

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTO 1- RADDOPPIO RIPALTA – LESINA

GE – GEOLOGIA
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA e IDROGEOLOGICA
Relazione Progetto Esecutivo

L'Appaltatore

CONPAT S.c.a.r.l.
Il Direttore Tecnico

I progettisti (il Direttore della progettazione)

Data

Firma (Ing. Gianguido Babini)

Data

Firma

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 7	0 1	E	Z Z	R H	G E 0 0 0 1	0 0 1	C	

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	PRIMA EMISSIONE	D. FABBRICATORE	Agosto 2021	C.LEONETTI	Agosto 2021	V.SECRETI	Agosto 2021	Ing. T. PELELLA
B	REVISIONE RDV	D. FABBRICATORE	Aprile 2022	C.LEONETTI	Aprile 2022	V.SECRETI	Aprile 2022	Ing. T. PELELLA
C	TERZA EMISSIONE	D. FABBRICATORE	Giugno 2022	C.LEONETTI	Giugno 2022	V.SECRETI	Giugno 2022	Ing. T. PELELLA

File: LI0701EZZRHGE0001001B

n. Elab.



		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geomorfologica ed idrogeologica	Geologica,	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	C	2

1	PREMESSA	8
1.1	OGGETTO E SCOPO	9
1.2	SVOLGIMENTO DEL LAVORO	9
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	13
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO	16
4	QUADRO GEOLOGICO GENERALE	17
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE REGIONALE	17
4.2	EVOLUZIONE GEOLOGICA	19
4.3	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE	22
4.4	CARATTERISTICHE STRUTTURALI	26
5	MODELLO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO	28
5.1	DESCRIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE RILEVATE	28
5.2	ASSETTO STRUTTURALE	31
6	GEOMORFOLOGIA	32
6.1	APPROCCIO METODOLOGICO	32
6.2	CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI	32
6.3	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE	33
6.3.1	Elementi idrografici	34
6.3.2	Elementi strutturali e tettonici	34
6.3.3	Forme poligeniche	34
6.3.4	Forme, processi e depositi gravitativi	35
6.3.5	Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti superficiali	35
6.3.6	Forme antropiche e manufatti	35
6.3.7	Pericolosità geomorfologica	36
6.3.8	Pericolosità idraulica	36
6.4	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULL'ASSETTO GEOMORFOLOGICO	37
7	VINCOLI TERRITORIALI	38

		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geomorfologica ed idrogeologica	Geologica,	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	C	3

8	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	39
8.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE.....	39
8.2	SCHEMA IDROGEOLOGICO GENERALE DEL TAVOLIERE DELLE PUGLIE	40
8.3	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	43
8.3.1	Descrizione della carta della vulnerabilità degli acquiferi, norme di piano e prescrizioni	44
8.4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	46
8.5	CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO	47
8.5.1	Permeabilità delle formazioni geologiche	47
8.6	FALDA ACQUIFERA	51
8.7	PREVISIONE, PREVENZIONE DEGLI EFFETTI INDESIDERATI DEGLI ABBATTIMENTI TEMPORANEI LOCALI DELLA FALDA	53
9	INDAGINI GEOGNOSTICHE	54
9.1	INDAGINI PREGRESSE.....	55
9.1.1	Campagna indagini 2009	55
9.1.2	Campagna indagini 2010	58
9.1.3	Campagna di indagini 2016	58
9.2	PROGETTO ESECUTIVO	60
9.2.1	Riepilogo indagini geognostiche integrative	63
9.2.2	Risultati indagini geognostiche integrative	65
10	MODELLO GEOLOGICO-TECNICO	69
10.1	INTERAZIONE OPERE-TERRENI E POTENZIALI CRITICITÀ	70
10.2	ANALISI DELLE POTENZIALI CRITICITÀ	72
11	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	75
11.1	UNITÀ GEOLOGICO-TECNICHE	75
11.2	UNITÀ GEOTECNICHE	76
12	CARATTERIZZAZIONE SISMICA E CRITICITÀ CORRELATE	80
12.1	INQUADRAMENTO SISMICO REGIONALE	80

		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geomorfologica ed idrogeologica	Geologica,	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	C	4

12.1.1 Sorgenti sismogenetiche	81
12.2 MACROZONAZIONE SISMICA E MAGNITUDO DI RIFERIMENTO	84
12.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	86
12.4 SISMICITÀ STORICA	89
12.5 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	94
12.6 LIQUEFAZIONE	96
12.7 INPUT SISMICI DI PROGETTO.....	98
14 CONCLUSIONI.....	100
15 BIBLIOGRAFIA	102

Indice figure e tabelle

<i>Figura 3.1 - ubicazione dell'area di studio (immagine da google earth).....</i>	16
<i>Figura 3.2 – Particolare della figura precedente (immagine da google earth).</i>	16
<i>Figura 4.1 - Schema geologico-strutturale della catena appenninica; nel riquadro l'arco meridionale (Patacca & Scandone, 2007.</i>	18
<i>Figura 4.2 - Ricostruzione paleogeografica del paleomargine continentale africano secondo Patacca & Scandone (2007). 1) Avampaese Europeo; 2) catena del Paleogene; 3-6) Avampaese africano; 4) bacini su crosta continentale assottigliata o su crosta oceanica; 5) bacini separati da alti strutturali; 7) fronti compressivi.....</i>	20
<i>Figura 4.3 - Schema geologico della porzione molisana dell'Appennino centro-meridionale (da Di Bucci et al. 1999).</i>	21
<i>Figura 4.4 - Carta geologica schematica che mostra la distribuzione dei depositi silicoclastici plio-pleistocenici nei settori costieri a ovest del Gargano. 1) Calcari cretacei; 2) Calcareniti di Apricena; 3) Depositi di piattaforma e di transizione; 4) Depositi costieri; 5) Depositi fluviali; 6) Depositi alluvionali, litorali e palustri attuali; 7) Faglia a componente transtensiva; 8) Contatto regressivo (da Capuano et al. 1996).</i>	23
<i>Figura 4.5 - Colonna litostratigrafica della successione regressiva plio-pleistocenica (da Lanzafame & Tortorici 1976).....</i>	25

		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geomorfologica ed idrogeologica	Geologica,	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	C	5

Figura 6.1 - Aspetti morfologici della zona di foce del F. Fortore: 1) depositi alluvionali terroso-sabbiosi pre-olocenici; 2) lembi residui di un cordone dunare costruito probabilmente durante l'optimum climatico; 3) depositi alluvionali olocenici; 4) allineamenti di creste di dune; 5) ripe di abrasione marina, a) dell'Olocene medio e b) recenti; 6) posizioni successive dell'alveo del F. Fortore; 7) aree paludose in parte bonificate (da Mastronuzzi et al. 1989).....33

Figura 8.1 - Sezione idrogeologica relativa alla zona del Tavoliere delle Puglia posta a Ovest del Promontorio del Gargano, tra il F. Fortore e Apricena (da Maggiore et al. 2004).....41

Figura 12.1 - Suddivisione della Puglia settentrionale in quattro zone (linee continue) con caratteristiche di sismicità differenti: 1) Zona basso Fortore-Lesina-Isole Tremiti; 2) Promontorio del Gargano; 3) Avanfossa del Tavoliere; 4) Sub-Appennino Dauno- Molise sud-orientale. In tratteggio rosso, i confini delle zone sismogenetiche definite nella zonazione ZS9 (da Pierri et al. 2008).....81

Figura 12.2 - Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del “Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy” per l’area in oggetto.82

Figura 12.3 - Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita Ripabottoni – San Severo (ITCS003).....83

Figura 12.4 - Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita San Marco in Lamis - Mattinata (ITCS058).....83

Figura 12.5 - Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita Tocco Casauria - Tremiti (ITCS059).....84

Figura 12.6 Zonazione sismogenetica ZS4.85

Figura 12.7 Zonazione sismogenetica ZS9.85

Figura 12.8 - Moda delle distribuzioni di frequenza in funzione della profondità dei terremoti riportati nel catalogo strumentale INGV (1983-2002) per tutte le ZS di ZS9.....85

Figura 12.9 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCP n.3519/2006), con indicazione dell’area di studio.87

Figura 12.10 - Classificazione sismica del territorio Italiano, con indicazione dell’area di studio. ...88

Figura 12.11 - Mappa di pericolosità sismica di base NTC2008, con indicazione del sito di interesse.89

Figura 12.12 - Storia sismica di Lesina (FG); in ordinata: Intensità al sito (Is); in ascissa: anni.91

		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geomorfologica ed idrogeologica	Geologica,	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	C	6

Figura 12.13 - Storia sismica di Serracapriola (FG); in ordinata: Intensità al sito (I_s); in ascissa: anni.

.....93

Figura 12.14 - Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Molin, Stucchi, Valsenise, [ingvhttp://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html](http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html) , con indicazione dell'area di studio.93

Figura 12.15 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione NTC2018.97

Tabella 1.1 - Elaborati grafici del Progetto Esecutivo.	9
Tabella 1.2 - Elaborati del Progetto Definitivo consultati.	11
Tabella 1.3 – Indagini geognostiche pregresse.	12
Tabella 1.4 – Indagini geognostiche PE.	12
Tabella 8.1 – Classi di permeabilità di riferimento.	47
Tabella 8.2 – Prove di permeabilità disponibili per le argille subappennine.	48
Tabella 8.3 – Prove di permeabilità disponibili per i Conglomerati di Campomarino.	48
Tabella 8.4 - Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali terrazzati.....	49
Tabella 8.5 - Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali terrazzati.....	49
Tabella 8.6 - Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali terrazzati.....	49
Tabella 8.7 - Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali recenti.....	50
Tabella 8.8 – Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali recenti.....	50
Tabella 8.9 – Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali recenti.....	50
Tabella 8.10 – Misurazioni piezometriche disponibili dal PD in data 03/02/2010.	51
Tabella 8.11 – Misurazioni piezometriche eseguite in sede di PE.	51
Tabella 9.1 – Sondaggi 2009.	56
Tabella 9.2 – Prove CPTU 2009.	57
Tabella 9.3 – Sondaggi 2010.	58
Tabella 9.4 – Indagini dirette in situ 2016.	59
Tabella 9.5 – Campagna di indagini integrative.	61
Tabella 9.6 – Sondaggi integrativi.....	63
Tabella 9.7 – Pozzetti integrativi.	64
Tabella 9.8 – Prove laboratorio integrative.	64
Tabella 9.9 – Prove laboratorio integrative.	64

		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 1 – RADDOPPIO RIPALTA-LESINA										
Relazione geomorfologica ed idrogeologica	Geologica,	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI07	01	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	C	7

Tabella 9.10 – Prove penetrometriche integrative.	65
Tabella 9.11 – Indagini geofisiche integrative.	65
Tabella 9.12 – Prospezioni geofisiche integrative.	67
Tabella 9.13 – Pozzetti esplorativi integrativi.	67
Tabella 9.14 – Risultati prove di laboratorio integrative.	68
Tabella 11.1 - Parametri di riferimento per le unità geologico-tecniche.	76
Tabella 12.1 - Dati emersi dal monitoraggio strumentale della zona 930.	86
Tabella 12.2 - Valori della Magnitudo momento massima “Mwmax” per la Zone Sismogenetica ZS9 (estratto da “Gruppo di Lavoro per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica”-2004).	86
Tabella 12.3 - Livello di pericolosità delle zone sismiche, suddivise in relazione all’accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06).	88
Tabella 12.4 - Sismicità storica di Lesina (FG).	90
Tabella 12.5 - Sismicità storica di Serracapriola (FG).	92
Tabella 12.6 – Categorie di sottosuolo NTC2018.	95
Tabella 12.7 – Categorie di sottosuolo emerse dalle indagini geognostiche.	96
Tabella 12.8 - Parametri spettrali del sito di progetto per i diversi stati limite.	99

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	8 DI 108

1 PREMESSA

Nella presente relazione vengono discussi gli aspetti geologici, idrogeologici, geomorfologici e sismici delle aree interessate dalla progettazione esecutiva del “*Raddoppio del lotto 1 Ripalta - Lesina della tratta ferroviaria Termoli - Lesina (linea Pescara – Bari)*”, da realizzarsi in Provincia di Foggia, nei Comuni di Lesina e Serracapriola.

Dal punto di vista geologico, l’opera interessa un’area a basso gradiente, intercettando terreni quaternari eterogenei di origine alluvionale e fluvio-marina da argilloso limosi a ghiaioso sabbiosi e conglomeratici, poggianti su un substrato marino plio-pleistocenico sabbioso-argilloso del Pleistocene inferiore.

Per la redazione del presente studio, oltre a documentazione bibliografica, si è fatto riferimento alla documentazione allegata al Progetto Definitivo (elencata nel paragrafo 1.2), il quale è corredato da un esaustivo studio geologico-tecnico, basato sugli esiti di numerose indagini geognostiche, eseguite in più fasi. Successivamente, sono stati eseguiti rilievi geologici e geomorfologici di campagna e si è dato corso ad una campagna geognostica integrativa (i cui esiti sono riportati negli elaborati elencati nella tabella 1.4), incentrata sulla necessità di approfondimenti puntuali e rispondente alle prescrizioni di capitolato.

La presente relazione si completa con gli elaborati grafici allegati al Progetto Esecutivo, elencati nella tabella seguente ed ai quali si rimanda per maggiori dettagli:

ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO		
Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
GE00LI0701EZZG5GE0001001B	Carta geologica generale	1:5000
GE00LI0701EZZG6GE0001001B	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav.1/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0001002B	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav.2/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0001003B	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav.3/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0001004B	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav.4/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0001005B	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav.5/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0003001A	Carta geomorfologica tav. 1/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0003002A	Carta geomorfologica tav. 2/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0003003A	Carta geomorfologica tav. 3/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0003004A	Carta geomorfologica tav. 4/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0003005A	Carta geomorfologica tav. 5/5	1:2000
GE00LI0701EZZG5GE0002001B	Carta idrogeologica	1:5000
GE00LI0701EZZF6GE0001001B	Profilo geologico-tecnico- Tav 1 di 4	1:2000/200
GE00LI0701EZZF6GE0001002B	Profilo geologico-tecnico - Tav 2 di 4	1:2000/200
GE00LI0701EZZF6GE0001003B	Profilo geologico-tecnico - Tav 3 di 4	1:2000/200
GE00LI0701EZZF6GE0001004B	Profilo geologico-tecnico - Tav 4 di 4	1:2000/200
GE00LI0701EZZWZGE0001001B	Sezioni geologico-tecniche	1:200
GE00LI0701EZZG5GE0001003B	Planimetria con classificazione sismica	1:5000
GE00LI0701EZZG5GE0001005A	Carta della pericolosità geomorfologica	1:5000
GE00LI0701EZZG5GE0001006A	Carta della pericolosità idraulica	1:5000
GE00LI0701EZZG5GE0001007A	Carta della vulnerabilità idrogeologica degli acquiferi	1:5000
GE00LI0701EZZG6GE0002001B	Carta ubicazione indagini tav.1/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0002002B	Carta ubicazione indagini tav.2/5	1:2000

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	9 DI 108

ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO

Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
GE00LI0701EZZG6GE0002003B	Carta ubicazione indagini tav.3/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0002004B	Carta ubicazione indagini tav.4/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0002005B	Carta ubicazione indagini tav.5/5	1:2000

Tabella 1.1 - Elaborati grafici del Progetto Esecutivo.

Il lavoro è stato svolto in ottemperanza al D.M. del 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”.

Per quanto concerne gli aspetti geodinamici e sismici, si rimanda alla “Relazione sismica” (GE00LI0701EZZRHGE0001002C).

1.1 OGGETTO E SCOPO

Oggetto del presente lavoro è la progettazione esecutiva del “*Raddoppio del lotto 1 Ripalta - Lesina della tratta ferroviaria Termoli - Lesina (linea Pescara – Bari)*”.

Scopo della relazione è fornire, sulla base della documentazione e delle indagini disponibili, le informazioni necessarie per lo sviluppo della progettazione delle opere.

Il presente documento, redatto attraverso l’ausilio di studi mirati sul territorio permette quindi di:

- ✓ ricostruire dettagliatamente gli aspetti naturalistici del territorio ove sono collocate le opere;
- ✓ rappresentare ed illustrare le informazioni geologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche;
- ✓ riconoscere le principali forme di erosione, di accumulo e più in generale di pericolosità geologica, geomorfologica ed idrogeologica nelle aree limitrofe e/o direttamente interessate dai lavori;
- ✓ definire la distribuzione e la caratterizzazione delle principali falde idriche presenti nel sottosuolo;
- ✓ illustrare gli esiti delle indagini geognostiche eseguite e di quelle ereditate dalle precedenti fasi progettuali;
- ✓ fornire il modello stratigrafico, idrogeologico, geotecnico e sismico da porre a base della progettazione;
- ✓ individuare le interazioni fra le opere ed i terreni fornendo gli elementi per una corretta progettazione geologica, idrogeologica e sismica;
- ✓ individuare la presenza di situazioni tali da determinare vincoli nell’ambito dello sviluppo della fase progettuale o durante l’esecuzione dei lavori.

1.2 SVOLGIMENTO DEL LAVORO

Passando per il Progetto Definitivo (di seguito PD), il lavoro è stato svolto seguendo una successione coordinata di diverse fasi propedeutiche. In particolare, alla fase preliminare di disamina, che ha visto l’acquisizione di tutte le conoscenze significative sull’area, basata sulla consultazione del materiale disponibile e sull’apposita raccolta di materiale bibliografico, è seguita una fase di studio di dettaglio, consistente in primo luogo nell’analisi foto interpretativa e nel rilevamento di superficie.

Nel dettaglio il lavoro ha previsto una prima fase di analisi, basata su:

- ✓ lo studio della documentazione redatta nel corso delle precedenti fasi progettuali;
- ✓ la consultazione della documentazione bibliografica reperita presso Enti di Ricerca e Amministrazioni;
- ✓ fotointerpretazione di fotogrammi di riprese aeree effettuate in passato.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	10 DI 108

I risultati di tale analisi sono stati quindi verificati ed integrati con quelli dall'indagine geologica, costituita dal rilevamento geologico e geomorfologico di campagna, oltre che dai dati emersi dalla campagna di indagini geognostiche. Complessivamente, in linea con gli studi del PD, è stata definita la distribuzione spaziale dei litotipi, l'individuazione degli elementi morfo-strutturali e la caratterizzazione degli elementi geologici e idrogeologici significativi per la successiva descrizione geologico-geotecnica.

Di seguito sono descritte nel dettaglio le attività sopra descritte per quanto concerne l'approccio metodologico adottato.

Studio del progetto definitivo ed indagine storica e bibliografica: è stata eseguita un'approfondita disamina della documentazione del PD, la cui documentazione è stata analizzata secondo il seguente schema logico, lungo il tracciato ed in specifico per ciascuna opera in progetto:

- ✓ analisi dei risultati delle campagne di indagini geognostiche;
- ✓ analisi e confronto delle differenti cartografie ed elaborati tematici (geologia, geomorfologia, idrogeologia);
- ✓ analisi e confronto dei profili tecnici.

Le analisi hanno consentito di condividere gli studi precedenti e di sintetizzare le previsioni relative al contesto geologico, idrogeologico, geomorfologico e geotecnico in base a quanto desumibile e previsto a livello di PD e successivamente di individuare, rispetto alle informazioni ed agli scenari in esso delineati, le principali criticità ed incertezze residue da cui si è partiti per sviluppare le successive fasi di studio ed indagine. Inoltre, si è proceduto all'esame della documentazione bibliografica disponibile, anche al fine di verificare eventuali modifiche soprattutto in termini di vincolistica rispetto al quadro esistente in fase di progettazione definitiva.

Dunque, l'approfondimento delle conoscenze è stato eseguito mediante una ulteriore ricerca bibliografica, condotta presso gli istituti universitari e di ricerca e presso gli enti amministrativi e territoriali interessati dall'opera; in particolare, il materiale consultato è stato reperito presso enti di ricerca (ISPRA e CNR), amministrazioni (Comune di Serracapriola, Comune di Lesina, Provincia di Foggia), Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore e Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale; in seno a queste ultime sono stati visionati gli elaborati del "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino interregionale del Fiume Fortore" (parallelamente consultando anche l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia - I.F.F.I.) ed "Piano di Gestione del Rischio di Alluvione-PGRA".

Tutte le informazioni sull'assetto geologico, idrogeologico e geomorfologico ricavate da questa fase di lavoro, oltre a far comprendere meglio l'assetto territoriale su cui intervenire, sono state utilizzate per calibrare la successiva fase di lavoro.

Nella tabella seguente sono elencati gli elaborati geologici consultati nell'ambito della progettazione definitiva.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	11 DI 108

ELABORATI GEOLOGICI DEL PROGETTO DEFINITIVO		
Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
LI0001D69RGGE0001001B	Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica	-
LI0001D69L5GE0001001A	Carta e profilo geologico e geomorfologico tav. 1/2	1:5000
LI0001D69L5GE0001002A	Carta e profilo geologico e geomorfologico tav. 2/2	1:5000
LI0001D69L6GE0002001A	Carta e profilo idrogeologico tav. 1/2	1:5000
LI0001D69L6GE0002002A	Carta e profilo idrogeologico tav. 2/2	1:5000
LI0001D69L6GE0001001A	Carta della litologia di superficie e profilo geologico tecnico tav.1/5	1:2000
LI0001D69L6GE0001002A	Carta della litologia di superficie e profilo geologico tecnico tav.2/5	1:2000
LI0001D69L6GE0001003A	Carta della litologia di superficie e profilo geologico tecnico tav.3/5	1:2000
LI0001D69L6GE0001004A	Carta della litologia di superficie e profilo geologico tecnico tav.4/5	1:2000
LI0001D69L6GE0001005A	Carta della litologia di superficie e profilo geologico tecnico tav.5/5	1:2000
LI0001D69G5GE0001001A	Carta della pericolosità geomorfologica	1:5000
LI0001D69G5GE0001002A	Carta della pericolosità idraulica	1:5000
LI0001D69G6GE0001001A	Carta della vulnerabilità idrogeologica degli acquiferi	1:5000

Tabella 1.2 - Elaborati del Progetto Definitivo consultati.

Rilievi di campagna ed analisi fotointerpretativa: in base alle informazioni acquisite, sono stati effettuati rilievi di campagna per una fascia significativamente ampia (circa 500m cavallo dell'opera), preceduti ed integrati dall'analisi fotointerpretativa. Le informazioni ed i dati raccolti hanno così permesso di approfondire la distribuzione spaziale dei litotipi, il modello stratigrafico ed in generale l'assetto geologico-strutturale e verificare gli elementi geomorfologici caratteristici del territorio; in tal modo è stato possibile definire con maggiore dettaglio, il modello geologico, geomorfologico ed idrogeologico da porre a base del progetto. Tutti i dati raccolti sono stati, poi, confrontati ed integrati con quelli scaturiti dalla campagna indagini eseguita.

Indagini geognostiche: sono numerose le indagini pregresse, eseguite nell'ambito di diverse fasi di studio inerenti il progetto in esame, comprensive di sondaggi geognostici (con prove in foro di sondaggio, installazione di piezometri e prelievo di campioni di laboratorio), prove penetrometriche continue, pozzetti esplorativi, prove di laboratorio e prospezioni geofisiche; gli esiti delle indagini geognostiche pregresse sono riportati negli elaborati elencati nella tabella seguente.

INDAGINI GEOGNOSTICHE DEL PROGETTO DEFINITIVO		
Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
Indagini dirette		
G00LI0701EZZSGGE0001001A	Indagini geognostiche e prove in situ pregresse. Relazione generale	-
G00LI0701EZZSGGE0001002A	Indagini geognostiche e prove in situ pregresse. Sondaggi	-
G00LI0701EZZSGGE0001003A	Indagini geognostiche e prove in situ pregresse. Pozzetti geognostici e prove cpt	-

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	12 DI 108

INDAGINI GEOGNOSTICHE DEL PROGETTO DEFINITIVO		
Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
G00LI0701EZZSGGE0001004A	Indagini geognostiche e prove in situ pregresse. Documentazione fotografica	-
G00LI0701EZZSGGE0001005A	Indagini geognostiche pregresse del 2009 (Stratigrafie sondaggi e prove penetrometriche)	-
G00LI0701EZZSGGE0001006A	Indagini geognostiche pregresse del 2010 (Stratigrafie sondaggi)	-
GE00LI0701EZZPRGE0005001B	Prove di laboratorio pregresse 1/2	-
GE00LI0701EZZPRGE0005002B	Prove di laboratorio pregresse 2/2	-
GE00LI0701EZZPRGE0005003A	Indagini geognostiche pregresse del 2009 (Certificati delle prove geotecniche di laboratorio)	-
Indagini geofisiche		
GE00LI0701EZZIGGE0005001A	Rapporto Tecnico indagini pregresse	-
GE00LI0701EZZIGGE0005002A	Elaborati grafici indagini pregresse	-
GE00LI0701EZZIGGE0005003A	Indagini geognostiche pregresse del 2009 (Prospezioni geofisiche in foro di sondaggio)	-
GE00LI0701EZZIGGE0005004A	Indagini geognostiche pregresse 2009 (Prospezioni geoelettriche) CON ALLEGATI	-

Tabella 1.3 – Indagini geognostiche pregresse.

Indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche integrative sono state eseguite allo scopo di verificare/integrare il modello geologico e geotecnico a base della progettazione. L'ubicazione dei punti d'indagine di PE è stata definita a valle di specifici sopralluoghi, in modo da ottemperare alle specifiche di capitolato e verificare il quadro informativo disponibile. Infatti, la campagna di indagini è stata pianificata tenendo conto del quadro complessivo delle indagini pregresse disponibili, con l'obiettivo di approfondire gli studi relativamente a quegli aspetti che possono condizionare gli aspetti geotecnici e quindi il dimensionamento locale delle opere e le relative fasi esecutive. Le indagini eseguite sono descritte nel capitolo 9 della presente relazione; gli esiti sono dettagliatamente esposti negli elaborati

INDAGINI GEOGNOSTICHE DEL PROGETTO ESECUTIVO		
Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
Indagini dirette		
GE00LI0701EZZSGGE0001007C	Indagini geognostiche Progetto Esecutivo	-
GE00LI0701EZZPRGE0005004C	Prove di laboratorio Progetto Esecutivo	-

Tabella 1.4 – Indagini geognostiche PE.

Si fa presente che l'elaborato "Indagini geognostiche Progetto Esecutivo" (GE00LI0701EZZSGGE0001007C) è comprensivo sia delle indagini dirette che delle prospezioni geofisiche.

L'ubicazione delle indagini è rappresentata nella n.5 tavole della "Carta ubicazione indagini" (GE00LI0701EZZSGGE0002001B/5B).

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	13 DI 108

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione e gli studi ad essa associati sono redatti in conformità a quanto previsto dalla normativa tecnica, fra cui di seguito sono elencati i principali riferimenti:

- ✓ L. 10/05/76 n. 319: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- ✓ L. 08/08/1985 n. 431: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 22 agosto 1985, n. 197)";
- ✓ L. 08/07/86 n. 349: "Istituzione del Ministero dell'Ambiente e norme in materia di danno ambientale";
- ✓ D.M. 11/03/88: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce...";
- ✓ Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale).
- ✓ Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- ✓ Circolare Min. LL.PP: 24 settembre 1988 n° 30483: "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- ✓ D.P.R. 24/05/88 n. 236: "Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano", ai sensi dell'art. 15 della legge 183 del 16/04/1987;
- ✓ L. 18/05/89 n. 183: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- ✓ D.P.C.M. 23/03/1990: "Atto di indirizzo e coordinamento al fini della elaborazione e adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- ✓ L. 07/08/1990 n.253: "Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";
- ✓ L. 06/12/91 n. 394: "Legge quadro sulle aree protette";
- ✓ D.P.R. 07/01/1992: "Programmazione attività conoscitive";
- ✓ D.P.R. 14/04/1993: "Criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica";
- ✓ L. 04/12/1993, n. 493: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 5 ottobre 1993, n. 398, recante disposizioni per l'accelerazione degli investimenti a sostegno dell'occupazione e per la semplificazione dei procedimenti in materia edilizia";
- ✓ L. 05/01/1994 n. 37: "Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche L. 5 gennaio 1994, n. 36. Disposizioni in materia di risorse idriche";
- ✓ D.P.R. 14/04/1994: "Delimitazione bacini";

GE – GEOLOGIA

**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	14 DI 108

- ✓ D.P.R. 18/07/1995: "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino";
- ✓ D.M. 14/02/1997: "Direttive tecniche per l'individuazione perimetrazione, da parte delle regioni delle aree a rischio idrogeologico";
- ✓ Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica (1997).
- ✓ Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- ✓ D.L. 11/06/1998, n. 180: "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- ✓ L. 03/08/1998 n. 267: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- ✓ D.P.C.M. 29/09/1998: "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180".
- ✓ D.L. 11/05/99 n. 152: "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva CEE 91/271 e 91/676";
- ✓ L. 13/07/1999 n. 226 (G.U. 14.07.1999, n. 112): "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto - legge 13 maggio 1999, n.132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile." (in vigore dal 15.7.1999);
- ✓ D.L. 18/08/2000 n. 258: "Disposizioni correttive ed integrative del D.L. 152/99;
- ✓ L. 11/12/2000 n. 365: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonche' a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamita' idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000";
- ✓ L. 23/03/2001 n. 93: "Disposizioni in campo ambientale";
- ✓ D.P.R 6 giugno 2001 n. 380: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- ✓ D.M. 18/09/2001 n. 468: "Regolamento recante programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale";
- ✓ Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, 2005. Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino interregionale del Fiume Fortore. Relazione Generale; Norme di Attuazione; Cartografia della pericolosità idraulica e da frana e valanga.
- ✓ D.L. 03/04/2006 n. 152: "Norme in materia ambientale";
- ✓ L.R. 11/05/2007 n. 9: "Provvedimento generale recante norme di tipo ordinamentale e finanziario (collegato alla manovra di finanza regionale per l'anno 2007 Art. 3, comma 4, della Legge regionale n. 8/2002)";
- ✓ DM 14/01/2008: "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".
- ✓ Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14/01/2008. Circolare 02/02/2009 n° 617 C.S.LL.PP;
- ✓ O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: "Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico";
- ✓ D.M. 17/01/2018: "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	15 DI 108

- ✓ *Decreto dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale n° 540 del 13/10/2020 - Adozione Misure di Salvaguardia relative alle aree soggette a modifica di perimetrazione e/o classificazione della pericolosità e rischio dei Piani di assetto Idrogeologico configurate nei progetti di varianti di aggiornamento dei PAI alle nuove mappe del PGRA da approvarsi ai sensi dell'articolo 68 comma 4 - ter del D.Lgs n°152 del 3 aprile 2006, integrato dall'art 54 della legge 120 dell'11 settembre 2020 "Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale".*

GE – GEOLOGIA

Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	16 DI 108

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

Da un punto di vista geografico, l'area di studio ricade in Puglia Settentrionale, nel territorio dei comuni di Serracapriola e Lesina, ovvero in provincia di Foggia, lungo una fascia di territorio estesa circa 9 km² situata a ridosso della costa adriatica.



Figura 3.1 - ubicazione dell'area di studio (immagine da google earth).



Figura 3.2 – Particolare della figura precedente (immagine da google earth).

In riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studio ricade all'interno del foglio in scala 1:100000 n.155 "San Severo", nella tavoletta in scala 1:25.000 n.155 I SO (Ripalta) e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Puglia, negli elementi in scala 1:5.000 n. 382072, 382083, 382121, 382122 e 382124.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	17 DI 108

4 QUADRO GEOLOGICO GENERALE

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE REGIONALE

Nel suo complesso, l'Appennino rappresenta un tipico *thrust and fold belt* con vergenza orientale, compreso tra il Bacino Tirrenico ad Ovest e l'Avampaese Apulo a Est (Bonardi et al. 2009). L'Appennino è quindi una catena per pieghe e sovrascorrimenti che si struttura verso l'Avampaese Apulo a partire dal Miocene inferiore (Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009).

L'assetto tettonico della catena appenninica è schematizzabile, quindi, attraverso la giustapposizione di due grandi archi: uno settentrionale, che va dal Monferrato fino al Lazio- Abruzzo, e uno meridionale, che arriva fino alla Sicilia (Patacca et al. 1992; Scrocca & Tozzi 1999). Questi due archi, la cui giunzione si realizza lungo la Linea Ortona-Roccamonfina, si differenziano per direzioni di movimento, entità dei raccorciamenti e stili deformativi (Di Bucci & Tozzi 1992). Ogni arco maggiore è formato da *thrust sheet* scollati nelle dolomie triassiche, alla base delle successioni sedimentarie meso-cenozoiche (Scrocca & Tozzi 1999).

In particolare, lo stile della deformazione compressiva nella porzione di catena dove si trovano successioni carbonatiche sia di bacino sia di piattaforma, grossomodo corrispondente all'Appennino Settentrionale ed ai settori interni di quello meridionale, si esplica essenzialmente per embrici in progressione verso l'Avampaese Apulo (Patacca & Scandone 1989; Di Bucci et al. 1999).

Nella porzione di catena in cui sono prevalenti i depositi bacinali a dominante pelitica, che invece corrisponde ai settori esterni dell'Appennino meridionale, lo stile della deformazione compressiva è dato da estesi *thrust sheet* che ricoprono i depositi plio-pleistocenici più recenti (Di Bucci et al. 1999; Buonanno et al. 2007). Al di sotto di tali strutture, il dominio dell'Avampaese Apulo sepolto si deforma in una serie di *horses* ricoperti da un complesso sistema di tipo duplex (Patacca & Scandone 1989; Lentini et al. 1990; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007).

Le unità tettoniche più interne, derivanti da un'area oceanica o a crosta continentale assottigliata, hanno iniziato ad impilarsi a partire dal Miocene inferiore (Di Staso & Giardino 2002), formando un prisma di accrezione suturato da una successione di *thrust top* (Bonardi et al. 2009). Questo assieme è sovrascorso prima su domini di piattaforma carbonatica e quindi, a partire dal Miocene superiore, si è ulteriormente spostato verso l'esterno coinvolgendo nella deformazione l'ampio Bacino di Lagonegro e tutti i domini paleogeografici più esterni (Mostardini & Merlini 1986; Bonardi et al. 2009). Ulteriori eventi compressivi hanno determinato sensibili raccorciamenti nella catena fino al Pleistocene inferiore (Cinque et al. 1993; Mostardini & Merlini 1986).

GE - GEOLOGIA

Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	18 DI 108

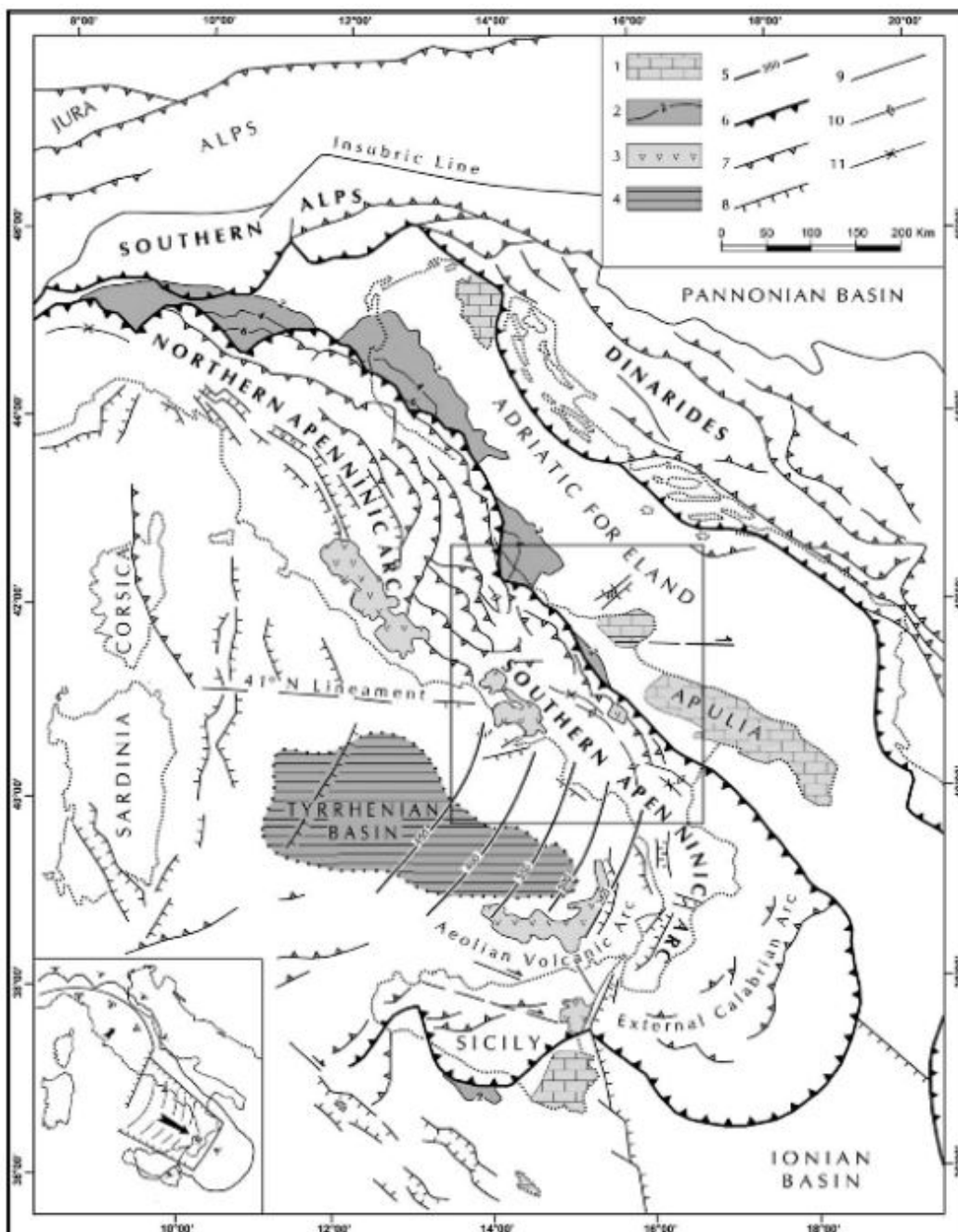


Figura 4.1 - Schema geologico-strutturale della catena appenninica; nel riquadro l'arco meridionale (Patacca & Scandone, 2007).

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	19 DI 108

4.2 EVOLUZIONE GEOLOGICA

Durante il Mesozoico, il settore sud-adriatico era caratterizzato dalla presenza di un esteso dominio di piattaforma carbonatica, soggetto ad una persistente e continua subsidenza (Moretti et al. 2011). Tale dominio, comunemente identificato con la Piattaforma Apula, era parte di un'ampia porzione di litosfera continentale di derivazione africana (Promontorio Africano o Microplacca Adriatica), con caratteri tipici di un contesto geodinamico di margine passivo maturo (Bonardi et al. 2009; Moretti et al. 2011).

La Microplacca Adriatica, in corrispondenza del settore pugliese, presenta una struttura piuttosto uniforme, data da un basamento cristallino Variscano ed una copertura sedimentaria spessa circa 6 km (Ricchetti et al. 1988; Bosellini et al. 1993). La successione sedimentaria che copre il basamento presenta i tipici caratteri di un margine passivo ed è caratterizzata, dal punto di vista stratigrafico, da facies fluvio-deltizie permo-triassiche (Verrucano), rocce evaporitiche triassiche (Anidriti di Burano) e da una potente impalcatura carbonatica giurassico-cretacica di piattaforma (Moretti et al. 2011).

Il progressivo *block faulting* che ha interessato l'area durante il mesozoico ha portato, quindi, alla strutturazione di un articolato sistema di transizione da margine di piattaforma a bacino, verso Est, e di un esteso bacino intracratonico verso Ovest (Mostardini & Merlini 1986; Moretti et al. 2011). La successione carbonatica del Calcare di Bari (Giurassico superiore - Cretacico inferiore), in particolare, è costituita da calcari micritici organizzati in associazioni di facies riferibili ad ambienti di piattaforma interna, sempre connessi al dominio apulo (D'Argenio 1974). Nel Gargano orientale, invece, i termini di margine (Giurassico superiore - Eocene medio) costituiti da calcareniti oolitico-bioclastiche e da calcari organogeni, insieme agli *apron* carbonatici di pendio e base pendio (Pavan & Pirini 1965; Bosellini et al. 1993; Graziano 2000), sono l'evidenza della progressiva transizione verso Est ad un ambiente marcatamente bacinale (Moretti et al. 2011).

Tra il Cenomaniano superiore ed il Turoniano, la variazione del regime geodinamico dovuta alle fasi incipienti dell'orogenesi alpina ha portato al progressivo inarcamento della Microplacca Adriatica (*lithospheric buldge*) ed all'emersione di estese porzioni della Piattaforma Apula (Scrocca & Tozzi 1999; Moretti et al. 2011).

Inoltre, la presenza dei depositi bacinali dei Calcari di Monte Acuto (Santoniano) ad Ovest della successione di piattaforma interna indica che, almeno fino al Cretacico superiore, le fasi tettoniche distensive hanno interessato la piattaforma carbonatica producendo ulteriori aree bacinali, anche lungo il margine orientale del Gargano (Moretti et al. 2011). La presenza di sottili filoni di rocce ultrabasiche all'interno dei calcari mesozoici testimonia, quindi, la persistenza del regime distensivo almeno fino all'inizio del Terziario.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	20 DI 108

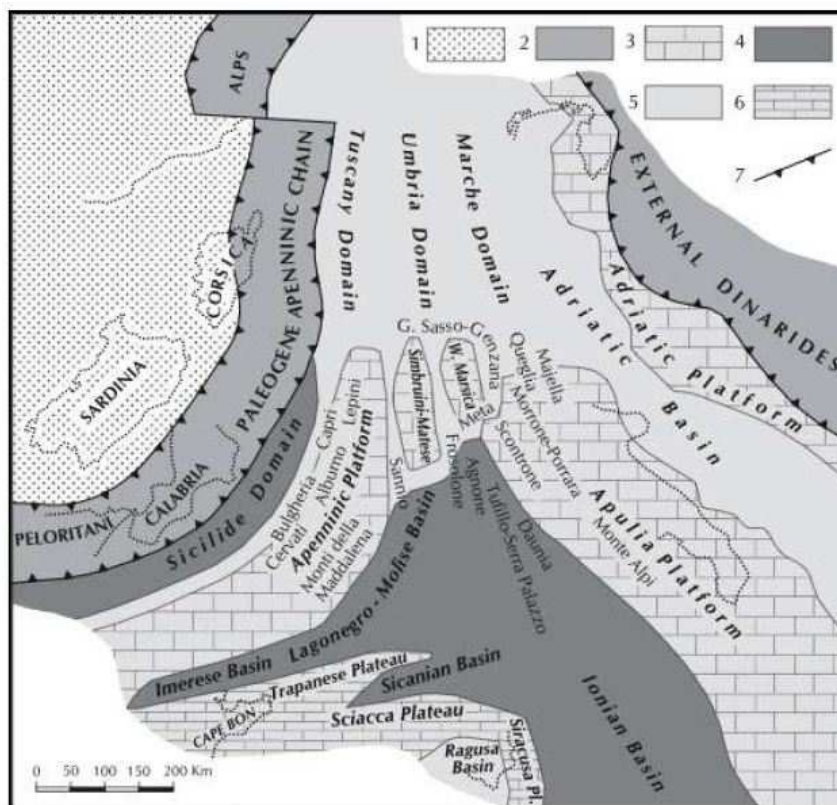


Figura 4.2 - Ricostruzione paleogeografica del paleomargine continentale africano secondo Patacca & Scandone (2007). 1) Avampaese Europeo; 2) catena del Paleogene; 3-6) Avampaese africano; 4) bacini su crosta continentale assottigliata o su crosta oceanica; 5) bacini separati da alti strutturali; 7) fronti compressivi.

A partire dall'Oligocene la Microplacca Adriatica entra in collisione con quella europea, andando in subduzione verso Ovest. Tale variazione del regime geodinamico dell'area determina l'inizio dell'orogenesi sud-appenninica e, quindi, il conseguente passaggio dell'area pugliese da un contesto di margine passivo ad uno di margine attivo (Moretti et al. 2011). In questo nuovo contesto tettonico, l'area di avampaese stabile è rappresentata dal dominio dell'Avampaese Apulo (Ricchetti et al. 1988, Moretti et al. 2011), di cui il Gargano rappresenta uno dei più estesi tratti affioranti, insieme alle Murge ed al Salento. L'Avampaese Apulo quindi, individuatosi nel Terziario durante l'orogenesi appenninica, risulta costituito prevalentemente da una regione carbonatica autoctona e poco deformata, che si sviluppa sia in aree emerse che in aree sommerse (D'Argenio et al. 1973; Doucet et al. 1990; Moretti et al. 2011). Dal Miocene al Quaternario, a seguito dell'arretramento della Microplacca Adriatica, il sistema sud-appenninico migra verso Est coinvolgendo anche l'avanfossa plio-pleistocenica, che nel tratto risulta delimitata sia dalla Catena Appenninica sia dall'Avampaese Apulo emerso (Moretti et al. 2011). Il suddetto arretramento portava, già nel Miocene medio-superiore, alla subsidenza della rampa regionale ed alla conseguente deposizione di unità carbonatiche di mare sottile.

GE - GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	21 DI 108

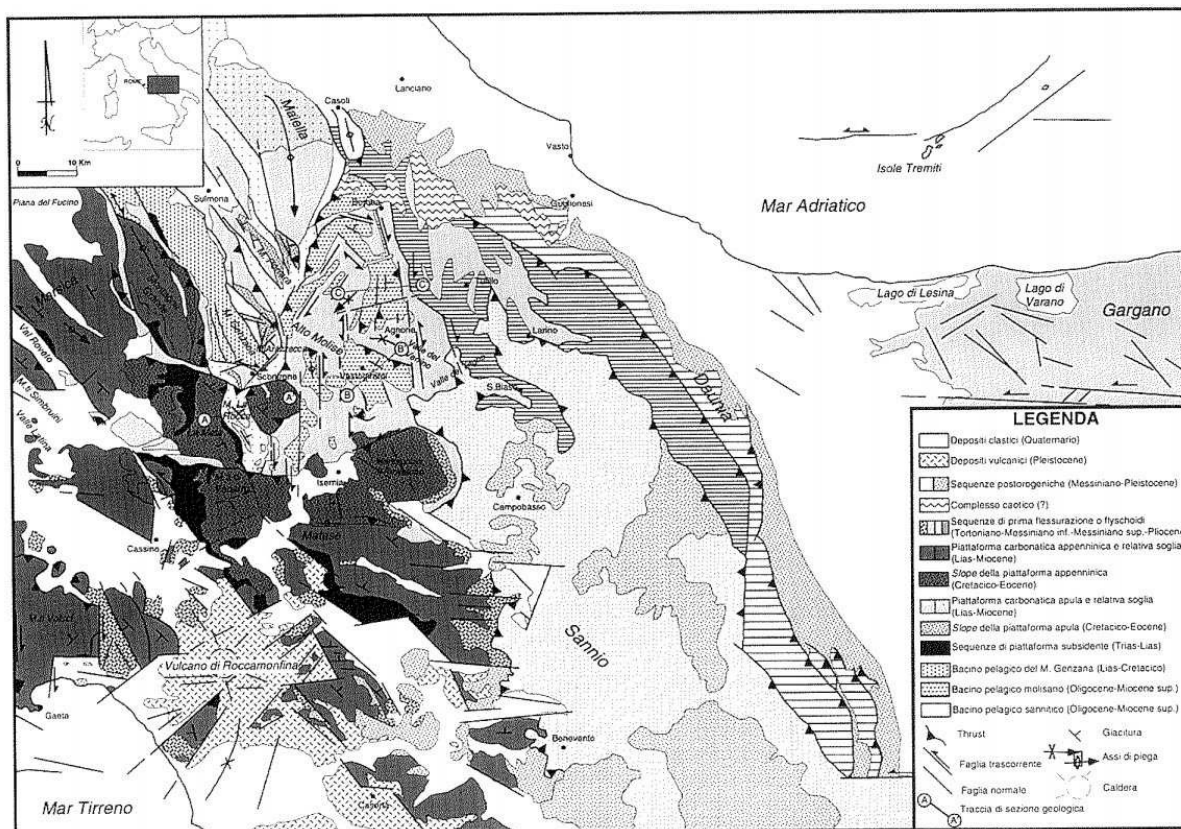


Figura 4.3 - Schema geologico della porzione molisana dell'Appennino centro-meridionale (da Di Bucci et al. 1999).

L'avanfossa plio-pleistocenica si struttura a partire dal Pliocene inferiore, quando la formazione della Catena Appenninica era quasi ultimata. Il tratto pugliese della suddetta avanfossa, noto in letteratura come Fossa Bradanica, si viene a formare solo dopo la risalita del livello marino alla fine della crisi di salinità del Messiniano, essenzialmente a causa dell'alto strutturale costituito dalle successioni carbonatiche mesozoiche (Moretti et al. 2011). Sotto il profilo strutturale, la Fossa Bradanica rappresenta un *foreland basin* sviluppato prevalentemente sulla rampa regionale dell'avampaese. Tale dominio tende a migrare progressivamente verso Est per effetto dell'arretramento e abbassamento della rampa stessa, mentre le falde appenniniche avanzano verso i settori orientali immettendo nel bacino ingenti volumi di depositi clastici (Bigi et al. 1992; Scrocca & Tozzi 1999; Moretti et al. 2011). In relazione alla suddetta evoluzione geologica, il bacino presenta una sezione trasversale marcatamente asimmetrica (Scrocca & Tozzi 1999), con un margine occidentale (appenninico) molto acclive e un margine orientale (avampaese) di bassa pendenza (Moretti et al. 2011).

Lungo il margine orientale della catena, i sedimenti terrigeni derivanti dallo smantellamento dei rilievi alimentavano estesi sistemi costieri in facies di spiaggia o delta, progressivamente passanti verso Est ad una sedimentazione marina essenzialmente pelitica (Moretti et al. 2011). Nei settori più interni e profondi della Fossa Bradanica, dove gli effetti della subsidenza erano più evidenti, si accumulavano invece spessi depositi torbiditici di natura sabbioso-limoso, che costituiscono la parte basale della successione plio-pleistocenica (Casnedi 1988; Moretti et al. 2011).

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	22 DI 108

Nei settori più esterni dell'avampaese, al di sopra di un substrato carbonatico subsidente, avviene quindi la deposizione di sedimenti carbonatici costieri sia intrabacinali sia terrigeni (Calcarenite di Gravina), rappresentati da materiale clastico proveniente dall'erosione dei rilievi carbonatici dell'area garganica (Ciaranfi et al. 1983; Moretti et al. 2011). Successivamente, con il progressivo approfondimento dell'area, la sedimentazione carbonatica viene sostituita da quella terrigena grazie all'arrivo di ingenti apporti silicoclastici di provenienza appenninica, che vanno a costituire una spessa successione pelitica (Argille Subappenniniche) diffusa in tutta l'area bradanica (Casnedi 1988; Moretti et al. 2011).

Durante l'ultimo milione di anni cessano i fenomeni di subsidenza e inizia il sollevamento del bacino di avanfossa, e di una parte del dominio di avampaese, che porta ad un graduale ritiro del mare ed alla conseguente emersione delle aree di sedimentazione plio-pleistoceniche (Demangeot 1965; Ambrosetti et al. 1982; Pizzi 2003; D'Alessandro et al. 2003; Moretti et al. 2011). In particolare, la regressione marina è controllata sia dal continuo sollevamento regionale sia dalle numerose oscillazioni eustatiche succedutesi in tale periodo. Durante il Pleistocene medio-superiore si assiste, quindi, sia all'accumulo di depositi costieri ed alluvionali sia all'erosione di estesi settori di territorio, con la conseguente formazione di un *pediment* regionale di carattere sia erosivo sia deposizionale (Moretti et al. 2011).

4.3 CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE

Il settore di studio si colloca nei settori esterni dell'Appennino Meridionale, nel settore di transizione tra i domini di avampaese e quelli di avanfossa (Spalluto & Moretti 2006). In particolare, la porzione di avampaese affiorante risulta composta da una spessa successione di calcari meso-cenozoici di piattaforma carbonatica (D'Argenio 1974), spesso interessati da una deformazione tettonica di tipo disgiuntivo (Funciello et al. 1988; Bertotti et al. 1999; Chilovi et al. 2000).

Una marcata fase di subsidenza ha interessato i settori più occidentali dell'Avampaese Apulo tra il Pliocene inferiore ed il Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Moretti et al. 2011). Tale fase è segnata, a livello regionale, dalla sedimentazione dei depositi carbonatici di mare basso ascritti alla Calcarenite di Gravina e delle emipelagiti limoso-argillose delle Argille Subappenniniche (Casnedi 1978; Ciaranfi et al. 1983; Spalluto & Moretti 2006). La Calcarenite di Gravina poggia, in discordanza, sui calcari meso-cenozoici dell'Avampaese Apulo (Tropeano & Sabato 2000; Pomar & Tropeano 2001). Le Argille Subappenniniche, invece, poggiano in continuità di sedimentazione sulle calcareniti plioceniche (Casnedi & Moruzzi 1978) e marcano la fase di massimo approfondimento della Fossa Bradanica (Pieri et al. 1996).

A partire dal Pleistocene medio, l'intero Avampaese Apulo è stato caratterizzato da un moderato sollevamento tettonico (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996) testimoniato, a livello regionale, dai depositi regressivi della Fossa Bradanica e dai depositi marini terrazzati che spesso si rinvencono nell'area, a quote decrescenti dai più antichi ai più recenti (Ciaranfi et al. 1988; Tropeano et al. 2002). Tali depositi, che vengono comunemente indicati con denominazioni differenti (Spalluto & Moretti 2006), sono descritti talora in continuità sulle Argille Subappenniniche (Boni et al. 1969; Cremonini et al. 1971) talora come depositi marini terrazzati post-calabrian (Jacobacci et al. 1967; Merla et al. 1969).

GE - GEOLOGIA

Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	23 DI 108

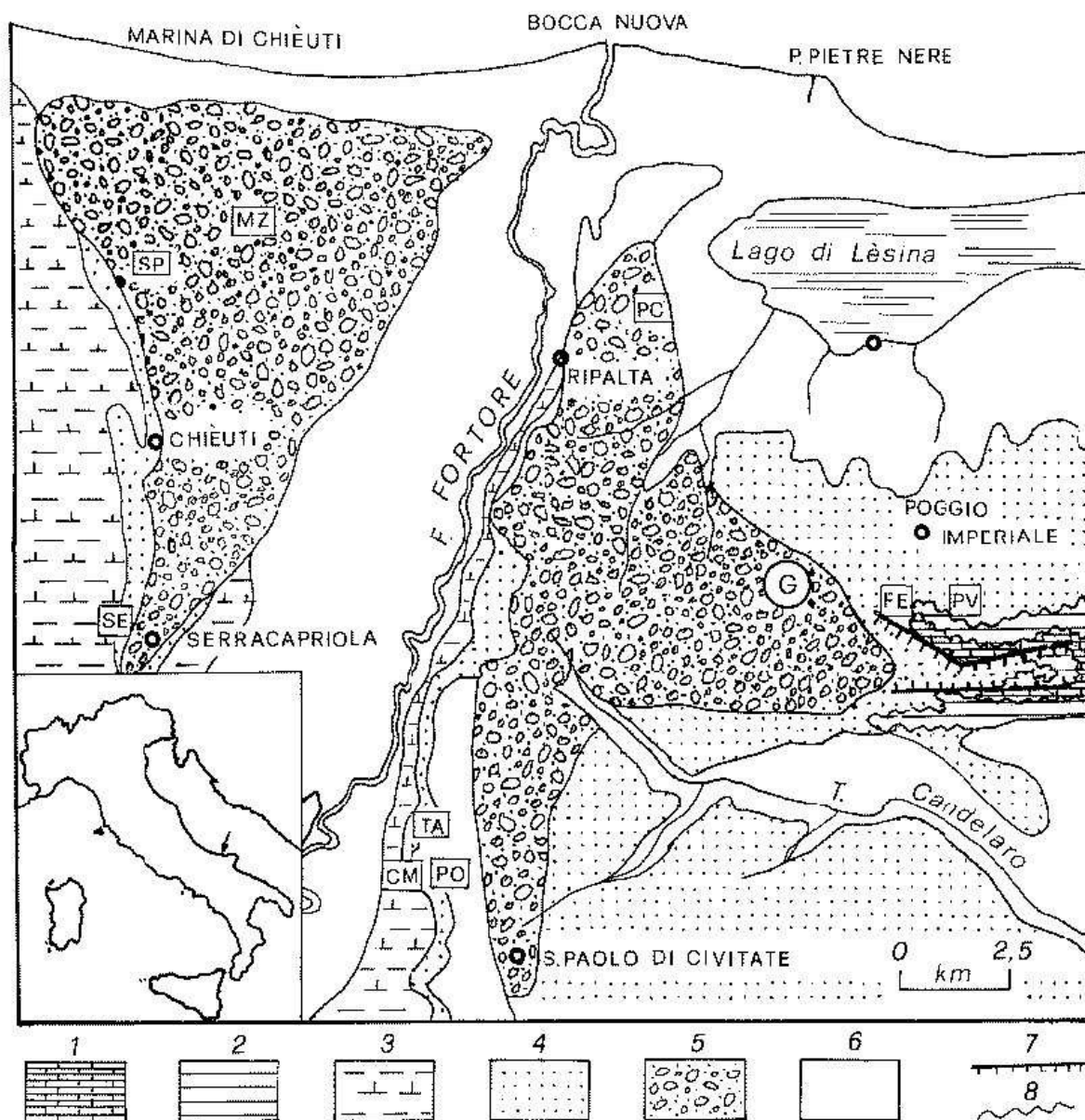


Figura 4.4 - Carta geologica schematica che mostra la distribuzione dei depositi silicoclastici plio-pleistocenici nei settori costieri a ovest del Gargano. 1) Calcari cretacei; 2) Calcareniti di Apricena; 3) Depositi di piattaforma e di transizione; 4) Depositi costieri; 5) Depositi fluviali; 6) Depositi alluvionali, litorali e palustri attuali; 7) Faglia a componente transtensiva; 8) Contatto regressivo (da Capuano et al. 1996).

In particolare, tralasciando il basamento carbonatico meso-cenozoico, l'assetto stratigrafico dei settori di interesse può essere descritto attraverso le seguenti unità:

Argille Subappenniniche (Pliocene medio - Pleistocene inferiore): questa formazione, che corrisponde alle ben note Argille di Montesecco (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976), è costituita da un complesso di depositi argillosi, limosi e sabbiosi depositati tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore nel bacino della Fossa Bradanica (Azzaroli 1968; Casnedi & Moruzzi 1978; Spalluto & Moretti 2006). È

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	24 DI 108

formata da argille limose di colore grigio-azzurro, in strati spessi da qualche decimetro ad oltre un metro, in alternanza con argille marnose, limi e sabbie di colore grigio scuro (Lanzafame & Tortorici 1976; Spalluto & Moretti 2006). La laminazione è generalmente piano-parallela, incrociata solo negli intervalli sabbiosi, mentre la bioturbazione è molto diffusa e piuttosto intensa (Spalluto & Moretti 2006). I banchi sabbiosi presenti nella parte mediana della formazione diventano più frequenti verso l'alto, dove si assiste al graduale passaggio stratigrafico alle più recenti Sabbie di Serracapriola (Lanzafame & Tortorici 1976). Lo spessore della formazione è difficilmente valutabile a causa dell'assenza in affioramento dei livelli basali, anche se può essere stimato nell'ordine dei 1000 m sulla base di dati di pozzo (Lanzafame & Tortorici 1976; Casnedi et al. 1982; Sella et al. 1988).

Sabbie di Serracapriola (Pleistocene inferiore): tale unità è costituita da sabbie quarzose di colore giallastro e rossastro, in strati o banchi di spessore da decimetrico a metrico, con locali intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996; Pavia et al. 2010). Il grado di cementazione risulta piuttosto variabile mentre la stratificazione è in genere mal definita e poco evidente (Lanzafame & Tortorici 1976). Si rinvencono locali livelli di arenarie ben cementate e passaggi di argille biancastre o verde chiaro, più frequenti verso il basso della successione (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Il limite tra questa unità e le sottostanti Argille Subappenniniche è generalmente eteropico e viene posto, convenzionalmente, dove iniziano i banchi sabbiosi più spessi (Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996). Lo spessore è mediamente piuttosto limitato e solo raramente supera i 30 m (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).

Conglomerati di Campomarino (Pleistocene inferiore – Pleistocene medio?): questa formazione si riferisce ai depositi psefitici che rappresentano la fase terminale della sequenza regressiva plio-pleistocenica (Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996). Si tratta di depositi conglomeratico-sabbiosi più o meno cementati, con sporadici livelli di conglomerati compatti e locali intercalazioni di sabbie a stratificazione incrociata e argille verdastre (Boni et al. 1969; Capuano et al. 1996). I ciottoli mostrano un buon grado di arrotondamento e sono costituiti, essenzialmente, da elementi arenacei e calcareo-marnosi, anche se non mancano tipi litologici provenienti dalle numerose formazioni appenniniche (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I conglomerati poggiano, in contatto erosivo concordante, sulle sottostanti Sabbie di Serracapriola, e solo nelle zone più esterne è possibile osservare una lieve discordanza angolare (Boni et al. 1969; Capuano et al. 1996). Lo spessore è mediamente più elevato in prossimità della zona costiera, dove può raggiungere i 40 m circa (Boni et al. 1996; Lanzafame & Tortorici 1976).

GE – GEOLOGIA

Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	25 DI 108

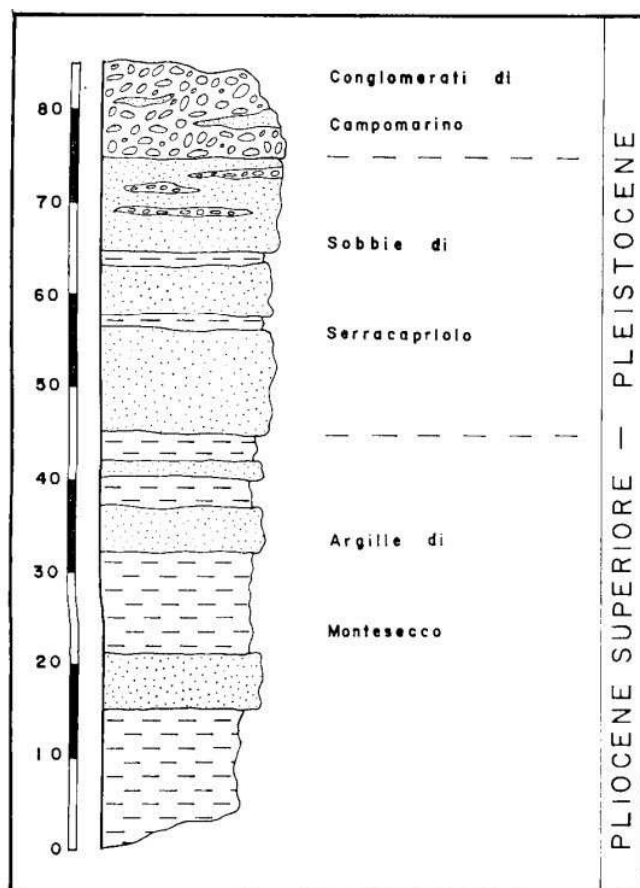


Figura 4.5 - Colonna litostratigrafica della successione regressiva plio-pleistocenica (da Lanzafame & Tortorici 1976).

Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene superiore): lungo i corsi dei principali corsi d'acqua ed in prossimità della costa adriatica è presente una serie di depositi alluvionali distinguibili, sulla base di considerazioni essenzialmente morfologiche, in almeno tre ordini di terrazzi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I terrazzi più antichi sono costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie con locali passaggi di argille, con una copertura superficiale di "terre nere" (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I depositi terrazzati più recenti sono formati, invece, da sabbie e argille con locali livelli ghiaiosi (Boni et al. 1969). Tali depositi poggiano in discordanza su una superficie di erosione intagliata nei terreni della successione plio-pleistocenica o, in prossimità della costa, sui Conglomerati di Campomarino (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Spalluto & Moretti 2006). Gli spessori sono piuttosto variabili ma generalmente compresi tra qualche metro ed i 15 m circa (Boni et al. 1969).

Depositi alluvionali recenti (Pleistocene superiore - Olocene): si tratta di limi, argille e sabbie, alle quali si intercalano locali lenti conglomeratiche grossolane (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Costituiscono ripiani elevati di alcuni metri rispetto agli alvei attuali, progressivamente in diminuzione verso la costa (Borri et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).

Depositi alluvionali attuali (Olocene): si rinvengono diffusamente in corrispondenza dei fondovalle più estesi ed importanti. Sono costituiti da ciottoli arrotondati di varie dimensioni, generalmente immersi in una matrice sabbiosa progressivamente più abbondante man mano che ci si avvicina alla foce (Boni et

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	26 DI 108

al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).

Depositi costieri attuali e recenti (Pleistocene superiore - Olocene): si tratta di sabbie a granulometria medio-grossolana, spesso rimaneggiate dal vento, con abbondanti resti di lamellibranchi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Nei settori più interni è possibile riconoscere allineamenti sub-paralleli di dune, localmente elevati di alcuni metri rispetto ai depositi alluvionali circostanti (Boni et al. 1969).

4.4 CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Per quanto concerne l'evoluzione tettonica, i settori esterni dell'Appennino Meridionale sono caratterizzati da tre importanti fasi deformative (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999), chiaramente connesse con la strutturazione ed il sollevamento della catena a falde (Patacca et al. 1992; Corrado et al. 1997; Di Bucc et al. 1999; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009):

- **la fase compressiva** (Miocene inferiore - Pliocene medio) è contraddistinta dallo sviluppo di sottili ed estesi *thrust sheet* a vergenza orientale, al di sotto dei quali il dominio apulo si deforma in una serie di *horses* ricoperti da un sistema di tipo *duplex* (Patacca & Scandone 1989; Lentini et al. 1990; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007);
- **la fase trascorrente** (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore) è caratterizzata da importanti sistemi di faglie ad asse N-S ed E-W, che coinvolgono sia le unità tettoniche superficiali sia quelle più profonde, derivanti dalla deformazione del dominio apulo sepolto (Patacca et al. 1992; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Scrocca & Tozzi 1999);
- **la fase estensionale** (Pleistocene medio - Olocene) è contraddistinta da estesi sistemi di faglie normali a direzione circa SW-NE e NW-SE, che hanno portato alla definizione degli attuali assetti geologici ed alla creazione di importanti strutture tettoniche a carattere regionale (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999). In particolare, il settore di interesse ricade nella zona di transizione tra i domini di avampaese e quelli di avanfossa (Spalluto & Moretti 2006), in un settore di territorio caratterizzato da elementi strutturali riferibili alla tettonica attiva tra il Pliocene ed il Pleistocene (Moretti et al. 2011). In questo periodo, quindi, l'intero Avampaese Apulo risulta interessato da due distinte fasi di evoluzione geodinamica, una di subsidenza ed una di sollevamento (Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011).

La fase di subsidenza risulta attiva dal Pliocene inferiore al Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011) ed è segnata dalla sedimentazione, a livello regionale, della Calcarenite di Gravina e delle Argille subappenniniche (Ciaranfi et al. 1983; Moretti et al. 2011). A tale fase sono connesse alcune faglie dirette ad attività sin-sedimentaria, prodottesi durante la deposizione della Calcarenite di Gravina (Moretti et al. 2011). Si tratta di stretti *semi-graben* estesi per poche decine di metri, con rigetti misurabili piuttosto contenuti e tendenzialmente in diminuzione verso l'alto (Moretti et al. 2011).

Localmente, in corrispondenza di tali faglie, è possibile osservare blocchi di calcari miocenici franati all'interno della Calcarenite di Gravina, che testimoniano probabilmente la presenza di falesie instabili in corrispondenza delle suddette strutture tettoniche (Moretti et al. 2011). Non sono presenti, invece, evidenze di strutture tettoniche attive durante la deposizione delle Argille Subappenniniche, che testimoniano la prosecuzione della fase di subsidenza almeno fino al Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011).

A partire dal Pleistocene medio, l'intero Avampaese Apulo è stato caratterizzato da un moderato

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	27 DI 108

sollevamento tettonico (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996; Spalluto & Moretti 2006), ben documentato a scala regionale dai depositi regressivi della Fossa Bradanica e dai depositi marini terrazzati ampiamente affioranti nell'area (Ciaranfi et al. 1988; Tropeano et al. 2002).

Il progressivo sollevamento dell'area è messo quindi in evidenza dai caratteri evolutivi delle unità marine terrazzate, che passano da corpi deltizi progradanti a sedimenti tipici di ambienti marini di bassa energia (Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011). Meno documentabile è invece la presenza di strutture tettoniche attive in questo periodo, anche se non mancano evidenze indirette di tale attività nell'evoluzione recente di alcuni conoidi alluvionali, chiaramente interessati da fenomeni di ringiovanimento dei corsi d'acqua (Moretti et al. 2011). Solo in rari casi, infatti, è stata documentata la presenza di faglie dirette subverticali che tagliano, per intero, i depositi marini terrazzati del Pleistocene medio (Moretti et al. 2011).

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	28 DI 108

5 MODELLO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

Il rilevamento di campagna è stato svolto attraverso il susseguirsi di diverse fasi, con lo scopo finale di raccogliere informazioni circa la costituzione geologica dell'area in esame. Infatti si è partiti da una preliminare raccolta del maggior numero di informazioni sull'area in esame, attraverso il reperimento di carte topografiche, carte geologiche e foto aeree. Parallelamente, sono state studiate numerose pubblicazioni scientifiche riferite al territorio di interesse e prima di procedere al rilevamento vero e proprio, si è preceduto con l'analisi fotointerpretativa, al fine di riconoscere i lineamenti principali e di ottenere indicazioni geolitologiche, dedotte dalla conformazione geomorfologica del territorio. Successivamente, il rilevamento geologico di campagna, anche sulla base dei risultati scaturiti dalle varie campagne indagini geognostiche ha avuto come fine quello definire la natura litologica dei terreni affioranti ed i loro rapporti laterali e verticali, ovvero riconoscendo le diverse unità geologiche, nonché i loro limiti geologici; infine, gli esiti sono stati rappresentati sulla cartografia e profili geologici. Con riferimento a quanto esposto nel capitolo precedente a proposito dell'assetto stratigrafico, di seguito vengono descritte le unità geologiche che caratterizzano il comparto territoriale di interesse.

5.1 DESCRIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE RILEVATE

Complessivamente, nel settore di studio sono state quindi individuate e cartografate nove unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico (entro parentesi è indicato il relativo codice identificativo assegnato nella cartografia e nei profili geologici).

Argille subappenniniche (9)

Tale unità non è affiorante, ma si rinviene estesamente al di sotto delle più recenti unità marine del substrato, ovvero le Sabbie di Serracapriola (8) ed i Conglomerati di Campomarino (7), costituendo il substrato impermeabile lungo l'intero tracciato ferroviario.

È costituita da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro, in strati da sottili a molto spessi, generalmente bioturbati e talora a laminazione piano-parallela, con frequenti intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e sabbie fini di colore grigio e giallastro. I livelli psammitici diventano progressivamente più frequenti verso l'alto stratigrafico, dove si assiste al graduale passaggio alle soprastanti Sabbie di Serracapriola (8).

L'unità in questione, rappresentata da depositi in facies di scarpata e piana sottomarina, presenta uno spessore massimo di circa 1000 m ed è ascrivibile al periodo Pliocene medio -Pleistocene inferiore.

Sabbie di Serracapriola (8)

Tale unità affiora nei settori posti a nord-ovest dell'area di intervento (in corrispondenza delle porzioni medio-basse dei rilievi collinari su cui sorgono i centri abitati di Termoli e Campomarino), mentre si trova in profondità lungo il tracciato ferroviario.

È formata da sabbie medio-fini di colore giallastro e rossastro, prevalentemente quarzose ed a grado di cementazione variabile, in strati da medi a molto spessi, generalmente bioturbati ed a laminazione piano-parallela o incrociata a basso angolo. Localmente si rinvengono intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da poco a discretamente cementati. Talora sono presenti sottili livelli di arenarie medio-fini di colore grigio e giallastro, da mediamente a ben

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	29 DI 108

cementate, e passaggi di argille e argille limose di colore grigio, biancastro e verde chiaro, più frequenti verso il basso della successione. Il limite inferiore con le sottostanti Argille Subappenniniche (9) è generalmente eteropico e viene posto, convenzionalmente, dove iniziano i banconi sabbiosi più spessi.

Conglomerati di Campomarino (7)

Tale unità si rinviene estesamente nel comparto di studio, in corrispondenza dei rilievi collinari più estesi, anche se diffusamente ricoperta da terreni quaternari di genesi alluvionale, marina ed eluvio-colluviale.

Si tratta di conglomerati poligenici ed eterometrici, ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi da sub-angolosi ad arrotondati, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante. Localmente, si rinvengono sottili livelli di argille limose di colore verdastro e intercalazioni di sabbie grossolane di colore grigio e giallastro, spesso a stratificazione incrociata. L'unità poggia in discordanza sui depositi plio-pleistocenici più antichi, mediante una base erosiva, costituita da canali generalmente ampi e poco profondi.

Complessivamente, la successione, composta da depositi di ambiente fluvio-deltizio e di spiaggia, presenta uno spessore massimo di circa 40 m ed è ascrivibile al periodo Pleistocene inferiore - Pleistocene medio?

Depositi alluvionali terrazzati (6)

L'unità si rinviene, localmente, in corrispondenza di ampie superfici terrazzate elevate di diversi metri rispetto ai fondovalle attuali, come lungo il fianco orientale del fondovalle del F. Fortore. Riferibile al Pleistocene superiore, è costituita da tre distinte *facies* litologiche.

- litofacies ghiaioso-sabbiosa: riferibile a depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, oppure da sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate; talora in corrispondenza dei terrazzi morfologici più elevati, è inoltre presente un'estesa copertura di "terre nere".
- litofacies limosa e limoso-sabbiosa: riferibile a depositi di piana inondabile e canale in fase di abbandono, è costituita di limi e limi sabbiosi;
- litofacies argillosa e argilloso-limosa: riferibile a depositi di piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, è costituita da argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi.

Depositi alluvionali recenti (5)

I depositi alluvionali recenti si rinvengono diffusamente in corrispondenza della piana alluvionale del F. Fortore e lungo i fondovalle dei corsi d'acqua secondari.

L'unità è riferibile all'intervallo Pleistocene superiore - Olocene e, come la precedente, risulta suddivisibile in tre distinte *facies* litologiche.

- *litofacies ghiaioso-sabbiosa*: riferibile a depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, oppure da sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate; talora in corrispondenza dei terrazzi morfologici più elevati, è inoltre presente un'estesa copertura di "terre nere".

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	30 DI 108

- *litofacies limosa e limoso-sabbiosa*: riferibile a depositi di piana inondabile e canale in fase di abbandono, è costituita di limi e limi sabbiosi.
- *litofacies argillosa e argilloso-limosa*: riferibile a depositi di piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, è costituita da argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi; localmente si rinvencono livelli poco potenti di torbe e terreni organici, spesso associati a sedimenti limoso-sabbiosi e limoso-argillosi.

Depositi costieri recenti (4)

Tali depositi si rinvencono in piccoli lembi isolati a sud/sud-ovest rispetto all'prima parte del tracciato, in corrispondenza della S.S. 16 Adriatica.

Tale unità, riferibile al periodo Pleistocene superiore - Olocene, è costituita da due differenti *facies* litologiche. La prima delle due, rappresentata da depositi di spiaggia, cordone litoraneo e duna, è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da arrotondate a molto arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, oppure da sabbie e sabbie limose, a stratificazione prevalentemente incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie eterometriche, da arrotondate a molto arrotondate. La seconda *facies*, invece, è riferibile a depositi di palude salmastra e retro-barra e risulta costituita da argille, argille limose e argille sabbiose, spesso ricche di sostanza organica, con locali intercalazioni di limi, limi argillosi e limi sabbiosi.

Depositi alluvionali attuali (3)

Si rinvencono lungo i fondivalle dei principali corsi d'acqua dell'area e, in lembi di minore estensione, in corrispondenza dei corsi d'acqua secondari o dei loro affluenti più importanti. Tale unità è riferibile all'Olocene e risulta costituita, essenzialmente, da depositi di canale fluviale e argine. Si tratta, quindi, di sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate e sporadiche intercalazioni di argille e argille limose.

Depositi costieri attuali (2)

Tali depositi non si rinvencono nel comparto progettuale, in quanto presenti più a nord. Si tratta, in particolare, di depositi in *facies* di spiaggia e cordone litoraneo, sempre riferibili all'ultima parte dell'Olocene. Sono costituiti da sabbie e sabbie limose, a stratificazione prevalentemente incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie eterometriche, da arrotondate a molto arrotondate.

Depositi eluvio-colluviali (1)

Tali terreni affiorano diffusamente nella porzione iniziale e terminale del tracciato in progetto, in copertura dei Conglomerati di Campomarino, ovvero in corrispondenza della parte medio-bassa dei rilievi collinari più estese. Le suddette coperture sono ascrivibili all'Olocene e risultano costituite da depositi di versante e di alterazione del substrato, localmente associati a sedimenti antropici o alluvionali. Si tratta di limi sabbiosi e sabbie limose, a struttura indistinta, con locali ghiaie eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate; argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta, con locali passaggi di sabbie e sabbie ghiaiose.

GE – GEOLOGIA

**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	31 DI 108

5.2 ASSETTO STRUTTURALE

L'area di studio è caratterizzata da un assetto strutturale piuttosto regolare ed omogeneo, dovuto essenzialmente alle ultime fasi di tettonica distensiva e trascorrente che hanno interessato i settori più esterni della Catena Appenninica.

Tale tettonica si esplica fundamentalmente attraverso faglie dirette e trans-tensive ad alto angolo, caratterizzate da modesta estensione areale e da rigetti variabili da qualche metro a poche decine di metri. I principali elementi strutturali smembrano, localmente, i litotipi più antichi in blocchi geometrici di modeste dimensioni, che risultano variamente basculati e dislocati tra loro.

In relazione all'elevata erodibilità dei termini litologici affioranti, ed alla diffusa presenza di depositi di copertura recenti, non è stato possibile rilevare sul terreno dati diretti circa gli elementi tettonici presenti nell'area, che non si presentano mai con morfologie proprie e chiaramente identificabili.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	32 DI 108

6 GEOMORFOLOGIA

6.1 APPROCCIO METODOLOGICO

Il rilevamento geomorfologico ha avuto principalmente come scopo quello di individuare eventuali criticità interferenti con il tracciato ferroviario in progetto, attraverso l'individuazione di elementi e forme del paesaggio che possano favorire fenomeni di dissesto di varia natura.

Il rilevamento geomorfologico ha avuto inizio a partire dallo studio degli elaborati del PD (Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica ed elaborati cartografici); inoltre, è stata eseguita anche una ricerca bibliografica, finalizzata a raccogliere il maggior numero di informazioni sull'area di interesse, eventualmente non disponibili in fase di progettazione definitiva (carte topografiche, immagini telerilevate, studi, pubblicazioni scientifiche e relazioni tecniche). Successivamente, l'acquisizione di dati, elementi ed informazioni di tipo geomorfologico è avvenuta sia attraverso osservazioni dirette di terreno e considerando le finalità del lavoro richiesto, nonché l'estensione dell'area da indagare ed il livello di precisione da raggiungere, per il rilevamento sono state utilizzate carte in scala da 1:10.000 a 1:2.000 (Linee guida al rilevamento geomorfologico del Servizio Geologico Nazionale, 1994).

Gli esiti dello studio sono rappresentati graficamente nella cartografia geomorfologica redatta per il presente Progetto Esecutivo.

6.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI

Dal punto di vista geomorfologico generale, la morfologia del territorio nel quale ricade il comparto progettuale risulta fortemente condizionata dalle caratteristiche litologiche dei litotipi affioranti e dalla recente evoluzione geologico-strutturale dell'area. Quest'ultima, in particolare, è strettamente connessa al sollevamento della Catena Appenninica (Parea 1986), che ha prodotto, nel corso del tempo, costanti incrementi dell'energia di rilievo e marcati approfondimenti del reticolo idrografico locale.

I settori costieri dell'Appennino Centrale sono caratterizzati dalla presenza di numerosi corsi d'acqua di una certa importanza, che incidono la spianata posta tra i settori di catena ed il mare con percorsi grossomodo perpendicolari alla linea di costa (Parea 1978). Ai suddetti elementi idrografici si aggiungono, localmente, corsi d'acqua secondari di scarsa rilevanza e incisioni torrentizie che drenano solo ridotte porzioni dei settori collinari posti a monte della zona costiera attuale. In particolare, il principale corso d'acqua che sfocia nel tratto di litorale oggetto del presente studio è il F. Fortore; nei settori di valle, tale fiume scorre principalmente nei depositi alluvionali quaternari e nelle successioni pelitiche plio-pleistoceniche mentre, verso monte, risultano incisi nelle formazioni calcareo-marnose e pelitico-arenacee del Miocene (Brondi et al. 1976). Tale corso d'acqua prima di giungere nell'attuale piana costiera, incide con una valle ampia e relativamente poco profonda un analogo ripiano che lo stesso corso d'acqua aveva costruito durante la sua precedente fase evolutiva (Mastronuzzi et al. 1989). Tale ripiano, localmente elevato fino a 25 m di quota, si affaccia sulla piana attraverso un gradino di abrasione alto tra i 5 ed i 10 m, al piede del quale si riconoscono i lembi del cordone dunare di Colle dell'Arena Mastronuzzi et al. 1989).

L'ampia piana costiera attuale è a sua volta articolata in un tratto interno ed uno esterno, che comprende tra l'altro l'attuale apparato deltizio (Mastronuzzi et al. 1989). Questi tratti si distinguono per il differente

GE - GEOLOGIA

**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	33 DI 108

orientamento dei numerosi allineamenti di creste dunari e sono separati, dal punto di vista morfologico, da un gradino rettilineo allungato in direzione E-W ed elevato di circa 2 m. Nel tratto più interno, esteso tra i 5 ed i 7 m di quota, le creste dunari sono sempre parallele fra loro ed allungate mediamente in direzione circa E-W. Nel tratto più esterno invece, elevato fino ai 3 m di quota, le creste dunari sono disposte a ventaglio aperto verso l'entroterra, simmetricamente rispetto al corso d'acqua e con cerniera in corrispondenza della sua foce (Mastronuzzi et al. 1989).

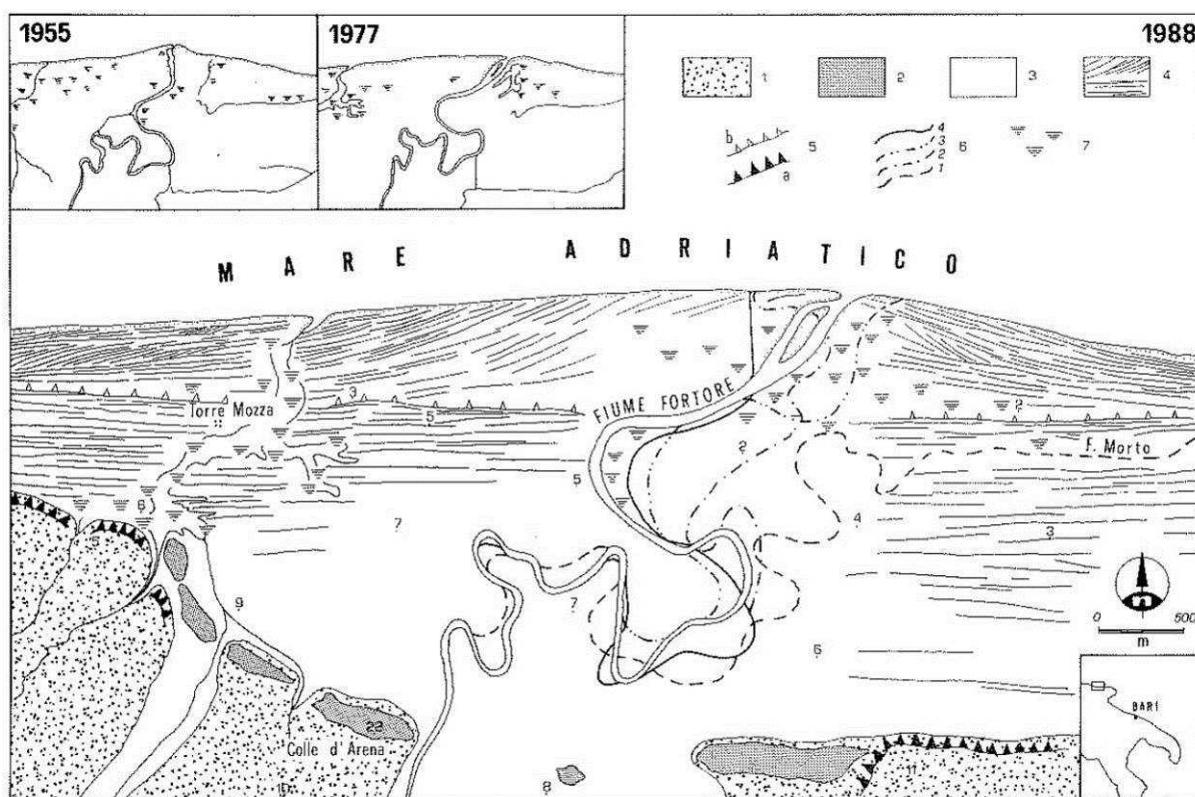


Figura 6.1 - Aspetti morfologici della zona di foce del F. Fortore: 1) depositi alluvionali terroso-sabbiosi pre-olocenici; 2) lembi residui di un cordone dunare costruito probabilmente durante l'optimum climatico; 3) depositi alluvionali olocenici; 4) allineamenti di creste di dune; 5) ripe di abrasione marina, a) dell'Olocene medio e b) recenti; 6) posizioni successive dell'alveo del F. Fortore; 7) aree paludose in parte bonificate (da Mastronuzzi et al. 1989).

6.3 ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE

L'area di studio, in relazione con la complessa evoluzione geologica subita, risulta fortemente influenzata dal locale assetto stratigrafico e strutturale, oltre che dai fenomeni di modellamento superficiale che l'hanno interessata durante il quaternario e dalle importanti variazioni eustatiche succedutesi nel tempo. L'evoluzione morfologica del territorio ed i principali elementi geomorfologici rilevati, pertanto, sono connessi principalmente ai meccanismi di erosione ed accumulo operati dalle acque superficiali, continentali e marine; ad essi si aggiungono, inoltre, locali elementi di origine strutturale e gravitativa, forme e depositi connessi con l'attività antropica ed elementi di genesi mista dovuti all'azione congiunta di più fattori morfogenetici.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	34 DI 108

Di seguito sono descritti i vari elementi, forme e processi che caratterizzano l'assetto geomorfologico locale del comparto progettuale.

6.3.1 Elementi idrografici

La struttura della rete idrografica locale è, in generale, fortemente influenzata sia dalle caratteristiche morfologiche del territorio sia dalla natura litologica dei terreni affioranti. Nelle aree collinari più interne ed in corrispondenza dei principali terrazzi morfologici, il reticolo idrografico locale presenta uno sviluppo poco ramificato ed un pattern sub-dendritico che segue, almeno in parte, i principali allineamenti strutturali dell'area. Nei settori di piana alluvionale e costiera, al contrario, la rete idrografica superficiale risulta piuttosto sviluppata e articolata, anche se profondamente modificata dalle numerose opere di bonifica e regimazione idraulica realizzate nel corso degli ultimi secoli.

Il principale corso d'acqua dell'area, a carattere perenne, è rappresentato dal F. Fortore, che defluisce in direzione circa anti-appenninica dai settori di catena verso il Mare Adriatico. Ad esso si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere stagionale e/o torrentizio, e diversi solchi da ruscellamento concentrato attivi solo in concomitanza di eventi meteorici particolarmente intensi e severi.

6.3.2 Elementi strutturali e tettonici

Un importante ruolo nell'evoluzione morfologica del territorio è svolto, ovviamente, dall'assetto strutturale dei litotipi affioranti e dal loro differente grado di erodibilità; quest'ultimo risulta legato, essenzialmente, alla natura litologica dei depositi ed alla loro età, nonché al relativo grado di alterazione e diagenesi degli stessi.

In generale, la morfogenesi selettiva ha portato allo sviluppo di forme morbide e poco marcate, con rilievi generalmente poco acclivi ed estesi intervallati ad ampie spianate di genesi marina ed alluvionale. La continuità del paesaggio è localmente interrotta da scarpate generalmente di erosione fluviale, intagliate nei terreni sabbioso-conglomeratici del substrato pleistocenico.

Dal punto di vista giaciturale, tutte le successioni sedimentarie presenti nei settori di studio sono caratterizzate da un assetto prevalentemente tabulare o, al più, blandamente immergente verso la costa. Ciò si traduce in un assetto morfologico essenzialmente dolce e poco articolato, anche se spesso interrotto da valli di erosione fluviale. Infine, gli elementi tettonici che interessano i termini litologici del substrato sono rari e non evidenti, in quanto obliterati dai depositi alluvionali e marini che ricoprono con continuità tutte le unità geologiche più antiche.

6.3.3 Forme poligeniche

L'intero settore di studio è caratterizzato dalla presenza di diversi fattori morfogenetici, che interessano i terreni affioranti con intensità e caratteristiche differenti, spesso sovrapponendosi e combinandosi in vario modo tra loro; ad essi va aggiunto, inoltre, l'importante ruolo svolto dalle caratteristiche stratigrafiche e sedimentologiche dei litotipi affioranti, nonché dagli elementi strutturali e tettonici localmente presenti.

Da questo quadro geomorfologico derivano, quindi, una serie di forme poligeniche originate dalla complessa sovrapposizione dei differenti fattori morfogenetici agenti sul territorio. Tali elementi sono rappresentati da estese scarpate morfologiche di origine fluviale o marina, spesso con influenza strutturale e attualmente in evoluzione per fenomeni di dilavamento, alterazione ed erosione. Non di

GE – GEOLOGIA

**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	35 DI 108

rado, inoltre, i suddetti elementi risultano ulteriormente rielaborati dall'attività antropica, che tende a riprendere e riadattare le forme geomorfologiche più importanti già presenti sul territorio.

6.3.4 Forme, processi e depositi gravitativi

I fenomeni gravitativi di versante, nell'attuale contesto morfo-climatico, rappresentano un fattore morfo-evolutivo di secondaria importanza, in quanto scarsamente influenti sul modellamento dei rilievi e sull'evoluzione morfologica generale dell'intero territorio in esame.

Nell'area di studio non sono presenti depositi gravitativi significativi. In corrispondenza dei versanti che bordano i terrazzi morfologici possono essere presenti locali fenomeni di deformazione viscosi delle coltri (*creep* e/o soliflusso); in ogni caso, si tratta di fenomeni piuttosto superficiali e di scarsa intensità, che coinvolgono unicamente le coltri di copertura eluvio-colluviali e non interferenti con le opere in progetto.

6.3.5 Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Le maggiori forme di accumulo connesse al deflusso idrico superficiale derivano, essenzialmente, da processi deposizionali dei principali sistemi fluviali presenti, che conferiscono all'area di studio una morfologia blandamente ondulata e piuttosto regolare. Tali depositi presentano al loro interno vistose variazioni granulometriche e tessiturali, dovute fondamentalmente all'elevata variabilità spaziotemporale dei processi di accumulo, e tendono a creare dei complessi sistemi deposizionali parzialmente interdigitali con i depositi marini recenti della piana costiera adriatica.

In corrispondenza del F. Fortore, e secondariamente lungo gli alvei di quelli secondari, si rinvengono vistose scarpate di erosione fluviale e zone di erosione laterale delle sponde. Gli alvei secondari mostrano, in generale, una marcata tendenza all'approfondimento, mentre i corsi d'acqua più importanti sono caratterizzati da zone di erosione laterale e settori di prevalente deposizione. Ulteriori scarpate fluviali, ormai inattive e fortemente degradate, sono presenti in corrispondenza dei margini delle incisioni fluviali più estese, in particolare nei settori di affioramento di antichi terrazzi alluvionali.

Infine, in corrispondenza dei rilievi collinari e dei settori terrazzati, sono presenti chiari fenomeni erosivi connessi al deflusso non regimato delle acque correnti superficiali, come solchi di erosione concentrata e vallecicole a fondo concavo. Tali condizioni di deflusso portano, quindi, all'accumulo di frequenti depositi eluvio-colluviali alla base dei rilievi più estesi che, localmente, possono raggiungere e superare i 3 m di spessore.

6.3.6 Forme antropiche e manufatti

I principali elementi connessi con l'attività antropica sul territorio sono rappresentati dai manufatti realizzati in corrispondenza delle principali zone urbanizzate e da tutti gli elementi connessi con la costruzione delle principali infrastrutture a rete; ad essi si aggiungono, localmente, importanti attività estrattive per il reperimento di inerti e materiali da costruzione. Nei settori più antropizzati si rinvengono, inoltre, terreni di riporto provenienti da cavature e sbancamenti, realizzati sia nei termini litologici del substrato che nei depositi di copertura continentali e marini. La maggior parte delle zone di riporto corrispondono, ovviamente, ai rilevati delle principali infrastrutture a rete. Ai suddetti elementi si aggiungono, ovviamente, numerosi tagli e scarpate antropiche realizzate sia lungo le principali arterie stradali sia in corrispondenza di fabbricati ed abitazioni. Tali elementi presentano in genere altezze

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	36 DI 108

contenute, raramente superiori ai 3 m, e sono spesso posti in corrispondenza di elementi geomorfologici e scarpate naturali preesistenti.

6.3.7 Pericolosità geomorfologica

In riferimento alla pericolosità geomorfologica, così come si evince dal relativo elaborato cartografico, per il lotto in esame non è cartografato alcun poligono nelle tre classi caratterizzate da pericolosità da frana, né in Comune di Serracapriola né in Comune di Lesina. I primi poligoni cartografati si trovano, infatti, circa 8 km a sud-ovest del tracciato in progetto.

Si rimanda alla “Carta della pericolosità geomorfologica” (GE00LI0701EZZG5GE0001005A).

6.3.8 Pericolosità idraulica

In riferimento alla pericolosità idraulica, così come si evince dal relativo elaborato cartografico, per il lotto in progetto sono cartografate aree a diversa pericolosità; queste ultime sono descritte di seguito, rispeottivamente, per i tratti in progetto ricadenti nel Comune di Serracapriola e di Lesina.

Si rimanda alla “Carta della pericolosità geomorfologica” (GE00LI0701EZZG5GE0001006A).

Comune di Serracapriola

L'intero tracciato ricadente nel Comune di Serracapriola è inserito in un esteso areale caratterizzato da una pericolosità idraulica alta (P3) e corrispondente alla piana alluvionale del F. Fortore.

Le opere in progetto saranno realizzate sul rilevato ferroviario esistente, caratterizzato da quote più elevate di alcuni metri rispetto al territorio circostante; pertanto, la stretta fascia di rilevato su cui verranno realizzate le opere in progetto risulta caratterizzata da una pericolosità inferiore rispetto al territorio circostante, così come definito in seguito in riferimento alle progressive di lotto:

- 0+000÷0+655 pericolosità idraulica moderata (P2): in tale tratto il tracciato in progetto si sviluppa sul rilevato ferroviario attuale, in affiancamento alla linea esistente;
- 0+665÷1+630: pericolosità idraulica moderata (P2); in tale tratto il tracciato in progetto si sviluppa sul rilevato ferroviario attuale, in affiancamento alla linea esistente;
- 1+630÷1+765 pericolosità idraulica bassa (P1): in tale tratto, il tracciato in progetto si sviluppa sul rilevato ferroviario attuale, in affiancamento alla linea esistente.

In conclusione, si può affermare come non siano previste opere che possano modificare l'attuale assetto idraulico dell'area.

Per quanto riguarda il PAI, si rimanda al capitolo dedicato ai Vincoli territoriali.

Comune di Lesina

La parte di tracciato compresa tra le pk 1+940 e 3+515, ricade in un esteso areale caratterizzato da una pericolosità idraulica alta (P3) e corrispondente alla piana alluvionale del F. Fortore. Nel dettaglio, nel tratto compreso tra le pk 1+940 e 2+270, le opere in progetto saranno realizzate sul rilevato ferroviario esistente, caratterizzato da quote più elevate di alcuni metri rispetto al territorio circostante; pertanto, limitatamente a questo primo tratto, la stretta fascia di rilevato su cui verranno realizzate le opere in progetto risulta classificata da una pericolosità inferiore rispetto al territorio circostante, così come definito in seguito. Nel dettaglio, così come definito in seguito in riferimento alle progressive di lotto:

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	37 DI 108

- 2+095÷2+130 pericolosità idraulica bassa (P1): in questo tratto il tracciato in progetto si sviluppa sul rilevato ferroviario attuale, in affiancamento alla linea esistente;
- 2+130÷2+270: pericolosità idraulica moderata (P2): in questo tratto il tracciato in progetto si sviluppa sul rilevato ferroviario attuale, in affiancamento alla linea esistente;
- 2+270÷3+515: pericolosità idraulica alta (P3): in questo tratto il tracciato in progetto si sviluppa sul rilevato ferroviario attuale fino alla progressiva 2+300 e poi su un nuovo rilevato, affiancato a quello esistente, fino alla 2+563. Da qui è previsto un viadotto (viadotto Ripalta) fino alla progressiva 3+738, quindi fino ad oltre il termine del tratto a pericolosità idraulica alta.
- 3+515÷4+080: pericolosità idraulica moderata (P2); in questo tratto il tracciato in progetto si sviluppa sul viadotto Ripalta fino alla progressiva 3+738; da qui inizia un nuovo rilevato fino ad oltre il termine del tratto a pericolosità idraulica alta.
- 4+080÷4+125: pericolosità idraulica bassa (P1); in questo tratto il tracciato in progetto si sviluppainteramente su un nuovo rilevato, affiancato a quello esistente.

In conclusione, si può affermare come il tracciato in viadotto realizzato tra le progressive 2+563 e 3+738 non comporterà significative modificazioni all'assetto idraulico dell'area; analogamente anche negli altri tratti a differente pericolosità, non sono previste opere che possano modificare l'attuale assetto idraulico.

6.4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULL'ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Il tracciato ferroviario in progetto, compreso circa tra le quote 30m e 5m, attraversa per quasi tutto il suo sviluppo un settore subpianeggiante a basso gradiente, ricadendo in un contesto agricolo poco urbanizzato, localizzato ad una distanza minima di circa 1Km dalla linea di costa (verso nord), fino a circa 6,5Km giungendo a fine tratto.

Geomorfologicamente, la morfologia tabulare in esame, coincide in parte ad una area di pianura costiera, la cui origine è da attribuire al livellamento prodotto dalla sedimentazione alluvionale olocenica ed in parte a terrazzi morfologici pleistocenici (di origine fluvio-marina e lito-strutturale).

Pertanto, l'intero comparto progettuale ricade in un contesto geomorfologico assolutamente stabile e non soggette ad alcuna manifestazione morfodinamica, ovvero che si trova in equilibrio geomorfogenetico; infatti, l'assenza di rilievi nell'immediato intorno dell'area di studio e/o di salti morfologici da ampie garanzie sull'assenza di qualsivoglia gravitativo di versante. Inoltre, risultano assenti anche strutture tettoniche che possano interessare direttamente l'area di progetto, ovvero non sussistono, pertanto, i presupposti per l'innescio di movimenti di massa ed in generale di dissesti.

Le uniche criticità sono di natura idraulica e legate in particolare alla presenza del Fiume Fortore, cui è associata un'estesa fascia a pericolosità idraulica. Tuttavia, il tracciato in progetto, sviluppato in parte in rilevato, in parte in viadotto, compreso il viadotto esistente, che by-passa il corso d'acqua circa intorno alla p.k. 2+000, rimane a quota di sicurezza idraulica.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	38 DI 108

7 VINCOLI TERRITORIALI

Sono stati, innanzitutto, visionati gli elaborati cartografici del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), relativi al bacino interregionale del F. Fortore (Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, 2005).

In particolare, per quanto riguarda la cartografia relativa alla perimetrazione della pericolosità da frana, quest'ultima individua classi, (definite PF1, PF2 e PF3), che corrispondono a gradi crescenti di pericolosità, ottenute mediante il raffronto tra la propensione al dissesto di un'area, gli indici di attività dei fenomeni franosi censiti e la cartografia dei dissesti. Nel dettaglio, le classi di pericolosità di versante sono così definite: PF1, aree a pericolosità moderata; PF2, aree a pericolosità elevata; PF3, aree a pericolosità estremamente elevata. Dall'analisi degli elaborati disponibili per il territorio in oggetto, è emerso come il comparto progettuale è esente da vincoli relativi alla pericolosità da frana.

Passando alla cartografia relativa alla perimetrazione della pericolosità idraulica, anche quest'ultima individua tre classi (definite P1, P2 e P3), che corrispondono a gradi crescenti di pericolosità idraulica, ottenute mediante l'analisi dei tempi di ritorno delle piene. Nel dettaglio, le classi di pericolosità idraulica sono così definite: P1 (aree a pericolosità bassa), corrispondente al limite raggiungibile in caso di portata di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni; P2 (aree a pericolosità moderata), corrispondente al limite raggiungibile in caso di portata di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni; P3 (aree a pericolosità alta), corrispondente al limite raggiungibile in caso di portata di piena con tempo di ritorno inferiore a 30 anni. Viene inoltre individuata la fascia di riassetto fluviale definita, sulla base dell'art.7 delle Norme di Attuazione, come "l'insieme delle aree all'interno delle quali si possono far defluire con sicurezza le portate caratteristiche di un corso d'acqua, comprese quelle relative ad eventi estremi e ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni, mediante la realizzazione di tutte le opere necessarie all'assetto definitivo del corso d'acqua...". Dall'analisi degli elaborati relativi alla cartografia relativa alla perimetrazione della pericolosità idraulica è emerso come il tracciato ferroviario in progetto ricade, nella parte iniziale e mediana, in aree a pericolosità .alta, moderata e bassa.

Oltre agli elaborati PAI forniti dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, sono stati visionati anche gli elaborati del "Piano di Gestione del Rischio di Alluvione-PGRA" (Direttiva 2007/60/CE, D.Lgs. 49/2010, D.Lgs. 219/2010) approvato, il 3 marzo 2016, ai sensi dell'art. 4 comma 3 del d.lgs. 219/2010, con Delibera n°2 del Comitato Istituzionale Integrato con i componenti designati dalle Regioni ricadenti nel Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale". Dunque, si è fatto riferimento al Decreto del Segretario Generale n° 540 del 13/10/2020, ovvero all'Adozione Misure di Salvaguardia relative alle aree soggette a modifica di perimetrazione e/o classificazione della pericolosità e rischio dei Piani di assetto Idrogeologico configurate nei progetti di varianti di aggiornamento dei PAI alle nuove mappe del PGRA da approvarsi ai sensi dell'articolo 68 comma 4 - ter del D.Lgs n°152 del 3 aprile 2006, integrato dall'art 54 della legge 120 dell'11 settembre 2020 "Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale".

Con riferimento al tracciato ferroviario in oggetto si può affermare che non vi siano interferenze con aree vincolate dal PGRA, relativamente alla pericolosità e rischio idraulico.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	39 DI 108

8 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

8.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

I settori esterni dell'Appennino Meridionale sono caratterizzati da un'elevata complessità delle caratteristiche idrogeologiche, riconducibile sia al particolare assetto strutturale dell'area, sia alla grande varietà di termini litologici affioranti (Celico et al. 2007).

In particolare, i litotipi presenti nei settori di specifico interesse progettuale possono essere riferiti all'ambito idrogeologico degli acquiferi porosi plio-quadernari. Questi acquiferi sono costituiti da sedimenti plio-quadernari formati in ambiente subaereo o marino, riferibili quindi a depositi detritico-colluviali, alluvionali, lacustri e costieri, in parte emersi a seguito delle fasi di sollevamento della Catena Appenninica (Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007). Si tratta, ovviamente, di acquiferi di particolare importanza ai fini del reperimento di risorse idriche sotterranee, sia per l'intenso uso del territorio che caratterizza le aree di affioramento di tali depositi sia per la soggiacenza relativamente bassa della zona di saturazione (Celico et al. 2007).

Questi terreni costituiscono acquiferi continui, in genere eterogenei ed anisotropi, sempre permeabili per porosità e, solo in rari casi, anche per fessurazione (Celico 1986; Celico et al. 2007). Tale carattere idrogeologico è riconducibile alla natura prevalentemente clastica dei depositi, che solo in pochi casi presentano un certo grado di cementazione (Celico et al. 2007).

Anche in questi casi, tuttavia, la cementazione non ha mai avuto un ruolo equivalente al processo di diagenesi, conferendo raramente a questi terreni un carattere eminentemente litoide (Celico et al. 2007). La permeabilità è in genere molto variabile e sempre strettamente connessa alle caratteristiche di assortimento granulometrico dei terreni (Celico 1986).

I depositi plio-quadernari che costituiscono questi acquiferi presentano delle particolari caratteristiche sedimentologiche ed idrogeologiche, dovute essenzialmente ai processi che ne hanno controllato il trasporto e la deposizione (Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007). In particolare, possono essere individuati due distinti gruppi di ambienti sedimentari caratterizzati da differenti processi di trasporto e deposizione, rispettivamente controllati dalla gravità e dalle acque di ruscellamento (Celico et al. 2007). Al primo gruppo sono riconducibili i depositi di *talus* e di falda detritica presenti alla base dei maggiori rilievi montuosi che, pur costituendo acquiferi eterogenei ed anisotropi, sono contraddistinti da un grado di permeabilità generalmente piuttosto elevato (Celico et al. 2007). Nei settori dove risultano limitati inferiormente da terreni di bassa permeabilità, tali depositi possono essere sede di falde idriche sotterranee di discreta importanza, in particolare quando soggetti a travasi idrici provenienti da strutture idrogeologiche limitrofe (Celico et al. 2007).

I depositi che ricadono nel secondo gruppo di ambienti sedimentari sono i più rappresentati nei settori di studio e possono essere suddivisi a loro volta in numerosi sub-ambienti, contraddistinti da differente energia del mezzo di trasporto idraulico (Celico et al. 2007). Tali ambienti sono distribuiti sul territorio secondo un percorso in cui l'energia di trasporto idraulico tende a diminuire progressivamente, a partire dall'ambiente di conoide pedemontana fino a quello di pianura costiera, passando attraverso tutti gli ambiti fluviali intermedi (Celico et al. 2007).

Tutti questi sub-ambienti sono contraddistinti, a loro volta, da un'energia del mezzo idraulico variabile nel tempo in relazione all'entità degli apporti pluviometrici (Celico et al. 2007). Ciò comporta la deposizione

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	40 DI 108

di termini litologici fortemente eterogenei che, per la continua divagazione dei corsi d'acqua, si ritrovano variamente giustapposti tra loro sia lateralmente che verticalmente (Celico 1986). Pertanto, gli acquiferi alluvionali risultano in genere fortemente eterogenei ed anisotropi, soprattutto nelle aree di pianura alluvionale e costiera, dove le differenze di comportamento idrogeologico si accentuano per la presenza di terreni a granulometria argilloso-limosa, da scarsamente permeabili ad impermeabili (Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007).

In questi ambiti idrogeologici, quindi, la presenza di intercalazioni pelitiche all'interno dei depositi sabbioso-ghiaiosi determina una scomposizione del deflusso idrico sotterraneo in una serie di falde sovrapposte, da libere a confinate (Celico 1986; Celico et al. 2007). Queste ultime, a loro volta, possono essere caratterizzate da differenti carichi piezometrici, che generano fenomeni di drenanza sia verso l'alto che verso il basso (Celico et al. 2007).

In molti casi, comunque, il suddetto schema di circolazione idrica sotterranea può essere semplificato a causa della scarsa continuità dei livelli meno permeabili, che non consente un'efficace separazione tra le differenti falde sovrapposte (Celico et al. 2007). Invece, a scala globale, il comportamento di questi acquiferi è schematicamente assimilabile a quello di un unico corpo idrico sotterraneo, avente un recapito unitario (Maggiore et al. 2004; Celico et al. 2007).

Ovviamente, le falde degli ambienti alluvionali e costieri risultano alimentate direttamente sia dalle acque superficiali che si infiltrano nel terreno sia dai travasi idrici sotterranei delle strutture idrogeologiche con cui sono a contatto (Cotecchia 1956; Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007). Il recapito di tali falde è rappresentato, generalmente, da un limite a potenziale imposto corrispondente ad un corpo idrico superficiale, come fiumi, laghi e mari. Localmente, la tipologia di rapporti tra falde sotterranee e corpi idrici continentali può essere anche di segno opposto, o comunque mutare nel corso dell'anno idrologico in relazione alla variazione relativa dei livelli idrici (Celico et al. 2007).

8.2 SCHEMA IDROGEOLOGICO GENERALE DEL TAVOLIERE DELLE PUGLIE

La particolare condizione stratigrafico-strutturale dell'area del Tavoliere delle Puglie consente di riconoscere tre unità acquifere principali, situate a differenti profondità (Maggiore et al. 1996); procedendo dal basso verso l'alto, la successione può essere schematizzata attraverso gli acquiferi di seguito descritti (Maggiore et al. 1996, 2004; Moretti et al. 2011).

Acquifero fessurato-carsico profondo

È situato in corrispondenza del substrato carbonatico pre-pliocenico del Tavoliere e risulta collegato, lateralmente, alla vasta falda idrica del Gargano (Maggiore et al. 1996, 2004). Le acque di falda circolano all'interno delle rocce carbonatiche fessurate e risultano confinate, generalmente, dalla successione pelitica plio-pleistocenica o dai livelli meno fratturati delle stesse rocce calcaree (Maggiore et al. 2004). Ovviamente, le modalità di deflusso della falda sono condizionate sia dalla presenza di numerosi allineamenti tettonici, che determinano direttrici di deflusso preferenziali, sia dal grado di fessurazione e carsismo della roccia, che influiscono sulle caratteristiche idrauliche dell'acquifero (Grassi & Tadolini 1992; Maggiore et al. 1996, 2004).

La possibilità di utilizzo di questa risorsa idrica è tuttavia limitata alle zone dove il substrato si trova a profondità inferiori a qualche centinaio di metri (Moretti et al. 2011), come nella fascia pede-garganica del Tavoliere (Maggiore et al. 1996, 2004). Questa limitazione deriva, fondamentalmente, dal marcato

GE – GEOLOGIA

Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	41 DI 108

incremento del contenuto salino delle acque con

l'aumentare della profondità, fino ad assumere valori caratteristici relacquer marina (Maggiore et al. 2004). Intrusion del mare verso l'entroterra è maggiore nella fascia pede-garganica che si sviluppa verso il Golfo di Manfredonia, mentre nella zona a Sud del Lago di Lesina risulta parzialmente ostacolata dal brusco incremento di spessore dei terreni impermeabili del Tavoliere (Maggiore et al. 1996, 2004).

Una caratteristica peculiare delle acque sotterranee lungo il margine garganico del Tavoliere è data dall'elevato valore delle temperature registrate sia nei pozzi idrici che in corrispondenza di alcune sorgenti (Mongelli Ricchetti 1970; Maggiore & Mongelli 1991; Grassi & Tadolini 1992; Maggiore et al. 1996; Pagliarulo 1996; Maggiore & Pagliarulo 2004), come quella di S. Nazario e quella di Siponto (Maggiore et al. 2004). Le alte temperature registrate possono essere spiegate attraverso un fenomeno di mixing tra le acque sotterranee di origine meteorica e le acque connate più profonde, che risalgono verso il Gargano attraverso la struttura a gradinata del substrato carbonatico (Maggiore et al. 2004; Moretti et al. 2011).

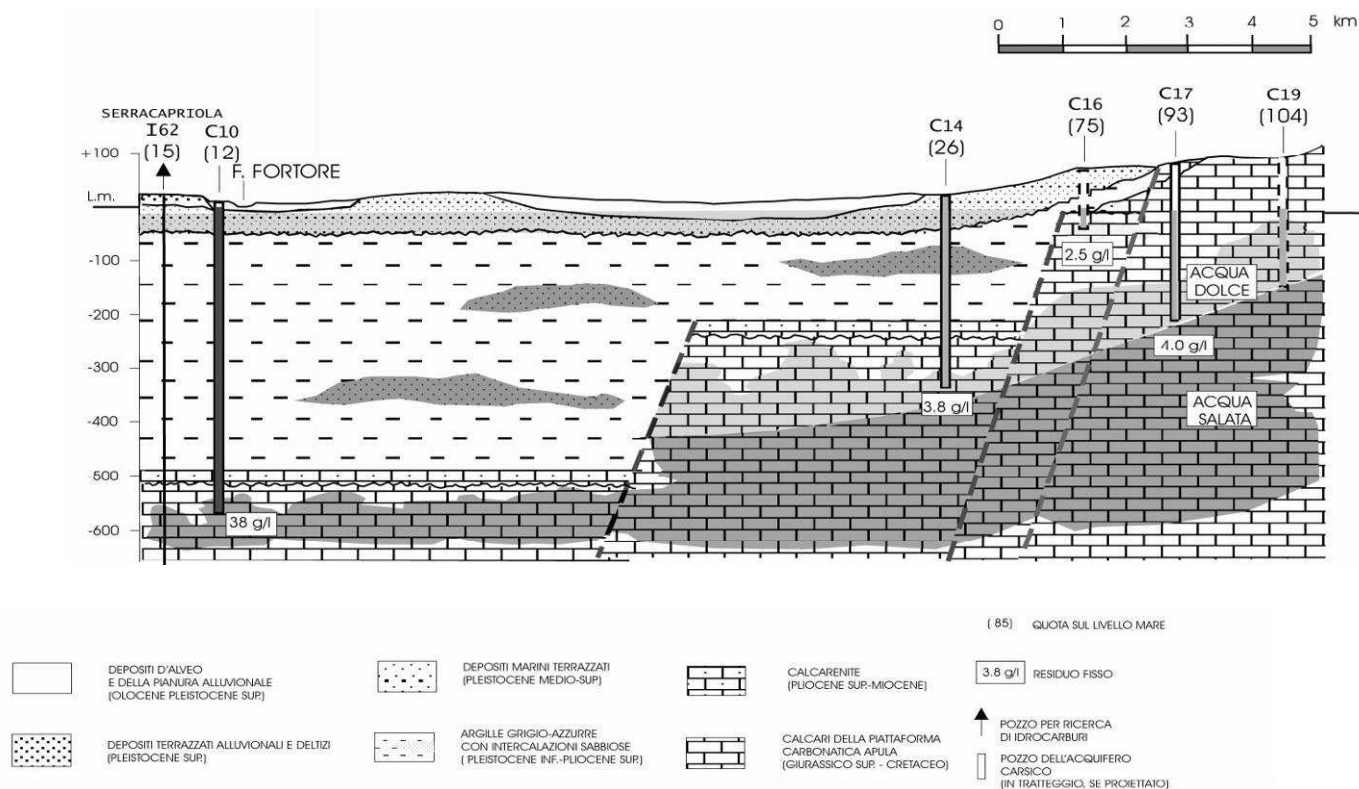


Figura 8.1 - Sezione idrogeologica relativa alla zona del Tavoliere delle Puglia posta a Ovest del Promontorio del Gargano, tra il F. Fortore e Apricena (da Maggiore et al. 2004).

Acquifero poroso profondo

Si colloca in corrispondenza dei diversi livelli di sabbie limose, localmente ghiaiose, presenti a diverse altezze stratigrafiche nella successione pelitica plio-pleistocenica del Tavoliere (Maggiore et al. 1996, 2004). Le caratteristiche del suddetto acquifero sono poco conosciute, in particolare per ciò che concerne la distribuzione e la geometria dei corpi idrici, la connessione idraulica tra i diversi livelli e le altre falde del Tavoliere, le modalità di alimentazione e di deflusso (Maggiore et al. 2004).

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	42 DI 108

I livelli acquiferi sono quindi rappresentati da corpi discontinui di forma lenticolare, dello spessore di pochi metri, localizzati a profondità variabili tra 150 e 500 m circa (Cotecchia et al. 1995; Maggiore et al. 2004). Nelle lenti più profonde si rinvencono acque connate associate ad idrocarburi, caratterizzate da valori di temperatura piuttosto elevati (tra 22° e 26°C) e dalla ricorrente presenza di idrogeno solforato (Maggiore et al. 1996). La falda è sempre in pressione e presenta forti caratteri di artesianità (Maggiore et al. 1996, 2004). La produttività dei livelli idrici è estremamente differente da luogo a luogo ma presenta, mediamente, portate variabili tra 1 e 20 l/s (Maggiore et al. 1996). Nel caso di pozzi idrici, la produttività tende a diminuire rapidamente a partire dall'inizio della fase di esercizio, facendo registrare localmente il completo esaurimento della falda (Maggiore et al. 2004). Ciò dimostra che tali livelli possono costituire solo delle limitate fonti di approvvigionamento idrico, essendo la ricarica molto lenta (Cotecchia et al. 1995).

Acquifero poroso superficiale

Si rinviene nelle lenti sabbioso-ghiaiose dei depositi marini e alluvionali quaternari, che nell'area ricoprono con notevole continuità la successione argillosa plio-pleistocenica (Maggiore et al. 1996, 2004). I diversi livelli sono idraulicamente interconnessi e danno luogo, quindi, ad un unico sistema acquifero caratterizzato da una successione di terreni sabbioso-ghiaiosi molto permeabili con intercalati livelli limoso-argillosi di bassa permeabilità (Maggiore et al. 2004).

In linea generale i depositi più grossolani e permeabili, che svolgono il ruolo di acquifero, prevalgono nelle zone di alta pianura, mentre i livelli più fini e meno permeabili diventano più spessi e frequenti verso la costa (Maggiore et al. 2004). Tale caratteristica influenza profondamente le modalità di deflusso delle acque sotterranee, che circolano prevalentemente a pelo libero nella zona pedemontana ed in pressione nella zona medio-bassa, con locale carattere di artesianità (Cotecchia 1956; Maggiore et al. 1996).

Lo spessore di questi terreni è piuttosto ridotto in corrispondenza del margine appenninico, mentre aumenta notevolmente verso Est, dove raggiunge i 50 m nella zona mediana della pianura ed i 100 m presso il litorale adriatico (Maggiore et al. 1996). La superficie piezometrica è posta ad una quota di circa 250 m s.l.m. nelle zone più interne e degrada, fino alla costa, con gradienti compresi tra 0.10% e 0.25% (Ricchetti et al. 1989).

La risalienza e la soggiacenza della falda idrica aumentano generalmente verso la costa, dove la qualità delle acque risente notevolmente degli effetti dell'intrusione marina (Maggiore et al. 1996). La produttività dell'acquifero è piuttosto variabile e, in genere, strettamente dipendente da fattori di ordine morfologico e stratigrafico. Infatti, le acque sotterranee tendono ad accumularsi preferenzialmente dove il tetto delle argille forma dei veri e propri impluvi o dove i terreni permeabili risultano più spessi e grossolani (Tadolini et al. 1989; Caldara & Pennetta 1993). Per quanto riguarda l'alimentazione dell'acquifero, un importante contributo proviene dai corsi d'acqua che attraversano la zona (Colacicco 1953; Cotecchia 1956; Zorzi & Reina 1956; Maggiore et al. 1996), mentre solo il 17% del totale della precipitazione media annua costituisce la ricarica (De Girolamo et al. 2001; Maggiore et al. 2004).

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	43 DI 108

8.3 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

La vulnerabilità di un sistema acquifero è la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi nelle loro diverse componenti e nelle diverse situazioni geometriche e idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante, fluido o idroveicolato, tale da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea nello spazio e nel tempo.

Nel presente studio si è fatto riferimento a quanto riportato nella "tavola A2 - Vulnerabilità degli acquiferi" allegata al PTCP della Provincia di Foggia, dove sono individuate le aree caratterizzate da tre differenti livelli di vulnerabilità intrinseca potenziale degli acquiferi della Provincia di Foggia: normale (N) significativa (S) ed elevata (E).

In particolare, per la stesura della cartografia della vulnerabilità degli acquiferi del PTCP della Provincia di Foggia è stato utilizzato il metodo *Sintacs* (Civita & De Maio, 2000), che consiste nell'attribuire un peso a ciascuno dei parametri concorrenti alla determinazione del fenomeno. Successivamente si procede analiticamente alla sommatoria dei pesi per ciascuna unità di superficie, giungendo alla determinazione delle classi di vulnerabilità.

Gli Autori propongono sette parametri da prendere in considerazione, si tratta dei sette elementi le cui iniziali compongono l'acronimo che dà nome al metodo; in particolare, vengono considerati gli elementi di seguito descritti:

Soggiacenza: la profondità del livello superiore della falda idrica stimata attraverso i punti d'acqua;

Infiltrazione efficace: è un parametro dipendente sia dalla natura della roccia madre sia dalla potenza della copertura umica. Nella pratica operativa il parametro è ricavato dalla piovosità efficace moltiplicata per l'indice di infiltrazione che, a sua volta, è funzione delle condizioni idrogeologiche generali dell'acquifero;

Non-saturo: attribuisce un significato al potere autodepurante dello spessore di sottosuolo compreso fra la base del suolo e la zona profonda satura;

- Tipologia della copertura umica: è fondamentale per la tutela della falda, in quanto essa svolge la più importante azione filtrante delle acque d'infiltrazione;
- Acquifero: le caratteristiche idrogeologiche della zona satura, costituiscono un ulteriore momento d'abbattimento di un inquinante idro-veicolato. La diluizione, la dispersione, la reattività chimica sono solo alcuni dei processi che consentono la depurazione delle acque. Per una corretta valutazione della loro efficacia si deve partire dai dati relativi alla litologia, alla struttura del terreno, allo stato di fessurazione, per giungere alla determinazione degli elementi distintivi del corpo idrico sotterraneo (direzione di flusso, geometria, portata, ecc.).
- Conducibilità idraulica dell'acquifero;
- Superficie topografica: l'acclività della superficie topografica influisce in modo basilare nella determinazione della salute chimico-fisica dell'acquifero; in generale si può affermare che pendenze elevate consentono, a parità d'altre condizioni (precipitazioni, litologia, ecc.), un maggior ruscellamento e di conseguenza una minore intrusione nel sottosuolo di acque e di eventuali inquinanti da queste trasportati.

Partendo dall'elaborazione dei suddetti parametri, sono stati scelti tre diversi tipi d'impatto possibile: normale (N), significativo (S) ed elevato (E); tutti sono stati, inoltre, ulteriormente articolati su tre diversi

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	44 DI 108

gradienti ottenendo, in definitiva, 9 classi di rischio ciascuna contraddistinta da un colore ed una sigla alfanumerica

8.3.1 Descrizione della carta della vulnerabilità degli acquiferi, norme di piano e prescrizioni

Facendo riferimento alla “Carta della vulnerabilità degli acquiferi” (GE00LI0701EZZG5GE0001007A) redatta per il presente studio, si individua un primo tratto, compreso tra l’inizio del tracciato e la pk 3+880 circa, caratterizzato da vulnerabilità degli acquiferi significativa; successivamente, fino a fine tracciato, l’area è cartografata a vulnerabilità degli acquiferi elevata. In particolare, per il primo tratto si ha una classe di rischio S3 (bassa valle del Fortore). Tale area è in qualche modo accomunabile alla fascia costiera orientale, dal fatto che sussiste la possibilità che sia alluvionabile. L’incidenza dei fenomeni negativi è qui attenuata. Infatti, la diga di Occhito annulla le piene del fiume; i processi di salificazione si manifestano in maniera molto ridotta, benché questa zona sia al margine di un’area a massima densità di punti d’acqua, che hanno portato nel biennio 2000-2002 all’esaurimento della falda con la distruzione di tutti i raccolti. Effetti importanti sono da considerarsi quelli prodotti dalla debole acclività dei terreni e, lungo la costa, dal mare. Si rammenta che a Marina di Lesina la spiaggia è arretrata, in circa 10 anni, di non meno di 150 m consentendo una cospicua avanzata del fronte d’intrusione marina.

Passando al tratto compreso tra le pk 3+880 e fine tracciato, si ha una classe di rischio E1 (costa settentrionale del Gargano). Infatti, lungo la fascia nord-garganica sussistono condizioni di vulnerabilità elevata. I laghi costieri si avviano ad un rapido insabbiamento. Quel che resta dei corpi idrici lacustri è ormai fortemente eutrofizzato. Gli scarichi urbani, spesso poco e mal depurati, sono indirizzati nei numeros piccoli torrenti che scendono dalla superficie sommitale del Gargano verso i due laghi e verso il mare. L’elevata pressione antropica nel semestre estivo (villaggi vacanze, doppie case, camping) fa ulteriormente lievitare il rischio.

Per le diverse aree si applicano le disposizioni previste dal Capo II “*fragilità dell’acquifero sotterraneo*” delle Norme del PTCP; dunque, si fa riferimento all’ *Art. 11.18 - Livello normale (N) di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi*, all’*Art. 11.20 - Livello elevato (E) di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi* ed all’*Art. 11.21 - Disposizioni comuni alle aree ad elevata e significativa vulnerabilità degli acquiferi*.

In particolare, nelle parti di territorio classificate con **livello normale (N) di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi**, i Comuni, singoli o associati, attraverso gli strumenti urbanistici di cui al comma terzo del precedente articolo, si orientano:

- a) alla limitazione dell’uso di pesticidi in agricoltura;
- b) all’istituzione di un catasto comunale dei pozzi corredato dai parametri idrogeologici essenziali (profondità, stratigrafia, quantità di prelievo, analisi delle acque, ecc.);
- c) alla costituzione, d’intesa con la Provincia, di almeno un punto di monitoraggio;
- d) alla raccolta, la canalizzazione e la depurazione degli scarichi urbani;
- e) all’isolamento ed all’impermeabilizzazione delle aree destinate a discarica di rifiuti solidi urbani;
- f) al divieto di immissione nel sottosuolo, soprattutto nelle aree industriali, di acque che non siano state preventivamente raccolte, incanalate verso una vasca di decantazione e filtrate con sabbiatura e disoliatura;
- g) all’espansione ragionata con aree boscate delle aree già protette e soggette a vincolo;
- h) alla rinaturalizzazione, di concerto con le Autorità preposte, del reticolo idrografico locale con asportazione delle “sistemazioni in cemento” di fondo e di sponda per consentire sia l’abituale contatto

GE – GEOLOGIA

**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	45 DI 108

fra le acque superficiali e quelle profonde con la percolazione verso il basso sia la naturale azione di fitodepurazione delle piante acquatiche di fondo e di sponda;

i) alla realizzazione di punti di raccolta e smaltimento nel sottosuolo (dopo adeguata decantazione, sabbatura e disoliatura) nelle aree notoriamente soggette a periodico ristagno delle acque meteoriche;
j) alla promozione di interventi atti al contenimento degli sprechi della risorsa idrica in agricoltura, nell'industria e nell'uso civile;

k) al divieto di interrare manufatti che non siano a perfetta tenuta idraulica (in particolare reti fognarie). Nell'esecuzione delle opere destinate a contenere o a convogliare sostanze, liquide o solide o gassose, potenzialmente inquinanti, quali cisterne, reti fognarie, oleodotti, gasdotti e simili, sono adottate cautele atte a garantire la tenuta idraulica, quali l'approntamento di bacini di contenimento a tenuta stagna, di sistemi di evacuazione d'emergenza, di materiali o pannelli assorbenti, e simili.

Passando alle aree ricadenti nella classe di **vulnerabilità di livello significativo (S)**, le misure di pianificazione provvedono, oltre a quanto stabilito nell'articolo precedente per la classe di vulnerabilità normale (N):

- a) al divieto di sversamento superficiale di fanghi o reflui urbani che non provengano da depurazione;
- b) al divieto assoluto di sversamento di fanghi industriali se non nelle discariche autorizzate;
- d) al divieto assoluto di terebrazione di nuovi pozzi emungenti;
- e) al divieto di apertura di nuove cave, salvo che idonei studi idrogeologici, corredanti i progetti di coltivazione, escludano ogni possibile interferenza negativa con la circolazione idrica sotterranea;
- f) a subordinare ad uno studio idrogeologico di dettaglio, le cave già in esercizio.

Per le aree ricadenti nella **classe di vulnerabilità di livello elevato (E)** gli strumenti di pianificazione si orientano, oltre a quanto stabilito nei precedenti articoli per le classi di vulnerabilità normale (N) e significativa (S), alla regolamentazione rigida, ove non sia possibile il divieto, dell'emungimento da falde profonde che attualmente sono tutte di difficile e lenta ricarica.

Nei territori rurali a elevata vulnerabilità intrinseca non sono ammessi:

- a) nuovi impianti per zootecnia di carattere industriale;
- b) nuovi impianti di itticultura intensiva;
- c) nuove manifatture a forte capacità di inquinamento;
- d) nuove centrali termoelettriche;
- e) nuovi depositi a cielo aperto e altri stoccaggi di materiali inquinanti idroveicolabili;
- f) la realizzazione e l'ampliamento di discariche, se non per i materiali di risulta dell'attività edilizia completamente inertizzati.

Infine, per quanto riguarda le Disposizioni comuni alle aree ad elevata e significativa vulnerabilità degli acquiferi:

1. Nelle aree ad elevata e significativa vulnerabilità intrinseca delle acque sotterranee, gli strumenti urbanistici comunali valutano i rischi derivanti dalla attività antropica nelle aree urbanizzate e nei contesti di nuovo insediamento ed indicano le eventuali mitigazioni necessarie a escludere o ridurre gli impatti critici.

2. In tali aree, gli strumenti urbanistici comunali definiscono le trasformazioni fisiche e funzionali degli insediamenti esistenti e di nuovo impianto tenendo conto delle esigenze di mitigazione degli effetti sugli acquiferi, privilegiando le localizzazioni, le quantità e le funzioni aventi il minore impatto. Assicurano, in

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	46 DI 108

ogni caso, la realizzazione di idonee opere di urbanizzazione e interventi di mitigazione con particolare riferimento alla idoneità e adeguatezza dell'intero sistema fognante.

3. Sulla base di tali valutazioni, gli strumenti urbanistici comunali, in occasione di ogni trasformazione di immobili dei quali facciano parte, o siano pertinentziali, superfici, coperte e scoperte, adibibili alla produzione o allo stoccaggio di beni finali, di intermedi e di materie prime, ovvero di qualsiasi merce suscettibile di provocare scolo di liquidi inquinanti, prescrivono l'osservanza delle seguenti disposizioni:

- tutte le predette superfici sono adeguatamente impermeabilizzate, e munite di opere di raccolta dei liquidi di scolo provenienti dalle medesime superfici;
- le opere di raccolta dei liquidi di scolo sono dimensionate in funzione anche delle acque di prima pioggia, per esse intendendosi quelle indicativamente corrispondenti, per ogni evento meteorico, a una precipitazione di 5 millimetri uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio;
- le acque di prima pioggia, sono convogliate nella rete fognante per le acque nere, con o senza pretrattamento secondo quanto concordato con il soggetto gestore della medesima rete fognante, oppure smaltite in corpi idrici superficiali previo adeguato trattamento;
- le acque meteoriche eccedenti quelle di prima pioggia possono essere smaltite in corpi idrici superficiali, ove ammissibile in relazione alle caratteristiche degli stessi, o in fognatura o in impianti consortili appositamente previsti.

4. Sono comunque vietati:

- gli scarichi liberi sul suolo e nel sottosuolo di liquidi e di altre sostanze di qualsiasi genere o provenienza;
- il lagunaggio dei liquami prodotti da allevamenti zootecnici aziendali o interaziendali, al di fuori di appositi lagoni di accumulo impermeabilizzati con materiali artificiali.

8.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Considerate le litologie che caratterizzano il sedime del comparto progettuale, la circolazione idrica sotterranea è influenzata dalla presenza di terreni molto eterogenei in termini di valori di permeabilità. Complessivamente, bassi valori di permeabilità si hanno in corrispondenza del substrato argilloso-siltoso plio-pleistocenico della Argille Subappennine.

Diversamente, valori di permeabilità medi si hanno in corrispondenza delle sequenze pleistoceniche sabbioso-conglomeratiche (Sabbie di Serra Capriola e Conglomerati di Campomarino), che di conseguenza possono ospitare accumuli idrici sotterranei, delimitati dal substrato costituito dalle Argille subappennine.

Infine, la permeabilità è variabile nei depositi di natura alluvionale e nelle coperture eluvio-colluviali, essendo costituiti da materiali eterogenei da un punto di vista granulometrico e tessiturale. Infatti la permeabilità è da medio-elevata a elevata nelle dominanti porzioni a granulometria sabbiosa o sabbioso-ghiaiosa, mentre diminuisce in corrispondenza dei depositi a grana fine, entro i quali diviene da bassa a medio-bassa. Non a caso lungo le zone di fondovalle è possibile osservare aree con acque stagnanti. Per quanto riguarda il tipo di alimentazione, gli accumuli idrici sono alimentati sia dalle precipitazioni dirette, sia dal deflusso sotterraneo delle acque provenienti dalle zone più interne, sia dall'infiltrazione delle acque di subalveo, nelle quali si instaura una falda idrica sotterranea avente deflusso verso

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	47 DI 108

quest'ultimo e asse parallelo al deflusso superficiale. Tale meccanismo assicura una falda freatica persistente, il cui pelo libero assume un gradiente piezometrico che aumenta verso le zone interne, con una pendenza che segue pressappoco quella topografica. Il livello statico è soggetto durante l'anno a variazioni verticali dovute a periodi di maggiori afflussi idrici alternati a periodi di magra e/o siccitosi con un meccanismo che rispecchia, con un ritardo di pochi giorni se non addirittura di ore, quello dei corsi d'acqua.

Complessivamente, dunque, per quanto riguarda il grado di permeabilità dei terreni più superficiali, i depositi di natura alluvionale (sia recenti che terrazzati) sono estremamente eterogenei, essendo caratterizzati da intervalli a granulometria variabile da ghiaiosa a limoso-argillosa e complessivamente presentano un basso grado di permeabilità relativa, che caratterizza il tratto compreso tra le p.k. 0+200 e 4+750; diversamente, la parte restante del tracciato è caratterizzata in superficie da terreni con grado di permeabilità relativa medio. Considerato l'assetto geologico-stratigrafico, la formazione di falde acquifere, lungo l'intero areale di progetto, è legata al tamponamento esercitato dal substrato impermeabile delle Argille Subappennine.

8.5 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO

Nel presente paragrafo, una volta descritto l'inquadramento idrografico generale, saranno affrontati i seguenti argomenti:

- ✓ definizione della permeabilità delle formazioni;
- ✓ descrizione della cartografia idrogeologica;
- ✓ ricostruzione dell'andamento piezometrico lungo il profilo di progetto;
- ✓ definizione del modello idrogeologico di riferimento e delle potenziali criticità.

La definizione dei valori di permeabilità delle formazioni geologiche è basata esclusivamente sui dati emersi dalle indagini geognostiche pregresse, mentre non sono disponibili dati addizionali relativi alla campagna di indagini integrative, nell'ambito della quale, infatti, non sono state eseguite specifiche indagini finalizzate alla caratterizzazione idrogeologica dei terreni.

8.5.1 Permeabilità delle formazioni geologiche

La valutazione della permeabilità delle formazioni geologiche è stata eseguita seguendo un approccio combinato basato sull'esame delle prove in foro disponibili e sulle caratteristiche litologiche; al termine di questa fase, ad ogni unità geologica è stata associata una classe di permeabilità.

In particolare, sono state individuate 3 classi di permeabilità, definite bassa, media ed alta. La prima accorpa tutti i litotipi con permeabilità stimata inferiore a $1 \cdot 10^{-7}$ m/s; la classe di permeabilità media accorpa i litotipi con permeabilità stimata compresa da superiore o uguale a $1 \cdot 10^{-7}$ m/s a minore di $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.; infine, la classe di permeabilità alta accorpa tutti i litotipi con permeabilità superiore o uguale a $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Intervallo k (m/s)	$k < 1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7} \leq k < 1 \cdot 10^{-5}$	$k \geq 1 \cdot 10^{-5}$
Classe di permeabilità	Bassa	Media	Alta

Tabella 8.1 – Classi di permeabilità di riferimento.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	48 DI 108

Di seguito vengono esaminate le formazioni geologiche di interesse progettuale, così come descritte nel capitolo 5; in modo da facilitare la lettura in corrispondenza di ogni litotipo viene riportata una tabella sintetica che indica le prove di permeabilità disponibili e la classe di permeabilità assunta sulla base del valore di riferimento assunto.

Argille subappenniniche

Tale unità è costituita in prevalenza da materiali a granulometria fine (argille, limi argillosi e argille marnose) e dunque viene considerata impermeabile e priva di una falda al suo interno. Pur non essendo disponibili prove di permeabilità in foro, su base bibliografica, può essere assunto un valore di permeabilità di riferimento inferiore o uguale a 1×10^{-8} m/s, ovvero classificando tale unità a permeabilità bassa.

Sabbie di Serracapriola

Le Sabbie di Serracapriola sono costituite in prevalenza da sabbie medio-fini, con locali intercalazioni di conglomerati e argille limose; nella tabella seguente si riportano i valori di permeabilità ottenuti da prove in foro.

Sondaggio	Tipo di prova	Profondità (m)	K (m/s)
S2	Lefranc	14.4-16.6	1,68E-06
S6	Lefranc	19.0-21.0	1,00E-06
S7	Lefranc	9.5-11.0	7,10E-09
S7	Lefranc	19.0-22.0	2,81E-07
S8	Lefranc	13.5-16.0	6,68E-08
CHIA33V15	Lefranc	50.0-51.0	3,73E-05

Tabella 8.2 – Prove di permeabilità disponibili per le argille subappennine.

La media delle prove effettuate restituisce un valore di 6.72×10^{-6} m/s, il che permette di classificare tale unità a permeabilità media.

Conglomerati di Campomarino

I Conglomerati di Campomarino sono costituiti in prevalenza da conglomerati in matrice sabbioso-limosa, con locali intercalazioni di sabbie e argille limose; nella seguente tabella si riportano i valori di permeabilità ottenuti da prove in foro.

Sondaggio	Tipo di prova	Profondità (m)	K (m/s)
S1	Lefranc	6.4-8.2	7,10E-08
S1	Lefranc	14.5-16	6,53E-08
S4	Lefranc	17.3-19.0	6,10E-06
S6	Lefranc	8.8-11.0	2,71E-07
S8	Lefranc	5.4-7.0	9,14E-08
CHIA33V01	Lefranc	23.0-24.0	2,97E-05

Tabella 8.3 – Prove di permeabilità disponibili per i Conglomerati di Campomarino.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	49 DI 108

La media delle prove effettuate restituisce un valore di 6.05×10^{-6} m/s, il che permette di classificare tale unità a permeabilità media.

Depositi alluvionali terrazzati

- **litofacies ghiaioso-sabbiosa:** è costituita in prevalenza da ghiaie in abbondante matrice sabbioso-limosa e da sabbie e sabbie limose con locali ghiaie; per tale litofacies è presente un solo valore di permeabilità ottenuto da prove in foro.

Sondaggio	Tipo di prova	Profondità (m)	K (m/s)
PNIA33V17	Lefranc	17.0-18.0	2,69E-05

Tabella 8.4 - Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali terrazzati.

È pertanto possibile classificare tale litofacies a permeabilità alta.

- **litofacies limosa e limoso-sabbiosa:** è costituita in prevalenza da limi e limi sabbiosi; per tale litofacies è presente un solo valore di permeabilità ottenuto da prove in foro.

Sondaggio	Tipo di prova	Profondità (m)	K (m/s)
S4	Lefranc	8.8-11.0	2,53E-07

Tabella 8.5 - Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali terrazzati.

È pertanto possibile classificare tale litofacies a permeabilità media.

- **litofacies argillosa e argilloso-limosa:** è costituita in prevalenza da argille limose e limi argillosi, con locali intercalazioni di limi; nella successiva tabella si riportano i valori di permeabilità ottenuti da prove in foro e di dissipazione da CPTU.

Sondaggio	Tipo di prova	Profondità (m)	K (m/s)
S5	Lefranc	7.3-9.0	4,30E-08
S5	Lefranc	14.0-16.0	1,49E-08
PUIA33V10	Dissipazione	10,74	3,82E-09

Tabella 8.6 - Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali terrazzati.

La media delle prove effettuate restituisce un valore di 2.06×10^{-8} m/s, il che permette di classificare tale unità a permeabilità bassa.

Depositi alluvionali recenti

- **litofacies ghiaioso-sabbiosa:** è costituita in prevalenza da ghiaie in abbondante matrice sabbioso-limosa e da sabbie e sabbie limose con locali ghiaie; nella successiva tabella si riportano i valori di permeabilità ottenuti da prove in foro.

Sondaggio	Tipo di prova	Profondità (m)	K (m/s)
S2	Lefranc	4.4-6.0	6,90E-09
PCIA33V09	Lefranc	18.0-19.0	9,71E-06
PCIA33V10	Lefranc	18.5-19.5	9,88E-06
PCIA33V11	Lefranc	19.0-20.0	8,68E-06

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	50 DI 108

PNIA33V05	Lefranc	5.85-7.0	1,85E-06
PNIA33V06	Lefranc	24.0-25.0	2,16E-05
PNIA33V08	Lefranc	28.0-29.0	2,15E-05
DHIA30P01	Lefranc	2.0-3.0	2.58E-05
PNIA30P02	Lefranc	2.0-3.0	4.41E-05

Tabella 8.7 - Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali recenti.

La media delle prove effettuate restituisce un valore di 1.59×10^{-5} m/s, il che permette di classificare tale unità a permeabilità alta.

- **litofacies limosa e limoso-sabbiosa:** è costituita in prevalenza da limi e limi sabbiosi; nella successiva tabella si riportano i valori di permeabilità ottenuti da prove in foro.

Sondaggio	Tipo di prova	Profondità (m)	K (m/s)
S3	Lefranc	14.3-16.55	3,58E-08
PCIA33V13	Lefranc	19.5-20.5	2,74E-07
PCIA33V16	Lefranc	16.0-17.0	4,89E-07

Tabella 8.8 – Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali recenti.

La media delle prove effettuate restituisce un valore di 2.66×10^{-7} m/s, il che permette di classificare tale unità a permeabilità media.

- **litofacies argillosa e argilloso-limosa:** è costituita in prevalenza da argille limose e limi argillosi, con locali intercalazioni di limi; nella successiva tabella si riportano i valori di permeabilità ottenuti da prove in foro e di dissipazione da CPTU.

Sondaggio	Tipo di prova	Profondità (m)	K (m/s)
S3	Lefranc	7.3-9.0	1,83E-08
PUIA33V03	Dissipazione	14,26	3,98E-10
PUIA33V12	Dissipazione	19,30	3,71E-08

Tabella 8.9 – Prove di permeabilità disponibili per i depositi alluvionali recenti.

La media delle prove effettuate restituisce un valore di 1.86×10^{-8} m/s, il che permette di classificare tale unità a permeabilità bassa.

Depositi alluvionali attuali

I depositi alluvionali recenti sono costituiti in prevalenza da materiali a granulometria grossolana (sabbie e sabbie limose, con locali ghiaie) con sporadiche intercalazioni di argille e limi.

Entro tali depositi non sono disponibili prove di permeabilità in foro pertanto, su base bibliografica, può essere assunto un valore di permeabilità di riferimento maggiore o uguale a 1×10^{-5} m/s, il che permette di classificare tale unità a permeabilità alta.

Depositi eluvio-colluviali

I depositi eluvio-colluviali sono costituiti da materiali estremamente eterogenei; in linea generale sono presenti limi sabbiosi e sabbie limose con locali ghiaie ed argille limose con passaggi di sabbie ghiaiose. Entro tali depositi non sono disponibili prove di permeabilità in foro pertanto, su base bibliografica,

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	51 DI 108

può essere assunto un valore di permeabilità di riferimento compreso tra 1×10^{-7} e 1×10^{-5} m/s, il che permette di classificare tale unità a permeabilità media.

8.6 FALDA ACQUIFERA

Lungo il tracciato in progetto le misure piezometriche hanno registrato la presenza di falda acquifera, il cui andamento è rappresentato nei profili geologico e geotecnico.

La ricostruzione dell'andamento della falda lungo i profili longitudinali in asse tracciato è stata effettuata a partire dai dati di monitoraggio piezometrico disponibili.

In particolare, per quanto riguarda i dati disponibili dal Progetto Definitivo, è disponibile una lettura del livello di falda eseguito in data 03/02/2010 nei dieci piezometri installati nella campagna di indagine eseguita nel 2009.

Piezometro	PNIA33V05	PNIA33V06	PNIA33V08	PCIA33V09	PCIA33V10
Livello di falda [m da p.c.]	4.10	4.10	4.90	4.90	5.20
Piezometro	PCIA33V11	PCIA33V12	PCIA33V13	PCIA33V16	PNIA33V17
Livello di falda [m da p.c.]	5.50	4.60	3.00	3.00	7.00

Tabella 8.10 – Misurazioni piezometriche disponibili dal PD in data 03/02/2010.

Per quanto riguarda il PE, sono disponibili le misurazioni eseguite in data 11/05/2022, sia nei piezometri integrativi installati nei sondaggi SG03 e SG04 (il piezometro SG02 non è stato ritrovato), sia quelle eseguite nei piezometri pregressi S4 e S8 (mentre, i restanti piezometri pregressi non sono stati ritrovati), per la cui ubicazione si rimanda alla “Carta idrogeologica”; inoltre, per i piezometri integrativi sono disponibili le misurazioni eseguite al termine dell’esecuzione del sondaggio (ottobre 2021).

Piezometro	S4	S8	
Livello di falda [m da p.c.]	10.50 (11/05/22)	10.45 (11/05/22)	
Piezometro	SG02	SG03	SG04
Livello di falda [m da p.c.]	7.00 (20/10/21) non ritrovato	8.00 (05/10/21) 4.20 (11/05/22)	8.00 (07/10/21) 5.70 (11/05/22)

Tabella 8.11 – Misurazioni piezometriche eseguite in sede di PE.

Nei profili geologici e geotecnici allegati al presente progetto, il livello di falda è rappresentato in linea blu, tratteggiata laddove, in mancanza di dati piezometrici, la ricostruzione deriva da interpretazioni (rilievi dell’acqua nei fori di sondaggio in fase di perforazione e della quota di scorrimento del F. Fortore); inoltre, in corrispondenza dei vari piezometri è stata considerata, cautelativamente, la soggiacenza minima.

Complessivamente, la falda è prossima al p.c. fino al km 4+200 circa, poi si approfondisce tra i 10 e i 15 m da p.c. fino a fine tracciato, con un andamento del livello piezometrico che segue grosso modo quello topografico.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	52 DI 108

Condizioni di deflusso idrico sotterraneo

Tutti i dati raccolti di carattere geologico ed idrogeologico hanno permesso di definire le caratteristiche peculiari dell'area e di individuare il regime di deflusso idrico sotterraneo.

Complessivamente, buona parte dei corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione areale e verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici secondari che nello specifico contesto di riferimento possono essere considerati degli acquiclude, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti.

L'acquifero alluvionale, rappresentato da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico e tessiturale, costituisce un complesso sistema idrogeologico sede di corpi idrici in parte separati e in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinate. Tale acquifero risulta poggiante sui depositi pelitici e sabbioso-conglomeratici del substrato plio- pleistocenico e presenta, in generale, spessori estremamente variabili in relazione alle locali condizioni morfologiche ed alla distanza dai principali rilievi collinari dell'area. L'alimentazione deriva, in buona sostanza, dagli apporti idrici superficiali dei corsi d'acqua presenti, soprattutto del F. Fortore, anche se non mancano scambi idrici con gli acquiferi sotterranei delle unità conglomeratiche e sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino e delle Sabbie di Serracapriola.

L'acquifero alluvionale presenta, nei settori di interesse, un deflusso in direzione circa SW-NE, che ricalca fortemente l'andamento morfologico delle principali zone di piana fluviale e costiera. Tale condizione è dettata principalmente dalle forti variazioni granulometriche dei depositi costituenti l'acquifero e, quindi, dalle presenza di importanti passaggi grossolani corrispondenti alle antiche aste fluviali dei principali corsi d'acqua dell'area che rappresentano, ovviamente, degli assi di drenaggio preferenziale per le acque di falda.

Dunque, è evidente che l'elevata permeabilità media dei depositi e la ridotta distanza dalla costa impedisce, di fatto, la formazione di sorgenti o punti d'acqua di particolare interesse, nonostante la ridotta soggiacenza media della falda. Le acque sotterranee, pertanto, tendono a defluire generalmente verso il mare, anche se non sono da escludere locali scambi idrici con i principali corsi d'acqua, almeno nei periodi più piovosi dell'anno.

Relativamente agli altri acquiferi presenti nell'area, si sottolinea la presenza di deflussi idrici sotterranei di una certa importanza anche all'interno dei depositi alluvionali terrazzati e dei termini sabbioso-conglomeratici del substrato pleistocenico. In particolare i depositi terrazzati, data la loro elevata permeabilità media e gli spessori generalmente piuttosto esigui, sono caratterizzati da falde stagionali di scarsa importanza anche se, talora, molto estese arealmente; tali falde seguono, in generale, l'andamento della superficie topografica e presentano locali scambi idrici con gli acquiferi limitrofi.

I depositi grossolani pleistocenici, al contrario, mostrano sempre una discreta permeabilità e, in relazione alla maggiore estensione areale ed agli spessori generalmente più elevati, sono generalmente sede di falde a superficie libera di una certa importanza; tali falde, come nel caso dei depositi alluvionali terrazzati ricalcano, in linea di massima, l'andamento della superficie topografica e, come detto, presentano locali scambi idrici con l'acquifero alluvionale delle zone di pianura.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	53 DI 108

8.7 PREVISIONE, PREVENZIONE DEGLI EFFETTI INDESIDERATI DEGLI ABBATTIMENTI TEMPORANEI LOCALI DELLA FALDA

Nel caso in cui la falda risalga oltre le profondità di scavo, risulterà necessario mettere in opera sistemi di pompaggio con di abbattimento temporaneo del livello piezometrico. Tuttavia, considerata l'ubicazione territoriale dell'opera, in ottemperanza alle NTC 2018, è possibile escludere che l'esecuzione dei lavori possa produrre effetti indesiderati legati a tali abbattimenti temporali locali della falda.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	54 DI 108

9 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel presente capitolo sono riassunti i risultati della campagna di indagini geognostiche integrative eseguite per la progettazione esecutiva e riepilogate le indagini pregresse, sulla base delle quali è stata improntata progettazione definitiva.

L'ubicazione dei punti d'indagine di PE è stata definita a valle di specifici sopralluoghi, in modo da ottemperare alle specifiche di capitolato, verificare il quadro informativo disponibile, approfondire gli studi relativamente a quegli aspetti che possono condizionare gli aspetti geotecnici e quindi il dimensionamento locale delle opere e le relative fasi esecutive.

Per l'ubicazione dei singoli punti d'indagine e per i risultati delle prove in sito e di laboratorio di entrambe le campagne di indagini, con riferimento all'elenco elaborati, si rimanda agli elaborati elencati nel paragrafo 1.2.

Le indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche integrative, ad integrazione delle corpose campagne di indagine pregresse, hanno consentito di definire il modello geologico e geotecnico a base della progettazione.

In particolare, i sondaggi sono stati finalizzati alla ricostruzione del profilo litostratigrafico ed alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni; inoltre, nel corso dei sondaggi a carotaggio sono state eseguite sistematiche prove in foro (SPT e prove di permeabilità) e prelevati campioni sottoposti a prove di laboratorio ed il tutto ha permesso di definire la caratterizzazione fisico-meccanica ed idrogeologica dei terreni caratterizzanti il volume geotecnicamente significativo.

Inoltre, all'interno dei sondaggi, sono state installate strumentazioni geotecniche tra le quali piezometri, per il rilievo della falda acquifera e strumentazioni finalizzate alle prove geofisiche in foro.

Ad integrazione dei sondaggi, sono state eseguite penetrometriche statiche continue anch'esse, finalizzate alla ricostruzione del profilo litostratigrafico ed alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni. Sulla base delle stratigrafie dei sondaggi relativi a tutte le fasi e delle prove penetrometriche è stato possibile riconoscere gli le caratteristiche dei terreni più superficiali e dei materiali di riporto e tale aspetto ha permesso di definire gli spessori di scotico in corrispondenza dei piani di posa.

Passando alle indagini geofisiche, queste ultime hanno consentito la ricostruzione latero-verticale delle unità geologiche presenti nel sottosuolo, ovvero alla ricostruzione del profilo litostratigrafico; inoltre, si sono avute informazioni sulle caratteristiche elasto-meccaniche dei terreni indagati. Inoltre, tra le indagini geofisiche sono state eseguite prospezioni MASW, Re.Mi e prove geofisiche in foro di sondaggio (*down-hole* e *cross-hole*), finalizzate alla determinazione della categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC2018. Complessivamente, le indagini eseguite hanno interessato tutte le formazioni geologiche affioranti nell'areale di progetto e presenti entro il volume geotecnicamente significativo, definendone adeguatamente i reciproci rapporti stratigrafici. I rapporti laterali e verticali tra le unità geologiche sono stati definiti non solo alla luce delle indagini dirette, ma anche attraverso l'interpretazione delle indagini geofisiche, tra le quali estese tomografie geoelettriche e prospezioni cross-hole; tale approccio ha consentito, inoltre, di riconoscere l'organizzazione stratigrafica delle singole formazioni geologiche, nell'ambito delle quali sono state riconosciute diverse litofacies ed i reciproci rapporti latero-verticali. Inoltre, l'installazione dei piezometri ha permesso il monitoraggio degli accumuli idrici sotterranei.

Nei paragrafi seguenti sono descritte le diverse campagne di indagini eseguite; il modello geologico-

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	55 DI 108

tecnico e la caratterizzazione geotecnica scaturiti dall'interpretazione delle indagini geognostiche sono esposti nei capitoli 12 e 13.

9.1 INDAGINI PREGRESSE

Il PD è corredato da una campagna geognostica comprendente:

- n.21 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, alcuni dei quali strumentati con piezometro a tubo aperto Norton o Casagrande;
- n.4 sondaggi a distruzione per la realizzazione di prove sismiche in foro e l'installazione di piezometri;
- n.5 prove penetrometriche statiche a punta meccanica;
- n.8 prove penetrometriche statiche a punta elettrica;
- n.4 prove penetrometriche statiche a punta elettrica e piezocono;
- n.5 prospezioni sismiche in foro di sondaggio di tipo Down-Hole;
- n.2 prospezioni sismiche in foro di sondaggio di tipo Cross-Hole;
- n.10 prospezioni sismiche tipo Re.Mi;
- n.2 prospezioni geoelettriche con elaborazione tomografica.
- n.7 pozzetti esplorativi.

Nei paragrafi seguenti verranno descritte nel dettaglio tutte le indagini disponibili, suddivise per campagna di indagine.

9.1.1 Campagna indagini 2009

La campagna di indagini 2009 è stata realizzata dalla società INTERGEO S.r.l. di Modena nell'ambito del Progetto Definitivo della linea ferroviaria Adriatica tratta Chieuti-Lesina, per gli interventi di messa in sicurezza della linea in corrispondenza della piana del Fiume Fortore.

Durante la campagna di indagini in sito sono stati realizzati:

- n.15 sondaggi, dei quali n.12 realizzati a carotaggio continuo e n.3 a distruzione di nucleo, con installazione di strumentazione di monitoraggio piezometrico e per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro (Down-Hole e Cross-Hole).
- n.12 prove penetrometriche statiche mediante penetrometro da 20 ton montato su autocarro; di queste n.8 prove sono state eseguite con punta elettrica, mentre le restanti 4 con punta elettrica e piezocono.
- n.2 prospezioni geofisiche in foro di sondaggio di tipo Cross-Hole;
- n.1 prospezione geofisica in foro di sondaggio di tipo Down-Hole;
- n.2 prospezioni geoelettriche con elaborazione tomografica.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	56 DI 108

Sigla	Tipologia prova	Coord. Gauss-Boaga		Quota [m slm]	Prof. [metri]	Strumentazione di monitoraggio
		Est	Nord			
CHIA33V01	Sond. a carotaggio continuo	2543555.704	4637750.710	5.780	60.0	Tubo PVC 3" per Cross-Hole
CHIA33V02	Sond. a distruzione di nucleo	2543560.325	4637747.635	5.780	50.0	Tubo PVC 3" per Cross-Hole
PNIA33V05	Sond. a carotaggio continuo	2543294.689	4637941.072	5.511	40.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 3÷40 m)
PNIA33V06	Sond. a carotaggio continuo	2543197.708	4638000.188	5.536	40.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 18÷40 m)
DHIA33V07	Sond. a distruzione di nucleo	2543116.905	4638045.356	5.737	50.0	Tubo PVC 3" per Cross-Hole
PNIA33V08	Sond. a carotaggio continuo	2543043.003	4638094.463	6.045	40.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 24÷40 m)
PCIA33V09	Sond. a carotaggio continuo	2542922.974	4638155.729	6.680	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 17.5÷19.5 m)
PCIA33V10	Sond. a carotaggio continuo	2542865.219	4638207.975	6.355	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 30÷35 m)
PCIA33V11	Sond. a carotaggio continuo	2542789.016	4638257.078	6.588	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 15÷20.5 m)
PCIA33V12	Sond. a carotaggio continuo	2542698.979	4638309.221	.750	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 8÷10 m)
CIA33V13	Sond. a carotaggio continuo	2542613.561	4638358.297	6.857	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 19÷21 m)
CHIA33V14	Sond. a distruzione di nucleo	2542597.411	4638364.414	6.801	60.0	Tubo PVC 3" per Cross-Hole
CHIA33V15	Sond. a carotaggio continuo	2542588.174	4638370.553	6.604	60.0	Tubo PVC 3" per Cross-Hole
PCIA33V16	Sond. a carotaggio continuo	2542456.555	4638459.586	6.800	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 15.5÷18 m)
PNIA33V17	Sond. a carotaggio continuo	2543657.408	4637658.517	10.000	40.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 7÷36 m)

Tabella 9.1 – Sondaggi 2009.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	57 DI 108

Sigla	Tipologia prova	Coord. Gauss-Boaga		Quota [m slm]	Prof. [metri]	Strumentazione di monitoraggio
		Est	Nord			
PEIA33V01	Prova penetr. statica punta elettrica	2542988.281	4638120.877	6.895	8.3	-
PUIA33V02	Prova penetr. statica punta elettr e piez.	2542927.792	4638142.037	6.675	18.0	-
PUIA33V03	Prova penetr. statica punta elettr e piez.	2543071.958	4638068.481	5.958	21.0	-
PEIA33V04	Prova penetr. statica punta elettrica	2542901.077	4638175.792	6.584	18.6	-
PEIA33V05	Prova penetr. statica punta elettrica	2543148.093	4638022.816	5.706	20.9	-
PEIA33V06	Prova penetr. statica punta elettrica	2542819.833	4638228.798	6.686	28.1	-
PEIA33V07	Prova penetr. statica punta elettrica	2542734.648	638264.785	6.655	30.0	-
PEIA33V08	Prova penetr. statica punta elettrica	2542570.672	638366.080	6.154	30.0	-
PEIA33V09	Prova penetr. statica punta elettrica	2543495.297	4637800.377	5.690	9.6	-
PUIA33V10	Prova penetr. statica punta elettr e piez.	2543569.687	4637738.207	5.753	13.8	-
PEIA33V11	Prova penetr. statica punta elettrica	2543400.097	4637861.825	5.385	2.4	-
PUIA33V12	Prova penetr. statica punta elettr e piez.	2542648.069	4638320.045	6.756	30.0	-

Tabella 9.2 – Prove CPTU 2009.

Per quanto riguarda le prove di laboratorio, sui 66 campioni indisturbati prelevati nei sondaggi stratigrafici descritti al paragrafo precedente, sono state eseguite le seguenti prove:

n.66 aperture e descrizioni del campione;

n.65 determinazioni delle proprietà fisiche (peso di volume, contenuto naturale d'acqua e peso specifico dei grani);

- n.65 analisi granulometriche complete;
- n.65 determinazione dei Limiti di Atterberg;
- n.65 classificazioni USCS e UNI 11531-1;
- n.16 prove di taglio diretto C.D. (TD);

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	58 DI 108

- n.5 prove triassiali U.U. (Tx UU);
- n.3 prove triassiali C.I.U. (Tx CIU);
- n.3 prove triassiali C.I.D. (Tx CID);
- n.23 prove di compressione non confinata (ELL);
- n.25 prove di compressibilità edometrica (EDO);
- n.9 determinazioni del coefficiente di permeabilità in cella edometrica (K EDO).

9.1.2 Campagna indagini 2010

La campagna di indagini 2010 è stata realizzata dalla società SONDEDILE S.r.l. di Teramo nell'ambito del Progetto Definitivo dell'intervento di adeguamento idraulico del tombino al km 464+616 c.a. (Fosso Olivella 2 – Loc. Torre Mozza); nel corso della campagna di indagini in situ sono stati realizzati:

- n.2 sondaggi, uno a carotaggio continuo ed uno a distruzione di nucleo, con installazione di strumentazione di monitoraggio piezometrico e per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro (Down-Hole).

Sigla	Tipologia prova	Coord. Gauss-Boaga		Quota [m slm]	Prof. [metri]	Strumentazione di monitoraggio
		Est	Nord			
DHIA30P01	Sond. a carotaggio continuo	2540849	4639396	3.5	30.0	Tubo PVC 3" per Down-Hole
PNIA30P02	Sond. a distruzione di nucleo	2540867	4639386	3.5	20.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 3÷20 m)

Tabella 9.3 – Sondaggi 2010.

9.1.3 Campagna di indagini 2016

La campagna di indagini 2016 è stata realizzata dalla società IMOS S.r.l. di Campobasso nella fase di progettazione definitiva

Per quanto riguarda le indagini in situ, sono stati realizzati:

- n.8 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, con installazione di strumentazione di monitoraggio piezometrico e per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro (Down-Hole);
- n.5 prove penetrometriche statiche a punta meccanica;
- n.7 pozzetti esplorativi con escavatore (2 metri), con esecuzione di prova di carico su piastra e prelievo di campioni rimaneggiati.
- n.3 prospezioni geofisiche in foro di sondaggio di tipo Down-Hole;
- n.10 prospezioni sismiche tipo Re.Mi.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	59 DI 108

Sigla	Tipologia prova	Coord. Gauss-Boaga		Quota [m slm]	Prof. [metri]	Strumentazione di monitoraggio
		Est	Nord			
S1	Sond. a carotaggio continuo	2540504.790	4639596.967	14.503	30.0	Tubo PVC 3" per Down-Hole
S2	Sond. a carotaggio continuo	2540722.147	4639474.029	2.453	30.0	Piezometro Casagrande (prof. cella 12.4 m)
S3	Sond. a carotaggio continuo	2542181.573	4638633.433	7.842	40.0	Tubo PVC 3" per Down-Hole
S4	Sond. a carotaggio continuo	2544018.412	4637207.463	15.776	30.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 3÷30 m)
S5	Sond. a carotaggio continuo	2544152.389	4636925.077	18.967	20.0	-
S6	Sond. a carotaggio continuo	2544231.879	4636628.175	22.128	30.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 3÷30 m)
S7	Sond. a carotaggio continuo	2544404.161	4635684.540	21.013	30.0	Tubo PVC 3" per Down-Hole
S8	Sond. a carotaggio continuo	2544506.170	4635018.536	25.351	30.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 3÷30 m)
CPT1	Prova penetr. statica punta meccanica	2540637	4639521	2.7	7.6	-
CPT2	Prova penetr. statica punta meccanica	2540967	4639324	4.5	10.8	-
CPT3	Prova penetr. statica punta meccanica	2541942	4638748	7.5	7.8	-
CPT4	Prova penetr. statica punta meccanica	2543883	4637416	12.4	13.4	-
CPT5	Prova penetr. statica punta meccanica	2544263	4636400	22.5	4.4	-

Tabella 9.4 – Indagini dirette in situ 2016.

Passando alle prove di laboratorio, sui 15 campioni indisturbati e 10 campioni rimaneggiati prelevati nei sondaggi stratigrafici e nei pozzetti esplorativi, sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio geotecnico:

- n.25 aperture e descrizioni del campione;
- n.25 determinazioni delle proprietà fisiche (peso di volume, contenuto naturale d'acqua e peso specifico dei grani);
- n.25 analisi granulometriche complete;
- n.21 determinazione dei Limiti di Atterberg;
- n.12 prove di taglio diretto C.D. (TD);
- n.2 prove triassiali C.I.D. (Tx CID).

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	60 DI 108

9.2 PROGETTO ESECUTIVO

Le indagini integrative relative alla presente fase progettuale sono state realizzate dalla società Geoconsult Lab S.r.l.

La campagna di indagini è stata pianificata tenendo conto del quadro complessivo delle indagini pregresse disponibili, con l'obiettivo di approfondire gli studi relativamente a quegli aspetti che possono condizionare gli aspetti geotecnici e quindi il dimensionamento locale delle opere e le relative fasi esecutive.

In particolare, per quanto riguarda le principali criticità riscontrate, queste ultime possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

- Assenza di indagini che raggiungano profondità adeguata lungo l'opera d'arte maggiore Viadotto Ripalta. Infatti, tutti i sondaggi, ad eccezione di quello eseguito alla spalla SP del viadotto, raggiungono al massimo i 40 m di profondità, mentre i pali previsti (da pila 1 a pila 32) hanno lunghezza circa uguale a 42 m. Dunque, considerato il passaggio (Pila 1 – pila 19) alla base dei pali tra le unità 5-AL (*Alluvioni – argille limose e limo argilloso*) e 8-GS (*Sabbie di Serracapriola*), in sede di PD non si ha la certezza del reale andamento del contatto che potrebbe concretizzarsi anche a quote superiori interessando le profondità della punta dei pali.
- Presenza di livelli suscettibili a liquefazione (sabbie – sabbie limose _Unità 5S), di spessore circa pari a 3 m o maggiori, nella unità delle argille limose e limi sabbiosi alluvionali (Unità 5-AL) riconosciuti lungo il rilevato RI04. Le informazioni derivano da un unico sondaggio (S3 del 2016), ma sono state estese a tutta la WBS. Inoltre la WBS precedente (RI03), è caratterizzata dal medesimo assetto litostratigrafico ed è priva di indagini geognostiche.
- Presenza di variabilità tra orizzonti argilloso e limosi (6-AL) e conglomeratici (7-GS), sia laterale che verticale dalla progressiva 3+750 circa a fine lotto e assenza di adeguato numero di indagini geognostiche, tra le quali prove per la determinazione dei parametri per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.
- Assenza di indagini per la determinazione di parametri utili alla progettazione degli attraversanti e tombini (scatolari).
- Necessità di verificare la reale estensione delle bonifiche dei rilevati.
- Necessità di approfondire l'aspetto relativo alla risposta sismica puntuale dei terreni.
- Necessità di verificare le miscele per la stabilizzazione a calce.
- Necessità di analisi e prove di laboratorio finalizzate alla:
 - ✓ caratterizzazione delle miscele di stabilizzazione a calce;
 - ✓ caratterizzazione terre per il riconoscimento della classe di aggressività sui calcestruzzi (ai sensi del prospetto 2 UNI EN 206-1);
 - ✓ caratterizzazione delle acque per il riconoscimento della classe di aggressività sui calcestruzzi (ai sensi del prospetto 2 UNI EN 206-1)

Le tipologie di indagini geognostiche eseguite sono sintetizzate nella seguente tabella.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	61 DI 108

TIPOLOGIA DI INDAGINE	
Prove in sito	<ul style="list-style-type: none"> • Sondaggi: <ul style="list-style-type: none"> ○ Prove penetrometriche dinamiche (SPT) ○ Installazione piezometri tubo aperto e tubazione down-hole • Pozzetti: <ul style="list-style-type: none"> ○ prova di carico su piastra (<i>piastra circolare rigida con diametro da 760 mm – doppio ciclo_0.05/00.15 Mpa</i>) • Pozzetti: <ul style="list-style-type: none"> ○ Descrizione stratigrafica pozzetto ○ Prelievo campioni per prove laboratorio ○ Prelievo campioni per prove di stabilizzazione a calce • Prove penetrometriche statiche con punta piezoconica (CPTU) e prove penetrometriche dinamiche (DPSH); queste ultime sono state inserite in corso d'opera, laddove non possibile eseguire le CPTU previste dal piano di indagini.
Prove di laboratorio	Prelievo ed esami di laboratorio di campioni rimaneggiati e indisturbati <ul style="list-style-type: none"> • Analisi granulometria • Riconoscimento caratteristiche fisiche e limiti di Atterberg • Prove di consolidazione edometrica • Prove triassiali • Prove di laboratorio per la caratterizzazione delle miscele di stabilizzazione a calce Prelievo ed esami di laboratorio di campioni ambientali - terre <ul style="list-style-type: none"> • Caratterizzazione terre per il riconoscimento della classe di aggressività sui calcestruzzi ai sensi del prospetto 2 UNI EN 206-1 Prelievo ed esami di laboratorio di campioni ambientali - acque <ul style="list-style-type: none"> • Caratterizzazione delle acque per il riconoscimento della classe di aggressività sui calcestruzzi ai sensi del prospetto 2 UNI EN 206-1
Indagini geofisiche	<ul style="list-style-type: none"> • Prove geofisiche tipo MASW e down-hole

Tabella 9.5 – Campagna di indagini integrative.

Per quanto riguarda le opere interessate dalle indagini integrative, in corrispondenza del rilevato **RI02 e piazzale FA01** sono stati ubicati:

- N.4 pozzetti esplorativi della profondità di 0,50m, dei quali N.3 per la WBS RI02 e N.1 per la WBS FA01, con prelievo di N.2 campioni (WBS RI02) per la definizione delle caratteristiche fisiche generali dei terreni (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg) e di N.2 campioni per la caratterizzazione delle miscele per la stabilizzazione a calce (N.1 per la WBS RI02 e N.1 per la WBS FA01).

Ulteriori indagini sono localizzate in corrispondenza dei nuovi **tombini** inizio lotto (**IN01-IN09**) ed in particolare:

- N. 1 pozzetto esplorativo, con esecuzione di N.1 prova di carico su piastra (0.50/0.80m);
- N. 1 prospezione sismica tipo MASW.

Numerose indagini sono ubicate lungo il rilevato RI03, tra le quali:

- N.10 Prove penetrometriche statiche con punta piezoconica (CPTU).

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	62 DI 108

- N.1 sondaggio a carotaggio finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica, condizionato con tubazione Down-Hole e spinto alla profondità di 30 m; sempre in corrispondenza del sondaggio è stato previsto il prelievo di N.1 campione di laboratorio geotecnico (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg e prova edometrica) e N.1 campione per prova di aggressività su calcestruzzo (terre) e l'esecuzione di N.3 prove SPT.
- N.2 pozzetti esplorativi finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica e al prelievo di campioni a disturbo limitato (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg).

Passando al **Rilevato RI04**, le indagini di riferimento sono:

- N.1 prova penetrometrica statica con punta piezoconica (CPTU);
- N.2 prove penetrometriche dinamiche (DPSH);
- N.1 sondaggio a carotaggio finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica, condizionato con piezometro e spinto alla profondità di 40 m; sempre in corrispondenza del sondaggio è stato previsto il prelievo di N.1 campione di laboratorio geotecnico (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg e prova edometrica), N.1 campione di terre per prova di aggressività su calcestruzzo, N.1 campione di acqua per prova di aggressività su calcestruzzo e l'esecuzione di N.3 prove SPT.
- N. 1 pozzetto esplorativo, con esecuzione di N.1 prova di carico su piastra (0.50/0.80m);
- N. 1 prospezione sismiche tipo MASW.

L'opera che riveste maggiore importanza progettuale è certamente il Viadotto Ripalta, lungo il quale sono stati previsti:

- N.2 sondaggi a carotaggio finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica, condizionati con piezometro e spinti alla profondità di 50 m; in corrispondenza di ciascun sondaggio è stato previsto il prelievo di: N.2 campioni di laboratorio geotecnico e N.1 campione di terre per prova di aggressività su calcestruzzo; l'esecuzione di N.5 prove SPT; per il sondaggio SG03 è stato previsto, inoltre, il prelievo di N.1 campione per prova di aggressività su calcestruzzo (acque). Per quanto riguarda le prove di laboratorio geotecnico sono state previste: definizione delle caratteristiche fisiche generali (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg); prova edometrica; prova di compressibilità non consolidata non drenata (TUU) per la determinazione della coesione non drenata; prova di compressione triassiale consolidata non-drenata (TRX-CIU), con misura della pressione interstiziale, che permette di determinare la resistenza al taglio non drenata di un provino; prova triassiale consolidata drenata (TRX-CID), che permette di determinare la resistenza al taglio in tensioni efficaci.

Procedendo lungo le progressive crescenti, in corrispondenza del **Rilevato RI05** sono ubicati:

- N.1 pozzetto esplorativo finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica e al prelievo di campioni a disturbo limitato (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg).

Passando al **Rilevato RI06**, sono state previste:

- N.1 prova penetrometrica statica con punta piezoconica (CPTU);
- N.1 pozzetto esplorativo finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica, con esecuzione di N.1 prova di carico su piastra (0.50/0.80m) e prelievo di campione a disturbo limitato (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg).

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	63 DI 108

- N. 1 prospezione sismica tipo MASW.

 Passando alla **Trincea TR03**, le indagini di riferimento sono:

- N.2 prove penetrometriche statiche con punta piezoconica (CPTU);

 Infine, sono state eseguite indagini in corrispondenza del **Rilevato RI08-RI09**, tra le quali:

- N.4 pozzetti esplorativi, di cui N.2 finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica e al prelievo di campioni a disturbo limitato (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg) e N. 2 all'esecuzione di prova di carico su piastra (0.50/0.80m);
- N.1 prova penetrometrica statica con punta piezoconica (CPTU);
- N.1 prova penetrometrica dinamica (DPSH);
- N. 2 prospezioni sismiche tipo MASW.

9.2.1 Riepilogo indagini geognostiche integrative

Di seguito sono riportate delle tabelle riepilogative relative alla indagini geognostiche integrative pianificate per la presente fase progettuale.

WBS	ID sondaggio	Coordinate geografiche	Carotaggio continuo (ml)	SPT	Campioni Indisturba ti	Campioni terre/acqua analisi chimica	Installazioni e piezometro TA	Tubo Down-Hole
RI03	SG01	41°54'11.70"N 15°15'33.50"E	30	3	1	1 terre		X
RI04	SG02	41°53'53.80"N 15°16'6.60"E	40	3	1	1 terre 1 acque	X	
V01	SG03	41°53'46.60"N 15°16'23.90"E	50	5	2	1 terre 1 acque	X	
	SG04	41°53'41.20"N 15°16'45.30"E	50	5	2	1 terre	X	

Tabella 9.6 – Sondaggi integrativi.

POZZETTI ESPLORATIVI			
WBS	ID pozzetto	Prova di Carico su piastra	Prelievo campioni
RI02	PZs1		1
	PZs2		1
	PZs3		1
FA01	PZs4		1
RI03	PZs5		1
	PZs6		1
RI05	PZs7		1
RI06	PZs8		1
RI08	PZs9		1
RI09	PZs10		1
IN01-IN09	PZ01	1	
RI04	PZ02	1	

GE – GEOLOGIA

 Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	64 DI 108

POZZETTI ESPLORATIVI			
WBS	ID pozzetto	Prova di Carico su piastra	Prelievo campioni
RI06	PZ03	1	
RI08/RI09	PZ04	1	
	PZ05	1	

Tabella 9.7 – Pozzetti integrativi.

INDAGINI DI LABORATORIO											
WBS	ID - feature	ID Campione	Aggressività calcestruzzo - TERRE	Granulometria	Caratteristiche fisiche	Limiti di Atterberg	TUU	TRX-CIU	TRX-CID	ED	Aggressività calcestruzzo - ACQUE
RI02	Pzs1	CI01		X	X	X					
	Pzs3	CI01		X	X	X					
RI03	SG01	CI01		X	X	X				X	
		CR01	X								
RI03	Pzs5	CI01		X	X	X					
	Pzs6	CI01		X	X	X					
RI04	SG02	CI01		X	X	X				X	
		CR01	X								X
VI01	SG03	CI01		X	X	X	X	X	X		X
		CI02		X	X	X	X	X	X		
		CR01	X								
	SG04	CI01		X	X	X	X	X	X	X	
CR01		X									
RI05	PZs7	CI01		X	X	X					
RI06	PZs8	CI01		X	X	X					
RI08	PZs9	CI01		X	X	X					
RI09	PZs10	CI01		X	X	X					

Tabella 9.8 – Prove laboratorio integrative.

INDAGINI DI LABORATORIO			
WBS	ID Campione	Prove per idoneità al trattamento a calce	Prove n°3 miscele sperimentali calce
RI02	PZs2-C1	X	X
FA01	PZs4-C1	X	X

Tabella 9.9 – Prove laboratorio integrative.

PENETROMETRICHE CONTINUE		
WBS	ID feature	Tipologia indagine
RI03	CPTU01	Prove penetrometriche statiche con punta piezoconica
	CPTU02	

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	65 DI 108

	CPTU03	
	CPTU04	
	CPTU05	
	CPTU06	
	CPTU07	
	CPTU08	
	CPTU09	
	CPTU10	
RI04	CPTU11 DPSH12/12bis	Prove penetrometriche dinamiche e statiche con punta piezoconica
RI06	CPTU13	Prove penetrometriche statiche con punta piezoconica
TR03	CPTU14 CPTU15	Prove penetrometriche statiche con punta piezoconica
RI07	CPTU16	Prove penetrometriche statiche con punta piezoconica
RI08	CPTU17 e DPSH17	Prove penetrometriche dinamiche statiche con punta piezoconica

Tabella 9.10 – Prove penetrometriche integrative.

INDAGINI GEOFISICHE		
WBS	ID feature	Tipologia indagine
IN01-IN09	MW01	Multichannel analysis of surface waves
RI04	MW02	Multichannel analysis of surface waves
RI06	MW03	Multichannel analysis of surface waves
RI08/RI09	MW04	Multichannel analysis of surface waves
	MW05	Multichannel analysis of surface waves

Tabella 9.11 – Indagini geofisiche integrative.

9.2.2 Risultati indagini geognostiche integrative

Di seguito sono discussi i risultati delle indagini geognostiche eseguite per la presente progettazione esecutiva, i cui approfondimenti puntuali hanno consentito di chiarire le incertezze residue ereditate dalla fase progettuale precedente, complessivamente, confermando il quadro geologico-tecnico emerso in sede di PD.

Un primo aspetto da chiarire riguarda l'assetto litostratigrafico profondo del sedime del Viadotto Ripalta, dove sono stati eseguiti i sondaggi SG03 e SG04. In particolare, il primo ha intercettato in superficie i depositi ascrivibili all'unità B, ovvero depositi argilloso limosi e limoso argillosi (localmente debolmente sabbiosi) e con intercalazioni di sabbie tra 8.70m e 9.40m, al di sotto delle quali si passa a depositi argilloso limosi e limosi argilloso, riferibili all'unità C. Passando al sondaggio SG04, quest'ultimo conferma la presenza dei depositi a grana fine dell'unità B fino a circa 8 m, al di sotto dei quali si passa ai depositi argilloso limosi e limoso argillosi dell'unità C, con intercalazioni sabbiose (unità G) e da limoso sabbiose a sabbioso limose (unità E); infine, a profondità di 47m viene intercettato il passaggio ai litotipi delle Sabbie di Serracapriola, presenti fino a fine foro. Di conseguenza, per il tratto compreso tra la pila 1 e la pila 19, per il quale in sede di PD era incerto l'andamento del contatto tra i depositi alluvionali e le Sabbie di Serracapriola, è possibile stabilire come tale passaggio sia localizzato a quote inferiori rispetto

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	66 DI 108

alla punta dei pali, così come rappresentato sul profilo geologico.

Ulteriore aspetto da chiarire riguarda la risposta sismica puntuale dei terreni ed in primo luogo la presenza di livelli sabbiosi suscettibili a liquefazione.

In particolare, lungo il rilevato RI04, le informazioni pregresse derivavano dal sondaggio S3 del 2016, con ipotesi in sede di PD di un potenziale rischio di liquefazione nel tratto compreso tra le p.k. 2+020 e 2+400, lungo il quale sono stati previsti interventi di consolidamento mediante una maglia regolare di colonne di Compaction Grouting. Le indagini eseguite in questo tratto consistono nel sondaggio SG02 e nelle prove penetrometriche CPTU 11, DPSH 12 e DPSH12bis. In particolare, il sondaggio ha intercettato depositi sabbioso limosi e limi sabbiosi fino a 5m (Unità E), passanti verso il basso ad argille limose e limi argillosi (Unità B), presenti fino a circa 8.40m, dove si passa ai depositi a grana fine dell'Unità C, presenti fino a 12.50m; più in profondità sono stati rilevati i depositi sabbiosi riferibili all'Unità F, presenti fino a circa 19.60m ed ancora più in profondità intercalati nei depositi a grana fine dell'Unità C (a profondità compresa tra circa 25m e 27m). Data la presenza dei depositi sabbiosi in falda (Unità F), con quest'ultima posta a 7m di profondità e la mancanza di dati geotecnici derivanti dal sondaggio tali da escludere il rischio di liquefazione, quest'ultimo non può essere escluso, considerando che le prove penetrometriche non hanno raggiunto i suddetti depositi sabbiosi.

Sempre riguardo alla presenza di livelli sabbiosi suscettibili a liquefazione, la stessa tipologia di indagini è stata eseguita lungo il rilevato RI03, per il quale non erano disponibili indagini geognostiche eseguite in sede di PD. Anche in tal caso, i depositi per i quali è da valutare il rischio di liquefazione sono quelli riferibili all'Unità F, intercettati dal sondaggio SG01 a profondità compresa tra circa 5.20m e 12m; infatti, più in superficie sono presenti i depositi a grana fine riferibili all'Unità B e più in profondità i litotipi sabbioso-arenaceo-conglomeratici dei Conglomerati di Campomarino. L'assetto stratigrafico è stato approfondito grazie alle prove penetrometriche eseguite lungo l'intero rilevato in esame (prove CPTU da 1 a 10), le quali, oltre ai depositi dell'unità F, hanno intercettato spesse intercalazioni dei litotipi sabbiosi dell'unità G, cui si aggiungono nella prima parte del rilevato (in corrispondenza della CPTU1) quelli a grana fine dell'Unità C. Sebbene il rischio liquefazione sembrerebbe da escludere sotto l'aspetto litostratigrafico, data la presenza degli spessi intervalli costituiti dai depositi sabbiosi dell'Unità G, complessivamente, le indagini eseguite, anche per il tratto in esame non consentono di escludere tale rischio e sono, pertanto, da eseguire verifiche geotecniche e ulteriori valutazioni e approfondimenti in corso d'opera.

L'aspetto relativo alla risposta sismica puntuale dei terreni è stato approfondito anche mediante indagini geofisiche, consistenti in n.1 prova in foro di sondaggio *down-hole* e n.5 prospezioni MASW, le quali hanno implementato le informazioni relative all'assetto sismostratigrafico locale, definendo la categoria di sottosuolo (NTC2018) lungo i tratti del tracciato ferroviario scoperti da indagini; i risultati ottenuti in termini di categoria di sottosuolo sono riassunti nella tabella successiva.

GE – GEOLOGIA

**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	67 DI 108

Sigla prospezione	Opera	Titologia	Vs30	Categoria di sottosuolo
SG01	RI03	Down-hole	310	C
MW01	IN01-IN09	MASW	351	C
MW02	RI04	MASW	490	B
MW03	RI06	MASW	433	B
MW04	RI08/RI09	MASW	474	B
MW05	IN01-IN09	MASW	441	B

Tabella 9.12 – Prospezioni geofisiche integrative.

Oltre ai sondaggi ed alle prove penetrometriche eseguite lungo il viadotto e lungo i rilevati RI03 e RI04, sempre tra le indagini dirette, ulteriori prove penetrometriche sono state eseguite lungo i rilevati RI06, RI07, RI08 ed in corrispondenza dell'opera TR03. Per quanto riguarda le litologie intercettate, le CPTU 13 e CPTU14, eseguite, rispettivamente, lungo le opere RI06 e TR03, hanno intercettato i depositi alluvionali (Unità B ed E); sempre nell'ambito dell'opera TR03, la CPTU15, oltre ai depositi alluvionali (Unità B ed G), ha intercettato anche il substrato rappresentato dai Conglomerati di Campomarino (Unità I). Infine, le prove CPTU 16 e CPTU/DPSH17 hanno intercettato i Conglomerati di Campomarino ed i relativi terreni di copertura.

Passando ai pozzetti esplorativi, da tutti gli scavi eseguiti lungo l'intero tracciato è emersa la presenza di terre limo argillose e assenza di falda acquifera superficiale; nella tabella seguente sono esposti i dati ottenuti dalle prove di laboratorio.

Opera	Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Class. HRB	Gamma kN/m ³	Ip
RI02	PZS1	Fondo scavo	1	A5	17,78	6,72
	PZS3		1	A7-5	18,31	12,78
RI03	PZS5		1	A7-5	18,50	8,60
	PZS6		1	A6	17,92	11,16
RI05	PZS7		1	A6	18,51	10,78
RI06	PZS8		1	A6	19,04	11,66
RI08	PZS9		1	A6	17,94	12,47
RI09	PZS10		1	A6	18,22	12,49

Tabella 9.13 – Pozzetti esplorativi integrativi.

Complessivamente, le indagini dirette, hanno implementato le informazioni relative all'assetto litostratigrafico, riportate sul profilo geologico, unitamente alle informazioni relative all'andamento della falda acquifera. In particolar modo, particolare attenzione è stata posta nei confronti dei rapporti latero-verticali tra i litotipi a diverso comportamento geotecnico e complessivamente, non sono state apportate significative modifiche all'assetto litostratigrafico.

Inoltre, le indagini dirette hanno consentito di implementare anche le informazioni geotecniche, con i valori dei parametri che sono stati ottenuti sia dalle prove di laboratorio sui campioni prelevati dai sondaggi (riportati nella tabella seguente), sia dalle prove penetrometriche, con queste ultime che hanno consentito di definire in continuo sia le caratteristiche meccaniche dei terreni, sia il regime delle pressioni interstiziali. Complessivamente, i valori ottenuti consentono di confermare la caratterizzazione geotecnica eseguita in sede di progettazione definitiva.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	68 DI 108

Opera	Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Granul.	Peso di volume (kN/m ³)	Peso di volume saturo (kN/m ³)	Indice di plast. (Ip)	ϕ (°)		Coesione drenata (kPa)		Coesione non drenata (kPa)
								TRX CID	TRX CIU	TRX CID	TRX CIU	TUU
Rilevato RI03	SG01	C1	4.00-4.50	Limo con argilla	18,25	18,27	17,3	-	-	-	-	-
Rilevato RI04	SG02	C1	5.00-5.50	Limo con argilla deb. sabbioso	18,99	19,25	12,8	-	-	-	-	-
Viadotto Ripalta	SG03	C1	5.50-6.00	Limo con argilla deb. sabbioso	19,12	19,34	12,8	25	24	22	48	136,6
		C2	31.00-31.50	Limo con sabbia argilloso	18,95	19,08	4,4	26	25	18	27	27,5
	SG04	C1	8.00-8.50	Argilla con limo deb. sabbiosa	18,90	18,91	25,8	24	23	29	42	47,8
		C2	24.00-24.50	Limo con argilla deb. sabbioso	18,56	18,59	14,4	25	24	23	50	63,9

Tabella 9.14 – Risultati prove di laboratorio integrative.

Infine, per quanto riguarda le analisi e prove di laboratorio finalizzate alla caratterizzazione delle miscele di stabilizzazione a calce ed alla caratterizzazione delle terre e delle acque per il riconoscimento della classe di aggressività sui calcestruzzi, si rimanda gli elaborati specialistici.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	69 DI 108

10 MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

Sulla base del modello geologico-tecnico e stratigrafico di riferimento illustrato nei capitoli precedenti e rappresentato graficamente nella cartografia geologica, geomorfologica, idrogeologica e profili, cui si rimanda per maggiori dettagli, vengono di seguito descritte le interazioni fra opere e terreni lungo il tracciato ferroviario in progetto.

Orientato complessivamente in direzione SE-NW, l'areale di progetto si sviluppa in un comparto a basso gradiente, intercettando depositi olocenici di piana alluvionale, antichi depositi alluvionali terrazzati del pleistocene superiore e depositi fluvio-marini pleistocenici; a luoghi, sono, inoltre, presenti coperture recenti di natura eluvio-colluviale.

In particolare, così come si evince dalla carta geologica, fino alla p.k. 0+250, il tracciato fonda sui Conglomerati di Campomarino (7), i quali presentano spessore dell'ordine di 5-10m, poggiando sulle Sabbie di Serracapriola (8); queste ultime, con uno spessore di circa 15-20m poggiano sul substrato a grana fine delle Argille Subappennine (9); infine, solo per un breve tratto, compreso circa tra le p.k. 0+220 e 0+250, in superficie è presente una sottile coltre di depositi eluvio-colluviali (1), con spessore dell'ordine di 1m.

Dalla p.k. 0+250 alla p.k. 5+100, il tracciato ferroviario fonda su depositi di natura alluvionale, i quali costituiscono un potente ed esteso materasso, poggiante erosivamente sulle formazioni fluvio-marine e marine pleistoceniche. In particolare, dalla p.k. 0+250 alla p.k. 3+750 c.ca, si tratta di depositi alluvionali recenti (5), i quali presentano spessore variabile ma gradualmente crescente verso le progressive crescenti. Infatti, lo spessore è dell'ordine di 10m fino circa alla p.k. 1+300 circa e aumenta fino a raggiungere circa 45m, in corrispondenza dell'asse del Fiume Fortore, dove, per un breve tratto, il tracciato by-passa i depositi alluvionali attuali (3) lungo il viadotto esistente; precisamente, i depositi alluvionali attuali sono presenti tra le p.k. 1+890 e 1+980. Proseguendo verso le progressive crescenti, lo spessore dei depositi alluvionali recenti si mantiene elevato (circa 50 m) fino circa alla p.k. 3+000, da dove inizia progressivamente a diminuire, raggiungendo uno spessore dell'ordine di 20-25m, a partire circa dalla p.k. 3+400. Infine, proseguendo fino alla p.k. 5+100, i depositi alluvionali recenti sono sostituiti dai depositi alluvionali terrazzati (6); questi ultimi presentano spessore dell'ordine di 10-20 (a luoghi poco superiore) e dalla p.k. 4+710 alla p.k. 5+050 sono coperti da depositi eluvio-colluviali con spessore variabile da 1m a 3-4m. Per quanto riguarda le litologie di substrato, sia i depositi alluvionali recenti (5) che quelli terrazzati (6) poggiano per buona parte del tratto in esame sui Conglomerati di Campomarino (7), i quali presentano uno spessore variabile da circa 5m a 15m (a luoghi inferiore) ed a loro volta poggianti sulle Sabbie di Serracapriola (8). Diversamente, tra le p.k. 1+235 e 3+050, i depositi alluvionali poggiano direttamente sulle Sabbie di Serracapriola; queste ultime, con uno spessore dell'ordine di 5-10m, mediamente più elevato a partire circa dalla p.k. 4+100, poggiano per l'intero tratto in esame e così come per l'intero tracciato ferroviario, sulle Argille Subappennine (9).

Infine, dalla p.k. 5+050 fino a fine tracciato, il tracciato fonda sui Conglomerati di Campomarino (7), con coperture eluvio-colluviali (1) presenti fino alla p.k. 5+400, con spessore di qualche metro. Per quanto riguarda le litologie di substrato, i Conglomerati di Campomarino, spessi fino a poco più di 10m, poggiano sulle Sabbie di Serra Capriola (8); queste ultime sono presenti entro l'intero volume geotecnico significativo e poggiano sempre sulle Argille Subappennine (9 - non intercettate dalle indagini in quanto ad elevata profondità), che, pertanto, fungono da impermeabile di base lungo l'intero areale di progetto.

GE – GEOLOGIA**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	70 DI 108

Dal punto di vista idrogeologico, il grado di permeabilità dei terreni più superficiali è molto variabile. Infatti, i depositi di natura alluvionale (sia recenti che terrazzati) sono estremamente eterogenei, essendo caratterizzati da intervalli a granulometria variabile da ghiaiosa a limoso-argillosa e complessivamente presentano un basso grado di permeabilità relativa, che, dunque, caratterizza il tratto compreso tra le p.k. 0+200 e 4+750; diversamente, la parte restante del tracciato è caratterizzata in superficie da terreni con grado di permeabilità relativa medio. Considerato l'assetto geologico-stratigrafico, la formazione di falde acquifere lungo l'intero areale di progetto, è legata al tamponamento esercitato dal substrato impermeabile delle Argille Subappennine.

Passando agli aspetti geomorfologici, l'areale di progetto occupa un'area stabile, in quanto sub-pianeggiante o a bassissimo gradiente, priva di criticità morfologiche e geomorfologicamente stabile. Così come segnalato dal PAI e dal PGRA esistono criticità di natura idraulica. Tuttavia, nell'attraversamento di queste aree il progetto rispetta quanto riportato nelle relative norme di attuazione e misure di salvaguardia, ovvero il tracciato ferroviario rimane a quote di sicurezza idraulica.

10.1 INTERAZIONE OPERE-TERRENI E POTENZIALI CRITICITÀ

Con riferimento agli elaborati cartografici tematici ed ai profili longitudinali, nel presente paragrafo viene fornita un'analisi di dettaglio del tracciato, suddiviso in tratte omogenee, con descrizione delle potenziali criticità eventualmente riscontrate.

Tratto compreso tra la pk 0+000 e la pk 0+250

Lungo tale tratto, dove il piano di campagna (praticamente coincidente con la livelletta di progetto) si colloca tra le quote di 6.0 e 6.3 metri s.l.m., il tracciato intercetta i depositi prevalentemente conglomeratici dei Conglomerati di Campomarino (7), ricoperti, lungo l'asse del tracciato, dal rilevato ferroviario esistente, che presenta un'altezza di circa 2.5÷3 metri. In particolare, i Conglomerati di Campomarino presentano uno spessore di circa 6÷9 metri, al di sotto dei quali è presente uno spessore di 15÷20 metri di depositi prevalentemente sabbiosi delle Sabbie di Serracapriola (8). Più in profondità, si rinvencono i depositi prevalentemente pelitici delle Argille Subappenniniche, presenti fino alle massime profondità indagate.

Dal punto di vista geomorfologico si segnala la presenza, appena a monte della ferrovia esistente, di una scarpata poligenica di diversi metri di altezza.

Per quanto concerne l'aspetto idrogeologico, secondo dati interpretati, il livello piezometrico è posto alla profondità di circa 6÷7 metri rispetto all'attuale piano di campagna, ovvero ospitato dai terreni fluvio-marini conglomeratici e sabbiosi.

Tratto compreso tra la pk 0+250 e la pk 3+750

In tale tratto, il piano di campagna si colloca tra le quote di 5.0 e 12.8 metri s.l.m., mentre la livelletta di progetto presenta elevazioni comprese tra 6.0 e 14.3 metri s.l.m. Il tracciato attraversa per la quasi totalità i depositi alluvionali recenti (5) che riempiono la valle del F. Fortore, con spessori compresi tra 8m e 45 metri circa; tali depositi sono costituiti da terreni a prevalenza argilloso-limosa con livelli di spessore metrico di sabbie e sabbie ghiaiose, ad eccezione del tratto compreso tra la pk 0+250 e la pk 2+200 circa, dove, nei primi 20 metri, i depositi sabbiosi prevalgono su quelli fini. Inoltre, nella parte finale del tratto, prevalgono i depositi ghiaiosi che ricoprono, con spessori di 10÷20 metri circa, i conglomerati

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	71 DI 108

del substrato.

Tra le pk 1+890 e 1+980 in superficie affiorano i depositi alluvionali attuali (3), caratterizzati da terreni sabbiosi e ghiaiosi aventi spessore stimabile in alcuni metri.

Fino alla pk 2+400 circa, i depositi sono alluvionali sono ricoperti, lungo l'asse del tracciato, dal rilevato ferroviario esistente, che presenta spessori variabili e compresi tra 2.5÷7.5 metri.

Dal punto di vista geomorfologico, l'unico elemento rilevante è rappresentato dall'alveo attuale del F. Fortore, come detto intercettato nel tratto compreso tra le p.k. 1+890 e 1+980.

Per quanto concerne l'aspetto idrogeologico, il livello piezometrico è posto tra 1.5 e 6.0 metri circa di profondità dall'attuale piano di campagna e risulta alimentato dall'alveo del F. Fortore, che, in tale tratto risulta posizionato ad una quota mediamente superiore a quella della superficie freatica.

Tratto compreso tra la pk 3+750 e la pk 5+020

Lungo tale tratto, il piano di campagna si colloca tra le quote di 5.7 e 22.7 metri s.l.m., mentre la livelletta di progetto presenta elevazioni comprese tra 14.3 e 20.4 metri s.l.m. Il tracciato attraversa per la quasi totalità i depositi alluvionali terrazzati (6) del F. Fortore, con spessori compresi tra 3 e 22 metri circa; tali depositi sono costituiti da terreni a prevalenza limoso- argillosa e limoso-sabbiosa, con la presenza di un banco ghiaioso di spessore massimo di circa 10 metri nella parte iniziale del tratto.

Solo nella porzione finale del tratto, oltre la pk 4+710, affiorano le coltri eluvio-colluviali (1), caratterizzati da terreni eterogenei e aventi uno spessore compreso tra 1 e 3.5 metri.

Dal punto di vista geomorfologico, sono assenti potenziali criticità in riferimento alle opere in progetto.

Per quanto concerne l'aspetto idrogeologico, è stata interpretata la presenza di una falda all'interno dei depositi alluvionali terrazzati, con un livello piezometrico che si attesta ad una profondità massima uguale o superiore a 3.5 metri da piano campagna.

Tratto compreso tra la pk 5+020 e la pk 6+844.842

In questo tratto il piano di campagna si colloca tra le quote di 20.8 e 29.2 metri s.l.m. e risulta praticamente coincidente con la livelletta di progetto.

Il tracciato in progetto intercetta i depositi prevalentemente conglomeratici dei Conglomerati di Campomarino (7), sovente ricoperti da uno spessore di qualche metro di depositi eluvio-colluviali (1) e, lungo l'asse del tracciato, dal rilevato ferroviario esistente. In tale tratto, i conglomerati presentano uno spessore di circa 7÷15 metri, al di sotto dei quali sono presenti i depositi prevalentemente sabbiosi delle Sabbie di Serracapriola (8), presenti fino alle massime profondità indagate.

Dal punto di vista geomorfologico, sono assenti potenziali criticità e gli unici elementi presenti sono rappresentati da alcuni fronti di cava ormai inattivi, comunque ubicati ad oltre 200 metri di distanza dal tracciato in progetto.

Per quanto concerne l'aspetto idrogeologico, secondo dati interpretati, è presente una falda idrica all'interno dei depositi conglomeratici e sabbiosi del substrato, con valori di profondità del livello piezometrico compresi tra 3.5 e 14 metri circa dal piano campagna.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	72 DI 108

10.2 ANALISI DELLE POTENZIALI CRITICITÀ

Criticità connesse all'assetto geologico

Dal punto di vista geologico i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono connessi con il locale assetto litostratigrafico dell'area; in particolare sono legate alla presenza di coltri di copertura eluvio-colluviale, osservabili nell'intervallo di tracciato compreso tra le pk 4+710 e 5+400 circa, cui si aggiunge un breve tratto compreso tra le pk 0-220 e 0+250. Tali terreni sono caratterizzati da forte eterogeneità e possono presentare un comportamento meccanico scadente, tale da consigliarne la bonifica preventiva ai fini dell'individuazione del piano di posa dei rilevati. Inoltre, tali depositi possono non garantire la tenuta lungo i fronti di scavo, neanche nel breve periodo, soprattutto se esposti agli agenti atmosferici. Pertanto, laddove prevista la realizzazione di scarpate e/o scavi, anche temporanei, dovranno essere condotte opportune analisi di stabilità.

Criticità connesse all'assetto geomorfologico

Non si rilevano criticità di natura geomorfologica per il comparto progettuale, essendo quest'ultimo caratterizzato da morfologia pianeggiante o a bassissimo gradiente; infatti, il PAI evidenzia l'assenza di movimenti franosi o fenomeni di dissesto lungo l'intero tracciato di progetto.

Solo nel primo tratto, compreso tra le pk 0+030 e 0+220, è presente una scarpata poligenica lungo la quale affiorano i Conglomerati di Campomarino, in corrispondenza della quale, essendo previsti in progetto scavi ed una riprofilatura della scarpata stessa, sarà eseguite verifiche di stabilità sia nel breve sia nel lungo periodo.

Per quanto riguarda il rischio inondazione, così come censito nel PAI e nel PGRA, estesi tratti sono soggetti a pericolosità idraulica. Infatti, nella cartografia della pericolosità idraulica, sono individuate tre classi corrispondenti a gradi crescenti di pericolosità (bassa, moderata ed alta). Precisamente, è caratterizzata da elevata pericolosità tutto il tratto alle quote più depresse, compreso tra l'inizio del lotto e la pk 3+550, in corrispondenza cioè dei depositi alluvionali recenti ed attuali del F. Fortore; si ha, invece, una pericolosità da moderata (P2) a bassa (P1) nel il tratto successivo, fino alla pk 4+150. In corrispondenza di tali tratti, il progetto è stato dimensionato nel rispetto delle Norme di attuazione e Misure di Salvaguardia degli strumenti territoriali vigenti ed il tracciato ferroviario si trova a quota di sicurezza idraulica.

Criticità connesse all'assetto idrogeologico

Per quanto concerne gli aspetti connessi con la circolazione delle acque nel sottosuolo, si evidenzia la presenza di diverse falde idriche di una certa importanza all'interno dei differenti acquiferi individuati lungo il tracciato ferroviario in esame; tali falde rappresentano, quindi, dei potenziali elementi di criticità per le opere in progetto sia per le possibili venute d'acque lungo i fronti di scavo sia per la stabilità degli stessi.

I dati piezometrici a disposizione evidenziano, infatti, la presenza di falde freatiche poste sia all'interno dei litotipi sabbioso-conglomeratici del substrato sia negli orizzonti più grossolani e permeabili dei depositi alluvionali più recenti; in particolare, il settore di piana alluvionale del F. Fortore è caratterizzato da una estesa falda a superficie libera, drenante verso il Mare Adriatico, con superficie piezometrica posta a profondità variabile tra 1.5 e 6.0 m circa da piano campagna. In generale, per l'acquifero del complesso alluvionale, la ridotta soggiacenza della falda e la permeabilità dei depositi suggeriscono

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	73 DI 108

un'elevata suscettività all'inquinamento, solo localmente mitigata dalla presenza di orizzonti litologici a dominante pelitica.

Per gli acquiferi dei complessi conglomeratico-sabbioso e sabbioso-arenaceo, invece, la maggiore soggiacenza della falda, permette di ipotizzare una moderata suscettività all'inquinamento dei suddetti corpi idrici sotterranei.

In conclusione, le misure piezometriche mostrano profondità di falda comprese tra meno di 1m e circa 15m, con un andamento del livello piezometrico che segue grosso modo quello topografico, così come rappresentato sui profili geologici e geotecnici. In base alle informazioni acquisite, ad esclusione della zona del viadotto e di alcune opere puntuali, si evince che la falda rimane al di sotto delle massime profondità di scavo. Tuttavia, considerato l'assetto stratigrafico, non si può comunque escludere che a seguito di eventi meteorici molto intensi, prolungati ed aventi carattere di eccezionalità, la falda possa temporaneamente portarsi a quote superiori. In tale contesto, potrà eventualmente essere fatto ricorso ad impianti di pompaggio, che permetteranno di evacuare le acque di infiltrazione piovana e, ove necessario, occasionali infiltrazioni di falda.

Criticità connesse alle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni

Dal punto di vista geologico-tecnico, i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono rappresentati dall'elevata compressibilità degli unità geologico-tecniche meno competenti intercettati nella porzione di piana alluvionale del F. Fortore e dal rischio di liquefazione dei terreni alluvionali granulari sotto falda.

In particolare, per quanto riguarda la compressibilità dei terreni, i dati a disposizione evidenziano la presenza di unità geologico-tecniche piuttosto scadenti all'interno dei depositi alluvionali recenti, rappresentati prevalentemente da litotipi pelitici o torbosi di bassa consistenza. Tali terreni sono infatti caratterizzati da un'elevata deformabilità che può determinare significativi cedimenti degli stessi sotto l'applicazione di carichi. A tal fine, sono state eseguite opportune analisi per la determinazione degli effettivi cedimenti indotti nei terreni dall'applicazione dei carichi di esercizio delle opere in progetto, per le quali si rimanda agli elaborati geotecnici.

In particolare, per quanto riguarda i piani di posa, sulla base dei risultati delle indagini geognostiche dirette (sondaggi e pozzetti esplorativi) è stato possibile individuare lo spessore di coltre vegetale e quindi il trattamento idoneo per la formazione del piano di posa dei rilevati in progetto. In particolare, lo spessore minimo per la formazione del rilevato ferroviario è di 0.50 m (scotico) e comunque con asportazione dell'intero spessore di terreno vegetale; infatti, qualora, raggiunto il piano di posa previsto, si rinvenisse ancora coltre vegetale o comunque terreno rammollito, non idoneo ai requisiti progettuali quale piano di posa, si dovrà provvedere a bonifica e sostituzione con materiale idoneo, così come già preventivamente previsto per alcune specifiche tratte (per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati geotecnici), per le quali sono stati rilevati maggiori spessori di coltre vegetale.

L'imposizione dei sovraccarichi derivanti dai rilevati impone cedimenti certamente maggiori a carico dei terreni di natura alluvionale. In particolare, in presenza di terreni granulari (o, laddove finì, a componente prevalentemente limosa) i cedimenti saranno più contenuti o comunque a decorso rapido o relativamente rapido, andando ad esaurirsi nell'ambito dei tempi di costruzione. Diversamente, in presenza di terreni coesivi, oltre ai cedimenti immediati sono attesi cedimenti a lungo termine, tuttavia, compatibili con la funzionalità della struttura. Per maggiore cautela si ritiene opportuno proporre la realizzazione dei rilevati

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	74 DI 108

di maggiore altezza nell'ambito delle prime fasi del lavoro, in maniera tale da garantire maggiori tempi per l'esaurimento dei cedimenti; inoltre, laddove necessario, l'effettiva evoluzione nel tempo dei cedimenti potrà essere controllata mediante un monitoraggio con assestimetri a piastra.

Per quanto riguarda il cedimento indotto dal rilevato in ampliamento sui binari della ferrovia in esercizio, si ha a che fare con cedimenti molto modesti, che si svilupperanno in tempi lunghi e quindi compatibili con l'esercizio della struttura ferroviaria esistente; ad ogni modo, è previsto un monitoraggio in continuo della linea in esercizio durante la costruzione del nuovo rilevato.

L'opera di maggiore rilevanza progettuale è certamente il viadotto, il quale si sviluppa in un comparto caratterizzato da importanti spessori di materiali alluvionali litologicamente eterogenei e con spiccate eteropie laterali e verticali, con conseguente necessità di dover ricorrere a fondazioni di tipo indiretto su pali di grande diametro i quali si assestano nei depositi alluvionali, intercettando il substrato rappresentato dai Conglomerati di Campomarino a partire dalla p.k. 3+350 e nel tratto centrale del viadotto le Sabbie di Serracapriola.

Infine, per quanto riguarda il rischio di liquefazione, le analisi condotte hanno permesso di determinare il potenziale di liquefazione, che si mantiene su valori bassi e moderati (IL generalmente inferiore a 2), con cedimenti attesi in caso di sisma di progetto compresi tra 0 e 11 cm circa. Fa eccezione il tratto compreso tra le progressive chilometriche 2+020 e 2+400 (Rilevato RI04) dove il potenziale di liquefazione diviene alto e molto alto, con cedimenti attesi compresi tra 10 e 35 cm circa. Fermo restando ulteriori valutazioni da eseguire in corso d'opera, sono previsti interventi di consolidamento mediante una maglia regolare di colonne di Compaction Grouting, al fine di scongiurare eccessivi cedimenti del corpo del rilevato (oltre al rischio concreto di danni diretti ai convogli in circolazione). Altro tratto per il quale gli esiti delle indagini geognostiche integrative non hanno escluso il rischio liquefazione è quello del rilevato RI03, per il quale si rendono necessarie verifiche geotecniche ed anche in tal caso ulteriori valutazioni da eseguire in corso d'opera.

Infine, per quanto riguarda la zona del nuovo viadotto, dove in corrispondenza di alcune pile è stata rilevata la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, in tal caso, l'adozione di fondazioni profonde su pali consente di escludere che fenomeni di liquefazione possano interferire con la stabilità dell'opera.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati della sezione geotecnica.

Materiali di scavo e aspetti ambientali

Infine, per quanto riguarda i materiali di scavo, in termini di classifica AASHTO (CNR UNI 10006), considerato l'assetto geologico descritto, gli scavi andranno ad interessare terreni la cui classificazione è riconducibile sia ai alle terre ghiaio-sabbiose, che alle terre limo argillose. Per quanto riguarda il piano di utilizzo dei materiali e gli esiti delle indagini ambientali, si rimanda agli elaborati "Piano di Utilizzo dei materiali di scavo ai sensi del D.M. 161/2012 - Relazione generale" (TA00LI0701EZZRGTA0000001A). Per quanto riguarda gli esiti delle prove di laboratorio per la caratterizzazione delle miscele di stabilizzazione a calce e le analisi di laboratorio di campioni ambientali – terre (Caratterizzazione terre per il riconoscimento della classe di aggressività sui calcestruzzi e esami di laboratorio di campioni ambientali – acque e caratterizzazione delle acque per il riconoscimento della classe di aggressività sui calcestruzzi), si rimanda agli elaborati geotecnici e specialistici.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	75 DI 108

11 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

11.1 UNITÀ GEOLOGICO-TECNICHE

Sulla base degli esiti delle indagini geognostiche, è stata eseguita la caratterizzazione geotecnica dei terreni. In particolare, sono state, inizialmente, identificate le diverse unità geologiche-tecniche, i cui rapporti latero-verticali sono rappresentati nel profilo geologico-tecnico. Dunque, a ciascuna di tali unità sono stati assegnati i relativi parametri di resistenza e deformabilità, successivamente, accorpando i terreni nelle diverse unità geotecniche caratterizzate nel paragrafo successivo.

Sulla base del modello geologico-stratigrafico di riferimento, le unità geologico-tecniche identificate e rappresentate graficamente sul profilo geologico-tecnico sono le seguenti:

- **Unità R:** rilevato ferroviario esistente.
- **Unità A:** terreno di riporto di natura prevalentemente ghiaiosa, in matrice sabbioso-limosa.
- **Unità B:** argilla limosa e limo argilloso, localmente debolmente sabbiosa, da consistente a molto consistente; colore da nocciola a marrone e locale presenza di frustoli carboniosi e tracce di ossidazione.
- **Unità C:** argilla limosa e limo argilloso da mediamente consistente a consistente, di colore da grigio a grigio-azzurro, con locali screziature nocciola; sono presenti sporadiche intercalazioni decimetriche limoso-sabbiose.
- **Unità D:** argilla da debolmente limosa a limosa, da poco a mediamente consistente, di colore da grigio a grigio-nerastro, con resti di sostanza organica e livelli torbosi.
- **Unità E:** limo sabbioso mediamente consistente e sabbia limosa da sciolta a poco addensata, di colore grigio, con livelli centimetrici di argille limose e sabbiose.
- **Unità F:** Sabbia fine e media, da debolmente limosa a limosa, da sciolta a mediamente addensata, con locali livelli argilloso-limosi e sparse ghiaie; colore da nocciola a grigio.
- **Unità G:** sabbia fine e media, da debolmente limosa a limosa, da mediamente addensata ad addensata, con locali livelli argilloso-limosi e sparse ghiaie; colore grigio.
- **Unità H:** ghiaia eterometrica (\varnothing_{max} 4÷5 cm) e poligenica, da arrotondata a sub-arrotondata, in matrice limoso-sabbiosa, con sparsi ciottoli; da addensata a molto addensata; colore da nocciola a giallastro.
- **Unità I:** conglomerati poligenici ed eterometrici, ad elementi da sub-angolosi ad arrotondati, in matrice sabbioso-limosa, di colore grigio e giallastro; sono presenti sottili livelli di argille limose di colore verdastro e intercalazioni medio-fini di sabbie grossolane di colore grigio e giallastro.
- **Unità L:** sabbie medio-fini di colore giallastro e rossastro con locali intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani, da poco a discretamente cementati; talora sono presenti sottili livelli di arenarie medio-fini di colore grigio e giallastro, da mediamente a ben cementate, e passaggi di argille e argille limose.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	76 DI 108

- **Unità M:** argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro, con frequenti intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e sabbie fini di colore grigio e giallastro.

Nella tabella seguente sono riportati i parametri di riferimento per le unità geologico-tecniche elencate in precedenza.

I valori assegnati ai litotipi tengono conto sia delle indagini pregresse che di quelle integrative, con queste ultime che hanno consentito di confermare la caratterizzazione geotecnica eseguita in sede di progettazione definitiva.

Laddove le indagini a disposizione non hanno permesso una caratterizzazione affidabile, la stima dei parametri è stata eseguita in riferimento alla bibliografia tecnica disponibile e/o a dati acquisiti da pregresse esperienze su terreni analoghi.

Unità	γ [kN/m ³]	Nspt [-]	OCR [-]	Dr [%]	cu [kPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E' [MPa]
A	18.5÷19.5	-	-	-	-	0	33÷35	15÷25
B	18.0÷18.5	-	3÷8	-	70÷100	5÷7	22÷24	5÷7
C	18.0÷18.5	-	1÷3	-	50÷80	3÷5	22÷24	4÷6
D	17.0÷18.0	-	1	-	50÷70	3÷5	20÷22	3÷5
E	18.5÷19.0	-	2÷4	-	80÷120	5÷7	25÷27	6÷10
F	18.5÷19.0	3÷13	-	30÷50	-	0	30÷32	8÷12
G	19.0÷19.5	19÷70	-	50÷70	-	0	32÷34	20÷30
H	19.5÷20.0	29÷100	-	70÷100	-	0	38÷40	30÷50
I	20.0÷21.0	43÷100	-	-	-	100÷200	32÷33	90÷150
L	19.0÷20.0	16÷100	-	-	-	25÷45	29÷30	15÷30
M	18.5÷19.5	15÷29	-	-	150÷230	15÷20	23÷25	20÷30

γ = peso di volume del terreno [kN/m³]; Nspt = numero di colpi della prova SPT [-]; OCR = grado di sovraconsolidazione [-]; Dr = densità relativa [%]; cu = coesione non drenata [kPa]; c' = coesione efficace [kPa]; ϕ' = angolo d'attrito interno [°]; E' = modulo di deformazione drenato [MPa].

Tabella 11.1 - Parametri di riferimento per le unità geologico-tecniche.

11.2 UNITÀ GEOTECNICHE

Alla luce della caratterizzazione geologico-tecnica esposta nel paragrafo precedente, sono state identificate e le unità geotecniche presenti entro il sedime del tracciato ferroviario, così come caratterizzate nella “Relazione geotecnica” e rappresentate nel profilo geotecnico.

Le unità geotecniche individuate sono elencate di seguito, con indicazione dei relativi parametri di resistenza e deformabilità.

GE – GEOLOGIA

 Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	77 DI 108

- **Terreno di riporto – Unità R:** si tratta dello spessore di terreno vegetale (Rv) costituito prevalentemente da limo sabbioso debolmente argilloso con resti vegetali e inclusi clasti e da terreno di riporto antropico (Ra) costituente il rilevato ferroviario esistente.
- **Depositi alluvionali recenti (unità geologica 5):** si tratta di terreni alluvionali che si possono distinguere in base alla composizione granulometrica in:
 - **Unità 5AL:** argille limose e limi argillosi con locali intercalazioni centimetriche di limi sabbiosi e/o di sabbie fini limose;
 - **Unità 5GS:** ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante;
 - **Unità 5S:** sabbie e sabbie limose.
- **Depositi alluvionali terrazzati (unità geologica 6)**
 - **Unità 6AL:** si tratta di argille limose e limi argillosi.
- **Conglomerati di Campomarino (unità geologica 7):** si tratta di ghiaie e ciottoli arrotondati in matrice sabbioso-limosa, a luoghi debolmente argillosa di colore marrone chiaro, da poco a moderatamente cementata, a luoghi intercalata a sabbie debolmente addensate ed argille limose giallo-verdastre. Si distinguono tre diverse facies:
 - **Unità 7GS:** conglomerati poligenici ed eterometrici, ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi da sub-angolosi ad arrotondati, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante.
 - **Unità 7S:** sabbie e sabbie limose.
 - **Unità 7AL:** argille limose e limi argillosi.
- **Sabbie di Serracapriola (unità geologica 8):** sabbie medio-fini di colore giallastro e rossastro, prevalentemente quarzose e a grado di cementazione variabile (**Unità 8S**); talvolta sono presenti lenti di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da poco a discretamente cementati (denominati **Unità 8GS**).
- **Argille subappenniniche (unità geologica 9) – Unità 9AL:** si tratta di argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro, con frequenti intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e talvolta di sabbie fini.

Di seguito sono esposti i parametri geotecnici assegnati ad ognuna delle suddette unità geotecniche; i valori delle proprietà geotecniche indicate sono da intendersi come range di valori guida per la progettazione; dunque, nelle analisi geotecniche di dettaglio delle varie opere andranno calibrati sulla base delle condizioni e specifiche situazioni locali.

Depositi alluvionali recenti - Unità 5AL (Argille limose e limi argillosi)

$\gamma = 18.5 \div 19.5$ kN/m ³	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 15$ kPa	coesione drenata
$\phi' = 23 \div 25$ °	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 40 \div 150$ kPa	resistenza al taglio in condizioni non drenate

GE - GEOLOGIA

 Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	78 DI 108

$V_s = 150 \div 250$ m/s velocità delle onde di taglio
 $G_o = 45 \div 125$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 90 \div 400$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Depositi alluvionali recenti - Unità 5GS (Ghiaia sabbiosa)

$\gamma = 19 \div 20$ kN/m³ peso di volume naturale
 $c' = 0$ kPa coesione drenata
 $\phi' = 33 \div 35^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $V_s = 330$ m/s velocità delle onde di taglio
 $G_o = 200$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 550$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Depositi alluvionali recenti - Unità 5S (Sabbia, sabbia limosa)

$\gamma = 19 \div 20$ kN/m³ peso di volume naturale
 $c' = 0$ kPa coesione drenata
 $\phi' = 28 \div 33^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $V_s = 150 \div 300$ m/s velocità delle onde di taglio
 $G_o = 50 \div 170$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 110 \div 450$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Depositi alluvionali terrazzati - Unità 6AL (Argille limose e limi argillosi)

$\gamma = 20$ kN/m³ peso di volume naturale
 $c' = 5 \div 20$ kPa coesione drenata
 $\phi' = 23 \div 26^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $c_u = 100 \div 350$ kPa resistenza al taglio in condizioni non drenate
 $E_o = 200 \div 350$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Conglomerati di Campomarino - Unità 7AL (Argille limose e limi argillosi)

$\gamma = 19.5$ kN/m³ peso di volume naturale
 $c' = 5 \div 15$ kPa coesione drenata
 $\phi' = 24 \div 26^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $c_u = 75 \div 350$ kPa resistenza al taglio in condizioni non drenate
 $V_s = 300 \div 400$ m/s velocità delle onde di taglio
 $G_o = 100 \div 320$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 200 \div 800$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

Conglomerati di Campomarino - Unità 7S (Sabbia, sabbia limosa)

$\gamma = 20.5$ kN/m³ peso di volume naturale
 $c' = 0$ kPa coesione drenata
 $\phi' = 33 \div 37^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $V_s = 200 \div 350$ m/s velocità delle onde di taglio;
 $G_o = 80 \div 240$ MPa modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 200 \div 600$ MPa modulo di deformazione elastico iniziale

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	79 DI 108

Conglomerati di Campomarino - Unità 7GS (Ghiaia sabbiosa)

$\gamma = 20.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 37\div 40^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 250\div 400 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio;
$G_o = 120\div 300 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 300\div 800 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Sabbie di Serracapriola – Unità 8S (Sabbia, sabbia limosa)

$\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 34^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 220\div 230 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio;
$E_o = 240\div 270 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Sabbie di Serracapriola – Unità 8GS (Ghiaia con sabbiosa)

$\gamma = 19\div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$V_s = 290\div 400 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio;
$E_o = 400\div 800 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

Argille subappenniniche – Unità 9AL (Argille limose e limi argillosi)

$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5\div 15 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\varphi' = 24\div 27^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 75\div 250 \text{ kPa}$	resistenza al taglio in condizioni non drenate
$V_s = 380 \text{ m/s}$	velocità delle onde di taglio;
$G_o = 280 \text{ MPa}$	modulo di deformazione a taglio iniziale
$E_o = 300\div 730 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico iniziale

GE – GEOLOGIA

Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	80 DI 108

12 CARATTERIZZAZIONE SISMICA E CRITICITÀ CORRELATE

12.1 INQUADRAMENTO SISMICO REGIONALE

Le caratteristiche di sismicità della Puglia settentrionale e dei settori esterni del Molise sono da porre in relazione, essenzialmente, con l'assetto geologico-strutturale della zona di avanfossa-avampaese a cui essi appartengono (Del Gaudio et al. 2009). Nell'area sono stati condotti numerosi studi che hanno fornito un'accurata interpretazione dei diversi terremoti storici verificatisi, individuando le strutture sismogenetiche responsabili e le loro caratteristiche principali (Venisti et al. 2004; Del Gaudio et al. 2009; Pierri et al. 2008).

A tal riguardo, un importante ruolo sembra essere svolto dalla eterogeneità strutturale che attraversa la placca adriatica in direzione SE-NW, individuata mediante un'analisi tomografica (Venisti et al. 2004). Essa può rappresentare un elemento di debolezza strutturale che spiegherebbe la focalizzazione del rilascio di energia sismica lungo una fascia piuttosto estesa (Pierri et al. 2008), che attraversa l'Adriatico centro-meridionale fino a giungere al basso corso del F. Fortore e al Lago di Lesina.

L'analisi della sismicità storica e strumentale suggerisce, per l'area di studio, una possibile differenziazione in quattro differenti zone sismogenetiche (Pierri et al. 2008).

Zona basso Fortore-Lesina-Isole Tremiti: si trova al bordo dell'eterogeneità strutturale sopra descritta; è caratterizzata da sismicità superficiale (ipocentri a profondità comprese nell'intervallo 5÷15 km) e da faglie *strike-slip* N-S sinistre o E-W destre, debolmente transpressive per compressione NW ed estensione NE.

Promontorio del Gargano: il campo di stress ha proprietà simili alla zona sismogenetica precedente, ma è caratterizzato da ipocentri leggermente più profondi (10÷25 km), da un minor tasso di rilascio energetico e da una distribuzione spaziale che suggerisce un'orientazione preferenziale N-S, piuttosto che E-W.

Zona di Avanfossa del Tavoliere: il tasso di rilascio energetico è decisamente inferiore alle due zone precedenti; il campo di stress vede più accentuata la componente estensiva NE rispetto a quella compressiva NW, probabilmente per effetto di una minore efficienza nella trasmissione della compressione assiale lungo il bordo meno rigido della placca adriatica.

Subappennino Dauno-Molise sud-orientale: include l'area epicentrale della sequenza sismica del Molise del 2002 (Terremoto di S. Giuliano di Puglia) e presenta un'attività sismica apparentemente caratterizzata da isolati episodi di sismicità moderata, intervallati da lunghi periodi di sostanziale quiescenza.

GE – GEOLOGIA

 Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	81 DI 108

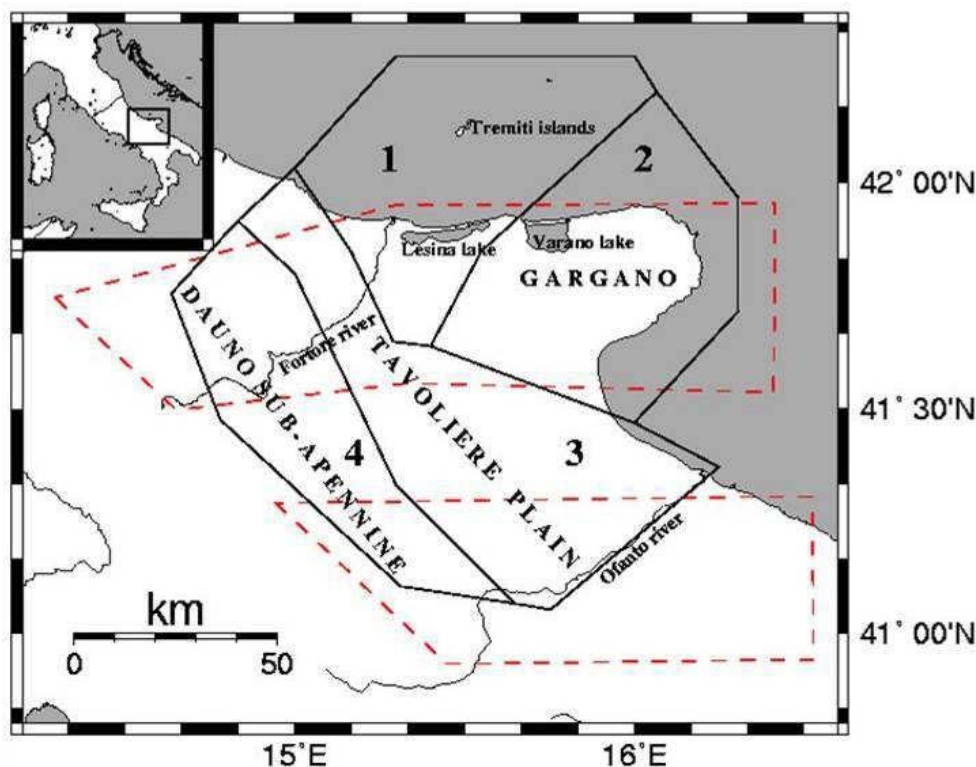


Figura 12.1 - Suddivisione della Puglia settentrionale in quattro zone (linee continue) con caratteristiche di sismicità differenti: 1) Zona basso Fortore-Lesina-Isole Tremiti; 2) Promontorio del Gargano; 3) Avanfossa del Tavoliere; 4) Sub-Appennino Dauno-Molise sud-orientale. In tratteggio rosso, i confini delle zone sismogenetiche definite nella zonazione ZS9 (da Pierrì et al. 2008).

12.1.1 Sorgenti sismogenetiche

Nel presente paragrafo sono esposti i dati relativi al database (vers. 3.2) “A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas”, inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise e Pantosti, 2001).

Il Database contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti. L’ultima versione del Database contiene oltre 100 sorgenti sismogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). Tali sorgenti ricadono sull’intero territorio italiano e su alcune regioni confinanti.

L’assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull’andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l’informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al., 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa. Dall’esame del Database, nei pressi del tracciato in progetto, si osserva la presenza di tre sorgenti

GE – GEOLOGIA

Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	82 DI 108

sismogenetiche composite (Figura 10.2, con l'indicazione del tracciato in rosso): la sorgente Ripabottoni – San Severo (ITCS003), la sorgente San Marco in Lamis - Mattinata (ITCS058) e la sorgente Tocco Casauria - Tremiti (ITCS059). Inoltre, è segnalata la presenza di una sorgente ancora in approfondimento (nella figura in blu), il cui codice è ITDS012.

Le principali informazioni di riferimento di ciascuna sorgente sono riportate da Figura 16 a Figura 18.

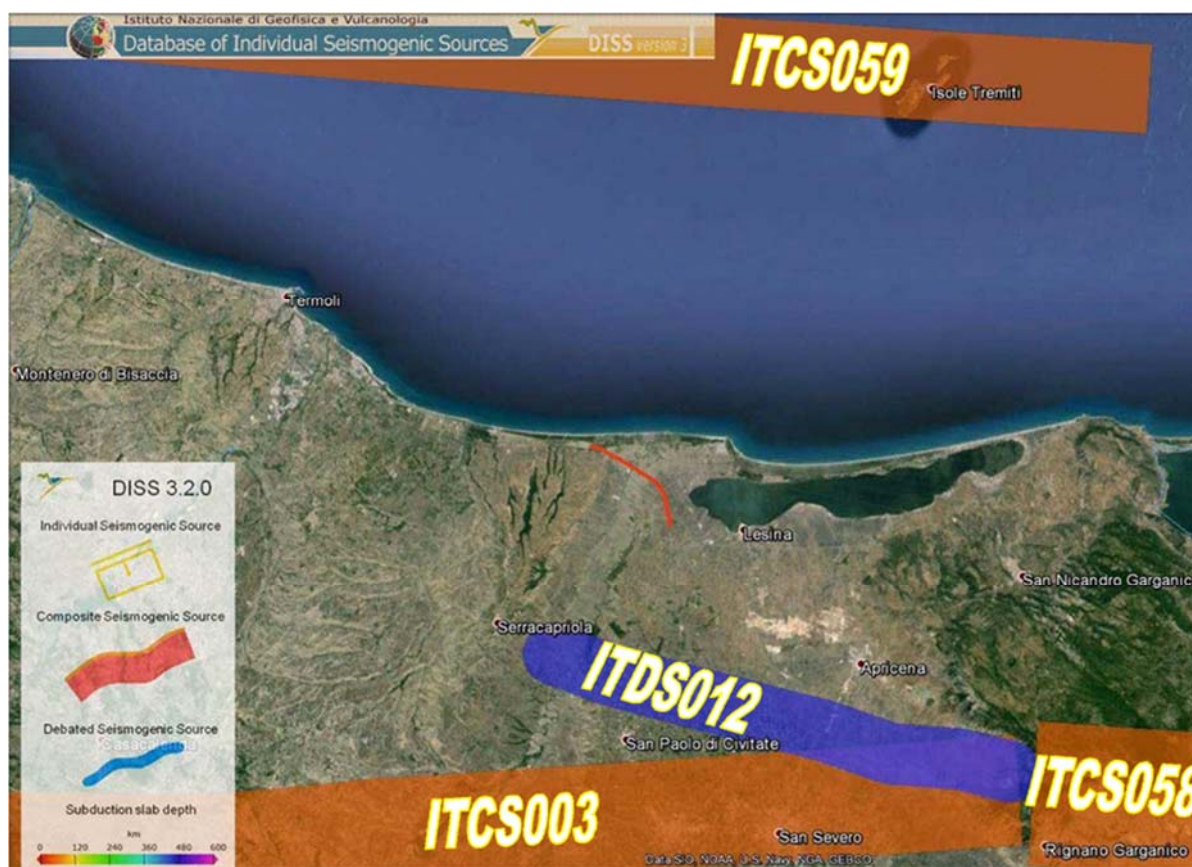


Figura 12.2 - Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy" per l'area in oggetto.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	83 DI 108

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	6.0	OD	Based on upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	25.0	OD	Based on lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg] min... max	250...270	OD	Based on seismological, macroseismic and geophysical data.
Dip [deg] min... max	75...90	OD	Based on seismological, macroseismic and geophysical data.
Rake [deg] min... max	180...220	OD	Based on seismological data and on regional literature data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.7	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 12.3 - Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Ripabottoni – San Severo (ITCS003).

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	0.0	LD	Based on geological data.
Max depth [km]	25.0	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg] min... max	260...290	LD	Based on geological data.
Dip [deg] min... max	75...90	LD	Based on geological data.
Rake [deg] min... max	200...230	LD	Based on geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.2	LD	Based on long-term geological markers.
Max Magnitude [Mw]	6.4	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 12.4 - Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta San Marco in Lamis - Mattinata (ITCS058).

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	84 DI 108

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	11.0	EJ	Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	20.0	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg] min... max	80...100	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Dip [deg] min... max	65...90	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Rake [deg] min... max	170...230	EJ	Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.0	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT

Figura 12.5 - Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Tocco Casauria - Tremiti (ITCS059).

12.2 MACROZONAZIONE SISMICA E MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Fino al 2002, la zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone et alii, 2000) ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica nell'area italiana; gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato alcune inconsistenze di tale modello di zonazione.

Per superare questo stato di cose si è convenuto di disegnare una nuova zonazione denominata ZS9 (Meletti & Valensise, 2004). Rispetto alle zonazioni precedenti le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale, e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente.

La geometria delle zone-sorgente dell'Appennino meridionale (zone da 56 a 64 in ZS4; zone da **924** a **928** in ZS9), inteso come il settore appenninico tra la Majella e il Pollino, è stata sensibilmente modificata nella sua configurazione generale rispetto a ZS4. Sull'area al confine tra la catena e la Puglia, vale a dire l'area dell'avanfossa e dell'avampaese apulo, sono state operate scelte che cambiano decisamente la percezione del potenziale sismogenetico dell'area. Su queste scelte hanno pesato le nuove chiavi di lettura della sismicità del settore (Di Bucci e Mazzoli, 2003; Valensise et al., 2004) suggerite dalle caratteristiche della sequenza sismica del Molise (ottobre novembre 2002), originata da sorgenti con direzione circa E-W e dotate di cinematica trascorrente destra. Questi dati consentono di individuare una

GE – GEOLOGIA

Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	85 DI 108

zona (924) orientata circa E-W nella quale collocare tutta la sismicità dell'area (es. terremoto del 1627), e che include la faglia di Mattinata, generalmente ritenuta attiva con una cinematica simile a quella del terremoto del 2002 (es. Piccardi, 1998; Piccardi et al., 2002).

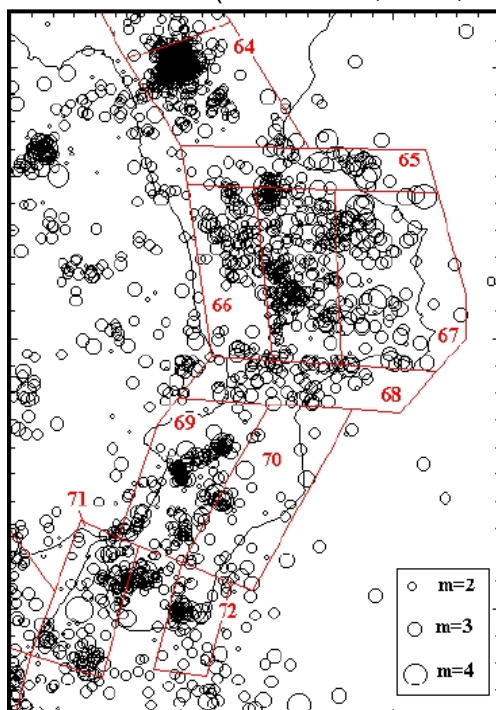


Figura 12.6 Zonazione sismogenetica ZS4.

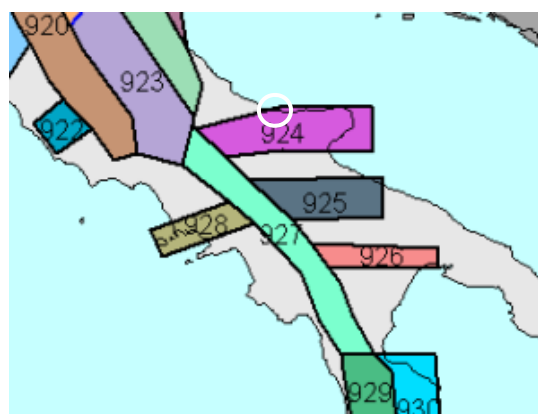


Figura 12.7 Zonazione sismogenetica ZS9.

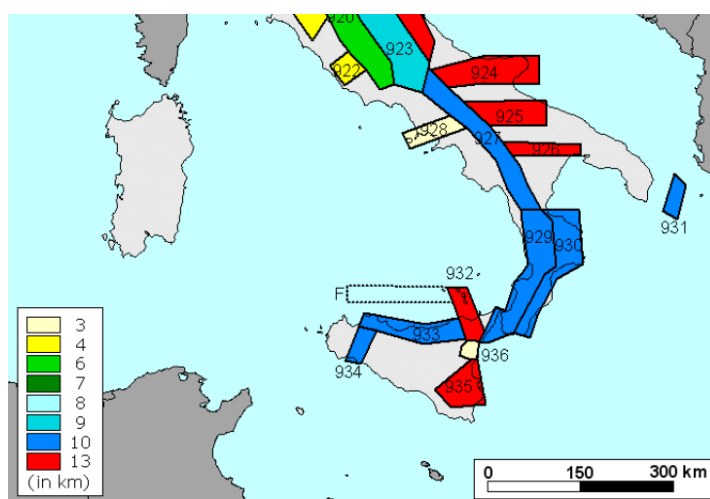


Figura 15 - Moda delle distribuzioni di frequenza in funzione della profondità dei terremoti riportati nel catalogo strumentale INGV (1983-2002) per tutte le ZS di ZS9.

Figura 12.8 - Moda delle distribuzioni di frequenza in funzione della profondità dei terremoti riportati nel catalogo strumentale INGV (1983-2002) per tutte le ZS di ZS9.

Ricadendo in Puglia settentrionale l'area in studio è inclusa nella zona ZS9 924 "Molise-Gargano"; i dati pubblicati dal Gruppo di Lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (marzo 2004) sono

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	86 DI 108

esposti nelle tabelle seguenti.

ZONA	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (Km)	Profondità efficace (Km)
930	442	308	65	4.4	12-20	13

Tabella 12.1 - Dati emersi dal monitoraggio strumentale della zona 930.

Nella sottostante tabella si riporta la magnitudo momento massima “Mwmax” attesa per la ZS 930.

Zona sismica ZS9	Numero zona sismica	Mwmax
Molise-Gargano	924	6.83

Tabella 12.2 - Valori della Magnitudo momento massima “Mwmax” per la Zona Sismogenetica ZS9 (estratto da “Gruppo di Lavoro per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica”-2004).

12.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In data 24 ottobre 2005 entra in vigore il D.M. 14/09/2005 “Norme Tecniche per le Costruzioni”. La norma suddivide il territorio in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore di parametro a_g , che rappresenta l’accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. L’area in esame, che ricade nei comuni di Lesina e Serracapriola dichiarati a rischio sismico II, è caratterizzata da un valore di a_g compreso tra 0.15 e 0.25. La norma afferma che le zone 1, 2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di a_g intermedi rispetto ai massimi di ciascuna zona e intervallati da valori non minori di 0,025. In tal caso i vari territori saranno assegnati alle sottozone in base ai valori di a_g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni”.

Con l’OPCM 3519 del 28/04/2006 viene proposta una nuova zonizzazione con suddivisione degli intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a 0,025. La figura successiva è tratta dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30}>800$ m/sec; cat. A). Come si può notare, l’area in esame ricade in un settore caratterizzato da valori di accelerazione massima del suolo compresi tra 0,175g fino a 0,225g (da notare la progressiva diminuzione dei valori procedendo da monte verso costa).

GE – GEOLOGIA

 Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	87 DI 108

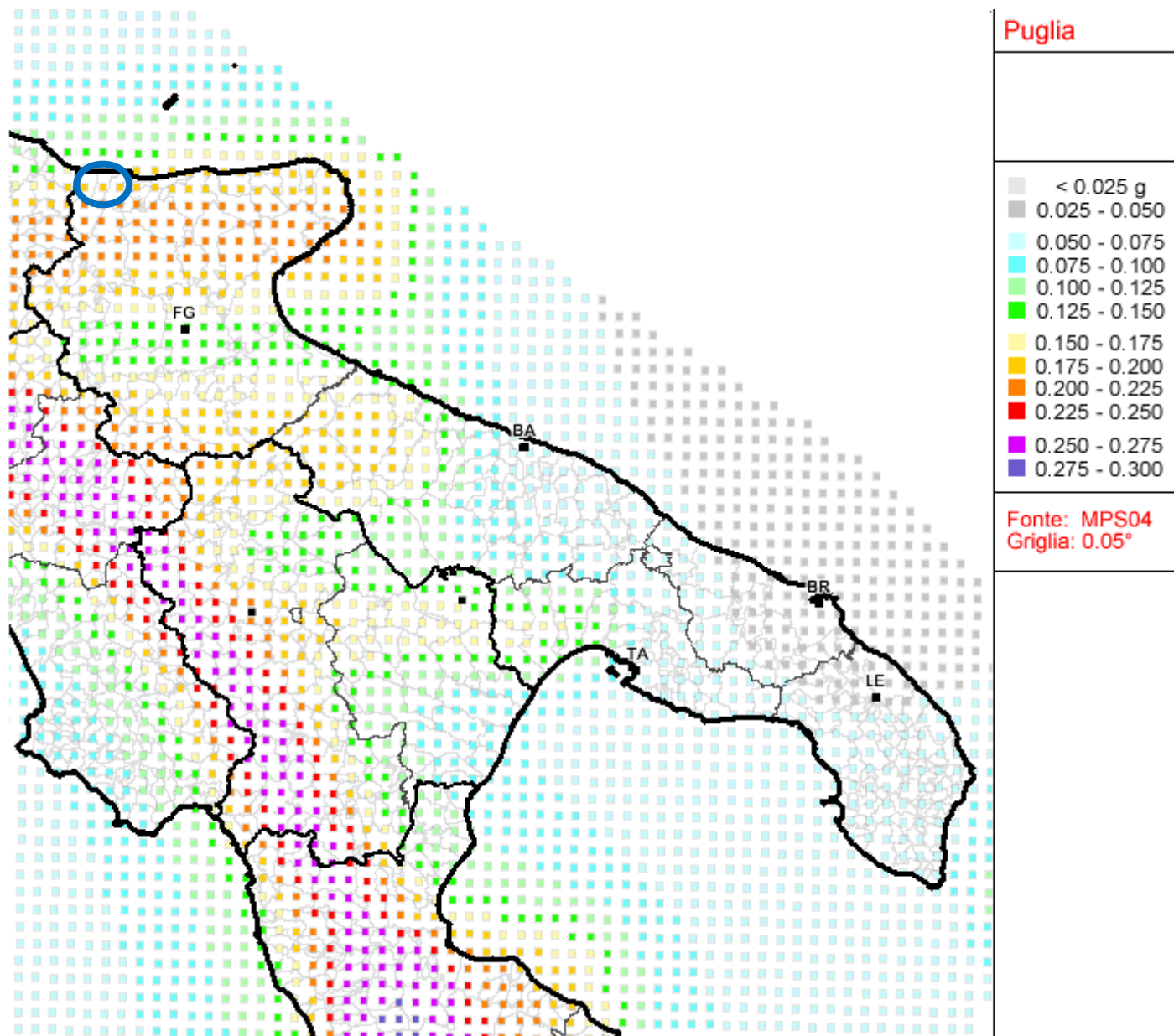


Figura 12.9 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCP n.3519/2006), con indicazione dell'area di studio.

Secondo la mappa di classificazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 e Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/09/2005) aggiornata al 2012, i Comuni di Lesina e Serracapriola sono classificati in Zona 2, caratterizzata congruentemente da valori di $0.15 < ag < 0.25g$.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	88 DI 108

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Tabella 12.3 - Livello di pericolosità delle zone sismiche, suddivise in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06).

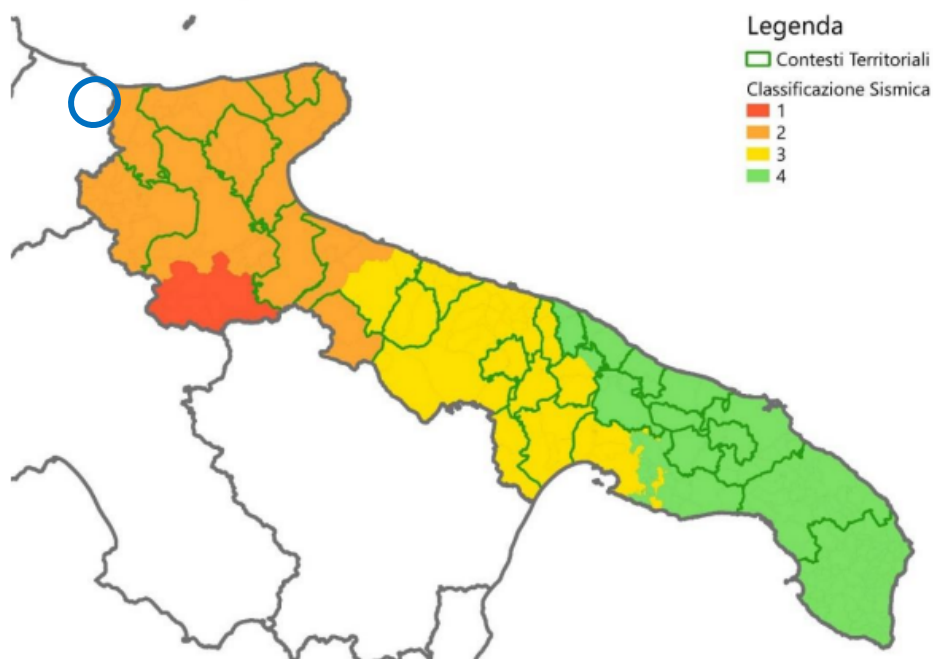


Figura 12.10 - Classificazione sismica del territorio Italiano, con indicazione dell'area di studio.

Più in dettaglio, dalla mappa di pericolosità sismica della figura seguente si evince come i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (Peak Ground Acceleration, ovvero accelerazione massima al suolo), per il comparto in esame sono compresi nel range 0.175 – 0.200.

GE – GEOLOGIA

Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	89 DI 108

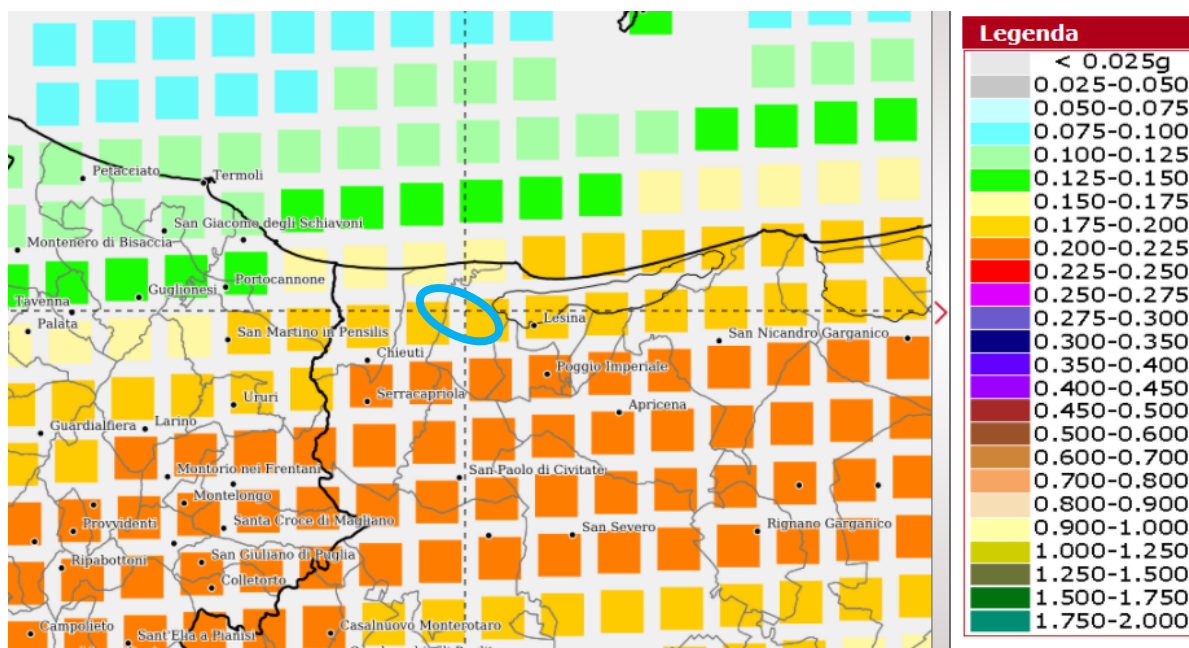


Figura 12.11 - Mappa di pericolosità sismica di base NTC2008, con indicazione del sito di interesse.

In conclusione, in accordo con la normativa vigente, l'area d'interesse progettuale si inserisce in un contesto di medio-alta pericolosità sismica.

12.4 SISMICITÀ STORICA

In tabella seguente sono riepilogati i dati sulla sismicità storica desunti dalla banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Catalogo parametrico dei terremoti italiani 2015) relativi al territorio dei comuni di Lesina e Serracapriola. Gli eventi sono attribuiti al giorno in cui si è prodotta la scossa più violenta. Sono indicati: il tempo origine del terremoto (anno, mese, giorno, ora, minuti e secondi) espresso come tempo medio di Greenwich, l'intensità epicentrale (I_0), l'intensità al sito (I) espressa in gradi della Scala Mercalli-Cancani-Sieberg, la magnitudo (M_w) e l'epicentro inteso come definizione geografica della zona in cui ricade.

STORIA SISMICA DI LESINA									
I (MCS)	a	m	g	o	m	s	AREA EPICENTRALE	I_0	M_w
10	1627	7	30	10	50		Capitanata	10	6,66
9-10	1657	1	29	2			Capitanata	8-9	5,96
F	1688	6	5	15	30		Sannio	11	7,06
6	1805	7	26	21			Molise	10	6,68
7	1821	11	22	1	15		Costa molisana	7-8	5,59
5-6	1829	7	3	13			Gargano	4-5	3,93
4-5	1852	12	9	21	15		Gargano	5	4,31
5	1857	12	16	21	15		Basilicata	11	7,12

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	90 DI 108

STORIA SISMICA DI LESINA									
I (MCS)	a	m	g	o	m	s	AREA EPICENTRALE	lo	Mw
3	1864	12	28	12			Gargano	6	4,63
7	1875	12	6				Gargano	8	5,86
F	1881	9	10	7			Chietino	7-8	5,41
NF	1882	6	6	5	40		Isernino	7	5,2
5	1889	12	8				Gargano	7	5,47
3	1892	4	20				Gargano	6-7	5,02
7	1894	3	25				Gargano	6-7	4,9
5	1895	8	9	17	38	20	Adriatico centrale	6	5,11
4	1897	5	28	22	40	2	Ionio	6	5,46
4-5	1900	12	23	22	30		Gargano	5	4,37
2-3	1905	11	26				Irpinia	7-8	5,18
F	1930	7	23	0	8		Irpinia	10	6,67
6	1937	7	17	17	11		Tavoliere delle Puglie	6	4,96
NF	1955	2	9	10	6		Gargano	6-7	5,05
2	1956	9	22	3	19	39	Gargano	6	4,64
6	1972	2	29	20	54	17,74	Gargano	6	4,71
5-6	1975	6	19	10	11		Gargano	6	5,02
5-6	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	10	6,81
4	1984	5	7	17	50		Monti della Meta	8	5,86
4	1988	4	26	0	53	43,83	Adriatico centrale		5,36
4-5	1989	3	11	21	5		Gargano	5	4,34
NF	1990	2	1	6	24	14,15	Isole Tremiti		4,43
NF	1990	2	13	9	15	28,64	Isole Tremiti	4	4,2
5	1990	5	5	7	21	29,61	Potentino		5,77
5-6	1995	9	30	10	14	33,86	Gargano	6	5,15
4-5	1995	10	5	23	51	50,1	Gargano	5	3,95
5	1996	11	10	23	23	10,77	Tavoliere delle Puglie	5-6	4,35
4-5	2000	8	30	13	45	16,53	Isole Tremiti		4,23
5	2001	7	2	10	4	43,18	Tavoliere delle Puglie	5	4,26
5	2002	11	1	15	9	1,92	Molise	7	5,72
4	2003	6	1	15	45	18,04	Molise	5	4,44
3-4	2003	12	30	5	31	38,26	Molise	4-5	4,53
4-5	2006	5	29	2	20	6,26	Gargano		4,64
4-5	2006	10	4	17	34	20,5	Adriatico centrale	4-5	4,3
3	2006	12	10	11	3	41,57	Adriatico centrale	10	4,48

Tabella 12.4 - Sismicità storica di Lesina (FG).

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	91 DI 108

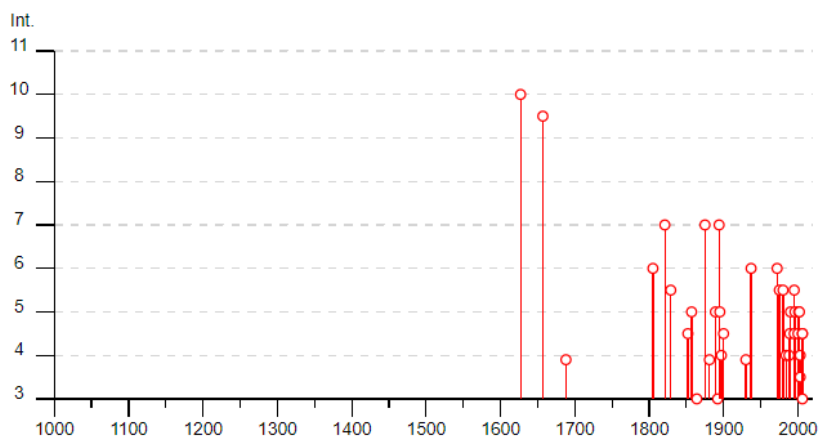


Figura 12.12 - Storia sismica di Lesina (FG); in ordinata: Intensità al sito (Is); in ascissa: anni.

STORIA SISMICA DI LESINA									
I (MCS)	a	m	g	o	m	s	AREA EPICENTRALE	Io	Mw
9-10	1627	7	30	10	50		Capitanata	10	6,66
9	1627	8	7	16	40		Capitanata	9	6,03
8-9	1646	5	31				Gargano	10	6,72
6-7	1647	5	5	12	30		Gargano	7-8	5,69
HF	1731	3	20	3			Tavoliere delle Puglie	9	6,33
6	1805	7	26	21			Molise	10	6,68
6	1851	8	14	13	20		Vulture	10	6,52
4-5	1852	12	9	21	15		Gargano	5	4,31
2	1882	6	6	5	40		Isernino	7	5,2
4-5	1889	12	8				Gargano	7	5,47
NF	1893	8	10	20	52		Gargano	8	5,39
5	1894	3	25				Gargano	6-7	4,9
2-3	1905	11	26				Irpinia	7-8	5,18
NF	1908	1	8	21	41		Isole Tremiti	5	4,16
4-5	1910	6	7	2	4		Irpinia-Basilicata	8	5,76
3	1912	7	2	7	34		Tavoliere delle Puglie	5	4,55
5	1913	10	4	18	26		Molise	7-8	5,35
4	1915	1	13	6	52	43	Marsica	11	7,08
5	1919	10	21	0	24		Gargano	5-6	5,03
6	1930	7	23	0	8		Irpinia	10	6,67
6	1937	7	17	17	11		Tavoliere delle Puglie	6	4,96
4	1951	1	16	1	11		Gargano	7	5,22
3	1956	9	22	3	19	39	Gargano	6	4,64
5-6	1962	8	21	18	19		Irpinia	9	6,15

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	92 DI 108

STORIA SISMICA DI LESINA									
I (MCS)	a	m	g	o	m	s	AREA EPICENTRALE	lo	Mw
NF	1970	1	21	18	36	25	Gargano	5	4,34
4	1971	5	6	3	45	5	Irpinia	6	4,83
4-5	1972	2	29	20	54	17,74	Gargano	6	4,71
6	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	10	6,81
4	1984	5	7	17	50		Monti della Meta	8	5,86
4	1984	5	11	10	41	49,27	Monti della Meta	7	5,47
4	1989	3	11	21	5		Gargano	5	4,34
NF	1990	2	1	6	24	14,15	Isole Tremiti		4,43
3-4	1990	5	5	7	21	29,61	Potentino		5,77
NF	1991	5	26	12	25	59,42	Potentino	7	5,08
NF	1992	11	5	13	34	27,86	Gargano	5	4,34
5	1995	9	30	10	14	33,86	Gargano	6	5,15
5	1996	11	10	23	23	10,77	Tavoliere delle Puglie	5-6	4,35
4-5	2001	7	2	10	4	43,18	Tavoliere delle Puglie	5	4,26
5	2002	10	31	10	32	59,05	Molise	7-8	5,74
5	2002	11	1	15	9	1,92	Molise	7	5,72
5	2002	11	12	9	27	48,57	Molise	5-6	4,57
3	2003	1	27	4	3	46,57	Molise	5	3,84
4-5	2003	6	1	15	45	18,04	Molise	5	4,44
4-5	2003	12	30	5	31	38,26	Molise	4-5	4,53
NF	2005	3	1	5	41	37,38	Molise	4	3,68
5	2006	5	29	2	20	6,26	Gargano		4,64
NF	2006	10	4	17	34	20,5	Adriatico centrale	4-5	4,3
3	2006	12	10	11	3	41,57	Adriatico centrale		4,48

Tabella 12.5 - Sismicità storica di Serracapriola (FG).

GE - GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	93 DI 108

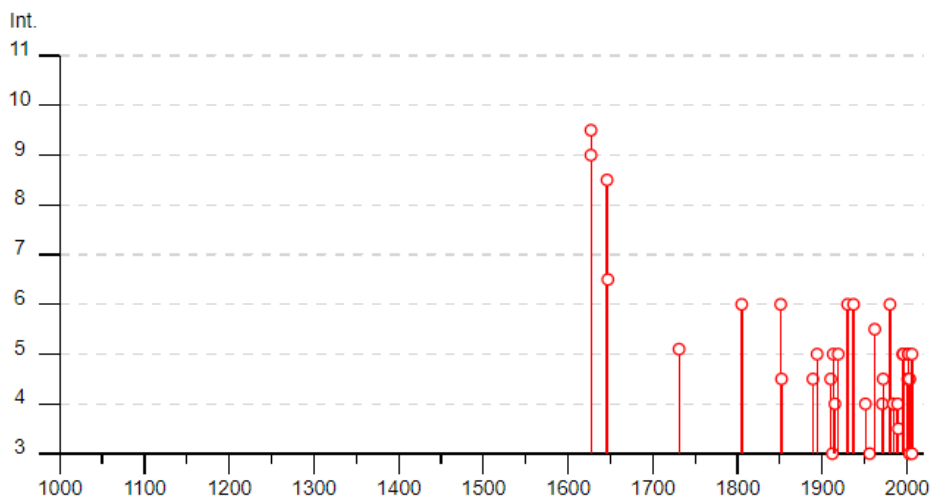


Figura 12.13 - Storia sismica di Serracapriola (FG); in ordinata: Intensità al sito (I_s); in ascissa: anni.

In conclusione, l'area in studio si inserisce in un contesto di medio-alta pericolosità sismica, così come si evince anche dalla figura seguente tratta dalla carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, la quale conferma che il l'area in esame ricade in un territorio che ha subito storicamente risentimenti pari al X grado della scala MCS.

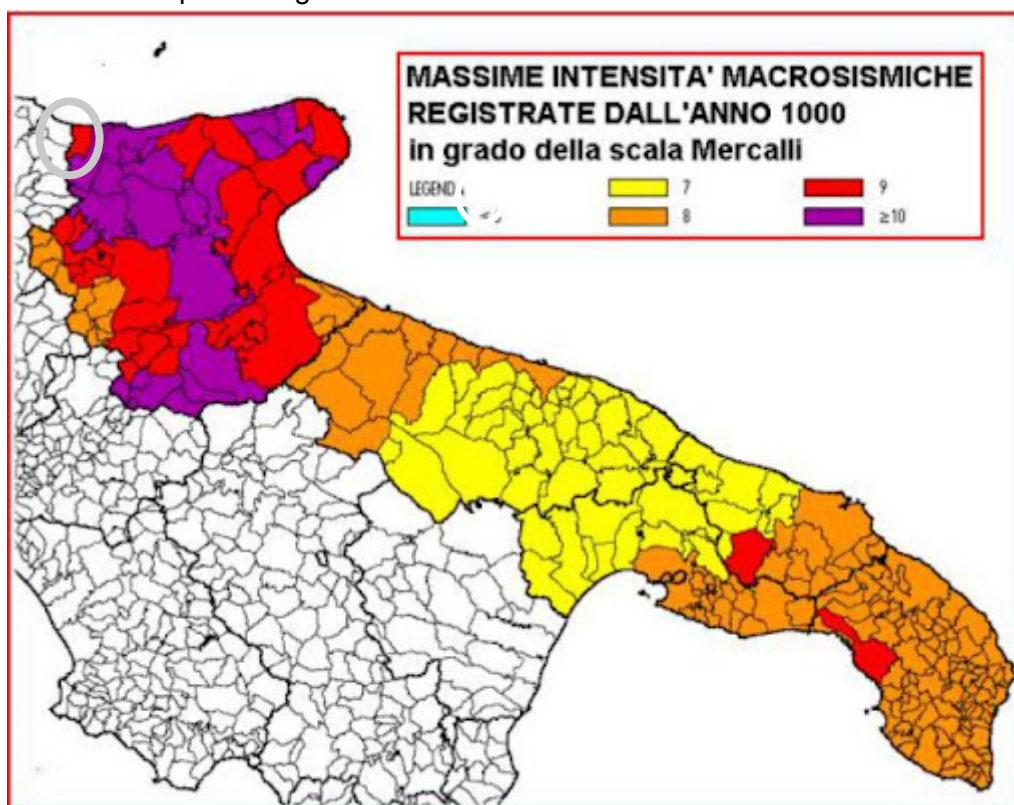


Figura 12.14 - Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Molin, Stucchi, Valsenise, [ingvhttp://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html](http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html)), con indicazione dell'area di studio.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	94 DI 108

12.5 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella seguente, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio "VS". I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio VSeq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella seguente.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati 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.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	95 DI 108

Categoria	Descrizione
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 12.6 – Categorie di sottosuolo NTC2018.

Per la definizione della categoria di sottosuolo sismica, in accordo alla normativa vigente sono state eseguite prospezioni geofisiche finalizzate alla determinazione della Vs-equivalente ed in particolare prove sismiche di tipo Cross-Hole, Down Hole e MASW. Inoltre, in sede di progettazione definitiva, per caratterizzare la zona della prima parte del viadotto, interessata da predominanza di terreni coesivi, si sono utilizzati anche i dati di resistenza al taglio non drenata ($cu_{,30}$) da pocket Penetrometer e da prove CPT e i valori di $V_{s,30}$ estrapolati da CPT (in base alla correlazione di Mayne & Rix, 1993). Si fa presente che in sede di PD i valori si riferiscono alla Vs30, essendo ancora in vigore le NTC2008; tuttavia, considerato l'assetto sismostratigrafico, vi è corrispondenza tra la Vs30 e la Vsequivalente, cui si fa riferimento nella presente fase di progettazione, in ottemperanza alle NTC2018. Per quanto riguarda le prospezioni sismiche integrative, eseguite nella presente fase progettuale, alle indagini pregresse si aggiungono n.5 MASW e n.1 down-hole, con quest'ultima eseguita nel foro di sondaggio SG01.

Dall'interpretazione delle indagini si evince che lungo il tracciato il valore della velocità Vs-equivalente è piuttosto variabile, passando da categoria C a D ed anche a B (come riportato nella tabella seguente); quindi, cautelativamente, per il dimensionamento delle opere si considera:

- Da inizio tracciato km 0+000 al km 2+300 si associa una categoria di sottosuolo sismica C;
- Dal km 2+300 al km 3+100 si associa una categoria di sottosuolo sismica D. Come si evince dalla seguente tabella, le verticali di indagine CHIA33V15 e PEIA33V08 mostrano con la profondità valori di velocità delle onde di taglio Vs e valori di resistenza in condizioni non drenata (cu) più bassi delle verticali di indagine ubicate vicino. Quindi è lecito presupporre che la categoria di sottosuolo D sia limitata alla zona della spalla, comunque cautelativamente si considera la categoria di sottosuolo D per l'intervallo di progressive indicato.
- Dal km 3+100 a fine tracciato al km 6+840, si associa una categoria di sottosuolo sismica C.

PROVA	Progressiva [km]	Tipo di prova	Vs-equivalente [m/s]	$cu_{,30}$ [kPa]	Categoria di sottosuolo
INDAGINI PD					
H1-S1 / XH	0+144	Down_hole	372	-	B
XI	da 0+100 a 0+440	RE.MI./MASW	342	-	C
H3-S3	2+082	Down_hole	198	-	C
XG	Da 2+100 a 2+220	RE.MI./MASW	208	-	C
PCIA33V16	2+410	sondaggio	-	91	C
PEIA33V08	2+567	CPT	$Vs=180+220$	$Cu<70$	D
CH V14-V15	2+569.5	Cross Hole	166	75	D

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	96 DI 108

PROVA	Progressiva [km]	Tipo di prova	Vs-equivalente [m/s]	cu,30 [kPa]	Categoria di sottosuolo
INDAGINI PD					
PCIA33V13	2+596	sondaggio	-	99	C
PEIA33V12	2+654	CPT	Vs=200÷280	Cu=70÷150	C
PCIA33V12	2+695	sondaggio	-	103	C
PEIA33V07	2+757	CPT	Vs=200÷280	Cu=70÷150	C
PCIA33V11	2+799	sondaggio	-	150	C
PCIA33V10	2+889	sondaggio	-	84	C
PCIA33V09	2+966	sondaggio	-	97	C
CH V01-V02	3+717.5	Cross Hole	402	-	B
XD	Da 4+750 a 5+070	RE.MI./MASW	333	-	C
XE		RE.MI./MASW	355	-	C
XF	Da 4+110 a 4+250	RE.MI./MASW	402	-	B
H7-S7	6+008	Down_hole	396	-	B
XM	Da 6+200 a 6+600	RE.MI./MASW	380	-	B
XA		RE.MI./MASW	352	-	C
XB		RE.MI./MASW	336	-	C
XC		RE.MI./MASW	382	-	B
INDAGINI PE					
SG01	1+260	Down_hole	310	-	C
MW01	0+350	MASW	351	-	C
MW02	2+300	MASW	490	-	B
MW03	4+050	MASW	433	-	B
MW04	5+790	MASW	474	-	B
MW05	6+760	MASW	441	-	B

Tabella 12.7 – Categorie di sottosuolo emerse dalle indagini geognostiche.

12.6 LIQUEFAZIONE

Valutazioni circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche vanno svolte in presenza di terreni granulari saturi. La liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Le NTC indicano che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- ✓ accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- ✓ profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

GE – GEOLOGIA

**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	97 DI 108

- ✓ depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- ✓ distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

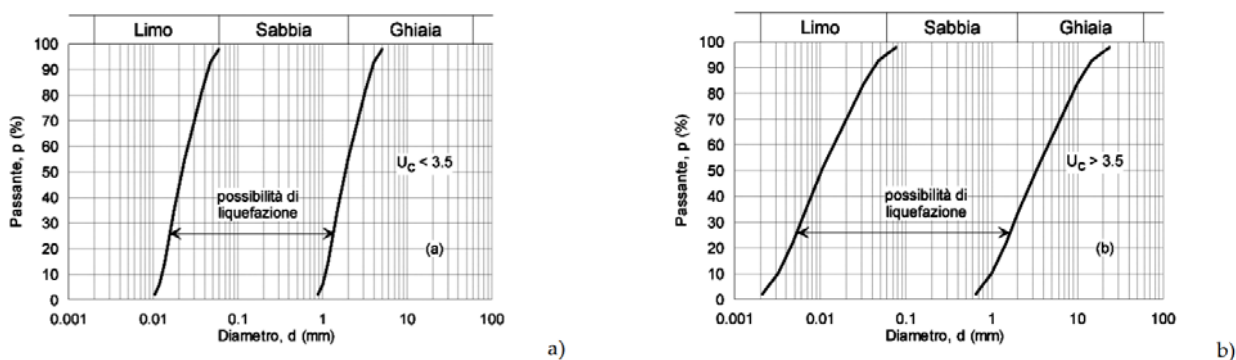


Figura 12.15 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione NTC2018.

Sulla base di quanto esposto nei capitoli precedenti, l'areale di progetto: è caratterizzato da accelerazioni massime attese al piano campagna maggiori di 0,1g; la profondità media stagionale della falda è prossima al p.c. fino al km 4+200 circa, poi si approfondisce tra i 10 e i 15 m da p.c. fino a fine tracciato; sono presenti intervalli strati sabbiosi e/o limo-sabbiosi di bassa plasticità con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} < 30$. Di conseguenza, esiste la possibilità che possano verificarsi fenomeni di liquefazione, nei confronti dei quali sono state eseguite verifiche analitiche, sulla base dei risultati delle indagini geognostiche.

Diversamente, si può escludere, per motivi litostratigrafici, la possibilità di liquefazione per i tratti compresi tra le pk 0+000 e 0+250 e tra la pk 3+950 e la fine del tracciato (6+844,842); infatti, in tali situazioni non sono presenti depositi sabbiosi e sabbioso limosi al di sopra delle unità plio-pleistoceniche e/o il livello di falda è posto al di sotto degli strati potenzialmente liquefacibili.

Per quanto riguarda le verifiche eseguite per i tratti potenzialmente liquefacibili, le analisi condotte hanno permesso di determinare il potenziale di liquefazione, che si mantiene su valori bassi e moderati (IL generalmente inferiore a 2), con cedimenti attesi in caso di sisma di progetto compresi tra 0 e 11 cm circa.

Fa eccezione il tratto compreso tra le progressive chilometriche 2+020 e 2+400 (Rilevato RI04) dove il potenziale di liquefazione diviene alto e molto alto, con cedimenti attesi compresi tra 10 e 35 cm circa. Considerata la profondità relativamente elevata dei depositi sabbiosi saturi, il rischio liquefazione sembrerebbe da escludere sotto l'aspetto litostratigrafico (ricostruito dalla correlazione tra le indagini geognostiche pregresse e quelle eseguite in sede di PE), anche in considerazione del fatto che le sabbie

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	98 DI 108

stesse sono confinate entro spessi intervalli di depositi a grana fine a bassa permeabilità, così come rappresentato sul profili geologico. Tuttavia, considerati gli esiti delle verifiche, fermo restando ulteriori valutazioni da eseguire in corso d'opera, sono previsti interventi di consolidamento mediante una maglia regolare di colonne di Compaction Grouting, al fine di scongiurare eccessivi cedimenti del corpo del rilevato (oltre al rischio concreto di danni diretti ai convogli in circolazione).

Altro tratto per il quale gli esiti delle indagini geognostiche integrative non hanno escluso il rischio liquefazione è quello del rilevato RI03, per il quale si rendono necessarie verifiche geotecniche e ulteriori valutazioni in corso d'opera.

Diversamente, per quanto riguarda i depositi sabbiosi saturi rilevati nell'intorno della pk 0+550 dal sondaggio DHIA30P01, nonostante siano emersi valori puntuali di N_{spt} con fattore di sicurezza alla liquefazione inferiore all'unità, le due prove penetrometriche statiche CPT1 e CPT2, non hanno confermato il rischio liquefazione.

Infine, per quanto riguarda la zona del nuovo viadotto, dove in corrispondenza di alcune pile è stata rilevata la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, in tal caso, l'adozione di fondazioni profonde su pali consente di escludere che fenomeni di liquefazione possano interferire con la stabilità dell'opera.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati geotecnici.

12.7 INPUT SISMICI DI PROGETTO

L'area d'interesse progettuale si inserisce in un contesto di medio alta pericolosità sismica. Per una trattazione di dettaglio in merito alla pericolosità sismica dell'area di progetto si rimanda a quanto esposto nella Relazione sismica", mentre, in questo capitolo ci si limita a riepilogare le informazioni significative per la progettazione sismica delle opere.

In particolare, ai fini della sismicità e con riferimento alle NTC 2008 sono stati adottati, in coerenza con il Progetto Definitivo, i seguenti input:

- ✓ Vita nominale: assimilando le opere in progetto ad "Costruzioni con livelli di prestazioni elevati", si considera $V_N = 75$ anni.
- ✓ Classe d'uso: le opere in progetto possono essere classificate all'interno della Classe d'uso III "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso", cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_u = 1,5$.
- ✓ Periodo di riferimento: $V_N * C_u = 112,5$ anni
- ✓ Azione sismica su suolo rigido: si veda la seguente tabella riepilogativa generale:

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	99 DI 108

Stato limite	Tr Anni	Ag (g)	Fo	T*c (s)
SLO	68	0,080	2,506	0,296
SLS	113	0,102	2,508	0,313
SLV	1068	0,266	2,432	0,340
SCL	2193	0,347	2,427	0,351

Tabella 12.8 - Parametri spettrali del sito di progetto per i diversi stati limite.

- ✓ Categoria di sottosuolo: lungo il tracciato sono state identificate due categorie di sottosuolo, corrispondenti, rispettivamente, alla categoria **C** “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina)* ed alla categoria **D** “*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s*”.
- ✓ Categoria topografica: considerando un territorio fondamentalmente pianeggiante o a basso gradiente, si è assunta per l'intero tracciato la categoria topografica T1.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	100 DI 108

14 CONCLUSIONI

Il presente documento è stato redatto sulla base di studi geologici e risultati di indagini geognostiche eseguite in più fasi.

In particolare, le indagini pregresse consistono in: n.25 sondaggi, con prove in foro, prelievo di campioni sottoposti a prove di laboratorio ed installazione di strumentazioni geotecniche, tra cui n.15 piezometri e tubazioni per prove geofisiche in foro; n.17 prove penetrometriche statiche continue; prospezioni geofisiche, tra le quali n.10 prospezioni geofisiche MASW/Re.Mi, n.5 down-hole, n.2 cross-hole e n.2 topografie geoelettriche; n.7 pozzetti esplorativi; prove di laboratorio su n.91 campioni. Le indagini di PE incrementano le informazioni disponibili, comprendendo: n.4 sondaggi, con prove in foro, prelievo di campioni sottoposti a prove di laboratorio ed installazione di strumentazioni geotecniche, tra cui n.3 piezometri e n.1 tubazione per prova geofisica down-hole; n.19 prove penetrometriche continue; prospezioni geofisiche, tra le quali n.5 prospezioni geofisiche MASW e n.1 down-hole; n.15 pozzetti esplorativi; prove di laboratorio sui campioni prelevati in foro di sondaggio e nei pozzetti esplorativi.

Dal punto di vista geologico, il tracciato ferroviario in progetto intercetta terreni quaternari eterogenei di origine alluvionale e fluvio-marina da argilloso limosi a ghiaioso sabbiosi e conglomeratici, poggianti su un substrato marino plio-pleistocenico sabbioso-argilloso del Pleistocene inferiore.

I rapporti laterali e verticali tra i litotipi riconosciuti sono rappresentati nella cartografia geologica e nei profili geologici e geotecnici, dai quali si evince l'elevata eterogeneità litologica dei terreni di sedime, geotecnicamente assimilabili in parte a terreni granulari ed in parte a terreni coesivi, con caratteristiche di resistenza e deformabilità più scarse in corrispondenza dei corpi di natura alluvionale e delle coperture eluvio-colluviali e che migliorano in corrispondenza dei litotipi di substrato. Sempre sui profili sono rappresentate le opere principali e minori, le indagini eseguite nelle diverse fasi, le caratteristiche di permeabilità dei terreni e la minima profondità di falda riscontrata in fase di monitoraggio.

L'areale di progetto occupa un'area subpianeggiante a basso gradiente, priva di criticità morfologiche e geomorfologicamente stabile. Le uniche pericolosità sono di natura idraulica e legate a fenomeni di inondazione, in particolar modo connessi alla presenza del Fiume Fortore by passato dal viadotto esistente; tuttavia, il tracciato in progetto, sviluppato in parte in rilevato, in parte in viadotto rimane a quota di sicurezza idraulica. A tal proposito, si fa presente che l'areale di progetto è sottoposto a vincoli di natura idraulica censiti dal PAI e dal PGRA e che gli interventi in progetto risultano compatibili con riferimento alle relative norme di attuazione e misure di salvaguardia.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, il grado di permeabilità dei terreni più superficiali è molto variabile. Infatti, i depositi di natura alluvionale, presenti tra le p.k. 0+200 e 4+750, sono estremamente eterogenei e complessivamente presentano un basso grado di permeabilità relativa; diversamente, la parte restante del tracciato è caratterizzata in superficie da terreni con grado di permeabilità relativa medio. Considerato l'assetto geologico-stratigrafico, la formazione di falde acquifere lungo l'intero areale di progetto, è legata al tamponamento esercitato dal substrato impermeabile delle Argille Subappennine. Le indagini geognostiche e le misure sui piezometri hanno permesso di ricostruire l'andamento del livello piezometrico entro l'intero areale di progetto, evidenziando la presenza di un'importante acquifero che ha sede nel complesso idrogeologico alluvionale; alla luce dei dati disponibili le acque di falda rimangono in parte a profondità superiore rispetto agli scavi di progetto ed in parte interferite dagli scavi.

L'opera di maggiore rilevanza progettuale è certamente il viadotto, il quale si sviluppa in un comparto

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	101 DI 108

caratterizzato da importanti spessori di materiali alluvionali in falda, litologicamente eterogenei e con spiccate eteropie laterali e verticali, con conseguente necessità di dover ricorrere a fondazioni di tipo indiretto su pali di grande diametro.

Per quanto riguarda i piani di posa dei rilevati, lo spessore minimo di scotico è pari a 0.50 m e comunque con asportazione dell'intero spessore di terreno vegetale, ricorrendo laddove necessario a bonifica e sostituzione con materiale idoneo, così come già preventivamente previsto per alcune specifiche tratte. L'imposizione dei sovraccarichi derivanti dai rilevati impone cedimenti maggiori a carico dei terreni di natura alluvionale, in parte a decorso rapido o relativamente rapido e che andando ad esaurirsi nell'ambito dei tempi di costruzione, in parte con cedimenti a lungo termine, tuttavia, compatibili con la funzionalità della struttura.

Da un punto di vista sismico, l'areale di progetto si inserisce in un contesto di medio-alta pericolosità sismica ed in accordo con la normativa vigente nazionale e regionale è stata redatta una "Relazione sismica" cui si rimanda per maggiori dettagli, basato sui dati emersi dalle indagini geognostiche, tra le quali numerose prospezioni geofisiche pregresse, integrate nel corso della presente fase progettuale e che hanno permesso un'accurata caratterizzazione sismica dei terreni di sedime. In caso di terremoti, fenomeni di liquefazione potrebbero riguardare localmente i terreni alluvionali granulari in falda e laddove le verifiche evidenziano un elevato potenziale di liquefazione, al fine di scongiurare possibili effetti sul corpo dei rilevati, fermo restando ulteriori valutazioni da eseguire in corso d'opera, sono stati previsti locali interventi di consolidamento con messa in opera di colonne di Compaction Grouting. Diversamente, è da escludere la possibilità che possano verificarsi fenomeni di fagliazione superficiale.

Infine, per la caratterizzazione geotecnica e relativi parametri di resistenza e deformabilità assegnati ai litotipi intercettati dal tracciato si rimanda alla "Relazione di caratterizzazione geotecnica".

GE – GEOLOGIA**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	102 DI 108

15 BIBLIOGRAFIA

Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, 2005. Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino interregionale del Fiume Fortore. Relazione Generale.

Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, 2005. Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino interregionale del Fiume Fortore. Norme di Attuazione.

Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, 2005. Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino interregionale del Fiume Fortore. Cartografia della pericolosità idraulica e da frana e valanga (<http://adbpcn.regione.molise.it/autorita/main/pai.html>)

Ambrosetti P., Carrara F., Deiana G. & Dramis F., 1982. Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio. In: CNR - Progetto finalizzato alla "Geodinamica" - Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, parte 2, 219-223.

Azzaroli A., 1968. Calcarenite di Gravina. Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia - Formazioni Geologiche. Servizio Geologico d'Italia, I, 183-185.

Bertotti G., Casolari E. & Picotti V., 1999. The Gargano Promontory: a Neogene contractional belt within the Adriatic plate. Terra Nova, 11, 168-173.

Bigi S., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. & Scandone P., 1992. Structural model of Italy scale 1:500,000. P.F. Geodinamica, 114, C.N.R.

Bonardi G., Ciarcia S., Di Nocera S., Matano F., Sgrossol. & Torre M., 2009. Carta delle principali unità cinematiche dell'Appennino meridionale. Nota illustrativa. Bollettino della Società Geologica Italiana, 128, 47-60.

Boni A., Casnedi R., Centamore E., Colantoni P., Cremonini G., Elmi C., Monesi A., Selli R. & Valletta M., 1969. Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia. Foglio 155 "San Severo".

Bosellini A., Neri C. & Luciani V., 1993. Platform margin collapses and sequence stratigraphic organization of carbonate slopes: Cretaceous-Eocene, Gargano Promontory, southern Italy. Terra Nova, 5, 282-297.

Brondi A., Ferretti O. & Anselmi B., 1976. Studio della dispersione dei sedimenti della piattaforma costiera compresa tra Termoli e Barletta mediante l'uso dei detriti della formazione delle "Pietre Nere" come traccianti naturali. Bollettino della Società Geologica Italiana, 95, 1347-1363.

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	103 DI 108

Bruschi A., 2004. Meccanica delle rocce nella pratica geologica ed ingegneristica. Flaccovio Editore.

Buonanno A., Pertusati S. & Zuppetta A., 2007. Structural evolution of the Fortore Unit (Southern Apennines, Italy). Bollettino della Società Geologica Italiana, 126 (3), 497-510.

Caldara M. & Pennetta L., 1993. Nuovi dati per la conoscenza geologica e morfologica del Tavoliere di Puglia. Bonifica, 8 (3), 25-42.

Capuano N., Pappafico G. & Augelli G., 1996. Ricostruzione dei sistemi deposizionali plio- pleistocenici del margine settentrionale dell'avanfossa pugliese. Memorie della Società Geologica Italiana, 51, 273-293.

Casnedi R. & Moruzzi G., 1978. Geologia del campo gassifero di Chieuti (Foggia). Bollettino della Società Geologica Italiana, 97, 189-196.

Casnedi R., Crescenti U. & Tonna A., 1982. Evoluzione dell'avanfossa adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene, sulla base di dati di sottosuolo. Memorie della Società Geologica Italiana, 24, 243-260.

Casnedi R., 1988. La Fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione. Memorie della Società Geologica Italiana, 35, 439-448.

Celico P., 1986. Prospezioni idrogeologiche. Liguori Editore, Napoli.

Celico P., De Vita P., Monacelli G., Scalise A.R. & Tranfaglia G., 2007. Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

Chilovi C., De Feyter A.J. & Pompucci A., 2000. Wrench zone reactivation in the Adriatic Block: the example of the Mattinata Fault System (SE Italy). Bollettino della Società Geologica Italiana, 119, 3-8.

Ciaranfi N., Ghisetti F., Guida M., Iaccarino G., Lambiase S., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G., Torre M., Tortorici L. & Vezzani L., 1983. Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale. Pubbl. 515 Prog. Fin. Geod. C.N.R.

Cinque A., Patacca E., Scandone P. & Tozzi M., 1993. Quaternary kinematic evolution of the Southern Apennines. Relationship between surface geological features and deep lithospheric structures. Annali di Geofisica, 36, 249-260.

Civita M. & De Maio M., 2000. Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico SINTACS R5. A new parametric system for the assessment and automatic mapping of ground water vulnerability to contamination, Quaderni e Tecniche

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	104 DI 108

di Protezione ambientale, 72, Pitagora, Bologna, 226 pp., 1 CD-ROM.

Colacicco G., 1953. La carta delle acque sotterranee del Tavoliere - osservazioni e perforazioni eseguite nel biennio 1951-1952. Arti Grafiche Pescatore, Foggia.

Corrado S., Di Bucci D., Naso G. & Butler R.W.H., 1997. Thrusting and strike-slip tectonics in the Alto Molise region (Italy): implications of the Neogene-Quaternary evolution of the Central Apennine orogenic system. Journ. Geol. Soc. London, 154, 679-688.

Cotecchia V., 1956. Gli aspetti idrogeologici del Tavoliere delle Puglie. L'Acqua, 11-12, 168-180.

Cotecchia V., Ferrari G., Fidelibus M.D., Polemio M., Tadolini T. & Tulipano L., 1995. Considerazioni sull'origine e rinnovabilità delle acque presenti in livelli sabbiosi profondi del Tavoliere di Puglia. Quaderni di Geologia Applicata, 163-173, Bologna.

Cremonini G., Elmi C. & Selli R., 1971. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Foglio 156 "S. Marco in Lamis". Servizio Geologico d'Italia, pp.66, Roma. D'Alessandro L., Miccadei E. & Piacentini T., 2003. Morphostructural elements of central-eastern Abruzzi: contributions to the study of the role of tectonics on the morphogenesis of the Apennine chain. In "Uplift and erosion- driving processes and resulting landforms". Quaternary International, 101-102, 115-124.

D'Argenio B., Pescatore T. & Scandone P., 1973. Schema geologico dell'appennino meridionale (Campania e Lucania). Atti del Convegno Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino. Acc. Naz. Lincei, 183, 49-72.

D'Argenio B., 1974. Le piattaforme carbonatiche periadriatiche. Una rassegna di problemi nel quadro geodinamico mesozoico dell'area mediterranea. Memorie della Società Geologica Italiana, 13, 137-160.

De Girolamo A.M., Limoni P.P., Portoghese I. & Vurro M., 2001. Utilizzo di tecniche GIS per la valutazione e rappresentazione del bilancio idrogeologico a scala regionale. Acqua, 2, 57-70.

Del Gaudio V., Pierri P. & Calcagnile G., 2009. Seismogenic zonation and seismic hazard estimates in Southern Italy area (Northern Apulia) characterised by moderate seismicity rates. Natural Hazards and Earth System Sciences, 9, 161-174.

Demangeot J., 1965. Géomorphologie des Abruzzes adriatique. Mem. et Docum., C.N.R.S., 403 pp.

Di Bucci D., Corrado S., Naso G. Parotto M. & Praturlon A., 1999. Evoluzione tettonica neogenico- quaternaria dell'area molisana. Bollettino della Società Geologica Italiana, 118, 13-30.

Di Bucci D. & Tozzi M., 1992. La linea "Ortona-Roccamonfina": revisione dei dati esistenti e nuovi

GE – GEOLOGIA**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	105 DI 108

contributi per il settore settentrionale (Media valle del Sangro). Studi Geologici Camerti, vol. spec. 1991/92, 397-406.

Di Staso A. & Giardino S., 2002. New integrate biostratigraphic data about the Saraceno Formation (North Calabrian Unit; Southern Apennines). Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. spec. 1, 517-526.

Dogliani C., Mongelli F. & Pieri P., 1994. The Puglia uplift (SE Italy): an anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere. Tectonics, 13, 1309- 1321.

Doucet A., Cazzola C. & Marinelli S., 1990. Il campo di Rospo Mare: un esempio di paleokarst petrolifero. Memorie della Società Geologica Italiana, 45, 783-789.

Funciello R., Montone P., Salvini F. & Tozzi M., 1988. Caratteri strutturali del Promontorio del Gargano. Memorie della Società Geologica Italiana, 41, 1235-1243.

Gambini R. & Tozzi M., 1996. Tertiary geodynamic evolution of the Southern Adria Microplate. Terra Nova, 8, 593-602.

Grassi D. & Tadolini T., 1992. Caratteristiche chimico-fisiche delle acque della falda carsica del Gargano. CNR-GNDCI, 538, 375-416.

Graziano R., 2000. The Aptian-Albian of the Apulia Carbonate Platform (Gargano Promontory, southern Italy): evidence of paleoceanographic and tectonic controls on the stratigraphic architecture of the platform margin. Cretaceous Research, 21, 106-127.

Gruppo di Lavoro, 2004. Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica prevista dall'Ordinanza del 20/03/2003 n. 3274 All. 1, per il Dipartimento di protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo-Servizio Geologico d'Italia. Progetto IFFI Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia. Regione Campania e Regione Puglia. (<http://www.progettoiffi.isprambiente.it>).

Jacobacci A., Malatesta A., Martelli G. & Stampanoni G., 1967. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 163 "Lucera".

Lanzafame G. & Tortorici L., 1976. Osservazioni geologiche sul medio e basso bacino del F. Biferno (Molise, Italia centro-meridionale). Geologica Romana, 15, 199-222.

Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Monaco C., 1990. Tettonica a thrust neogenica nella Catena appenninico-maghebide: esempi dalla Lucania e dalla Sicilia. Studi Geologici Camerti, vol. speciale,

GE – GEOLOGIA

**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	106 DI 108

19-26.

Locati M., Camassi R. & Stucchi M. (a cura di), 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>, DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI11>

Maggiore M. & Mongelli F., 1991. Hydrogeothermal model of groundwater supply to San Nazario Spring (Gargano, Southern Italy). Proceedings of the International Conference on Environmental Changes in Karst Areas, Padova 27 Sept. 1991; Quaderni del Dipartimento di Geografia, 13, 307-324.

Maggiore M., Nuovo G. & Pagliarulo P., 1996. Caratteristiche idrogeologiche e principali differenze idrochimiche delle falde sotterranee del Tavoliere di Puglia. Memorie della Società Geologica Italiana, 51, 669-684.

Maggiore M., Masciale R., Massari R., Pappagallo G., Passarella G. & Vurro M., 2004. Caratteri idrostrutturali del Tavoliere di Puglia ed elaborazione di una carta geolitologica a finalità idrogeologiche. Geologi e Territorio, 2/2004, 6-16.

Maggiore M. & Pagliarulo P., 2004. Circolazione idrica ed equilibri idrogeologici negli acquiferi della Puglia. Atti del Convegno "Uso e tutela dei corpi idrici pugliesi", 13-35, Bari, 21 giugno 2002, Supplemento a "Geologi e Territorio", 1/2004.

Meletti C. & Valensise G (a cura di), 2004 - Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20/03/2003 n.3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Zonazione sismogenetica ZS9, App.2 al Rapporto Conclusivo.

Merla G., Ercoli A. & Torre D., 1969. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 164 "Foggia".

Mongelli F. & Ricchetti G., 1970. Heat flow along the Candelaro fault, Gargano headland (Italy). Geothermics, Spec. Issue 2, 450-458.

Moretti M., Pieri P., Ricchetti G. & Spalluto L., 2011. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 396 San Severo. Litografia Artistica Cartografica S.r.l. Mostardini F. & Merlini S., 1986. Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di un modello strutturale. Memorie della Società Geologica Italiana, 35, 177-202.

Pagliarulo P., 1996. Migrazione di fluidi profondi nel substrato preplioceno nell'avanfossa appenninica (bacino pugliese e lucano). Memorie della Società Geologica Italiana, 51, 659-668.

Parea G.C., 1978. Trasporto dei sedimenti ed erosione costiera lungo il litorale fra il Tronto ed il Fortore

GE – GEOLOGIA
**Relazione Geologica, Geomorfologica e
 Idrogeologica
 Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	107 DI 108

(Adriatico Centrale). Memorie della Società Geologica Italiana, 19, 361-367.

Parea G.C., 1986. I terrazzi marini tardo-pleistocenici del fronte della Catena Appenninica in relazione alla geologia dell'Avanfossa Adriatica. Memorie della Società Geologica Italiana, 35, 913-936.

Patacca E. & Scandone P., 1989. Post-Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab. In: The lithosphere in Italy, Boriani et al. (eds), 157-176.

Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N. & Santini U., 1992. La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise. In: Tozzi M., Cavinato G.P., Parotto M. Eds. "Studi preliminari all'acquisizione dati del profilo CROP 11 Civitavecchia-Vasto". AGIP-CNR-ENEL. Studi Geol. Camerti, vol. spec. 1991-2, 417-441.

Patacca E. & Scandone P., 2007. Geology of the Southern Apennines. Bollettino della Società Geologica Italiana, Spec. Issue 7, 75-199.

Pavan G. & Pirini C., 1965. Stratigrafia del Foglio 157, "Monte S. Angelo". Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, 86, 123-189.

Pavia G., Bertok C., Ciampo G., Di Donato V., Martire L., Masini F., Pavia M., Santangelo N., Taddei Ruggiero E. & Zunino M., 2010. Tectono-sedimentary evolution of the Pliocene to Lower Pleistocene succession of the Apricena-Lesina-Poggio Imperiale quarrying district (western Gargano, southern Italy). Bollettino della Società Geologica Italiana, 129, 132-155.

Pierri P., Del Gaudio V. & Calcagnile G., 2008. Ridefinizione della zonazione sismogenetica della

Puglia settentrionale e implicazioni per le stime di pericolosità. Atti GNGTS - Sessione 2.2.

Pizzi A., 2003. Plio-Quaternary uplift rates in the outer zone of the Central Apennines fold-and-thrust belt, Italy. Quaternary International, 101-102, 229-237.

Pomar L. & Tropeano M., 2001. The Calcarenite di Gravina Formation in Matera (Southern Italy) new insights for coarse-grained, large scale, crossbedded bodies encased in offshore deposits. AAPG Bull., 85, 661-689.

Ricchetti G., Ciaranfi N., Luperto Sinni E., Mongelli F. & Pieri P., 1988. Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'Avampese Apulo. Memorie della Società Geologica Italiana, 41, 57-82.

Ricchetti E., Salvemini A. & Tadolini T., 1989. A hydrogeological study in a sample area of the Apulian Tavoliere between Ortanova and Cerignola. "SuoloSottosuolo", Atti Congresso Internazionale

GE – GEOLOGIA

**Relazione Geologica, Geomorfologica e
Idrogeologica
Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001001	C	108 DI 108

Geingegneria, sess IV, 533-540, Torino.

Rovida A., Camassi R., Gasperini P. & Stucchi M. (a cura di), 2011. CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI:10.6092/INGV.IT-CPTI11.

Scrocca D & Tozzi M. (1999) - Tettogenesi mio-pliocenica dell'Appennino molisano. Bollettino della Società Geologica Italiana, 118, 255-286.

Sella M., Turci C. & Riva A., 1988. Sintesi geopetrolifera della Fossa Bradanica (Avanfossa della Catena Appenninica meridionale), Memorie della Società Geologica Italiana, 41, 87-107.

Sonmez H., 2003. Modification to the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for aliuefaction-prone area (Inegol-Turkey). Environ Geology 44(7):862–871.

Spalluto L. & Moretti M. (2006) - Evidenze di neotettonica (Pliocene medio - Pleistocene superiore) nel settore occidentale del Promontorio del Gargano (Italia meridionale). Il Quaternario, 19, 143-154.

Tadolini T., Sdao F. & Ferrari G., 1989. Valutazioni sul grado di protezione della falda superficiale del Tavoliere di Foggia nei confronti dei rilasci in superficie di corpi inquinanti e sulle modalità di propagazione degli stessi in seno all'acquifero. Atti delle giornate di studio su Analisi Statistica di Dati Territoriali, 461-472, Bari.

Tropeano M. & Sabato L., 2000. Response of Plio-Pleistocene mixed bioclastic-lithoclastic temperate-water carbonate system to forced regression: the Calcarene di Gravina Formation, Puglia, SE Italy. In: "Sedimentary responses to forced regression" (D.Hunt & R.L. Gawthorpe, Eds.), Geol. Soc. London, Spec. Publ., 172, 217-243.

Valensise G. & Pantosti D., 2001. The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review, J. Seismol., 5, 287-306.

Venisti N., Calcagnile G., Del Gaudio V. & Pierri P., 2004. Combined analysis of seismic and gravimetric data in the Adriatic plate. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 142, 89- 100.

Zorzi L., Reina C., 1956. Sulla presunta idrografia sotterranea profonda della capitanata. Geotecnica, 1, 27-35, Milano.