



ANAS S.p.a

Compartimento della Viabilità per l'Emilia e Romagna

# VARIANTE ALLA S.S. 16 ADRIATICA Bellaria–Rimini–Riccione–Misano

tra il Km 193+000 al Km 220+000

## PROGETTO DEFINITIVO DG 4/99

### IDROGEOLOGIA

### RELAZIONE IDROGEOLOGICA GENERALE

**spea** Ingegneria  
autostrade europea

Mandataria del Raggruppamento Temporaneo di Imprese costituito da:

**spea** Ingegneria  
autostrade europea

**IL PROGETTISTA**  
Ing. Michele Parrella  
Ord. Ingg. Avellino N.933  
  
**IL DIRETTORE TECNICO**  
Ing. Maurizio Torresi  
Ord. Ingg. Milano N.16492



**STUDIO T.I.** S.c.a.r.l.

**IL PROGETTISTA**  
Ing. Regolo Poluzzi  
Ord. Ingg. Bologna N.4271  
  
**IL PROGETTISTA**  
Ing. Gianluigi Venerandi  
Ord. Ingg. Rimini N.188



**SITECO**

**IL PROGETTISTA**  
Ing. Rodolfo Biondi  
Ord. Ingg. Modena N.1256  
  
**IL DIRETTORE TECNICO**  
Ing. Rodolfo Biondi  
Ord. Ingg. Modena N.1256



Progettazione Integrata Ambiente S.r.l.

**IL PROGETTISTA**  
Ing. Filippo Giancola  
Ord. Ingg. Roma N.18193  
  
**IL DIRETTORE TECNICO**  
Ing. Francesco Ventura  
Ord. Ingg. Roma N.14660

RIFERIMENTO ELABORATO

DIRETTORIO				FILE											
codice commessa		N.Prog.	unita'	n. progressivo											
1	5	0	0	3	0	0	2	I	D	R	0	0	1	-	-

DATA:  
MAGGIO 2009

REVISIONE  
n. data

SCALA:

-	-

VISTO DELLA COMMITTENTE



ANAS S.p.a

Compartimento della Viabilità per l'Emilia e Romagna

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>4</b>
2.1	IDROGRAFIA ED IDROLOGIA .....	6
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE.....</b>	<b>7</b>
3.1	SINTESI GEOLOGICA DELL'AREA .....	7
3.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA.....	7
3.2.1	<i>COMPLESSI IDROGEOLOGICI DELLA SEQUENZA PLIO-PLEISTOCENICA .....</i>	<i>3</i>
3.2.2	<i>COMPLESSI IDROGEOLOGICI DELLE PIANURE ALLUVIONALI .....</i>	<i>4</i>
	Parametri idrodinamici dei depositi delle pianure alluvionali .....	5
	Andamento della freaticimetria .....	5
3.2.3	<i>CHIMISMO DELLE ACQUE.....</i>	<i>6</i>
<b>4</b>	<b>CARTOGRAFIA DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI E LEGENDA.....</b>	<b>7</b>
4.1	COMPLESSI DEI DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI.....	8
4.1.1	<i>COMPLESSO IDROGEOLOGICO DEI DEPOSITI DI VERSANTE, DI FRANA E ELUVIO COLLUVIALI (GLG: EC) .....</i>	<i>8</i>
4.1.2	<i>COMPLESSO IDROGEOLOGICO DEI DEPOSITI LITORANEI ANTICHI E ATTUALI (GLG: Q).....</i>	<i>8</i>
4.1.3	<i>COMPLESSO IDROGEOLOGICO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI (GLG: A1; A2) .....</i>	<i>8</i>
4.2	COMPLESSI DEI DEPOSITI MARINI PLIO-QUATERNARI E DI AVANFOSSA ADRIATICA .....	9
4.2.1	<i>COMPLESSO IDROGEOLOGICO DELLE SABBIE CON INTERCALAZIONI LIMOSO-ARGILLOSE (GLG: QS).....</i>	<i>9</i>
4.2.2	<i>COMPLESSO IDROGEOLOGICO DEI DEPOSITI ARGILLOSI ED ARGILLOSO-MARNOSI (GLG: QA; PA; QA/PA).....</i>	<i>9</i>
4.3	COMPLESSI DEI DEPOSITI TERRIGENI .....	9

4.3.1	COMPLESSO IDROGEOLOGICO DEI DEPOSITI SABBIOSI E MARNOSI (GLG: MAR).....	9
<b>5</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....</b>	<b>10</b>
5.1	ANALISI DELLE CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE LUNGO IL TRACCIATO .....	10
5.1.1	(AREA F. MARECCHIA).....	10
5.1.2	DAL KM 210+800,00 AL KM 203+800,00 .....	11
5.1.3	(AREA GALLERIA SCACCIANO) .....	12
5.1.4	TRATTO TERMINALE.....	<b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>
5.2	ELEMENTI DI INTERESSE PROGETTUALE .....	13
<b>6</b>	<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....</b>	<b>1</b>
<b>7</b>	<b>FONTI DI DATI E REFERENTI.....</b>	<b>2</b>
	<b>APPENDICE.....</b>	<b>3</b>

## **PREMESSA**

La presente relazione sintetizza, unitamente alla cartografia tematica, le risultanze dello studio idrogeologico generale.

Lo studio idrogeologico ha consentito di elaborare un modello dei complessi idrogeologici, che costituisce parte integrante delle presenti note.

Laddove è stato possibile identificare dei corpi acquiferi di dimensioni apprezzabili e laddove i dati disponibili lo hanno consentito, si è proceduto nella ricostruzione e nella rappresentazione della superficie freatica mediante isopieze, nell'individuazione degli assi principali di deflusso e nella definizione degli spartiacque sotterranei.

In particolare l'analisi idrogeologica ha preso spunto dal quadro delle conoscenze geologiche e geomorfologiche acquisite nel corso della progettazione preliminare nonché dagli studi e dai dati bibliografici reperiti; a completamento dell'analisi specifica è stata condotta una campagna di monitoraggio dei livelli di falda su una fascia di territorio posta a cavallo del tracciato per circa 1.5 km di larghezza. Tale monitoraggio è stato realizzato sia su piezometri installati all'interno dei fori di sondaggio eseguiti nel corso delle diverse campagne di indagini geognostiche, sia su pozzi presenti lungo il tracciato dell'autostrada A14 interessato dai lavori di ampliamento per la terza corsia.

Particolare attenzione è stata dedicata alle aree caratterizzate da criticità geomorfologica (aree in dissesto) e a quelle per le quali sono previste dal progetto opere d'arte (gallerie, viadotti, ecc.).

## 1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tratto della SS.16 in progetto è compreso tra il casello di Rimini nord, posto nella zona sud-orientale della regione Emilia Romagna, ed il confine regionale con le Marche, posto poco più a sud del casello di Cattolica e segnato geograficamente dal corso d'acqua del Torrente Tavollo. Il tracciato, in questo tratto, corre pressoché parallelamente alla linea di costa adriatica, ma mai a ridosso della stessa come accade, invece, più a sud.



Fig. 1 Tracciato autostradale della A14 e individuazione del tratto in esame (tratto da Atlante stradale De Agostini, ridisegnato).

Il territorio dell'Emilia Romagna, nel quale rientra completamente l'intervento in questione, è suddiviso in due settori che presentano superfici arealmente molto simili:

a. fascia dell'Appennino, di cui solo il versante settentrionale appartiene alla Regione Emilia Romagna, mentre quello meridionale appartiene in parte alla Liguria (Appennino Ligure) ed in parte alla Toscana (Appennino Toscano).

Lungo tutta la catena mancano rilievi degni di nota; tra i pochi che superano quota 2000 m è da citare il M. Cimone (2165 m s.l.m.).

b. la pianura (Pianura Padana), avente forma triangolare; raggiunge la sua massima espansione lungo il Mare Adriatico. L'area di pianura, estendendosi verso mare, ha lasciato dietro di sé ampie zone paludose, note come le Valli di Comacchio, attualmente ridotte a pochi lembi isolati e considerate come aree protette in quanto forniscono un chiaro esempio dell'ambiente costiero dei secoli passati.

L'assetto pressoché pianeggiante di tutto il settore in questione rende poco significativa, ai fini della presente trattazione, l'analisi orografica del territorio.

## IDROGRAFIA ED IDROLOGIA

Il versante appenninico emiliano degrada dolcemente verso la pianura attraverso una fascia collinare, la quale si presenta solcata da corsi d'acqua aventi un *pattern* principalmente a pettine; i principali corsi d'acqua vengono riportati nella Tabella 1.

Corso d'acqua	Superficie bacino (km <sup>2</sup> )	Portata max (m <sup>3</sup> /s)	Portata media (m <sup>3</sup> /s)	Portata annua (m <sup>3</sup> /s)
Parecchia	540,0	1.250	8,20	258.595.200
Rabbi	219,0	900	3,60	113.529.600
Ronco	606,0	1.350	10,40	327.924.400
Bidente	190,0	1.050	6,70	211.285.200
Savio	605,0	814	10,75	339.012.000
Pisciatiello	171,0	600	0,90	28.382.400
Rubicone	40,0	280	0,20	6.307.200
Uso	104,0	440	0,40	12.614.400
Marecchia	524,0	1.300	10,50	334.281.600
Ausa	94,9	430	0,47	14.881.600
<b>TOTALE</b>				<b>1.307.791.920</b>

Tabella 1 Dati sui principali corsi d'acqua relativi ai Fogli 100 e 101 della Carta Topografica d'Italia, scala 1:100.000

La Pianura Padana è solcata da alcuni fiumi tributari del F. Po (Tebbia, Taro, Secchia, Panaro) ed altri, tra cui il Reno ed il Savio, che sfociano nel Mare Adriatico. Tutti, comunque, hanno scavato profonde vallate nelle rocce più tenere, trasportando verso valle ingenti quantità di materiale.

In particolare, gli affluenti di destra del F. Po sono tutti "appenninici", ovvero scendono dalla dorsale appenninica; sono caratterizzati da un breve corso ad eccezione del F. Reno che, descrivendo un ampio gomito in pianura, si dirige verso il mare anziché raggiungere il F. Po.

Il Fiume Marecchia, che è il più settentrionale dei fiumi marchigiani, ha pendenza media pari a 1.49%; tale corso d'acqua nasce sull'Alpe della Luna, in Umbria, percorre per gran parte del suo sviluppo la regione Marche e sfocia in mare presso Rimini, in Romagna, dopo circa 61 km.

## 2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

Nel presente capitolo vengono analizzate le caratteristiche idrogeologiche generali dell'area interessata dall'intervento, dopo averla inquadrata all'interno del contesto geologico - strutturale ed idrogeologico del versante adriatico dell'Appennino centrale.

### SINTESI GEOLOGICA DELL'AREA

Dal punto di vista geologico la parte meridionale dell'Emilia Romagna appartiene all'Appennino settentrionale, strutturatosi a partire dal Cretacico superiore e costituito dall'Appennino Toscano, da quello Reggiano-Modenese e da quello Bolognese. In quest'ultimo ambito si individua un lineamento regionale (linea del Sillaro) avente direzione antiappenninica che separa il settore emiliano da quello romagnolo. L'Appennino Romagnolo rappresenta infine una complessa culminazione strutturale nell'ambito della quale si individua lo stile tettonico compressivo della catena.

La fascia settentrionale della Regione Emilia Romagna è occupata dalla Pianura Padano - veneta, che si estende all'interno del grande arco formato dalla catena alpina e dalla catena appenninica; si tratta di un bacino evolutosi durante le fasi orogenetiche terziarie, la cui superficie è andata gradualmente riducendosi in seguito alle fasi compressive che hanno formato un sistema strutturale caratterizzato da fasci di pieghe, che rappresentano i *thrusts* frontali sepolti dell'Appennino settentrionale e delle Alpi meridionali.

La Regione Marche è separata dall'Emilia Romagna, dal punto di vista geologico, dalla Coltre gravitativa della Val Marecchia.

In dettaglio, i domini paleogeografici e strutturali che si individuano nell'area di studio, corrispondono a: Appennino Romagnolo, basso Appennino e Pianura Padana.

### ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA

Nel sottosuolo della pianura sono stati riconosciuti tre Gruppi Acquiferi separati da barriere di permeabilità di estensione regionale, informalmente denominati Gruppo Acquifero A, B e C a partire dal piano campagna.

Il Gruppo Acquifero A è attualmente sfruttato in modo intensivo, il Gruppo Acquifero B è sfruttato solo localmente, il Gruppo Acquifero C, isolato rispetto alla superficie per gran parte della sua estensione, è raramente sfruttato.

L'architettura interna e le caratteristiche petrofisiche delle Unità Idrostratigrafiche descritte sono il risultato della storia tettonica e deposizionale del bacino sedimentario.

La maggior parte delle acque potabili sotterranee della Regione Emilia-Romagna risiede nei depositi marini e continentali, di età plio-pleistocenica, che costituiscono il riempimento del Bacino Perisuturale Padano (Bally & Snelson, 1980) legato all'orogenesi dell'Appennino Settentrionale. L'assetto strutturale di questo bacino e la distribuzione della copertura sedimentaria plio-pleistocenica sono ampiamente illustrati in letteratura (Pieri & Groppi, 1981, Cremonini & Ricci Lucchi, 1982). A scala padana la successione plio-quadernaria ha carattere regressivo, con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali. Nei profili sismici si riconoscono due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, originata dal paleodelta del Po; la seconda, trasversale, nordest-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica.

La differenziazione gerarchica si basa su: (1) volume complessivo di acquiferi utili in ciascuna Unità e (2) spessore, continuità ed estensione - areale del livello acquifero o impermeabile di ciascuna Unità. Viene definito Acquifero Basale l'insieme delle Unità complessivamente impermeabili, che, estendendosi nel sottosuolo della pianura ed affiorando sul Margine Appenninico Padano, costituiscono il limite della circolazione idrica-sotterranea presa in considerazione. Contrariamente ai Gruppi Acquiferi, l'Acquifero Basale è un'unità geologicamente tempo - trasgressiva e perciò non corrisponde né ad una Sequenza Deposizionale, né ad una UIS: tra le varie unità

litostratigrafiche che lo compongono, le principali sono la Formazione plio-pleistocenica delle Argille Azzurre e le peliti del Pliocene intraappenninico. Nello schema delle Unità Geologiche di sottosuolo dell'AGIP (1982), l'Acquitardo Basale corrisponde alle Argille dei Santerno.

Le Tavole 1, 3 e 5 dello studio condotto dalla RER mostrano i limiti geometrici e lo spessore totale dei Gruppi Acquiferi A, B e C rispettivamente. Esse sono il risultato dell'interpretazione di 30.000 km di linee sismiche e dei dati di pozzo. Le isolinee (isobate) che racchiudono le aree campite in colore danno, in ogni punto, la profondità della superficie basale dei Gruppo Acquifero, riferita al livello dei mare. La linea rossa che interseca le isobate separa le aree ove tale superficie è costituita da un limite di Sequenza Deposizionale o da un limite di litofacies, dalle aree (lato barbette) ove tale superficie rappresenta l'interfaccia acqua dolce - acqua salmastra, i.e., il limite degli acquiferi utili come definito nel paragrafo 6.1. Nelle Tavole 3 e 5 un secondo fascio di isolinee (isopache) rappresenta, in ogni punto, lo spessore complessivo saturato con acqua dolce, rispettivamente dei Gruppi Acquiferi B e C. Le isopache sono calcolate per differenza rispettivamente tra le basi dei Gruppi Acquiferi A e B e dei Gruppi Acquiferi B e C. Si sottolinea che le Tavole considerano solo la parte di Gruppo Acquifero permeata o saturata con acqua dolce e non quella saturata con acqua salmastra o salata. La base di ogni Gruppo Acquifero affiora completamente o a tratti sul Margine Appenninico Padano; ove non affiorante, il limite basale è tracciato nel sottosuolo (linea tratteggiata) mediante i dati delle stratigrafie di pozzo e della sismica. Le mappe di isobate e isopache sono la base per il calcolo dei volume totale dei Gruppi Acquiferi nel sottosuolo della Regione Emilia-Romagna e per stimare la profondità oltre la quale, nelle varie aree, è inutile o dannoso per la qualità delle acque estratte approfondire i pozzi.

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	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	A	A1
								A2
	A3							
	A4							
DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE DI OLMATELLO	UNITA' DI BORGIO PANIGALE	CRIZZANTE DI FOSSOLO	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	PLEISTOCENE MEDIO	B	B1	
FORMAZIONE EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE							B2	
FORMAZIONE EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE	B3							
UNITA' DI CA' DI SOLA	B4							
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	PLEISTOCENE INFERIORE	C	C1	
	MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.		SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3'				C2	
	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.		SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2				C3	
	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.		SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1				C4	
P <sub>2</sub>	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE		PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	C5	ACQUITARDO BASALE		
				PLIOCENE INFERIORE MIOCENE				

Come evidenziato da diversi studi, l'acqua dolce permea tutti i depositi alluvionali, transizionali, deltizi e talora di scarpata sottomarina, appartenenti ai Gruppi e Complessi Acquiferi che formano il Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola. Se questo fatto però è normale per i depositi alluvionali, certamente non lo è per i depositi deltizi. I depositi di ambiente marino devono essere stati originariamente saturi di acqua salmastra o salata (acque connate) come avviene nei depositi deltizi tardo-olocenici e attuali. Alcuni aspetti dell'evoluzione geologica del bacino forniscono le ragioni del fatto.

Il Gruppo Acquifero C, affiorante lungo il Margine Appenninico Padano, è costituito prevalentemente da sistemi deposizionali marino-marginali e deltizi. Come detto in precedenza, all'atto della sedimentazione tali depositi dovevano contenere acque salmastre e salate. Tuttavia nel sottosuolo della pianura le acque dolci immagazzinate nel Gruppo C saturano non solo i depositi marino-marginali, ma anche gran parte dei depositi di piattaforma, spingendosi fino a trenta km circa dalla posizione della Transizione Scarpata sottomarina - Piana Bacinale di circa 650.000 anni fa, i.e., l'età corrispondente alla fine della deposizione del Gruppo C. Questo consente di affermare che, nell'intervallo di tempo compreso tra l'inizio del Pleistocene medio e l'attuale, il sollevamento tettonico del Margine Appenninico Padano ha causato i seguenti effetti:

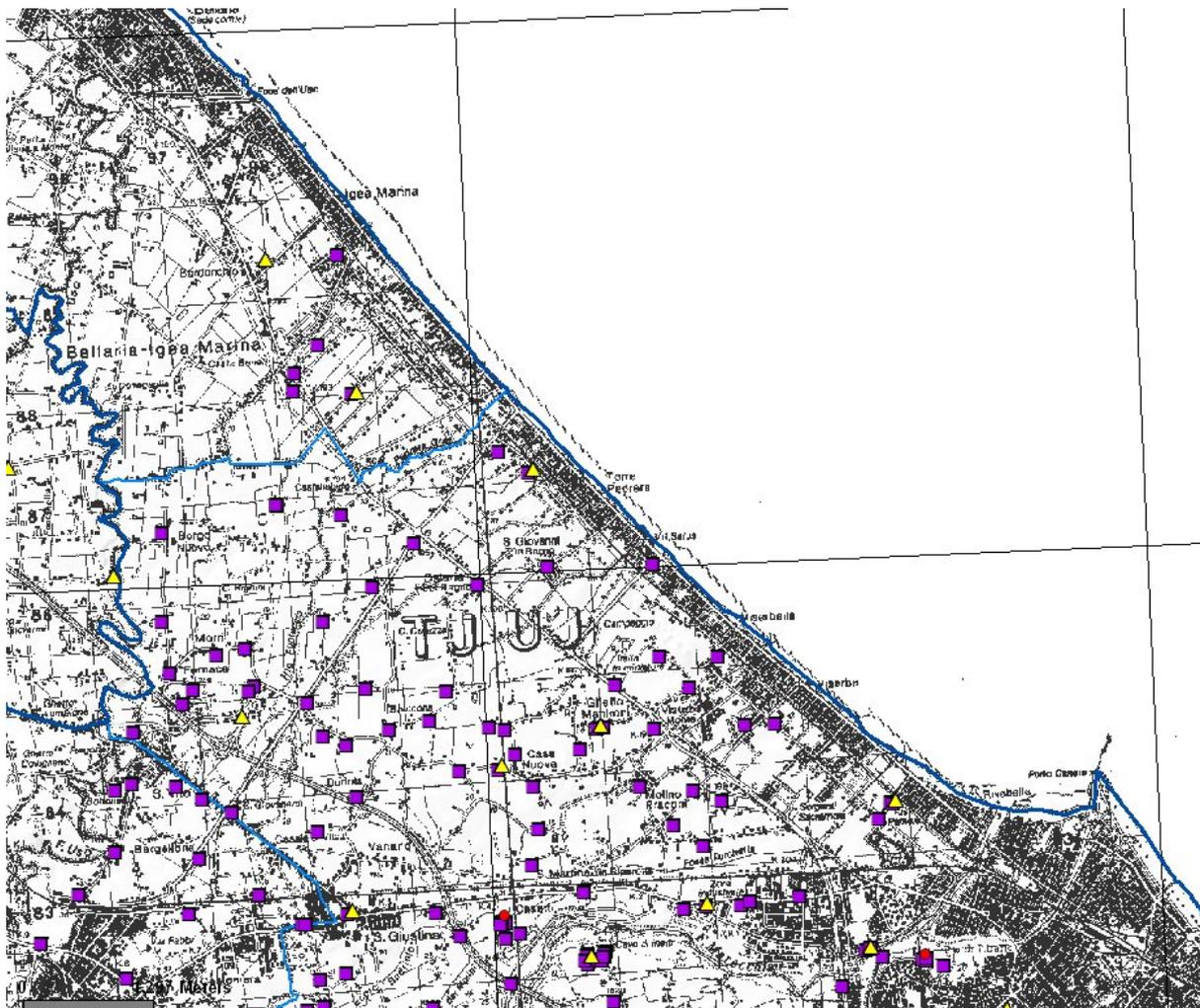
1. ha messo in comunicazione diretta con la superficie, tramite erosione dei depositi sovrastanti e smantellamento di quelli coevi più prossimali, gli acquiferi sviluppati in sedimenti che appartengono a sistemi deposizionali marino-marginali e deltizi;
2. ha sviluppato nelle porzioni sud-occidentali del Gruppo C un gradiente idraulico-topografico così elevato, da spiazzare (termine dell'industria petrolifera usato per descrivere la dinamica della sostituzione di un fluido in un determinato volume poroso con un altro di caratteristiche diverse), con acqua dolce, quasi tutta l'acqua salmastra e salata connata con gli acquiferi.

Questo non rende tuttavia conto del fatto che i serbatoi acquiferi di origine deltizia e costiera dei Gruppi B e A (area ferrarese e romagnola) appaiono completamente

saturi di acqua dolce, anche sotto l'attuale fondo del mare; infatti, l'ultima fase di sollevamento tettonico regionale precede la formazione di quei serbatoi, formazione che avviene, invece, in una fase di prevalente subsidenza bacinale ed ampliamento delle aree deposizionali. Per essi non è possibile invocare un cospicuo aumento del gradiente idraulico di origine tettonica come causa dello spiazzamento delle acque connate.

La spiegazione si basa sul concetto che il fronte di spiazzamento delle acque marine, connate con i sedimenti deltizi e costieri, deve seguire le fasi di sviluppo dei corrispondenti sistemi deposizionali all'interno di una Sequenza Deposizionale elementare. In altre parole, l'interfaccia tra acqua dolce e salmastra è costretta a seguire il livello del mare nel suo movimento di abbassamento eustatico, spiazzando contemporaneamente gran parte dell'acqua connata con i sedimenti deltizi e costieri, porosi e permeabili, appena depositi. La rapida risalita eustatica, che segue, provoca la deposizione di sedimenti paralicci e marini, prevalentemente fini, che sigillano i serbatoi deltizi saturati ad acqua dolce durante la precedente caduta del livello del mare.

Sulla base del quadro appena tratteggiato, le diverse formazioni geologiche individuate a scala regionale e i depositi continentali presenti nell'area di studio possono essere raggruppati in tre macrocomplessi idrogeologici, differenziabili sulla base delle loro caratteristiche idrodinamiche e di immagazzinamento (porosità, trasmissività, ecc). Di seguito vengono sinteticamente descritte le caratteristiche di due dei tre macrocomplessi individuati a scala regionale: "Complessi idrogeologici della sequenza plio-pleistocenica" e "Complessi idrogeologici delle pianure alluvionali"; mentre il "Complesso idrogeologico della Val Marecchia" non viene analizzato in quanto non compreso nella fascia di rilevamento.



- ★ Rete SGSS
- Rete ARPA in continuo
- ▲ Rete ARPA
- Rete Provincia di Rimini

### 2.1.1 Complessi idrogeologici della sequenza plio-pleistocenica

Nel complesso dei depositi arenacei, arenaceo-conglomeratici, arenaceo-sabbiosi intercalati alle argille plio-pleistoceniche, sono presenti acquiferi a permeabilità elevata (arenarie poco cementate, sabbie medio - fini e livelli ghiaioso - conglomeratici) che permettono l'instaurarsi di falde idriche.

La presenza di argille con funzioni di *acquiclude* alla base e al tetto degli acquiferi e la geometria degli stessi, creano condizioni favorevoli allo sviluppo di falde confinate.

L'alimentazione di questi complessi è principalmente connessa con le piogge e secondariamente con le acque superficiali. Nei depositi pleistocenici costieri sono localmente presenti falde con forti escursioni annuali strettamente dipendenti dalle precipitazioni meteoriche; a questi depositi sono connesse le sorgenti, in gran parte a regime stagionale, presenti lungo i versanti prossimi alla costa. Le sorgenti hanno portata modesta, che raramente supera 1 l/s.

Le risultanze delle ricerche petrolifere condotte dall'AGIP (ENI, 1972) mostrano che le unità arenacee plioceniche profonde sono sature di acqua salata o salmastra e soltanto in rari casi di acqua dolce; al contrario le unità arenacee del Pliocene superiore e quelle pleistoceniche risultano sature proprio di acqua dolce.

Anche alcuni sondaggi profondi eseguiti per ricerche idriche in alcune pianure alluvionali (Molinari *et alii*, 1971) confermano quanto precedentemente affermato.

### **2.1.2 Complessi idrogeologici delle pianure alluvionali**

In questi depositi hanno sede gli acquiferi di subalveo, i principali di essi vengono utilizzati mediante captazioni per uso idropotabile, industriale ed agricolo nella maggior parte dei comuni della fascia costiera.

Fino al Km 125 i depositi alluvionali sono formati prevalentemente da corpi ghiaiosi, ghiaioso - sabbiosi e ghiaioso - limosi con intercalate lenti argilloso - limose e sabbioso-limose di varia estensione e spessore; procedendo verso sud prevale invece la componente limosa e limoso - sabbiosa. I depositi terrazzati di alto ordine (terrazzi bassi), sempre in continuità idraulica tra loro, rappresentano il vero acquifero di subalveo, mentre quelli di basso ordine (terrazzi alti) costituiscono spesso acquiferi isolati e sono legati ai terrazzi bassi solo mediante depositi detritici di spessore variabile.

Gli spessori delle alluvioni nell'ambito delle diverse pianure risultano molto variabili e sono compresi fra massimi di 60 metri (pianure alluvionali in prossimità della costa) e minimi di 0-15 metri (per i lembi di alluvioni terrazzate più piccoli); gli spessori dei depositi dei terrazzi intermedi si aggirano mediamente sui 20-30m.

Nell'ambito dei depositi alluvionali sono presenti falde a superficie libera, che in prossimità della costa tendono a trasformarsi in acquiferi multistrato con falde semiconfiniate; l'alimentazione degli acquiferi è data principalmente dalle acque fluviali. In particolare nelle pianure maggiori (Rubicone e Marecchia) la presenza di estesi e potenti corpi di depositi limoso – argillosi separa i corpi ghiaioso – sabbioso, conferendo agli acquiferi caratteristiche di multistrato; nelle pianure minori (Conca e Marano), invece, sussistono generalmente condizioni di monostrato.

Nei fondovalle e nelle pianure, associati ai numerosi affluenti dei fiumi principali, si ritrovano depositi di argille limoso-sabbiose a permeabilità bassa; questi terreni sono sede di acquiferi caratterizzati da forte escursione stagionale della piezometrica ed alimentano, oltre il reticolo idrografico, anche gli acquiferi delle pianure.

#### Parametri idrodinamici dei depositi delle pianure alluvionali

I dati riguardanti i parametri idrodinamici dei depositi alluvionali si riferiscono generalmente ai litotipi ghiaioso - sabbiosi e sono stati ottenuti mediante prove di portata: valori di trasmissività compresi tra  $1.7 \cdot 10^{-2}$  e  $2.5 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s e permeabilità variabili da circa  $5 \cdot 10^{-2}$  m/s a  $2 \cdot 10^{-3}$  m/s.

La permeabilità dei litotipi argilloso - limosi e limoso - argillosi presentano invece valori variabili da  $2 \cdot 10^{-4}$  a  $8 \cdot 10^{-8}$  m/s.

La porosità media effettiva dei depositi alluvionali, definita sulla base di indagini condotte da enti pubblici, risulta essere di circa il 10%.

#### Andamento della freaticimetria

In corrispondenza dei terrazzi bassi e della piana alluvionale l'andamento della freaticimetria è abbastanza complesso e difficilmente correlabile fra un subalveo

all'altro. Tale complessità è da imputare, oltre che a differenze di permeabilità, anche alla morfologia del substrato, alla presenza di numerose opere di captazione ed all'infiltrazione di acque superficiali provenienti dagli alvei degli affluenti principali. In prossimità della costa si osserva, invece un andamento più regolare delle curve isofreatiche, che tendono a disporsi parallelamente alla linea di costa, con un gradiente medio di circa 0.0037 (Nanni, 1986).

I caratteri freaticometrici rimangono pressoché costanti durante tutto l'anno; solo nella parte bassa dell'acquifero ed in prossimità della costa si verificano sensibili variazioni stagionali, legate ai forti prelievi durante la stagione estiva. L'escursione freaticometrica media annuale è di circa 2 m con un massimo di 5 m (costa); i massimi freaticometrici si registrano in primavera (marzo, aprile, maggio), mentre i minimi in autunno (ottobre-novembre).

Confrontando le freaticometrie storiche con il regime pluviometrico dell'area si nota una stretta relazione fra queste due grandezze; la risposta degli acquiferi alle precipitazioni, infatti, si risente con un ritardo generalmente costante e pari a circa 1-2 mesi.

### **2.1.3 Chimismo delle acque**

Il chimismo delle acque è strettamente collegato ai litotipi con cui esse entrano in contatto, sia direttamente (per circolazione idrica) che indirettamente (per mescolamento con acque a diversa composizione ionica).

Le sorgenti connesse con i depositi della sequenza mio-pleistocenica sono piuttosto numerose e generalmente presentano facies bicarbonato-calcica con tenore salino che si aggira, in media, intorno a 0.5 g/l. Una caratteristica di tali depositi, però, è la presenza di molteplici emergenze sulfuree e salate connesse rispettivamente ai depositi evaporitici messiniani ed alle acque salate presenti nella sequenza pliocenica. Le acque sulfuree a facies solfato-calcica sono legate principalmente alla lisciviazione dei litotipi evaporitici, quelle salate a facies clorurino - sodica derivano in

primo luogo dalla risalita, attraverso discontinuità tettoniche, delle acque contenute nei depositi pliocenici (Nanni, 1991).

### **3 CARTOGRAFIA DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI E LEGENDA**

Il tratto della SS16 oggetto di studio interessa esclusivamente termini ascrivibili ai complessi idrogeologici delle pianure alluvionali e delle successioni marine plio-pleistoceniche.

Il complesso dei depositi continentali delle pianure è caratterizzato da corpi prevalentemente ghiaiosi, ghiaioso - sabbiosi e ghiaioso - limosi con intercalate lenti argilloso - limose e sabbioso-limose di varia estensione e spessore; procedendo verso sud prevale invece la componente limosa e limoso - sabbiosa. In questi depositi sono presenti, in genere, falde monostrato a superficie libera che costituiscono una fonte di approvvigionamento idrico di discreta importanza. In prossimità della costa possono essere presenti acquiferi multistrato con falde semiconfiniate o confinate. La ricarica degli acquiferi è legata principalmente all'infiltrazione delle acque superficiali; la trasmissività appare variabile (indicativamente da  $10^{-1}$  a  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s), generalmente i depositi più permeabili sono quelli connessi con le alluvioni attuali e recenti mentre i meno permeabili sono quelli dei depositi terrazzati antichi (Nanni, 1991).

I depositi delle successioni marine plio-pleistoceniche, ascrivibili ai termini del ciclo di chiusura sono sede di falde con escursioni annuali piuttosto accentuate e con ricarica strettamente dipendente dalle precipitazioni meteoriche. A questi depositi possono essere connesse le rare sorgenti a regime stagionale presenti lungo i versanti prossimi alla costa.

I dati relativi alle caratteristiche litologiche e strutturali dei litotipi affioranti nell'area di stretto interesse progettuale sono stati acquisiti attraverso il rilevamento geologico in sito, mediante l'analisi litostratigrafica e di facies dei testimoni di carota prelevati durante le campagne di indagine. Il monitoraggio piezometrico realizzato nell'ambito della progettazione (Fasi A, B, C, e E) ha fatto riferimento sia ai piezometri, sia ai pozzi. L'insieme dei dati raccolti ha consentito di elaborare la carta dei complessi idrogeologici allegata al progetto.

Nell'area di stretto interesse progettuale sono stati identificati tre complessi idrogeologici principali: Depositi continentali quaternari, Depositi marini plio-quaternari e di Avanfossa Adriatica; mentre solo marginalmente (porzione più meridionale dell'area di studio) sono stati individuati i Depositi Terrigeni.

#### COMPLESSI DEI DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

##### **3.1.1 Complesso idrogeologico dei depositi di versante, di frana e eluvio colluviali (GLG: EC)**

Detriti sciolti o coesivi rinvenibili generalmente al piede dei versanti; sono connessi a fenomeni di dissesto, alterazione, ed erosione del substrato. In tale contesto esiste la possibilità di rinvenire falde a superficie libera di spessore, estensione ed importanza variabile ma generalmente ridotta; le caratteristiche di permeabilità per porosità sono contraddistinte da spiccata eterogeneità, con variabilità da bassa a discreta ( $10^{-7} \div 10^{-4}$  m/s).

##### **3.1.2 Complesso idrogeologico dei depositi litoranei antichi e attuali (GLG: Q)**

Limi argillosi ed argille limose prevalenti con locali intercalazioni sabbiose; si rinvengono lenti di materiale torboso e torba. Presentano acquiferi generalmente modesti alimentati dalle piogge e dagli sversamenti lungo le fasce di contatto con gli acquiferi più interni, sono caratterizzati da valori medi di permeabilità per porosità variabile da bassa a discreta ( $10^{-6} \div 10^{-4}$  m/s).

##### **3.1.3 Complesso idrogeologico dei depositi alluvionali (GLG: a1; a2)**

Ghiaie sabbiose prevalenti con lenti ed intercalazioni limoso-argillose di vario spessore ed estensione; in generale contengono gli acquiferi più potenti relativamente all'area d'interesse progettuale. La permeabilità è di tipo primario e cioè per porosità, caratterizzata da spiccata variabilità in relazione alla eterogeneità

granulometrica locale dei depositi; mediamente essa è classificabile da bassa a discreta ( $10^{-6} \div 10^{-4}$  m/s), con locali incrementi fino a buona ( $10^{-4} \div 10^{-2}$  m/s).

#### COMPLESSI DEI DEPOSITI MARINI PLIO-QUATERNARI E DI AVANFOSSA ADRIATICA

##### **3.1.4 Complesso idrogeologico delle sabbie con intercalazioni limoso-argillose (GLG: Qs)**

Depositi sabbiosi a grana media, talora cementati, con intercalazioni limoso-argillose e rare lenti ghiaiose, possono essere sede di falde anche piuttosto rilevanti, sono contraddistinti da valori medi di permeabilità per porosità bassa/discreta ( $10^{-5} \div 10^{-3}$  m/s) con spiccata variabilità locale in relazione alla eterogeneità granulometrica dei litotipi.

##### **3.1.5 Complesso idrogeologico dei depositi argillosi ed argilloso-marnosi (GLG: QA; PA; QA/PA)**

Argille ed argille-limose con sporadiche intercalazioni di livelli sabbiosi; il complesso argilloso-limoso è caratterizzato da una circolazione idrica sotterranea molto limitata o assente. Le intercalazioni sabbiose, dove presenti con potenza superiore al metro, possono contenere piccole falde anche in pressione, il che determina la possibilità di osservare sorgenti a regime stagionale con portata molto bassa. Generalmente i depositi presentano permeabilità per porosità bassa o molto bassa ( $10^{-6} \div 10^{-8}$  m/s) e possono rappresentare l'*aquiclude* degli acquiferi presenti nella fascia di territorio di studio.

#### COMPLESSI DEI DEPOSITI TERRIGENI

##### **3.1.6 Complesso idrogeologico dei depositi sabbiosi e marnosi (GLG: MAR)**

Sabbie organizzate in banchi di spessore metrico con intercalazioni di livelli marnoso-argillosi; a luoghi le sabbie si presentano alternate a marne ed argille sabbiose.

La capacità idrica del complesso è in genere discreta, anche se nell'area di studio non sono state riscontrate emergenze degne di nota. La permeabilità, per porosità e fratturazione, risulta generalmente discreta ( $10^{-4} \div 10^{-5}$  m/s), ma comunque variabile in relazione con il grado di fratturazione della frazione marnosa. La presenza di strati continui a prevalente componente marnoso - argillosa localmente comporta una consistente riduzione della permeabilità ( $10^{-6} \div 10^{-7}$  m/s).

#### **4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Di seguito viene proposta una sintesi delle caratteristiche idrogeologiche dei diversi settori di territorio interessati dal tratto autostradale in oggetto.

Nota la scarsità di dati bibliografici, le descrizioni di seguito riportate sono riferite alla campagna di misure realizzata nell'ambito del presente lavoro; l'intero set delle misure effettuate viene riportato in appendice alla presente nota.

Di seguito vengono analizzati, nello specifico, i diversi tratti sui quali è stato possibile definire la geometria freaticometrica e le principali direttrici di deflusso sotterraneo (per la denominazione dei pozzi e dei sondaggi citati si veda la carta dei complessi idrogeologici).

#### **ANALISI DELLE CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE LUNGO IL TRACCIATO**

##### **4.1.1 (Area F. Marecchia)**

L'analisi dei dati reperiti su misure bimestrali effettuate nel triennio 2001-2003 in pozzi nei dintorni del fiume Marecchia mostra, in generale, che i valori di minima soggiacenza si registrano fra i mesi di febbraio e marzo, mentre i massimi nei mesi di agosto e settembre con un periodo d'esaurimento di circa sei mesi. Gli elevati valori di oscillazione sono legati, indubbiamente, anche a cause antropiche di emungimento. Inoltre, il forte utilizzo della falda di subalveo nell'area è testimoniato dal monitoraggio dei piezometri che mostrano livelli di soggiacenza variabili tra 0 e 15 metri m da p.c.; i livelli maggiori, si trovano in corrispondenza dei piezometri posti nella porzione centro settentrionale della piana alluvionale (cfr piezometri L1\_1-B1, B1-S3). Le linee di flusso principali e gli spartiacque sotterranei sono stati derivati da carte freaticometriche dei mesi di maggio ed agosto 1992 ricostruite (a scala 1:10.000) nell'ambito del "Piano intraregionale delle attività estrattive" (Circondario di Rimini). Dalle stratigrafie esistenti si desume la presenza di una serie di falde sovrapposte semiconfiniate, contenute principalmente nei litotipi ghiaioso – sabbiosi.

#### **4.1.2 Dal km 201+800,00 al km 203+800,00**

Anche per questo settore si è fatto riferimento al "Piano intraregionale delle attività estrattive" (Circondario di Rimini).

In questa area affiora il complesso idrogeologico a dominante sabbiosa sede di una falda che, viste le caratteristiche di permeabilità di tali materiali, si raccorda con quella presente nei depositi alluvionali con cui è in contatto. Il monitoraggio eseguito ha fatto registrare valori di soggiacenza oscillanti tra 18.60 e 29.00 m da p.c. nei piezometri installati nel foro denominato B1-S5bis e valori variabili tra 3.40 e 5 m da p.c. nel piezometro installato nel foro E1-S6. Nel primo sondaggio è stata installata una cella Casagrande alla profondità di 29 m, all'interno del substrato argilloso limoso, e un tubo aperto fino alla profondità di 23 m all'interno della formazione sabbioso-limosa, in entrambe le strumentazioni sono state registrate misure di livello omogenee, attribuibili alla falda presente nei depositi sabbiosi che, come già detto, sono in comunicazione, almeno parziale, con i contigui depositi alluvionali. Il secondo sondaggio, di fase esecutiva, è stato strumentato con tubo aperto fenestrato tra 21 e 30 m di profondità, in corrispondenza di una lente/livello sabbioso intercettato all'interno del substrato a prevalenza pelitica.

I depositi alluvionali sono sede, come i precedenti, di una falda che si attesta a valori di soggiacenza prossimi al p.c. (2 – 4 m), mentre i litotipi a dominante argillosa che caratterizzano il substrato possiedono solo esigue falde, strettamente dipendenti dalle precipitazioni, che si attestano nella coltre alterata superficiale (cfr sondaggi L1\_1-B6 e B1-S7Nbis).

I complessi idrogeologici dei depositi alluvionali presenti sono sede di diverse falde sovrapposte parzialmente confinate; ciò è dovuto alla variabilità tessiturale dei depositi che costituiscono questo complesso. I livelli più permeabili, prevalentemente sabbiosi, sono sede delle falde su descritte e risultano parzialmente tamponati dai depositi fini limoso – argillosi. I livelli piezometrici misurati nei piezometri sono prossimi alla superficie topografica, con soggiacenza variabile tra i 1 e 5 metri dal p.c. ma mediamente poste a circa 2-3 metri dal p.c..

#### **4.1.3 (Area Galleria Scacciano)**

Le stratigrafie dei sondaggi B2-S1, B2-S1T ed E1-S21 mostrano la presenza di una litologia limoso - argillosa piuttosto consistente. Tale assetto litostratigrafico fa sì che i quantitativi d'acqua in esame siano minimi; ciò è messo in evidenza dalle misurazioni effettuate in corrispondenza sia dei piezometri sia dei pozzi, che se sottoposti ad emungimento, tendono a svuotarsi mostrando spiccate caratteristiche di “pozzi serbatoio” (es. pozzi 94 e 98).

I piezometri a tubo aperto B2-S1 e B2S1T, microfessurati rispettivamente tra 9 e 15 m e tra 16 e 30 m di profondità dal p.c. hanno fatto registrare il livello dell'acqua tra 2.5 e 6 m circa dal p.c. il che indica comunque la presenza di acqua, anche se in quantitativi ridotti.

#### **4.1.4 Tratto finale.**

In corrispondenza dei sondaggi E1-S24 e B2-S3 appare evidente una depressione della superficie piezometrica, che sembrerebbe correlabile ad un antico asse di drenaggio sepolto (paleo alveo ghiaioso ubicato ad oltre 20 m di profondità).

In corrispondenza dei sondaggi B2-S4N e B2-S5 l'analisi delle stratigrafie ha evidenziato un livello ghiaioso - sabbioso ad una profondità maggiore di 11 m, confinato tra termini litologici meno permeabili costituiti da limi argillosi. Le misure del livello idrico eseguite nei due sondaggi mettono in evidenza la presenza di una falda, che nell'area si trova ad una profondità variabile stagionalmente tra 3 e 16 m da p.c..

La cella di Casagrande del B2-S6 pesca in un intervallo fra 26 e 36 m di profondità caratterizzato da depositi ghiaioso - limosi e sabbiosi, confinato idraulicamente al tetto da litotipi limoso-argillosi consistenti a permeabilità relativa più bassa. Questa situazione comporta la creazione di sovrappressioni idrauliche con risalita nei tubi della cella piezometrica fino alla profondità di circa 3-4 m dal p.c.

#### ELEMENTI DI INTERESSE PROGETTUALE

Il tracciato di progetto prevede essenzialmente la realizzazione di rilevati che insistono sui depositi alluvionali delle pianure costiere; questi sono sede di acquiferi sia freatici sia confinati, che risultano oggetto di intenso sfruttamento per uso idropotabile, industriale ed irriguo.

Il tracciato prevede poi l'ampliamento dei viadotti necessari per superare gli alvei dei corpi d'acqua principali ed una galleria (vedi modello idrogeologico specifico della galleria Scacciano).

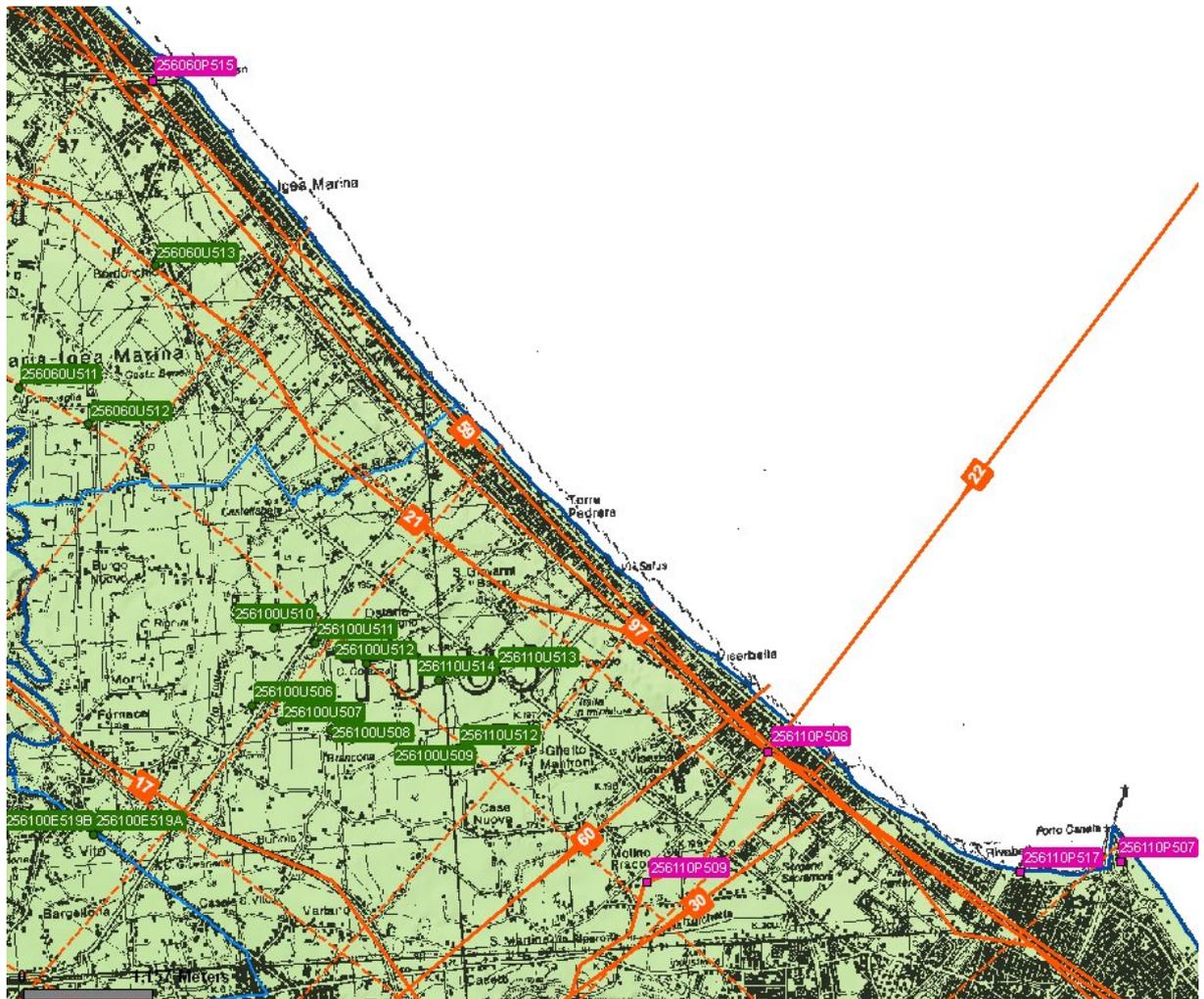
Eventuali interferenze tra gli acquiferi ed il tracciato di progetto riguardano essenzialmente la loro vulnerabilità. La probabilità di sversamenti accidentali di sostanze tossiche e/o inquinanti dalla sede stradale e dalla fascia ad essa prossima, infatti, aumenta con il prevedibile incremento dei flussi di traffico su un'arteria ampliata come quella di progetto. La presenza di numerosi pozzi nelle vicinanze del tracciato stradale ed in particolare di pozzi ad uso irriguo/idropotabile situati a quote inferiori rispetto all'asse della strada, rappresenta un carattere di criticità rilevante nell'analisi idrogeologica.

Nel caso di falde freatiche prive di coperture protettive (terreni di bassa permeabilità) la vulnerabilità degli acquiferi è generalmente “molto elevata”; tale vulnerabilità diventa “bassa” nel caso di coperture mediamente permeabili o fini (praticamente impermeabili). La vulnerabilità della falda profonda risulta generalmente “bassa” in funzione della reale impossibilità di comunicazione con gli acquiferi sovrastanti.

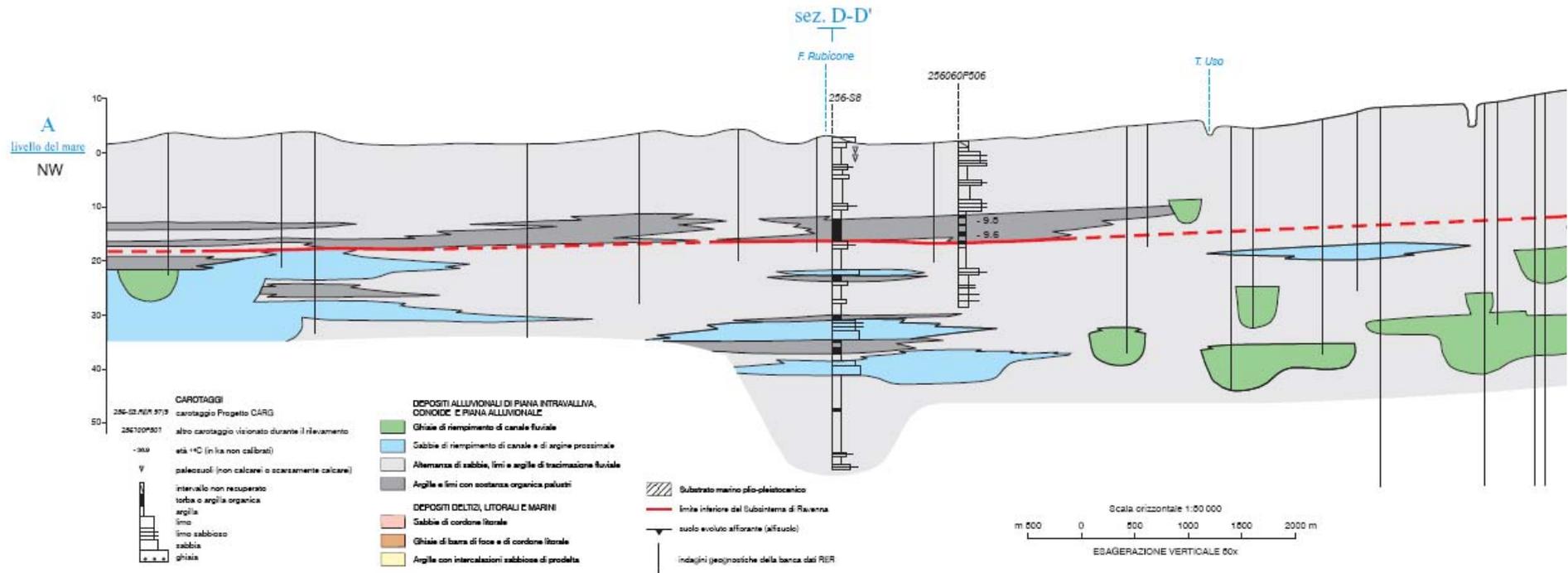
Il progetto prevede una sostanziale affiancamento/sovrapposizione all’attuale tracciato dell’Autostrada A14 e pertanto le condizioni di vulnerabilità dell’acquifero ed il potenziale rischio da inquinamento sono già esistenti.

Tale elemento di criticità potrà essere mitigato attraverso la predisposizione di idonei interventi di salvaguardia delle falde come sistemi di raccolta e canalizzazione delle acque stradali e di eventuali sostanze inquinanti accidentalmente sversate sulla sede. Inoltre risulterà opportuno prevedere specifiche soluzioni di protezione delle opere di captazione delle acque. Per analoghe ragioni è importante valutare attentamente la disposizione dei cantieri lungo il tracciato durante le fasi esecutive dei lavori.

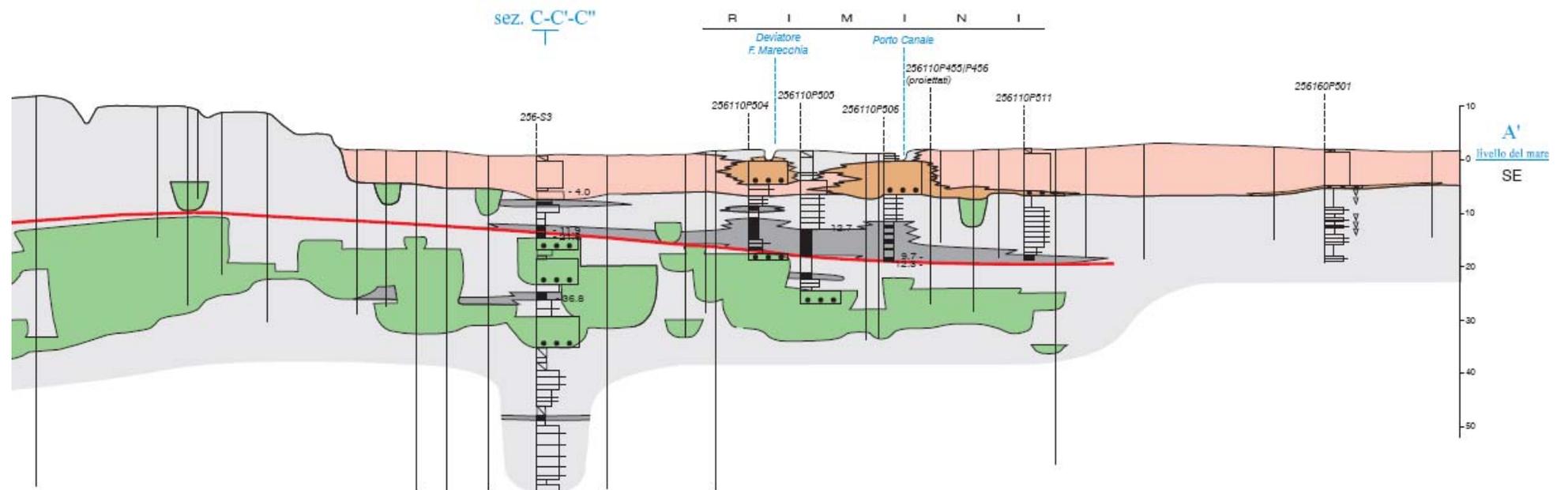
Per quanto concerne la possibile interferenza con la falda da parte delle opere di fondazione profonda, sarà opportuno prevedere sistemi di canalizzazione delle acque tali da consentire un’accettabile continuità ai flussi idrici, mentre per quanto concerne gli eventuali scavi preliminari alla realizzazione di trincee e/o zone di imbocco della galleria, sarà necessario accettare un parziale drenaggio delle falde.



Stralcio planimetrico con indicazione del tracciato relativo alla sezione 21



Sezione 21



## 5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA. VV. (1991) – *L'ambiente fisico delle Marche: geologia, geomorfologia ed idrogeologia*. Ed Reg. Marche e S.E.L.C.A., pp. 255, Firenze.

CAPRARI M., NANNI T. & VIVALDA P. (1993) – Idrogeologia dell'area tra i fiumi Cesano e Potenza (Marche). *Geologia Applicata e Idrogeologia*, 28, pp. 211-222, Bari.

COLTORTI M. & NANNI T. (1987) – La bassa Valle del Fiume Esino: geomorfologia, idrogeologia e neotettonica. *Bollettino Società Geologica Italiana*, 106, pp. 35-51, Roma.

DUCHI V., PRANZINI G., PAOLILLO F. (1987) – Chimismo delle acque di Fabriano-Jesi: un elemento di conferma del sovrascorrimento infrapliocenico del fronte Umbro-Marchigiano. *Bollettino Società Geologica Italiana*, 106, pp. 525-535, Roma.

FOLCHI VICI D'ARCEVIA C., NANNI T., MARCELLINI M., SICILIANI A. & VIVALDA P. (2001) – Cartografia idrogeologica del bacino del Fiume Esino (Marche) tra la dorsale carbonatica marchigiana e la costa mediante l'uso di un GIS. *Memorie Società Geologica Italiana*, 56, pp. 339-351, Roma.

GARZONIO C.A., & NANNI T. (1987) – Idrogeologia della pianura alluvionale del Fiume Musone. *Bollettino Società Geologica Italiana*, 106, pp. 278-303, Roma.

GARZONIO C.A., NANNI T. & VIVALDA P. (1990) – Le pianure alluvionali dei Fiumi Esino, Musone e Potenza: idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi. *Atti 1° Convegno Nazionale protezione e gestione delle acque sotterranee*, 1, 20-22 settembre, Modena.

NANNI T. (1985) – *Le falde di subalveo delle Marche: inquadramento idrogeologico, qualità delle acque ed elementi di neotettonica*. Ed Regione Marche, 2, pp. 112, 15 tav., Ancona.

NANNI T. & VIVALDA P. (1986) – Inquadramento idrogeologico ed influenza della tettonica sugli acquiferi di subalveo delle pianure marchigiane. *Studi Geologici Camerti*, vol. spec. "La geologia delle Marche", pp. 105-133, Camerino.

NANNI T. (1991) – Caratteri Idrogeologici delle Marche. In "*L'Ambiente fisico delle Marche*". Ed. da Regione Marche – S.E.L.C.A., pp. 117-206, Firenze.

## 6 FONTI DI DATI E REFERENTI

*Ente/Istituto:* Università degli Studi di Camerino (MC)

*Referente:* Prof. Materazzi

*Materiale acquisito:* Tesi di Laurea riguardante il Fiume Chienti (Carta delle isofreatiche e dei pozzi).

*Ente/Istituto:* Università degli Studi di Camerino (MC)

*Referente:* Prof. Materazzi

*Materiale acquisito:* Tesi di Laurea riguardante il Fiume Metauro (Carta delle isofreatiche, stima della vulnerabilità dell'acquifero, carta del substrato impermeabile e sezioni).

*Ente/Istituto:* Università degli Studi di Camerino (MC)

*Referente:* Prof. Materazzi

*Materiale acquisito:* Tesi di Laurea riguardante il Fiume Tenna (Carta delle isofreatiche, carta del substrato impermeabile e ubicazione dei pozzi).

*Ente/Istituto:* Provincia di Macerata

*Referente:* Dott. Geol. Campagnoli

*Materiale acquisito:* Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (Carta delle isofreatiche).

*Ente/Istituto:* ASET di Fano

*Referente:* Dott. Garofalo

*Materiale acquisito:* Ubicazione pozzi (in formato *.shp*) e relative schede.

*Ente/Istituto:* Provincia di Rimini

*Referente:* Dott. Geol. Massimo Filippini e Geom. Sartini

*Materiale acquisito:* Carta delle isofreatiche della falda superficiale (PIAE) in scala 1:10000 (1995).

*Ente/Istituto:* Provincia di Rimini

*Referente:* Dott. Geol. Massimo Filippini e Dott. Salvatori

*Materiale acquisito:* Ubicazione dei pozzi (in formato *.shp*) e misure piezometriche della campagna di monitoraggio degli ultimi quattro anni.

## **APPENDICE**

### **MONITORAGGIO PIEZOMETRICO**

**POZZI**

<b>Sigla</b>	<b>Data misure</b>	<b>Falda dal p. c. (m)</b>	<b>Tipo</b>	<b>Note</b>	<b>Fonte</b>
88	04/11/2004	9.50	Irriguo		GEOSERVIZI
89	04/11/2004	18.55	Irriguo		GEOSERVIZI
90	04/11/2004	Asciutto	Irriguo	asciutto fino a circa 17.00 m (abbondanti prelievi nella zona)	GEOSERVIZI
91	04/11/2004	Asciutto	Irriguo	asciutto fino a circa 10.00 m (abbondanti prelievi nella zona)	GEOSERVIZI
92	04/11/2004	15.35	Irriguo		GEOSERVIZI
94	18/01/2005	4.20			SPEA
94	05/11/2004	4.90	Irriguo	acqua stagnante	GEOSERVIZI
95	18/01/2005	4.14			SPEA
95	05/11/2004	11.00	Irriguo		GEOSERVIZI
96	05/11/2004	4.05	Uso domestico		GEOSERVIZI
98	05/11/2004	6.55	Uso domestico	Raccoglie attraverso una canaletta le acque piovane	GEOSERVIZI
99	05/11/2004	4.95	Irriguo		GEOSERVIZI
101	05/11/2004	5.25	Irriguo	acqua stagnante	GEOSERVIZI
103	06/11/2004	2.60	Irriguo		GEOSERVIZI
104	06/11/2004	2.40	Irriguo		GEOSERVIZI
105	06/11/2004	2.50	Irriguo		GEOSERVIZI
106	06/11/2004	2.55	Irriguo		GEOSERVIZI
107	06/11/2004	1.30	Irriguo		GEOSERVIZI
111	06/11/2004	7.70	Irriguo		GEOSERVIZI