

ACQUEDOTTO DELLA ROMAGNA - 4LSUB26/27

TERZA DIRETTRICE DELLA RETE DI ADDUZIONE  
DELL'ACQUEDOTTO DELLA ROMAGNA

(CODICI ATERSIR 2014RAAC0005 e 2017RAAC0003)

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA  
ED ECONOMICA

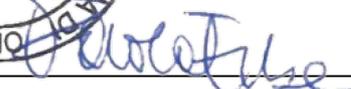


ALPINA S.p.A.  
Via Ripamonti, 2  
20123 Milano, Italy  
www.alpina-spa.it  
+39.02.58305010

**ELTEC S.r.l.**

Società di ingegneria

Via C. Seganti 73/F int.  
5/6 47121 Forlì (FC)  
Tel. +39-(0543)-473892  
E-mail:  
info@eltec-service.it

IL PROGETTISTA Ing. PAOLA ERBA R.T.O. ALPINA S.p.A. - ELTEC S.r.l.	IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Ing. PAOLO BALDONI ROMAGNA ACQUE - SOCIETA' DELLE FONTI S.p.A.
	

<p align="center"><b>INQUADRAMENTO GENERALE</b> CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA DI 1° FASE RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA</p>			<h1>1.45</h1>							
Revisioni	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev.</th> <th>Descrizione</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EMISSIONE</td> </tr> </tbody> </table>	Rev.	Descrizione	C		B		A	EMISSIONE	Data 06/08/2021
Rev.	Descrizione									
C										
B										
A	EMISSIONE									
Numero elaborato	<b>P 1 G E N G E O 0 4 5 A</b>									
	Scala	-								

## ACQUEDOTTO DELLA ROMAGNA - 4LSUB26/27

TERZA DIRETTRICE DELLA RETE DI ADDUZIONE  
DELL'ACQUEDOTTO DELLA ROMAGNA  
(CODICI ATERSIR 2014RAAC0005 e 2014RAAC0003)

ATTIVITA' PROPEDEUTICHE ALL'AFFINAMENTO DEL  
PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Dott. Geol. Marco Roncuzzi	IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Ing. PAOLO BALDONI ROMAGNA ACQUE SOCIETA' DELLE FONTI

CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA		4.1
RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA		
Revisioni	Rev.	Descrizione
	C	
	B	
	A	Emissione
		Novembre 2019
Numero elaborato	A	P I G F 4 0 1 A 0
		Scala -



**REALIZZAZIONE DEL "IV LOTTO SUB 26/27 DELL'ACQUEDOTTO  
DELLA ROMAGNA" - TERZA DIRETTRICE DELLA RETE DI ADDUZIONE  
DELL'ACQUEDOTTO DELLA ROMAGNA**

**PRESTAZIONI PROPEDEUTICHE PRELIMINARI  
ALL'AFFINAMENTO DELLE ATTIVITÀ DI  
PROGETTAZIONE**

## **RELAZIONE GEOLOGICA**



Dr. Geologo Marco Roncuzzi

*giugno 2019*

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	pag. 1
<b>2. CARATTERISTICHE DELL'OPERA IN PROGETTO</b>	pag. 3
<b>3. MODELLO GEOLOGICO REGIONALE E LOCALE</b>	pag. 4
<b>4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</b>	pag. 30
<b>5. MODELLO IDROGEOLOGICO</b>	pag. 31
5.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE	pag. 33
<b>6. RISCHIO IDRAULICO</b>	pag. 35
6.1 VARIANTE DI COORDINAMENTO TRA IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI E IL PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO	pag. 35
6.2 AUTORITA' DI BACINO INTERREGIONALE MARECCHIA-CONCA – PROGETTO DI PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) - VARIANTE 2016	pag. 37
<b>7. RAPPORTI DEL PROGETTO DI RADDOPPIO DELLA CONDOTTA GON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE</b>	pag. 38
7.1 SUBSIDENZA	pag. 42
<b>8. INDAGINE GEOGNOSTICA</b>	pag. 43
<b>9. RICOSTRUZIONE LITOLOGICO STRATIGRAFICA DEL TERRENO</b>	pag. 44
9.1 PARAMETRI FISICO - MECCANICI (GEOTECNICI)	pag. 44
<b>9. SISMICITA'</b>	pag. 49

### ALLEGATI

- PERIMETRAZIONE AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO (AUTORITA' BACINI REGIONALI ROMAGNOLI) E MAPPE DI PERICOLOSITA' E RISCHIO INONDAZIONE (AUTORITA' DI BACINO MARECCHIA CONCA) - (files .pdf)
- REPORT ANALISI RISCHIO LIQUEFAZIONE - (files .pdf)

### 1. PREMESSA

La presente relazione da riassume gli esiti della campagna di indagine geologica eseguita quale attività propedeutica preliminare all'affinamento delle attività di progettazione del "IV LOTTO SUB 26/27 DELL'ACQUEDOTTO DELLA ROMAGNA" - TERZA DIRETTRICE DELLA RETE DI ADDUZIONE DELL'ACQUEDOTTO DELLA ROMAGNA.

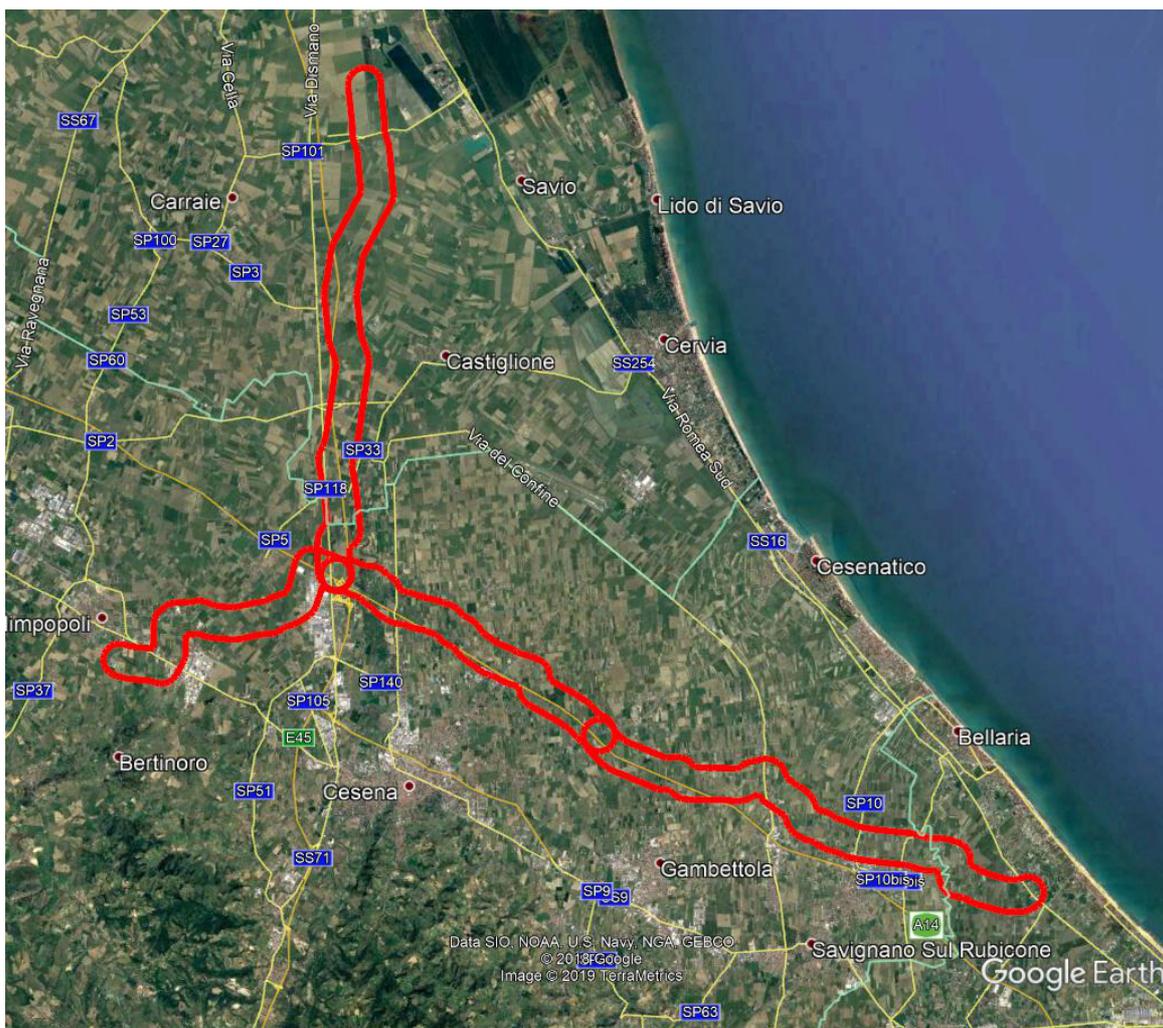
Più precisamente, la Società "Romagna Acque Società delle Fonti" S.p.A., nell'ambito degli interventi di adeguamento e potenziamento dell'intero sistema idrico a servizio dell'Acquedotto della Romagna, ha intenzione di promuovere la realizzazione di una terza direttrice della rete di adduzione.

La relazione è stata redatta nel rispetto della normativa vigente al fine di fornire una completa caratterizzazione della fascia di territorio che verrà impegnato dal tracciato della condotta in progetto, dal punto di vista geologico-tecnico, idrogeologico, idraulico e sismico.

In questa fase di progetto preliminare si è tratto spunto da quanto presente nella "Cartografia geologica interattiva e Banca dati" della Regione Emilia Romagna e dai risultati delle indagini geotecniche e sismiche preliminari alla progettazione prliminare, affidate da Romagna Acque Soc. delle Fonti S.p.A. alla ditta "Ambrogetti srl" di Verghereto (FC).

In particolare lo studio ha comportato lo svolgimento delle seguenti attività:

- modellazione geologica regionale e locale con inquadramento geomorfologico
- modello idrogeologico e valutazione del rischio idraulico
- analisi degli strumenti di pianificazione territoriale nell'area di progetto
- analisi dei risultati delle indagini geognostiche eseguite per tale progetto e
- valutazione litologica del territorio interessato dal tracciato
- analisi preliminare della sismicità prevista per il territorio oggetto d'intervento.



**Territorio interessato dal tracciato della condotta**

## 2. CARATTERISTICHE DELL'OPERA IN PROGETTO

Le opere di progetto consistono essenzialmente nella realizzazione di alcune tratte di condotta acquedottistica interrata di medio diametro, compreso tra DN800 e DN900 e delle relative opere di linea sostanzialmente costituite da nodi di interconnessione con gli impianti esistenti, cabine di regolazione dei deflussi, camerette interrate per l'alloggiamento della apparecchiature idrauliche di intercettazione, sfiato e scarico, ed opere di attraversamento delle varie reti idrografiche ed infrastrutturali interferite.

Il corridoio di tracciato trae origine da un nodo baricentrico del sistema acquedottistico, in località Sant'Andrea in Bagnolo, ove vengono fatte confluire le tre condotte provenienti dai punti di interconnessione con la rete di adduzione, individuati a Forlimpopoli, Standiana ed in prossimità dell'abitato di Casone, sulla condotta esistente tra Basso Rubicone e Cesenatico.

Dal nodo di Casone la nuova terza direttrice prosegue poi verso mare sino a Torre Pedrera, realizzando così un'ulteriore maglia di chiusura ad anello della rete di adduzione a servizio della parte meridionale dello schema idrico.

Tra i nodi di Forlimpopoli e Sant'Andrea il tracciato si sviluppa in direzione dell'abitato di Panighina e poi verso nord parallelamente al torrente Bevano: dopo aver percorso le campagne di Provezza e Pieve Sestina si attraversa l'autostrada A14 in corrispondenza di Sant'Andrea in Bagnolo, ove è prevista la realizzazione della cabina di nodo.

La lunghezza della tratta Forlimpopoli-Sant'Andrea è pari a circa 9,6 km, da realizzarsi con tubazioni DN900 in continuità con il tratto discendente da Monte Casale.

Dal nodo di Sant'Andrea la condotta di collegamento alla Standiana si sviluppa verso nord in parallelismo con la Strada di Grande Comunicazione E45 e, dopo l'attraversamento del Canale Emiliano Romagnolo, in stretto affiancamento al canale interrato di adduzione acqua del CER ad usi plurimi, sino al nodo di interconnessione alla rete esistente.

La lunghezza della tratta Sant'Andrea-Standiana è pari a circa 16,9 km, da realizzarsi con tubazioni DN800 in relazione alle prestazioni idrauliche richieste.

Tra le cabine di nodo di Sant'Andrea in Bagnolo e Casone la terza direttrice segue sostanzialmente il corridoio dell'infrastruttura autostradale, mantenendo il tracciato parallelo alla A14, lato mare, ad una distanza compresa tra i cento ed i cinquecento metri in relazione ai vincoli presenti sul territorio.

La lunghezza della tratta Sant'Andrea-Casone è pari a circa 10,8 km, da realizzarsi con tubazioni DN900 in continuità con la precedente tratta da Forlimpopoli.

L'ultimo tratto verso mare, da Casone a Torre Pedrera, inizialmente prosegue sempre in parallelo all'autostrada, sino all'attraversamento del Canale Emiliano Romagnolo, per poi aggirare ad est l'abitato di Sant'Angelo e proseguire parallelamente al C.E.R. stesso sino all'innesto nella linea del basso costiero.

La lunghezza della tratta tra il nodo di Casone e l'innesto sulla rete in prossimità di Torre Pedrera è pari a circa 16,5 km, da realizzarsi con tubazioni DN800 in relazione alle prestazioni idrauliche richieste.

In principali corsi d'acqua che saranno attraversati dalla condotta sono: il Torrente Bevano presso S. Zaccaria (Ravenna), il fiume Savio immediatamente a Nord di Pievesestina (Cesena) il Rubicone presso Fiumicino (Cesenatico) e il fiume Uso poco a monte di Torre Pedrera (RN)

### **3. MODELLO GEOLOGICO REGIONALE E LOCALE**

Il sottosuolo del territorio attraversato dalla condotta di progetto, che interessa i comuni di Ravenna, Forlimpopoli, Bertinoro, Cesena, Gatteo, Savignano sul Rubicone, S. Mauro Pascoli, Bellaria, e Rimini, fa parte del settore romagnolo del bacino sedimentario padano, ed è costituito da una successione di depositi alluvionali di età pliocenico-quadernaria trasgressivi su di un substrato miocenico che termina con le evaporiti messiniane.

Dal punto di vista tettonico quest'area è stata interessata dall'orogenesi Appenninica attraverso fasi compressive che hanno provocato prevalentemente deformazioni del substrato pre – pliocenico e la formazione di strutture a pieghe e pieghe-faglie, con gli assi tettonici paralleli ai principali allineamenti strutturali appenninici (NW-SE), rilevate nel corso delle prospezioni geofisiche dell'AGIP effettuate per la ricerca di idrocarburi.

Questa geometria a pieghe condiziona la successiva sedimentazione quadernaria di copertura, caratterizzata da spessori variabili con massimi in corrispondenza delle depressioni (sino a 3000 m) e minimi sulle strutture positive (circa 1500 m), con un assetto strutturale che ricalca tendenzialmente l'andamento del substrato.

L'evoluzione sedimentaria plio-quadernaria del bacino registra una 'tendenza regressiva' da depositi marini di ambiente progressivamente sempre meno profondo fino a depositi continentali. Si identificano quindi due distinti cicli sedimentari, uno marino (indicato in letteratura con 'Qm') ed uno continentale ('Qc'); tale tendenza risulta ben riconoscibile al margine appenninico (Ricci Lucchi *et al.*, 1982).

Recentemente gli studi condotti dalla Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP (1998), basati sui profili sismici integrati da dati stratigrafici di pozzi profondi, hanno permesso di identificare la superficie di discontinuità tra i due cicli sedimentari anche nel sottosuolo della Pianura Padana, in corrispondenza del limite tra il Supersistema del Quadernario Marino (corrispondente al ciclo Qm) e il sovrastante Supersistema Emiliano-romagnolo (ciclo Qc). All'interno di queste due unità sono state riscontrate da vari autori discontinuità minori, che portano alla distinzione di sequenze deposizionali di rango inferiore all'interno dei due cicli sedimentari, come si evidenzia nella figura seguente.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE					ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)			
AFFIORANTI			SEPOLTE						
QUATERNARIO CONTINENTALE	DILUVIUM p.p.	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE 0.125		
		FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE				UNITA' DI CA' DI SOLA	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	~0.35-0.45
	FORMAZIONE DI QUARTELLO	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO							ORIZZONTE DI FOSSOLO
	MILAZZANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GALLE di IMOLA p.p.						SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3		
QUATERNARIO MARINO	MILAZZANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GALLE di IMOLA p.p.		SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 2		~1.0	PLEISTOCENE INFERIORE		
	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.			SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1		~2.2	1.72		
	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.					~3.3-3.6	3.55		
P <sub>2</sub>	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.		SUPERSISTEMA DEL PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE		FLIOCENE MEDIO SUPERIORE	~3.9	FLIOCENE INFERIORE MIOCENE		

Schema stratigrafico dei depositi Plio - Quaternari della Pianura Emiliano-Romagnola (Eni-Agip e RE-R, 1998)

La potenza dei sedimenti plio-quadernari raggiunge i valori più elevati, nell'ambito del bacino padano, in corrispondenza del comprensorio di Ravenna a dimostrazione che quest'area fu soggetta a fenomeni naturali di subsidenza, in gran parte tettonica, fin da tempi geologici remoti.

Tale successione è il risultato di alterne vicende legate soprattutto ad avanzamenti ed arretramenti della linea di riva determinati da diversi fattori: la subsidenza e l'innalzamento tettonici, l'eustatismo, la mutevolezza dell'andamento del corso dei fiumi e la variabilità del loro carico sedimentario, deposto in fasi climatiche diverse, glaciali ed interglaciali.

A causa della pluralità degli ambienti deposizionali, sia in senso spaziale che temporale, il complesso sedimentario è caratterizzato da un'elevata variabilità litologica degli strati, costituiti da sabbie, limi e argille e da miscele di tali litotipi. La frequenza delle variazioni litologiche si è accentuata nella parte finale del Quaternario, caratterizzata dai movimenti eustatici del livello marino, in particolare durante l'ultima glaciazione, denominata Wurm, quando il livello del mare si è abbassato di un centinaio di metri rispetto a quello attuale (regressione Wurmiana, 60000-70000 anni fa). Nell'Adriatico la linea di costa si era di conseguenza spostata fino a Sud di Ancona, lasciando emersa la parte settentrionale della piattaforma continentale adriatica, con la formazione di un'ampia pianura, drenata dal prolungamento dei fiumi che attualmente sfociano sulla costa adriatica. Circa 17000 anni fa, con l'innalzamento della temperatura media di alcuni gradi centigradi, ebbe inizio una trasgressione eustatica su scala mondiale (ingressione marina)

denominata trasgressione Flandriana. Durante il suo massimo avanzamento essa provocò lo spostamento della linea di costa verso monte, di circa un chilometro ad Ovest della posizione attuale alla latitudine di Cesenatico Nord sino a 15÷17 km a quella di Ravenna (Carta Geologica d'Italia, foglio allegato al n° 223 Ravenna: **“Tetto delle sabbie litorali del “Subsistema di Ravenna”**”; ente realizzatore: Regione Emilia Romagna - Ufficio Geologico). Terminata la trasgressione Flandriana la linea di costa è rimasta per alcune migliaia di anni, pur con piccole oscillazioni, nella stessa posizione e cioè alcuni km ad Ovest di Ravenna, secondo una linea che corre, dal comune di Cesenatico verso Nord, parallela alla SS adriatica ed immediatamente a ponente di questa sino a Ravenna per poi deviare più ad Ovest secondo la direzione Piangipane - Santerno – Alfonsine.

Negli ultimi 6000 anni (secondo le ultime datazioni) infine, si è verificata nella costa occidentale dell'alto Adriatico una nuova regressione, non più indotta da variazioni eustatiche come quella precedente, ma di tipo deposizionale. Tale regressione ha riportato la linea di costa verso Est fino alla posizione attuale, dando luogo alla formazione dei depositi olocenici recenti costituiti da un corpo sabbioso, formato dall'accostamento di cordoni litorali sabbiosi via via successivi fino a quello attuale affiorante; all'interno di questo deposito si sono inserite localmente intercalazioni ghiaiose, deposte in seguito a particolari condizioni di trasporto, determinate dalle correnti di riva parallele alla linea di costa.

Il territorio interessato dal tracciato della condotta è posto ad Ovest del limite raggiunto dall'ingressione marina al termine della trasgressione Flandriana. Esso si colloca quindi nella pianura a copertura alluvionale e pertanto la messa in posto dei sedimenti recenti olocenici è avvenuta secondo un modello di accrescimento, tipico di tutta la fascia di media e bassa pianura. Detto modello, ancor prima dell'intervento antropico, era caratterizzato da torrenti che, fuoriusciti dalla pianura pedemontana, in occasione delle piene stagionali rompevano o tracimavano gli argini spandendo le loro acque nei territori circostanti. I materiali trasportati dalle correnti di piena erano a loro volta distribuiti nelle aree adiacenti a seconda delle capacità di trasporto della corrente alluvionale. L'energia delle acque allontanandosi dagli argini calava e con essa diminuivano la velocità di sedimentazione e la granulometria dei depositi. I sedimenti più grossolani, ghiaie, sabbie e sabbie limose, venivano depositati quindi in prossimità del canale fluviale, mentre, aumentando la distanza da esso, si depositavano limi argillosi ed argille, tipici sedimenti delle aree interfluviali. In prossimità del corso d'acqua, dove la velocità della corrente alluvionale subiva una brusca diminuzione, la sedimentazione era molto superiore a quella delle depressioni interfluviali, perciò la diminuzione della capacità di trasporto delle acque regolava la velocità di crescita nei diversi ambienti sedimentari. Il risultato era il determinarsi di dislivelli anche molto accentuati tra le aree sulle quali scorreva il fiume e quelle ad esso adiacenti; quando poi si verificavano forti aumenti di piovosità il fiume poteva fuoriuscire dagli argini naturali e, attraverso un “canale di rotta”, defluire nelle zone più depresse creando un nuovo percorso. A tale modello di

accrescimento può essere ricondotta la distribuzione delle tessiture dei suoli nel territorio comunale. Le tessiture risultano essere prevalentemente argillose, franco -argillose o franche (queste ultime in corrispondenza degli assi fluviali: alvei o paleoalvei).

La successione sedimentaria della pianura ravennate fa parte della successione post-evaporitica del margine padano adriatico ed è quindi costituita, in affioramento, unicamente dai depositi olocenici appartenenti al Supersistema Emiliano Romagnolo.

## SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo è l'unità stratigrafica che comprende l'insieme dei depositi quaternari di origine continentale affioranti in corrispondenza del margine appenninico padano (ciclo Qc di RICCI LUCCHI et alii, 1982) ed i sedimenti continentali e marini ad essi correlati nel sottosuolo della pianura emiliano-romagnola. Il limite inferiore del Supersistema Emiliano-Romagnolo non affiora nell'area, ma affiora solamente a ridosso del margine appenninico e nei settori intravallivi a sud, dove è fortemente discordante sui depositi marini del Pleistocene medio (sabbie di Imola - IMO) e mio-pliocenici. Il limite superiore coincide col piano topografico.

L'età dell'unità è Pleistocene medio – attuale (REGIONE EMILIA-ROMAGNA & ENIAGIP, 1998). Il Supersistema Emiliano-Romagnolo comprende due sistemi distinti (Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore, AEI, e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore, AES), correlati con i depositi coevi di sottosuolo. Nell'area in esame affiorano solo i depositi di AES.

### Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)

Il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES *in precedenza denominato "Alloformazione Emiliano Romagnola Superiore"*) costituisce la porzione superiore del Supersistema Emiliano-Romagnolo. Esso comprende depositi alluvionali, deltizi, litorali e marini organizzati in successioni cicliche di alcune decine di metri di spessore. L'età della sua base è attribuita, per posizione stratigrafica e per confronto con i cicli climatico-eustatici, al Pleistocene medio (circa 400-430 ka). Il ciclo deposizionale più recente (l'unico affiorante) costituisce il Subsistema di Ravenna (AES8).

### Subsistema di Ravenna (AES8)

Tutti i depositi quaternari affioranti nell'area sono stati attribuiti dalla Regione Emilia Romagna a questo subsistema. Esso rappresenta l'elemento sommatiale del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore e presenta uno spessore massimo di poco inferiore ad una trentina di metri (max = 28,5m). Nei settori intravallivi ed allo sbocco delle valli AES8 è dato da depositi fluviali organizzati in vari ordini di terrazzo, costituiti da ghiaie di canale fluviale ricoperte da tracimazioni fluviali argillose, limose e sabbiose, variamente pedogenizzate. Questi depositi passano, nel settore di pianura alluvionale, ad argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, rotta) come nell'area in esame, ed infine, nel settore costiero di bassa pianura il Subsistema di Ravenna risulta costituito da limi argille e sabbie di ambiente alluvionale (porzione

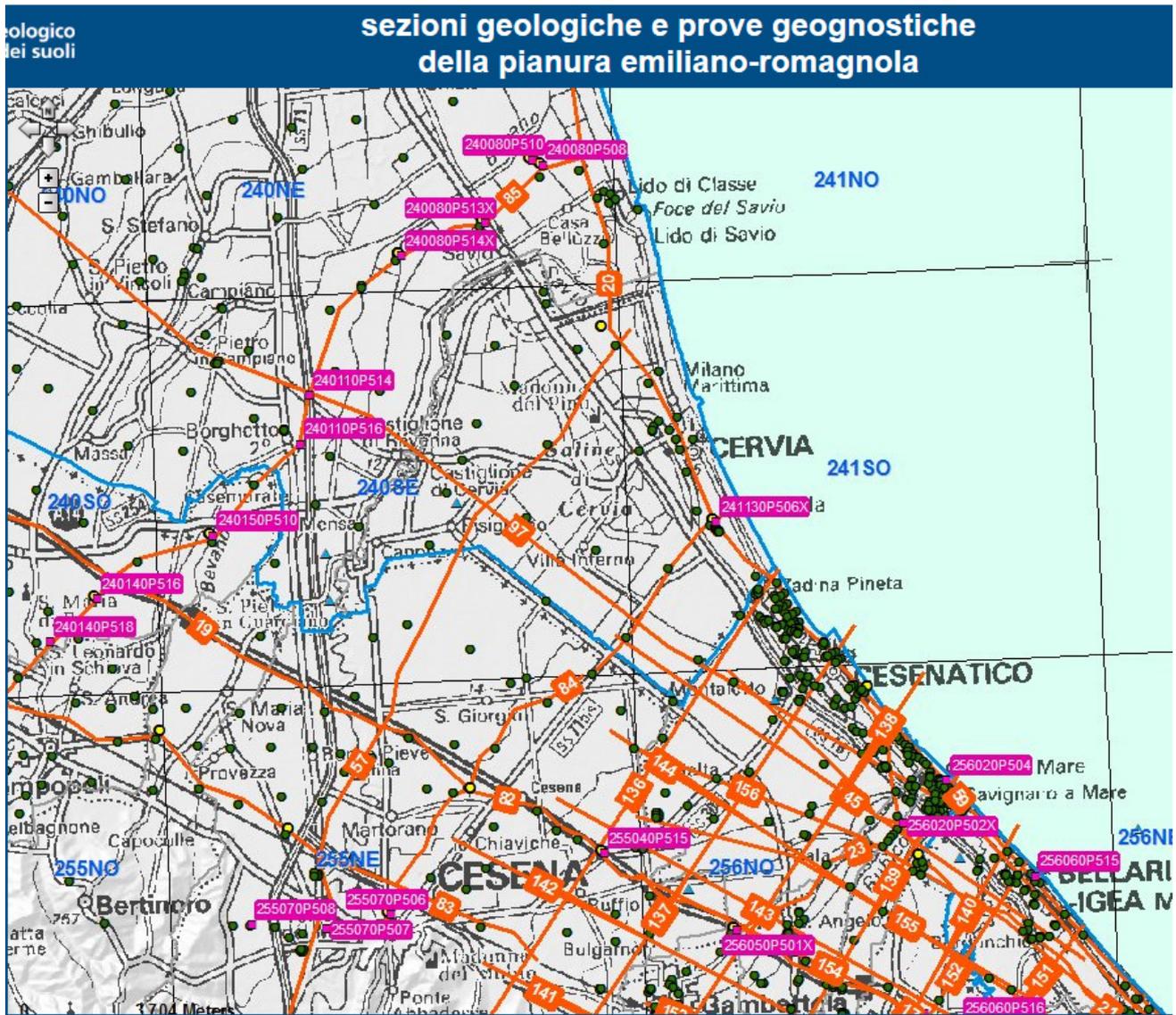
più superficiale) deltizio e litorale, organizzati in corpi sedimentari lenticolari, nastriformi, tubolari e cuneiformi di spessore plurimetrico. Il limite inferiore del Subsistema è inconforme, non affiorante, marcato da una superficie di discontinuità che localmente materializza una lacuna stratigrafica di alcune migliaia d'anni (definita su base radiometrica:14C); nell'area di bassa pianura costiera si identifica con l'ultimo episodio trasgressivo quaternario. Il limite superiore coincide col piano topografico e la parte sommatiale è costituita dall'Unità di Modena"(AES8a). Nel territorio interessato dalla condotta di progetto, il Subsistema di Ravenna ha una geometria complessiva relativamente tabulare con spessori che variano dai 25m al limite Nord della condotta presso l'Area della "Standiana" (a sud di Ravenna) sino 18÷20m al limite Sud-Ovest, presso Forlimpopoli ed ai 16÷18m ad Est presso Torre Pedrera.

L'Unità di Modena (AES8a), che contiene i depositi più superficiali e più recenti, compresi quelli attualmente in evoluzione, risulta qui costituita dai terreni alluvionali superficiali, con una potenza media stimata non superiore ai 3 metri al di sotto del riporto antropico; essa è quindi un'unità pellicolare, di pochi metri di spessore, che talora raggiunge gli 8m solo in corrispondenza dei riempimenti dei principali canali fluviali (più a monte) o lungo le fronti deltizie. Nell'area tipo l'Unità di Modena presenta un limite inferiore inconforme, marcato da superfici di erosione fluviale che si correlano lateralmente a depositi con fronte di alterazione superiori al metro di spessore, caratterizzato dallo sviluppo di un suolo o di più suoli sovrapposti, con orizzonte superficiale da decarbonato a parzialmente decarbonato e orizzonte profondo ad accumulo di carbonato di calcio (colore degli orizzonti da bruno giallastro a giallo olivastro). Il limite inferiore è datato al periodo post romano e segna l'instaurarsi di una importante fase di deterioramento climatico che, tra il IV ed il VI sec d.C, determinò un importante incremento della piovosità, con conseguente modifica della rete idrografica e alluvionamento (Veggiani, 1994)

*L'età di AES8a è riferita all'epoca post-romana, sulla base dei seguenti caratteri: 1) la presenza di abbondanti e frequenti reperti romani (e più antichi) al tetto dei depositi sottostanti, fra i quali si segnalano numerosi elementi infrastrutturali (edifici, strade, ecc., Fig. 18); 2) l'assenza di questi reperti all'interno dei depositi di AES8a o la loro presenza esclusivamente come elementi rimaneggiati; 3) l'alterazione pedogenetica modesta o del tutto assente della superficie affiorante di AES8a. Più in dettaglio i dati storici ed archeologici indicano che l'unità si è deposta a partire dal IV-VI secolo d.C. (BONDESAN, 1986, CIABATTI & VEGGIANI, 1990, MONTEVECCHI & NOVARA, 2000, VEGGIANI, 1982, 1987).*

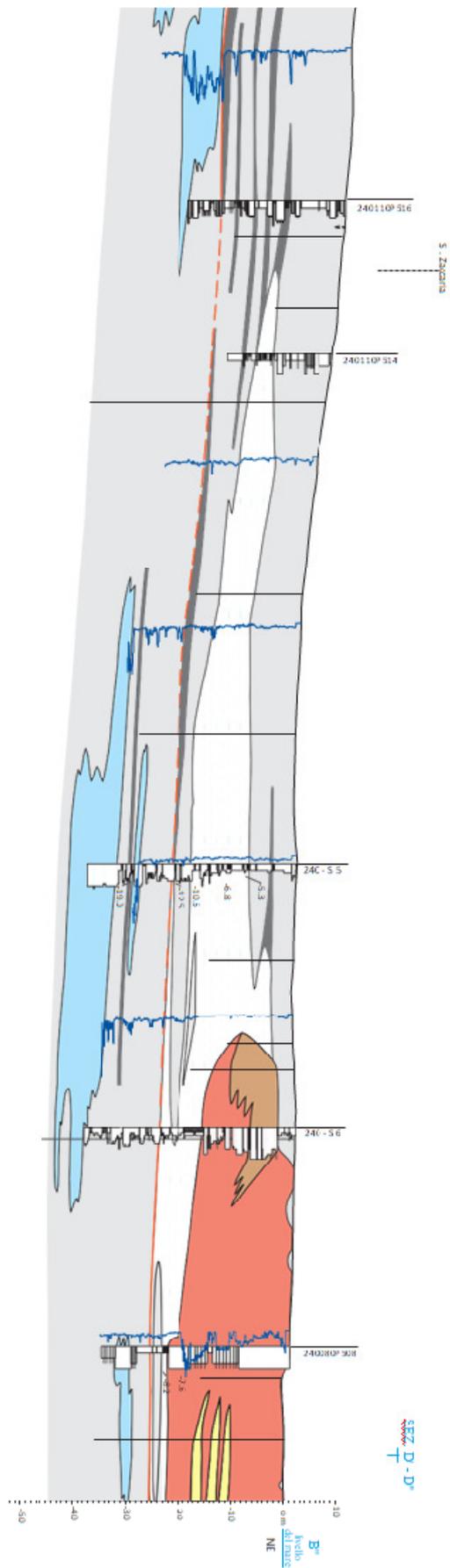
L'area interessata dal tracciato della condotta risulta compresa nei Fogli della Carta Geologica d'Italia in Scala 1.50.000: n° 240-241 "Forlì - Cervia", n° 255 "Cesena", n° 256 "Rimini".

Si allegano di seguito alcune le sezioni geologiche profonde più rappresentative ricavate da pozzi AGIP (triangolini in Blu) da sondaggi profondi (in rosa) e da prove penetrometriche (tondini neri) eseguiti dalla Regione Emilia Romagna.



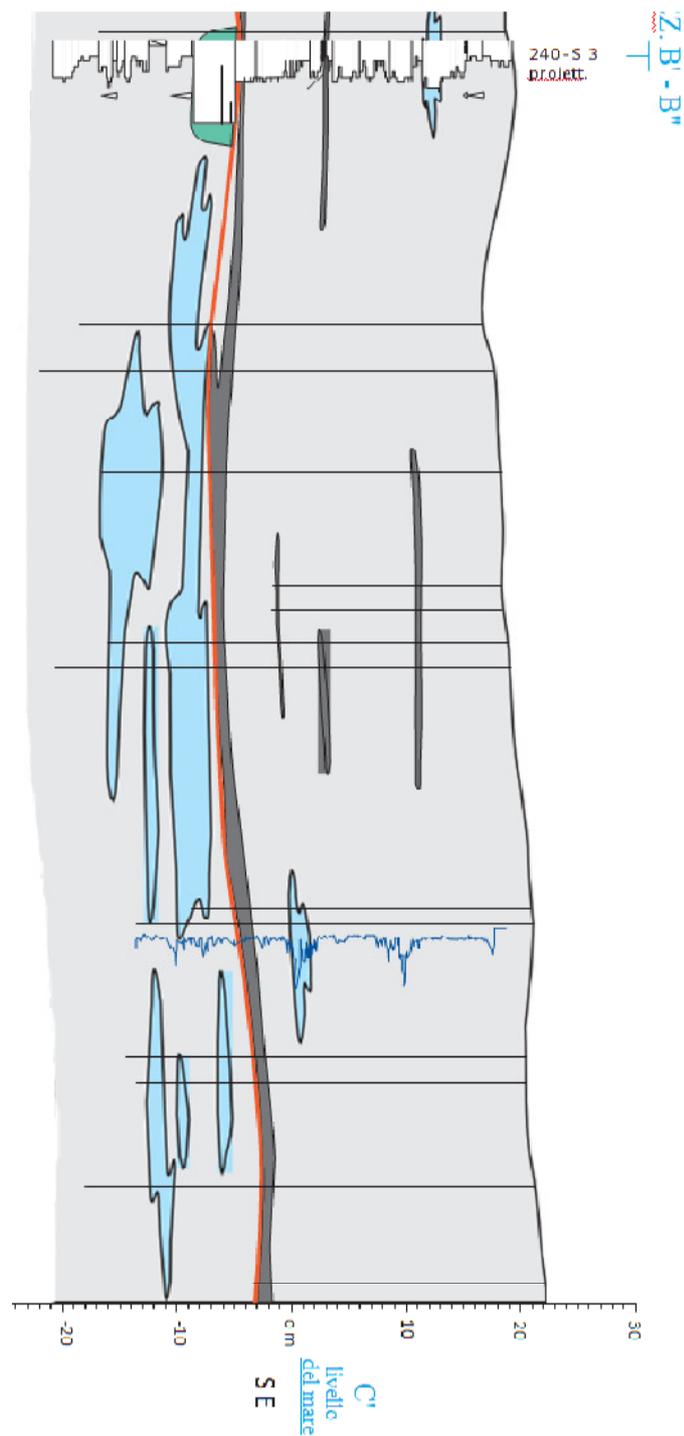


**Sezione 85 (parallela al trecciato)**



## Sezione 19 (parallela al tracciato)

(dal sondaggio 240 S 3 di S. Leonardo in Schiova ad immediatamente prima dell'E45)



in grigio chiaro: alternanze di limi argille e talora sabbie di trascinamento fluviale,

in grigio scuro: argille elimi con sostanza organica di palude,

in azzurro: sabbie di riempimento di canale e di rotta fluviale

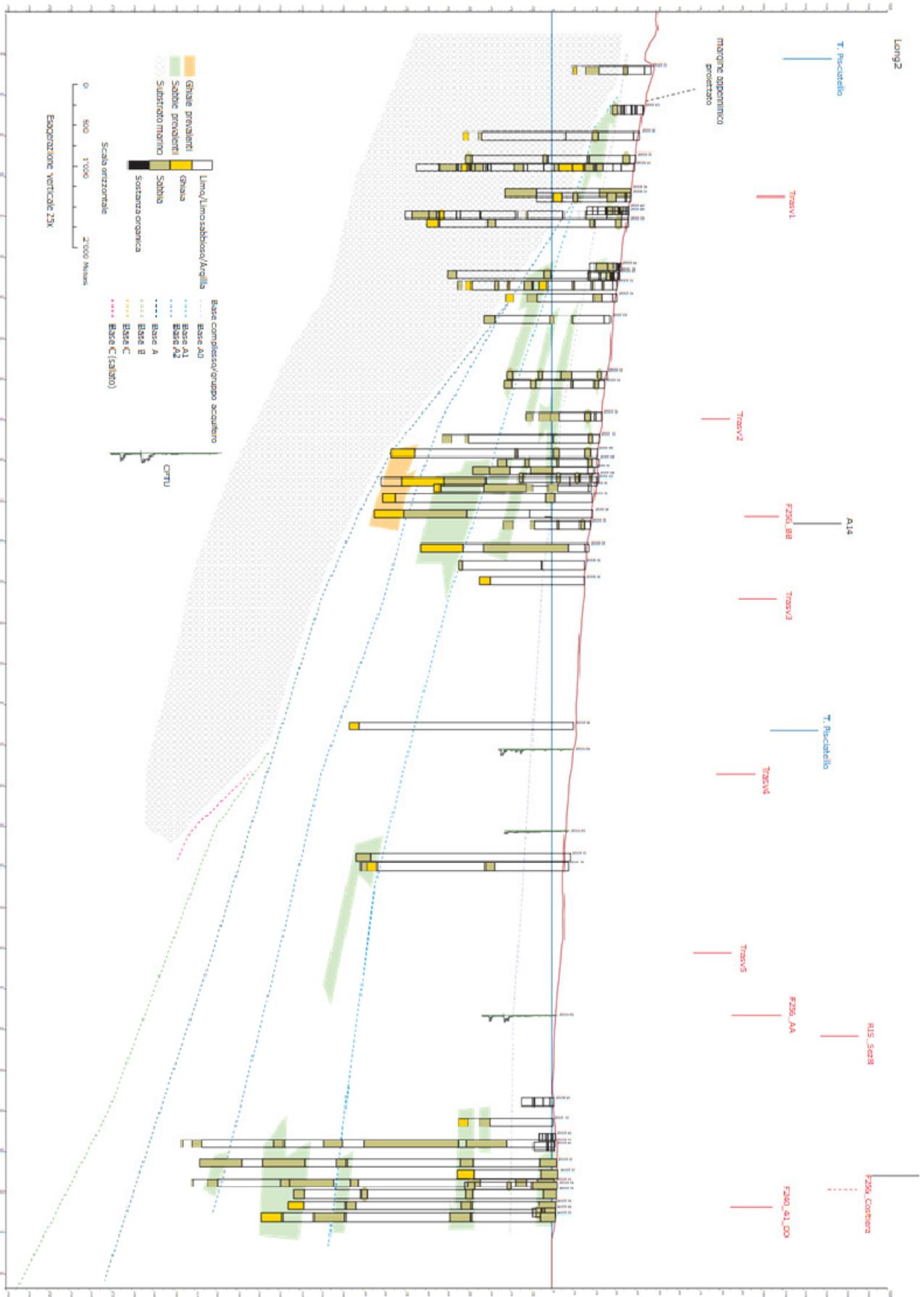
linea rossa: base del subsistema di Ravenna



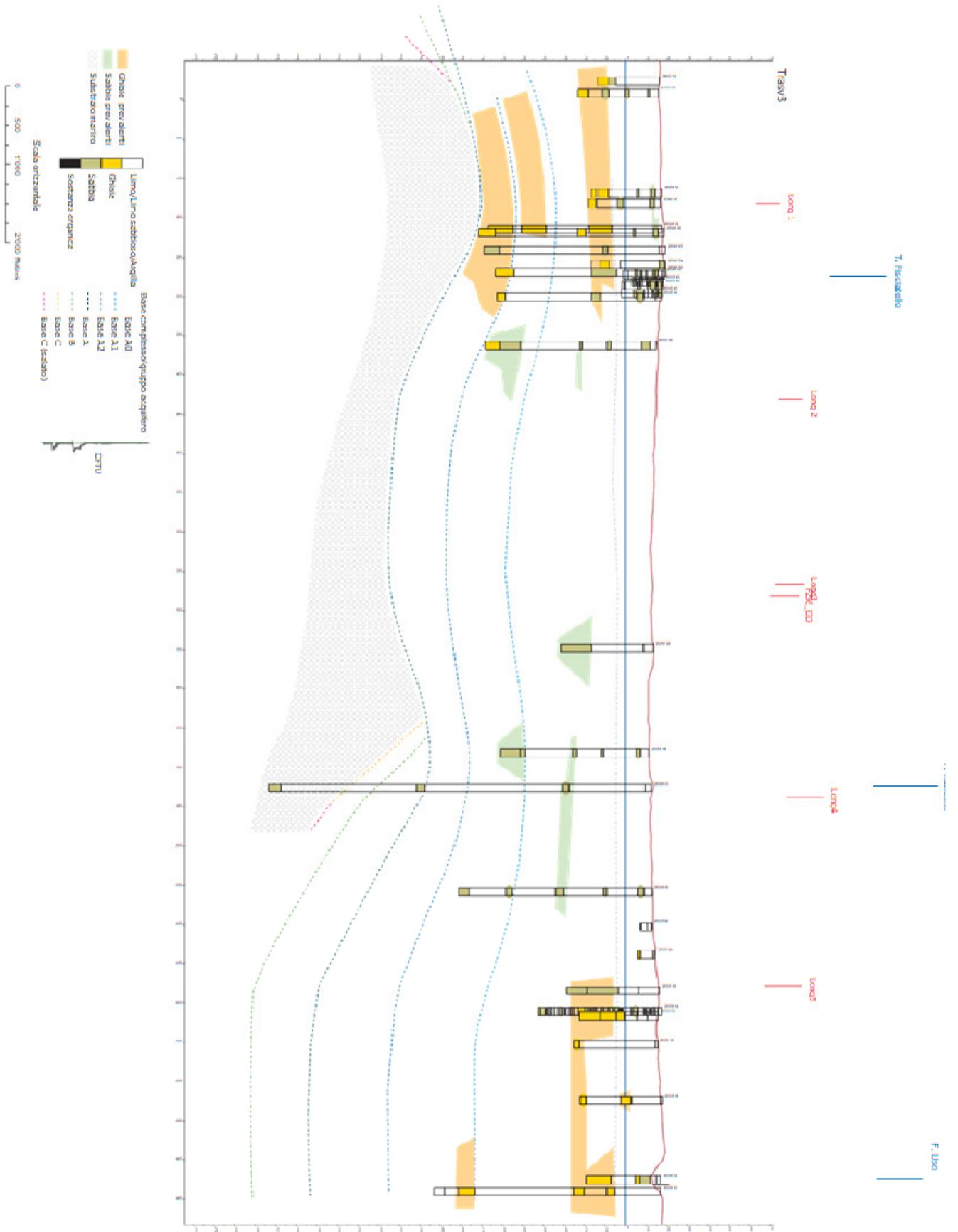




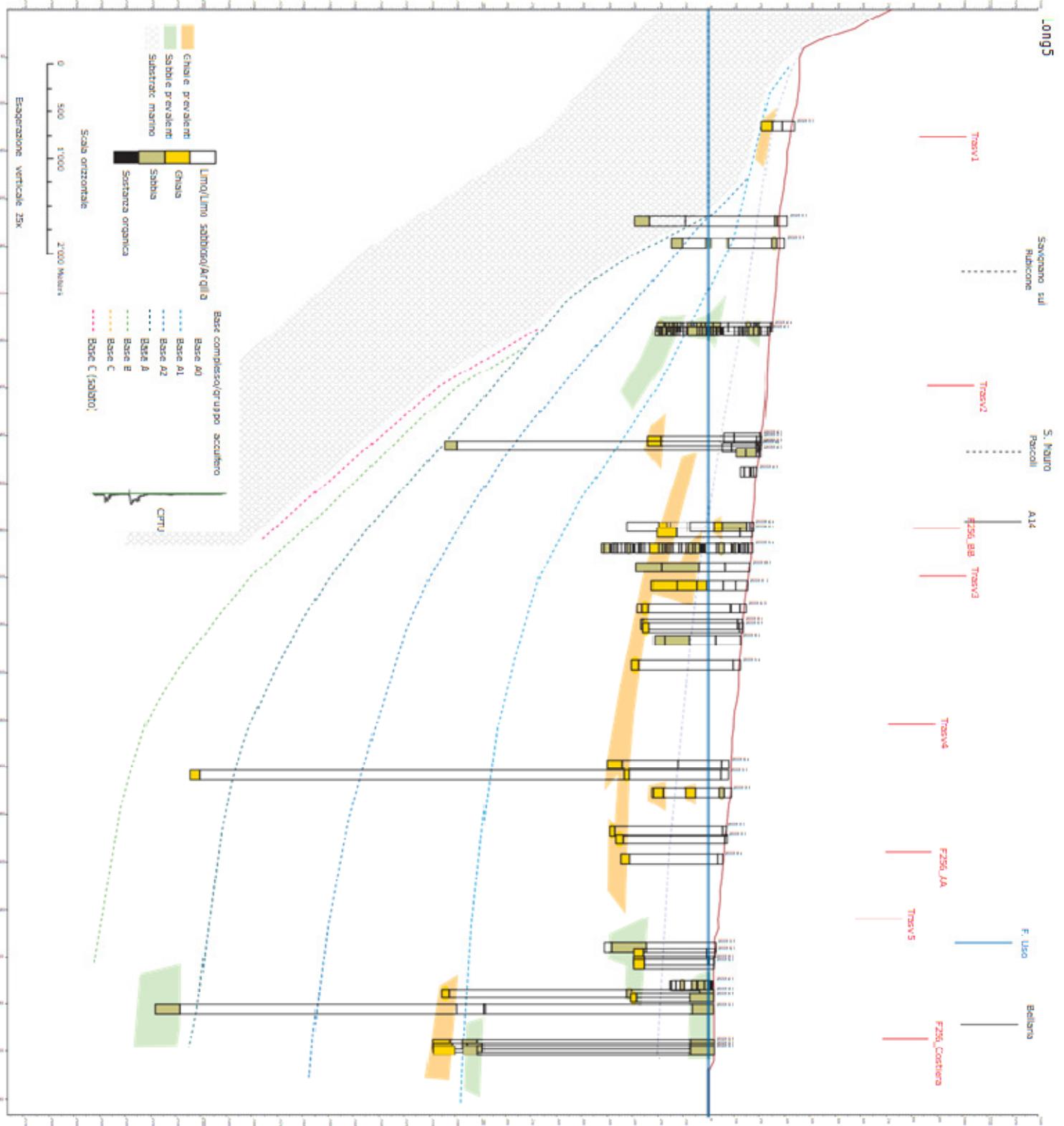
**Sezione 137 (trasversale al tracciato)**



**Sezione 143 (parallela al tracciato)**



# Sezione 140 (trasversale al tracciato)



Dall'analisi delle sezioni sopra riportate, che caratterizzano le litologie di massima riscontrabili lungo il percorso della condotta ("Terza direttrice") si può notare che nei primi 10/15m di profondità i terreni presenti rappresentano depositi di tracimazione fluviale ed in particolare sono costituiti da limi, limi sabbiosi e argille, con quelli più fini riscontrabili già a breve distanza dagli argini e i limi sabbiosi con accessorie sabbie limose presenti solo in prossimità dei canali fluviali e dei loro paleoalvei.

**Nelle pagine seguenti sono riportati gli estratti dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna in scala 1:25000.**

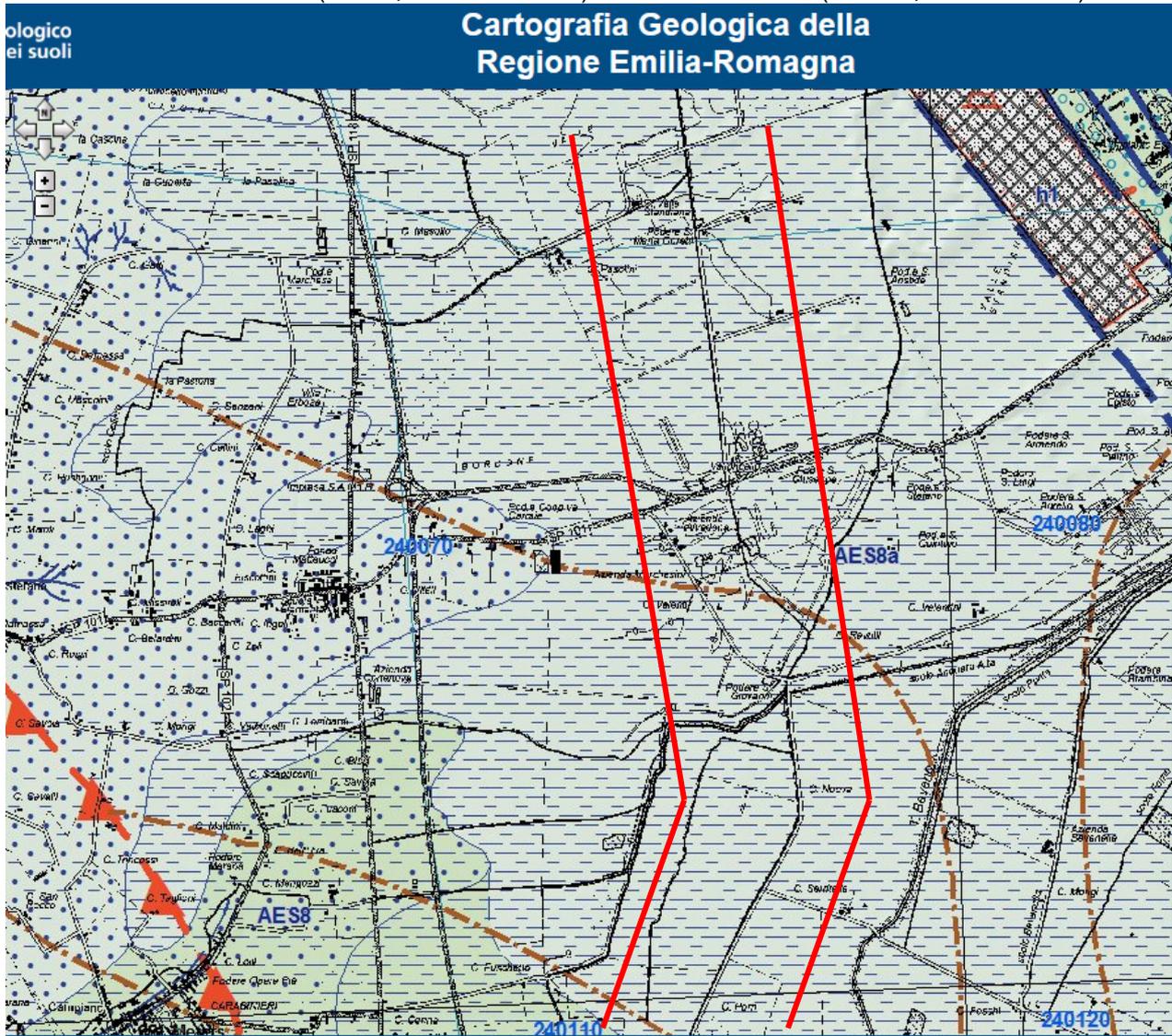
**Le litologie (50K), sono relative ai primi 2,5÷3,0 metri di profondità dal p.c.**

**E' delimitata da linee rosse continue la fascia di interesse del possibile tracciato di progetto della condotta.**

**Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:25000**  
(Ingrandito alle dimensioni del foglio; Tratta Nord)

UBICAZIONE AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO DELLA CONDOTTA:  
Comune di Ravenna, sez. CTR: 240070

**Unità geologiche (50K) :** Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna  
(AES8, verde intenso) - Unità di Modena (AES8a, verde chiaro)



In marrone (punto linea): Isobata della base del Pliocene (-7500m. a centro carta, -7000m a Sud)

In blu: cordoni litorali sepolti (ad est: massima trasgressione Flandriana).

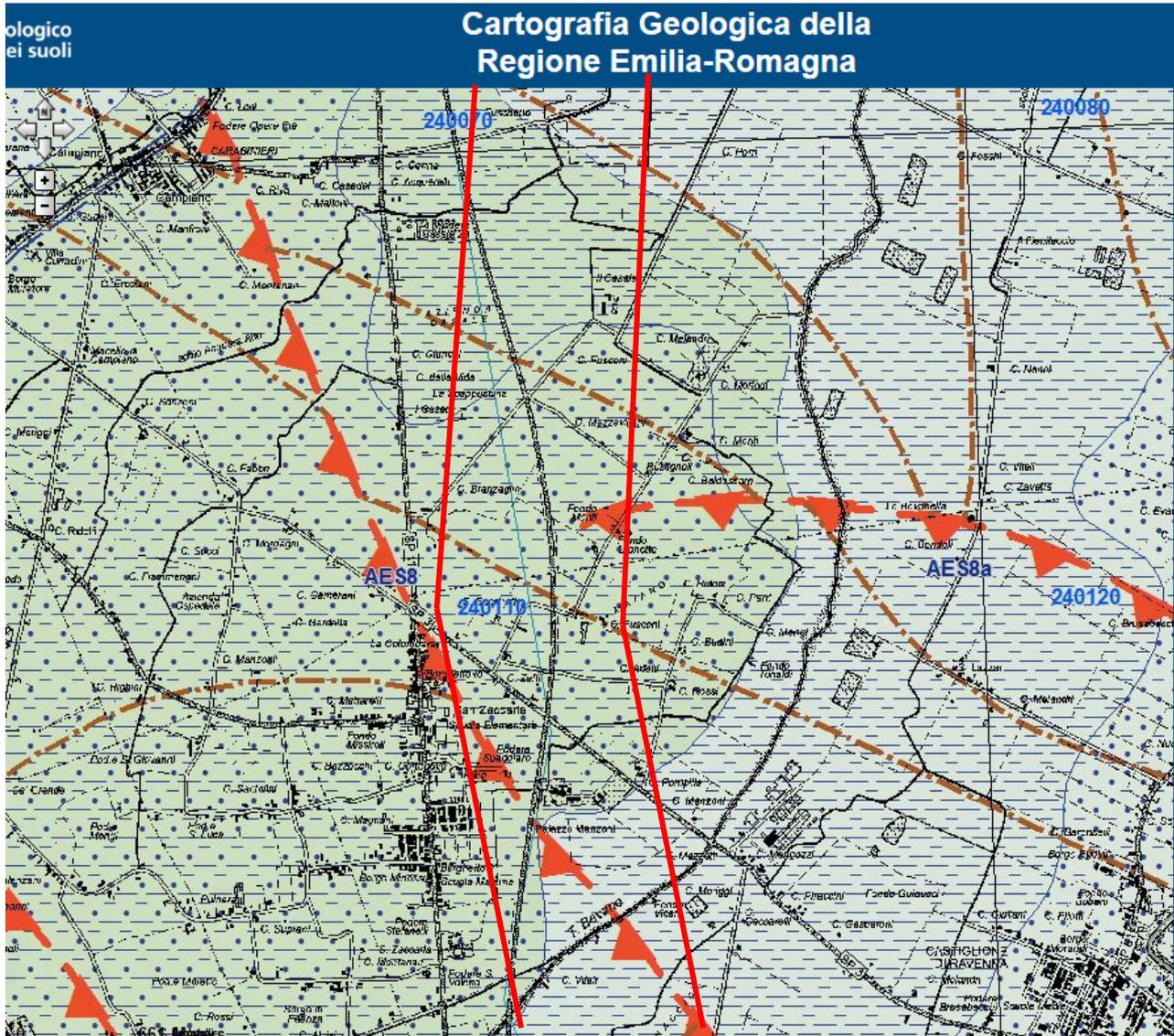
In rosso, tratteggiato con triangolini: Sovrascorrimenti post.Tortoniani dedotti;

- aree con tratteggi orizzontali blu (verdi chiaro e intenso): AL = Argilla limosa (e/o limo argilloso).  
Deposito: di piana inondabile in area interfluviale  
Ambiente: Piana alluvionale

**Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:25000**  
(Ingrandito alle dimensioni del foglio; Tratta Nord)

UBICAZIONE AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO DELLA CONDOTTA:  
Comune di Ravenna, sez. CTR: 240110

**Unità geologiche (50K) :** Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna  
(AES8, verde intenso) - Unità di Modena (AES8a, verde chiaro)



In marrone (punto linea): Isobata della base del Pliocene (-7000m, a centro carta, -4500m a Sud)

In blu a tratteggio doppio: traccia di alveo fluviale abbandonato certa (Fiume Ronco).

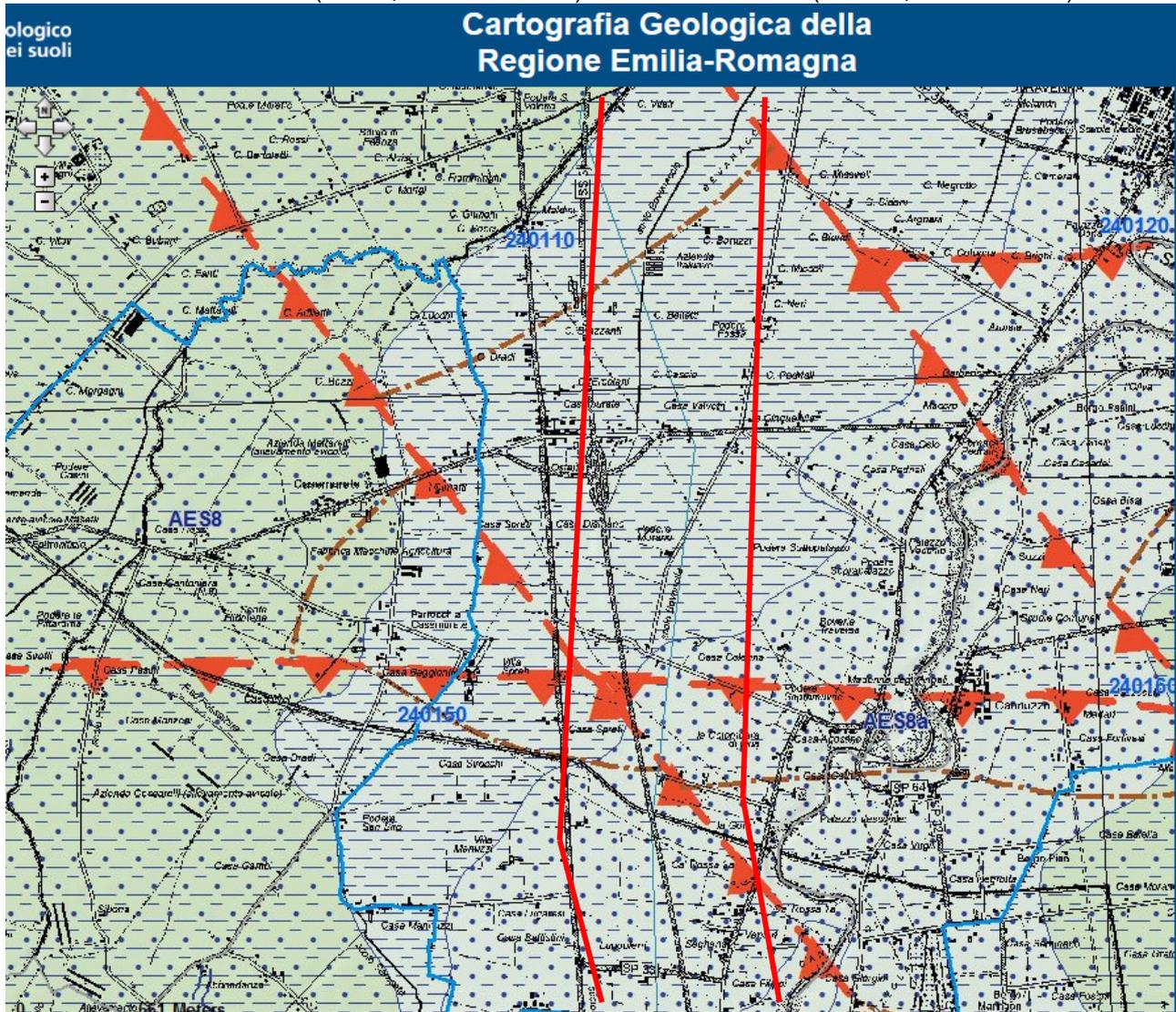
In rosso, tratteggio con triangolini: Sovrascorrimenti post.Tortoniani dedotti;

- aree con tratteggi orizzontali blu (verdi chiaro e intenso): AL = Argilla limosa (e/o limo argilloso).  
Deposito: di piana inondabile in area interfluviale  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con puntini blu e trattini orizzontali (verde intenso): SLA = Sabbia limoso-argillosa.  
Deposito: di tracimazioni fluviali indifferenziate.  
Ambiente: Piana alluvionale

**Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:25000**  
(Ingrandito alle dimensioni del foglio; Tratta Cento- Nord)

UBICAZIONE AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO DELLA CONDOTTA:  
Comune di Ravenna, sez. CTR: 240110 - 240150

**Unità geologiche (50K) :** Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna  
(AES8, verde intenso) - Unità di Modena (AES8a, verde chiaro)



In marrone (punto linea): Isobata della base del Pliocene (-3500m, a centro nord, -1500m a Sud)

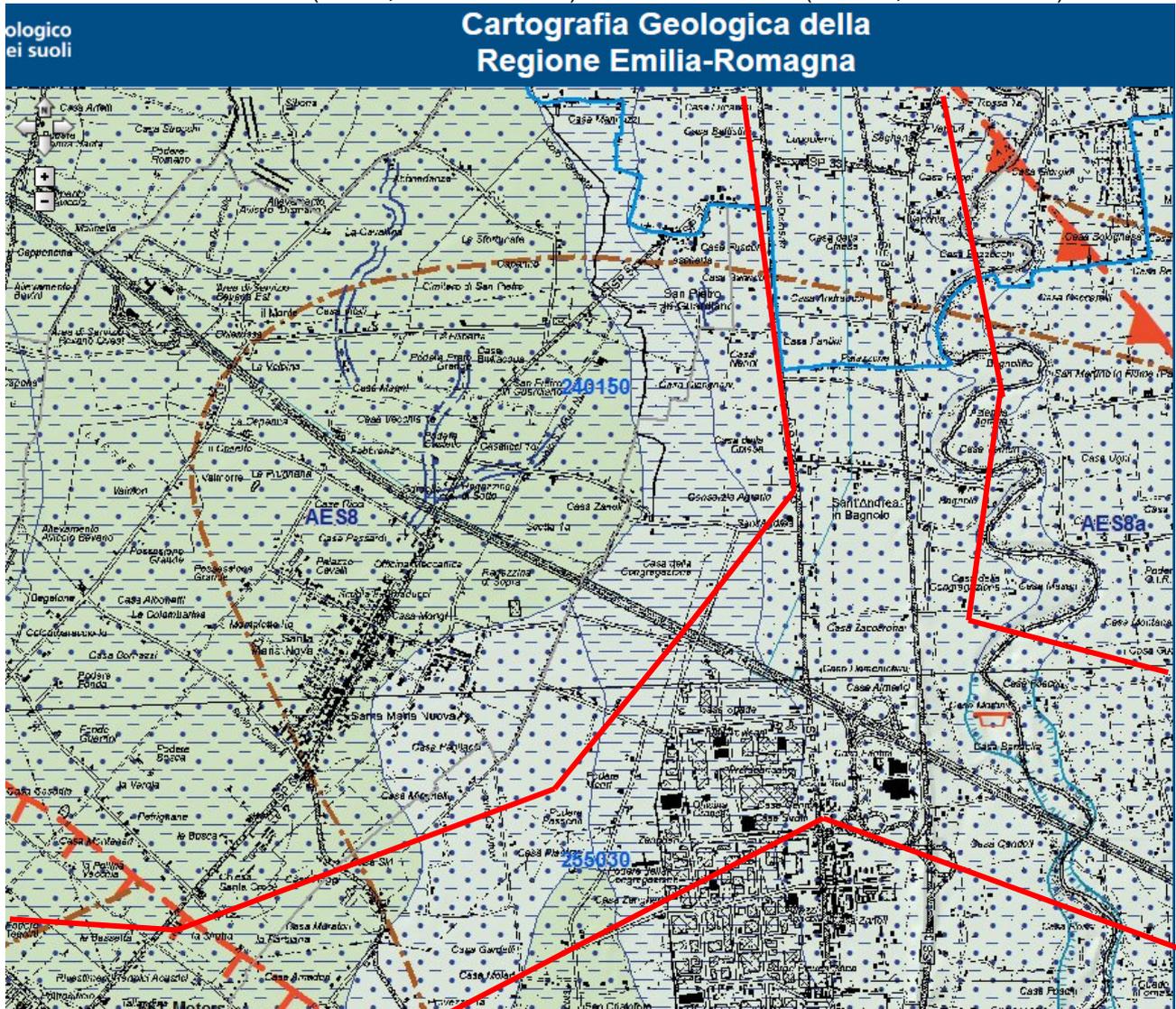
In rosso, tratteggiato con triangolini: Sovrascorrimenti post.Tortoniani dedotti;

- area con tratteggi orizzontali blu (verde chiaro): AL = Argilla limosa (e/o limo argilloso)  
Deposito: di piana inondabile in area interfluviale,  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con puntini blu e radi trattini oriozzontali (verde chiaro): SL = Sabbia limosa.  
Deposito: di canale argine e rotta fluviale.  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con puntini blu e trattini orizzontali (verde intenso): SLA = Sabbia limoso-argillosa.  
Deposito: di tracimazioni fluviali indifferenziate.  
Ambiente: Piana alluvionale

**Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:25000**  
(Ingrandito alle dimensioni del foglio; Tratta Centrale)

UBICAZIONE AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO DELLA CONDOTTA:  
Comune di Cesena, sez. CTR: 240150 - 255030

**Unità geologiche (50K) :** Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna  
(AES8, verde intenso) - Unità di Modena (AES8a, verde chiaro)



In marrone (punto linea): Isobata della base del Pliocene (-500m)

In blu a tratteggio doppio: traccia di alveo fluviale abbandonato certa.

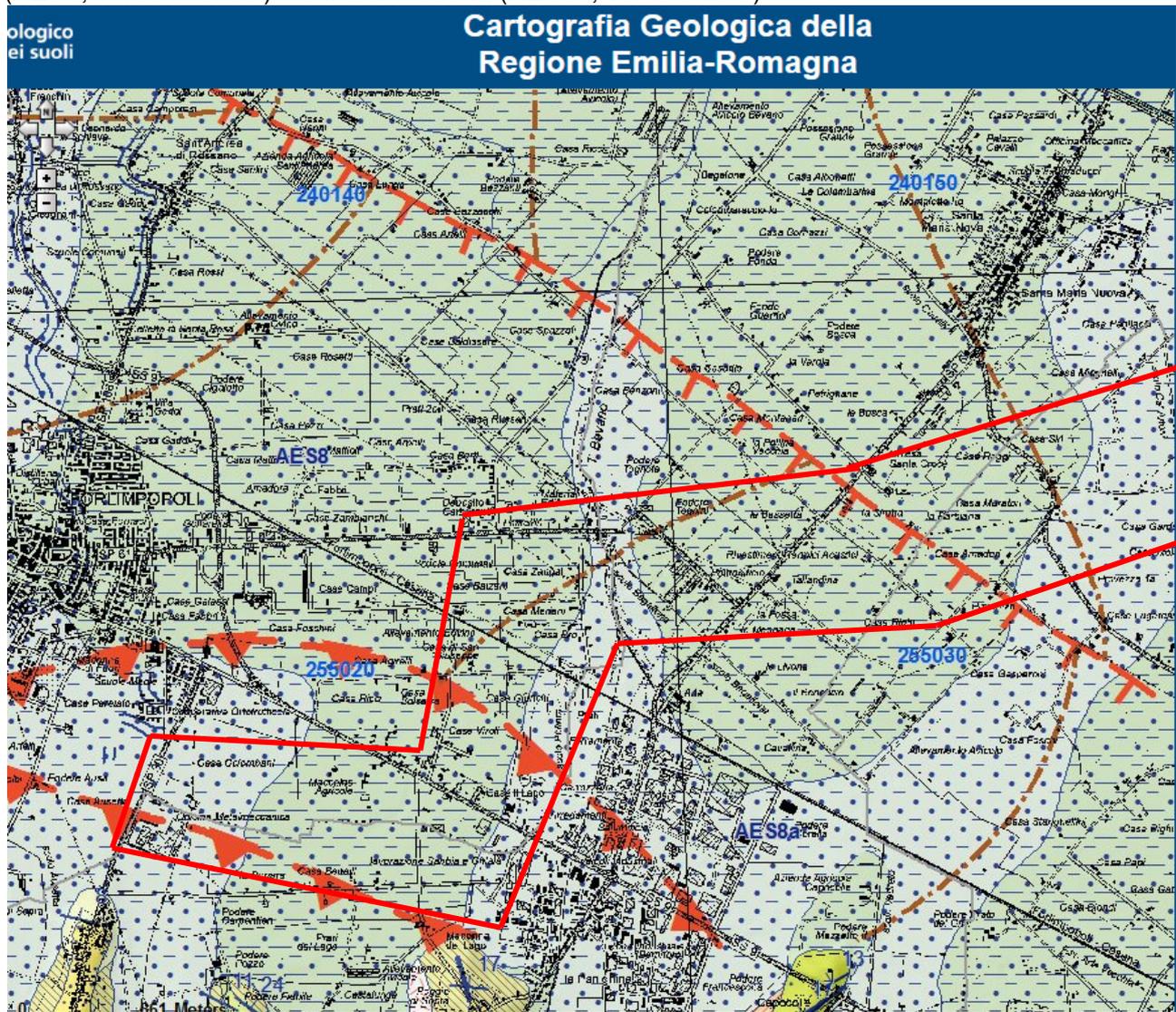
In rosso, tratteggiato con trattini perpendicolari: Faglia profonda diretta dedotta.

- area con puntini blu e radi trattini orizzontali (verde chiaro): SL = Sabbia limosa.  
Deposito: di canale argine e rotta fluviale.  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con trattini orizzontali blu (verde chiaro): AL = Argilla limosa (e/o limo argilloso)  
Deposito: di piana inondabile in area interfluviale,  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con puntini blu e trattini orizzontali (verde intenso): SLA = Sabbia limoso-argillosa.  
Deposito: di traccimazioni fluviali indifferenziate.  
Ambiente: Piana alluvionale

**Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:25000**  
(Ingrandito alle dimensioni del foglio; Tratta Centro-occidentale)

UBICAZIONE AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO DELLA CONDOTTA:  
Comuni di Forlimpopoli (FC) e Cesena, sez. CTR: 255020 - 255030

**Unità geologiche (50K) :** Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna  
(AES8, verde intenso) - Unità di Modena (AES8a, verde chiaro)



In marrone (punto linea): Isobata della base del Pliocene (-500m, a Nord Est ed a centro carta)

In rosso, tratteggiato con triangolini: Sovrascorrimenti post-Tortoniani dedotti;

In rosso, tratteggiato con trattini perpendicolari: Faglia profonda diretta dedotta.;

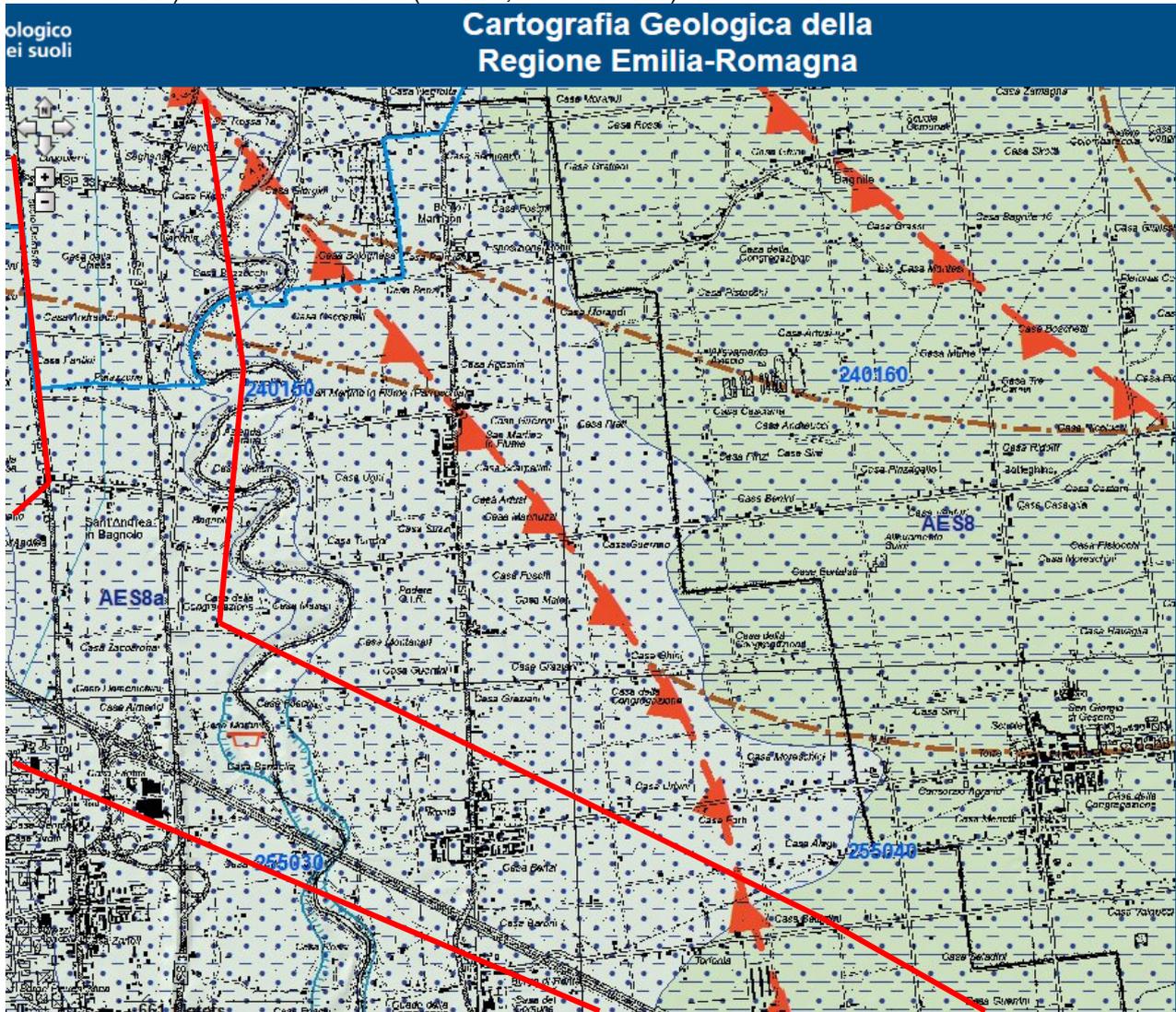
In blu a tratteggio doppio: traccia di alveo fluviale abbandonato certa (a Nord-Est: fiume Ronco).

- area con puntini blu e radi trattini oriozzontali (verde chiaro): SL = Sabbia limosa.  
Deposito: di canale argine e rotta fluviale.  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con puntini blu e trattini orizzontali (verde intenso): SLA = Sabbia limoso-argillosa.  
Deposito: di tracimazioni fluviali indifferenziate.  
Ambiente: Piana alluvionale

**Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:25000**  
(Ingrandito alle dimensioni del foglio; Tratta Centrale)

UBICAZIONE AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO DELLA CONDOTTA:  
Comune di Cesena, sez. CTR: 240150 - 255030 - 255040

**Unità geologiche (50K) :** Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna (AES8, verde intenso) - Unità di Modena (AES8a, verde chiaro)



In marrone (punto linea): Isobata della base del Pliocene (-1000m a centro carta; -500, sfalsate, poco più a Sud)

In rosso, tratteggiato con triangolini: Sovrascorrimenti post-Tortoniani dedotti;

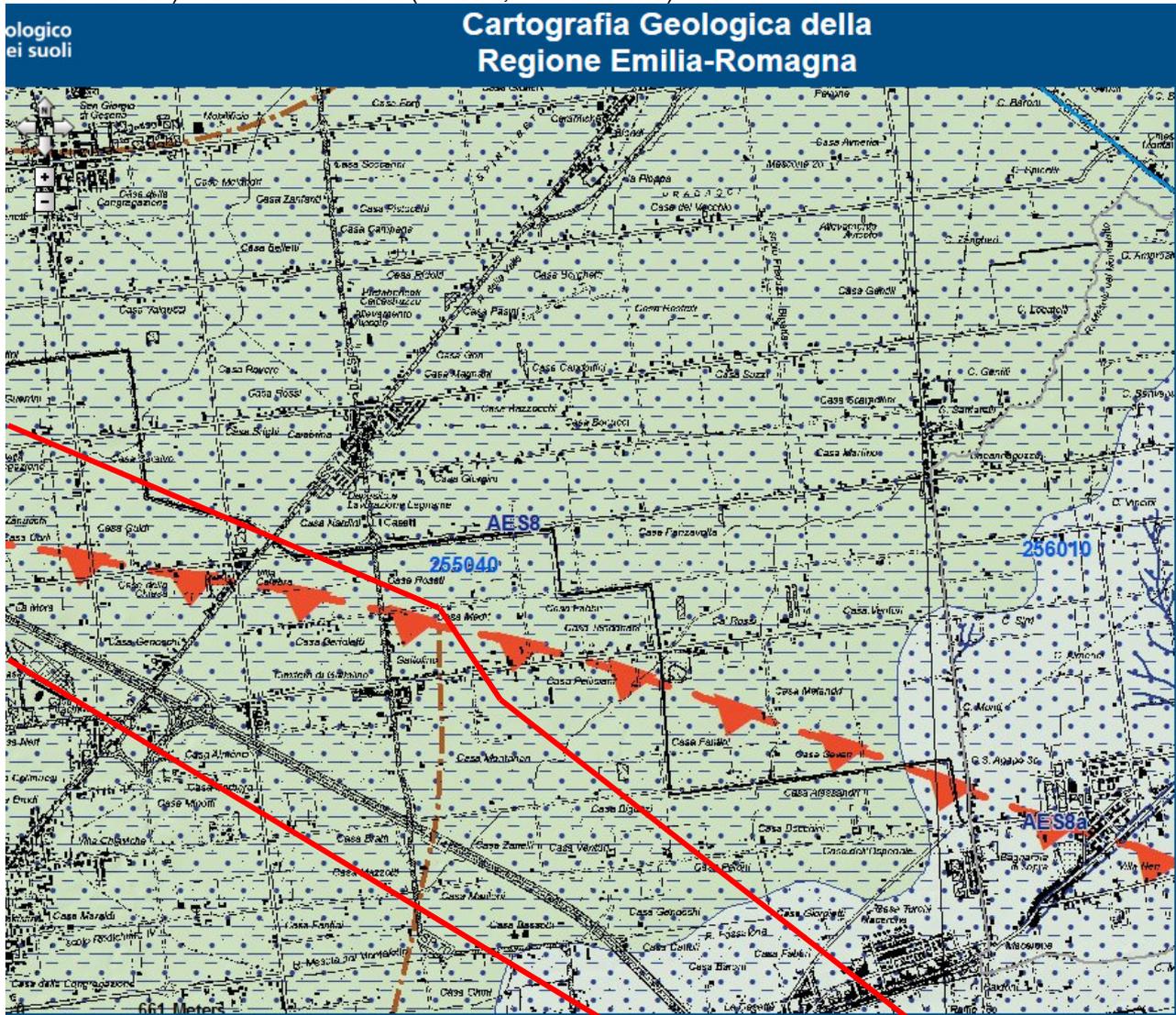
**Litologie (50K), relative ai primi 2,5-3,0 metri di profondità dal p.c.:**

- area con puntini blu e radi trattini orizzontali (verde chiaro): SL = Sabbia limosa.  
Deposito: di canale argine e rotta fluviale.  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con puntini blu e trattini orizzontali (verde intenso): SLA = Sabbia limoso-argillosa.  
Deposito: di traccimazioni fluviali indifferenziate.  
Ambiente: Piana alluvionale

**Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:25000**  
(Ingrandito alle dimensioni del foglio; Tratta Centro-orientale)

UBICAZIONE AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO DELLA CONDOTTA:  
Comune di Cesena, sez. CTR: 255040

**Unità geologiche (50K) :** Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna (AES8, verde intenso ) - Unità di Modena (AES8a, verde chiaro)



In marrone (punto linea): Isobata della base del Pliocene (-500, sfasate, a Nord-Est ed a Sud)

In rosso, tratteggiato con triangolini: Sovrascorrimenti post.Tortoniani dedotti;

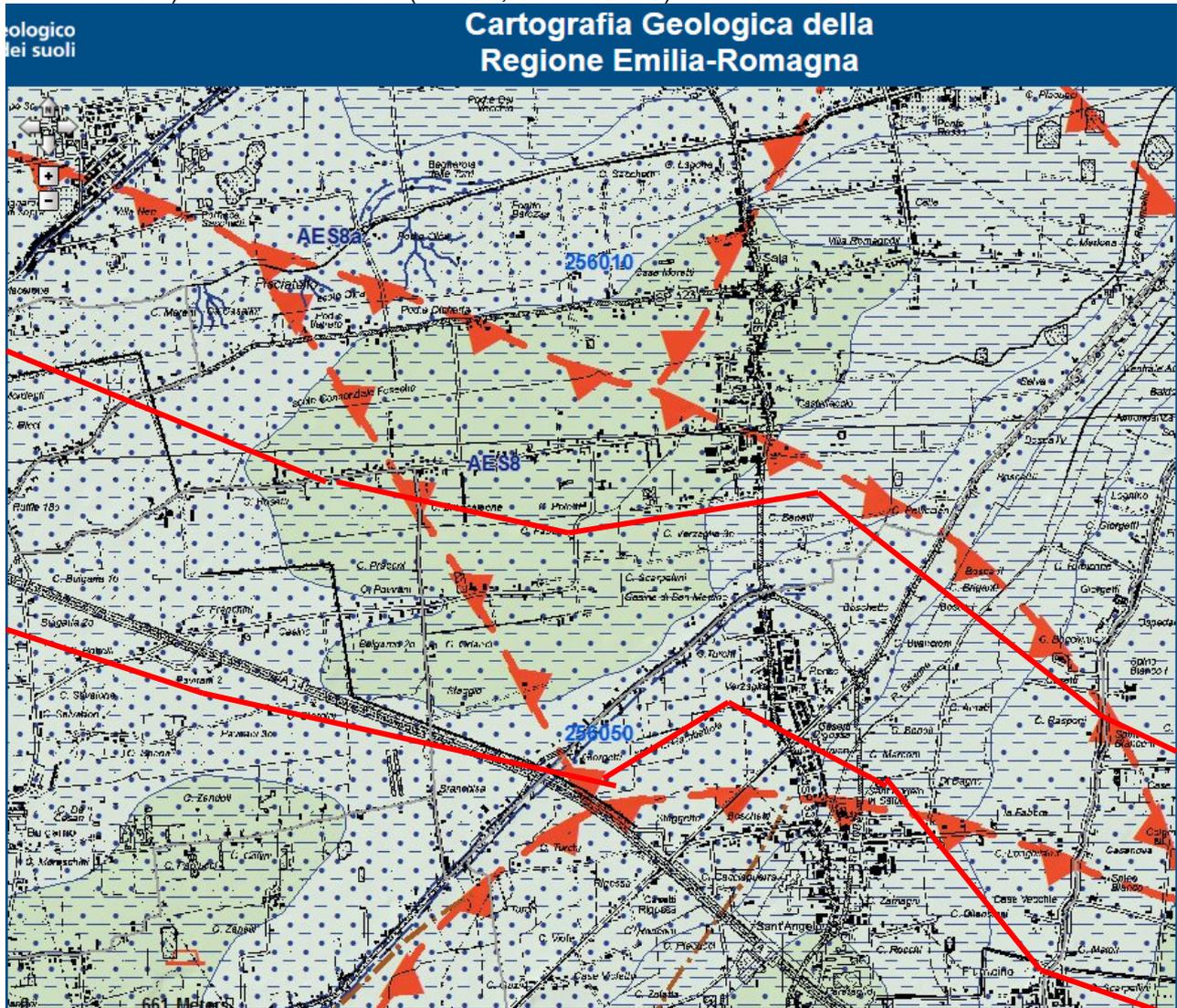
In blu a tratteggio doppio: traccia di alveo fluviale abbandonato certa (a Sud-Est: t. Pisciatello).

- area con puntini blu e trattini orizzontali (verde intenso): SLA = Sabbia limoso-argillosa.  
Deposito: di traccimazioni fluviali indifferenziate.  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con puntini blu e radi trattini oriozzontali (verde chiaro): SL = Sabbia limosa.  
Deposito: di canale argine e rotta fluviale.  
Ambiente: Piana alluvionale

**Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:25000**  
(Ingrandito alle dimensioni del foglio; Tratta orientale)

UBICAZIONE AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO DELLA CONDOTTA:  
Comuni di Cesena, Gatteo, Savignano Sul Rubicone; sez. CTR: 256050

**Unità geologiche (50K) :** Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna (AES8, verde intenso) - Unità di Modena (AES8a, verde chiaro)



In rosso, tratteggiato con triangolini: Sovrascorrimenti post.Tortoniani dedotti;

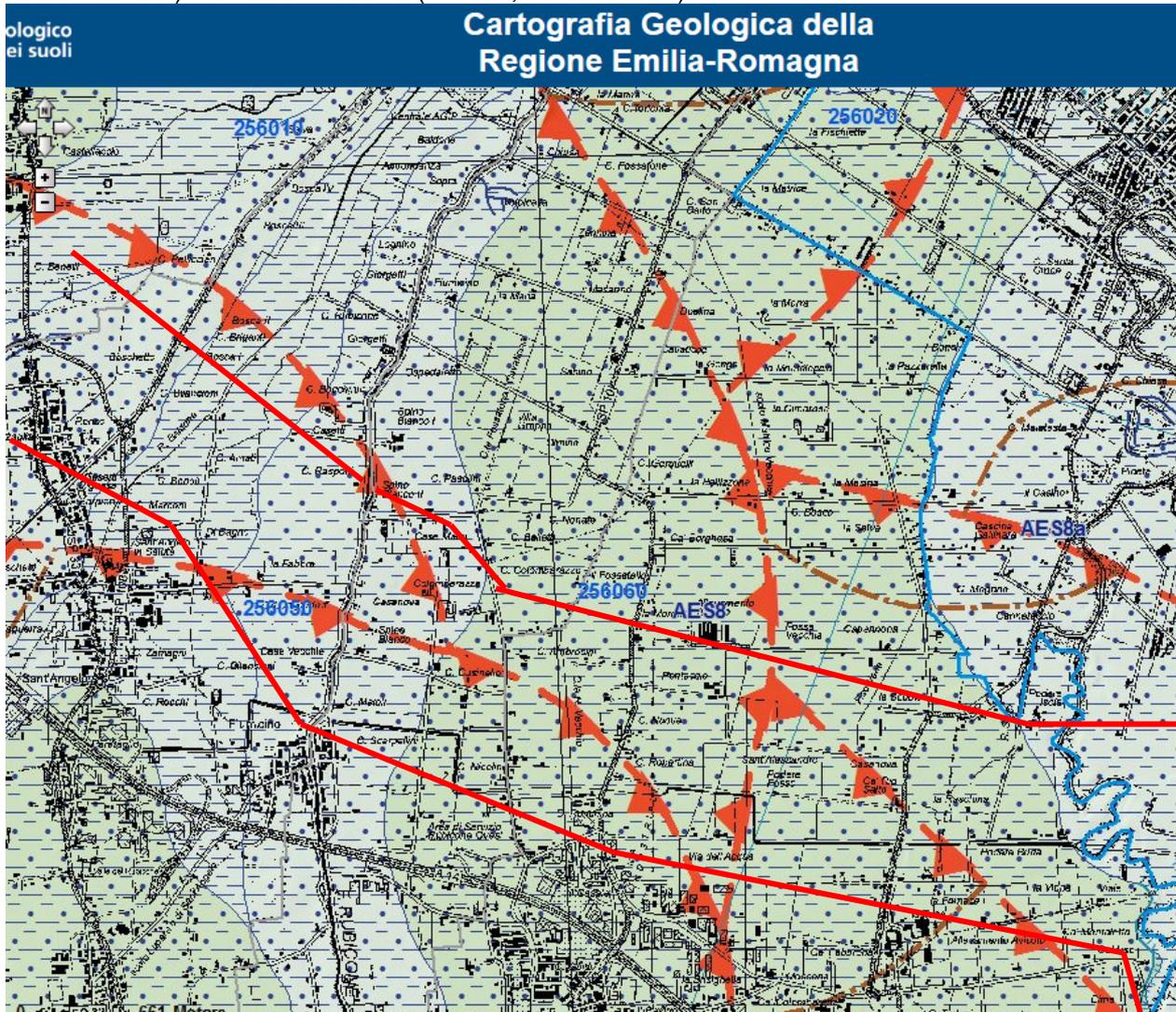
In blu a tratteggio doppio: traccia di alveo fluviale abbandonato certa (t. Rubicone).

- area con puntini blu e radi trattini oriozzontali (verde chiaro): SL = Sabbia limosa.  
Deposito: di canale argine e rotta fluviale.  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con puntini blu e trattini orizzontali (verde intenso): LAS = limo argilloso sabbioso.  
Deposito: di tracicazioni fluviali indifferenziate.  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con trattini orizzontali blu (verde chiaro): AL = Argilla limosa (e/o limo argilloso)  
Deposito: di piana inondabile in area interfluviale,  
Ambiente: Piana alluvionale

**Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:25000**  
(Ingrandito alle dimensioni del foglio; Tratta orientale)

UBICAZIONE AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO DELLA CONDOTTA:  
Comune di S. Mauro Pascoli, sez. CTR: 256050 -256060

**Unità geologiche (50K) :** Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna (AES8, verde intenso ) - Unità di Modena (AES8a, verde chiaro)



In marrone (punto linea): Isobata della base del Pliocene (-3000 a Nord-Est; -2500 a Sud.Est)

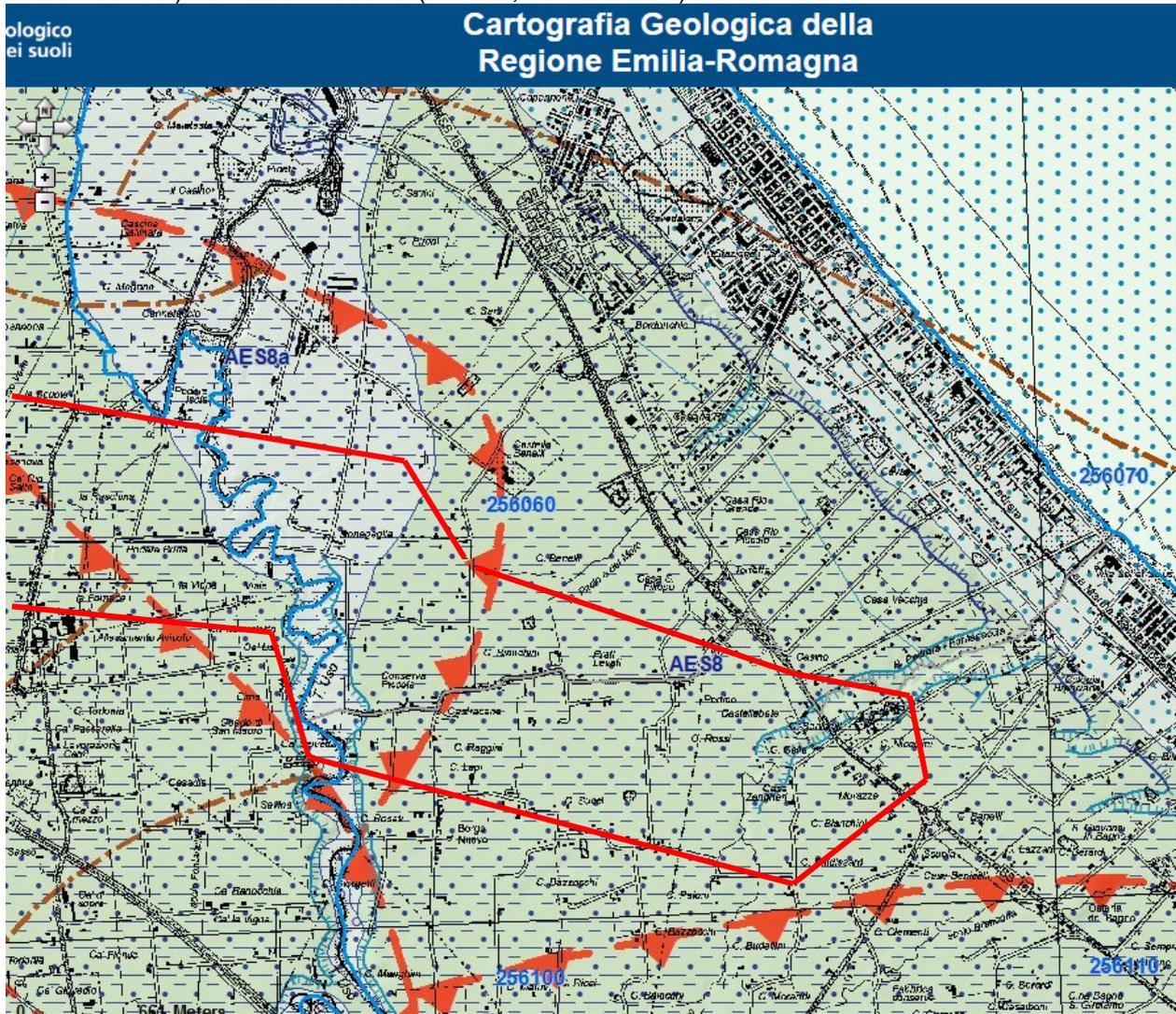
In rosso, tratteggiato con triangolini: Sovrascorrimenti post.Tortoniani dedotti;

- area con puntini blu e radi trattini oriozzontali (verde chiaro): SL = Sabbia limosa.  
Deposito: di canale argine e rotta fluviale.  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con puntini blu e trattini orizzontali (verde chiaro): SLA = Sabbia limoso-argillosa.  
Deposito: di canale argine e rotta fluviale.  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con trattini orizzontali blu (verde chiaro): AL = Argilla limosa (e/o limo argilloso)  
Deposito: di piana inondabile in area interfluviale,  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con puntini blu e trattini orizzontali (verde intenso): LAS = limo argilloso-sabbioso.  
Deposito: di tracimazioni fluviali indifferenziate.  
Ambiente: Piana alluvionale

**Estratto dalla Cartografia Geologica online della Regione Emilia Romagna 1:25000**  
(Ingrandito alle dimensioni del foglio; Tratta orientale)

UBICAZIONE AREA INTERESSATA DAL TRACCIATO DELLA CONDOTTA:  
Comuni di S. Mauro Pascoli Bellaria (RN) Rimini, sez. CTR: 256060

**Unità geologiche (50K) :** Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna (AES8, verde intenso ) - Unità di Modena (AES8a, verde chiaro)



In marrone (punto linea): Isobata della base del Pliocene (-3000 a Nord, Nord-Est; -2000 a Sud-Ovest)

In rosso, tratteggiato con triangolini: Sovrascorrimenti post.Tortoniani dedotti;

- area con puntini blu e trattini oriozzontali (verde chiaro): SLA = Sabbia limoso-argillosa  
Deposito: di canale argine e rotta fluviale.  
Ambiente: Piana alluvionale
- area con puntini blu e trattini orizzontali (verde intenso): LAS = limo argilloso-sabbiso.  
Deposito: di tracimazioni fluviali indifferenziate.  
Ambiente: Piana alluvionale

#### 4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La fascia del possibile tracciato di progetto si sviluppa dalla bassa pianura ravennate sino all'alta pianura (tra Pievesistina di Cesena, S. Maria Nuova di Bertinoro e Forlimpopoli) e la media pianura da Pievesistina (Cesena) sino a Torre Pedrera (RN), mantenendosi principalmente immediatamente a Nord dell'autostrada adriatica.

Il territorio in oggetto è assimilabile ad un piano debolmente inclinato con immersione NE od E-NE nel tratto più orientale con pendenze medie dell'1,0÷1,5‰ nella parte centro occidentale e 1,0÷2,0‰ in quella orientale. Sono presenti lievi ondulazioni che si manifestano con ampie depressioni a fondo subpianeggiante, separate da strette zone in rilievo date dai dossi dei corsi d'acqua passati e recenti.

I processi morfogenetici caratteristici di questa zona sono principalmente di origine fluviale: infatti, tale territorio fa parte della Piana a copertura alluvionale nella quale i torrenti appenninici in occasione delle piene rompevano gli argini o tracimavano, spandendo le loro acque nelle aree basse adiacenti e modificando ripetutamente il loro corso.

I depositi sabbiosi ed i suoli a tessitura da media a moderatamente grossolana sono principalmente connessi con i paleoalvei e occupano le zone lungo i fianchi dei corsi d'acqua attivi o abbandonati, mentre i sedimenti a granulometria fine occupano generalmente le aree alluvionali in cui anche i suoli presentano una tessitura argillosa. Nelle aree di transizione si riconoscono suoli con tessitura da media a moderatamente fine. La zona in esame è caratterizzata da depositi connessi principalmente alla dinamica fluviale dei fiumi / torrenti (da Ovest verso Est): Ronco, Bevano, Savio, Pisciatello, Rubicone, Uso.

Osservando gli stralci della carta geologica della Regione Emilia-Romagna (scala 1:25.000) risulta evidente l'assetto geomorfologico sopra descritto, con delle fasce orientate all'incirca SO-NE, caratterizzate da un'alternanza tra quelle leggerissimamente più rilevate e costituiti da sedimenti superficiali maggiormente limosi o limoso-sabbiosi e quelle leggerissimamente più depresse caratterizzate da sedimenti limoso-argillosi.

Occorre ricordare che nell'intero territorio oggetto del presente studio, a causa dell'intensa attività agricola molti tra gli elementi geomorfologici, specie quelli legati ai paleoalvei, sono stati in gran parte cancellati dal rimodellamento antropico del territorio con l'esclusione di alcune tracce.

L'area interessata dalla condotta presenta valori altimetrici compresi tra +1m s.l.m. nell'estremità Nord e circa + 35m s.l.m. nella parte sud-occidentale (presso Forlimpopoli).

## 5. MODELLO IDROGEOLOGICO

Le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, sia idrogeologico che stratigrafico, dell'intera Pianura Padana Emiliano-Romagnola.

A riguardo, secondo gli studi della Regione Emilia-Romagna e di Eni-Agip ("Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna", 1998) si distinguono 3 Unità Idrostratigrafiche di rango superiore (UIS), denominate Gruppi Acquiferi A, B e C, a loro volta suddivise in unità, gerarchicamente inferiori, denominate Complessi di Acquiferi (vedi figura seguente). Esse affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal fiume Po, Reno (e loro affluenti) e dai fiumi romagnoli che sboccano a mare, negli ultimi 20.000 anni (questi ultimi, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (acquifero superficiali).

Ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale, denominati Barriere di Permeabilità Regionali.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE				ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE				
AFFIORANTI		SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO			
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	SUPER SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	UNITA' DI BORGO PANIGALE	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A	A1			
	DILUVIUM p.p.			FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE			UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI BORGO PANIGALE	A2	
									FORMAZIONE DI OLMATELLO	A3
										UNITA' DI VILLA DEL BOSCO
FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI BORGO PANIGALE	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO	B	B1			
DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI BORGO PANIGALE	B2						
				FORMAZIONE DI OLMATELLO			B3			
							UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	B4		
MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	SUPER SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SUPER SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	UNITA' DI BORGO PANIGALE	~0.65	PLEISTOCENE INFERIORE	C	C1			
MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.				SUPER SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO			UNITA' DI BORGO PANIGALE	~0.8	C2	
CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.								~1.0	C3	
CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.								~2.2	C4	
P <sub>2</sub>	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPER SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	~3.3-3.6	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE	C	C5			
				~3.9	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE		ACQUITARDO BASALE			

Schema idrostratigrafico della Pianura Emiliano-Romagnola

Il loro limite inferiore è dato dall'Acquitardo Basale, formato da unità complessivamente impermeabili.

Per il presente studio riveste importanza il Gruppo Acquifero A (Pleistocene Sup. - Olocene), a sua volta suddiviso in 4 Complessi Acquiferi A1, A2, A3 e A4.

Dall'esame delle sezioni n° 137,143, 140 (progetto pianura cesenate) riportate nelle pagg. 15,16,17, che interessa i territori di Cesena, Cesenatico, Savignano S. Rubicone, S. Mauro Pascoli Bellaria- Rimini, è possibile osservare che il Complesso Acquifero A1, più superficiale, presenta nell'area di progetto uno spessore compreso tra i 60 e gli 80m; mentre nel ravennate è valutata attorno ai 100m di profondità e nell'alta pianura presso Forlimpopoli tra i 50 ed i 60metri.

In particolare, nell'area interessata dalla condotta in progetto è possibile riconoscere una struttura idrogeologica, relativa all'acquifero superficiale, che interessa i primi 10-20m di profondità ed un sistema di acquiferi profondi costituiti da falde acquifere in pressione il cui limite inferiore è rappresentato dall'interfaccia acqua dolce acqua salmastra (Idroser 1978). E' possibile ipotizzare la suddivisione del sistema nelle seguenti unità idrogeologiche, dall'alto verso il basso:

- **acquifero freatico** (superficiale):

Nonostante l'ampia area interessata dal tracciato della condotta, che si sviluppa dalla bassa pianura ravennate sino all'alta pianura presso Forlimpopoli (a SUD Ovest) e la media pianura (tratto dal comune di Cesena sino a Torre Pedrera), si può affermare che l'acquifero superficiale presenta mediamente una potenza compresa tra i 10 ed i 20m di profondità ed è contenuto principalmente in terreni fini costituiti per lo più da limi argillosi o argille limose e limi sabbiosi o talora sabbie limose in second'ordine (in corrispondenza dei paleoalvei); risulta comunque difficile identificare una struttura ben definita poiché i terreni alluvionali misti prevalgono su quelli ben classati (sabbie) infatti, questi ultimi presentano una limitata estensione laterale. L'acquifero superficiale è quindi legato ad una circolazione in terreni a tessitura mista (limi sabbioso-argillosi sabbie limose, argille sabbiose ecc.) passante localmente a lenti sabbiose alternate a terreni impermeabili o semipermeabili. E' quindi ipotizzabile una natura semiconfinata degli acquiferi con scarsa circolazione idrica e di conseguenza scarsa potenzialità idrica dei pozzi superficiali. L'alimentazione avviene sia lateralmente in connessione con i canali e le aste fluviali (sia verticalmente grazie alle precipitazioni). Essa è regimata dalla rete di canali e scoli consorziali, per lo più controllata da impianti idrovori e, vista la scadente qualità, soggetta a modesti emungimenti.

- **livello impermeabile argilloso di separazione**

(comunque caratterizzato da sottili intercalazioni sabbiose alluvionali);

- **sistema di acquiferi con falde in pressione:**

il sistema di acquiferi profondi con falde in pressione é, in pratica, formato da una serie di orizzonti permeabili sabbiosi riconducibili ad un unico acquifero multistrato a scala regionale, alimentato, per flusso sotterraneo, dalla retrostante pianura pedecollinare (conoidi).

L'assetto strutturale del letto dell'acquifero multistrato ricalca l'andamento delle strutture

prequaternarie. I singoli acquiferi mostrano un andamento analogo e risultano articolati da blande pieghe anticlinaliche e sinclinaliche, che si smorzano progressivamente dal basso verso l'alto, sino a raggiungere uno stato di quasi orizzontalità negli acquiferi superiori.

Relativamente all'assetto freaticometrico, la direzione generale del deflusso del settore romagnolo del bacino sedimentario padano è mediamente verso Nord-Est, e certamente il fiume Savio ed i torrenti appenninici, attraversati in area di media o alta pianura, hanno caratteristiche di drenaggio nei confronti della falda. Le oscillazioni stagionali della profondità della falda sono mediamente compresi tra 1,0 e 1,5m.

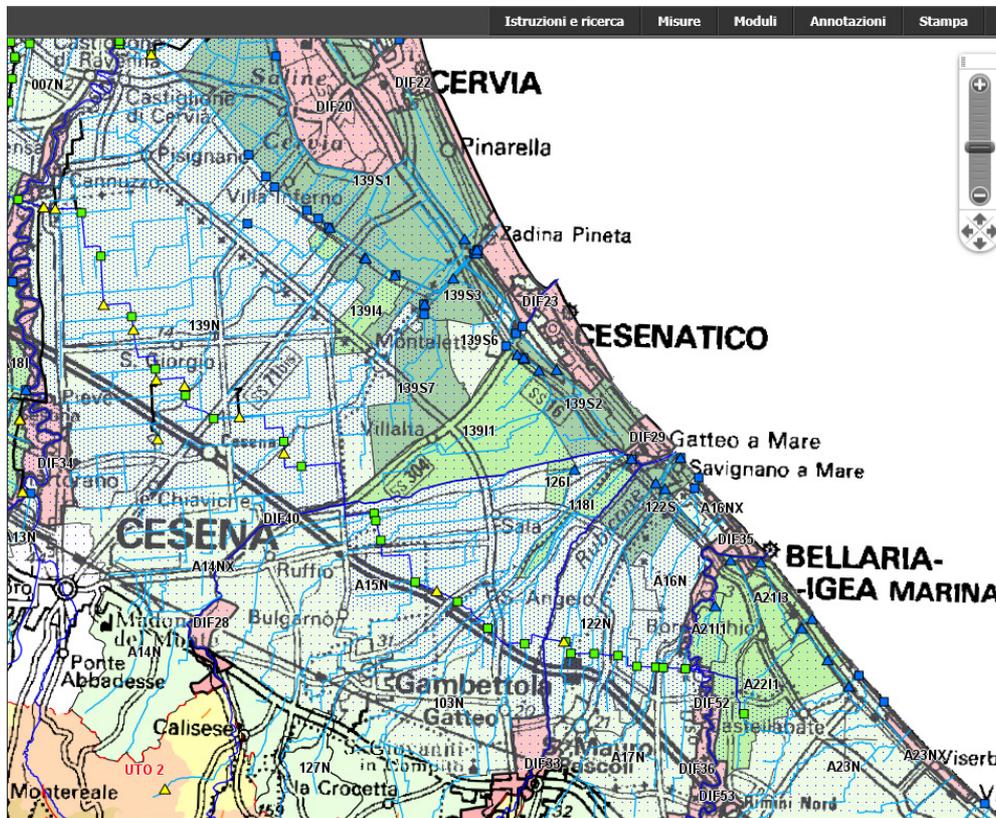
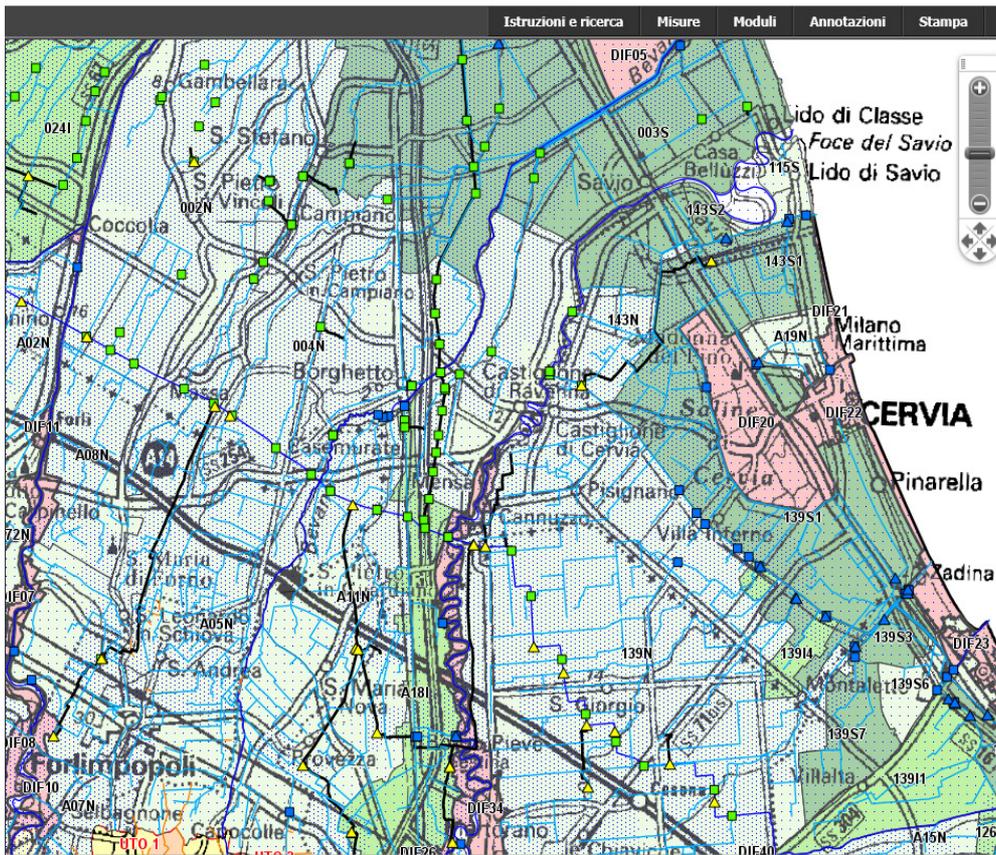
La profondità della falda freatica nell'area interessata dal progetto della condotta (misurata nel periodo marzo-aprile in occasione delle indagini svolte per la progettazione preliminare) è risultata compresa tra - 1,0 m presso Ravenna (CPTU1,2) e -8,3÷-11,4m (CPTU17,18) in corrispondenza dell'attraversamento del fiume Savio. A parte tali estremi, la profondità media è di circa 2÷2,5m dal p.c..

## 5.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

Per quanto riguarda l'**idrografia superficiale**, il territorio in cui è localizzato l'intervento può essere diviso in più settori:

- 1) Tratta a Nord di S. Zaccaria (Ravenna): piana interfluviale tra il fiume Ronco ed il torrente Bevano;
- 2) Tratta a Sud di San Zaccaria e sino S. Maria Nuova di Bertinoro: Piana interfluviale tra il torrente Bevano ed il fiume Savio;
- 3) Tratta Sud occidentale, da S. Maria Nuova a Forlimpopoli: piana interfluviale tra il fiume Ronco e il torrente Bevano (ma prossima a quest'ultimo)
- 4) Tratta centro-orientale, da Pievesistina di Cesena a Torre Pedrera, dove la condotta di progetto attraversa le piane interfluviali comprese tra i fiumi/torrenti: Savio÷piscioatello, Pisciatello÷Rubicone, Rubicone÷Uso, Uso÷Rio Fontanaccia. L'intera area ricade all'interno del comprensorio del "Consorzio di Bonifica della Romagna".

Le interferenze della condotta in progetto saranno risolte mediante adeguati interventi e nell'area circostante saranno comunque realizzate adeguate opere di regimazione delle acque superficiali.



Stralci della Cartografia del WEBGis del Consorzio di Bonifica della Romagna

## 6. RISCHIO IDRAULICO

Per quel che riguarda il rischio idraulico legato alla dinamica dei corsi d'acqua rappresentato dalle possibili esondazioni, come conseguenza di tracimazioni o di collassi arginali, rischio maggiorato per effetto della pensilità dei corsi d'acqua e per la morfologia pianeggiante delle aree adiacenti, è stato verificato quanto indicato dalla pianificazione di settore predisposto dalle:

- Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli,
- Autorità di Bacino Interregionale Marecchia-Conca, per il territorio dei Comuni di Rimini e Bellaria.

Relativamente alla pianificazione di bacino, si precisa che dal 17 febbraio 2017 è entrato in vigore il Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 25 ottobre 2016, che disciplina l'istituzione delle Autorità di Bacino Distrettuali e contestualmente sopprime le Autorità di Bacino nazionali, interregionali e regionali, di cui alla L. 183/1989.

Sino all'entrata in vigore del D.P.C.M. di cui all'art. 63, comma 4 del D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152, che sancirà il subentro dell'autorità distrettuale in tutti i rapporti, attivi e passivi, delle autorità di bacino di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183, l'**Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po** assicurerà la continuità amministrativa.

**Di seguito si analizzano gli strumenti attualmente vigenti per l'area interessata dalla fascia di progetto della condotta (Terza direttrice).**

### 6.1 VARIANTE DI COORDINAMENTO TRA IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI E IL PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico redatto dall'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, approvato con DGR n. 350 del 17 marzo 2003, è ad oggi sostituito dalla "Variante di coordinamento tra il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni e il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico", approvata dalla Giunta Regionale con deliberazione n. 2112 del 5.12.2016.

Si tratta di una variante cartografica e normativa che ha allineato ed armonizzato i contenuti del Piano Stralcio previgente con le successive modifiche ed i contenuti integrati e derivati a seguito della approvazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (Del. 235/2016 dei Comitati Istituzionali Integrati).

Le aree di interesse ricadono nel Titolo II "Assetto della rete idrografica".

La fascia di territorio interessata dal progetto della "Terza direttrice" interessa 4 tavole relative alla "Perimetrazione aree a rischio idrogeologico", in particolare:

240 E - 255 O - 255 E e 256 O (in scala 1:25000).

Con la nuova Variante l'area interessata dal progetto, così come tutta la pianura romagnola, ricade

in “**Aree di potenziale allagamento**”, **normate dall’art. 6**, che identifica la zona a media probabilità (P2) di allagamento da parte della rete idrografica.

Di seguito si riporta la norma dell’Art. 6:

1. *Le aree di cui al presente articolo sono quelle nelle quali si riconosce la possibilità di allagamenti a seguito di piene del reticolo minore e di bonifica, nonché di sormonto degli argini da parte di piene dei corsi d’acqua principali di pianura, in corrispondenza di piene con tempo di ritorno non superiore ai 200 anni, senza apprezzabili effetti dinamici. Tali aree, individuate in conformità con il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni di cui alla Direttiva 2007/60/CE, sono indicate nelle tavole della Perimetrazione aree a rischio idrogeologico relative al territorio di pianura del bacino idrografico oggetto del presente piano.*
2. *Al fine di ridurre il rischio nelle aree di potenziale allagamento la realizzazione di nuovi manufatti edilizi, opere infrastrutturali, reti tecnologiche, impiantistiche e di trasporto di energia sono subordinate all’adozione di misure in termini di protezione dall’evento e/o di riduzione della vulnerabilità.*
3. *I Comuni il cui territorio ricade nelle aree di potenziale allagamento provvedono a definire e ad applicare tali misure in sede di revisione degli strumenti urbanistici comunali vigenti, e nel caso di adozione di nuove varianti agli stessi.*
4. *L’Autorità di Bacino definisce, con la "Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica", approvata con Delibera Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003 e s. m. e i. , i tiranti idrici di riferimento e fornisce indicazioni riguardo agli accorgimenti tecnico-costruttivi e ai diversi gradi di cautela da adottare in funzione dei tiranti idrici di riferimento.*
5. *Le previsioni degli strumenti urbanistici vigenti vengono attuate tenendo conto delle indicazioni di cui al presente articolo. In particolare, in sede di approvazione dei progetti e di autorizzazione degli interventi i Comuni, prescrivono l’adozione di tutti gli accorgimenti tecnico - progettuali di cui ai commi 3 e 4, necessari a evitare o limitare l’esposizione dei beni e delle persone a rischi connessi all’esondazione.*
6. *Qualora emergano motivi per modificare le perimetrazioni delle aree di cui al presente articolo, quali modifiche morfologiche dei siti, interventi di messa in sicurezza o nuove conoscenze di tipo idrologico e idraulico o topografico, l’Autorità di Bacino apporta le necessarie varianti cartografiche al piano secondo le medesime procedure individuate ai commi 6 e 7 dell’art. 3 precedente.*

Le uniche zone in cui sono interferiti altri articoli sono quelle di attraversamento dei principali corsi d’acqua, normati dall’**art. 2 ter “Alveo”**, in particolare, da Nord verso Sud, il Torrente Bevano, il Fiume Savio, il Torrente Pisciatello e il Fiume Rubicone.

Un’altra zona da segnalare è quella allungata in sinistra Savio dove la fascia indicata interferisce parzialmente con una zona normata dall’**art. 4 “Aree a moderata probabilità di esondazione, a sud di Mensa (FC)**.

Infine una zona a maggiore criticità è all’estremità ovest (presso Forlimpopoli) dove la fascia in progetto arriva entro una zona a elevata probabilità di esondazione, normata dall’**art. 3** delle NTA.

Non viene mai interessato l’art. 10 relativo alla fascia di rispetto arginale dei principali corsi d’acqua.

É disponibile inoltre la “**Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico ai sensi degli articoli 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano**”.

Tale “Direttiva idraulica” rappresenta un testo coordinato con gli adeguamenti introdotti fino alla “Variante di coordinamento PAI-PGRA” (DGR 2112/2016).

Il Piano di Bacino riconosce alla corretta verifica, valutazione e progettazione degli aspetti idrologici ed idraulici degli interventi, opere e attività di gestione del territorio, un ruolo fondamentale per garantirne il buon funzionamento, nel rispetto delle dinamiche e degli equilibri complessivi alla scala di bacino. Allo scopo di supportare le verifiche e le valutazioni idrologiche ed

idrauliche richieste dalla applicazione del Piano Stralcio, la “Direttiva idraulica” contiene approfondimenti ed indicazioni tecniche di diretta applicazione in merito a diversi temi quali: calcolo delle portate di riferimento, verifiche idrauliche, prescrizioni per gli attraversamenti, criteri per la redazione degli studi di compatibilità idraulica, tiranti idrici di riferimento e accorgimenti tecnico-costruttivi per la protezione passiva dagli effetti di allagamento, accorgimenti tecnici per l'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche; oltre ad altri indirizzi di applicazione più generale.

In aggiunta sono anche fornite informazioni puntuali relative ai Tiranti idrici (All. 6 Direttiva modificata), calcolati per le aree di pianura sottoposte a rischio di allagamento.

Nelle aree interessate dall'art. 6 il tirante sarà definito da 0 ad un massimo di 50 cm.

## 6.2 AUTORITA' DI BACINO INTERREGIONALE MARECCHIA-CONCA – PROGETTO DI PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) - VARIANTE 2016.

La fascia di interesse ricade nel Progetto di Piano in esame relativamente al territorio dei comuni di Bellaria e Rimini, per la parte più a sud-Est dell'intervento.

Per il Reticolo secondario di Pianura, la tavola di interesse è la Mappa della pericolosità – Territorio del Comune di Bellaria - Igea Marina – Tavola Unica.

In tale elaborato, in cui è stato recepito il rischio di alluvione del PGRA, sono evidenziati gli scenari di pericolosità ed in particolare la fascia di progetto della condotta attraversa alcune aree classificate P2 e altre classificate P3, ovvero aree potenzialmente interessate da:

- alluvioni frequenti (P3) con un tempo di ritorno fino a 50 anni – elevata probabilità di allagamento,
- alluvioni poco frequenti (P2), con un tempo di ritorno fino a 200 anni – media probabilità di allagamento.

le norme relative a tali aree sono definite negli artt. 20 e 21 delle Norme di Piano dell'aprile 2016.

In merito al Reticolo naturale, in particolare al Fiume Uso, è fornita la tavola in cui sono definite le Fasce con probabilità di inondazione corrispondenti a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni nella situazione pre-interventi e le Fasce con probabilità di inondazione corrispondenti a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni nella situazione post-interventi, molto più ridotte rispetto alle prime. L'intervento in progetto attraversando l'alveo del Fiume Uso, normato dall'art. 8, interferisce anche con tali fasce, normate dall'art. 9, oltre che dall'art. 20 e dal 21 delle Norme (*Vedi: Allegati*).

## 7. RAPPORTI DEL PROGETTO DELLA CONDOTTA CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Il tracciato della condotta di progetto andrà ad interessare le Province di Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini:

**Relativamente alla provincia di Ravenna**, per quanto riguarda il vigente Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP), analizzando le tavole 2-11 e 2-12 "Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storico-culturali" (1:25.000) di cui sono riportati di seguito due stralci, si può notare che il tracciato della condotta in progetto va ad interessare, attraversandole, le seguenti zone:

### 1) **"zone di interesse paesaggistico ambientale" (Ambiti di tutela):**

- **"Bonifiche"** (a tratteggio azzurro inclinato): presso la porzione Nord della condotta, normato dall'articolo 3.23.
- **"Paleodossi di modesta rilevanza"** (a puntini rossi): presso S. Zaccaria, normati dall'articolo 3.20c.
- **"Paleodossi di ambito fluviale recente"** (a maglia quadrata rossa): Fiume Savio presso Mensa Matellica; normati dall'articolo 3.20b.
- **"Zone di particolare interesse paesaggistico ambientale"** (colore verde chiaro): Fascia che borda il torrente Bevano ed il Fiume Savio; normate dall'articolo 3.19.

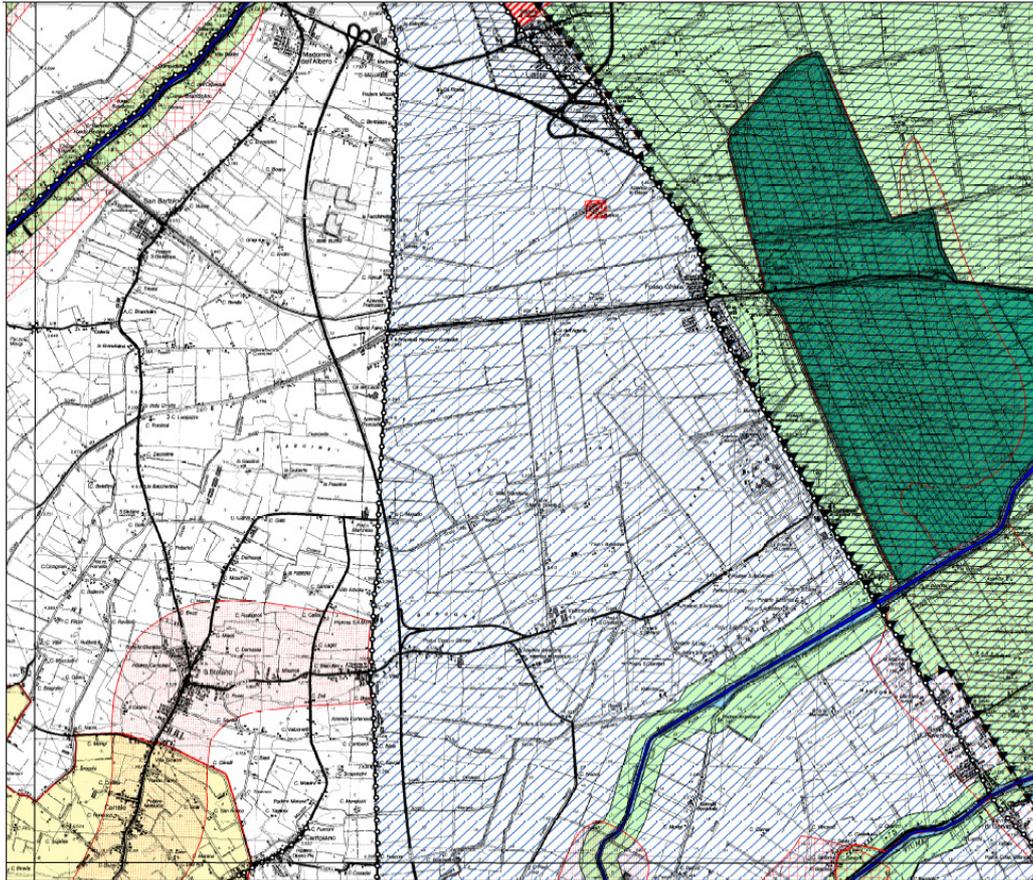
### 2) **"zone ed elementi di particolare interesse storico" (Archeologico):**

- **"Aree di affioramento di materiali archeologici"** (colore giallo presso S. Zaccaria); normate dall'articolo 3.21.Ab3
- **"Strade storiche"** (a pallini neri in grassetto) Via Dismano; normate dall'articolo 3.24.A.

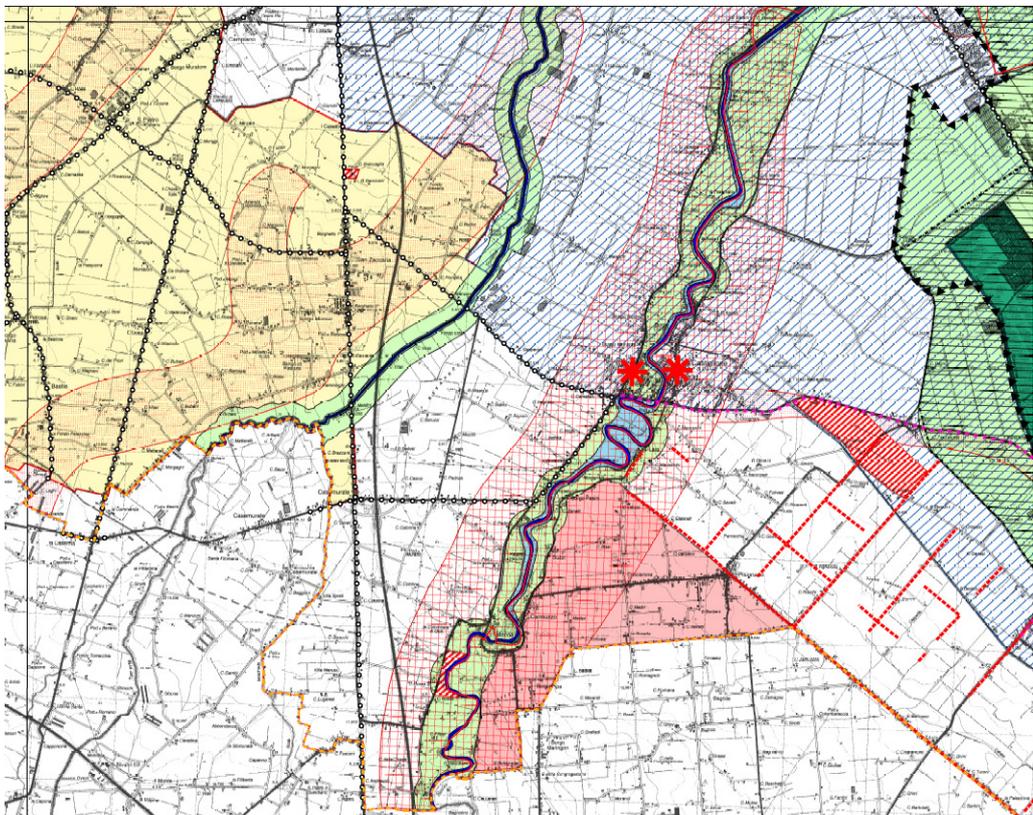
Si rimanda quindi alle Norme di attuazione Del PTCP ed in particolare alla:

## PARTE II - LA TUTELA DELL'INTEGRITA' FISICA, DELL'IDENTITA' CULTURALE E DELLA BIODIVERSITA' DEL TERRITORIO

### TITOLO III - Sistemi, zone ed elementi strutturanti la forma del territorio ed elementi di specifico interesse storico o naturalistico



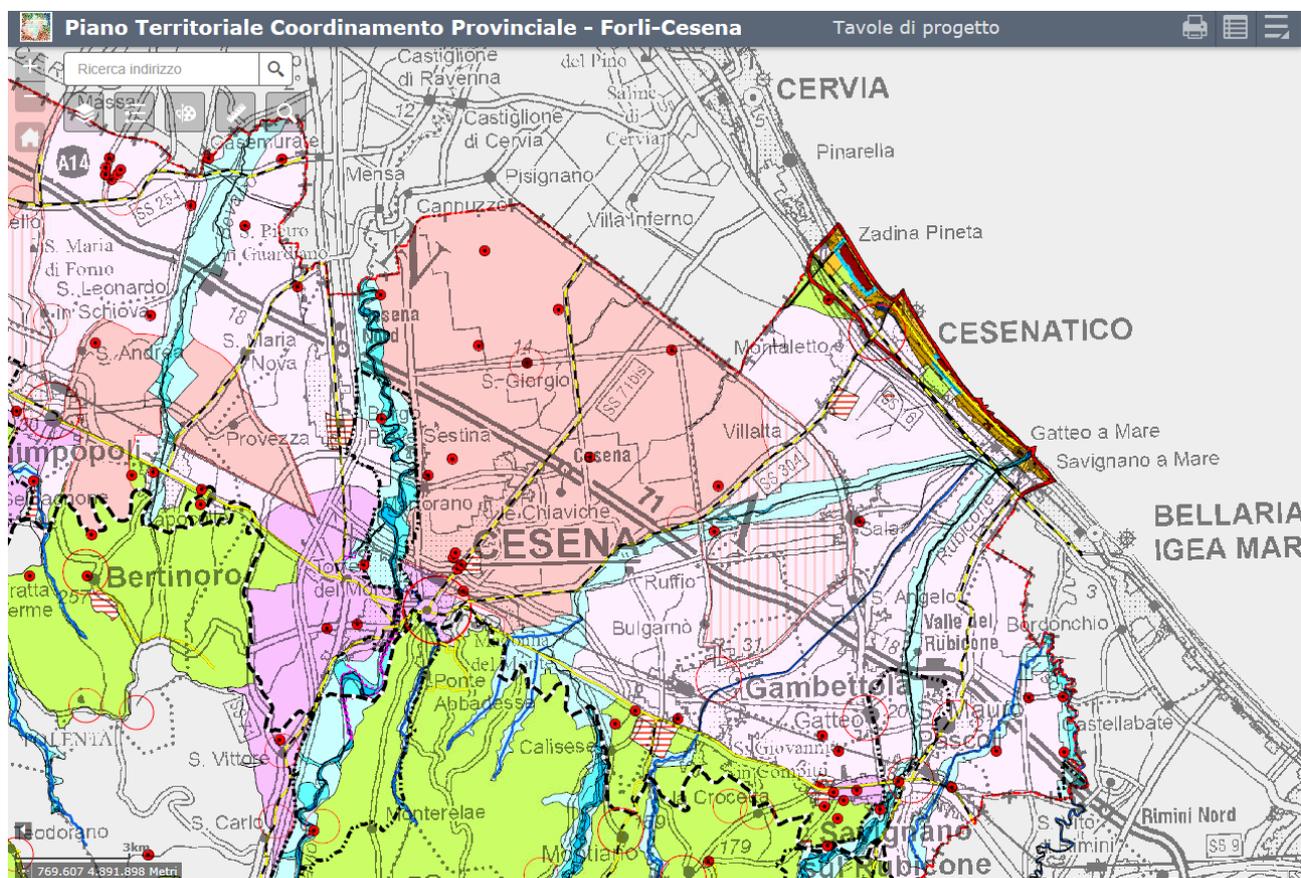
*PTCP: stralcio Tav 2.11 - Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storico-culturali*



*PTCP: stralcio Tav 2.12 - Tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storico-culturali*

**Relativamente alla provincia di Forlì-Cesena**, per quanto riguarda il vigente Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP), analizzando la tavola 2 "Zonizzazione paesistica" della quale è riportato di seguito uno stralcio, si può notare che l'area di possibile sviluppo del tracciato della condotta in progetto va ad interessare, attraversandole, le seguenti zone:

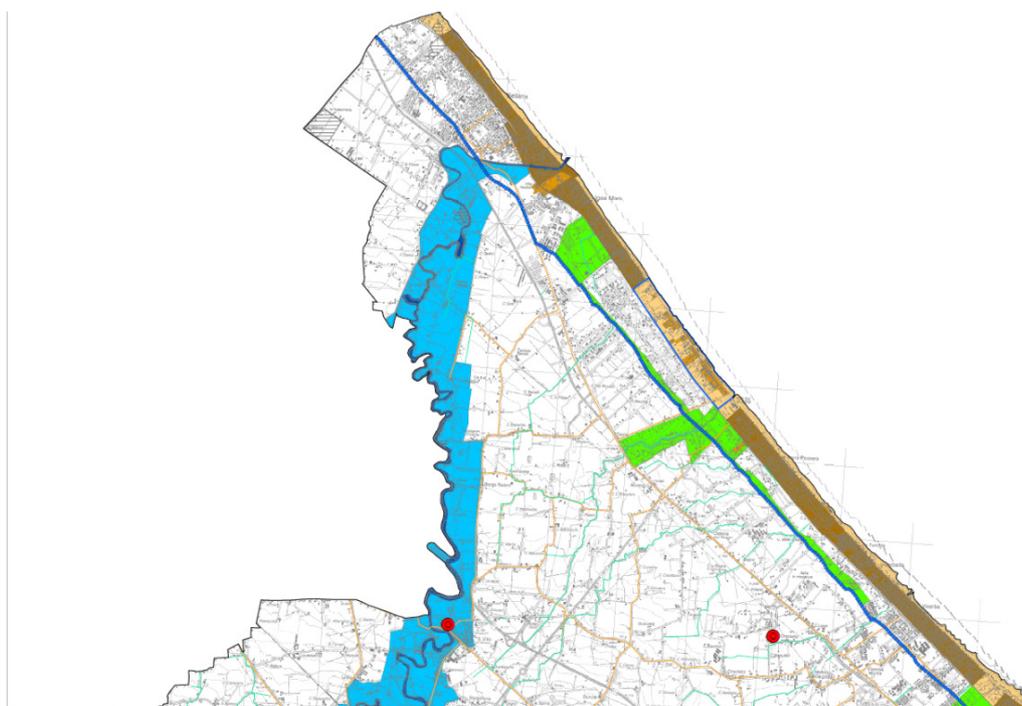
- **"Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei"** (rosa chiaro) normate dall'art. 28b
- **"Zone ed elementi di tutela dell'impianto storico della centuriazione (Art. 21b)"** di cui:
  - "Tutela della struttura centuriata" (n rosa) normate dall' Art. 21b-a; "Tutela elementi della centuriazione" (a tratteggio rosa) normate dall'art. 21b-b
- **"Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art. 17)"** di cui:
  - fascia A - Zone di espansione inondabili (azzurro intenso); fascia B - Zone ricomprese nel limite morfologico (azzurro); fascia C - Zone di tutela del paesaggio fluviale (azzurro chiaro).



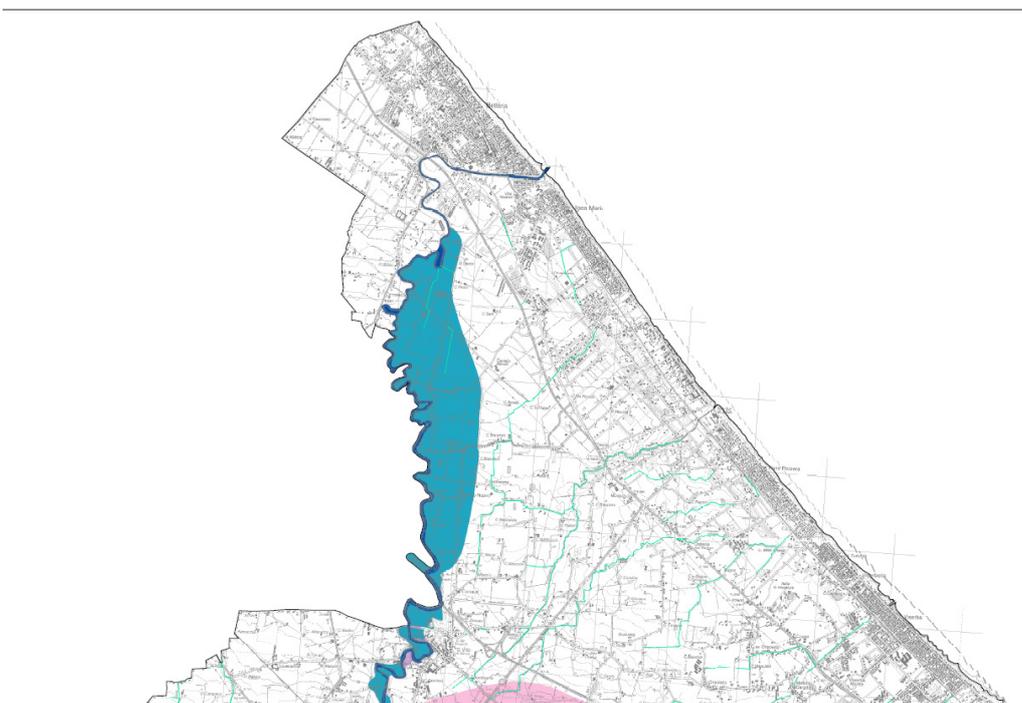
PTCP: stralcio Tav 2. - Zonizzazione paesistica

**Relativamente alla provincia di Rimini**, per quanto riguarda il vigente Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP), analizzando le tavole di Piano, delle quali sono riportati di seguito due stralci, si può notare che l'area di possibile sviluppo del tracciato della condotta in progetto va ad interessare, attraversandole, le seguenti zone:

- **"Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua"** (Art. 5.4), in azzurro, (Tavola B 1 "Tutela del patrimonio paesaggistico");
- **"Aree esondabili"** (art. 2.3), in blu, (Tavola D1/2 "Rischi ambientali", Ambiti a pericolosità idraulica)



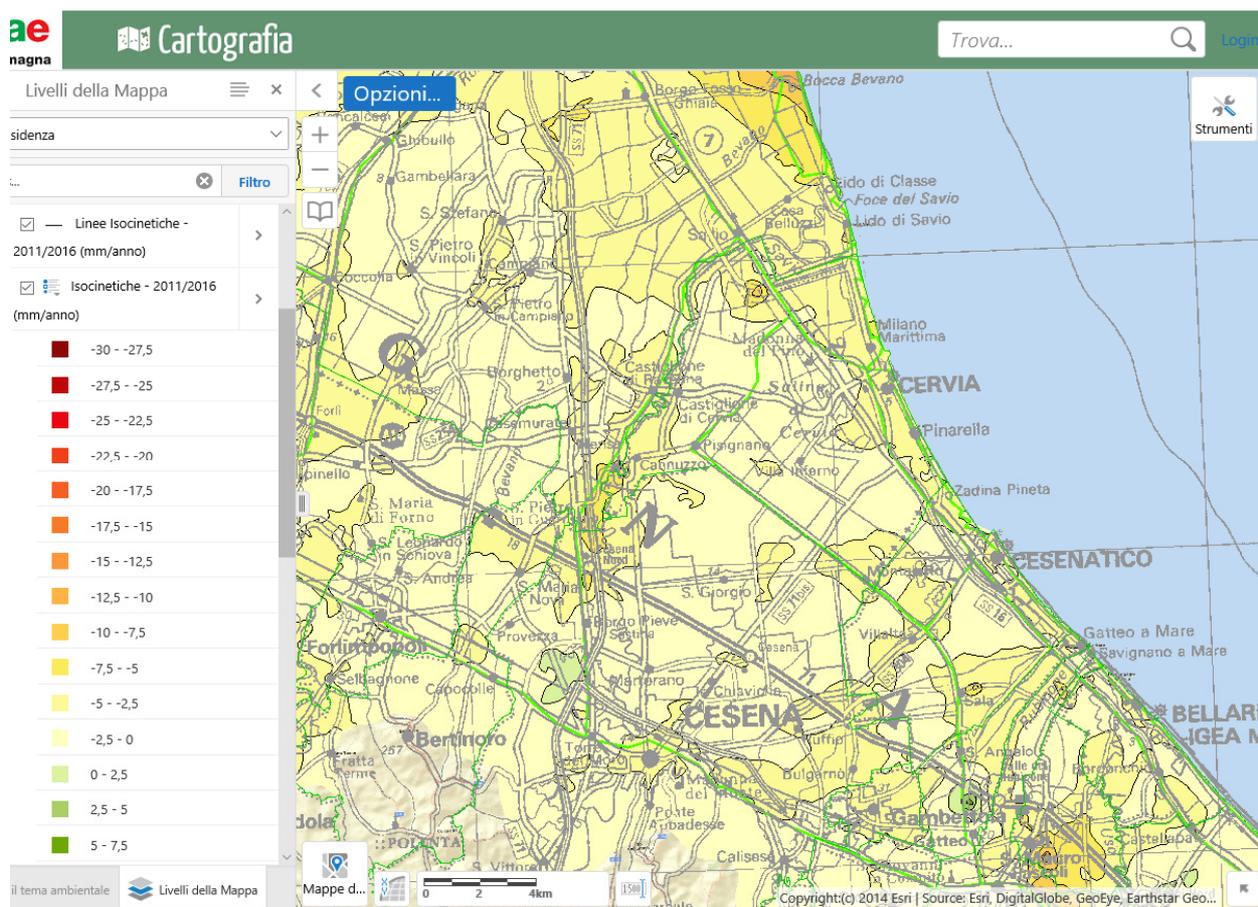
*PTCP: stralcio Tav B 1 - "Tutela del patrimonio paesaggistico"*



*PTCP: stralcio Tav D 1/2 - "Rischi Ambientali"*

## 7.1 SUBSIDENZA

Tra i fattori di criticità del territorio in esame uno è rappresentato dalla subsidenza, che può essere considerata tra i principali agenti dell'attuale assetto morfologico superficiale delle zone di pianura. Il graduale abbassamento del suolo è caratterizzato da una componente naturale, per lo più dovuta a fenomeni tettonici profondi ed al costipamento del terreno ad opera del carico litostatico, nonché da una componente antropica legata all'estrazione di fluidi dal sottosuolo. Il fenomeno della subsidenza, negli ultimi 30 anni, è monitorato da ARPAE Emilia-Romagna, con rilievi ed elaborazioni. Si riporta uno stralcio della cartografia regionale con le linee isocinetiche (abbassamenti in mm/anno) ottenuta dalle più recenti elaborazioni dei dati (periodo che va dal 2006 al 2011). Osservando il territorio tra Ravenna ÷ Pievesestina (Cesena) ÷ Forlimpopoli e Pievesestina ÷ Torre Pedrera (RN) gli abbassamenti rientrano principalmente nell'intervallo 0,0÷2,5 mm/anno (giallo chiaro) con alcune aree caratterizzate da abbassamenti di 2,5÷5,0 mm/anno (giallo leggermente più intenso) specialmente al limite Nord, presso Ravenna, ma anche ad Est di Cesena, sino a Torre Pedrera (RN).



*Subsidenza: linee isocinetiche*

*Velocità di abbassamento in mm/anno (Fonte: ARPAE Emilia Romagna Bologna)*

## 8. INDAGINE GEOGNOSTICA

In questa fase di prestazioni propedeutiche preliminari all'affinamento delle attività di progettazione, Romagna Acque Soc. delle Fonti S.p.A. ha affidato alla ditta "Ambrogetti Srl" di Verghereto (FC) l'incarico di eseguire una campagna di indagini geognostiche al fine di valutare le caratteristiche litologico-stratigrafiche, geotecniche e sismiche della fascia di terreno di probabile sviluppo del "IV LOTTO SUB 26/27 DELL'ACQUEDOTTO DELLA ROMAGNA" - TERZA DIRETTRICE DELLA RETE DI ADDUZIONE DELL'ACQUEDOTTO DELLA ROMAGNA.

Sono state eseguite:

- n° 35 prove penetrometriche statiche con punta piezocono "CPTU"
- n° 11 indagini geofisiche integrate "MASW + tromino (HWSR)"
- Prelievo di campioni di terre e rocce da scavo e di un campione d'acqua di falda in corrispondenza di 11 punti di indagine CPTU.

*(Il campionamento è stato effettuato secondo quanto predisposto negli allegati 1, 2 (articolo 8) 4 (articolo 4) del D.LGS 120 del 13 giugno 2017).*

Sono inoltre stati posizionati, in ciascun punto di indagine CPTU, piezometri a tubo aperto (tipo Norton) al fine di eseguire una campagna di misurazioni, con cadenza trimestrale, del livello della falda freatica.

- **. Prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU - ASTM (D3441)**

Le prove penetrometriche sono state eseguite con un penetrometro statico-dinamico da 20 tonnellate in spinta ed estrazione (modello Pagani TG 63/200 cingolato) e sono state spinte a profondità comprese tra 15m (dove il tracciato si sviluppa in aree agricole o senza particolari interferenze) ed i 22m (in corrispondenza dell'attraversamento del fiume Savio).

La punta piezocono utilizzata (Tecnopenta) produce dei segnali continui con rilievo delle grandezze ogni due centimetri; tali segnali vengono trasmessi tramite un cavo passante all'interno delle aste di spinta. I segnali sono ricevuti in superficie da una centralina di condizionamento la quale riceve anche gli impulsi trasmessi da un generatore (encoder) collegato meccanicamente al dispositivo di spinta e che fornisce il parametro profondità.

I segnali trasmessi dalla punta alla centralina vengono, nel corso della prova, direttamente elaborati e visualizzati su un personal computer collegato alla centralina stessa. Le prove CPTU hanno consentito di determinare in continuo i valori della resistenza di punta ( $q_c$ ), dell'attrito laterale specifico ( $f_s$ ) e della pressione dinamica dell'acqua nei pori ( $u_2$ ) (vedi: allegati: *Prove penetrometriche statiche CPTU*). Dal rapporto  $R_f$  ( $f_s/q_c$  %) è stata valutata la stratigrafia del terreno.

Sono riportati in allegato i diagrammi ricavati direttamente nel corso delle prove, mentre i valori dei parametri geotecnici ricavati sono riportati nel § 8.1.

- **indagine geofisica MASW - HVSR (Tromino)**

Per la definizione delle caratteristiche di risposta sismica del terreno di si è tenuto conto dei risultati delle otto indagini geofisiche integrate "MASW + tromino" (Multichannel Analysis of Surface Waves, Park et al., 1999 + Analisi dei microtremitri tramite Tromografo digitale portatile: metodo HVSR, Nakamura 1989). Tali indagini hanno permesso di classificare, ai sensi delle NTC 2008, il terreno di fondazione dal punto di vista sismico (in base alla Vs 30: velocità di trasmissione delle onde "S" da 0 a 30m di profondità) - Vedi allegati Relazione geofisica).

## 9. RICOSTRUZIONE LITOLOGICO-STRATIGRAFICA DEL TERRENO

Sulla Base delle indagini geognostiche sopra descritte, eseguite nel periodo febbraio - marzo-aprile 2019, sono state distinte alcune tratte sulla base delle litologie medie riscontrate, che la condotta di progetto (prevista a profondità comprese tra i 2,5 ed i 4,0 m dal p.c.) andrà ad interessare.

Per ciascuna tratta individuata sono quindi stati definite le caratteristiche litologico - stratigrafiche ed i parametri fisico - meccanici medi del terreno, sino alla profondità di interesse della condotta..

### 9.1 PARAMETRI FISICO - MECCANICI

Dai valori delle resistenza alla punta  $q_c$  ( $R_p$ ) dell'attrito laterale specifico  $f_s$  ( $R_l$ ) e della pressione dinamica dell'acqua nei pori ( $u_2$ ) riscontrati nel corso delle prove CPTU sono state determinate le stratigrafie del terreno con i principali parametri fisico - meccanici (geotecnici) sino a 5 metri di profondità dal p.c. (profondità di interesse della condotta in progetto) .

Relativamente ai "parametri caratteristici" si rimanda alle analisi più dettagliate consone delle future fasi di progettazione.

**Cu (su)** = Coesione non drenata (terreni coesivi) [Cestari; e Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977 ] (correlazioni **cu** -  $q_c$ ,  $\sigma_{vo}$ ; *formula empirica: ( $q_c$  - pressione geostatica) / fattore di cono.*

$\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (di picco) [Durgunoglu & Mitchell, per sabbie n.c.- 1975, e Shmertmann] correlazioni:  $\phi'$  -  $q_c$  -  $\sigma'_{vo}$ , con  $\sigma_{vo}$  e  $\sigma'_{vo}$  rispettivamente tensione verticale geostatica totale ed efficace, valutata in base ai valori medi di  $\gamma$  (Relativamente ai terreni coesivi sono stati valutati in base alle esperienze geotecniche locali, basate sui dati di analisi di laboratorio effettuate su terreni appartenenti alla medesime unità litologico-stratigrafiche).

**Ed**: = modulo Edometrico =  $\alpha \cdot q_c$  , in cui:  $q_c$  = resistenza alla punta

$\alpha$  = coefficiente adimensionale tabulato in funzione della litologia e della resistenza alla punta dei terreni attraversati [Mitchell e Gardner, 1975 et Al.]

**Ni** = coefficiente di Poisson, valutato a seconda della litologia

$\gamma$  = peso di volume del terreno (naturale o saturo) [Meyerhof]

I valori di  $\gamma$  sono stati valutati anche sulla base delle conoscenze acquisite sui caratteri geomeccanici delle sequenze litostratigrafiche locali, in base allo stato di addensamento e/o compattazione: limi ed argille  $\gamma = 1,70 \div 1,95 \text{ t/m}^3$ ; sabbie  $\gamma = 1,75 \div 1,90 \text{ t/m}^3$ .

**Per le varie tratte a caratteristiche litologiche omogenee vengono riportate le tabelle con i principali parametri fisico-meccanici ("range" e medi) e la litologia sino ai 5 m di profondità dal p.c. (prof. di interesse della condotta).** I parametri caratteristici verranno definiti in fase di progettazione definitiva/esecutiva.

#### LEGENDA:

DH: spessore dello strato;  $\gamma$ : Peso unità di volume;  $\gamma_s$ : peso unità di volume saturo;  $\phi'$ : angolo di attrito );;  $c_u$ : coesione non drenata; M (Ed): modulo edometrico (range); Ni: coefficiente di Poisson (range).

#### **Tratta a Sud di Ravenna, da Via Masullo sino a Via Standiana:**

##### **CPTU 1 ÷ 2 :**

$\gamma$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°) <i>range</i>	$\phi'$ (°) <i>medio</i>	$c_u$ <i>range</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	$c_u$ <i>medio</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M (Ed) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	Litologia
1740÷1800	1820÷1880	19÷24	21,8	0,24÷0,55	0,34	22 ÷ 55	0,40÷0,45	LA / LA debol.S

Terreni limoso argillosi, debolmente sabbiosi (limo argilloso con possibile sabbia finissima nella CPTU1) teneri o di bassa consistenza

#### **Tratta a Sud di Ravenna, da Via Fosso Nuovo a Via Bagnolo (a Sud di S. Zaccaria):**

##### **CPTU 3 ÷ 7 :**

$\gamma$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°) <i>range</i>	$\phi'$ (°) <i>medio</i>	$c_u$ <i>range</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	$c_u$ <i>medio</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M (Ed) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	Litologia
1780÷1850	1860÷1940	19÷25	23	0,30÷0,70	0,50	35 ÷ 70	0,38÷0,42	AL / LA

Terreni argillosi o argilloso-limosi di bassa o media consistenza, talora sovraconsolidati per essiccamento nel primo metro e mezzo di profondità.

**Tratta a Sud di S. Zaccaria (RA), da Via della Riforma a S. Maria Nuova di Bertinoro:**

**CPTU 8 ÷ 12:**

$\gamma$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°) <i>range</i>	$\phi'$ (°) <i>medio</i>	Cu <i>range</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu <i>medio</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M (Ed) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	Litologia
1780÷1830	1860÷1920	19÷31	23,5	0,26÷0,70	0,48	25 ÷ 70	0,30÷0,40	LA / AL debol S

Si incontrano ancora terreni limoso argillosi o argilloso-limosi di bassa o media consistenza ma meno omogenei e talora inframmezzati da alcuni livelli decimetrici di sabbia limosa o limo sabbioso.

**Area presso S. Pietro ai Prati (Forlimpopoli FC), Via Comunale Montanara:**

**CPTU 13:**

$\gamma$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°) <i>range</i>	$\phi'$ (°) <i>medio</i>	Cu <i>range</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu <i>medio</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M (Ed) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	Litologia
1740÷1850	1820÷1930	19÷30	25,5	0,25÷0,75	0,35	23 ÷ 85	0,30÷0,42	AL passante a LSA oltre i 2,0m di prof.

Rispetto alla tratta più a Nord e più a Sud-Est, in corrispondenza di tale punto a litologia riscontrata si differenzia dagli altri punti di indagine: sino a 2,5m si ha terreno argilloso di media consistenza, quindi da 2,5 a 3,8 limo debol. sabbioso di elevata consistenza, e tra 3,8 e 5,0m (sino agli 8,5m di prof.) ancora limo argilloso, talora debolmente sabbioso, molto tenero e con una intercalazione decimetrica sabbiosa a 4,7m (altre a maggiore profondità; vedi allegati: grafici prove CPTU)

**Estremità Sud - Est del tracciato presso Forlimpopoli (FC) dalla Via Emilia al Potabilizzatore di Romagna Acque S.p.A.:**

**CPTU 14 ÷ 15:**

$\gamma$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°) <i>range</i>	$\phi'$ (°) <i>medio</i>	Cu <i>range</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu <i>medio</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M (Ed) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	Litologia
1820÷1850	1900÷1940	22÷26	23,8	0,40÷0,75	0,58	38 ÷ 70	0,35÷0,40	AL / LA

Escludendo il primo metro di profondità in corrispondenza della CPTU 14, poiché la prova penetrometrica è stata effettuata sul bordo di un fossato, i terreni riscontrati appaiono argilloso-limosi o limosi. si tratta di terreni coesivi di media consistenza, leggermente sovraconsolidati per essiccamento presso la CPT 15 dove la falda freatica è stata riscontrata a 3,2m di prof.

**Tratta centrale con direzione Nord Ovest ÷ Sud-Est (escluso l'attraversamento del Savio) da Via Fornace a Via Violone angolo Via Calabria (Cesena):**

**CPTU 16, CPTU 19 ÷ 22:**

$\gamma$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°) <i>range</i>	$\phi'$ (°) <i>medio</i>	Cu <i>range</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu <i>medio</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M (Ed) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	Litologia
1820÷1860	1900÷1950	24÷26	24,5	0,65÷0,90	0,75	55 ÷ 75	0,35÷0,40	AL / LA debol. S

Terreni argilloso-limosi o limoso-argillosi con buona omogeneità litostratigrafica e talora con alcuni intervalli maggiormente limosi

**Attraversamento del fiume Savio (a Nord di Pievesistina (Cesena):**

**CPTU 17 ÷ 18:**

$\gamma$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°) <i>range</i>	$\phi'$ (°) <i>medio</i>	Cu <i>range</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu <i>medio</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M (Ed) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	Litologia
1800÷1830	1900÷1950	25÷33	31,5	Solo sino a 1,5÷2,0m di prof: 0,50÷0,60	Solo sinoa 1,5÷2,0m di prof: 0,55	70 ÷ 140	0,25÷0,35	AL passante a SL oltre 1,5÷2,0m di prof.

In sinistra idrografica (CPTU 17): terreno argilloso-limoso o limoso-argilloso, di media consistenza, sino a 2,0m di prof. e quindi sabbia limosa, da debolmente a mediamente addensata, sino a 5,5m di prof. dal p.c.; al di sotto, sino a 18,8m (max prof. raggiunta) alternanza di intervalli sabbiosi di potenza 0,5÷2,0m con livelli limoso-argillosi di potenza 0,3÷1,5m.

In destra idrografica (CPTU 18): terreno argilloso-limoso o limoso-argilloso, di media consistenza, sino a 1,5m di prof. e quindi sabbia limosa mediamente addensata sino a 8,5m di profondità, interrotta tra 6,0 e 7,0m da uno strato coesivo limoso-argilloso di bassa consistenza. Da 8,5 a 17m di prof.: argilla limosa e/o limo argilloso di di consistenza da bassa a media con la profondità; infine tra 17 e 19,5m di prof (max prof. raggiunta) sottili livelli di sabbia limoso-argillosa con intercalazioni centimetriche limoso argillose.

**Tratta centro-orientale, con direzione Nord Ovest ÷ Sud-Est: da Via Mesola sino a Via Vetreto angolo Via Capannaquzzo (Cesena):**

**CPTU 23 ÷ 25:**

$\gamma$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°) <i>range</i>	$\phi'$ (°) <i>medio</i>	Cu <i>range</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu <i>medio</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M (Ed) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	Litologia
1800÷1850	1800÷1940	25÷33	27,8	0,0÷0,60	0,30	50 ÷ 200	0,35÷0,40	LS / SL/ LAS

In questa tratta, a cavallo del torrente Pisciatello, si riscontrano terreni misti costituiti da limi-sabbiosi, leggermente predominanti e con addensamento da debole a medio, alternati a livelli limoso-argillosi mediamente consistenti e spesso debolmente sabbiosi; questi ultimi appaiono maggiormente presenti in corrispondenza della CPTU 23.

**Tratta orientale, con direzione Nord Ovest ÷ Sud-Est: da Via del Mare (Sala di Cesenatico FC) a Via Longana (RN)**

**CPTU 26 ÷ 35:**

$\gamma$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\gamma_s$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°) <i>range</i>	$\phi'$ (°) <i>medio</i>	Cu <i>range</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Cu <i>medio</i> (Kg/cm <sup>2</sup> )	M (Ed) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ni	Litologia
1820÷1850	1900÷1940	23÷26	24,0	0,5÷0,9	0,65	50 ÷ 75	0,40÷0,35	AL / LA

Terreni argilloso-limosi o limoso-argillosi mediamente consistenti o consistenti, con rare (solo in alcuni punti di indagini) intercalazioni sabbioso-limose di potenza compresa tra 0,1÷0,5m

Come indicato in precedenza le litologie di massima riscontrabili lungo il probabile percorso della condotta ("Terza direttrice") rappresentano depositi di tracimazione fluviale ed in particolare sono costituiti principalmente da argille limose, limi argillosi e in secondo ordine da limi sabbiosi e talora da sabbie limose; con quelli più fini riscontrabili già a breve distanza dagli argini e i limi sabbiosi / sabbie limose presenti principalmente in prossimità dei canali fluviali o dei loro paleoalvei. I depositi riscontrati possono essere attribuiti alle alluvioni (da Ovest verso Est): dei fiumi / torrenti: Ronco, Bevano, Savio, Pisciatello, Rubicone ed Uso.

## 10. SISMICITA'

Il progetto della condotta in oggetto andrà ad interessare i territori comunali di Ravenna, Cesena, Forlimpopoli, Bertinoro, Gatteo, Savignano sul Rubicone, S. Mauro Pascoli, Bellaria, Rimini.

Secondo l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 recante i "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sul supplemento ordinario 72 della Gazzetta Ufficiale n. 105 dell' 8/05/2003, i territori comunali interessati risultano così classificati:

- Ravenna, zona 3 (secondo la precedente accelerazione risultava zona non sismica)
- tutti i restanti comuni attraversati, zona 2 (secondo la precedente classificazione tali comuni risultavano "zona sismica di II<sup>a</sup> categoria");

Con Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008 sono state approvate le Norme Tecniche per le Costruzioni. e sono andate in vigore a far data dal 6 marzo 2008 (dopo un periodo di regime transitorio sono entrate definitivamente in vigore dal 01/07/2009). Infine il 17 gennaio del 2018, con Decreto del Ministero delle Infrastrutture, sono state approvate le "N.T.C. 2018" (entrate in vigore il 22/03/2018) che, relativamente alla classificazione sismica non hanno modificato quanto indicato dalle precedenti.

Essendo gli strati sabbiosi saturi presenti nei primi 15÷20 metri di profondità quelli potenzialmente liquefacibili, al fine di una valutazione preliminare é stata valutata tale potenzialità per le verticali di indagine caratterizzate dalla presenza di livelli granulari saturi (secondo il metodo proposto dal C.N.R. e consigliato dal Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti). Nella seguente analisi si fa quindi riferimento alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni che adottano i nuovi valori di accelerazione al bedrock dell'INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, secondo la classificazione indicata nelle NTC in base ai risultati delle undici indagini geofisiche integrate "MASW + HVSR" (Multichannel Analysis of Surface Waves, Park et al. 1999 + Analisi dei microtrempi tramite Tromografo digitale portatile "tromino" - Nakamura 1989) eseguite per il progetto preliminare, i profil stratigrafici del terreno di fondazione risultano appartenere alla "categoria di sottosuolo" di tipo "C" (tabella 3.2 II): *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".*

## VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Al fine di verificare il rischio di liquefazione sono state analizzate le verticali di indagine caratterizzate dalla presenza, anche solo modesta, di intercalazioni sabbiose, sabbioso-limose o limoso-sabbiose.

Per la Valutazione del potenziale di liquefazione, come indicato nella DAL n. 112/2007, tra i metodi semplificati sono raccomandati quelli basati su prove CPTU.

Per il presente studio sono state quindi realizzate le verifiche della propensione alla liquefazione e dei cedimenti potenziali indotti da sisma sulle verticali delle prove penetrometriche statiche che hanno evidenziato la presenza di livelli sabbioso-limosi potenzialmente liquefacibili. Per i calcoli è stato utilizzato il programma "Cliq 1.7" della Geologismiki Geotechnical Software, sviluppato in collaborazione con il Prof. Peter Robertson.

L'algoritmo di calcolo utilizzato per il calcolo in oggetto si basa sul metodo di Idriss - Boulanger (2008).

Le analisi eseguite seguono le procedure di riferimento dettate dall'NCEER. Lo stesso software esegue il calcolo dei cedimenti attesi secondo il metodo proposto da Zhang ed al. (2002), calcolando per tutti i livelli che hanno un fattore di sicurezza inferiore a 2.

Il potenziale di liquefazione si ottiene eseguendo il calcolo del fattore di sicurezza  $FS_L$ , definito dal rapporto CRR su CSR. La metodologia utilizzata permette di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso il confronto tra le caratteristiche granulometriche e di addensamento del deposito, espresse dai valori della resistenza penetrometrica  $q_c$  normalizzati con lo sforzo tagliante indotto dal sisma (rispettivamente CRR e CSR), ottenuti mediante le seguenti relazioni:

$$CSR_{7.5} = 0,65 \cdot (a_{max}) / (g) \cdot (\sigma_{vo} / \sigma_{vo}') \cdot r_d \cdot K\sigma$$

dove:  $a_{max}$  = accelerazione sismica di picco al piano campagna;

$g$  = accelerazione di gravità;

$\sigma_{vo}$  = pressione verticale totale alla profondità  $z$  dal p.c.;

$\sigma_{vo}'$  = pressione verticale efficace alla profondità  $z$  da p.c.;

$r_d$  = fattore di riduzione delle tensioni alla profondità interessata;

$MSF$  = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma

$K\sigma$  = coefficiente correttivo funzione delle tensioni efficaci alla profondità interessata.

$$CRR_{M=7.5, \sigma_v'=1atm} = \exp \left( \frac{q_{c1Ncs}}{113} + \left( \frac{q_{c1Ncs}}{1000} \right)^2 - \left( \frac{q_{c1Ncs}}{140} \right)^3 + \left( \frac{q_{c1Ncs}}{137} \right)^4 - 2.80 \right)$$

dove:  $q_{c1Ncs}$  = resistenza penetrometrica statica normalizzata e corretta per l'influenza del contenuto in fini.

Il fattore di sicurezza alla liquefazione  $FS_L$  è definito dal rapporto CRR su CSR:

$$FS_L = CRR_{7.5} \cdot MSF / CSR_{7.5}$$

I parametri di input sono stati scelti in maniera ragionata sulla base delle conoscenze acquisite, in modo da risultare i più cautelativi possibili:

- **Mw = 6,0**: magnitudo massima prevista per le fasce sismogenetiche interessate (o prossime) al tracciato della condotta, che risultano:
  - ITCS011 "Ascensione - Armaia"
  - ITCS039 "Riminese onshore"  
(contenute nella Zona 912 di ZS9, all'interno della quale si colloca l'area di progetto);
- **a<sub>max</sub> = 0,30** (area Nord presso Ravenna) ÷ **0,33g** (area a sud - Sud Est): accelerazioni orizzontali massime allo SLV attesa nei punti di indagine, sulla base dell'accelerazione attesa al bedrock sismico previsto, considerando un'opera di progetto appartenente alla classe IV ("funzioni pubbliche o strategiche importanti", vita nominale = 50 anni ⇒ vita di riferimento = 100 anni e tempo di ritorno  $Tr = 949$  anni) incrementata dal fattore di amplificazione FA (Ss) per un Suolo di categoria C);
- quota piezometrica cautelativamente posta mediamente alla profondità media di 1,00 m da p.c.;
- quota piezometrica da sisma: posta a 1,00 m da p.c.  
(ad esclusione delle CPT17, 18 in corrispondenza delle aree arginali del fiume Savio, dove la falda è stata considerata a - 3,0m dal p.c. e )

Poiché, come detto sopra, l'opera in progetto è stata attribuita alla classe IV (NTC 2018: "funzioni strategiche o pubbliche importanti" con un tempo di ritorno allo Stato Limite di Vita Utile pari a 912 anni) le accelerazioni attese al suolo risultano molto elevate (0,30÷0,33g) e di conseguenza la quasi totalità degli strati granulari o misti presenti risulta liquefacibile. Occorre dire che i terreni risultano, per buona parte del tracciato, principalmente coesivi, anche se in alcune aree i livelli granulari presenti appaiono significativi. Dato che la condotta è un'opera interrata e verrà probabilmente realizzata o in acciaio o in ghisa sferoidale con giunto a bicchiere, o più verosimilmente in acciaio per alcuni tratti e in ghisa per altri, essa dovrebbe avere un livello di elasticità tale da non subire danni per eventuali cedimenti post-sismici (vedi elenco pagine seguenti). Il rischio di liquefazione può risultare significativo soprattutto per camerette o pozzetti in progetto lungo il tracciato e dovrà comunque essere valutato con dettaglio nelle successive fasi progettuali.

E' stato quindi valutato l'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$  (Iwasaki et al., 1982) viene così definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui  $z$  è la profondità dal piano campagna in metri e  $w(z) = 10 - 0.5z$ ; ad una data quota  $z$ .

Il fattore  $F(z)$  ovvero la funzione  $F(z)$ , che esprime il potenziale di liquefazione per ciascun strato (che compare nell'espressione dell'indice del potenziale di liquefazione introdotta da Iwasaki), è stata così modificata, secondo la forma suggerita da Sonmez (2003) e vale:

$$F(z) = \begin{cases} 0 & \text{per } FSL > 1.4 \\ 2 \cdot 10^6 e^{-18.427 \cdot FSL} & \text{per } 0.95 < FSL \leq 1.4 \\ 1 - FSL & \text{per } FSL \leq 0.95 \end{cases}$$

Indice del potenziale di liquefazione IL o LPI - Pericolosità di liquefazione descrive il potenziale rischio di liquefazione per una verticale di indagine (dal piano sino a 20m di prof. o comunque sino alla massima prof. raggiunta).

Le classi di pericolosità sono le seguenti:

LPI = 0 Nulla

0 < LPI ≤ 2 Bassa

2 < LPI ≤ 5 Moderata

5 < LPI ≤ 15 Alta

LPI > 15 Molto alta

Sono state analizzate 23 verticali di indagine, ovvero tutte quelle con la presenza anche modesta di livelli granulari o misti (sabbioso-limosi). L'analisi è stata effettuata considerando principalmente la falda a -1,0m di prof. dal p.c. (ad esclusione delle CPT 17, 18 in corrispondenza delle aree arginali del fiume Savio, dove la falda è stata considerata a - 3,0m dal p.c., e la CPT n° 16 dove è stata considerata a -2,0m (rilevata a -4,5m)) risulta:

PUNTO DI INDAGINE	LPI	CEDIMENTO VERTICALE POST-SISMICO	PERICOLOSITA'
CPTU 4	1,75	2,12 cm	BASSA
CPTU 6	2,40	8,0 cm	MODERATA
CPTU 7	2,30	3,92 cm	MODERATA
CPTU 8	3,72	4,83 cm	MODERATA
CPTU 9	1,75	2,25 cm	BASSA

CPTU 10	1,99	3,56 cm	BASSA
CPTU 11	1,47	2,54 cm	BASSA
CPTU 12	3,98	4,55 cm	MODERATA
CPTU 13	10,17	14,63 cm	ALTA
CPTU 14	2,57	4,61 cm	MODERATA
CPTU 15	5,44	8,76 cm	ALTA
CPTU 16	4,06	6,00 cm	MODERATA
CPTU 17	14,79	35,76 cm	ALTA
CPTU 18	6,08	15,76 cm	ALTA
CPTU 20	8,81	10,61 cm	ALTA
CPTU 21	9,53	11,53 cm	ALTA
CPTU 22	14,33	17,30 cm	ALTA
CPTU 23	21,36	28,31 cm	MOLTO ALTA
CPTU 24	13,73	17,99 cm	ALTA
CPTU 25	15,45	26,95 cm	MOLTO ALTA
CPTU 26	4,49	6,31 cm	MODERATA
CPTU 31	7,22	9,68 cm	ALTA
CPTU 33	2,75	3,49 cm	MODERATA

Come indicato in precedenza, con le alte accelerazioni considerate nell'analisi (0,30÷0,33g) dovute all'adozione della "classe 4" (funzioni pubbliche o strategiche importanti) tutti i livelli sabbiosi o limoso-sabbiosi riscontrati presentano fattori di sicurezza alla liquefazione inferiori all'unità, indipendentemente dal loro stato di addensamento. Delle 23 verticali sopra analizzate, 10 presentano LPI superiore a 5 e di queste 5 con valori superiori a 10 e cedimenti significativi e tali da richiedere analisi di dettaglio in fase di progettazione.

Ravenna 28/06/2019



Dr. Geologo Marco Roncuzzi