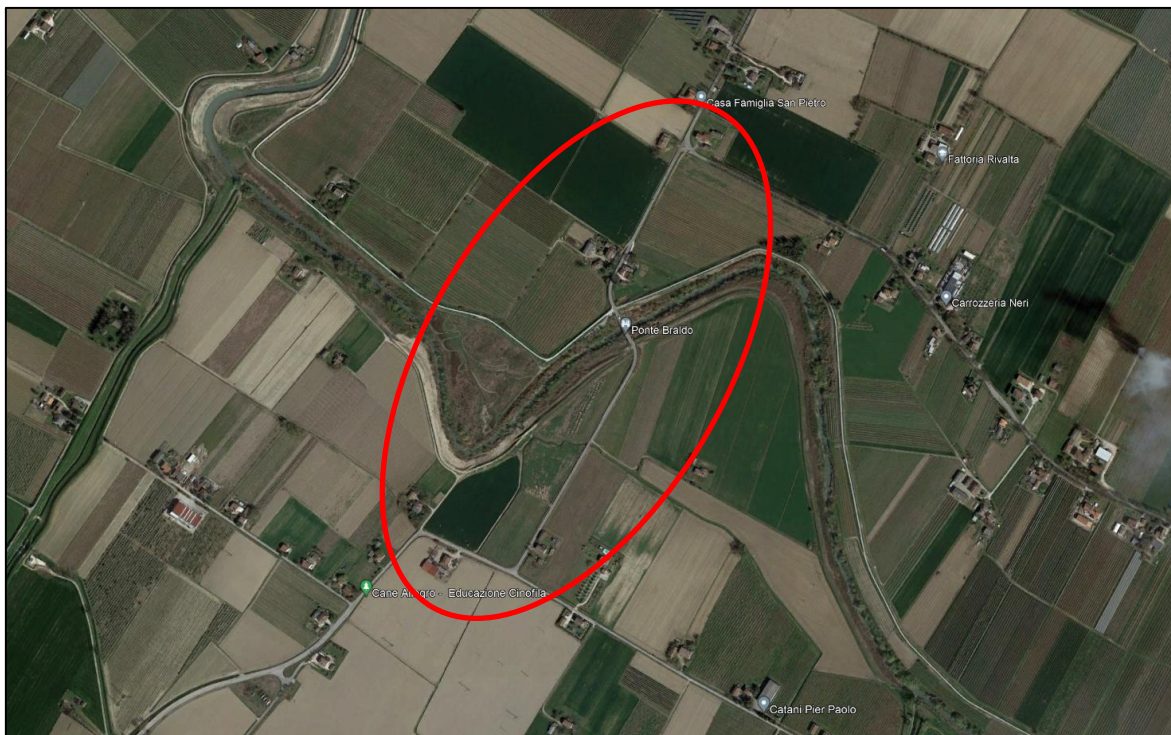
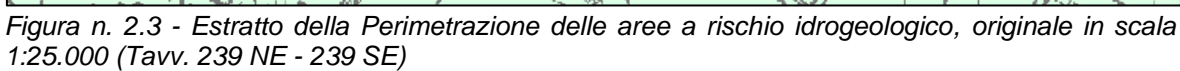


Figura n. 2.2 - Visione aerea dell'area in esame e della zona di pertinenza (Google Earth, immagine acquisita il 05.04.2022).

## 2.3. RISCHIO IDROGEOLOGICO

Nella Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico in scala 1:25.000 del vigente Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, redatto dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, l'area in esame è interessata dall'alveo di piena ordinaria (Art. 2 ter), dalle aree di potenziale allagamento (Art. 6) e dalle distanze di rispetto dai corpi arginali (Art. 10). Si veda in proposito l'estratto cartografico riportato nella figura n. 2.3.





## 2.4. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI

Nell'ambito territoriale del Reticolo Principale (RP) del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (Ultimo aggiornamento aprile 2022) - Il ciclo di attuazione, l'area in esame appare con uno scenario di pericolosità H-P3: Alluvioni frequenti (TR: 20-50 anni) - elevata probabilità per quanto riguarda la zona di pertinenza dell'alveo e M-P2: Alluvioni meno frequenti (TR: 100-200 anni) - media probabilità per le zone limitrofe (figura n. 2.4), mentre nell'ambito territoriale del Reticolo Secondario di Pianura (RSP) (figura n. 2.5) ricade in uno scenario di pericolosità M-P2: Alluvioni meno frequenti (TR: 100-200 anni) - media probabilità

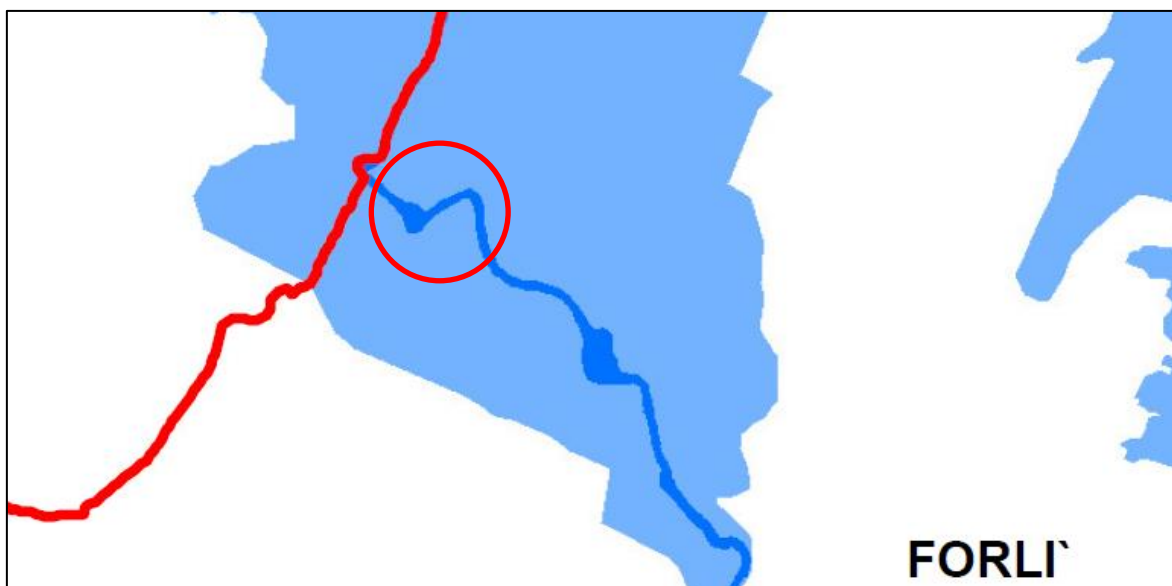


Figura n. 2.4 - Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. Ambito territoriale del Reticolo Principale. Scenario di pericolosità H-P3: Alluvioni frequenti (TR: 20-50 anni) - elevata probabilità per quanto riguarda la zona di pertinenza dell'alveo fluviale e M-P2: Alluvioni meno frequenti (TR: 100-200 anni) - media probabilità per le zone limitrofe.

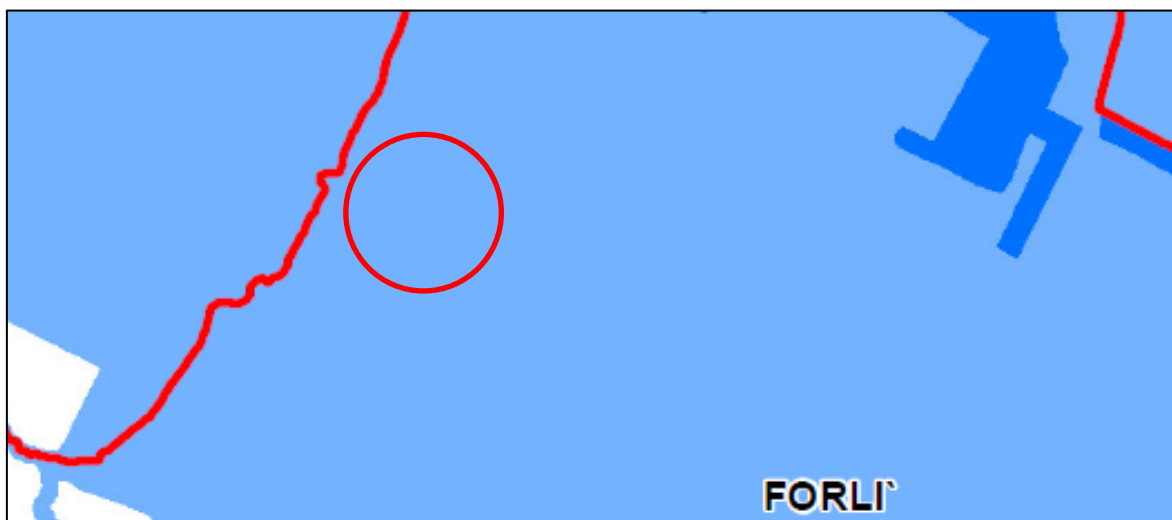


Figura n. 2.5 - Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni. Ambito territoriale del Reticolo Secondario di Pianura. Scenario di pericolosità M-P2: Alluvioni meno frequenti (TR: 100-200 anni) - media probabilità.

## 2.5. DISSESTO E VULNERABILITÀ TERRITORIALE

Un inquadramento dei rischi geologici, idrogeologici e geomorfologici del territorio provinciale è fornito dalla Carta del dissesto e della vulnerabilità territoriale in scala 1:25.000 del P.T.C.P. vigente. Nel suo estratto, riportato nella figura n. 2.6, la zona in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali (AES8a) ed è interessata da fenomeni di subsidenza.

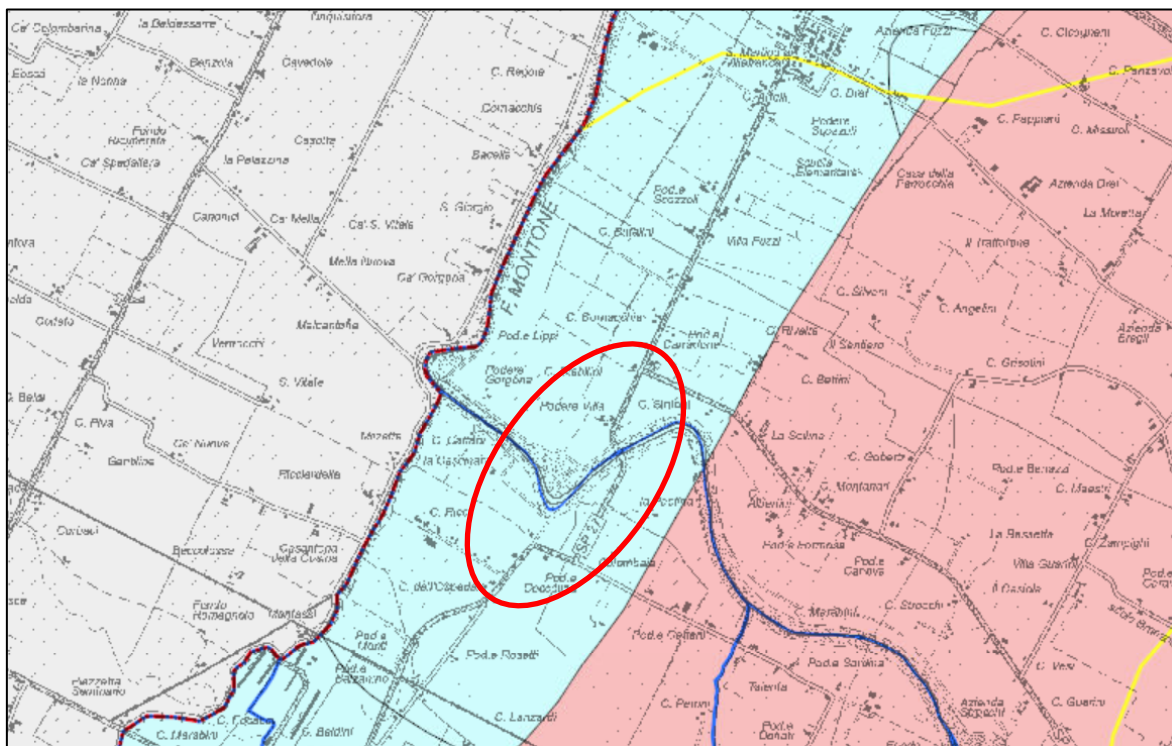


Figura n. 2.6 - Carta del dissesto e della vulnerabilità territoriale del P.T.C.P. (WebGIS della Provincia di Forlì-Cesena).

In merito alla subsidenza, un fenomeno assai diffuso nella pianura romagnola<sup>1</sup>, conseguente ad eccessive estrazioni di fluidi dal sottosuolo (acqua, idrocarburi), l'area considerata ricade in una zona ove l'abbassamento del suolo era dell'ordine di 0,5 e 1,0 centimetri all'anno dopo il 1970, ma attualmente con tendenza alla riduzione. Questo fenomeno, caratterizzato da abbassamenti orizzontali generalizzati del suolo, è da ritenere non crei problemi al manufatto in oggetto, perché le sue conseguenze «sono sensibili solo nell'intorno dei grandi agglomerati urbani ed industriali ed in aree densamente popolate. Raramente vengono riportati casi di dissesti alle costruzioni, e solo in casi eccezionali o per l'entità della subsidenza (come a Città del Messico) o per il tipo di costruzione (come per la torre di Pisa). Più frequenti sono i problemi connessi con le infrastrutture idrauliche e con l'evoluzione e la difesa della costa»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Regione Emilia-Romagna, *Sistematizzazione dei dati ambientali del territorio regionale soggetto a subsidenza* (legge 845/80), 1994, inedito.

<sup>2</sup> C. Viggiani, *Fattori determinanti e controllo della subsidenza*, in "Atti del convegno «I problemi della subsidenza nella politica del territorio e della difesa del suolo» tenutosi a Pisa il 9-10 dicembre 1978", Pisa, 1978, p. 66.

### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

#### 3.1. CARTOGRAFIA GEOLOGICA

Per quanto concerne la cartografia ufficiale, l'area in oggetto ricade nella:

- Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, foglio 239 Faenza, pubblicata dal Servizio Geologico d'Italia (ISPRA) nel 2009;
- Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo in scala 1:10.000, sezione 239120 "San Barnaba", pubblicata dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, edizione 2011 (figura n. 3.1).

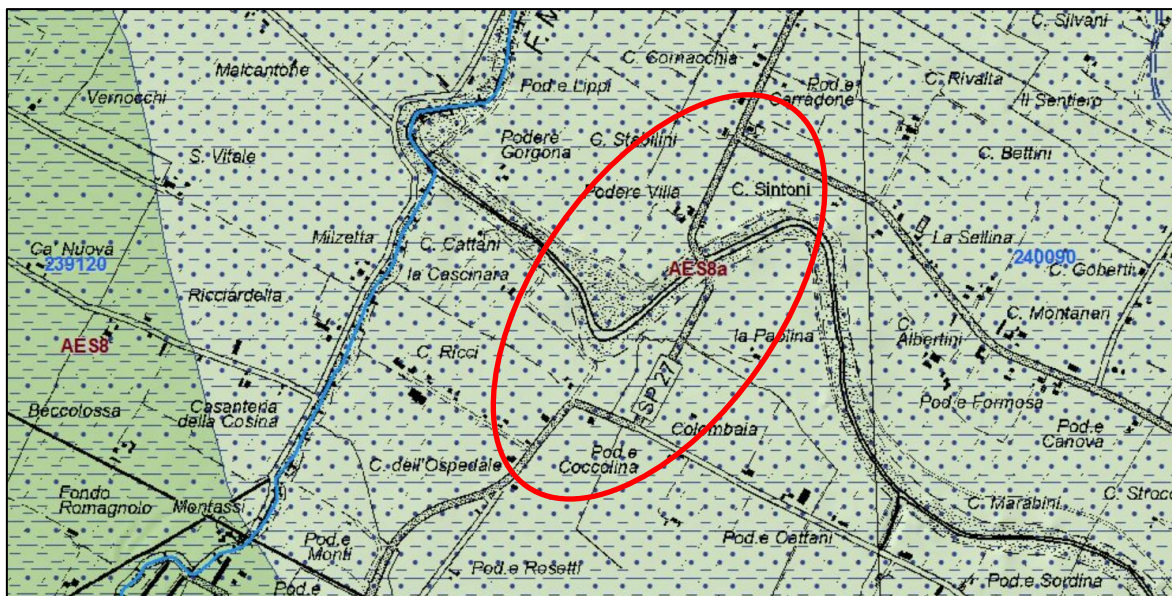


Figura n. 3.1 - Estratto della Carta geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo (originale in scala 1:10.000). L'area in esame e la zona di pertinenza ricadono in un affioramento dell'Unità di Modena AES8a, caratterizzato dalla presenza di sabbia limoso argillosa di piana alluvionale

#### 3.2. LINEAMENTI GEOLOGICI DELLA ZONA IN ESAME

La zona in esame, come si può osservare nell'estratto della Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo in scala 1:10.000, edita a cura della Regione Emilia-Romagna (figura n. 3.1), è situata in un ambito territoriale contraddistinto dalla presenza dell'Unità di Modena (AES8a) dell'Olocene, che, ove presente, concerne i depositi alluvionali più superficiali e più recenti del Subsistema di Ravenna (AES8), del Pleistocene superiore-Olocene, compresi quelli in evoluzione.

L'Unità di Modena è, in generale, costituita da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Nel suo limite superiore, che coincide con il piano topografico, è normalmente presente un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Nell'area in oggetto è presente un deposito di sabbia limoso argillosa di piana alluvionale.

Il Subsistema di Ravenna, che rappresenta la parte terminale del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) del Pleistocene medio-Olocene, è costituito da depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, di conoide alluvionale ghiaiosa e di interconoide, passanti lateralmente a limi più o meno sabbiosi e argillosi di piana alluvionale. In affioramento comprende anche depositi litorali e marini. Il suo insieme



è suddiviso in subsintemi, individuati in affioramento da deboli discordanze angolari o da più o meno ampie scarpate erosive, nel sottosuolo della pianura da bruschi contatti fra depositi di diversa natura e tipologia deposizionale. Nella figura n. 3.2 è riportato lo schema cronostratigrafico del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), tratto dal Foglio Forlì-Cervia della Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000.

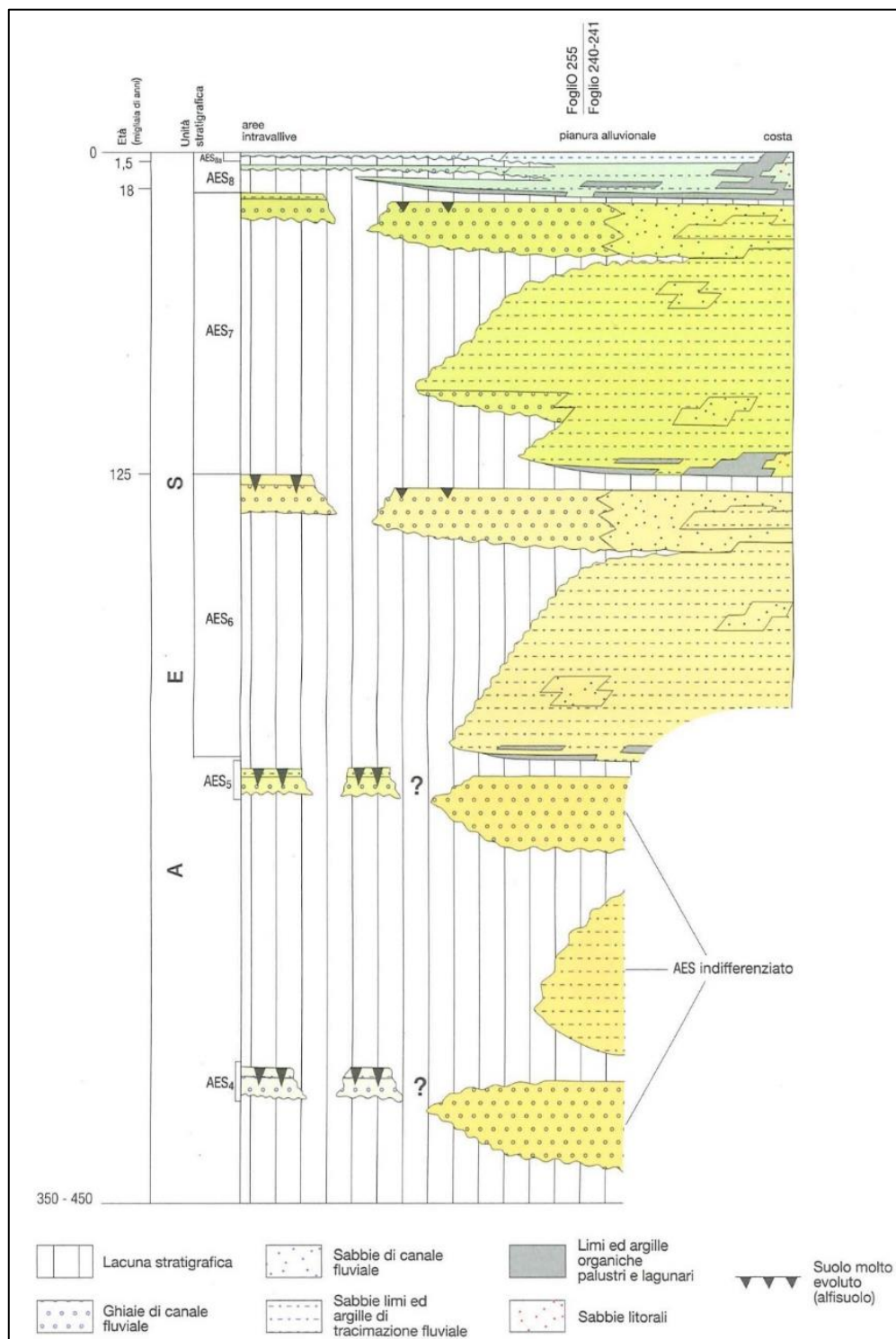


Figura n. 3.2 - Schema cronostratigrafico del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), tratto dal Foglio Forlì-Cervia della Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000

SP 27BIS "BRALDO" AL KM 2+350. INTERVENTO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DEL VIADOTTO SUL FIUME MONTONE E VARIANTE AL TRACCIATO STRADALE.  
Relazione Geologica



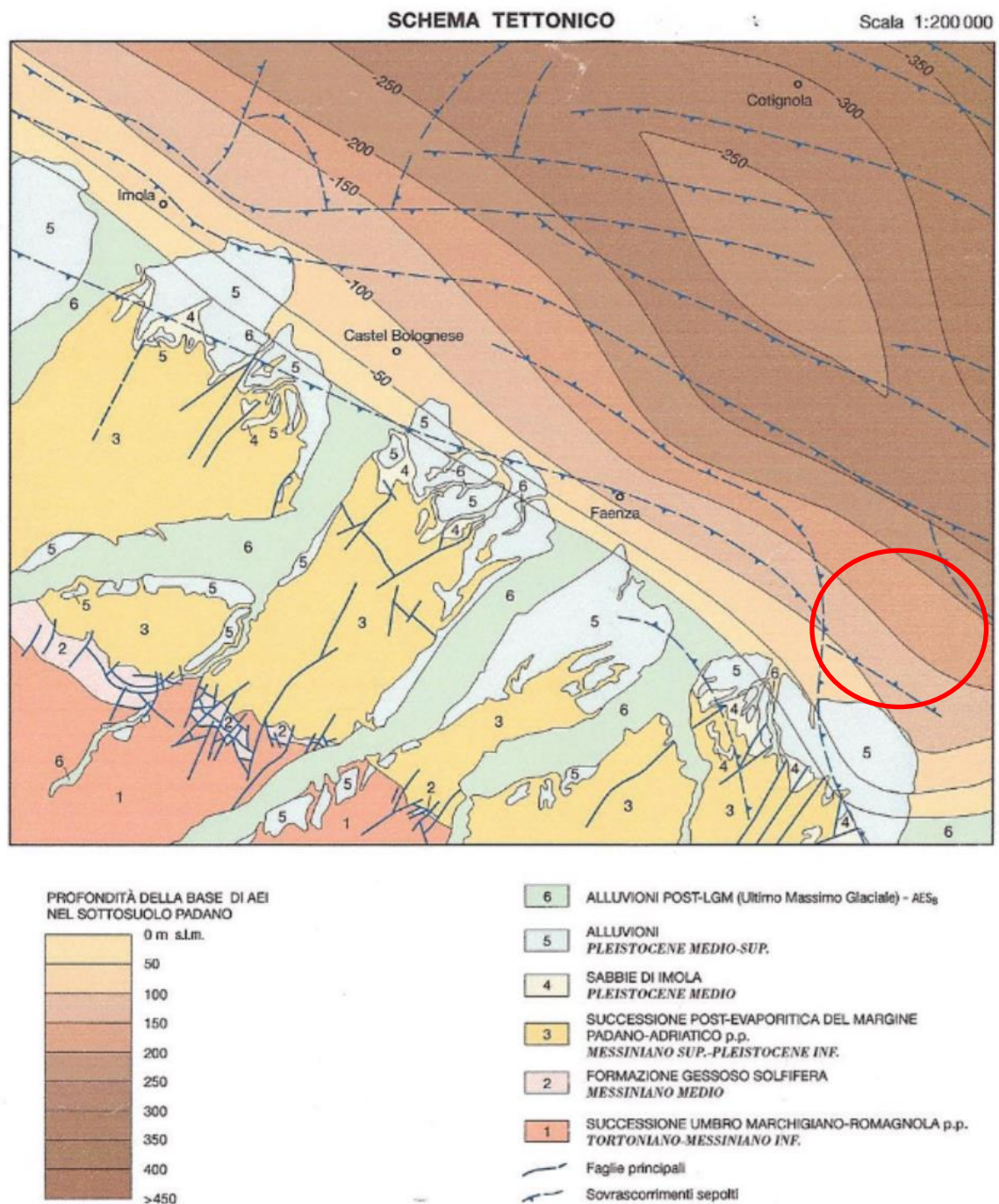


Figura n. 3.4 - Inquadramento tettonico del territorio ove è situata l'area in esame.



## **4. LITOLOGIA E GEOTECNICA DELLA ZONA IN ESAME**

### **4.1. COLONNE STRATIGRAFICHE DISPONIBILI**

Nell'area ove è previsto l'intervento in oggetto sono state realizzate le seguenti prove meccaniche:

- in corrispondenza del nuovo viadotto due sondaggi a carotaggio continuo (S1 e S2), un sondaggio a distruzione di nucleo (S3), due prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU1 e CPTU2) e due prove penetrometriche statiche con cono sismico (SCPTU1 e SCPTU2);
- in corrispondenza del nuovo tracciato stradale a sud del corso d'acqua tre prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU1, CPTU2 e CPTU3) e due prove penetrometriche statiche con cono sismico (SCPTU1 e SCPTU2);
- nei margini del tracciato stradale nella zona di C. Sintoni due prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU4 e CPTU5);
- in corrispondenza della nuova rotatoria una prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU6) e una prova penetrometrica statica con cono sismico (SCPTU3).

L'ubicazione delle prove geognostiche è precisata nell'apposito elaborato allegato (elaborato B2.3). I dati di base, i grafici e le interpretazioni delle prove in sito e in laboratorio sono raccolti negli elaborati B2.4, B2.5, B2.6, B2.7 e B2.8 allegati.

I sondaggi a carotaggio continuo sono stato spinti fino a 40 metri nel sottosuolo. Durante la loro esecuzione:

- sono stati prelevati 12 campioni indisturbati di terreno da sottoporre a prove di laboratorio. Le relative profondità di prelievo sono indicate nella tabella 4.4 e nelle rispettive colonne stratigrafiche allegate (elaborati B2.4 e B2.5);
- sono state realizzate 25 prove S.P.T. a punta aperta, circa ogni tre metri di avanzamento del carotaggio, e prelevati campioni da sottoporre a prove di laboratorio.

Nei fori di sondaggi sono stati poi posti in opera piezometri tipo Norton, che hanno raggiunto rispettivamente la profondità di 40 metri e di 37 metri sotto il piano di campagna.

Il sondaggio S3 eseguito a distruzione di nucleo è stato completato mediante tubazione per esecuzione prova Down-Hole.

Le prove penetrometriche statiche con piezocono, a seconda delle posizioni, hanno raggiunto una profondità variabile da 20 a 27 metri rispetto al piano di campagna.

Le prove penetrometriche statiche con cono sismico, a seconda delle posizioni, hanno raggiunto una profondità variabile da 26 a 28 metri rispetto al piano di campagna.

### **4.2. STRATIGRAFIA IN CORRISPONDENZA DEL NUOVO PONTE**

#### **4.2.1. Dati forniti dai sondaggi**

I sondaggi a carotaggio continuo (S1 e S2), eseguiti in corrispondenza delle sponde del nuovo ponte, hanno fornito gli elementi sul sottosuolo sinteticamente compendati nelle tabelle n. 4.1 e 4.2.

**TABELLA N. 4.1 - DATI STRATIGRAFICI E GEOTECNICI FORNITI DAL SONDAGGIO N. 1**

Profondità (m)	Descrizione sintetica del terreno	Pocket (kg/cmq)		Vane Test (kg/cmq)	
		Min	Med	Min	Med
0,00-4,00	Argine superiore sinistro fiume Montone: limi sabbiosi ocra essiccati				
4,00-7,30	Limi con umidità naturale passanti a sabbie fini ocra nella parte inferiore				
7,30-8,00	Argille grigie				
8,00-10,60	Argille limose ocra con calcinelli	2,1	2,96	0,9	1,32
10,60-11,40	Limi sabbiosi comprimibili	1,5	2,25	0,6	0,90
11,40-15,00	Argille ocra limose zonate azzurro	1,5	2,62	0,6	0,91
15,00-15,40	Limi sabbiosi ocra	1,6	1,60	0,6	0,60
15,40-18,00	Argille ocra	1,0	1,27	0,4	0,51
18,00-19,30	Argille limose grigie				
19,30-19,60	Limi argillosi con frustoli vegetali				
19,60-20,00	Argille limose grigie	1,4	1,40	0,6	0,60
20,00-20,80	Argille limose grigio scure	0,7	0,80	0,5	0,43
20,80-21,00	Limi argillosi				
21,00-24,15	Argille limose con livelli limosi grigi	1,0	1,15	0,5	0,60
24,15-25,00	Sabbie fini limose con livelli limoso-sabbiosi				
25,00-25,50	Sabbie fini con rari ciottoli e frustoli vegetali				
25,50-25,80	Livello ghiaioso con sabbie				
25,80-26,50	Sabbie con ciottoli e frustoli vegetali				
26,50-27,00	Ghiaie serrate in matrice sabbiosa (falda con rifluimento delle sabbie nel rivestimento)				
27,00-28,60	Sabbie prevalenti con qualche ciottolo				
28,60-30,00	Argille ocra limose zonate celeste	2,0	2,10	0,8	0,90
30,00-31,80	Limi sabbiosi grigi	1,2	1,20	0,6	0,60
31,80-32,70	Limi grigi	1,5	1,66	0,7	0,76
32,70-34,00	Argille grigie	2,0	2,16	0,8	0,90
34,00-34,50	Argille brune	3,0	3,00	1,5	1,50
34,50-36,30	Argille grigie limose	2,5	3,90	1,2	1,76
36,30-36,80	Argille grigie zonate marrone	4,3	4,30	1,8	1,80
36,80-37,60	Argille ocra marroni con calcinelli	2,3	2,30	0,9	0,90
37,60-38,80	Limi sabbiosi ocra	1,5	1,75	0,6	0,90
38,80-40,00	Argille limose grigio-azzurre	2,0	2,66	0,8	1,20

**TABELLA N. 4.2 - DATI STRATIGRAFICI E GEOTECNICI FORNITI DAL SONDAGGIO N. 2**

Profondità (m)	Descrizione sintetica del terreno	Pocket (kg/cmq)		Vane Test (kg/cmq)	
		Min	Med	Min	Med
0,00-0,50	Piazzale sottofondo				
0,50-2,20	Limi sabbiosi essiccati ocra				
2,20-3,00	Limi sabbiosi ocra				
3,00-6,00	Limi sabbiosi e sabbie fini limose laminazione piano parallela, ocra				
6,00-6,80	Limi sabbiosi ocra zonati marrone, saturi in acqua				
6,80-7,50	Limi grigio-azzurri				
7,50-8,70	Argille limose grigio scuro, plastiche	2,0	2,25	1,1	1,20
8,70-16,10	Argille limose ocra con calcinelli e piccoli livelli limosi zonati azzurro	1,8	2,29	0,7	0,96
16,10-16,50	Argille limose grigie	1,9	1,90	0,7	0,70
16,50-20,30	Limi sabbiosi azzurri con livelli argilloso-limosi	0,9	1,10	0,3	0,45
20,30-23,00	Alternanza di argille limose grigie e limi	1,1	1,36		
23,00-24,00	Limi argillosi plastici passanti a sabbie fini limose	2,0	2,10		
24,00-26,50	Sabbie fini con rari ciottoli				
26,50-28,50	Aumento della percentuale di ciottoli in matrice sabbiosa, con livelli limoso-argillosi centimetrici				
28,50-29,50	Sabbie fini limose				
29,50-30,00	Argille limose con livelli limo-argillosi				
30,00-31,20	Argille limose ocra/verdastre	0,8	1,00	0,4	0,45
31,20-33,00	Limi sabbiosi con livelli di limi argillosi ocra/verdastrati molto comprimibili				

SP 27Bis "BRALDO" AL KM 2+350. INTERVENTO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DEL VIADOTTO SUL FIUME MONTONE E VARIANTE AL TRACCIATO STRADALE.  
Relazione Geologica

33,00-33,30	Limi grigi	1,5	1,50	0,6	0,60
33,30-34,00	Argille limose grigie	2,1	2,10	1,0	1,00
34,00-35,60	Argille limose ocre	2,5	2,50	1,1	1,10
35,60-36,00	Argille grigie-nerastre	2,2	2,20	0,9	0,90
36,00-38,10	Argille grigie limose	2,2	2,42	1,0	1,15
38,10-40,00	Limi argillosi ocre con calcinelli				

I dati geotecnici, riportati in questa tabella, riguardano esclusivamente i terreni coesivi.

Durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo S1 ed S2 sono state eseguite complessivamente n° 25 prove SPT a punta aperta con prelievo campioni da sottoporre a prove di laboratorio. Inoltre sono stati prelevati n° 12 campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio.

Tali attività sono compendiate nelle tabelle 4.3 e 4.4.

**TABELLA N. 4.3 - PROVE SPT**

<i>Sondaggio</i> (n°)	<i>Prova SPT</i> (n°)	<i>Profondità prova</i> (m-m)	<i>Colpi</i> (n°)	<i>Tipo punta</i>	<i>Note su dati stratigrafici di campagna</i>
S1	1	3,00-3,45	5-4-5	Punta aperta	Argine superiore sinistro fiume Montone: limi sabbiosi ocre essiccati
S1	2	6,00-6,45	4-4-6	Punta aperta	Limi con umidità naturale passanti a sabbie fini ocre nella parte inferiore. Falda a -7,00 m a completamento piezometro 6/12/2022
S1	3	8,20-8,65	6-13-15	Punta aperta	Argille limose ocre con calcinelli
S1	4	12,70-13,15	7-12-15	Punta aperta	Argille ocre limose zonate azzurro
S1	5	16,20-16,65	6-9-12	Punta aperta	Argille ocre
S1	6	18,00-18,45	7-10-12	Punta aperta	Argille limose grigie
S1	7	23,70-24,15	11-14-26	Punta aperta	Argille limose con livelli limosi grigi
S1	8	27,00-27,45	10-12-40	Punta aperta	Sabbie prevalenti con qualche ciottolo
S1	9	30,70-31,15	12-25-27	Punta aperta	Limi sabbiosi grigi
S1	10	34,00-34,45	9-13-17	Punta aperta	Argille brune
S1	11	37,00-37,45	10-12-16	Punta aperta	Argille ocre marroni con calcinelli
S2	1	3,00-3,45	4-3-4	Punta aperta	Limi sabbiosi e sabbie fini limose laminazione piano parallela, ocre
S2	2	6,00-6,45	3-4-5	Punta aperta	Limi sabbiosi ocre zonati marroni, saturi in acqua. Falda a -7,20 m a completamento piezometro 28/11/2022
S2	3	9,00-9,45	12-18-20	Punta aperta	Argille limose ocre con calcinelli e piccoli livelli limosi zonati azzurro
S2	4	12,00-12,45	14-16-18	Punta aperta	Argille limose ocre con calcinelli e piccoli livelli limosi zonati azzurro
S2	5	15,00-15,45	11-15-19	Punta aperta	Argille limose ocre con calcinelli e piccoli livelli limosi zonati azzurro
S2	6	18,70-19,15	7-7-9	Punta aperta	Limi sabbiosi azzurri con livelli argilloso-limosi
S2	7	21,00-21,45	8-7-10	Punta aperta	Alternanza di argille limose grigie e limi
S2	8	24,00-24,45	14-19-21	Punta aperta	Sabbie fini con rari ciottoli

S2	9	25,50-25,95	9-11-11	Punta aperta	Sabbie fini con rari ciottoli
S2	10	27,00-27,45	30-30-20	Punta aperta	Ciottoli in matrice sabbiosa con livelli limo-argillosi centimetrici
S2	11	27,50-27,95	14-32-32	Punta aperta	Ciottoli in matrice sabbiosa con livelli limo-argillosi centimetrici
S2	12	30,50-30,95	9-9-12	Punta aperta	Argille limose ocra/verdastre
S2	13	34,70-35,15	11-14-15	Punta aperta	Argille limose ocra
S2	14	40,00-40,45	9-11-11	Punta aperta	Limi argillosi ocra con calcinelli

**TABELLA N. 4.4 - PRELIEVO CAMPIONI**

<i>Sondaggio (n°)</i>	<i>Campione (n°)</i>	<i>Profondità campione (m-m)</i>	<i>Tipo campione</i>	<i>Note su dati stratigrafici di campagna</i>
S1	1	4,60-5,30	Shelby	Limi con umidità naturale passanti a sabbie fini ocra nella parte inferiore
S1	2	7,50-8,20	Osterberg	Argille grigie
S1	3	12,00-12,70	Osterberg	Argille ocra limose zonate azzurro
S1	4	15,50-16,20	Osterberg	Argille ocra
S1	5	23,00-23,70	Osterberg	Argille limose con livelli limosi grigi
S1	6	30,00-30,70	Osterberg	Limi sabbiosi grigi
S2	1	7,50-8,20	Osterberg	Argille limose grigio scure, plastiche
S2	2	14,50-15,00	Shelby	Argille limose ocra con calcinelli e piccoli livelli limosi zonati azzurro
S2	3	18,00-18,70	Osterberg	Limi sabbiosi azzurri con livelli argilloso-limosi
S2	4	30,00-30,50	Shelby	Argille limose ocra/verdastre
S2	5	34,00-34,70	Osterberg	Argille limose ocra
S2	6	38,60-39,30	Osterberg	Limi argillosi ocra con calcinelli

#### **4.2.2. Dati forniti dalle penetrometrie**

Le prove penetrometriche statiche con piezocono o con cono sismico, eseguite nella zona in esame, si sono arrestate, a seconda delle posizioni, a profondità variabili tra 20,00 e 28,00 metri sotto il piano di campagna. I dati forniti da queste prove, elaborati con le metodologie geotecniche come indicato nella relativa documentazione allegata (elaborati B2.4 e B2.5), hanno sostanzialmente confermato la situazione evidenziata dai sondaggi.

Queste prove hanno, in particolare, rivelato quanto indicato nei seguenti paragrafi.

##### **4.2.2.1 La serie dei terreni in corrispondenza del nuovo ponte**

Nella tabella n. 4.5 sono sinteticamente compendiate le conoscenze sul sottosuolo acquisite con l'attuazione delle prove penetrometriche statiche (CPTU/SCPTU) realizzate nell'area interessata dalla realizzazione del nuovo ponte.

TABELLA N. 4.5 - STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO IN ESAME FORNITA DALLE CPTU/SCPTU

<b>Profondità (m)</b>	<b>Unità litostratigrafica</b>	<b>Descrizione sintetica del terreno</b>
0,0 - 6,42/7,47	A	Limo argilloso sabbioso da compatto a duro con livelli di sabbia (argine fluviale e terreno interessato da cicli di essiccamento-imbibizione)
6,42/7,47 - 8,03/10,90	B	Argilla limosa e/o limo argilloso da molli a mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia (B': lente di Argilla grigia evidenziata dai sondaggi a carotaggio continuo)
8,03/10,90 - 16,40/19,36	C	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo
16,40/19,36 - 22,69/25,67	D	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia
22,69/24,68 - 23,88/28,39	D'	Livelli alternati di limo sabbioso, sabbia limosa e argilla mediamente consistente (solo CPTU 2_P)
23,87/25,67 - 25,40/26,88	E	Ghiaia sabbiosa e/o sabbia ghiaiosa

La tabella n. 4.6 che segue riporta i limiti delle unità litostratigrafiche individuati in ciascuna prova penetrometrica (CPTU/SCPTU) eseguita.

TABELLA N. 4.6 - LIMITI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE INDIVIDUATE DALLE CPTU/SCPTU

Prove in sito	<b>Unità litostratigrafica</b>											
	A		B		C		D		D'		E	
	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto
SCPTU 1_P	0	6,90	6,90	10,90	10,90	18,96	18,96	25,67	-	-	25,67	-
SCPTU 2_P	0	6,42	6,42	8,55	8,55	17,20	17,20	23,87	-	-	23,87	-
CPTU 1_P	0	7,15	7,15	8,03	8,03	16,40	16,40	23,88	-	-		
CPTU 2_P	0	7,47	7,47	10,40	10,40	19,36	19,36	24,68	24,68	28,39*	-	-

\*profondità rifiuto strumentale

La tabella n. 4.7 offre un quadro sintetico dei parametri geotecnici caratteristici ricavati, come media, dall'insieme dei dati nominali forniti dalle prove penetrometriche (CPTU/SCPTU) disponibili sul terreno in esame.

TABELLA N. 4.7 - PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEI TERRENI ESPLORATI DALLE CPTU/SCPTU

<b>Profondità (m)</b>	<b>Unità litostratigrafica</b>	<b><math>\gamma</math> (t/mc)</b>	<b><math>C_u</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>C'</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\Phi'</math> (°)</b>	<b><math>M_v</math> (cm<sup>2</sup>/kg)</b>
0,0 - 6,42/7,47	A	1,85	1,80	0,18	23	0,0082
6,42/7,47 - 8,03/10,90	B	1,85	0,70	0,07	25	0,0155
8,03/10,90 - 16,40/19,36	C	1,85	1,39	0,14	25	0,0098
16,40/19,36 - 22,69/25,67	D	1,85	0,92	0,09	25	0,0103
22,69/24,68 - 23,88/28,39	D'	1,90	1,00	0,10	26	0,0115
23,87/25,67 - 25,40/26,88	E	2,20	-	-	38	0,0040

#### 4.2.2.2 La serie dei terreni in corrispondenza del nuovo tracciato stradale e rotatorie

Nella tabella n. 4.8 sono sinteticamente compendiate le conoscenze sul sottosuolo acquisite con l'attuazione delle prove penetrometriche statiche (CPTU/SCPTU) realizzate nell'area in esame.

TABELLA N. 4.8 - STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO IN ESAME FORNITA DALLE CPTU/SCPTU

<b>Profondità (m)</b>	<b>Unità litostratigrafica</b>	<b>Descrizione sintetica del terreno</b>
0,00 - 2,66/4,77	A	Limo argilloso sabbioso da compatto a duro con livelli di sabbia (terreno interessato da cicli di essiccamento-imbibizione)
2,66/4,77 - 6,20/7,70	B	Argilla limosa e/o limo argilloso da molli a mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia
6,20/7,70 - 14,35/17,62	C	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo
14,35/17,62 - 19,91/22,47	D	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia
22,47 - 24,31	E	Ghiaia sabbiosa e/o sabbia ghiaiosa

La tabella n. 4.9 riporta i limiti delle unità litostratigrafiche individuati in ciascuna prova penetrometrica (CPTU/SCPTU) eseguita.

TABELLA N. 4.9 - LIMITI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE INDIVIDUATE DALLE CPTU/SCPTU

Prove in sito	<b>Unità litostratigrafica</b>									
	A		B		C		D		E	
	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto
SCPTU1_V	0	4,77	4,77	6,20	6,20	14,59	14,59	19,93*	-	-
SCPTU2_V	0	4,41	4,41	6,80	6,80	14,35	14,35	19,91*	-	-
SCPTU3_V	0	4,14	4,14	6,79	6,79	15,84	15,84	22,47	22,47	24,31*
CPTU1_V	0	2,75	2,75	6,32	6,32	14,35	14,35	19,97*	-	-
CPTU2_V	0	3,48	3,48	6,66	6,66	14,75	14,75	20,02*	-	-
CPTU3_V	0	4,50	4,50	7,70	7,70	14,94	14,94	19,96*	-	-
CPTU4_V	0	4,41	4,41	6,49	6,49	14,97	14,97	19,93*	-	-
CPTU5_V	0	4,57	4,57	7,00	7,00	15,55	15,55	20,01*	-	-
CPTU6_V	0	2,66	2,66	6,87	6,87	17,62	17,62	19,93*	-	-

\* profondità rifiuto strumentale

La tabella n. 4.10 offre un quadro sintetico dei parametri geotecnici caratteristici ricavati, come media, dall'insieme dei dati nominali forniti dalle prove penetrometriche (CPTU/SCPTU) disponibili sul terreno in esame.

TABELLA N. 4.10 - PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEI TERRENI ESPLORATI DALLE CPTU/SCPTU

<b>Profondità (m)</b>	<b>Unità litostratigrafica</b>	<b><math>\gamma</math> (t/mc)</b>	<b>Cu (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>C' (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\Phi'</math> (°)</b>	<b>Mv (cm<sup>3</sup>/kg)</b>
0,00 - 2,66/4,77	A	1,85	1,28	0,13	23	0,0197
2,66/4,77 - 6,20/7,70	B	1,85	0,57	0,06	25	0,0173
6,20/7,70 - 14,35/17,62	C	1,85	1,32	0,13	25	0,0087
14,35/17,62 - 19,91/22,47	D	1,85	1,05	0,10	25	0,0099
22,47 - 24,31	E	2,20	-	-	38	0,0040

#### 4.2.3. Dati forniti dalle prove in laboratorio

Le prove in laboratorio, stabilite in accordo col progettista strutturale e geotecnico, hanno interessato 12 campioni indisturbati, di cui 6 prelevati nel sondaggio S1 e 6 nel sondaggio S2, alle profondità indicate nelle stratigrafie allegate (elaborato B2.6), e nella tabella n. 4.4. Su ciascuno di essi sono state determinate le proprietà indice [contenuto in acqua, peso di volume, peso specifico, analisi granulometrica combinata (per vagliatura e sedimentazione), classificazione delle terre]. Sono state inoltre eseguite prove di taglio diretto (CD), prove di espansione laterale libera (ELL), prove edometriche e triassiali.



La tabella n. 4.11 riassume le determinazioni di laboratorio eseguite sui singoli campioni.

**TABELLA N. 4.11 - RIEPILOGO PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI INDISTURBATI**

Sondaggio (n°)	Campione (n°)	Profondità campione (m)	Apertura, descrizione, prove speditive, foto	Analisi granulometrica per setacciatura	Limiti di Atterberg	Classifica USCS	Peso di volume naturale	Umidità Naturale	Espansione Laterale Libera	Prova di Taglio Diretto	Prova Edometrica con determinazione di kv, cv, c <sub>α</sub>	Prova Triassiale TxCIU	Prova Triassiale TxUU
S1	1	4,60-5,30	X	X	X	X	X	X		X			
S1	2	7,50-8,20	X	X	X	X	X	X		X	X <sup>(*)</sup>		
S1	3	12,00-12,70	X	X	X	X	X	X	X				
S1	4	15,50-16,20	X	X	X	X	X	X					X
S1	5	23,00-23,70	X	X	X	X	X	X			X <sup>(*)</sup>	X	
S1	6	30,00-30,70	X	X	X	X	X	X		X			
S2	1	7,50-8,20	X	X	X	X	X	X	X				
S2	2	14,50-15,00	X	X	X	X	X	X			X <sup>(*)</sup>		
S2	3	18,00-18,70	X	X	X	X	X	X		X			
S2	4	30,00-30,50	X	X	X	X	X	X					X
S2	5	34,00-34,70	X	X	X	X	X	X	X				
S2	6	38,60-39,30	X	X	X	X	X	X	X				

**X<sup>(\*)</sup> Assunzione eventualmente da condividere con il progettista dei rilevati**

Inoltre sono state eseguite prove di laboratorio sui campioni prelevati durante esecuzione prove S.P.T.

Le determinazioni di laboratorio eseguite sono riepilogate nella seguente tabella n. 4.12.

**TABELLA N. 4.12 - RIEPILOGO PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI S.P.T.**

Sondaggio (n°)	Campione SPT (n°)	Profondità campione (m)	Apertura, descrizione, prove speditive, foto	Analisi granulometrica per setacciatura	Limiti di Atterberg	Classifica USCS
S1	1	3,00-3,45	X	X	X	X
S1	2	6,00-6,45	X	X	X	X
S1	3	8,20-8,65	X	X	X	X
S1	4	12,70-13,15	X	X	X	X
S1	5	16,20-16,65	X	X	X	X

SP 27Bis "BRALDO" AL KM 2+350. INTERVENTO DI DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DEL VIADOTTO SUL FIUME MONTONE E VARIANTE AL TRACCIATO STRADALE.  
Relazione Geologica

Sondaggio (n°)	Campione SPT (n°)	Profondità campione (m)	Apertura, descrizione, prove speditive, foto	Analisi granulometrica per setacciatura	Limiti di Atterberg	Classifica USCS
S1	6	18,00-18,45	X	X	X	X
S1	7	23,70-24,15	X	X	X	X
S1	8	27,00-27,45	X	X	X	X
S1	9	30,70-31,15	X	X	X	X
S1	10	34,00-34,45	X	X	X	X
S1	11	37,00-37,45	X	X	X	X
S2	1	3,00-3,45	X	X	X	X
S2	2	6,00-6,45	X	X	X	X
S2	3	9,00-9,45	X	X	X	X
S2	4	12,00-12,45	X	X	X	X
S2	5	15,00-15,45	X	X	X	X
S2	6	18,70-19,15	X	X	X	X
S2	7	21,00-21,45	X	X	X	X
S2	8	24,00-24,45	X	X	X	X
S2	9	25,50-25,95	X	X	X	X
S2	10	27,00-27,45	X	X	X	X
S2	11	27,50-27,95	X	X	X	X
S2	12	30,50-30,95	X	X	X	X
S2	13	34,70-35,15	X	X	X	X
S2	14	40,00-40,45	X	X	X	X

Infine sono state eseguite prove di laboratorio su terreni prelevati in corrispondenza delle due rotatorie, del viadotto e della variante del tracciato stradale al fine di caratterizzare i materiali di scavo conformemente alle indicazioni delle Normative Vigenti. Dai certificati si desume la conformità ai limiti di accettabilità prevista dal D.L. n° 152 del 03/04/2006 titolo V, All. 5, Tab 1A e Tab. 1B.

I dati forniti dalle prove in laboratorio sui campioni esaminati sono riportati nei certificati allegati (Elaborato B2.6).

#### **4.2.4. Stratigrafia del terreno considerato**

La tabella n. 4.13 offre un quadro sintetico della stratigrafia del sottosuolo in corrispondenza delle sponde del nuovo ponte.

**TABELLA N. 4.13 - STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO IN CORRISPONDENZA DELLE SPENDE DEL NUOVO PONTE**

<i>Profondità (m)</i>	<i>Unità litostratigrafica</i>	<i>Descrizione sintetica del terreno</i>
0,0 - 2,75/7,47	A	Limo argilloso sabbioso da compatto a duro con livelli di sabbia (argine fluviale e terreno interessato da cicli di essiccamento-imbibizione)
2,75-7,47 - 6,63/10,90	B	Argilla limosa e/o limo argilloso da molli a mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia
4,62/7,50 - 5,32/8,70	B'	Argilla grigia in lente
6,63/10,90 - 14,77/19,36	C	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo
14,77/19,36 - 21,35/28,39	D	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia
21,35/28,39 - 25,40/29,50	E	Ghiaia sabbiosa e/o sabbia ghiaiosa
25,40/29,50 - 27,32/31,20	F	Argilla limosa e/o limo argilloso
27,32/31,20 - 31,20/33,00	G	Limo sabbioso
31,20/33,00 - 33,00/33,30	H	Limo grigio
33,00/33,30 - 40*	I	Argilla

\* fine perforazione sondaggio

Le tabelle n. 4.14 riportano i limiti delle unità litostratigrafiche individuati in ciascuna prova in sito eseguita.

**TABELLA N. 4.14A - LIMITI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE RILEVATE CON I SONDAGGI**

Prove in sito	<b>Unità litostratigrafica</b>											
	A		B		B'		C		D		E	
	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto
S1 (m)	0	3,12	3,12	6,63	4,62	5,32	6,63	14,77	14,77	21,35	21,35	25,92
S2 (m)	0	7,00	7,00	9,50	7,50	8,70	9,50	17,65	17,65	24,23	24,23	29,50

Prove in sito	<b>Unità litostratigrafica</b>							
	F		G		H		I	
	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto
S1 (m)	25,92	27,32	27,32	29,19	29,19	30,00	30,00	40*
S2 (m)	29,50	31,20	31,20	33,00	33,00	33,30	33,30	40*

\*Profondità fine perforazione

**TABELLA N. 4.14B - LIMITI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE RILEVATE CON LE CPTU**

Prove in sito	<b>Unità litostratigrafica</b>											
	A		B		C		D		D'		E	
	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto
SCPTU 1_P	0	6,90	6,90	10,90	10,90	18,96	18,96	25,67	-	-	25,67	-
SCPTU 2_P	0	6,42	6,42	8,55	8,55	17,20	17,20	23,87	-	-	23,87	-
CPTU 1_P	0	7,15	7,15	8,03	8,03	16,40	16,40	23,88	-	-		
CPTU 2_P	0	7,47	7,47	10,40	10,40	19,36	19,36	24,68	24,68	28,39*	-	-

\*profondità rifiuto strumentale

### **4.3. STRATIGRAFIA IN CORRISPONDENZA NUOVO TRACCIATO STRADALE E NUOVA ROTATORIA (PODERE COCCOLINA)**

#### **4.3.1. Stato di fatto**

La tabella n. 4.15 offre un quadro sintetico della stratigrafia del sottosuolo in corrispondenza del nuovo tracciato stradale a sud del Montone.

Nel definire la situazione del sottosuolo in esame sono stati considerati gli elementi acquisiti con l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche con piezocono o con cono sismico, effettuate nella zona in esame.

L'ubicazione di queste prove è precisata nell'apposito elaborato allegato (elaborato B2.3). I dati di base, i grafici e le interpretazioni delle prove in sito e in

laboratorio sono raccolti negli elaborati B2.4 e B2.5 allegati.

TABELLA N. 4.15 - STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO IN CORRISPONDENZA DEL NUOVO TRACCIATO

Profondità (m)	Unità litostratigrafica	Descrizione sintetica del terreno
0,0 - 2,75/4,77	A	Limo argilloso sabbioso da compatto a duro con livelli di sabbia (terreno interessato da cicli di essiccamento-imbibizione)
2,75/4,77 - 6,20/7,70	B	Argilla limosa e/o limo argilloso da molli a mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia
6,20/7,70 - 14,35/14,94	C	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo
14,35/14,94 - 19,91/20,02*	D	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia

\* profondità rifiuto strumentale

La tabella n. 4.16 riporta i limiti delle unità litostratigrafiche individuati in ciascuna prova in sito eseguita.

TABELLA N. 4.16 - LIMITI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE

Prove in sito	Unità litostratigrafica									
	A		B		C		D		E	
	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto
CPTU 1 - V	0	2,75	2,75	6,32	6,32	14,35	14,35	19,97*	--	--
CPTU 2 - V	0	3,48	3,48	6,66	6,66	14,75	14,75	20,02*	--	--
SCPTU 1 - V	0	4,77	4,77	6,20	6,20	14,59	14,59	19,93*	--	--
SCPTU 2 - V	0	4,41	4,41	6,80	6,80	14,35	14,35	19,91*	--	--
CPTU 3 - V	0	4,50	4,50	7,70	7,70	14,94	14,94	19,96*	--	--

\*profondità rifiuto strumentale

#### 4.4. STRATIGRAFIA IN CORRISPONDENZA NEI MARGINI DEL TRACCIATO STRADALE NELLA ZONA DI C. SINTONI

##### 4.4.1. Stato di fatto

La tabella n. 4.17 offre un quadro sintetico della stratigrafia del sottosuolo in corrispondenza nei margini del tracciato stradale nella zona di C. Sintoni.

Nel definire la situazione del sottosuolo in esame sono stati considerati gli elementi acquisiti con l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche con piezocono, realizzate nella zona in esame.

L'ubicazione di queste prove è precisata nell'apposito elaborato allegato (elaborato B2.3). I dati di base, i grafici e le interpretazioni delle prove in sito e in laboratorio sono raccolti negli elaborati B2.4 e B2.5 allegati.

TABELLA N. 4.17 - STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO IN CORRISPONDENZA DI C. SINTONI

Profondità (m)	Unità litostratigrafica	Descrizione sintetica del terreno
0,0 - 4,41/4,57	A	Limo argilloso sabbioso da compatto a duro con livelli di sabbia (terreno interessato da cicli di essiccamento-imbibizione)
4,41/4,57 - 6,49/7,00	B	Argilla limosa e/o limo argilloso da molli a mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia
6,49/7,00 - 14,97/15,55	C	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo
14,97/15,55 - 19,93/20,01	D*	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia

\*profondità rifiuto strumentale

La tabella n. 4.18 riporta i limiti delle unità litostratigrafiche individuati in ciascuna prova in sito eseguita.

TABELLA N. 4.18 - LIMITI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE

Prove in sito	<b>Unità litostratigrafica</b>									
	A		B		C		D		E	
	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto
CPTU 4 - V	0	4,41	4,41	6,49	6,49	14,97	14,97	19,93*		
CPTU 5 - V	0	4,57	4,57	7,00	7,00	15,55	15,55	20,01*		

\*profondità rifiuto strumentale

## 4.5. STRATIGRAFIA IN CORRISPONDENZA DELLA NUOVA ROTATORIA (VIA LUGHESE)

### 4.5.1. Stato di fatto

La tabella n. 4.19 offre un quadro sintetico della stratigrafia del sottosuolo in corrispondenza della nuova rotonda in progetto.

Nel definire la situazione del sottosuolo in esame sono stati considerati gli elementi acquisiti con l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche con piezocono e con cono sismico, realizzate nella zona considerata.

L'ubicazione di queste prove è precisata nell'apposito elaborato allegato (elaborato B2.3). I dati di base, i grafici e le interpretazioni delle prove in sito e in laboratorio sono raccolti negli elaborati B2.4 e B2.5 allegati.

TABELLA N. 4.19 - STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO IN CORRISPONDENZA DELLA NUOVA ROTONDA

<i>Profondità (m)</i>	<i>Unità litostratigrafica</i>	<i>Descrizione sintetica del terreno</i>
0,0 - 2,66/4,14	A	Limo argilloso sabbioso da compatto a duro con livelli di sabbia (terreno interessato da cicli di essiccamento-imbibizione)
2,66/4,14 - 6,79/6,87	B	Argilla limosa e/o limo argilloso da molli a mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia
6,79/6,87 - 15,84/17,62	C	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo
15,84/17,62 - 19,93/22,47	D	Argilla limosa e/o limo argilloso mediamente consistenti con livelli di limo e sabbia
19,93/22,47 - 24,31	E*	Ghiaia sabbiosa e/o sabbia ghiaiosa

\*profondità rifiuto strumentale

La tabella n. 4.20 riporta i limiti delle unità litostratigrafiche individuati in ciascuna prova in sito eseguita.

TABELLA N. 4.20 - LIMITI DELLE UNITÀ LITOSTRATIGRAFICHE

Prove in sito	<b>Unità litostratigrafica</b>									
	A		B		C		D		E	
	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto	Tetto	Letto
SCPTU 3 - V	0	4,14	4,14	6,79	6,79	15,84	15,84	22,47	22,47	24,31*
CPTU 6 - V	0	2,66	2,66	6,87	6,87	17,62	17,62	19,93*	--	--

\*profondità rifiuto strumentale

## 4.6. SEZIONI GEOLOGICHE

Le quattro sezioni geologiche in scala 1:200 (elaborato B2.9) mostrano la situazione e l'andamento locale dei terreni, ricostruito utilizzando ed elaborando l'insieme dei dati disponibili.

## 5. ACQUE SOTTERRANEE

### 5.1. L'ACQUIFERO SOTTERRANEO DELLA PIANURA REGIONALE

Gli studi geologici ed idrogeologici<sup>5</sup>, portati avanti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, hanno inquadrato la situazione dell'acquifero sotterraneo della pianura regionale come schematizzato nella figura n. 5.1.

UNITA' STRATIGRAFICHE		SEQUENZE DEPOSIZIONALI	ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE			
					GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	SISTEMA ACQUIFERO	
SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	Qc	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE	A	A1		
						A2		
						A3		
						A4		
	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	Qc <sub>1</sub>	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO	B	B1		
						B2		
						B3		
						B4		
SABBIE DI IMOLA		Qm	~0.65		C	C1		
						C2		
GRUPPO DEL SANTERNO	Qm <sub>3''</sub>		~0.8				C3	
	Qm <sub>3'</sub>		~1.0			PLEISTOCENE INFERIORE		C4
	Qm <sub>2</sub>	~2.2	PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE		C5			
	Qm <sub>1</sub>	~3.3-3.6						
P2			~3.9	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	ACQUITARDO BASALE			

Superficie di discontinuità principale

Superficie di discontinuità minore

Figura n. 5.1 - Schema dell'acquifero della pianura regionale.

Dal punto di vista idrogeologico, nei depositi della pianura regionale, sono state pertanto distinte tre Unità Idrostratigrafiche fondamentali (Gruppi Acquiferi A, B e C), di cui le prime due riferite al Supersistema Emiliano-Romagnolo, costituito fondamentalmente da depositi alluvionali e in minima parte da sedimenti marini marginali. In particolare il Gruppo Acquifero A concerne il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), mentre quello B riguarda invece il Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI). Il più antico Gruppo Acquifero C, interessa invece

<sup>5</sup> Si veda, in proposito, il volume *Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna*, pubblicato in collaborazione ad ENI-AGIP nel 1998.



depositi costieri e marini marginali caratterizzati da sabbie alternate a sedimenti più fini. In prossimità dei principali sbocchi vallivi ricadono in quest'ultimo Gruppo anche le ghiaie intercalate alle sabbie dei delta conoidi dei fiumi appenninici risalenti al Pleistocene inferiore e medio.

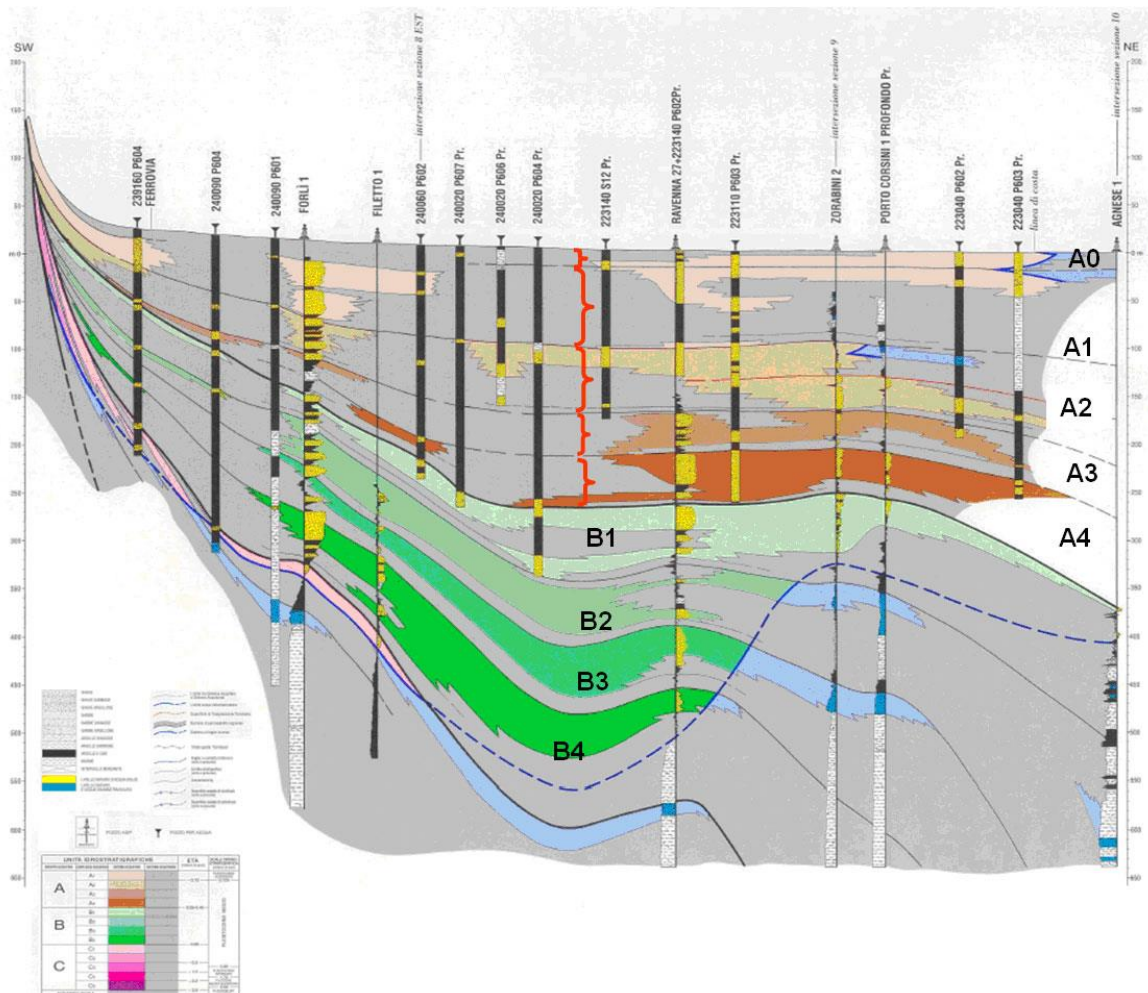


Figura n. 5.2 - Unità Idrostratigrafiche.

Come si può osservare anche nella figura n. 5.2, ciascuna di queste tre Unità Idrostratigrafiche fondamentali è costituita da più sequenze deposizionali coeve, le cui litologie corrispondono anche a sintemi e ambienti deposizionali diversi, separate l'un l'altra da superfici di discontinuità, contraddistinte dalla presenza di un livello scarsamente permeabile continuo, che funge da acquicludo. Ciascuno di questi Complessi Acquiferi è indicato con la lettera maiuscola del relativo Gruppo Acquifero seguito da un numero progressivo.

## 5.2. CORPI IDRICI SOTTERRANEI DELLA PIANURA REGIONALE

Nell'ambito delle attività di adeguamento del monitoraggio ambientale delle acque sotterranee dell'Emilia-Romagna in ottemperanza alle Direttive 2000/60/CE e 2006/118/CE, è stato provveduto all'individuazione dei corpi idrici sotterranei, valutando più approfonditamente la geologia e gli impatti antropici sulla qualità delle acque sotterranee, aggiornando in questo modo quanto contenuto nel Piano di

Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna approvato nel 2005.

Le attività finalizzate all'identificazione e delimitazione dei corpi idrici sotterranei, sia di pianura che montani nell'ambito del territorio della Regione Emilia-Romagna, sono state effettuate e formalizzate dalla Regione con Delibera di Giunta n. 350 del 08 febbraio 2010. Al termine di tale lavoro i corpi idrici individuati in pianura sono risultati complessivamente 96.

Ai sensi delle Direttive EU ( Quadro Acque 2000/60) si intende per «corpo idrico sotterraneo»: *“un volume distinto di acque sotterranee contenute da una o più falde acquifere. il corpo idrico sotterraneo è l'unità di gestione di riferimento per le acque sotterranee, definito nelle 3 dimensioni spaziali sulla base di criteri geologici ed idrogeologici, e considerando le pressioni antropiche a cui può essere sottoposto”*.

Nell'Allegato 1 del D. Lgs. 30/09 è previsto che, per l'individuazione dei corpi idrici sotterranei, si debbano in successione individuare:

- i complessi idrogeologici;
- i subcomplessi;
- le tipologie di acquifero;
- l'acquifero;
- il corpo idrico.

Per complesso idrogeologico si intende, in particolare, l'insieme di uno o più termini litologici aventi caratteristiche idrogeologiche simili (assetto idrogeologico, permeabilità, porosità, capacità di infiltrazione, vulnerabilità, facies idrochimiche). Al suo interno possono essere distinti dei sub-complessi. La definizione dei complessi idrogeologici è effettuata a scala regionale/nazionale.

All'interno dell'ambito regionale sono stati individuati e cartografati tre complessi idrogeologici nel Gruppo Acquifero A, denominati:

- conoidi alluvionali appenniniche;
- pianura alluvionale appenninica;
- pianura alluvionale e deltizia padana.

Individuati i complessi idrogeologici, vanno identificati, con indagini specifiche, gli acquiferi in essi contenuti.

Una volta individuati gli acquiferi, i corpi idrici vengono distinti sulla base di caratteristiche geologiche-idrogeologiche specifiche e sulla base dello stato della pressione antropica su ogni acquifero. Nel Piano di Tutela delle Acque (PTA) del 2005 della Regione Emilia-Romagna gli acquiferi sono stati fatti coincidere con i corpi idrici.

Dalla ricostruzione dei corpi idrici sotterranei, già inclusa nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Emilia-Romagna approvato nel 2005 (PTA), escludendo l'acquifero libero (A0), risulta che gran parte della pianura emiliano-romagnola è formata da un acquifero multifalda, in cui la porzione grossolana dei complessi acquiferi è sede di una falda confinata o semi confinata.

Ciascuno dei singoli acquiferi confinati (A1, A2, A3..), ai fini del monitoraggio, avrebbe dovuto essere considerato come un corpo idrico a se stante ma il costo dei controlli sarebbe stato troppo elevato. Per questo motivo sono stati effettuati due raggruppamenti sulla verticale: gli acquiferi A1 e A2 sono stati considerati come un unico acquifero confinato e tutti gli altri (A3, A4, B e C) come un secondo acquifero confinato.

I dati di monitoraggio disponibili indicano che, spesso, le diverse falde hanno

caratteristiche qualitative e quantitative diverse tra loro. Le falde più superficiali hanno tempi di ricarica più veloci e generalmente un impatto antropico maggiore sia in termini di sfruttamento della risorsa, sia di carico di inquinanti. Quest'ultimo aspetto si verifica soprattutto nelle zone di ricarica dell'acquifero principale o subito a valle delle stesse. Per quanto riguarda, invece, la ricostruzione delle pressioni sullo stato quantitativo, è stato tenuto conto della loro distribuzione anche lungo la verticale.

Riguardo ai complessi idrogeologici della piana alluvionale emerge che la pressione antropica è concentrata prevalentemente negli acquiferi più superficiali, individuati prevalentemente in A1 e A2. Tale pressione si attenua in quelli sottostanti. Alla luce di queste valutazioni, nell'individuare i corpi idrici sotterranei ai sensi delle citate direttive, è stato scelto di suddividere l'acquifero verticalmente, considerando una porzione superiore, data dall'insieme dei primi due complessi acquiferi (A1 ed A2 visibili nella figura n. 5.3), ed una inferiore, che raggruppa tutti gli altri complessi e gruppi acquiferi (A3, A4, gruppo Acquifero B e C indicati nella figura n. 5.3). Questa suddivisione verticale, oltre ad essere motivata da una diversa pressione antropica sulle due porzioni individuate, ha anche un preciso significato geologico. Le unità A1 ed A2 riflettono infatti l'evoluzione del sistema catena-pianura in modo differente rispetto alle unità sottostanti, specie per quel che riguarda gli aspetti paleogeografici. A loro volta le due distinte porzioni si articolano in diversi corpi idrici: conoidi alluvionali, pianura alluvionale appenninica e pianura alluvionale e deltizia padana. La porzione di acquifero libero delle conoidi alluvionali e le conoidi alluvionali antiche, incorporate nel sollevamento della catena (conoidi pedemontane o montane), associate alla Formazione delle Sabbie Gialle, costituiscono invece corpi idrici a se stanti come peraltro era già stato schematizzato nel P.T.A.

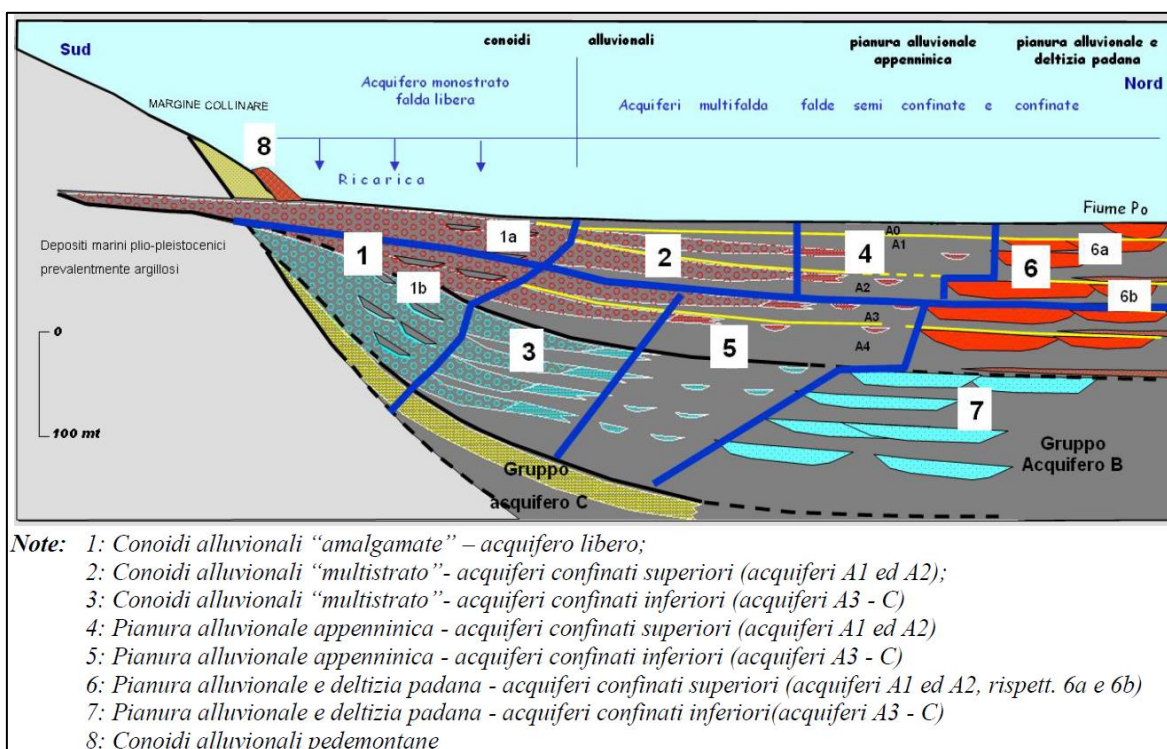


Figura n. 5.3 - Complessi idrogeologici e corpi idrici approvati dalla delibera n. 350/2010 Regione Emilia-Romagna.

### 5.3. SITUAZIONE LOCALE

Per quanto concerne la zona in esame, in merito al livello delle acque sotterranee freatiche, sono note le situazioni riscontrate nella primavera-estate 2016 (figura n. 5.4) e nell'autunno dello stesso anno (figura n. 5.5).

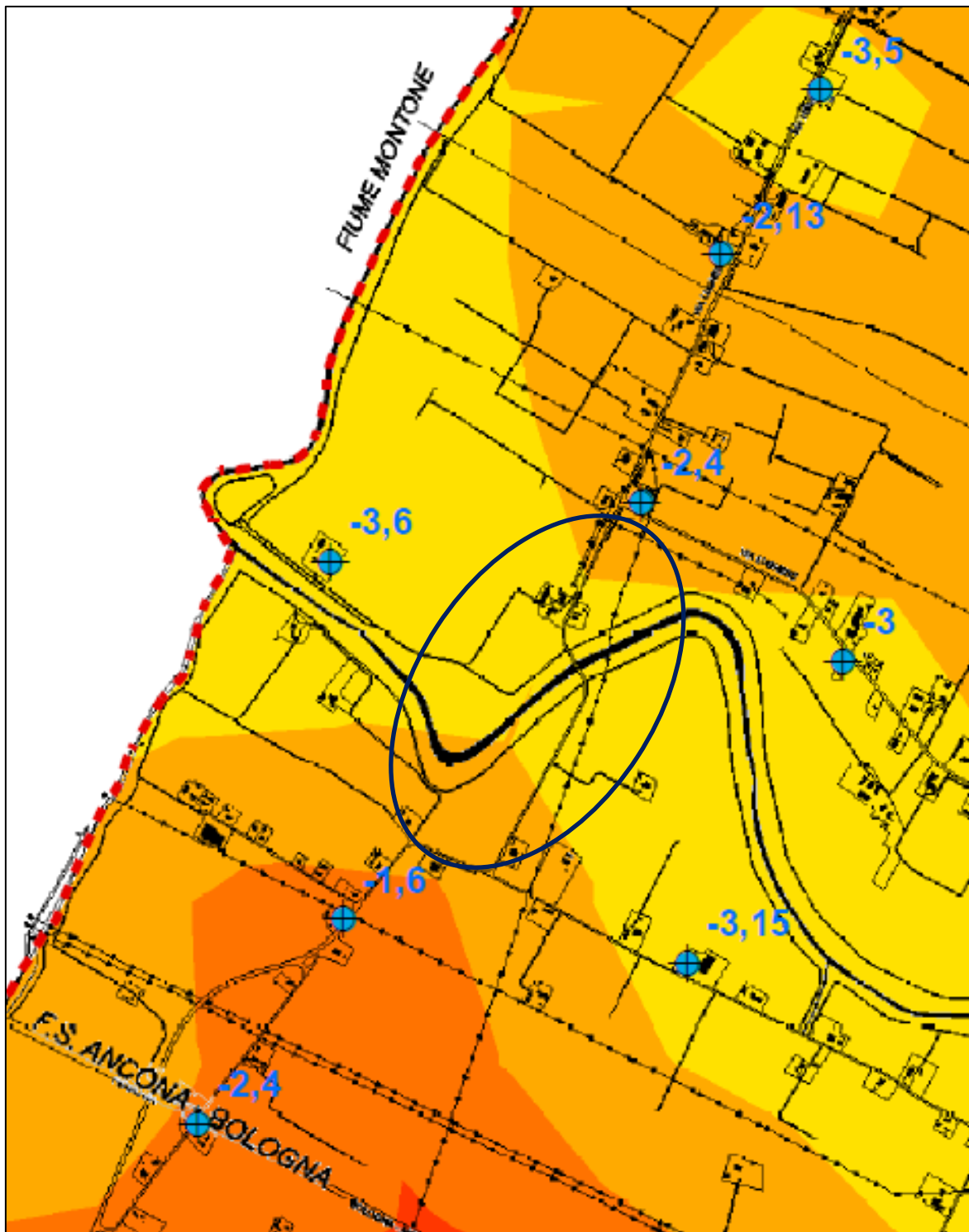


Figura n. 5.4 - Subgiacenza della falda superficiale nella primavera-estate 2016.



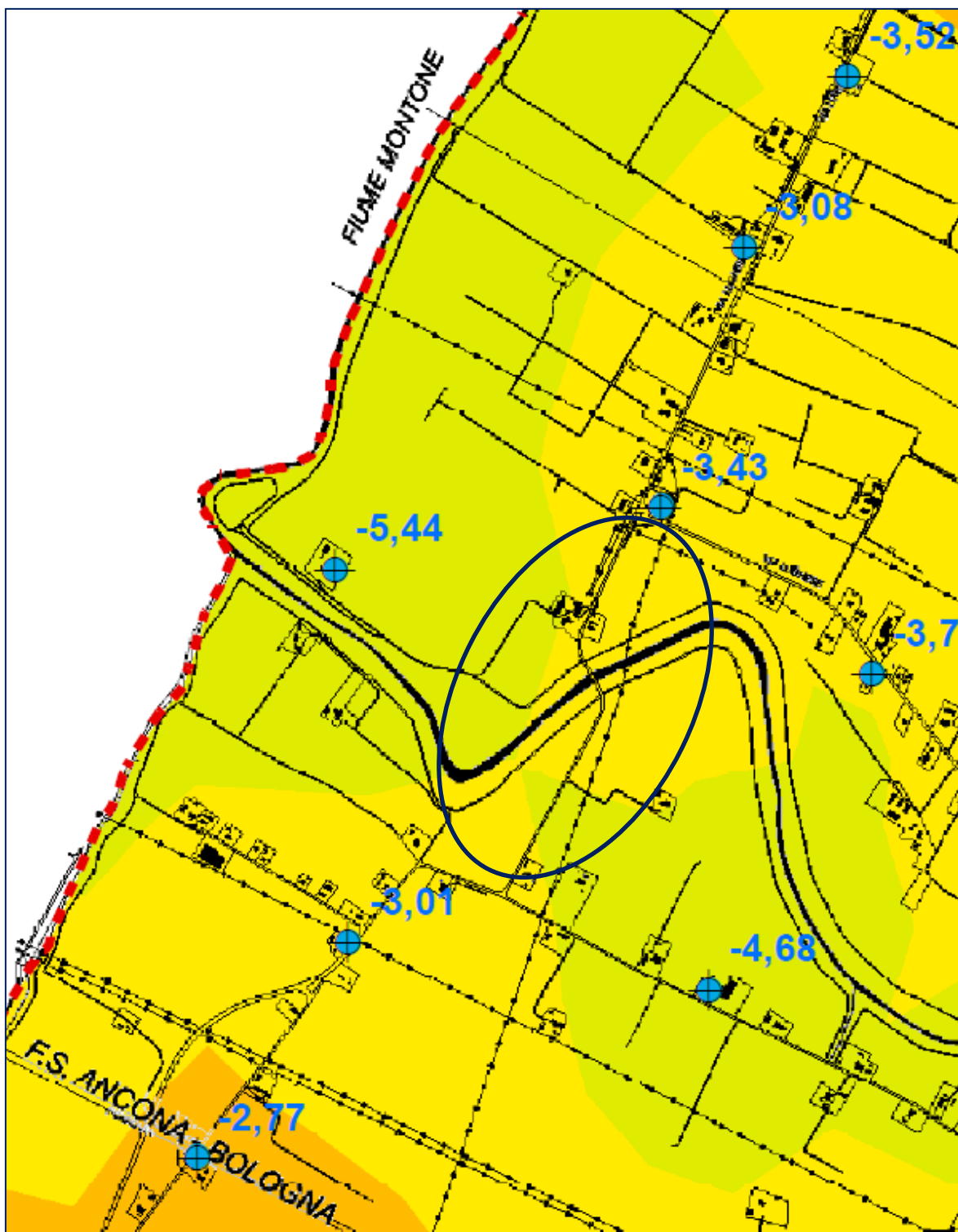


Figura n. 5.5 - Subgiacenza della falda superficiale nell'autunno 2016.

Sono inoltre disponibili i dati relativi al monitoraggio condotto dal 2017 al 2020 nelle stazioni dei corpi idrici sotterranei afferenti alla rete regionale per la qualità ambientale, ai sensi della DIR 2000/60/CE.

L'ubicazione delle stazioni della rete di monitoraggio considerate è indicata nella figura n. 5.6, mentre le misure, eseguite in ogni singola stazione, sono riportate

nelle tabelle n. 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4.

I dati sono espressi, in ogni tabella, sia come livello piezometrico, in metri sul livello medio del mare, sia come dato di soggiacenza ossia profondità della falda rispetto al piano campagna (sempre in metri).

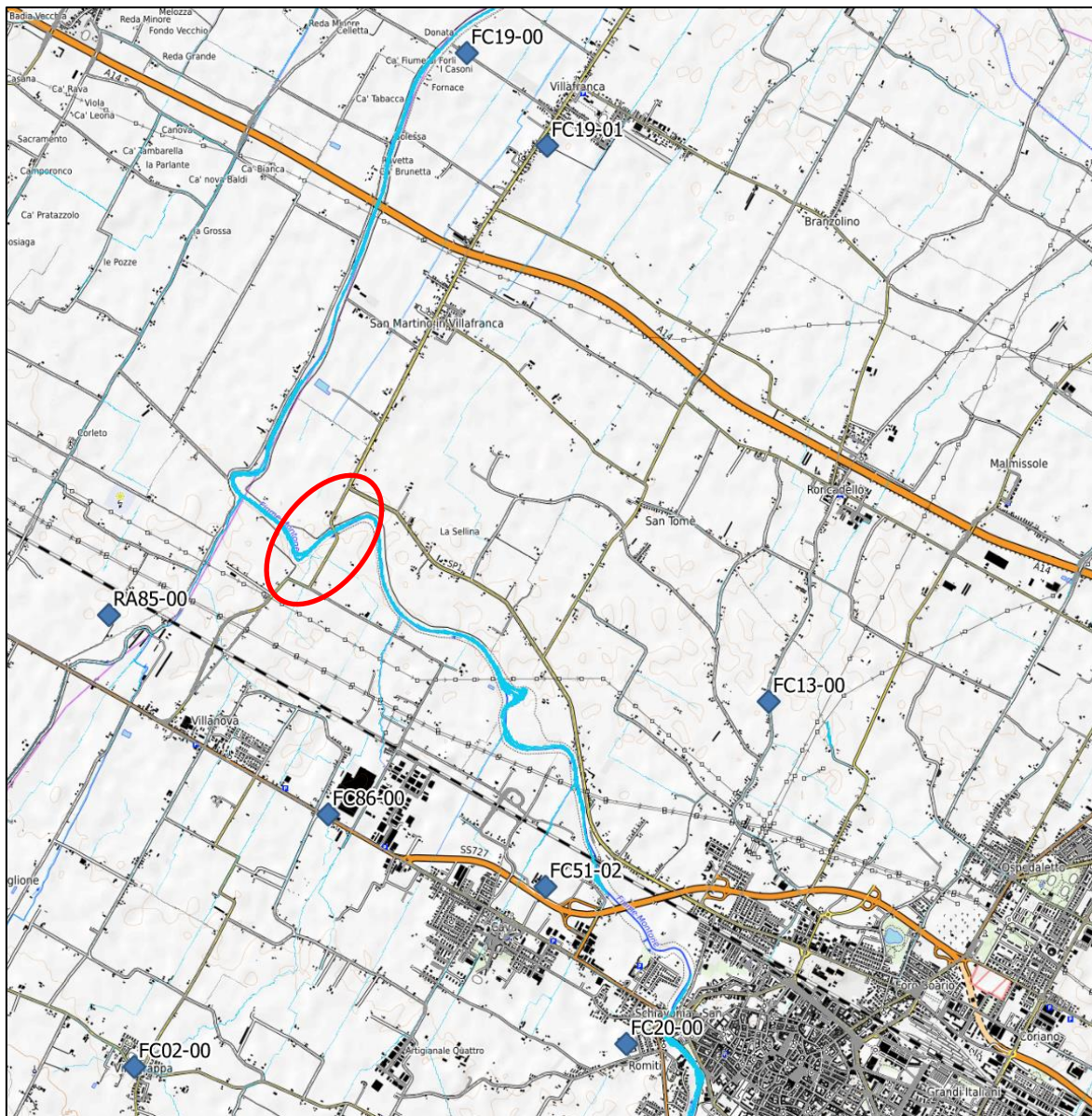


Figura n. 5.6 - Distribuzione delle stazioni di monitoraggio ambientale nel periodo 2015-2021. L'area in esame è indicata dal cerchio in rosso.



**TABELLA N. 5.1 - LIVELLI DELLA FALDA FREATICA INERENTE LA STAZIONE FC13-00**

<b>CODICE RER</b>	<b>DATA</b>	<b>PIEZOMETRIA (MSLM)</b>	<b>SOGGIACENZA (M DA P.C)</b>
FC13-00	30/03/2017	13.71	9.75
FC13-00	28/09/2017	7.56	15.9
FC13-00	16/03/2018	14.33	9.13
FC13-00	02/10/2018	10.23	13.23
FC13-00	04/04/2019	12.33	11.13
FC13-00	10/10/2019	11.93	11.53
FC13-00	29/09/2020	12.65	10.81

**TABELLA N. 5.2 - LIVELLI DELLA FALDA FREATICA INERENTE LA STAZIONE FC19-00**

<b>CODICE RER</b>	<b>DATA</b>	<b>PIEZOMETRIA (MSLM)</b>	<b>SOGGIACENZA (M DA P.C)</b>
FC19-00	28/03/2017	11.46	5.54
FC19-00	28/09/2017	10.31	6.69
FC19-00	13/04/2018	11.43	5.57
FC19-00	25/10/2018	11.13	5.87
FC19-00	15/04/2019	11.75	5.25
FC19-00	26/09/2019	11.23	5.77
FC19-00	29/09/2020	11.01	5.99

**TABELLA N. 5.3 - LIVELLI DELLA FALDA FREATICA INERENTE LA STAZIONE FC86-00**

<b>CODICE RER</b>	<b>DATA</b>	<b>PIEZOMETRIA (MSLM)</b>	<b>SOGGIACENZA (M DA P.C)</b>
FC86-00	13/04/2017	20.01	5.99
FC86-00	11/10/2017	16.01	9.99
FC86-00	17/04/2018	20.05	5.95
FC86-00	16/10/2018	19.95	6.05
FC86-00	29/09/2020	19.17	6.83

**TABELLA N. 5.4 - LIVELLI DELLA FALDA FREATICA INERENTE LA STAZIONE RA85-00**

<b>CODICE RER</b>	<b>DATA</b>	<b>PIEZOMETRIA (MSLM)</b>	<b>SOGGIACENZA (M DA P.C)</b>
RA85-00	03/05/2017	19.44	4.76
RA85-00	08/05/2018	19.05	5.15
RA85-00	29/10/2018	18.67	5.53
RA85-00	10/04/2019	20.06	4.14
RA85-00	23/10/2019	18.31	5.89
RA85-00	10/12/2020	19.47	4.73

Le informazioni raccolte, riportate nella figura n. 5.7, mostrano il confronto della soggiacenza della falda superficiale dal 2017-2020 per ogni stazione presa in esame.

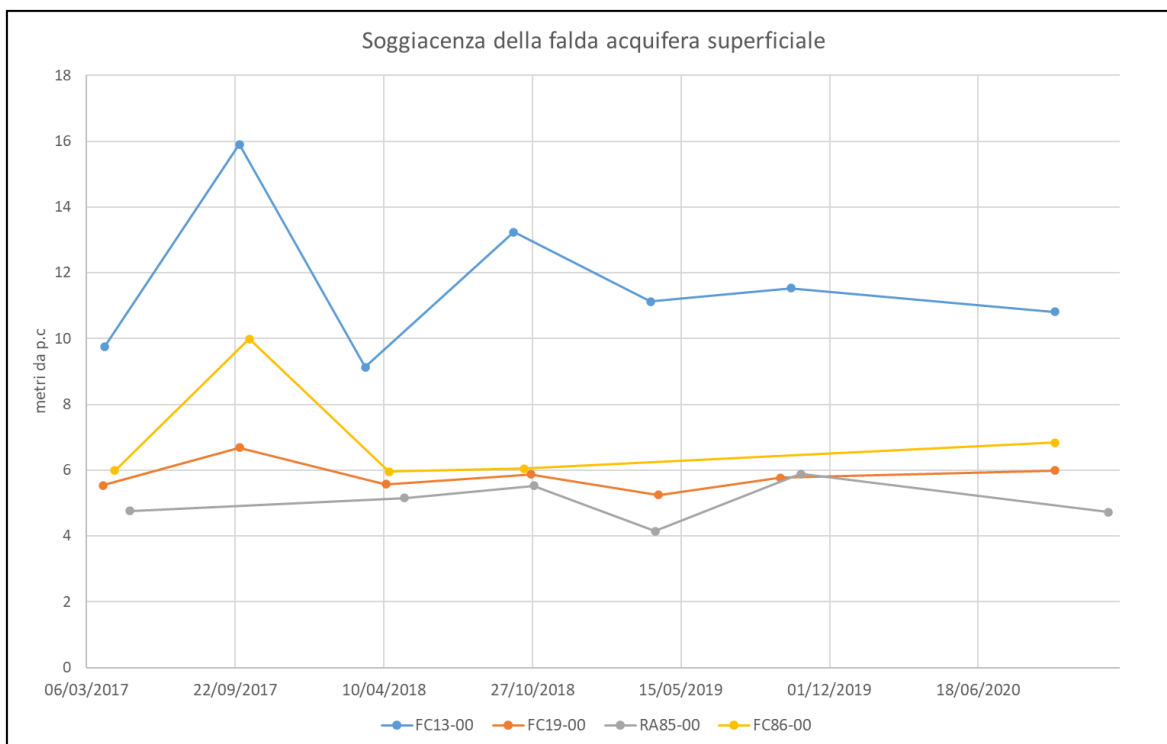


Figura n. 5.7 - Confronto della soggiacenza (espressa in metri dal piano campagna) per le stazioni prese in esame nel periodo 2017-2020.

Durante l'esecuzione delle prove in sito, nei fori dei sondaggi S1 e S2 sono stati posti in opera due piezometri tipo Norton. Nella tabella n. 5.5 sono riportati i dati acquisiti sulla profondità della falda rispetto al piano di campagna.

TABELLA N. 5.5 - LIVELLI DELLA FALDA FREATICA IN METRI SOTTO IL PIANO DI CAMPAGNA

PIEZOMETRO	DATA DELLA MISURA					
	26/11/2022 (m da p.c.)	06/12/2022 (m da p.c.)	15/12/2022 (m da p.c.)	09/01/2023 (m da p.c.)	30/01/2023 (m da p.c.)	07/02/2023 (m da p.c.)
S 1	/	-7,00	-6,52	-6,08	-5,85	-5,90
S 2	-7,20	-7,18	-7,00	-6,79	-6,67	-6,73

Va però tenuto presente che, in situazioni invernali o in seguito a prolungate precipitazioni, data la natura del terreno in esame, vi è la concreta possibilità che la falda freatica possa risalire, anche se temporaneamente.

Inoltre è stato verificato il livello dell'acqua presente nei due pozzi esistenti nella zona di C. Sintoni.

TABELLA N. 5.6 - LIVELLI POZZI IN METRI SOTTO IL PIANO DI CAMPAGNA

POZZO	15/12/2022 (m da p.c.)	30/01/2023 (m da p.c.)	07/02/2023 (m da p.c.)
1	-4,80	-4,58	-4,56
2	-5,03	-4,84	-4,83

## 6. ORIENTAMENTI TECNICI<sup>6</sup>

### 6.1. MODELLO GEOLOGICO ED IDONEITÀ DEL TERRENO

Gli elementi geologici, geotecnici ed idrogeologici acquisiti hanno consentito di definire le caratteristiche fondamentali (modello geologico) del terreno ove è previsto l'intervento di demolizione e ricostruzione del Viadotto sul fiume Montone e la variante del relativo tracciato stradale. Quanto esposto porta, in particolare, a ritenere che il terreno in esame sia adeguato all'attuazione di quanto previsto.

In base alla tipologia delle fondazioni, la capacità portante del terreno può essere determinata, alla profondità e secondo le caratteristiche prescelte, con le metodologie correnti ed impiegando prudenzialmente i parametri geotecnici desumibili dall'insieme delle prove eseguite.

### 6.2. COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO

In merito al coefficiente di reazione del sottofondo ( $K_{ps}$ ) del terreno in esame, può essere fatto riferimento allo studio teorico sperimentale di Terzaghi (1955) riferito alla piastra modello di 0,30 metri di lato.

Lo studio citato fornisce valori medi del coefficiente di reazione del sottofondo aderenti al comportamento effettivo del suolo, quindi possono essere assunti i relativi valori, riportati nella tabella n. 6.1.

TABELLA N. 6.1 - COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO SECONDO TERZAGHI

	$K_{ps} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$		
	<i>Sabbia sciolta</i>	<i>Sabbia media</i>	<i>Sabbia densa</i>
Sabbie asciutte o umide	1.3	4.1	16
Sabbie immerse in acqua	0.8	2.5	9.6
Resistenza alla compressione semplice in kg/cm <sup>2</sup>			
	$Q_u = 1-2 \text{ kg/cm}^2$	$Q_u = 2-4 \text{ kg/cm}^2$	$Q_u > 4 \text{ Kg/cm}^2$
Argilla compatta	2.4	4.8	>9.6

Il conseguente modulo di reazione ( $K_r$ ) può essere calcolato per fondazioni continue di larghezza  $B$  (in cm) e per un terreno incoerente tramite la seguente relazione:

$$K_r = K_{ps} \left( \frac{B + 30}{2B} \right)^2 \text{ kg/cm}^2$$

e per un terreno coerente tramite la seguente relazione:

$$K_r = \frac{K_{psnb} \times 30}{1,5B} \text{ kg/cm}^2$$

Un quadro orientativo generale relativo al coefficiente di reazione del sottofondo  $K_{ps}$  (Winkler) dei vari tipi litologici può essere anche ricavato dalla tabella n. 6.2.

<sup>6</sup> I presenti orientamenti tecnici sono basati sul modello geologico locale e sulle caratteristiche generali delle opere in progetto. Essi esprimono una possibile modalità d'uso della zona, ma non intendono e non possono sostituirsi alle scelte tecniche del Progettista, fondate su una specifica conoscenza dei parametri dell'opera in progetto, dei suoi carichi e della sua compatibilità strutturale con le sollecitazioni e con le particolarità geologico - geotecniche del sito.

TABELLA N. 6.2 - COEFFICIENTI DI REAZIONE DEL SOTTOFONDO  $K_{ps}$  (WINKLER) RICAVATI COME SINTESI DALLA CORRENTE LETTERATURA TECNICA (MAMMINO)

<b>Tipi di terreno</b>	<b><math>K_{ps}</math> (kg/cmc)</b>
Torba leggera	0.6-1.2
Torba pesante	1.2-1.8
Terra vegetale	1.0-1.5
Depositi recenti (ovvero pozzolane recenti, discariche di materiale litoide, morene male addensate ecc.)	1.0-2.0
Sabbia fine	1.5-2.0
Sabbia (con granulometria diffusa e scarso indice dei vuoti)	2.0-4.0
Miscugli eterogenei di sabbie, fasi limose, argille rappresentate in maniera casuale ed in percentuali variabili (terre classificabili empiricamente come segue): terra molto umida terra poco umida terra secca	2.0-3.5 3.0-6.0 5.0-10.0
Argilla con sabbia	8.0-10.0
Argilla plastica, montmorillonitica, rigonfiatasi in presenza d'acqua	10.0-12.0
Sabbia (i valori più alti vanno attribuiti ad arenarie farinose facilmente sfaldabili, già avviate però a divenire arenarie aggregate a struttura litoide per prosecuzione di fenomeni chimico fisici già in atto)	8.0-15.0
Ghiaia con sabbia (granulometricamente composta in modo che non ci siano vuoti visibili ad occhio nudo)	10.0-15.0
Ghiaia con sabbia (già classificabile come conglomerato naturale scarsamente o mediamente cementato, sul tipo delle puddinghe o brecce mioceniche)	15.0-25.0
Ghiaia (ad elementi sottili, da 0,5 a 2 centimetri di diametro)	15.0-20.0
Ghiaia (a ciottoli grossi di elevate caratteristiche meccaniche, come misti di fiume ben lavati): per fondazioni poco ampie per fondazioni ampie	20.0-25.0 25.0-30.0
Roccia	30.0 ed oltre
Roccia molto fratturata, epidermica rispetto alla formazione	15.0-25.0
Roccia sana, poco o nulla fratturata ed arenarie compatte	30.0-80.0
Arenarie antiche, metamorfosate, a struttura lamellare (ad esempio pietra lavagna)	30.0-50.0
Calcarei sani non cariati (formazioni dolomitiche, calcari grigi del Lias ecc.)	30.0-50.0
Rocce vulcaniche (porfidi, basalti, graniti) non degradate né argillificate	>50.0

### 6.3. INDICAZIONI PROGETTUALI

L'analisi effettuata rende consigliabile che il nuovo ponte Braldo poggi su fondazioni profonde.

In merito al muro da realizzare nei pressi di C. Sintoni, è suggeribile la realizzazione con fondazioni superficiali.

Pare opportuno, infine, consigliare che il piano d'appoggio dei rilevati di attestati a una profondità minima di 60 centimetri dall'attuale piano di campagna. Dovranno pertanto essere asportati 20 centimetri di cotico agrario ed attuata la bonifica dei sottostanti 40 centimetri di terreno mediante il trattamento a calce.

È essenziale, in ogni caso, che le fondazioni poggino su terreni litologicamente omogenei.

Poiché l'area interessata dalle costruzioni in progetto concerne un deposito alluvionale del Pleistocene superiore – Olocene, che presenta una certa eterogeneità sia verticale sia orizzontale, si suggerisce un'attenta verifica dei

substrati di fondazione, posti in luce all'atto esecutivo. Ne deriva l'opportunità della presenza in cantiere del geologo durante le principali operazioni di scavo al fine di verificare la tipologia dei terreni del piano di posa delle fondazioni identificate dal progetto e stabilire col Progettista, in caso si riscontrino localizzate anomalie, gli accorgimenti tecnici da apportare ed eventualmente il nuovo piano di posa delle fondazioni dell'edificio.

Si suggerisce, infine, di porre particolare attenzione nella progettazione alla concreta possibilità che la falda freatica possa risalire, anche se temporaneamente, fino a profondità prossime al piano di campagna attuale.

## 7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente indagine geognostica concerne il terreno ove è previsto l'intervento di demolizione e ricostruzione del Viadotto sul fiume Montone e la variante del relativo tracciato stradale.

L'area in esame si trova a circa 26 metri sul livello marino ed è situata in un'area pianeggiante solcata dal fiume Montone, localmente contenuto da arginature in terra battuta.

Nella zona considerata non sono evidenti particolari processi morfogenetici, tali da poter arrecare danno a quanto previsto dal progetto. In particolare, dato l'andamento pianeggiante della superficie, non sussistono problemi di stabilità.

La zona considerata è situata in un ambito territoriale caratterizzato dalla presenza dell'Unità di Modena (AES<sub>8a</sub>) dell'Olocene, che, ove è presente, concerne i depositi alluvionali più superficiali e più recenti del Subsistema di Ravenna (AES<sub>8</sub>), del Pleistocene superiore-Olocene.

Nella zona in esame il deposito alluvionale è prevalentemente limoso o argilloso nella parte alta. Oltre i 20 metri è presente un deposito ghiaioso sabbioso che si estende per circa 3 metri di profondità. Al di sotto di quest'ultima unità il sedimento presenta nuovamente una granulometria fine.

La situazione del sottosuolo in oggetto, riconosciuta mediante l'attuazione delle prove in sito precedentemente descritte, è compendiata nelle tabelle presenti nel capitolo n. 4 e nelle sezioni geologiche allegate (B2.9). Il rilievo stratigrafico termina a circa 40 metri di profondità dal piano di campagna (S1 e S2).

Le indagini effettuate hanno consentito di definire i parametri geotecnici cautelativi, compendiati nelle tabelle presenti nel capitolo n. 4 della presente relazione. I risultati delle prove di laboratorio sono compendiati nell'elaborato B2.6.

Nelle tabelle n. 5.5 e 5.6 sono riportati i dati acquisiti sulla profondità della falda rispetto al piano di campagna. Va però tenuto presente che, in situazioni invernali o in seguito a prolungate precipitazioni, data la natura argilloso limosa del terreno prossimo alla superficie considerato, può costituirsi anche una falda temporanea prossima alla superficie.

In base a quanto esposto, l'area in esame appare idonea dal punto di vista geologico alla realizzazione delle opere in progetto.

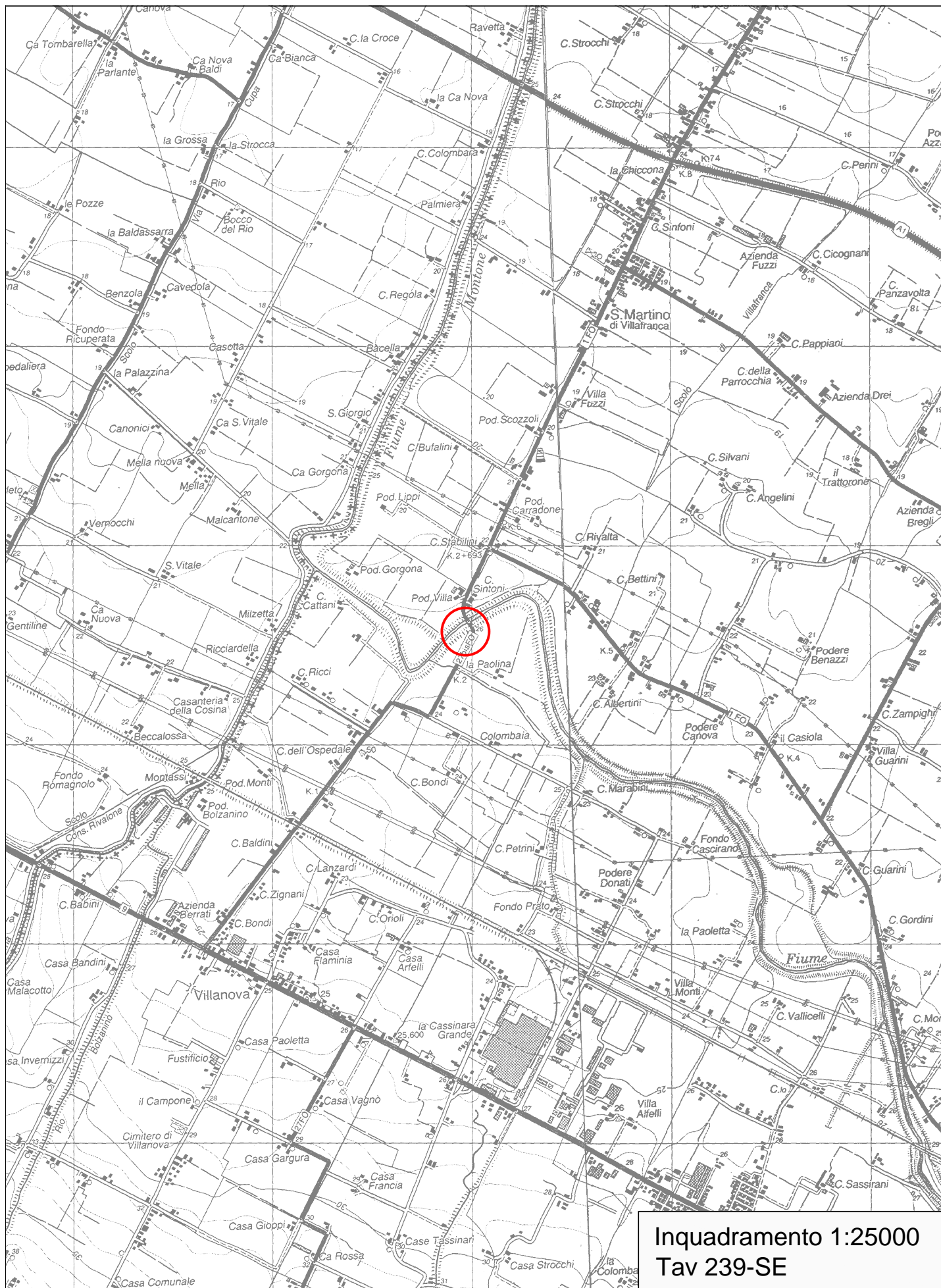
**Il Geologo**

Dott. Alfredo Ricci

\* \* \* \* \*

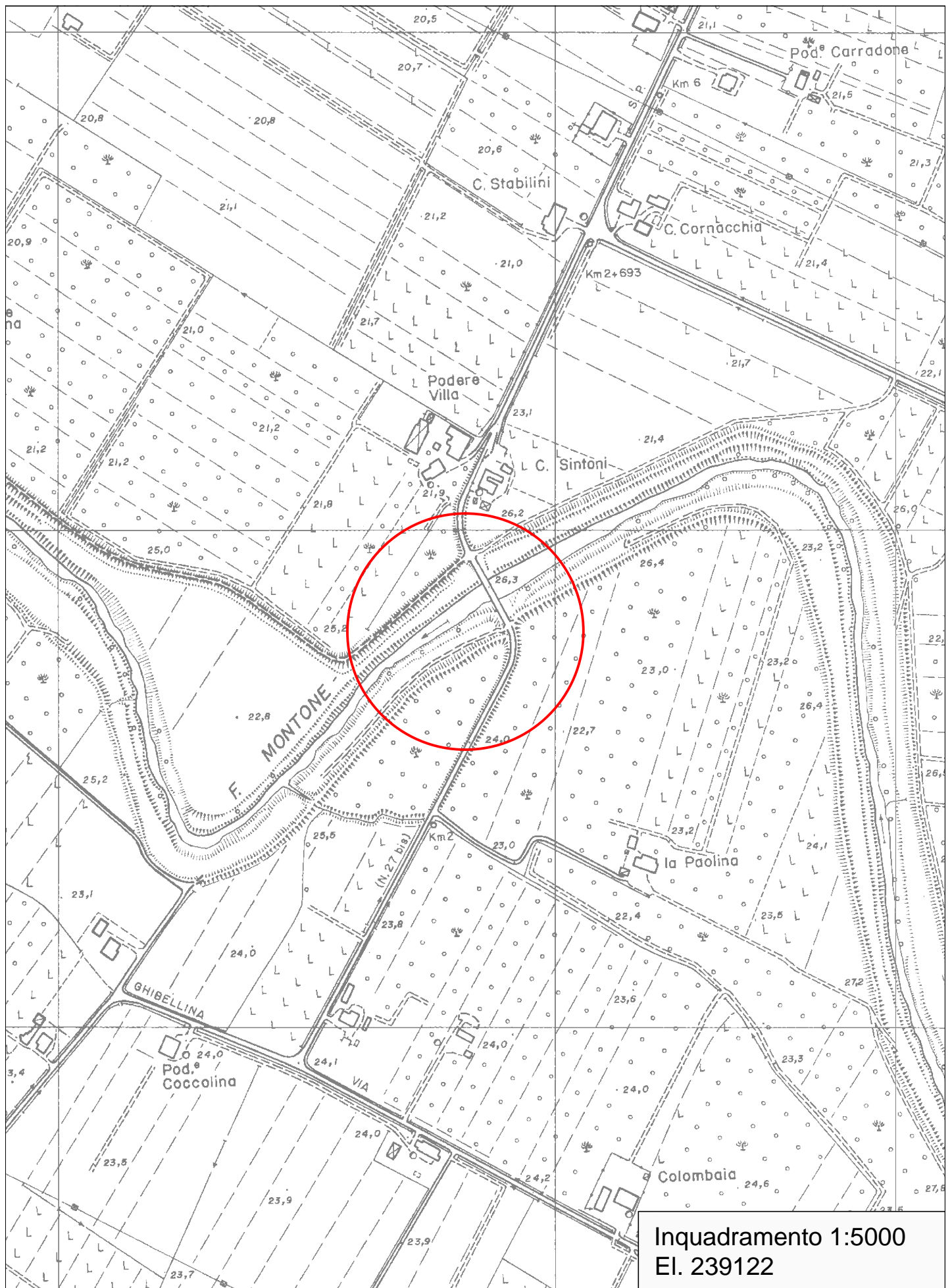
## Inquadramento cartografico

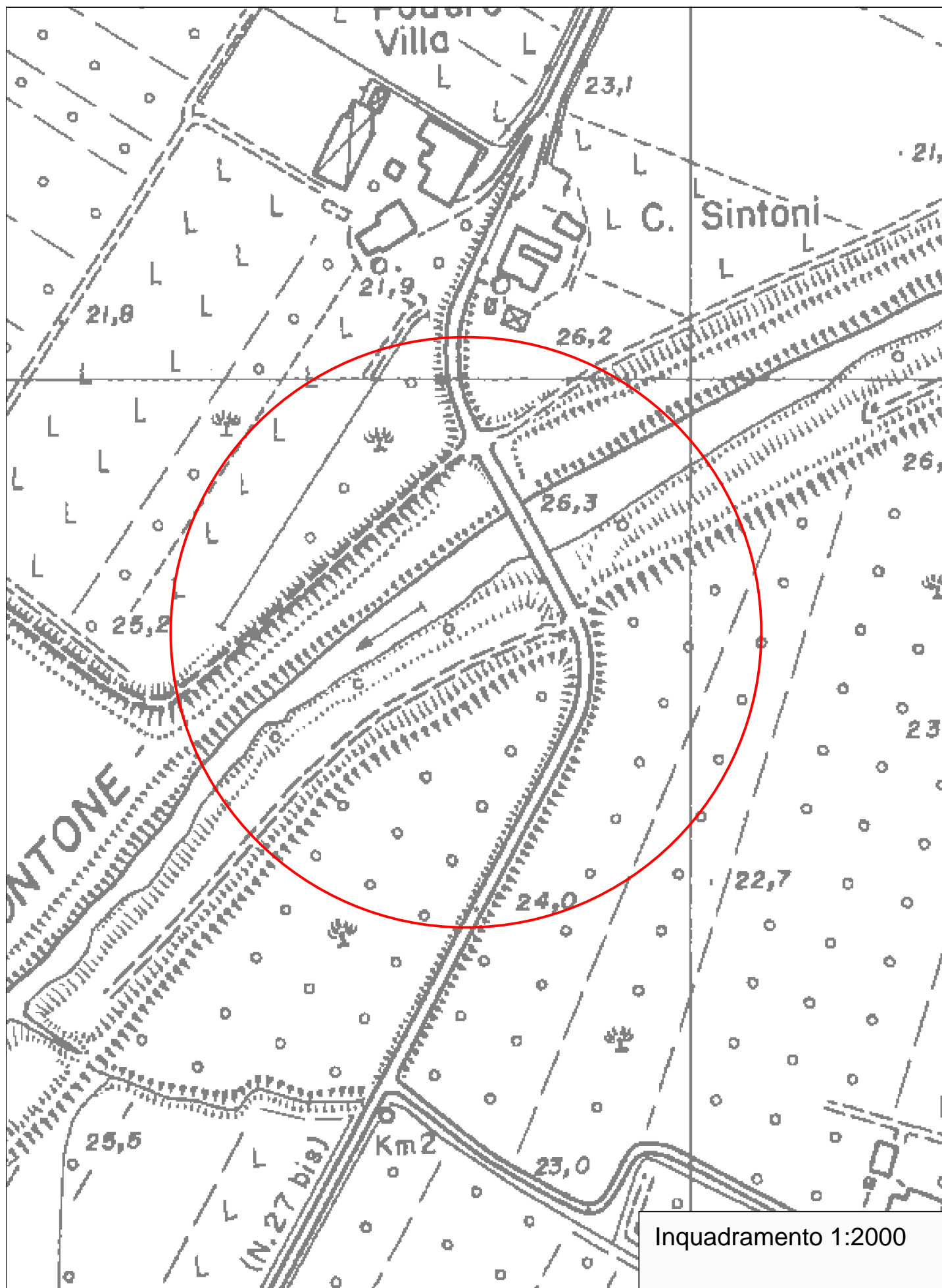
\* \* \* \* \*











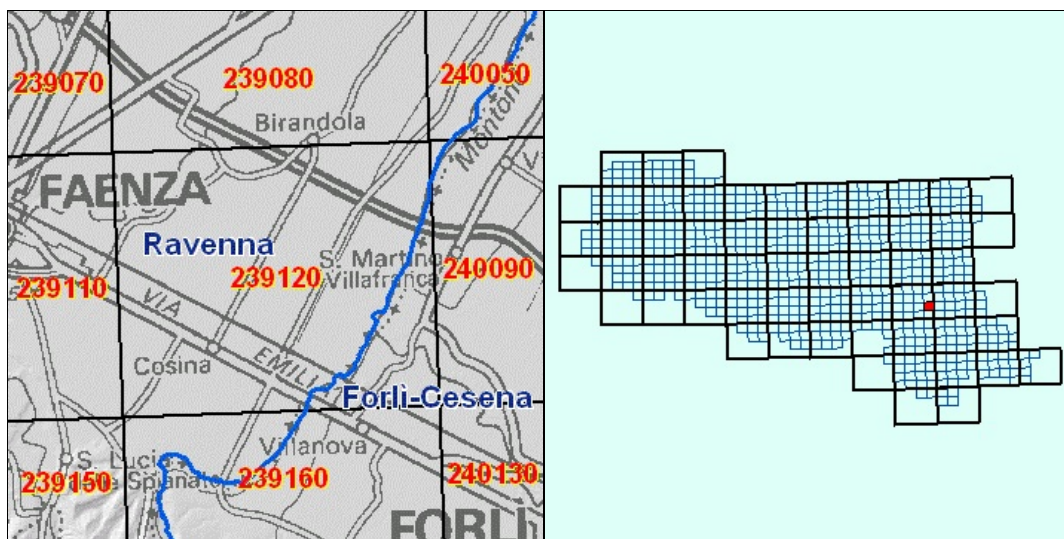
Inquadramento 1:2000







## LEGENDA DELLA SEZIONE CARTOGRAFICA: 239120 - SAN BARNABA



province di Ravenna e Forlì-Cesena

Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano**AES8 - Subsintema di Ravenna**

**Forlì-Cesena** Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallobruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvionale ben drenata con suoli calcarei e non calcarei al tetto; depositi deltizi, litorali e, localmente, marini. I depositi di piana alluvionale includono ghiaie di canale fluviale e geometria nastriforme; lungo la fascia costiera passano con contatto netto ed erosivo a sabbie litorali. Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità circa 28 metri.

*(Pleistocene sup. - Olocene)*

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

*(Pleistocene sup. - Olocene)***AES8a - Unità di Modena**

**Forlì-Cesena** Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Depositati alluvionali intravallivi, terrazzati, deltizi, litorali, di conoide e, localmente, di piana inondabile. Limite superiore coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Può ricoprire resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Limite inferiore inconforme, marcato da una superficie di erosione fluviale lateralmente correlata a un suolo da decarbonatato a parzialmente carbonatato contenente resti archeologici di età dal Neolitico al Romano. Lo spessore massimo dell'unità è generica

*(Olocene)*





**Ravenna** Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Depositati alluvionali intravallivi, terrazzati (primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive), deltizi, litorali, di

conoide e, localmente, di piana inondabile. Nella costa e nel Mare Adriatico sabbie di cordone litorale e di fronte deltizia passanti ad argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Limite superiore coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Può ricoprire resti archeologici di età romana del VI secolo d.C Lo spessore massimo dell'unità è generalmente di alcuni metri, talora plurimetrico.  
*(Olocene)*

---

## Simboli Convenzionali presenti nel 10.000

Tessiture:

- |  |                         |
|--|-------------------------|
|  | Limo Argilloso Sabbioso |
|  | Limo                    |
|  | Sabbia Limoso Argillosa |
|  | Sabbia                  |

\* \* \* \* \*

## Prove archivio Regione Emilia Romagna

(Prova penetrometrica a punta elettrica n°239120U521 loc. C. Cornacchia)

(Prova penetrometrica a punta elettrica n°239120U520 loc. Milzetta)

\* \* \* \* \*

## Legenda

● Prova CPT con punta elettrica  
con piezocono

