

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA

GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IF1W 00 D 69 RG GE0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	S. Ferro	Luglio 2018	S. Giugliano	Luglio 2018	D. Aprea	Luglio 2018	F. Marchese Dicembre 2018
B	EMISSIONE ESECUTIVA	S. Ferro	Dicembre 2018	S. Giugliano	Dicembre 2018	D. Aprea	Dicembre 2018	

ITALFERR S.p.A.
Data: 10/12/2018
Redatto: F. Marchese
Verificato: S. Giugliano
Approvato: D. Aprea
Autorizzato: F. Marchese
Data: 10/12/2018

File: IF1W00D69RGGE0001001B.doc

n. Elab.: 49

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 2 di 137

INDICE

1	PREMESSA.....	5
1.1	ALTRI DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	8
2	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO.....	11
3	DATI DI BASE	13
3.1	INDAGINI IN SITO	13
3.1.1	<i>Campagna indagini Italferr 2017 - Raddoppio tratta Hirpinia - Orsara - Bovino.....</i>	<i>14</i>
3.1.2	<i>Campagna Italferr 2018 - Raddoppio tratta Orsara – Bovino e tratta Hirpinia - Orsara</i>	<i>16</i>
3.1.3	<i>Indagini bibliografiche</i>	<i>19</i>
3.2	DATI DI MONITORAGGIO	20
3.2.1	<i>Monitoraggio inclinometrico</i>	<i>20</i>
3.2.2	<i>Monitoraggio piezometrico.....</i>	<i>22</i>
3.3	PUNTI D'ACQUA.....	25
4	GEOLOGIA.....	28
4.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA	29
4.2	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE	33
4.3	CARATTERISTICHE STRUTTURALI	34
4.4	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE	35
4.4.1	<i>Unità tettonica della Daunia</i>	<i>36</i>
4.4.1.1	Sub-unità tettonica di Masseria Sicuranza	36
4.4.1.1.1	Calcareniti, argille e marne di Monte Sidone (SID)	36
4.4.1.1.2	Flysch di Faeto (FAE)	37
4.4.1.1.3	Marne argillose del Toppo Capuana (TPC).....	38
4.4.2	<i>Unità a limiti inconformi del Pliocene</i>	<i>38</i>
4.4.2.1	Supersistema di Ariano Irpino	38
4.4.2.1.1	Sistema di Bovino	38
4.4.2.1.1.1	Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa).....	38
4.4.2.1.1.2	Argille e sabbie del Vallone Meridiano (BVNb)	39
4.4.3	<i>Depositi marini del Plio-Pleistocene</i>	<i>40</i>
4.4.3.1	Unità della Fossa Bradanica	41
4.4.3.1.1	Argille Subappennine (ASP)	41
4.4.4	<i>Depositi continentali quaternari</i>	<i>41</i>
4.4.4.1	Unità del Tavoliere della Puglia.....	41
4.4.4.1.1	Sistema di Piano d'Amendola	41
4.4.4.1.1.1	Subsistema di La Mezzana (ADL2)	41
4.4.4.1.2	Sistema di Radogna (RDG)	42
4.4.4.1.3	Sistema di Orsara	42
4.4.4.1.3.1	Subsistema di Bosco di Acquara (ORS1)	42
4.4.4.1.3.2	Subsistema di Inverse Madonna (ORS2).....	42
4.4.4.1.4	Sistema di Foggia (TGF).....	43
4.4.4.1.5	Sistema de La Sedia di Orlando (LSO).....	43
4.4.4.1.6	Sistema del Torrente Carapelle e Cervaro.....	43
4.4.4.1.6.1	Subsistema dell'Incoronata (RPL1)	43
4.4.4.2	Depositi ubiquitari in formazione	44
4.4.4.2.1	Coltri eluvio-colluviali (b2)	44
4.4.4.2.2	Depositi alluvionali attuali (b)	44
5	GEOMORFOLOGIA	45
5.1	ELEMENTI IDROGRAFICI	47
5.2	ELEMENTI STRUTTURALI E TETTONICI.....	47

5.3	FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI.....	48
5.4	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI	49
5.5	FORME POLIGENICHE.....	50
5.6	FORME ANTROPICHE E MANUFATTI	51
5.7	CARTOGRAFIA DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO	51
5.7.1	<i>Tratta all'aperto Bovino.....</i>	52
5.7.2	<i>Galleria Orsara – imbocco lato Bari pk 31+039.....</i>	53
5.7.3	<i>Galleria Orsara – tratto in sotterraneo da pk 31+039 a pk 40+939.....</i>	54
5.7.4	<i>Galleria Orsara – imbocco lato Napoli pk 40+939.....</i>	56
5.7.5	<i>Tratta all'aperto Orsara e allaccio alla linea storica.....</i>	58
5.8	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO.....	59
6	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E POTENZIALI CRITICITÀ	64
6.1	TRATTO ALL'APERTO "BOVINO", DA PK 29+050 A PK 31+039.....	64
6.2	IMBOCCO GALLERIA ORSARA LATO BARI, DA PK 31+039 A PK 31+620.....	64
6.3	GALLERIA ORSARA, DA PK 31+620 A PK 32+900	65
6.4	GALLERIA ORSARA, DA PK 32+900 A PK 34+400	66
6.5	GALLERIA ORSARA, DA PK 34+400 A PK 36+000	67
6.6	GALLERIA ORSARA, DA PK 36+000 A PK 37+800	67
6.7	GALLERIA ORSARA, DA PK 37+800 A PK 38+800	68
6.8	GALLERIA ORSARA, DA PK 38+800 A PK 39+950	68
6.9	IMBOCCO GALLERIA ORSARA LATO NAPOLI, DA PK 39+950 A PK 40+939.....	69
6.10	TRATTA ALL'APERTO DI ORSARA, DA PK 40+939 A PK 41+259, E ALLACCIO ALLA LINEA STORICA	70
6.11	ELEMENTI DI CRITICITÀ GEOLOGICA	70
6.12	PRESENZA DI GAS NATURALI	71
7	IDROGEOLOGIA.....	74
7.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA.....	74
7.2	PROVE DI PERMEABILITÀ	76
7.3	PERMEABILITÀ DELLE FORMAZIONI GEOLOGICHE	79
7.4	COMPLESSI IDROGEOLOGICI	81
7.4.1	<i>Complessi delle unità del substrato.....</i>	81
7.4.1.1	<i>Complesso argilloso-marnoso.....</i>	81
7.4.1.2	<i>Complesso argilloso-sabbioso</i>	82
7.4.1.3	<i>Complesso calcareo-marnoso.....</i>	82
7.4.1.4	<i>Complesso arenaceo-conglomeratico</i>	82
7.4.2	<i>Complessi dei depositi di copertura.....</i>	83
7.4.2.1	<i>Complesso limoso-argilloso</i>	83
7.4.2.2	<i>Complesso ghiaioso-sabbioso</i>	83
7.5	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO.....	84
7.6	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO.....	86
7.7	VALUTAZIONE DELLE PORTATE DRENATE IN FASE DI SCAVO DELLE GALLERIE.....	87
7.7.1	<i>Metodologia</i>	87
7.7.2	<i>Calcolo delle portate drenate.....</i>	91
7.8	VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI INTERFERENZA PER LE RISORSE IDRICHE POSTE LUNGO IL TRACCIATO	93
7.9	CALCOLO DEL PARAMETRO DHI	94
8	MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO E POTENZIALI CRITICITÀ	98
8.1	TRATTO ALL'APERTO "BOVINO", DA PK 29+050 A PK 31+039.....	98
8.2	IMBOCCO GALLERIA ORSARA LATO BARI, DA PK 31+039 A PK 31+620.....	98
8.3	GALLERIA ORSARA, DA PK 31+620 A PK 32+900	98
8.4	GALLERIA ORSARA, DA PK 32+900 A PK 34+400	99
8.5	GALLERIA ORSARA, DA PK 34+400 A PK 36+000	100

8.6	GALLERIA ORSARA, DA PK 36+000 A PK 37+800	100
8.7	GALLERIA ORSARA, DA PK 37+800 A PK 38+800	100
8.8	GALLERIA ORSARA, DA PK 38+800 A PK 39+950	101
8.9	IMBOCCO GALLERIA ORSARA LATO NAPOLI, DA PK 39+950 A PK 40+939	101
8.10	TRATTA ALL'APERTO DI ORSARA, DA PK 40+939 A PK 41+259, E ALLACCIO ALLA LINEA STORICA	101
9	SISMICITÀ DELL'AREA	103
9.1	SISMICITÀ STORICA	105
9.2	SISMICITÀ ATTUALE	113
9.3	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	116
10	PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	119
10.1	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	119
10.1.1	<i>Tratta all'aperto di Bovino - prove di riferimento</i>	<i>119</i>
10.1.2	<i>Tratta all'aperto di Bovino – sintesi dei risultati e classificazione dei terreni</i>	<i>120</i>
10.1.3	<i>Tratta all'aperto di Orsara - prove di riferimento</i>	<i>122</i>
10.1.4	<i>Tratta all'aperto di Orsara – sintesi dei risultati e classificazione dei terreni</i>	<i>122</i>
10.1.5	<i>Allaccio alla Linea Storica - prove di riferimento</i>	<i>123</i>
10.1.6	<i>Allaccio alla Linea Storica – sintesi dei risultati e classificazione dei terreni</i>	<i>124</i>
10.2	CATEGORIA TOPOGRAFICA	125
10.2.1	<i>Tratta all'aperto di Bovino</i>	<i>125</i>
10.2.2	<i>Tratta all'aperto di Orsara</i>	<i>126</i>
10.2.3	<i>Allaccio alla Linea Storica</i>	<i>126</i>
11	STOP GEOLOGICI E RILIEVI GEOMECCANICI	127
11.1	PREMESSA	127
12	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	131

1 PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico eseguito a supporto della progettazione definitiva del raddoppio della tratta Bovino-Orsara (itinerario Napoli – Bari), come illustrato in Figura 1.

La lunghezza complessiva del tracciato in progetto è di circa 12,2 Km, dei quali circa 10 in sotterraneo, essendo prevista la realizzazione di una galleria, denominata “Orsara”, della lunghezza complessiva di 9880 m.

L’area interessata dallo studio, costituita da una fascia di territorio di circa 18 km² a cavallo del tracciato ferroviario in progetto, si colloca in prossimità dello spartiacque appenninico tra le regioni Campania e Puglia, ricadendo interamente nella porzione più occidentale della provincia di Foggia. In particolare, i comuni attraversati dall’opera in progetto sono quelli di Bovino e di Orsara di Puglia.

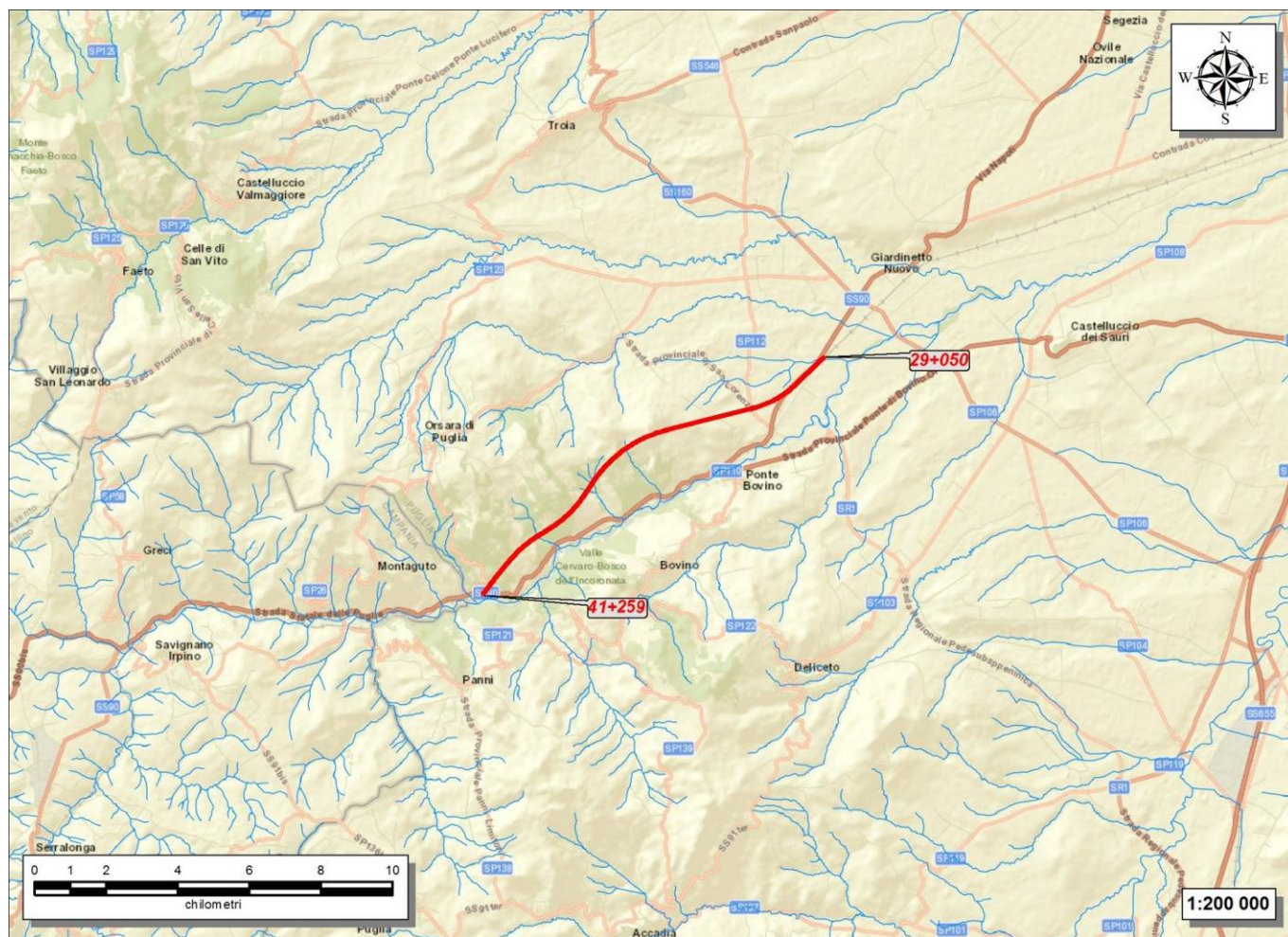


Figura 1. Corografia dell’area di studio con individuazione della tratta ferroviaria in progetto.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 6 di 137

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area di studio è individuabile all'interno del Foglio 174 (Ariano Irpino) in scala 1:100000, nelle Tavole 174-I-NO (Orsara di Puglia), 174-I-NE (Bovino) e 174-I-SO (Panni), in scala 1:25000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Puglia, negli elementi 420121, 420122, 420123, 420161, 420164, 421052, 421091 e 421094 in scala 1:5000.

In particolare, il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l'area di interesse, in particolare, quelli del Progetto CARG n. 421 "Ascoli Satriano" (ISPRA 2011a; Ciaranfi et al. 2011) e n. 433 "Ariano Irpino" (ISPRA 2011b; Torre et al. 2011);
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto e D.E.M.;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area, con la realizzazione di stazioni di rilievo geostrutturale e stop geologici;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nell'area di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

Il lavoro si è articolato in una fase preliminare di raccolta ed analisi dei dati bibliografici, a cui hanno fatto seguito le attività in campo (rilievo geomorfologico di dettaglio nelle aree degli imbocchi ed a basse coperture delle gallerie, supervisione delle indagini geognostiche in corso).

Nello studio si è fatto riferimento ai risultati della campagna di indagini geognostiche in sito appositamente realizzate nel corso del 2017 per lo studio di fattibilità tecnico-economica e nell'anno 2018 nell'ambito della presente fase progettuale, nonché alle indagini disponibili in campagne pregresse e bibliografiche.

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.

Con il presente studio viene fornito un quadro d'insieme geologico, geomorfologico ed idrogeologico adeguato all'attuale livello progettuale.

Le informazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area indagata sono state sintetizzate nei seguenti elaborati, che costituiscono parte integrante della presente relazione:

- Carta geologico-geomorfologica con elementi geostrutturali (n.4 tavole in scala 1:5.000);
- Carta idrogeologica (n.4 tavole in scala 1:5.000);

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 7 di 137

- Profilo geologico in asse al tracciato - Binario dispari (n.1 tavola in scala 1:5.000);
- Profilo geologico in asse al tracciato - Binario dispari (n.3 tavole in scala 1:5.000/500);
- Profilo geologico in asse al tracciato - Collegamento linea storica (n.1 tavola in scala 1:5.000 e 1:5.000/500);
- Profilo idrogeologico in asse al tracciato - Binario dispari (n.1 tavola in scala 1:5.000);
- Profilo idrogeologico in asse al tracciato - Binario dispari (n.3 tavole in scala 1:5.000/500);
- Profilo idrogeologico in asse al tracciato - Collegamento linea storica (n.1 tavola in scala 1:5.000 e 1:5.000/500);
- Sezioni geologiche trasversali A-A e B-B (area frane lungo la SS90) - (n.1 tavola in scala 1:5.000/500);
- Sezioni geologiche trasversali C-C e D-D (area frane lungo la SS90) - (n.1 tavola in scala 1:5.000/500);
- Carta geologico-geomorfologica e profilo geologico dell'area dell'imbocco della galleria Orsara lato Bari - (n.1 tavola in scala 1:2.000 e 1:2.000/200);
- Carta geologico-geomorfologica e profilo geologico dell'area dell'imbocco della galleria Orsara lato Napoli - (n.1 tavola in scala 1:2.000 e 1:2.000/200);
- Relazione di compatibilità geomorfologica.

L'elenco completo degli elaborati prodotti nell'ambito dello studio geologico è riportato nella seguente Tabella 1, suddiviso per gruppi tematici.

Tabella 1. Tratta Orsara- Bovino: elenco elaborati

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IF1W 0 0 D 69 G5 GE 00 0 1 001 B	Carta geologica-geomorfologica con elementi geostrutturali tav.1/4	1:5000
IF1W 0 0 D 69 G5 GE 00 0 1 002 B	Carta geologica-geomorfologica con elementi geostrutturali tav.2/4	1:5000
IF1W 0 0 D 69 G5 GE 00 0 1 003 B	Carta geologica-geomorfologica con elementi geostrutturali tav.3/4	1:5000
IF1W 0 0 D 69 G5 GE 00 0 1 004 B	Carta geologica-geomorfologica con elementi geostrutturali tav.4/4	1:5000
IF1W 0 0 D 69 G5 GE 00 0 2 001 B	Carta idrogeologica tav.1/4	1:5000
IF1W 0 0 D 69 G5 GE 00 0 2 002 B	Carta idrogeologica tav.2/4	1:5000
IF1W 0 0 D 69 G5 GE 00 0 2 003 B	Carta idrogeologica tav.3/4	1:5000

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 8 di 137

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IF1W 0 0 D 69 G5 GE 00 0 2 004 B	Carta idrogeologica tav.4/4	1:5000
IF1W 0 0 D 69 F5 GE 00 0 1 001 B	Profilo geologico in asse al tracciato - Binario dispari	1:5000
IF1W 0 0 D 69 FZ GE 00 0 1 001 B	Profilo geologico in asse al tracciato - Collegamento linea storica	1:5000/500
IF1W 0 0 D 69 FZ GE 00 0 1 002 B	Profilo geologico in asse al tracciato - Binario dispari tav. 1	1:5000/500
IF1W 0 0 D 69 FZ GE 00 0 1 003 B	Profilo geologico in asse al tracciato - Binario dispari tav. 2	1:5000/500
IF1W 0 0 D 69 FZ GE 00 0 1 004 B	Profilo geologico in asse al tracciato - Binario dispari tav. 3	1:5000/500
IF1W 0 0 D 69 F5 GE 00 0 2 001 B	Profilo idrogeologico in asse al tracciato - Binario dispari	1:5000
IF1W 0 0 D 69 FZ GE 00 0 2 001 B	Profilo idrogeologico in asse al tracciato - Collegamento linea storica	1:5000/500
IF1W 0 0 D 69 FZ GE 00 0 2 002 B	Profilo idrogeologico in asse al tracciato - Binario dispari tav. 1	1:5000/500
IF1W 0 0 D 69 FZ GE 00 0 2 003 B	Profilo idrogeologico in asse al tracciato - Binario dispari tav. 2	1:5000/500
IF1W 0 0 D 69 FZ GE 00 0 2 004 B	Profilo idrogeologico in asse al tracciato - Binario dispari tav. 3	1:5000/500
IF1W 0 0 D 69 WZ GE 00 0 1 001 B	Sezioni geologiche trasversali A-A e B-B (area frane lungo la SS90)	1:5.000/500
IF1W 0 0 D 69 WZ GE 00 0 1 002 B	Sezioni geologiche trasversali C-C e D-D (area frane lungo la SS90)	1:5.000/500
IF1W 0 0 D 69 LZ GE 00 0 1 001 B	Carta geologico-geomorfologica e profilo geologico dell'area dell'imbocco della galleria Orsara lato Bari	1:2000 - 1:2000/200
IF1W 0 0 D 69 LZ GE 00 0 1 002 B	Carta geologico-geomorfologica e profilo geologico dell'area dell'imbocco della galleria Orsara lato Napoli	1:2000 - 1:2000/200
IF1W 0 0 D 69 RG GE 00 0 1 002 A	Relazione di compatibilità geomorfologica ai sensi degli articoli 13, 14 e 15 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I. dell'Autorità di Bacino della Puglia	-

1.1 Altri documenti di riferimento

Ai fini del presente studio, si è fatto inoltre riferimento agli elaborati elencati nella seguente Tabella 2, relativi ad indagini in sito, di laboratorio e monitoraggio, prodotti a corredo della presente fase progettuale:

Tabella 2. Documentazione tecnica di riferimento a supporto dello studio geologico

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IF1W 0 0 D 69 SG GE 00 0 5 001 A	Indagini geognostiche profonde	-
IF1W 0 0 D 69 SG GE 00 0 5 002 A	Indagini geognostiche - Tratta allo scoperto lato Orsara	-
IF1W 0 0 D 69 SG GE 00 0 5 003 A	Indagini geognostiche - Tratta allo scoperto lato Bovino	-
IF1W 0 0 D 69 SG GE 00 0 5 004 A	Indagini geognostiche - Sondaggi BO-PD-S1, BO-PD-S5, BO-PD-S8 e BO-PD-S26	-

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IF1W 0 0 D 69 SG GE 00 0 5 005 A	Indagini geognostiche eseguite nell'anno 2017	-
IF1W 0 0 D 69 SG GE 00 0 5 006 A	Indagini geognostiche profonde eseguite nell'anno 2017	-
IF1W 0 0 D 69 SG GE 00 0 5 007 A	Indagini geognostiche - Sondaggio BO-PD-S6	-
IF1W 0 0 D 69 SG GE 00 0 5 008 A	Indagini geognostiche - Sondaggi BO-PD-S27 e BO-PD-S28	-
IF1W 0 0 D 69 IG GE 00 0 5 001 A	Indagini geofisiche eseguite sulla galleria	-
IF1W 0 0 D 69 IG GE 00 0 5 002 A	Indagini geofisiche eseguite nella tratta allo scoperto lato Orsara	-
IF1W 0 0 D 69 IG GE 00 0 5 003 A	Indagini geofisiche eseguite nella tratta allo scoperto lato Bovino	-
IF1W 0 0 D 69 IG GE 00 0 5 004 A	Indagini geofisiche eseguite nell'anno 2017	-
IF1W 0 0 D 69 IG GE 00 0 5 005 A	Indagini geofisiche per la caratterizzazione della formazione di Monte Sidone	-
IF1W 0 0 D 69 IG GE 00 0 5 006 A	Indagini geofisiche per la caratterizzazione della formazione di Monte Sidone	-
IF1W 0 0 D 69 IG GE 00 0 5 007 A	Indagini geofisiche per la caratterizzazione della formazione di Monte Sidone	-
IF1W 0 0 D 69 IG GE 00 0 5 008 A	Indagini geofisiche per la caratterizzazione della formazione di Monte Sidone	-
IF1W 0 0 D 69 IG GE 00 0 5 009 A	Indagini geofisiche per la caratterizzazione della formazione di Monte Sidone	-
IF1W 0 0 D 69 IG GE 00 0 5 010 A	Indagini geofisiche per la caratterizzazione della formazione di Monte Sidone	-
IF1W 0 0 D 69 IG GE 00 0 5 011 A	Indagini geofisiche per la caratterizzazione della formazione di Monte Sidone	-
IF1W 0 0 D 69 PR GE 00 0 5 001 A	Prove di laboratorio - Campioni provenienti dai sondaggi dal BO-PD-S1 al BO-PD-S5	-
IF1W 0 0 D 69 PR GE 00 0 5 002 A	Prove di laboratorio - Campioni provenienti dai sondaggi dal BO-PD-S7 al BO-PD-S9	-
IF1W 0 0 D 69 PR GE 00 0 5 003 A	Prove di laboratorio - Campioni provenienti dai sondaggi dal BO-PD-S10 al BO-PD-S12	-
IF1W 0 0 D 69 PR GE 00 0 5 004 A	Prove di laboratorio - Campioni provenienti dai sondaggi dal BO-PD-S13 al BO-PD-S16	-
IF1W 0 0 D 69 PR GE 00 0 5 005 A	Prove di laboratorio - Campioni provenienti dai sondaggi dal BO-PD-S17 al BO-PD-S22	-
IF1W 0 0 D 69 PR GE 00 0 5 006 A	Prove di laboratorio - Campioni provenienti dai sondaggi dal BO-PD-S23 al BO-PD-S26 e campioni rimaneggiati prelevati in alveo	-
IF1W 0 0 D 69 PR GE 00 0 5 007 A	Prove di laboratorio - Campioni dei sondaggi eseguiti nell'anno 2017 - Parte 1	-
IF1W 0 0 D 69 PR GE 00 0 5 008 A	Prove di laboratorio - Campioni dei sondaggi eseguiti nell'anno 2017 - Parte 2	-

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IF1W 0 0 D 69 PR GE 00 0 5 009 A	Prove di laboratorio - Campioni provenienti dai sondaggi dal BO-PD-S6	-
IF1W 0 0 D 69 PR GE 00 0 5 010 A	Prove di laboratorio - Campioni provenienti dai sondaggi BO-PD-S27 e BO-PD-S28	-
IF1W 0 0 D 69 RH GE 00 0 5 001 A	Monitoraggio piezometrico ed inclinometrico sui sondaggi dell'anno 2017 (Giugno 2017 - Giugno 2018)	-
IF1W 0 0 D 69 RH GE 00 0 5 002 B	Monitoraggio piezometrico ed inclinometrico sui sondaggi (periodo Aprile 2018 - Novembre 2018)	-

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 11 di 137

2 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Il tracciato in progetto si sviluppa nella porzione nord-occidentale della Regione Puglia tra i comuni di Bovino e Orsara di Puglia, in provincia di Foggia (FG).

Il senso di percorrenza, e quindi di avanzamento delle progressive, è dalla Stazione di Bovino verso la Stazione di Orsara, cioè in direzione Napoli. In particolare, l'inizio della tratta si colloca alla pk 29+050.29, nei pressi della Stazione di Bovino, mentre la fine intervento si colloca alla pk 41+259.48, in prossimità della Stazione di Orsara. Come indicato al paragrafo precedente, il tracciato risulta per la maggior parte in sotterraneo, essendo prevista una galleria a doppia canna di lunghezza pari a 9.880 (rif. binario dispari) sui 12,2 km circa complessivi di tracciato della tratta in progetto.

In prossimità dell'imbocco lato Napoli della galleria Orsara, è previsto inoltre l'allaccio alla linea storica Bovino-Orsara, con la realizzazione di un nuovo tracciato all'aperto di sviluppo complessivo pari a circa 1 km.

In Tabella 3 si riportano le caratteristiche principali delle tratte in progetto con la definizione delle progressive di riferimento e, per le tratte in galleria, delle lunghezze parziali delle tratte realizzate in artificiale ed in naturale.

Tabella 3. Suddivisione del tracciato in progetto (binario dispari)

Tratta di linea	da pk (m)	a pk (m)	L (m)
Tratta all'aperto Bovino	29+050	31+039	1.989
Galleria Orsara			
Imbocco galleria artificiale lato Bari	31+039	31+074	35
Galleria naturale	31+039	40+919	9.845
Imbocco galleria artificiale lato Napoli	40+919	40+939	20
Totale galleria Orsara			9.900
Tratta all'aperto Orsara	40+939	41+259	320

In linea generale, la galleria Orsara presenta coperture elevate, mediamente superiori ai 100 metri, ad eccezione del tratto iniziale della galleria (lato Bovino), dove, a causa del blando gradiente topografico, le coperture permangono inferiori ai 60 m per un tratto circa 1 km e in corrispondenza di due impluvi alle pk 36+650 e 38+800, con coperture ridotte ad una trentina di metri circa. La copertura massima si ha invece in corrispondenza della pk 34+550, con uno spessore di circa 400 m.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 12 di 137

La galleria sarà realizzata in doppia canna, con diametro medio di scavo pari a 9 m per ciascuna canna ed interasse medio tra le due canne di circa 50 m. La galleria sarà realizzata quasi integralmente con metodo meccanizzato, ad eccezione di un tratto iniziale di circa 569 m sull'imbocco lato Napoli, realizzato in tradizionale per la realizzazione del camerone di interconnessione alla linea storica.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 13 di 137

3 DATI DI BASE

La base documentale del presente studio è costituita dagli elaborati del Progetto di Fattibilità Tecnica Economica del raddoppio Tratta Bovino – Orsara del Novembre 2017.

La cartografia geologica è stata revisionata ed aggiornata al fine di recepire quanto disponibile nell'ambito del progetto CARG: infatti, si è fatto riferimento al foglio della Carta Geologica in scala 1:50.000 n.421 (Ascoli Satriano). In particolare, sono stati verificati gli elementi geologici, quali i limiti delle formazioni, le faglie ed i depositi quaternari, anche in relazione alle risultanze delle attività di campagna (rilevamento geologico e geomorfologico), alle risultanze della nuova campagna geognostica in sito a supporto della presente fase progettuale e alla revisione critica dei dati delle campagne di indagine e di studio pregresse.

Per quanto concerne i fenomeni franosi, a partire dai dati disponibili nel database IFFI della Regione Puglia, è stata condotta l'analisi delle foto aeree disponibili; sulla base delle quali si è proceduto ad eseguire modifiche e/o integrazioni puntuali dei depositi franosi individuati nel database.

In merito ai punti d'acqua (pozzi e sorgenti) presenti sul territorio in esame, è stata fatta una ricerca presso gli Enti competenti (Provincia di Foggia, Autorità di Bacino della Puglia e Comuni), ed è stata richiesta la disponibilità di database e/o archivi da cui poter estrarre informazioni utili in tal senso. Al momento però, la ricerca non ha avuto esito. Tuttavia, il rilevamento in campo e le informazioni desunte dalla bibliografia ha consentito il censimento dei 40 punti d'acqua (vedi successive Tabelle 14 e 15).

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche disponibili o appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero set di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

3.1 Indagini in sito

Nel presente paragrafo verranno descritte tutte le indagini in sito disponibili nell'area di studio, che hanno visto la realizzazione di sondaggi geognostici, prove penetrometriche dinamiche, prove in foro, prove geofisiche e l'installazione di strumentazione di monitoraggio geotecnico.

In particolare, le indagini disponibili, per la cui ubicazione si rimanda ai documenti "Carta geologico-geomorfologica con elementi geostrutturali" allegata al presente studio, sono state eseguite nelle seguenti campagne indagine:

- campagna Italfer 2017 - Raddoppio tratta Hirpinia – Orsara – Bovino;
- campagna Italfer 2018 - Raddoppio tratta Orsara – Bovino e tratta Hirpinia – Orsara;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 14 di 137

- indagini bibliografiche.

3.1.1 Campagna indagini Italferr 2017 - Raddoppio tratta Hirpinia - Orsara - Bovino

Durante la campagna indagini Italferr realizzata nel 2017 a supporto del progetto di fattibilità, lungo la tratta in oggetto di studio sono stati eseguiti 10 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, spinti sino a profondità variabili tra 40 m e 295 m dal piano di campagna, attrezzati con verticali piezometriche o inclinometriche; sono inoltre state eseguite n 5 prospezioni sismiche tipo MASW e n. 3 tomografie elettriche. In Tabella 4 si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi disponibili con l'indicazione, per ogni sondaggio, di:

- codice identificativo del sondaggio;
- progressiva chilometrica di riferimento;
- coordinate del punto nel sistema Gauss-Boaga;
- quota del boccaforo in metri s.l.m.;
- eventuale strumentazione di monitoraggio geotecnico installata;
- profondità del sondaggio;
- altre prove in foro (campioni, SPT, prove di permeabilità, prove dilatometriche / pressiometriche)

Tabella 4. Elenco dei sondaggi eseguiti nella campagna Italferr 2017 - Raddoppio tratta Orsara - Bovino

Sigla	pk	Est	Nord	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità (m)	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
BO-S10	29+354	2552986	4572203	229.4	piezometro Norton	50	10	15	1	0	0
BO-S9	30+458	2552161	4571476	238.5	piezometro Norton	50	10	7	1	0	0
BO-S8	30+711	2552019	4571226	241.4	2 piez. Casagrande	40	8	8	2	2	0
BO-S7	31+549	2551213	4570935	280.0	inclinometro	40	8	12	2	4	0
BO-S6	32+847	2549923	4570743	392.3	piezometro Norton	120	11	0	2	3	0
BO-S11	34+986	2547848	4570129	582.0	piezometro Norton	295	11	0	2	2	0
BO-S5bis	37+117	2546455	4568493	447.0	piezometro Norton	160	15	0	2	2	0
BO-S5	37+260	2546419	4568340	438.7	piezometro Norton	80	8	0	2	4	0
BO-S4	38+100	2545795	4567763	468.1	piezometro Norton	120	11	0	2	2	0
BO-S3	40+775	2543835	4565988	440.1	piezometro Norton	100	10	0	2	2	0
Totale							102	42	18	21	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 15 di 137

Nella seguente Tabella 5 si riporta invece la sintesi delle indagini sismiche e geoelettriche disponibili, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine.

Tabella 5. Sintesi delle indagini sismiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna Italferr 2017 - Raddoppio tratta Orsara - Bovino

Sigla	pk	Est	Nord	Tipologia indagine	Lunghezza (m)
BO-MASW3	29+366	2552975	4572198	MASW	48
BO-MASW7	30+025	2552491	4571750	MASW	48
BO-MASW4	30+571	2552100	4571366	MASW	48
BO-EF	31+416	2551347	4570958	Geoelettrica	240
BO-CD	31+530	2551232	4570942	Geoelettrica	240
BO-MASW5	31+550	2551211	4570939	MASW	48
BO-MASW2	40+757	2543866	4565986	MASW	48
BO-AB	40+833	2543752	4565976	Geoelettrica	140

Di seguito si elencano inoltre le indagini realizzate nel 2017 a supporto del Progetto Preliminare per il raddoppio della tratta Hirpinia – Orsara ricadenti nei pressi dell'area di studio e di interesse per le ricostruzioni geologiche del presente studio. Si tratta in particolare di n. 3 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo, spinti a profondità comprese tra 48 mm e 1000 m da p.c., n. 2 tomografie elettriche e n. 3 prospezioni sismiche tipo MASW.

Nella tabella seguente si riporta il quadro riassuntivo dei sondaggi disponibili in questione, con dettaglio, per ciascun sondaggio, dei principali dati tecnici, quali sigla, ubicazione, strumentazione installata e prove in foro.

Tabella 6. Elenco dei sondaggi eseguiti nella campagna Italferr 2017 - Raddoppio tratta Hirpinia - Orsara

Sigla	pk	Est	Nord	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità (m)	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
BO-S2	41+044	2543658	4565784	352.8	sismica in foro	48	10	4	1	0	0
BO-S1	41+117	2543603	4565734	353.5	piezometro	50	10	6	1	0	0
IO-S1	41+975	2543165	4564992	450.5	piezometro	100	9	0	2	2	0
Totale							29	10	4	2	0

Nella seguente Tabella 5 si riporta invece la sintesi delle indagini sismiche e geoelettriche disponibili, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 16 di 137

Tabella 7. Sintesi delle indagini sismiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna Italferr 2017 - Raddoppio tratta Hirpinia - Orsara

Sigla	pk	Est	Nord	Tipologia indagine	Lunghezza (m)
BO-MASW1	41+139	2543583	4565720	MASW	48
IO-UV	41+241	2543563	4565609	Geoelettrica	115
IO-WX	41+254	2543557	4565597	Geoelettrica	140
BO-MASW6	41+324	2543495	4565555	MASW	48
IO-MASW1	41+998	2543131	4565000	MASW	48

3.1.2 Campagna Italferr 2018 - Raddoppio tratta Orsara – Bovino e tratta Hirpinia - Orsara

Durante la campagna indagini Italferr realizzata nel 2018, nell'area in oggetto di studio sono stati eseguiti n.26 sondaggi a carotaggio continuo, spinti a profondità massima di 220 metri dal piano di campagna, con installazione di strumentazione geotecnica in foro, oltre a n.3 prove penetrometriche dinamiche DPSH.

In aggiunta a tali indagini, ai fini del presente studio si è fatto riferimento anche alle risultanze di n.3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo eseguito nell'ambito del Progetto Definitivo della tratta Hirpinia – Orsara, eseguiti sul fondovalle del Fiume Cervaro, in area adiacente alla pk di fine intervento e di interesse per le ricostruzioni dell'assetto geologico dell'area.

In Tabella 7 si riporta il quadro riassuntivo delle indagini geognostiche e geotecniche realizzate con indicazione, per ciascuna prova, di;

- codice identificativo del sondaggio;
- progressiva chilometrica di riferimento;
- coordinate del punto nel sistema Gauss-Boaga;
- quota del boccaforo in metri s.l.m.;
- eventuale strumentazione di monitoraggio geotecnico installata;
- profondità del sondaggio;
- altre prove in foro (campioni, SPT, prove di permeabilità, prove dilatometriche / pressiometriche).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 17 di 137

Tabella 8. Elenco delle indagini eseguite nella campagna Italferr 2018 - Raddoppio tratta Orsara - Bovino Orsara e tratta Hirpinia - Orsara

Sigla	pk	Est	Nord	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità (m)	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
BO-PD-S16	29+224	2553087	4572267	226,6	tubo per Down-Hole	50	10	15	2	0	0
BO-PD-S15	29+565	2552838	4572006	231,4	piez. Casagrande	50	11	7	2	0	0
BO-PD-S14	30+088	2552488	4571658	237,2	piezometro Norton	50	10	6	2	0	1
BO-PD-S13	30+541	2552043	4571493	241,3	tubo per Down-Hole	50	11	6	2	1	0
DPSH1	30+632	2551916	4571139	244,8	--	3,4	0	0	0	0	0
BO-PD-S12	30+633	2551984	4571426	241,5	piezometro Norton	50	11	6	2	0	0
DPSH2	30+808	2551976	4571420	241,6	--	3,6	0	0	0	0	0
BO-PD-S11	30+831	2551911	4571140	244,6	tubo per Down-Hole	50	11	6	2	1	0
BO-PD-S17	30+950	2551730	4571253	253,0	tubo per Down-Hole	50	10	9	2	0	0
DPSH3	31+025	2551670	4571171	260,6	--	18,4	0	0	0	0	0
BO-PD-S9	31+044	2551666	4571166	260,8	piez Casagrande	60	11	2	3	3	0
BO-PD-S10	31+089	2551772	4570784	254,8	piezometro Norton	50	10	4	2	0	0
BO-PD-S8	32+116	2550647	4570823	336,4	piezometro elettrico	90	9	5	3	3	0
BO-PD-S6	33+466	2549330	4570530	452,5	tubo per Down-Hole	80	10	0	2	0	4
BO-PD-S7	33+635	2549163	4570502	473,8	piezometro Norton	220	14	3	3	0	0
BO-PD-S4	37+446	2546236	4568260	476,0	piezometro Norton	170	14	3	3	3	0
BO-PD-S3	38+356	2545513	4567729	496,3	piezometro Norton	170	15	3	0	0	0
BO-PD-S2	39+432	2544675 5	4567050	481,6	piezometro Norton	160	15	0	3	3	0
BO-PD-S1	40+678	2543858	4566109	466,9	piezometro Norton	130	8	2	3	3	0
BO-PD-S5	40+911	2543807	4565857	377,7	piezometro Norton	40	8	1	2	2	0
BO-PD-S23	40+970	2543676	4565884	361,9	inclinometro	50	10	5	2	0	1
BO-PD-S22	40+988	2543722	4565826	348,8	piezometro Norton	50	10	5	2	0	0
BO-PD-S24	41+053	2543614	4565808	357,6	tubo per Down-Hole	50	7	6	2	0	1
IF16R25	41+078	2543383	4565972	400,5	inclinometro	40	0	10	2	0	0
IF16V01	41+203	2543595	4565655	349,9	piezometro Norton	50	8	9	2	2	0
BO-PD-S21	41+229	2543365	4565788	364,1	piezometro Norton	50	7	5	2	1	1
BO-PD-S19	41+250	2543444	4565704	357,3	tubo per Down-Hole	50	5	6	2	0	1
IF16V02	41+315	2543518	4565581	353,4	piezometro Norton	50	7	11	2	2	0
BO-PD-S18	41+333	2543324	4565689	361,1	piezometro Norton	50	6	5	2	0	0
IF16V03	41+362	2543463	4565543	352,5	tubo per Down-Hole	50	9	9	2	2	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 18 di 137

Sigla	pk	Est	Nord	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità (m)	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
BO-PD-S25	41+538	2542915	4565735	383,3	piezometro Norton	50	8	6	2	0	0
BO-PD-S26	41+627	2542702	4565782	402,2	inclinometro	30	5	4	1	1	0
BO-PD-S20	41+756	2542689	4565628	377,2	inclinometro	50	9	5	2	0	0
BO-PD-S27	--	2543119	4568417	710,6	piezometro Norton	30	5	3	2	0	0
BO-PD-S28	--	2542802	4568021	634,0	piezometro Norton	30	4	2	2	0	0
Totale							288	169	67	27	9

Nell'ambito della medesima campagna indagini sono inoltre state realizzate numerose prospezioni geofisiche di varia tipologia (rifrazione, riflessione, MASW, Down-Hole), come dettagliato nella seguente Tabella 9.

Tabella 9. Elenco delle indagini geofisiche eseguite, campagna Italferr 2018 - Raddoppio tratta Orsara - Bovino Orsara e tratta Hirpinia - Orsara

Sigla	pk	Est	Nord	Tipologia indagine	Lunghezza (m)
SRT EST 1	--	2551597	4571136	Sismica a rifrazione	300
SRT EST 2	--	2551639	4571161	Sismica a rifrazione	200
SRT OVEST 1	--	2543754	4565965	Sismica a rifrazione	220
SRT OVEST 2	--	2543892	4566083	Sismica a rifrazione	240
SRT_1 A	--	2542675	4565781	Sismica a rifrazione	250
SRT_2 B	--	2542667	4565792	Sismica a rifrazione	384
SRT_3 C	--	2543552	4565826	Sismica a rifrazione	480
SRT_4 D	--	2543473	4565872	Sismica a rifrazione	430
Riflessione 1	--	2547639	4569817	Sismica a riflessione	530
DH BO-PD-S16	29+224	2553087	4572267	Down-Hole	50
BO-PD-S15	29+565	2552838	4572006	Masw	79
BO-PD-S14	30+088	2552488	4571658	Masw	79
DH BO-PD-S13	30+541	2552043	4571493	Down-Hole	50
BO-PD-S12	30+633	2551984	4571426	Masw	79
DH BO-PD-S11	30+831	2551911	4571140	Down-Hole	50
DH BO-PD-S17	30+950	2551730	4571253	Down-Hole	50
BO-PD-S10	31+089	2551772	4570784	Masw	79
Rifrazione L1	33+300	2549459	4570504	Sismica a rifrazione	1372

Sigla	pk	Est	Nord	Tipologia indagine	Lunghezza (m)
BO-PD-S6	33+466	2549330	4570530	Down-Hole	80
BO-PD-S23	40+970	2543676	4565884	Masw	48
BO-PD-S22	40+988	2543722	4565826	Masw	72
DH BO-PD-S24	41+053	2543614	4565808	Down-Hole	50
DH BO-PD-S19	41+250	2543444	4565704	Down-Hole	50
BO-PD-S18	41+333	2543324	4565689	Masw	72
BO-PD-S25	41+538	2542915	4565735	Masw	72
BO-PD-S20	41+756	2542689	4565628	Masw	72

3.1.3 Indagini bibliografiche

In aggiunta alle indagini precedentemente illustrate, sono stati consultati e reperiti i dati stratigrafici presenti nell'archivio nazionale delle indagini del sottosuolo secondo la legge 464/84 dal DataBase ISPRA: Indagini nel sottosuolo (<http://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati/suolo-e-territorio>) ed i dati, quali stratigrafie di pozzi profondi e linee sismiche, presenti nell'archivio nazionale del Ministero dello Sviluppo Economico relative al progetto ViDEPI “Visibilità dei dati afferenti all'attività di esplorazione petrolifera in Italia” (<http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/videpi/videpi.asp>).

Di seguito si riporta una sintesi di tali prospezioni, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine.

Tabella 10. Sintesi delle indagini geognostiche bibliografiche reperite

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità (m)	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
MONTE FEDELE 001	32+280	2550202	4571947	307.5	non attrezzato	48	0	0	0	0	0
199030	32+432	2550634	4569631	262.0	non attrezzato	50	0	0	0	0	0
199008	32+596	2550497	4569504	266.0	non attrezzato	68	0	0	0	0	0
MONTE FEDELE 002	33+230	2549708	4570034	385.0	non attrezzato	100	0	0	0	0	0
Totale							0	0	0	0	0

3.2 Dati di monitoraggio

I sondaggi attrezzati con strumentazione geotecnica (piezometro o inclinometro) nel corso delle campagne indagini precedentemente descritte sono stati oggetto di attività di monitoraggio, protrattosi a partire dalle prime fasi di indagine nell'ambito dello studio di fattibilità tecnico-economica sino al momento della stesura del presente documento.

In particolare, di seguito si fornisce il riepilogo della strumentazione monitorata e dei cicli di lettura ad oggi disponibili, mentre per il dettaglio delle singole letture e delle risultanze dei monitoraggi si rimanda ai documenti specifici riportati in Tabella 2.

3.2.1 Monitoraggio inclinometrico

Nella seguente Tabella 11 si riporta l'elenco della strumentazione inclinometrica monitorata lungo la tratta in progetto.

In particolare, la strumentazione inclinometrica è stata installata in corrispondenza delle principali frane a ridosso della linea ferroviaria, con particolare riferimento ai corpi di frana a monte dell'allaccio alla linea storica, al fine di valutarne e accertarne, con dati strumentali, lo stato di attività e valutarne gli eventuali spostamenti e deformazioni profonde.

Tabella 11. Quadro riassuntivo degli inclinometri oggetto di monitoraggio

Sigla	Campagna monitoraggio/anno	Letture	Data / periodo monitoraggio
BO-S7	2017	0	26/06/2017
		10	16/05/2018
BO-S7	2018	0	24/07/2018
		4	14/11/2018
BO-PD-S20	2018	0	15/04/2018
		8	14/11/2018
BO-PD-S23	2018	0	17/04/2018
		8	14/11/2018
BO-PD-S25	2018	0	17/04/2018
		8	14/11/2018
BO-PD-S26	2018	0	16/05/2018
		7	14/11/2018
IF16R25	2018	0	31/05/2018
		7	14/11/2018

Si segnala come ad oggi, per la maggior parte degli inclinometri, il periodo di monitoraggio risulta ancora relativamente breve e poco significativo anche in relazione alla stagione estiva/autunnale in cui

sono state effettuate le misure; di conseguenza, la modesta entità delle deformazioni registrate sulle verticali monitorate è per lo più riconducibile all'errore strumentale e/o a fenomenologie di *creep* superficiale per essiccamento nei primi metri da p.c..

L'unico strumento per cui si dispone di un monitoraggio significativo nel tempo è l'inclinometro BO-S7, monitorato per circa un anno nell'ambito della precedente fase progettuale, per il quale di seguito si riporta il grafico della risultante e la direzione degli spostamenti.

ELABORAZIONE DIFFERENZIALE INTEGRALE DAL BASSO

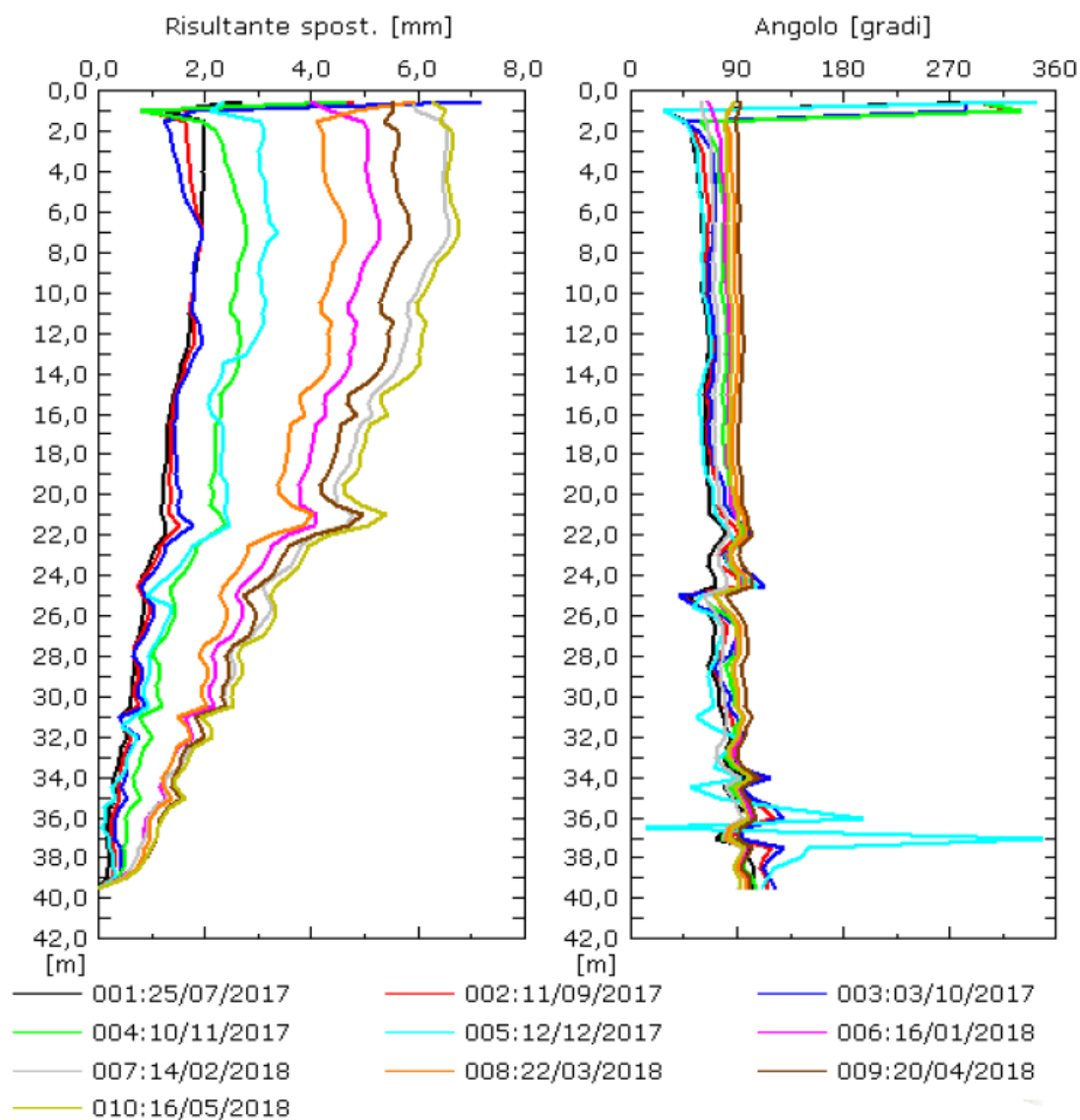


Figura 2. Elaborazioni inclinometriche relative allo strumento BO-S7

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 22 di 137

Relativamente alle risultanze del monitoraggio sullo strumento BO-S7, non si evidenziano particolari movimenti e/o deformazioni in atto sulla verticale inclinometrica. L'andamento della deformata e l'entità degli spostamenti è tale da poter essere considerata entro l'errore strumentale.

3.2.2 Monitoraggio piezometrico

Relativamente al monitoraggio dei livelli piezometrici, di seguito si riporta l'elenco delle verticali piezometriche monitorate sia nell'ambito della campagna di monitoraggio 2017, sia in quella del 2018, con il dettaglio delle letture disponibili per ciascuno strumento e del periodo coperto dal monitoraggio piezometrico.

Tabella 12. Quadro riassuntivo dei piezometri oggetto di monitoraggio

Sigla	Campagna indagini / anno	Letture	Data / periodo monitoraggio
BO-S1	2017	14	27/06/2017 - 30/10/2018
BO-S3	2017	8	27/06/2017 - 31/01/2018
BO-S4	2017	18	27/06/2017 - 15/11/2018
BO-S5	2017	17	27/06/2017 - 15/11/2018
BO-S5 bis	2017	15	31/08/2017 - 15/11/2018
BO-S6	2017	17	27/06/2017 - 15/11/2018
BO-S8	2017	15	31/08/2017 - 15/11/2018
BO-S9	2017	17	27/06/2017 - 15/11/2018
BO-S10	2017	14	27/06/2017 - 15/11/2018
BO-S11	2017	14	26/07/2017 - 15/11/2018
BO-PD-S1	2018	7	16/05/2018 - 14/11/2018
BO-PD-S2	2018	8	18/04/2018 - 15/11/2018
BO-PD-S3	2018	8	18/04/2018 - 15/11/2018
BO-PD-S4	2018	7	16/05/2018 - 15/11/2018
BO-PD-S5	2018	7	16/05/2018 - 15/11/2018
BO-PD-S7	2018	8	18/04/2018 - 15/11/2018
BO-PD-S8	2018	7	12/04/2018 - 15/11/2018
BO-PD-S9	2018	8	18/04/2018 - 15/11/2018
BO-PD-S10	2018	5	18/04/2018 - 07/10/2018
BP-PD-S12	2018	7	16/05/2018 - 15/11/2018
BO-PD-S14	2018	8	18/04/2018 - 15/11/2018
BO-PD-S15	2018	8	18/04/2018 - 15/11/2018
BO-PD-S18	2018	7	16/05/2018 - 15/11/2018

BO-PD-S21	2018	8	18/04/2018 - 15/11/2018
BO-PD-S22	2018	8	18/04/2018 - 14/11/2018
IF16V01	2018	4	12/06/2018 - 30/10/2018
IF16V02	2018	4	12/06/2018 - 30/10/2018

Nelle seguenti tabelle si elencano invece le risultanze delle letture piezometriche disponibili, espresse come soggiacenza in metri dal piano campagna. Per il dettaglio delle letture piezometriche si rimanda allo specifico elaborato sul monitoraggio riportato in Tabella 2.

Tabella 13. Quadro riassuntivo delle letture piezometriche disponibili (in m da p.c.) – periodo giugno 2017÷maggio 2018.

[illegible]

Sigla	giu-17	lug-17	ago-17	set-17	ott-17	nov-17	dic-17	gen-18	feb-18	apr-18	mag-18
BO-PD-S18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	9,65
BO-PD-S21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	11,70	12,27
BO-PD-S22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3,58	3,78
IF16V01	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
IF16V02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabella 14. Quadro riassuntivo delle letture piezometriche disponibili (in m da p.c.) – periodo giugno 2018÷novembre 2018.

Sigla	giu-18	lug-18	set-18	set-18	ott-18	nov-18					
BO-S1	5,64	6,08	--	6,30	6,41	--					
BO-S3	ostruito	ostruito	ostruito	ostruito	ostruito	ostruito					
BO-S4	79,85	79,97	80,53	80,76	80,93	81,25					
BO-S5	3,84	4,07	3,95	4,45	4,50	4,10					
BO-S5 bis	2,95	3,53	4,10	4,40	4,58	4,70					
BO-S6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
BO-S8 (cas. 35m)	3,12	3,08	3,10	3,08	3,15	3,00					
BO-S8 (cas. 25m)	3,15	3,08	3,10	3,08	3,15	3,00					
BO-S9	2,93	2,90	2,87	2,85	2,92	2,70					
BO-S10	6,36	6,44	6,44	6,47	6,50	6,35					
BO-S11	4,91	6,36	6,60	6,75	6,90	6,20					
BO-PD-S1	42,53	43,87	44,80	45,10	45,53	45,52					
BO-PD-S2	88,60	90,60	90,56	90,56	90,80	90,80					
BO-PD-S3	52,15	54,40	55,8	56,00	58,00	58,88					
BO-PD-S4	18,15	18,10	19,05	19,37	19,73	20,10					
BO-PD-S5	18,50	19,50	18,80	20,00	19,63	22,55					
BO-PD-S7	38,85	37,95	37,60	38,52	38,47	38,33					
BO-PD-S8	--	-14,50	-9,30	-8,60	7,80	-4,90					
BO-PD-S9	7,50	7,70	7,75	7,00	7,73	7,10					
BO-PD-S10	2,50	3,10	3,24	distrutto	distrutto	distrutto					
BP-PD-S12	3,10	2,90	3,90	4,05	4,03	4,05					
BO-PD-S14	4,56	4,10	4,15	4,20	4,25	4,10					
BO-PD-S15	4,15	4,34	4,30	4,20	4,48	4,30					
BO-PD-S18	10,10	11,40	12,04	12,13	12,20	12,15					
BO-PD-S21	12,70	14,56	14,75	14,97	15,07	15,15					
BO-PD-S22	3,90	4,50	4,74	4,85	4,92	4,87					

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 25 di 137

Sigla	giu-18	lug-18	set-18	set-18	ott-18	nov-18						
IF16V01	4,36	4,72	--	4,75	4,88	--						
IF16V02	4,71	6,98	--	7,08	7,24	--						

I valori negativi indicano valori piezometrici prevalenti rispetto il piano campagna.

Per il dettaglio delle letture piezometriche si rimanda allo specifico elaborato sul monitoraggio riportato in Tabella 2.

3.3 Punti d'acqua

Per poter ricostruire con maggior dettaglio l'andamento e le caratteristiche delle falde idriche presenti nell'area, nel corso della presente fase di studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili relativamente ai punti d'acqua individuati nel settore di intervento. Le emergenze sorgentizie risultano scarse, mentre le opere di captazione (pozzi) sono diffuse anche se generalmente di scarsa rilevanza infatti, si tratta generalmente di pozzi superficiali, pozzi cisterna.

In particolare, sono stati analizzati i pozzi desunti dalle cartografie IGMI, integrati con i punti d'acqua desunti dalla Carta idrogeologica della Provincia di Avellino (Aquino et al. 2008) e da n.2 emergenze sorgentizie con misura delle portate, censite attraverso i rilievi in campo. Tutti i dati raccolti sono riportati nella cartografia idrogeologica allegata al presente studio.

Relativamente alle opere di captazione, i dati raccolti sono riassunti nella Tabella 15, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singolo pozzo (Sigla, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, profondità, falda, destinazione d'uso, fonte). I punti sono riportati nella cartografia idrogeologica allegata al presente studio.

Tabella 15. Sintesi dei pozzi presenti lungo il lotto Orsara-Bovino (da cartografia IGMI).

Sigla	Est	Nord	Quota m s.l.m.	Profondità m	Falda m da p.c.	Destinazio ne d'uso	Fonte
P01	2552735	4573117	241	-	-	-	IGMI
P02	2552624	4573691	233	-	-	-	IGMI
P03	2553896	4573123	216	-	-	-	IGMI
P04	2553968	4573080	214	-	-	-	IGMI
P05	2553216	4572800	224	-	-	-	IGMI
P06	2553253	4572699	223	-	-	-	IGMI
P07	2552875	4572411	228	-	-	-	IGMI
P08	2552864	4572215	228	-	-	-	IGMI

Sigla	Est	Nord	Quota <i>m s.l.m.</i>	Profondità <i>m</i>	Falda <i>m da p.c.</i>	Destinazio ne d'uso	Fonte
P09	2551854	4572758	258	-	-	-	IGMI
P10	2552812	4571831	232	-	-	-	IGMI
P11	2552171	4571429	238	-	-	-	IGMI
P12	2551777	4570794	258	-	-	-	IGMI
P13	2551700	4570109	251	-	-	-	IGMI
P14	2551100	4571342	274	-	-	-	IGMI
P15	2551126	4571146	279	-	-	-	IGMI
P16	2551240	4570577	285	-	-	-	IGMI
P17	2550684	4569500	263	-	-	-	IGMI
P18	2550467	4570575	369	-	-	-	IGMI
P19	2549232	4571064	465	-	-	-	IGMI
P20	2548578	4569799	502	-	-	-	IGMI
P21	2547956	4570239	606	-	-	-	IGMI
P22	2548017	4569665	497	-	-	-	IGMI
P23	2546637	4569455	462	-	-	-	IGMI
P24	2546626	4567095	312	-	-	-	IGMI
P25	2546454	4567027	316	-	-	-	IGMI
P26	2545479	4567984	531	-	-	-	IGMI
P27	2545349	4567529	416	-	-	-	IGMI
P28	2545276	4566532	369	-	-	-	IGMI
P29	2544546	4566941	475	-	-	-	CARG
P30	2545086	4566257	355	-	-	-	IGMI
P31	2544107	4567261	582	-	-	-	CARG
P32	2544068	4567242	582	-	-	-	CARG
P33	2544054	4567175	582	-	-	-	IGMI
P34	2545199	4565878	340	-	-	-	CARG
P35	2544477	4566585	485	-	-	-	CARG
P36	2543294	4567738	675	-	-	-	IGMI
P37	2543601	4566481	475	-	-	-	IGMI
P38	2543519	4566527	475	-	-	-	CARG
P39	2543611	4566398	475	-	-	-	IGMI
P40	2543529	4566385	475	-	-	-	IGMI

Relativamente alle emergenze idriche, i dati raccolti sono riassunti in Tabella 16, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singolo punto d'acqua (Sigla, Longitudine e Latitudine nel sistema di

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 27 di 137

riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, portata, fonte). I punti sono riportati nella cartografia idrogeologica allegata al presente studio.

Tabella 16. Sintesi delle sorgenti presenti lungo il lotto Orsara-Bovino

Sigla	Est	Nord	Quota m s.l.m.	Portata l/min	Fonte
S01	2550176	4570735	367	-	IGM
S02	2546246	4567777	408	12	rilevata
S03	2545603	4568377	604	16	rilevata
S04	2542701	4566784	466	-	carta idrogeologica
S05	2542318	4566132	444	-	carta idrogeologica

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 28 di 137

4 GEOLOGIA

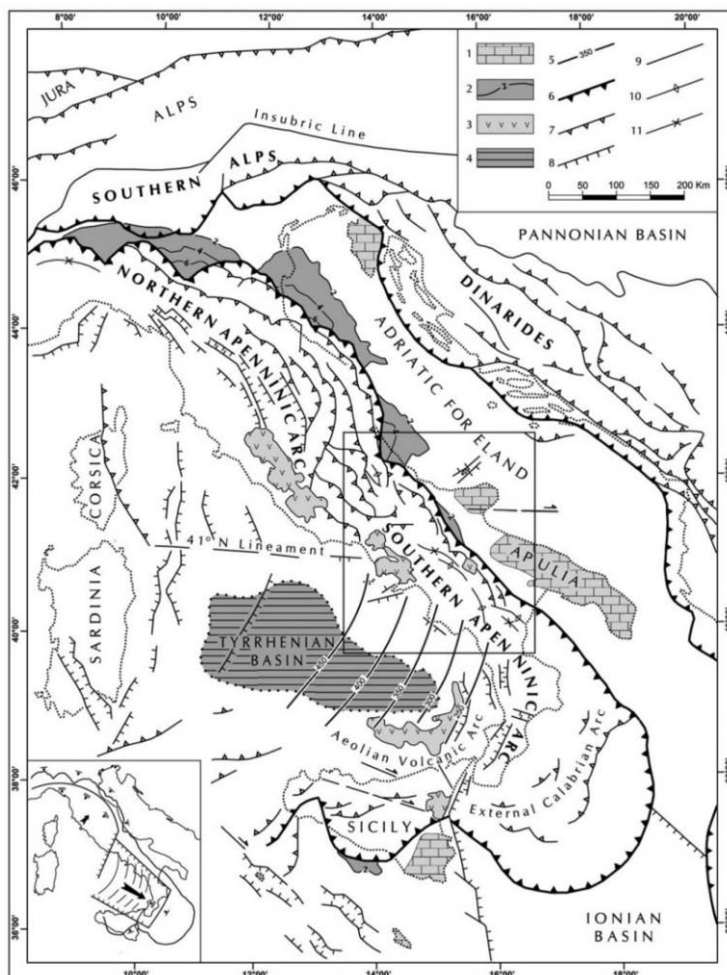
Nel suo complesso, l'Appennino rappresenta un tipico *thrust and fold belt* con vergenza orientale, compreso tra il Bacino Tirrenico ad Ovest e l'Avampaese Apulo a Est (Bonardi et al. 2009; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”). L'Appennino è quindi una catena per pieghe e sovrascorrimenti che 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 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 che di piattaforma, grossomodo corrispondente all'Appennino settentrionale e 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). Tutte queste strutture sono a loro volta sovrastanti a un *floor thrust* profondo, che le porta in accavallamento sui domini più esterni in flessurazione (Bonardi et al. 2009).

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; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”). Ulteriori eventi compressivi hanno determinato sensibili raccorciamenti nella catena fino al Pliocene medio-Pleistocene inferiore (Cinque et al. 1993; Mostardini & Merlini 1986; Torre et al. 2011 – CARG “Ariano Irpino”).



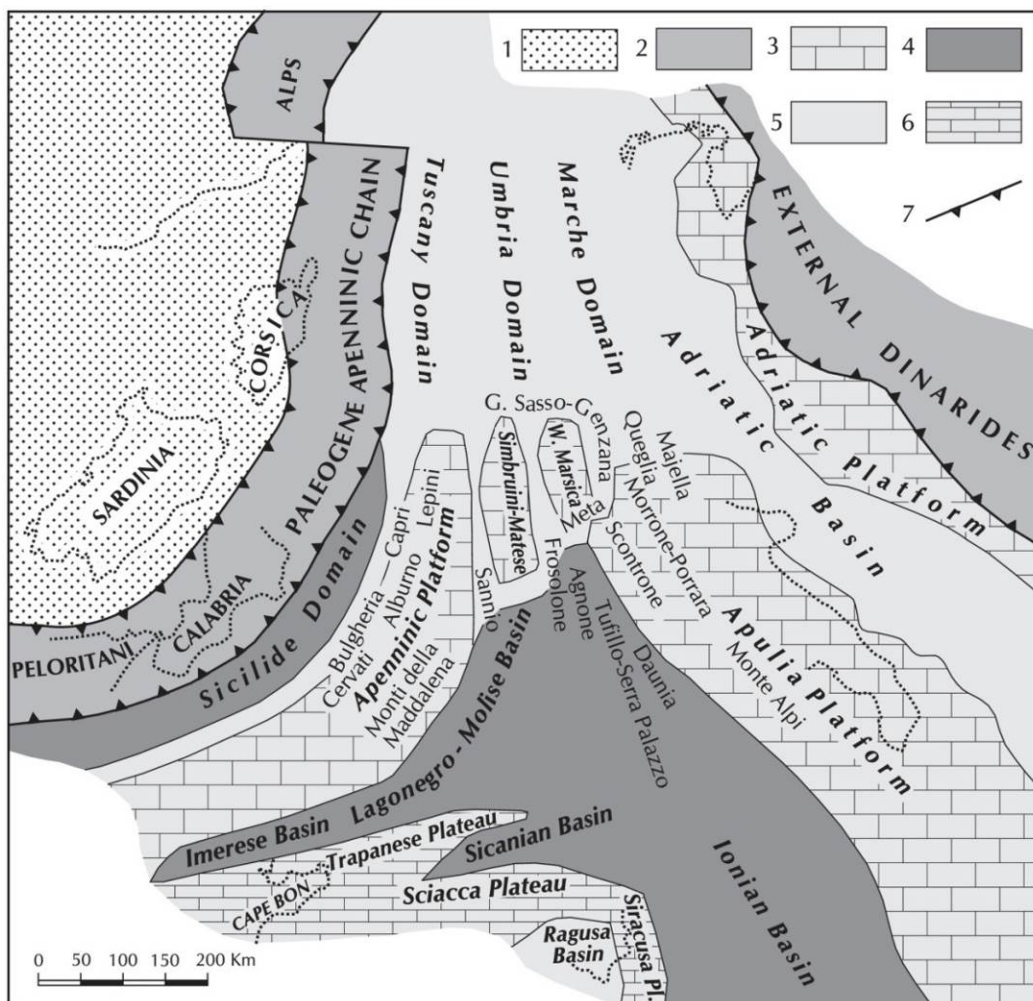
Suddivisione della Catena Appenninica in due archi principali: l'Arco Appenninico Settentrionale e l'Arco Appenninico Meridionale; nel riquadro in basso a sinistra è schematizzata la diversa struttura litosferica nei due archi appenninici: 1) carbonati meso-cenozoici delle aree di avampaese; 2) profondità (in km) della base dei depositi plio-pleistocenici nei bacini di avanfossa dell'Appennino e della Sicilia; 3) principali edifici vulcanici quaternari; 4) aree del Mar Tirreno con valori dell'anomalia di Bouguer superiori a 200 mgals, a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) zona di Wadati-Benioff nell'area tirrenica meridionale (profondità in km); 6) fronte delle Maghrebidi, dell'Appennino, delle Alpi meridionali e delle Dinaridi; 7) altri sovrascorrimenti principali; 8) faglie normali; 9) faglie ad alto angolo, soprattutto faglie trascorrenti; 10) asse di anticlinale; 11) asse di sinclinale

Figura 3. Schema strutturale della penisola italiana ed aree adiacenti (da Patacca & Scandone 2007).

4.1 Evoluzione geologica

La Catena Appenninica si colloca in un contesto tettonico post-collisionale connesso all'interazione tra la zolla africana, la zolla europea e le altre microzolle interposte (Alvarez et al. 1974; Roure et al. 1991; Guerrera et al. 1993). L'attuale configurazione geometrica della catena è quindi il risultato di complessi eventi compressivi, trascorrenti e distensivi legati alla subduzione e al successivo arretramento flessurale della microplacca apulo-adriatica (Sartori 1989; Bonardi et al. 2009). Successivamente, a causa dell'apertura del Bacino di retroarco Tirrenico, tali eventi sono accompagnati

da fenomeni distensivi sul bordo interno della catena (Sartori 1989; Patacca et al. 1990; Scrocca et al. 2007; Bonardi et al. 2009).



Legenda: 1) Avampaese europeo; 2) Catena paleogenica; 3-6) Avampaese africano: 3) carbonati di piattaforma di mare basso; 4) bacini profondi a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) aree bacinali con alti strutturali isolati; 6) plateaux pelagici; 7) fronte di catena (da Patacca & Scandone, 2007).

Figura 4. Ricostruzione palinspastica dell'area centro-mediterranea nell'Oligocene superiore, mostrante la distribuzione dei domini dell'Appennino centro-meridionale prima della loro incorporazione nella Catena.

Le principali fasi deformative che hanno strutturato il settore più meridionale della Catena Appenninica sono avvenute tra il Miocene ed il Quaternario, anche se gran parte dell'edificio a falde si è strutturato a partire dal Langhiano (Mostardini & Merlini 1986; Di Staso & Giardino 2002; 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; Patacca & Scandone 2007), formando un prisma di accrezione suturato da una successione di *thrust top* (Bonardi et al. 2009).

A partire dal Tortoniano, questo assieme è sovrascorso sui domini di piattaforma carbonatica impostati su crosta continentale (Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). Successivamente il prisma tettonico si è ulteriormente spostato verso l'esterno, coinvolgendo nella deformazione l'ampio Bacino di Lagonegro e tutti i domini paleogeografici più esterni, sino al raggiungimento della Piattaforma Apula interna (Mostardini & Merlini 1986; Bonardi et al. 2009). Le fasi tettoniche tortoniane hanno quindi condizionato in maniera evidente la sedimentazione di tutte le aree bacinali, portando alla formazione dell'assetto strutturale pressoché definitivo della catena (Torre et al. 1988; Patacca & Scandone 1989).

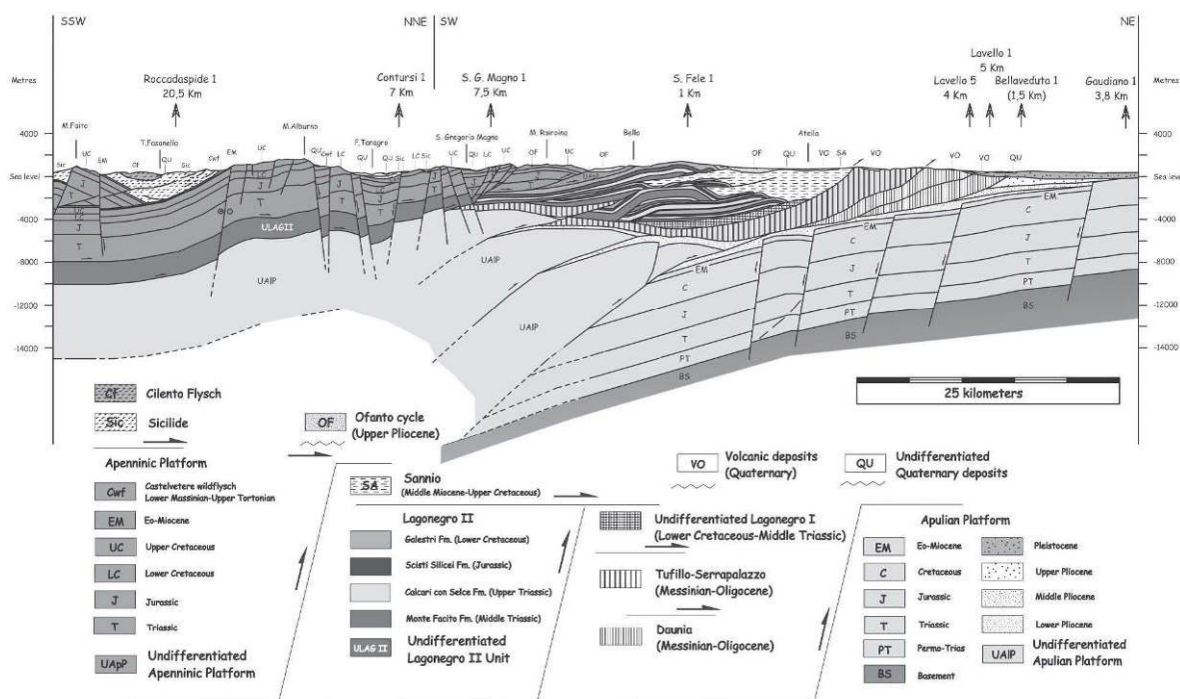


Figura 5. Sezione geologica della Catena Appenninica meridionale, mostrandone i rapporti tra le principali unità stratigrafico-strutturali a seguito della strutturazione dell'edificio a falde (da Scrocca et al. 2007)

Tra il Messiniano e la prima parte del Pliocene inferiore, si sono verificati alcuni episodi di tettonica distensiva che hanno favorito la formazione di bacini di *piggy-back* poco profondi, caratterizzati da sedimentazione prevalentemente evaporitica (Torre et al. 1988; Patacca & Scandone 2007). La fase tettonica del Pliocene inferiore, quindi, ha interrotto nuovamente la sedimentazione nelle aree bacinali consentendo un'ulteriore traslazione delle coltri della catena per eventi compressivi (Cinque et al. 1993; Patacca & Scandone 2007). Successivamente, le fasi tettoniche del Pliocene inferiore e medio hanno

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 32 di 137

determinato l'individuazione di ulteriori zone subsidenti, con conseguente ingressione marina connessa alla generale invasione del Mediterraneo dopo la crisi di salinità del Messiniano (Cantalamessa et al. 1988; Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007).

L'avanfossa plio-pleistocenica si struttura a partire dal Pliocene inferiore (Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”), a seguito del progressivo avanzamento dell'orogene verso i settori orientali. Il tratto pugliese della suddetta avanfossa, noto in letteratura come Fossa Bradanica (Migliorini 1952), 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). Il bacino è colmato da estese successioni marine carbonatiche e silicoclastiche, a loro volta suturate dalla spessa sequenza sedimentaria delle Argille Subappennine (Cashedi 1988; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”; Moretti et al. 2011).

Sotto il profilo strutturale, la Fossa Bradanica rappresenta un *foreland basin* sviluppato prevalentemente sulla rampa regionale dell'avampaese (Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”). 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; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”). In relazione alla suddetta evoluzione geologica, il bacino presenta una sezione trasversale marcatamente asimmetrica (Scrocca & Tozzi 1999; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”), con un margine occidentale (appenninico) molto acclive e un margine orientale (avampaese) di bassa pendenza (Moretti et al. 2011).

Nel Pliocene medio e superiore le varie fasi tettoniche hanno portato al rovesciamento dei fianchi esterni delle pieghe, oltre che ad ulteriori traslazioni attraverso piani di taglio inverso (Mostardini & Merlini 1986; Cinque et al. 1993). Quindi la pila tettonica già formata viene successivamente disarticolata dalla tettonica trascorrente e distensiva plio-pleistocenica, coeva all'apertura della porzione più meridionale del Bacino Tirrenico (Patacca et al. 1992; Di Bucci et al. 1999; Casciello et al. 2006). Nei settori interni dell'Appennino meridionale, questa tettonica avviene prevalentemente su lineamenti ad alto angolo, che riattivano localmente strutture ereditate dalle precedenti fasi tettoniche compressive (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999).

Tra il Pleistocene medio e l'Olocene, infine, si instaura un regime prevalentemente estensionale responsabile della formazione di importanti strutture tettoniche a carattere regionale (Cinque et al. 1993; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999). La tettonica distensiva quaternaria si sostituisce a quella prevalentemente trascorrente plio-pleistocenica, determinando la formazione di faglie dirette di diverso ordine gerarchico e causando la riattivazione di numerosi elementi preesistenti (Di Bucci et al. 1999). Questa fase porta quindi alla definizione degli attuali assetti geologici della Catena Appenninica, con la formazione di ampie piane intramontane colmate da spesse successioni continentali di tipo vulcanico, alluvionale e fluvio-lacustre (Brancaccio et al. 1991; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 33 di 137

4.2 Caratteristiche stratigrafiche

Il settore di studio si colloca nei settori centrali dell'Appennino meridionale, nella zona di transizione tra i domini di catena e quelli di avanfossa (Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”; Torre et al. 2011 – CARG “*Ariano Irpino*”). Dal punto di vista stratigrafico, i settori di catena sono caratterizzati da spesse successioni marine meso-cenozoiche, variamente giustapposte tra loro a causa dell'importante tettonica compressiva che ha portato alla strutturazione dell'edificio a falde appenninico (Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). I settori di avanfossa, al contrario, sono contraddistinti da importanti successioni marine e transizionali plio-pleistoceniche, solo parzialmente interessate dai fronti di sovrascorrimento più recenti ed esterni (Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”; Torre et al. 2011 – CARG “*Ariano Irpino*”).

In particolare, le successioni sedimentarie del dominio di catena sono riferibili a tre distinte unità strutturali, di differente provenienza paleogeografica (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007), denominate rispettivamente Unità della Daunia, Unità del Fortore e Unità di Frigento. Tali unità sono costituite essenzialmente da depositi marini in *facies* di bacino e di scarpata, con un'età compresa tra il Cretacico inferiore e il Miocene superiore (Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”). La parte bassa delle successioni è sempre costituita da sedimenti pelitici e calcareo-marnosi di mare profondo, con locali passaggi di litotipi essenzialmente carbonatici o diasprigni (Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). Verso l'alto si rinvencono, quindi, depositi di scarpata a composizione prevalentemente arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa, sempre passanti a sedimenti argilloso-marnosi e calcareo-marnosi di bacino (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009).

Le suddette successioni sedimentarie risultano parzialmente ricoperte, in discordanza stratigrafica, da spessi depositi flyschoidi arenaceo-marnosi e calcareo-marnosi connessi allo sviluppo della Catena Appenninica (Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). Al di sopra di tali terreni si rinvencono estesi depositi di *thrust-top sheet* a composizione prevalentemente arenacea e arenaceo-marnosa e, quindi, sedimenti evaporitici messiniani e terreni caotici composti da olistostromi, frane e olistoliti con differente composizione e provenienza (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007). La sequenza sedimentaria di catena è chiusa, quindi, da depositi pliocenici prevalentemente argilloso-sabbiosi e sabbioso-conglomeratici, chiaramente connessi alle ultime fasi di strutturazione dell'edificio appenninico (Di Bucci et al. 1999; Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007; Torre et al. 2011 – CARG “*Ariano Irpino*”).

Durante le fasi terminali di strutturazione della catena, si assiste quindi alla deposizione di spesse successioni silicoclastiche nei settori di avanfossa che si venivano a creare lungo il margine orientale dell'edificio a falde (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”). Lungo il margine interno di tale dominio strutturale si realizzano sistemi deposizionali in *facies* deltizia, progressivamente passanti a sistemi di piattaforma esterna-bacino, caratterizzati dalla

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 34 di 137

sedimentazione dei depositi pelitici delle Argille Subappennine (Casnedi 1978; Spalluto & Moretti 2006; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”). In corrispondenza dei depocentri del bacino (Casnedi 1988), si accumulano torbiditi terrigene sabbioso-limose (Balduzzi et al. 1982; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”), costituenti la porzione inferiore della successione dell’Avanfossa pliocenico-quaternaria.

Le suddette successioni sono ricoperte, quindi, da sedimenti regressivi di piattaforma e da depositi marini e terrazzati (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996), che testimoniano le fasi di sollevamento del sistema avanfossa-avampaese a partire dal Pleistocene medio. Nei settori più interni, le interazioni fra variazioni cicliche del clima e sollevamento regionale portano inoltre all’accumulo di estesi depositi alluvionali terrazzati, localmente caratterizzati da una porzione basale con caratteri di *facies* di spiaggia (Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”).

4.3 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 Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009; Torre et al. 2011 – CARG “Ariano Irpino”):

- la fase compressiva (Miocene inferiore – Pliocene superiore) 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; Torre et al. 2011 – CARG “Ariano Irpino”);
- 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 che 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; Torre et al. 2011 – CARG “Ariano Irpino”).

In particolare, il settore di interesse è caratterizzato dalla presenza di strutture tettoniche riconducibili a tutte e tre le fasi deformative suddette, in quanto posto ricadente a cavallo tra i domini di catena e

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 35 di 137

quelli più propriamente di avanfossa (Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”; Torre et al. 2011 – CARG “*Ariano Irpino*”). I settori di catena, più interni e meridionali, sono infatti contraddistinti dalla presenza di numerosi sovrascorrimenti e faglie inverse connesse con la tettonica compressiva miopliocenica, oltre che da faglie dirette e trascorrenti dovute alla più recente tettonica plio-pleistocenica (Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”; Torre et al. 2011 – CARG “*Ariano Irpino*”). I settori di avanfossa, più esterni e settentrionali, sono invece caratterizzati da prevalenti strutture normali e trascorrenti ad alto angolo, riferibili alle fasi di sollevamento plio-pleistocenico di tale dominio strutturale (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996; Spalluto & Moretti 2006).

4.4 Assetto geologico locale

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell’area derivano da un’integrazione tra le informazioni riportate in letteratura (Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”; Torre et al. 2011 – CARG “*Ariano Irpino*”) ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

Nei settori di stretto interesse progettuale, quindi, sono state riconosciute e perimtrate tredici unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l’alto stratigrafico. In particolare, si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico d'Italia (Pasquaré et al. 1992; ISPRA 2011) le successioni cretacico-mioceniche sono state suddivise utilizzando Unità Stratigrafiche Convenzionali, mentre i depositi pliocenico-quadernari sono stati distinti utilizzando le Unità a Limiti Inconformi. Ogni sequenza principale è stata a sua volta suddivisa in varie sotto-unità (membri, litofacies e subsintemi), a seconda delle specifiche caratteristiche sedimentologiche e litostratigrafiche.

Per quanto riguarda le unità del substrato, è stata mantenuta la suddivisione in formazioni, membri e litofacies del foglio CARG “*Ascoli Satriano*” (ISPRA 2011a, Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”), fatta eccezione per ciò che il CARG definisce come Flysch Rosso della Daunia. Secondo Santo & Senatore (1988) e Russo & Senatore (1989) questa unità stratigrafica dovrebbe essere chiamata con il termine di “Calcareni, argille e marne di Monte Sidone”, in quanto in questo settore dell’Appennino Dauno, ciò che generalmente viene riferito al Flysch Rosso o alle argille varicolori l.s. avrebbe un’età più recente (Oligocene superiore – Aquitaniano) di quella riportata in letteratura per il Flysch Rosso.

Per quanto concerne i depositi di copertura, invece, è stata mantenuta la suddivisione in sintemi e subsintemi del suddetto foglio (ISPRA 2011a, Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”), anche se tutte le sequenze sono state a loro volta separate in differenti litofacies al fine di uniformare il dato a quello del substrato e delle zone limitrofe.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 36 di 137

Nella zona sud-occidentale dell'area di studio sono state introdotte ulteriori unità sintematiche e subsintematiche per la suddivisione dei depositi alluvionali terrazzati non riportati nel foglio CARG "Ascoli Satriano" (ISPRA 2011a, Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”). Le suddette unità a limiti inconformi sono state individuate seguendo i criteri stratigrafici, sedimentologici e morfologici utilizzati a livello nazionale, ovvero individuando le quote dei terrazzi rispetto al fondovalle principale e distinguendo corpi geologici con differenti caratteristiche litologiche, sedimentologiche e cronostratigrafiche.

Per quanto concerne le caratteristiche geometriche e strutturali, nel profilo geologico in scala 1:5000 è stato ricostruito l'andamento dell'assetto giaciturale di tutte le successioni di substrato attraversate dal tracciato. Tale ricostruzione si basa su tutti i dati geometrici ricavati dal rilevamento di campo e dalle indagini geognostiche disponibili, opportunamente integrati con quanto riportato negli studi bibliografici reperiti (ISPRA 2011a, Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”). Ad ogni modo, si sottolinea che le suddette ricostruzioni hanno una valenza generale e a grande scala, in quanto localmente l'assetto giaciturale dei termini litologici attraversati può essere notevolmente complicato dalla presenza di strutture tettoniche, fragili e duttili, non visibili alla scala di rilevamento.

4.4.1 Unità tettonica della Daunia

Questa unità tettonica è rappresentata dalla sola Sub-unità tettonica di Masseria Sicuranza e risulta diffusamente affiorante nel settore centrale e sud-occidentale dell'area di interesse. Tale unità è strutturata in una serie di scaglie tettoniche a vergenza nord-orientale e risulta variamente sovrascorsa sui termini marini plio-pleistocenici del Supersintema di Ariano Irpino e della Fossa Bradanica.

4.4.1.1 Sub-unità tettonica di Masseria Sicuranza

La sub-unità è rappresentata da tre successioni marine meso-cenozoiche di bacino e base scarpata, rispettivamente denominate Calcareniti, argille e marne di Monte Sidone, Flysch di Faeto e Marne argillose del Toppo Capuana.

Come precedentemente accennato, occorre precisare che in fase di progetto di fattibilità alla base dell'unità tettonica era stato individuato, secondo la nomenclatura del Foglio 421 “*Ascoli Satriano*”, il Flysch Rosso della Daunia in luogo delle marne di Monte Sidone. Tuttavia, in relazione alle risultanze delle nuove indagini stratigrafiche ed in accordo a Santo & Senatore (1988) e Russo & Senatore (1989), che attribuiscono ai termini affioranti nel settore in oggetto un'età più recente (Oligocene superiore - Aquitaniano) di quella riportata in letteratura per il classico Flysch Rosso, l'unità stratigrafica basale dell'unità tettonica viene definita nel presente studio come “Calcareniti, argille e marne di Monte Sidone”.

4.4.1.1.1 Calcareniti, argille e marne di Monte Sidone (SID)

Tale formazione è presente nel settore centrale e sud-occidentale della zona di studio ed è costituita da depositi torbiditici ed emipelagici di base di scarpata-bacino, costituiti da calcareniti, marne e argille.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 37 di 137

Affiora in lembi di limitata estensione nel settore centrale della zona di intervento, lungo i versanti nord-occidentali e occidentali di Monte Fedele.

Si tratta di una fitta alternanza di sottili strati di argilliti policrome, scagliose o sottilmente laminate, a cui si intercalano calcilutiti, calcareniti e calciruditi giallastre con liste di selce di colore scuro in strati con spessore variabile da pochi cm ad alcuni dm. I caratteri di facies indicano che si tratta di emipelagiti e di torbiditi distali. Verso l'alto passa per alternanza al Flysch di Faeto. Lo spessore stimato per questa unità è nell'ordine dei 300 m ed è riferibile al Cretacico superiore - Burdigaliano superiore.

4.4.1.1.2 Flysch di Faeto (FAE)

Questa formazione affiora diffusamente in tutto il settore centrale e sud-occidentale dell'area di interesse progettuale, lungo i rilievi collinari che bordano il Torrente Cervaro. Si tratta di calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi di colore grigio e biancastro, in strati da sottili a medi, con frequenti intercalazioni di argille limose e argille marnose grigie e grigio-verdastre; a luoghi si rinvengono passaggi di arenarie, microconglomerati e calciruditi bioclastiche di colore grigio, in strati da medi a spessi; localmente sono presenti orizzonti di breccie calcaree e porzioni a struttura caotica riferibili a *slumps*. Poggia con contatto stratigrafico graduale sulla Formazione di Monte Sidone e passa per alternanza, verso l'alto, alle marne argillose del Toppo Capuana. Tali depositi presentano uno spessore massimo di circa 700 m e sono ascrivibili al periodo Burdigaliano superiore? - Messiniano inferiore.



Figura 6. Affioramento del Flysch di Faeto, in località Stazione Bovino, nei pressi della S.S.90 delle Puglie, in sinistra idrografica del T. Cervaro.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 38 di 137

4.4.1.1.3 *Marne argillose del Toppo Capuana (TPC)*

Tale formazione affiora unicamente nel settore centrale della zona di studio. Si tratta di depositi marini di bacino, costituiti da argille limose, argille marnose e marne di colore grigio e grigio-azzurro, in strati da medi a molto spessi, generalmente a laminazione piano-parallela, con locali passaggi di sabbie e sabbie limose grigie e giallastre; a luoghi si rinvencono intercalazioni di arenarie, siltiti e calcilutiti di colore grigio e giallastro, in strati da sottili a medi.

Dove gli interstrati arenacei o calcarei mancano, le marne della formazione Toppo Capuana sono macroscopicamente identiche alle marne plio-pleistoceniche (Crostella & Vezzani, 1964).

L'unità possiede uno spessore massimo di circa 250 m e poggia con contatto stratigrafico per alternanza sul Flysch di Faeto. Età: Tortoniano superiore – Messiniano inferiore.

4.4.2 *Unità a limiti inconformi del Pliocene*

Questa sequenza è formata da una sola unità sedimentaria, denominata Supersintema di Ariano Irpino, e risulta ampiamente affiorante nel settore centrale e sud-occidentale della zona di studio. Tale sequenza risulta sovrascorsa sui termini marini plio-pleistocenici della Fossa Bradanica ed è a sua volta tettonicamente ricoperta dalle successioni marine dell'Unità della Daunia.

4.4.2.1 *Supersintema di Ariano Irpino*

Il presente supersintema è rappresentato da una singola successione marina infra-pliocenica di piattaforma e di transizione, denominata Sintema di Bovino.

4.4.2.1.1 *Sintema di Bovino*

Tale sintema affiora diffusamente nel settore centrale e sud-occidentale dell'area di stretto interesse progettuale. Si tratta di depositi marini di piattaforma e transizione, costituiti da due distinti membri a composizione argilloso-sabbiosa e arenaceo-conglomeratica. Il membro argilloso-sabbioso costituisce gran parte della sequenza stratigrafica, mentre quello arenaceo-conglomeratico risulta intercalato al precedente e in parziale eteropia con lo stesso. Questo sintema mostra uno spessore massimo di circa 250 m ed è riferibile al Pliocene medio.

4.4.2.1.1.1 *Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)*

Relativamente alla zona di studio, tale membro affiora nel settore sud-occidentale nei pressi del Torrente Lamiozza e in località Pugliglio, nel settore centrale in località Inverse Madonna e, infine, nel settore centro-settentrionale in contrada Lorenzo e località Castello Schiavo. Si tratta di arenarie quarzoso-feldpastiche di colore grigio e giallastro, in strati da medi a molto spessi, in alternanza con conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in strati molto spessi e di forma irregolare, in matrice sabbiosa e calcareo-sabbiosa di colore grigio e giallastro, generalmente scarsa; nella parte bassa della successione si rinvencono conglomerati a clasti poligenici ed

eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in strati generalmente molto spessi, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, da scarsa ad abbondante. Tale membro presenta uno spessore massimo di circa 120 m ed è ascrivibile al Pliocene medio.



Figura 7. Affioramento del membro delle Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo, in località Stazione Bovino, in sinistra idrografica del Torrente Cervaro.

4.4.2.1.1.2 Argille e sabbie del Vallone Meridiano (BVNb)

Rispetto all'area di interesse progettuale, questo membro affiora nel settore sud-occidentali tra il Torrente Lamiozza e il torrente Lamia, nel settore centrale in località Piano di Bongo e, infine, nel settore centro-settentrionale a NE e NW di Monte Nero. Si tratta di argille, argille limose e argille marnose di colore grigio e grigio scuro, in strati da medi a molto spessi, talora a laminazione piano-parallela, con frequenti intercalazioni di sabbie e sabbie limose grigie e giallastre; a luoghi si rinvencono lenti ciottolose a elementi ben arrotondati e livelli di arenarie di colore grigio e giallastro, in strati da medi a spessi.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 40 di 137

Questi terreni mostrano uno spessore massimo di circa 130 m e sono interamente riferibili al Pliocene medio.



Figura 8. Affioramento del membro delle Argille e sabbie del Vallone Meridiano in località Serra della Lamia, in sinistra idrografica del T. Lamia.

4.4.3 Depositi marini del Plio-Pleistocene

Tali depositi sono rappresentati da una singola successione sedimentaria, quella della Fossa Bradanica, localmente affiorante nel settore nord-orientale dell'area di studio. La successione risulta tettonicamente ricoperta dai termini marini meso-cenozoici dell'Unità della Daunia e del Supersistema di Ariano Irpino, secondo un *thrust* di importanza regionale ad asse circa NW-SE.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 41 di 137

4.4.3.1 Unità della Fossa Bradanica

La presente unità è rappresentata da una singola successione marina plio-pleistocenica di piattaforma e di scarpata superiore, notoriamente conosciuta a livello regionale come Argille Subappennine.

4.4.3.1.1 *Argille Subappennine (ASP)*

La successione in esame affiora localmente nel settore nord-orientale dell'area di studio tra contrada Lorenzo e Castello Schiavo. Si tratta di depositi marini di piattaforma e scarpata superiore, costituiti da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro, in strati da sottili a molto spessi, generalmente poco evidenti e a laminazione piano-parallela, con sottili intercalazioni di argille marnose, sabbie e sabbie limose grigie; nella parte alta della successione si rinviene una porzione costituita da sabbie limose e limi sabbiosi di colore giallastro e grigio-verdastro, in strati da sottili a spessi, progressivamente passanti a conglomerati poligenici grossolanamente stratificati e ben selezionati. La formazione presenta uno spessore massimo di circa 1000 m ed è ascrivibile al periodo Pliocene superiore - Pleistocene inferiore.

4.4.4 *Depositi continentali quaternari*

Questi depositi sono rappresentati da due differenti sequenze sedimentarie, quella del Tavoliere della Puglia e quella dei Depositi ubiquitari in formazione, ampiamente affioranti in tutta l'area di studio. I terreni in questione ricoprono in discordanza i diversi termini litologici del substrato e, in generale, risultano caratterizzati da differenti paleosuoli e superfici erosive.

4.4.4.1 Unità del Tavoliere della Puglia

La presente unità è formata da sei unità sintemiche quaternarie di genesi essenzialmente alluvionale, rispettivamente denominate Sintema di Piano d'Amendola, Sintema di Radogna, Sintema di Orsara, Sintema di Foggia, Sintema de La Sedia di Orlando e Sintema del Torrente Carapelle.

4.4.4.1.1 *Sintema di Piano d'Amendola*

Il suddetto sintema si rinviene nel settore nord-orientale della zona di studio, lungo il margine orientale dei rilievi della Daunia. Si tratta di depositi continentali di conoide alluvionale, da prossimali ad intermedi, costituiti da conglomerati disorganizzati ai quali sono sovrapposti, nelle porzioni distali, anche corpi lenticolari di sabbie grossolane. Vi si riconoscono due subsintemi separati da una netta scarpata morfologica. Il tetto di questo sintema è rappresentato dalla superficie di erosione attuale. È ascrivibile al Pleistocene medio.

4.4.4.1.1.1 *Subsintema di La Mezzana (ADL2)*

Tale subsintema affiora nel settore nord-orientale dell'area di interesse, in località Masseria Macchietta, nella zona di raccordo tra il Subappennino Dauno e il Tavoliere delle Puglie. Si tratta di

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 42 di 137

conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, massivi o mal-stratificati, in matrice sabbiosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono lenti di sabbie e arenarie di colore grigio e giallastro, in strati da sottili a medi. Questi depositi presentano uno spessore massimo di circa 15 m e sono riferibili al Pleistocene medio.

4.4.4.1.2 *Sintema di Radogna (RDG)*

Tale sintema affiora unicamente nel settore nord-orientale dell'area di studio, in località Castello Schiavo, in corrispondenza di una superficie terrazzata che borda verso Nord il fondovalle del Torrente Cervaro.

Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con frequenti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate e sporadiche intercalazioni di argille limose grigio-verdastre; a luoghi si rinvencono passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante. Presenta uno spessore massimo di circa 10 m ed è riferibile al Pleistocene medio.

4.4.4.1.3 *Sintema di Orsara*

Questo sintema affiora in lembi di limitata estensione nel settore centrale e sud-occidentale della zona di intervento, lungo il bordo settentrionale della piana alluvionale del Torrente Cervaro. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, costituiti da due distinti subsintemi a composizione ghiaioso-sabbiosa e conglomeratico-sabbiosa. Il sintema mostra uno spessore massimo di circa 20 m ed è riferibile al Pleistocene medio - Pleistocene superiore?.

4.4.4.1.3.1 *Subsintema di Bosco di Acquara (ORS1)*

Il subsintema in questione si rinviene nel settore sud-occidentale dell'area di studio, in località Bosco di Acquara, in corrispondenza di un piccolo terrazzo morfologico posto immediatamente a Nord del fondovalle del Torrente Cervaro. Si tratta di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-angolosi a sub-arrotondati, massivi o mal-stratificati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono lenti di sabbie e sabbie limose di colore grigio, in strati da sottili a medi. Tali depositi presentano uno spessore massimo di circa 20 m e sono ascrivibili al Pleistocene medio.

4.4.4.1.3.2 *Subsintema di Inverse Madonna (ORS2)*

Tale subsintema affiora nel settore centrale dell'area di intervento, in località Inverse Madonna, in corrispondenza di alcuni terrazzi morfologici presenti in sinistra idrografica del Torrente Cervaro. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o debolmente

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 43 di 137

laminata, con frequenti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate. Questi depositi mostrano uno spessore massimo di circa 15 m e sono riferibili al periodo Pleistocene medio - Pleistocene superiore?.

4.4.4.1.4 Sintema di Foggia (TGF)

Questo sintema si rinviene nel settore nord-orientale della zona di intervento, tra Masseria dei Combattenti e Masseria Serrone, in corrispondenza di estese superfici terrazzate poste lungo il bordo settentrionale della piana alluvionale del Torrente Cervaro. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e nerastro, a struttura indistinta o finemente laminata, con frequenti intercalazioni di sabbie limose giallastre, gradate e laminate; a luoghi si rinvencono lenti di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, massivi o in strati molto spessi, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, generalmente abbondante. Questi depositi mostrano uno spessore massimo di circa 40 m e sono ascrivibili al Pleistocene medio? - Pleistocene superiore.

4.4.4.1.5 Sintema de La Sedia di Orlando (LSO)

Il sintema in esame affiora nel settore centrale e sud-occidentale dell'area di interesse progettuale, in destra idrografica del Vallone Forchione Acquara e in località Inverse Madonna, in corrispondenza di superfici terrazzate elevate di alcuni metri dal fondovalle attuale. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con frequenti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate e sporadiche intercalazioni di argille limose grigie; a luoghi si rinvencono passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante. Questa litofacies presenta uno spessore massimo di circa 20 m ed è ascrivibile al Pleistocene superiore.

4.4.4.1.6 Sintema del Torrente Carapelle e Cervaro

Questo sintema affiora ampiamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza del fondovalle del Torrente Cervaro. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da silt argillosi, silt, sabbie siltose e lenti di ghiaie poligeniche. Tale sintema mostra uno spessore massimo di circa 30 m ed è riferibile al Pleistocene superiore? – Olocene.

4.4.4.1.6.1 Subsintema dell'Incoronata (RPL1)

Il subsintema in questione si rinviene in tutta la zona di intervento, in corrispondenza della piana alluvionale del Torrente Cervaro. Si tratta di silt argillosi, silt, sabbie siltose e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso limosa di colore grigio, avana e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi livelli di limi nerastri con coperture

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 44 di 137

decimetriche di sabbie con gradazione diretta, laminate e con al tetto sottili livelli argillosi. Spessore massimo di circa 30 m. Età: Pleistocene superiore? – Olocene.

4.4.4.2 Depositi ubiquitari in formazione

I presenti depositi sono formati da due unità continentali quaternarie, di genesi alluvionale e detritico-colluviale, denominate rispettivamente Coltri eluvio-colluviali e Depositi alluvionali attuali.

4.4.4.2.1 *Coltri eluvio-colluviali (b2)*

Tali terreni si rinvencono diffusamente in tutta l'area di studio, come copertura di tutte le unità geologiche più antiche, soprattutto in corrispondenza delle depressioni impluviali o alla base dei rilievi più acclivi ed estesi. Si tratta di depositi continentali di versante e alterazione del substrato, costituiti da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone, grigio e bruno-rossastro, a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. Tali depositi mostrano uno spessore massimo non determinabile e sono riferibili al Pleistocene superiore? – Attuale.

4.4.4.2.2 *Depositi alluvionali attuali (b)*

Tali depositi si rinvencono in tutta l'area di studio, in corrispondenza degli alvei attuali dei principali corsi d'acqua. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, costituiti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta, con frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate. Spessore massimo non determinabile. Età: Olocene – Attuale.

5 GEOMORFOLOGIA

La morfologia superficiale del territorio in esame risulta fortemente condizionata dalle caratteristiche litologiche dei litotipi affioranti e dalla recente evoluzione geologico-strutturale dell'area. Quest'ultima, in particolare, risulta strettamente connessa al sollevamento della Catena Appenninica (Parea 1986; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”), che ha prodotto nel corso del tempo costanti incrementi dell'energia di rilievo e marcati approfondimenti del reticolo idrografico superficiale (Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”). In particolare, il settore di studio ricade nella zona di giunzione tra il Subappennino Dauno ad Ovest e il Tavoliere delle Puglie ad Est.

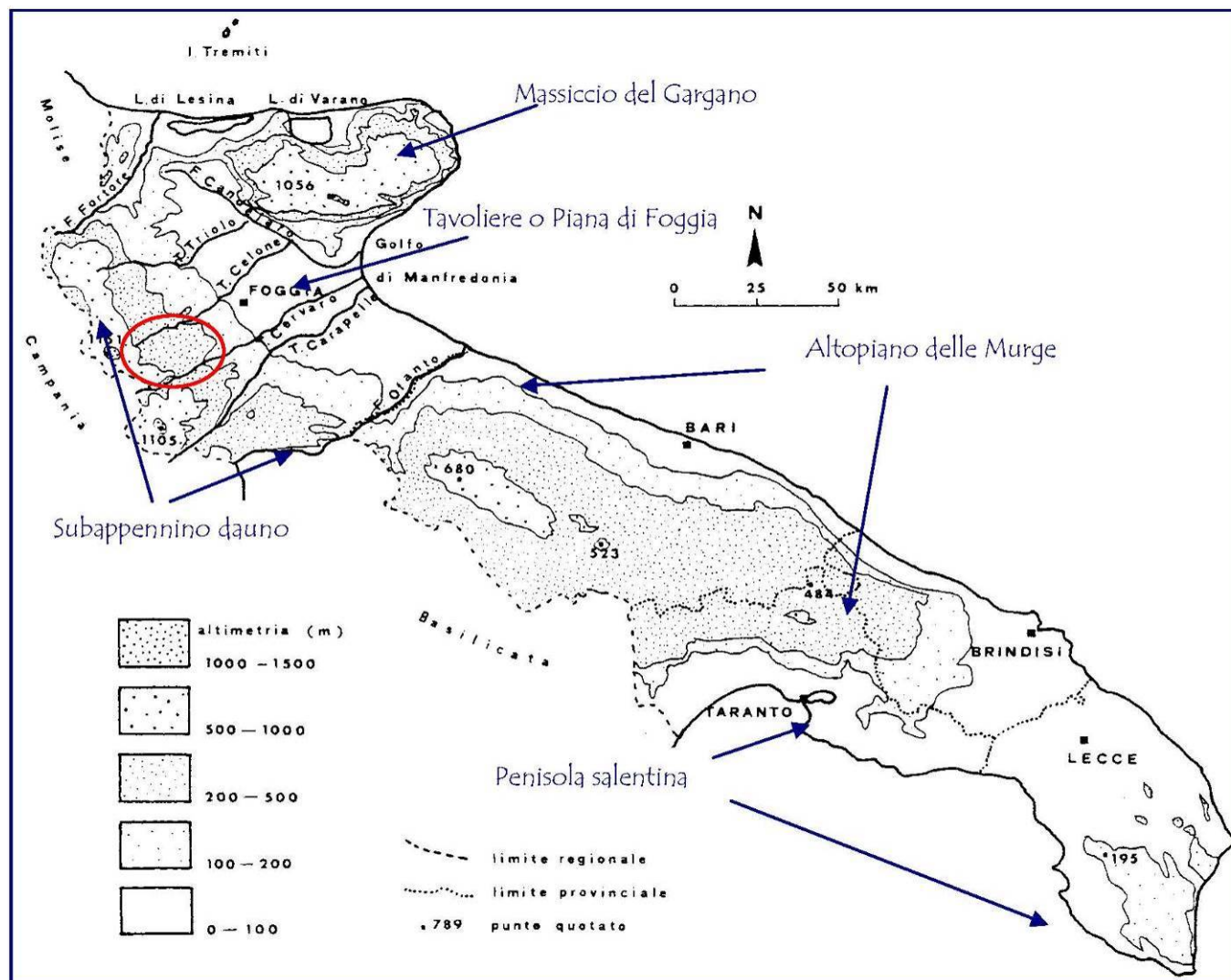


Figura 9. Inquadramento morfologico-territoriale della regione Puglia (da APAT 2007), con individuazione dell'area di studio (in rosso).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 46 di 137

Il settore del Subappennino Dauno è stato fortemente influenzato dalle fasi tettoniche plio-pleistoceniche, che hanno conferito a tutta l'area una configurazione morfologica molto prossima a quella attuale (APAT 2007). In particolare, l'allineamento tettonico Carlantino-Volturara Appula, ad asse circa NNW-SSE, separa i sedimenti più interni della catena da quelli più esterni della zona orientale, caratterizzati da una maggiore continuità negli episodi di sedimentazione.

In relazione alle caratteristiche peculiari dei diversi termini litologici affioranti, le forme del paesaggio sono legate ad un contesto in continua e rapida evoluzione per la presenza di diversi corsi d'acqua con una forte tendenza all'approfondimento e di numerosi fenomeni gravitativi di una certa rilevanza (Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”). Questi ultimi, in particolare, trovano le condizioni predisponenti sia nella natura intrinseca dei terreni affioranti che nella sismicità dell'area, nelle caratteristiche morfologiche dei rilievi, nella mancanza di una adeguata copertura arborea e nelle condizioni climatiche di questo settore di territorio (APAT 2007).

Tra le forme del paesaggio prevalgono, generalmente, quelle dolci e poco incise nei terreni argillosi del substrato, che i movimenti gravitativi rendono localmente più aspre ed accentuate (APAT 2007). Naturalmente, nelle zone di affioramento di litotipi a dominante arenacea o calcareo-marnosa, le morfologie si presentano più aspre e marcate, con strette valli di incisione fluviale e numerosi stacchi morfologici dovuti sia agli elementi strutturali presenti che a locali fenomeni franosi che interessano il substrato.

Il Tavoliere di Puglia, che rappresenta la seconda pianura d'Italia per estensione, si è originato con le fasi regressive quaternarie create dalla compensazione isostatica del sistema Catena-Avanfossa-Avampaese (Ricchetti et al. 1989), a cui si sono localmente sovrapposte le oscillazioni glacio-eustatiche del livello marino. Il risultato di tali fenomeni è rappresentato, dal punto di vista morfologico, da una serie di terrazzi progressivamente degradanti verso il Golfo di Manfredonia e verso la Foce del Fortore.

Per quanto riguarda il numero di terrazzi presenti nell'area, la questione è ancora aperta e molto dibattuta a livello scientifico. Si passa così da una suddivisione piuttosto semplice con sei differenti ordini di terrazzi (APAT 2007) ad una molto più complessa con ben dodici spianate di abrasione (Caldara & Pennetta 1993), di cui otto subaeree e quattro sottomarine.

Nella zona sono presenti solo sporadiche forme di dissesto di origine gravitativa, mentre l'unico fenomeno di una certa rilevanza è rappresentato dalla subsidenza di vaste aree nella zona centrale della piana (APAT 2007). In particolare, il fenomeno di subsidenza si verifica nella zona intorno ai centri abitati di Foggia, Cerignola e Ortanova, probabilmente a causa degli eccessivi prelievi d'acqua nel sottosuolo, e nelle aree limitrofe ai comuni di Lucera e Ascoli Satriano, quasi certamente a causa dell'estrazione di gas e idrocarburi (APAT 2007).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 47 di 137

5.1 Elementi idrografici

Il settore oggetto di studi è caratterizzato da numerosi corsi d'acqua a carattere sia perenne che stagionale e/o torrentizio, oltre che da diffusi canali e solchi di erosione concentrata. Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal Torrente Cervaro, che si sviluppa in direzione circa WSW-ESE tra i rilievi del Subappennino Dauno e il Tavoliere delle Puglie. Ulteriori corsi d'acqua di una certa rilevanza sono rappresentati dal Canale di Curci e dal Torrente Lamiozza, entrambi affluenti in sinistra idrografica del T. Cervaro. Ad essi si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere prevalentemente stagionale e/o torrentizio, e numerosi solchi di erosione concentrata attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

In generale, il reticolo idrografico locale presenta uno sviluppo piuttosto ramificato ed un *pattern* sub-dendritico o sub-angolato che segue le principali direttrici tettoniche dell'area. La struttura della rete idrografica, pertanto, risulta fortemente influenzata sia dalla natura litologica del substrato che dagli elementi strutturali che lo hanno interessato. Il reticolo idrografico infatti si presenta più esteso ed articolato nei settori di affioramento dei litotipi a dominante pelitica, mentre risulta meno articolato e con andamento sub-rettilineo nelle aree di affioramento dei termini litologici a comportamento litoide o pseudo-litoide. Nei settori di piana alluvionale, infine, la rete idrografica superficiale risulta discretamente sviluppata ed articolata, in quanto caratterizzata dalla presenza del Torrente Cervaro e di tutti i suoi affluenti.

5.2 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, legato essenzialmente alla natura litologica e sedimentologica dei depositi. Ad essi si aggiungono i numerosi elementi tettonici presenti nell'area, connessi alla complessa evoluzione tettonica che ha interessato i settori di catena in questione a partire dal Miocene.

La morfogenesi selettiva ha portato, infatti, allo sviluppo di forme morbide e poco marcate in corrispondenza dei settori di affioramento di termini litologici prevalentemente pelitici e arenaceo-marnosi, che risultano caratterizzati da ampie vallate e pendii poco acclivi privi di bruschi stacchi morfologici. Nelle aree di affioramento dei termini litologici a comportamento lapideo o pseudo-lapideo, al contrario, la morfogenesi selettiva ha portato allo sviluppo di forme più aspre e marcate, caratterizzate da strette vallate e versanti molto acclivi, spesso interrotti da bruschi stacchi morfologici connessi ad importanti elementi tettonici o a superfici di strato dei livelli più competenti.

I settori di piana alluvionale e le grandi depressioni morfostrutturali, come la piana del Torrente Cervaro, sono invece caratterizzate dalla presenza di spessi depositi di copertura, di genesi prevalentemente alluvionale e detritico-colluviale. In tali aree la morfogenesi selettiva svolge quindi un

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 48 di 137

ruolo di secondaria importanza nell'evoluzione geomorfologica dei rilievi, in quanto subordinata ai processi deposizionali e di alterazione *in situ* dei litotipi affioranti.

Infine i principali elementi strutturali presenti nell'area, connessi alla tettonica compressiva, trascorrente ed estensionale che ha interessato tale porzione di catena a partire dal Miocene, risultano particolarmente evidenti in tutto il settore di interesse e, in modo particolare, nelle aree di affioramento dei termini litologici più competenti. I suddetti elementi, comunque, tagliano almeno in parte anche i depositi di copertura più antichi ma non risultano direttamente rilevabili sul terreno a causa della particolare conformazione geologica del territorio.

5.3 Forme, processi e depositi gravitativi

Lo studio dei fenomeni di dissesto presenti nei settori di intervento è stato condotto mediante appositi rilievi di campo e studi fotointerpretativi di ortofoto e immagini satellitari. I suddetti dati sono stati opportunamente integrati con quelli provenienti dagli studi bibliografici e territoriali ad oggi disponibili. In particolare, per l'analisi dei fenomeni di dissesto sono state consultate le cartografie tematiche del Progetto IFFI (APAT 2007) e le cartografie geologiche con elementi di geomorfologia del Progetto CARG (ISPRA 2011a; Ciaranfi et al. 2011).

Nell'attuale contesto morfo-climatico, i fenomeni gravitativi di versante rappresentano un fattore di primaria importanza nell'evoluzione dei rilievi di tutta l'area di studio. Tali fenomeni si rinvencono in corrispondenza di quasi tutti i versanti presenti, anche se risultano decisamente più frequenti in corrispondenza dei settori di affioramento delle successioni sedimentarie meno competenti, a dominante pelitica e argilloso-sabbiosa.

Tali movimenti franosi sono originati dall'azione congiunta di vari fattori, quali elementi tettonici, caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, dinamica delle acque superficiali e sotterranee e attuale uso del suolo (pratiche agrarie intensive). In un tale contesto geologico-strutturale, i movimenti di versante seguono generalmente canali preferenziali dettati, in massima parte, dalla tettonica e dai fenomeni erosivi connessi dal deflusso delle acque correnti superficiali.

I fenomeni gravitativi si verificano generalmente come complessi sistemi di frane, caratterizzati dalla dislocazione di masse lungo il pendio e dal successivo rimaneggiamento delle stesse ad opera degli agenti esogeni e delle acque di origine meteorica. Queste ultime, a loro volta, portano allo sviluppo di nuovi fenomeni di dissesto ed alla riattivazione di quelli già esistenti, trovando nelle scarse caratteristiche di resistenza dei terreni rimaneggiati e/o alterati i presupposti per il raggiungimento di nuove e localizzate condizioni di instabilità.

A causa del complesso assetto geologico-strutturale, il Subappennino Dauno è caratterizzato da morfodinamiche di versante piuttosto eterogenee e diversificate. Infatti, i complessi rapporti geometrici e strutturali tra le unità affioranti, unitamente alle variazioni litostratigrafiche e ai fenomeni erosivi

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 49 di 137

superficiali, controllano la naturale distribuzione dei movimenti franosi, differenziandoli per tipologia ed entità.

Nei settori caratterizzati dalla presenza di successioni silicoclastiche a dominante pelitica e argilloso-sabbiosa, prevalgono fenomeni di versante riconducibili a colamenti, scivolamenti e frane complesse in terra, a cui si associano diffusi processi di deformazione viscosa quali *creep* e/o soliflusso. Si tratta di fenomeni di dimensioni generalmente contenute, spesso confinati alle coltri di copertura e alle porzioni più superficiali ed alterate del substrato. Lo stato di attività è variabile dallo stabilizzato all'attivo, anche se risultano generalmente predominanti i fenomeni quiescenti.

In corrispondenza dei versanti caratterizzati dalla presenza di successioni carbonatiche e silicoclastiche a dominante calcareo-marnosa, arenaceo-pelitica e conglomeratico-sabbiosa, invece, prevalgono fenomeni gravitativi quali scivolamenti e frane complesse in roccia e detrito, cui si associano locali crolli e/o ribaltamenti. Spesso si tratta di fenomeni di notevoli dimensioni, con spessori delle masse mobilizzate dell'ordine di alcune decine di metri, che interessano i versanti in questione dai settori di cresta fino ai fondovalle. Anche in questo caso lo stato di attività è variabile dallo stabilizzato all'attivo, con una netta predominanza dei fenomeni quiescenti.

Relativamente alle cartografie geologico-geomorfologiche prodotte nell'ambito dello studio, negli elaborati è stata riportata la classificazione sulla base della tipologia di dissesto e sullo stato di attività (Cruden, D. M. & Varnes, D. J., 1996). Si riportano, nel seguito, le tipologie di dissesto individuate:

- colamento lento;
- frana complessa;
- scivolamento rotazionale/traslato;
- area a franosità diffusa.

Ad ogni dissesto è, inoltre, stato assegnato uno dei seguenti stati di attività:

- attivo (A);
- quiescente (Q);
- stabilizzato (S).

5.4 Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Nell'intera area di studio, le principali forme di accumulo connesse al deflusso idrico superficiale derivano essenzialmente dai processi deposizionali del sistema fluviale del Torrente Cervaro. In corrispondenza di tale elemento, infatti, i meccanismi deposizionali risultano preponderanti sugli altri processi geomorfologici e conferiscono a tutto il settore di fondovalle una morfologia blandamente ondulata e leggermente degradante verso i settori nord-orientali.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 50 di 137

I depositi alluvionali più recenti che costituiscono la piana alluvionale del Torrente Cervaro si distribuiscono su una serie di superfici sub-pianeggianti e piuttosto estese, strutturate in diversi ordini di terrazzi posti pochi metri al di sopra dell'alveo attuale. I depositi fluviali più antichi, invece, vanno a formare una serie di terrazzi alluvionali poco estesi, distribuiti a varie quote lungo i versanti che bordano il fondovalle del Torrente Cervaro. Tali terreni presentano una granulometria generalmente ghiaioso-sabbiosa, anche se mostrano al loro interno vistose variazioni sedimentologiche dovute alle frequenti intercalazioni sabbioso-limose e argilloso-limose.

Allo sbocco delle aste secondarie nelle aree di fondovalle, inoltre, si rinvencono frequenti conoidi alluvionali di estensione e importanza variabile. Tali conoidi sono attualmente quiescenti e risultano particolarmente diffuse nei settori nord-orientali dell'area di studio, in corrispondenza della fascia di raccordo tra i rilievi collinari del Subappennino Dauno e i settori di piana del Tavoliere delle Puglie. Infine, nella porzione centrale della zona di intervento, si rinviene una conoide eluvio-colluviale di modesta estensione, posta in corrispondenza della fascia di raccordo tra i solchi di erosione che incidono i versanti e i depositi alluvionali recenti che colmano la piana alluvionale del Torrente Cervaro.

Lungo i principali corsi d'acqua dell'area si rinvencono frequenti scarpate fluviali, di altezza ed estensione variabile, e zone di erosione laterale delle sponde. Gli alvei secondari mostrano, in generale, una marcata tendenza all'approfondimento, mentre gli alvei più importanti sono caratterizzati da prevalenti meccanismi deposizionali. Ulteriori scarpate fluviali, ormai inattive e fortemente degradate, sono presenti in corrispondenza dei margini esterni dei terrazzi morfologici più estesi, posti a quote variabili dal fondovalle attuale.

Infine, lungo i versanti e in corrispondenza delle parti alte dei bacini imbriferi, si rinvencono diffusi fenomeni erosivi sia areali che lineari, connessi al deflusso non regimato delle acque correnti superficiali. Tali fenomeni generano, ovviamente, forme caratteristiche quali solchi di erosione concentrata e vallecicole a V o a fondo concavo, particolarmente evidenti sia nei settori di affioramento dei terreni eluvio-colluviali che in corrispondenza dei versanti che bordano il fondovalle del Torrente Cervaro.

5.5 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 complesso quadro geomorfologico derivano, quindi, una serie di forme poligeniche originate dalla sovrapposizione dei differenti fattori morfogenetici agenti sul territorio. Tali elementi sono rappresentati, fondamentalmente, da scarpate morfologiche di origine strutturale, attualmente in

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 51 di 137

evoluzione per fenomeni di dilavamento, alterazione ed erosione. Spesso, 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.

5.6 Forme antropiche e manufatti

I principali elementi connessi con l'attività antropica sul territorio sono rappresentati dai numerosi manufatti realizzati in corrispondenza delle maggiori zone urbanizzate e da tutti gli elementi connessi con la costruzione delle principali infrastrutture a rete. Ad essi si aggiungono importanti attività estrattive per il reperimento di inerti e materiali da costruzione, quali ghiaie fluviali e terreni sciolti. Le cave presenti nell'area sono prevalentemente inattive e risultano particolarmente diffuse in corrispondenza dei settori di fondovalle.

Nei settori più antropizzati si rinvencono, inoltre, estesi terreni di riporto provenienti da cavature e sbancamenti, realizzati sia nei termini litologici del substrato che nei depositi di copertura continentali. La maggior parte delle zone di riporto corrisponde, ovviamente, ai rilevati delle principali infrastrutture a rete ed ai terreni accumulati in corrispondenza delle aree urbane più importanti.

Ai suddetti elementi si aggiungono numerosi tagli e scarpate antropiche realizzate sia lungo le principali arterie stradali che in corrispondenza di fabbricati, abitazioni e aree di cava. Tali elementi presentano in genere altezze contenute, raramente superiori ai 3 m, e sono spesso posti in corrispondenza di elementi geomorfologici e scarpate naturali preesistenti.

5.7 Cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Tutto il tracciato in progetto ricade nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia. Di seguito si riportano gli stralci della cartografia del Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico (P.S.A.I.) per quanto concerne le tratte all'aperto e le aree di imbocco delle gallerie, mentre per quanto riguarda il tratto in sotterraneo, che costituisce la maggior parte del tracciato in oggetto, si segnala che, in relazione alle elevate coperture, le eventuali forme morfologiche del territorio non hanno significativa rilevanza ai fini delle opere.

In particolare è stata analizzata la cartografia della "Pericolosità Geomorfologica", di cui si riporta di seguito la relativa legenda.

Tabella 17. Legenda delle cartografie della "Pericolosità idraulica" e della "Pericolosità Geomorfologica" del P.S.A.I. A.d.B. Puglia

Pericolosità geomorfologica		
Classe di pericolosità		Descrizione
	Media e bassa (PG1)	Aree a suscettibilità da frana bassa e media
	Elevata (PG2)	Aree a suscettibilità da frana alta
	Molto Elevata (PG3)	Aree a suscettibilità da frana molto alta

5.7.1 Tratta all'aperto Bovino

Nella tratta in esame (Figura 10) non è cartografata alcuna area a pericolosità geomorfologica, né idraulica, fino alla pk 30+900 circa, mentre il tratto successivo fino all'imbocco della galleria Orsara (alla pk 31+039) è classificato come area PG1, ovvero a pericolosità geomorfologica media e bassa.

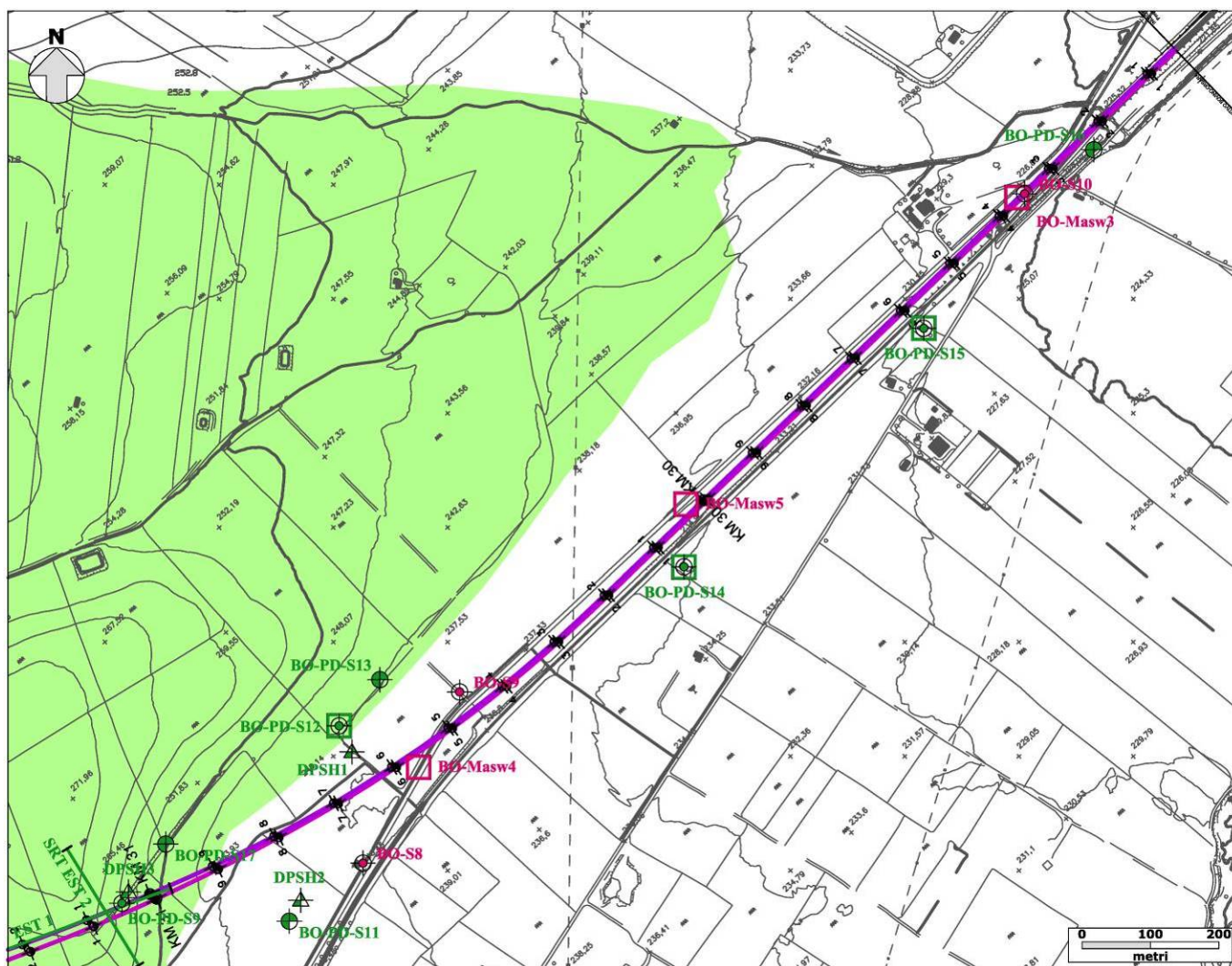


Figura 10. Stralcio della cartografia dello P.S.A.I. "Pericolosità geomorfologica" per la tratta all'aperto di Bovino.

In tali aree, come in tutte le aree a pericolosità geomorfologica, si applicano le disposizioni dei Titoli III, IV, V e VI delle Norme Tecniche d'Attuazione del P.A.I..

Nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1) sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 53 di 137

Per tutti gli interventi di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata. Al riguardo, è stato predisposto apposito studio, per il quale si rimanda all'elaborato IF1W00D69RGGE0001002A "Relazione di compatibilità geomorfologica".

In tali aree, nel rispetto delle condizioni fissate dagli strumenti di governo del territorio, il P.A.I. persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti, ai sensi della legge 225/92, di programmi di previsione e prevenzione.

5.7.2 Galleria Orsara – imbocco lato Bari pk 31+039

L'imbocco della galleria Orsara lato Bari (pk 31+039) è inserita in un'area classificata PG1 (Figura 11), ovvero a pericolosità geomorfologica media e bassa.

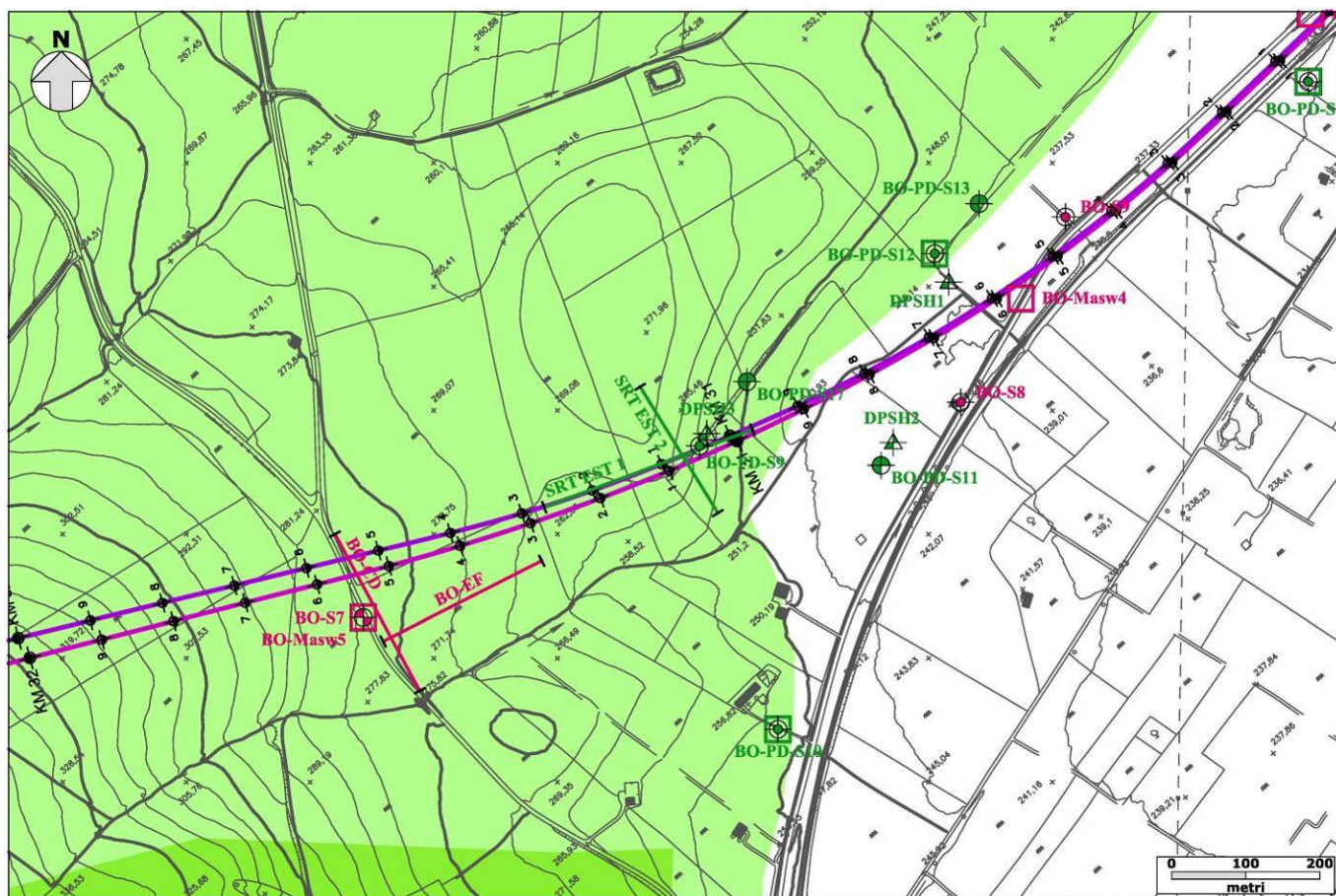


Figura 11. Stralcio della cartografia dello P.S.A.I. "Pericolosità geomorfologica" per l'imbocco lato Bari della galleria Orsara.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 54 di 137

In area PG1 valgono le disposizioni dei Titoli III, IV, V e VI delle Norme Tecniche d'Attuazione del P.A.I. e sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.

5.7.3 Galleria Orsara – tratto in sotterraneo da pk 31+039 a pk 40+939

Relativamente al tratto in sotterraneo del tracciato, di seguito si riportano gli stralci della cartografia dello P.S.A.I. lungo lo sviluppo della Galleria Orsara. Come si evince in Figura 12, Figura 13 e Figura 14, il territorio interessato dall'opera risulta interamente classificato in aree a vario grado di pericolosità geomorfologica, da PG1 a PG2 e PG3.

In ogni caso, in relazione alle elevate coperture in galleria, le condizioni geomorfologiche superficiali del territorio non hanno significativa rilevanza ai fini delle opere, né le opere produrranno significative perturbazioni agli equilibri geostatici dei versanti.

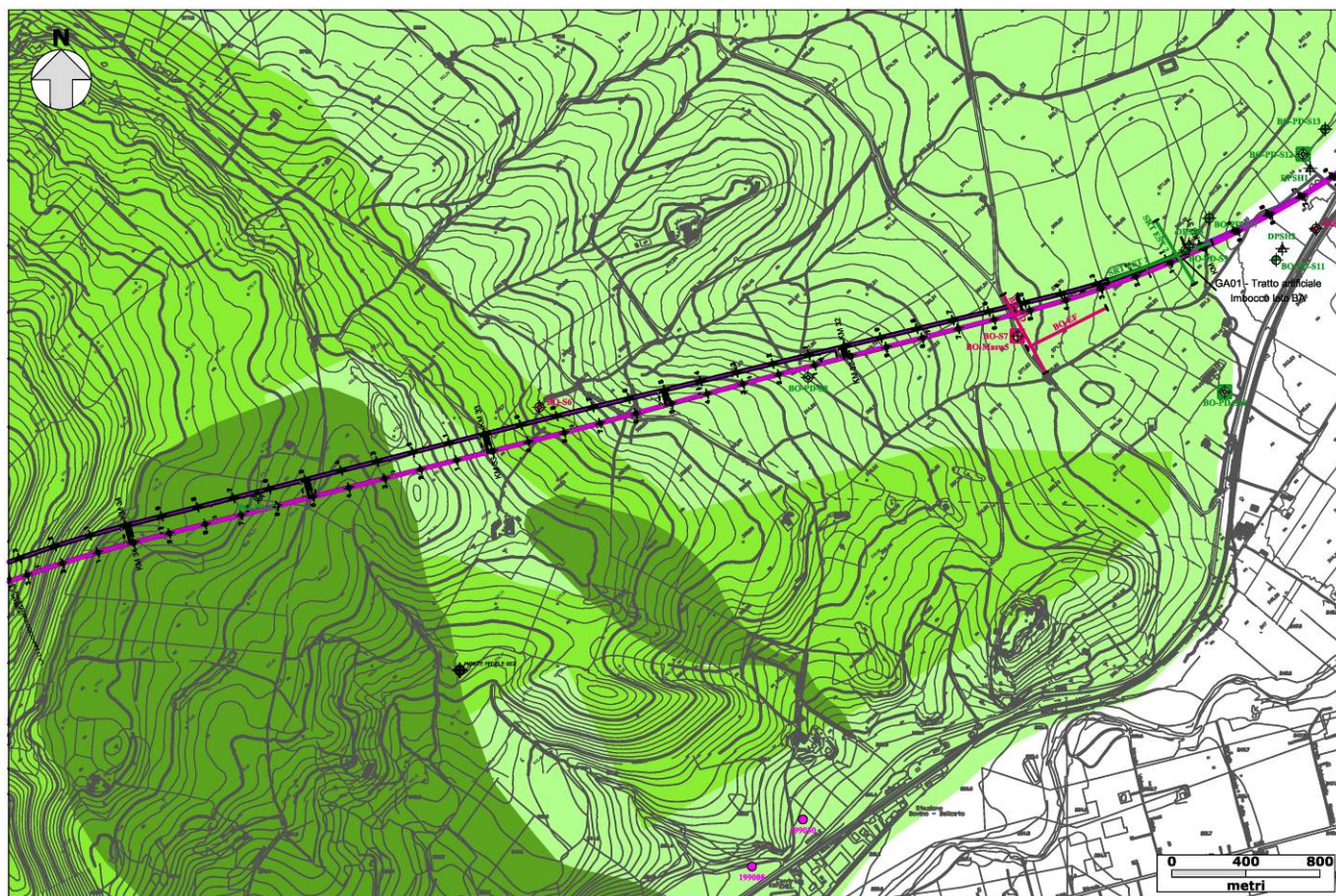


Figura 12. Stralcio della cartografia dello P.S.A.I. "Pericolosità geomorfologica" per il tratto in sotterraneo della galleria Orsara – 1 di 3.

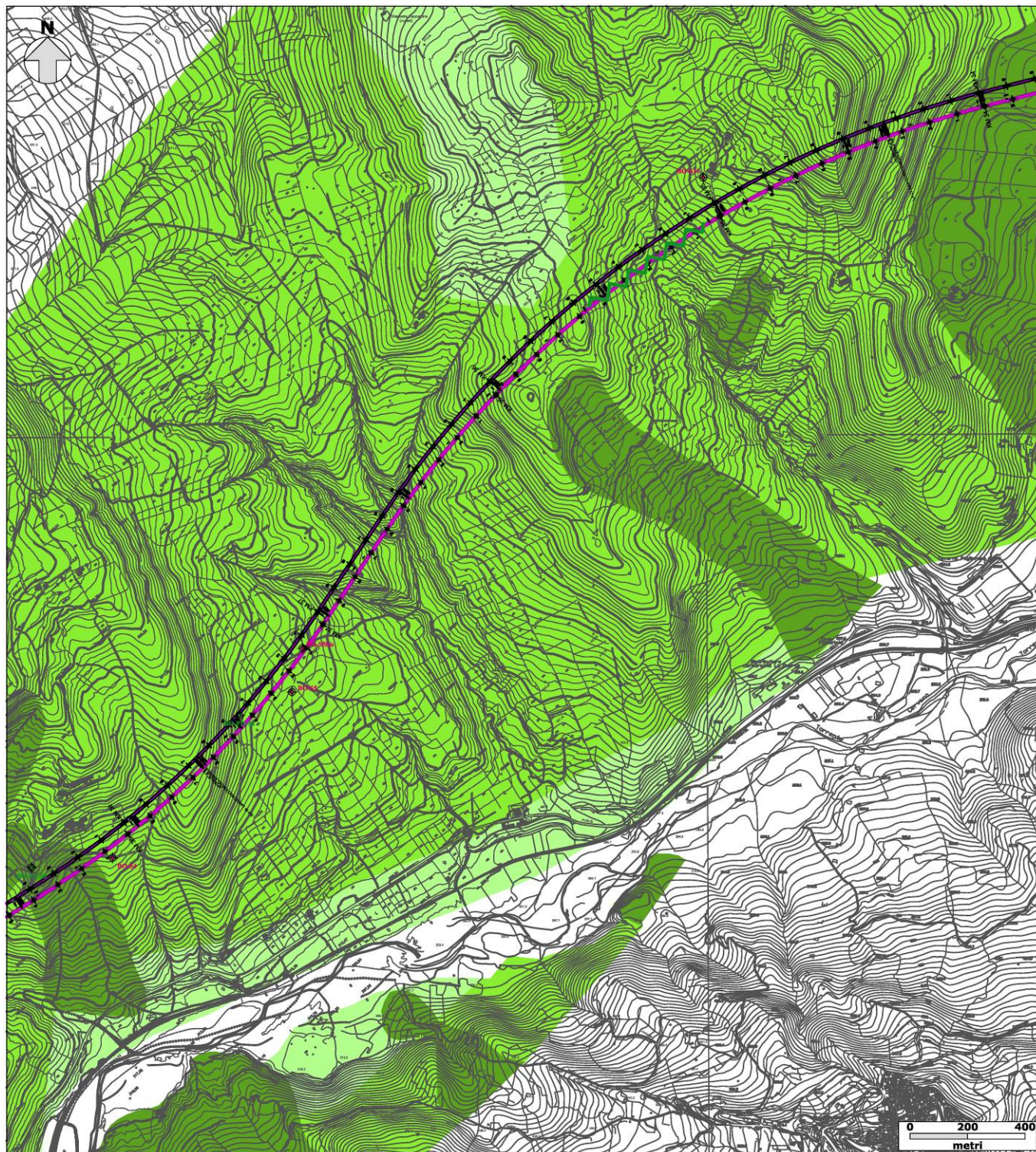


Figura 13. Stralcio della cartografia dello P.S.A.I. "Pericolosità geomorfologica" per il tratto in sotterraneo della galleria Orsara – 2 di 3.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 56 di 137

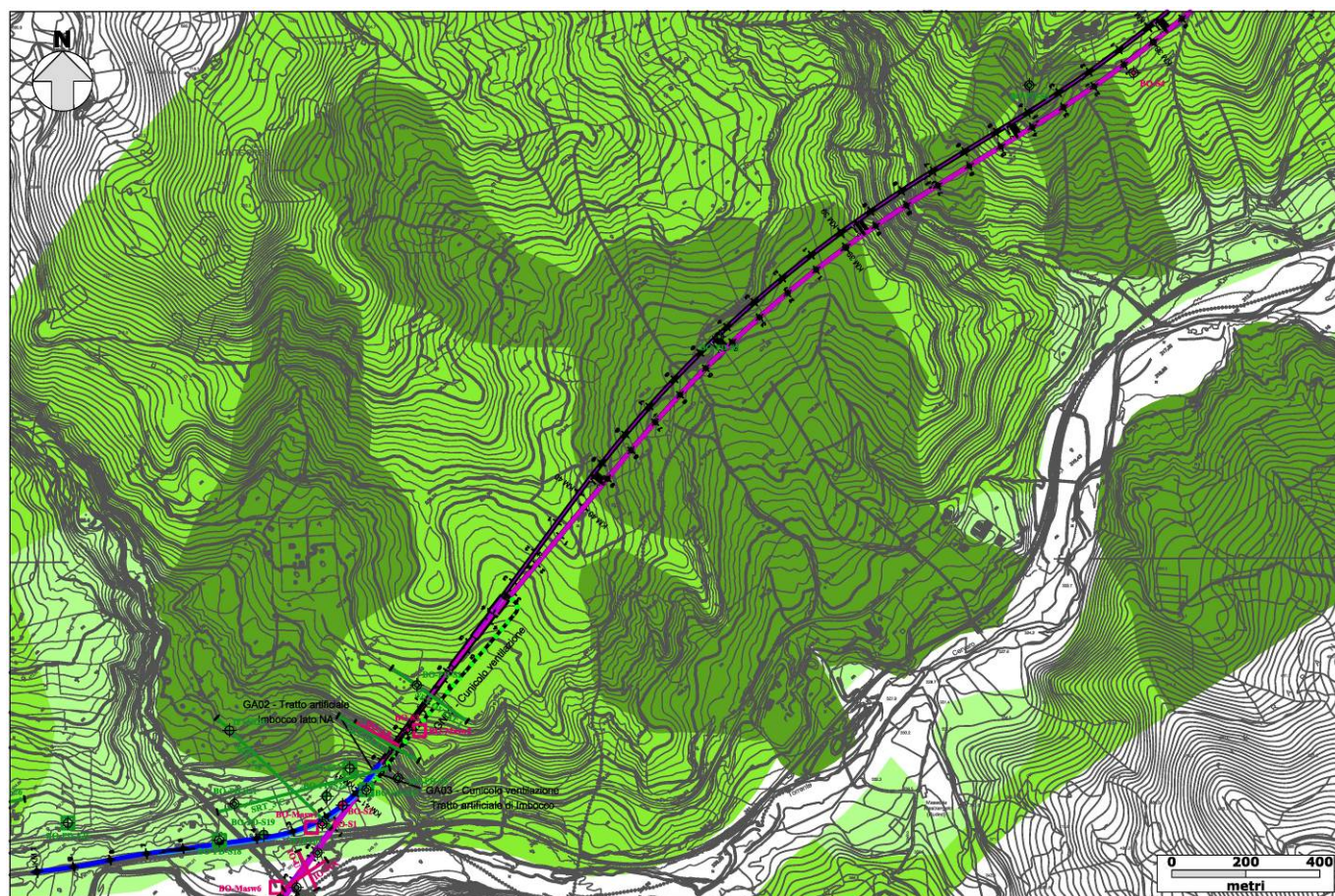


Figura 14. Stralcio della cartografia dello P.S.A.I. "Pericolosità geomorfologica" per il tratto in sotterraneo della galleria Orsara – 3 di 3.

5.7.4 Galleria Orsara – imbocco lato Napoli pk 40+939

L'imbocco della galleria Orsara lato Napoli (pk 40+939) risulta inserita in un'area classificata PG2 (Figura 15), ovvero a pericolosità geomorfologica elevata.

In area PG2 valgono le disposizioni dei Titoli III, IV, V e VI delle Norme Tecniche d'Attuazione del P.A.I. e sono esclusivamente consentiti gli ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile senza che si costituiscano nuove unità immobiliari nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, purché corredati da un adeguato studio geologico e geotecnico da cui risulti la compatibilità con le condizioni di pericolosità che gravano sull'area.

Ulteriori tipologie di intervento sono consentite a condizione che venga dimostrata da uno studio geologico e geotecnico la compatibilità dell'intervento con le condizioni di pericolosità dell'area ovvero che siano preventivamente realizzate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con

superamento delle condizioni di instabilità, relative al sito interessato. A tale scopo, si rimanda all'elaborato IF1W00D69RGGE0001002A "Relazione di compatibilità geomorfologica". Detto studio e i progetti preliminari delle opere di consolidamento e di messa in sicurezza dell'area sono soggetti a parere vincolante da parte dell'Autorità di Bacino secondo quanto previsto agli artt. 12, 24, 25 e 26 in materia di aggiornamento dal PAI. Qualora le opere di consolidamento e messa in sicurezza siano elemento strutturale sostanziale della nuova edificazione, è ammessa la contestualità. In tal caso, nei provvedimenti autorizzativi ovvero in atti unilaterali d'obbligo, ovvero in appositi accordi laddove le Amministrazioni competenti lo ritengano necessario, dovranno essere indicate le prescrizioni necessarie (procedure di adempimento, tempi, modalità, ecc.) nonché le condizioni che possano pregiudicare l'abitabilità o l'agibilità.

Per tutti gli interventi l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata, cui si rimanda (vedi elab. IF1W00D69RGGE0001002A).

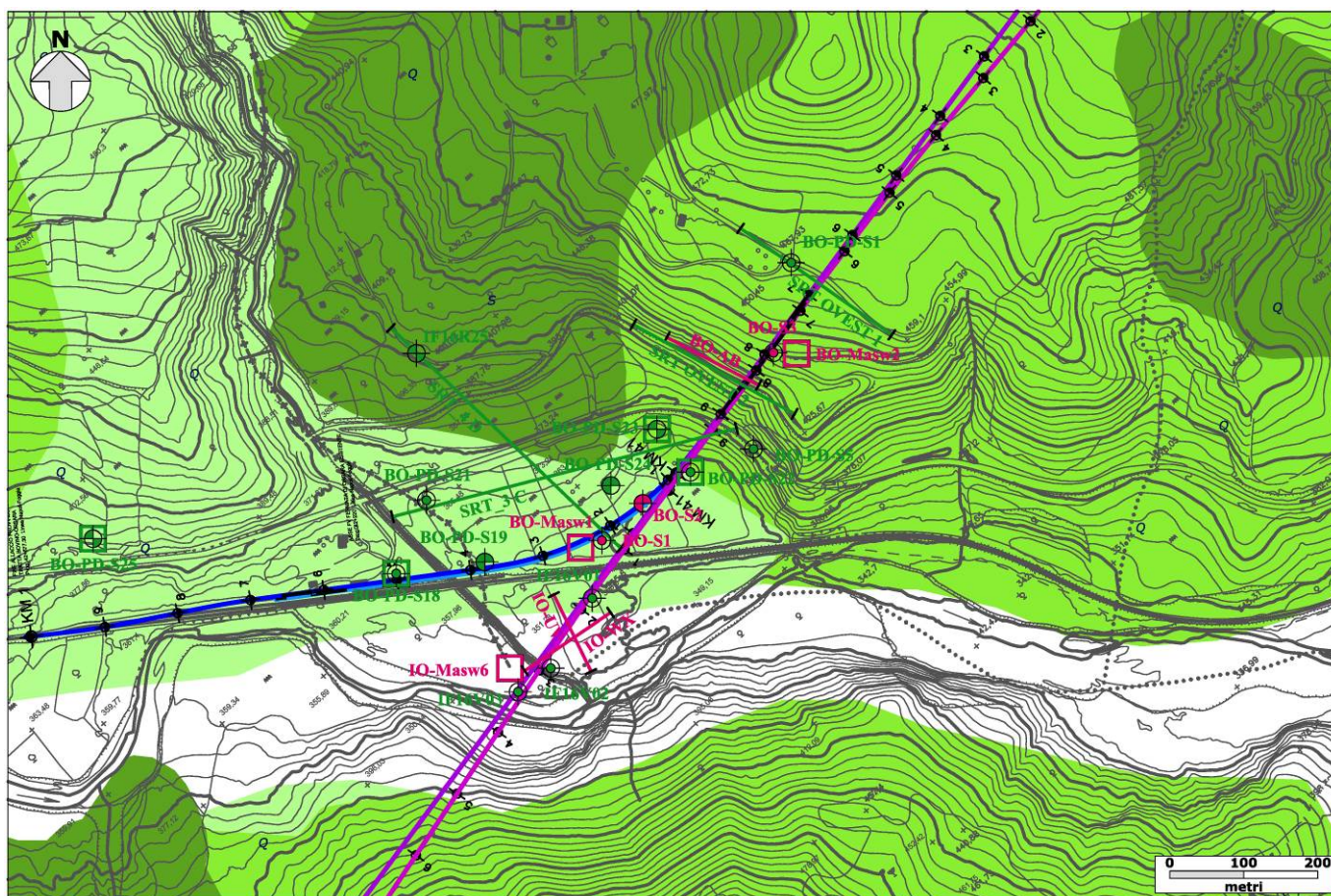


Figura 15. Stralcio della cartografia dello P.S.A.I. "Pericolosità geomorfologica" per l'imbocco lato Napoli della galleria Orsara.

5.7.5 Tratta all'aperto Orsara e allaccio alla linea storica

Per quanto concerne la tratta all'aperto in zona Orsara e l'allaccio alla linea storica, ubicate sul fondovalle del Cervaro, esse si collocano per lo più in area PG1 a pericolosità geomorfologica media e bassa (Figura 16). Solamente il tratto terminale della linea principale, dalla pk 41+200 circa in poi, non risulta inserito in aree perimetrate a rischio geomorfologico.

Come già descritto, in area PG1 valgono le disposizioni dei Titoli III, IV, V e VI delle Norme Tecniche d'Attuazione del P.A.I. e sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze. Si rimanda all'elaborato IF1W00D69RGGE0001002A "Relazione di compatibilità geomorfologica" ai fini dell'analisi degli effetti della realizzazione dell'opera sulla stabilità dell'area interessata.

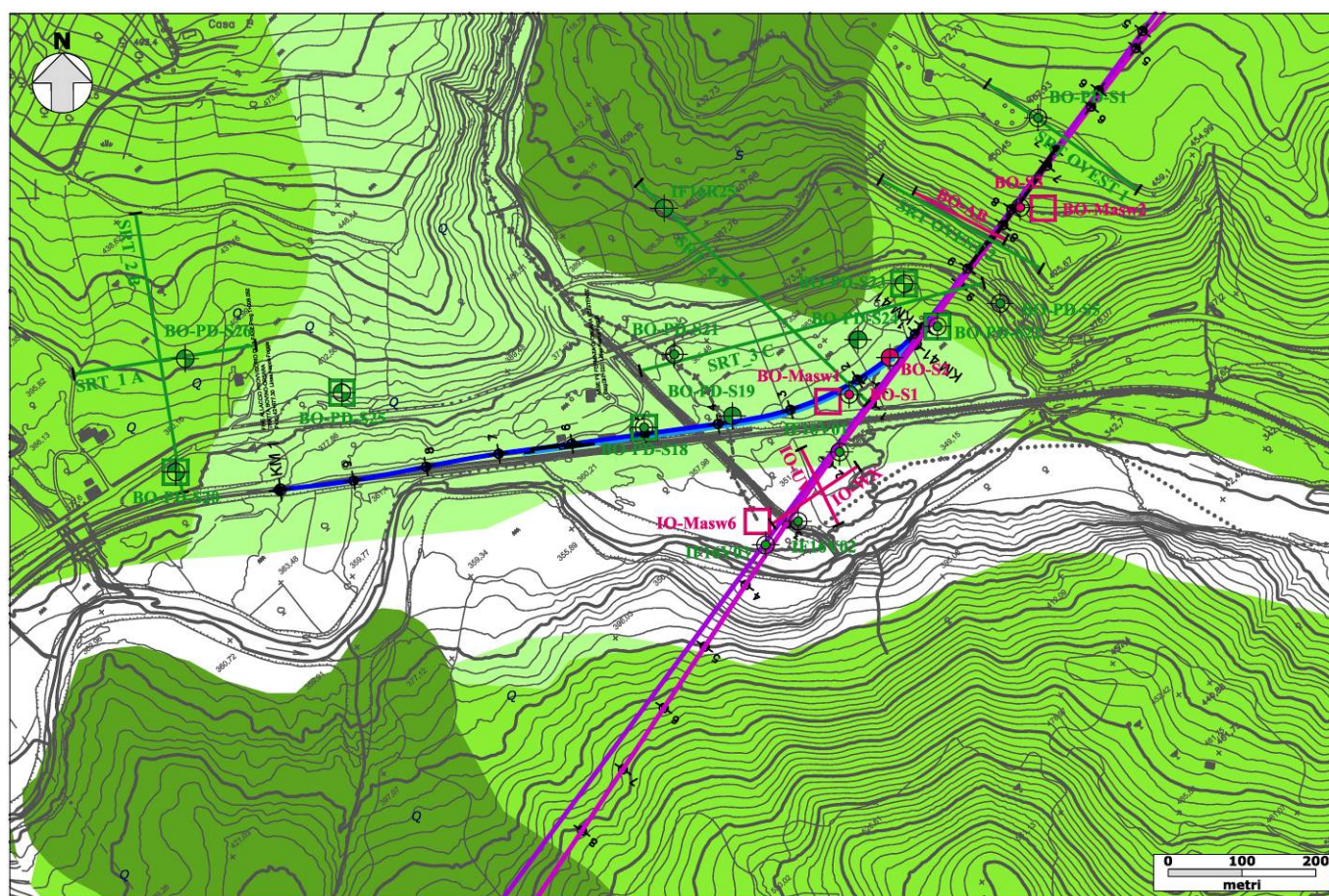


Figura 16. Stralcio della cartografia dello P.S.A.I. "Pericolosità geomorfologica" per la tratta all'aperto di Orsara e l'allaccio alla linea storica.

5.8 Assetto geomorfologico lungo il tracciato

Il versante in corrispondenza dell'imbocco nord-orientale della galleria “Orsara” è essenzialmente privo di fenomeni di dissesto, in quanto caratterizzato da un assetto sub-pianeggiante e dalla presenza di estese coperture alluvionali in appoggio sui termini pelitici delle Argille Subappennine. Poche centinaia di metri a Ovest dell'imbocco, tra la pk 32+500 e la pk 32+980 circa, invece, si rinviene una piccola zona di impluvio interessata dalla presenza di numerosi dissesti attivi ma di modeste dimensioni, che vanno a costituire un'area a franosità diffusa piuttosto estesa (Figura 17). I singoli fenomeni mostrano una distribuzione variabile dal costante al retrogressivo, anche se nel complesso l'area in dissesto risulta confinata ai settori centrali dell'area impluviale. I principali fattori predisponenti e/o scatenanti sono da ricercarsi nelle scadenti caratteristiche litotecniche dei terreni presenti e nella cattiva gestione delle acque correnti superficiali, che allo stato attuale non possiedono fossi di corrivazione tali da garantirne il corretto deflusso in direzione del fondovalle. Nel complesso i fenomeni presentano spessori piuttosto contenuti, tra i 3 ed i 10 m circa, e quindi in relazione alla notevole profondità e delle elevate coperture della galleria non presentano interferenze dirette con le opere in progetto.

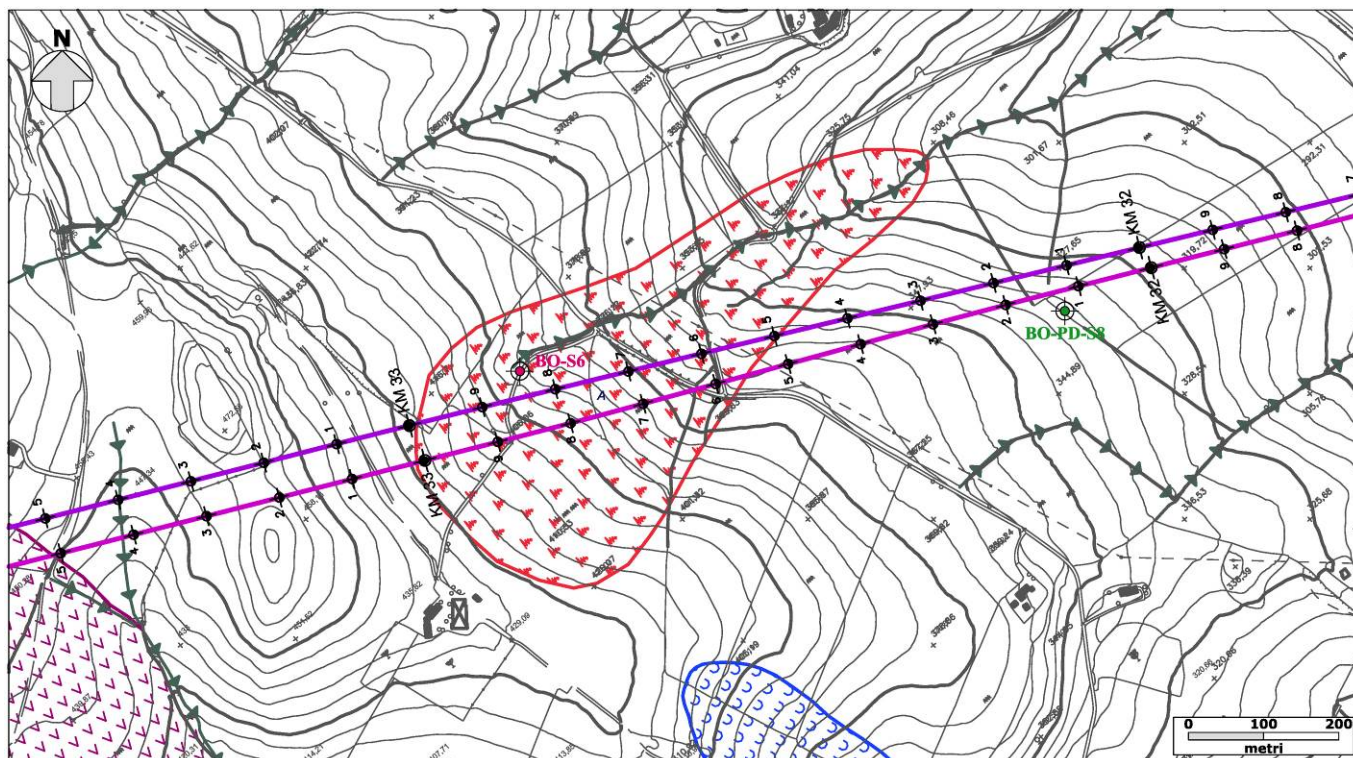


Figura 17. Individuazione dell'area a franosità diffusa poche centinaia di metri a Ovest dell'imbocco lato Bari della galleria “Orsara”.

Il versante sud-orientale del rilievo di Monte Fedele, tra la pk 33+550 e la pk 34+100, è caratterizzato dalla presenza di un esteso scivolamento roto-traslativo in terra e detrito, impostato sui termini calcareo-marnosi e argilloso-marnosi del Flysch di Faeto e della Formazione di Monte Sidone. Il fenomeno risulta

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 60 di 137

attualmente stabilizzato e localmente interessato da riattivazioni e/o movimenti franosi superficiali (Figura 18). Lo spessore delle masse interessate dal fenomeno è nell'ordine di diverse decine di metri, ma in relazione alle notevoli coperture presenti al di sopra della calotta (nell'ordine dei 200 metri) e alla relativa posizione del tracciato, il fenomeno non presenta interferenze dirette con le opere in progetto.

I versanti presenti nel tratto centrale della zona di studio, tra il rilievo di Monte Fedele e la dorsale di Monte Preisi, tra la pk 38+100 e la pk 39+900, sono caratterizzati dalla presenza di numerosi fenomeni di dissesto riconducibili a colamenti, scivolamenti e frane complesse in terra (Figura 19). I movimenti in questione interessano le diverse successioni sedimentarie affioranti e presentano stati di attività variabili dal quiescente all'attivo, con una netta prevalenza dei primi. In generale, tali fenomeni sono caratterizzati da una notevole variabilità degli spessori delle masse mobilizzate, tra i 5 ed i 20 m circa, e in relazione alle notevoli coperture presenti al di sopra del cavo non presentano inferenze dirette con le opere in progetto.

Infine, il versante in corrispondenza dell'imbocco sud-occidentale della galleria "Orsara" è essenzialmente privo di fenomeni di dissesto, in quanto caratterizzato dalla presenza dei litotipi calcareo-marnosi del Flysch di Faeto. Solo a valle dell'imbocco, tra la pk 40+950 e la pk 41+100, in corrispondenza dei settori di fondovalle, il tracciato lambisce il piede di un'estesa frana complessa in terra e detrito, che si sviluppa tra la parte sommitale del rilievo di Monte Preisi e il fondovalle del Torrente Cervaro (Figura 20).

Tale fenomeno risulta attualmente stabilizzato e privo di riattivazioni recenti in corrispondenza del suo margine meridionale, così come osservato nel corso dei rilievi in campo, con assenza di evidenze morfologiche di movimenti in atto sia sul terreno, sia sulle infrastrutture interferite e sui manufatti presenti, e come al momento confermato dai primi dati strumentali del monitoraggio inclinometrico, anche se occorre sottolineare che il periodo di osservazione (Aprile 2018 – Luglio 2018) non risulta ancora significativo.

In relazione all'attuale condizione di stabilità degli accumuli di frana, all'assenza di fenomeni erosivi superficiali e all'attuale quadro morfologico e morfoevolutivo dell'area, il suddetto fenomeno non mostra possibilità di riattivazione e pertanto non rappresenta un elemento di possibile criticità per le opere in progetto.

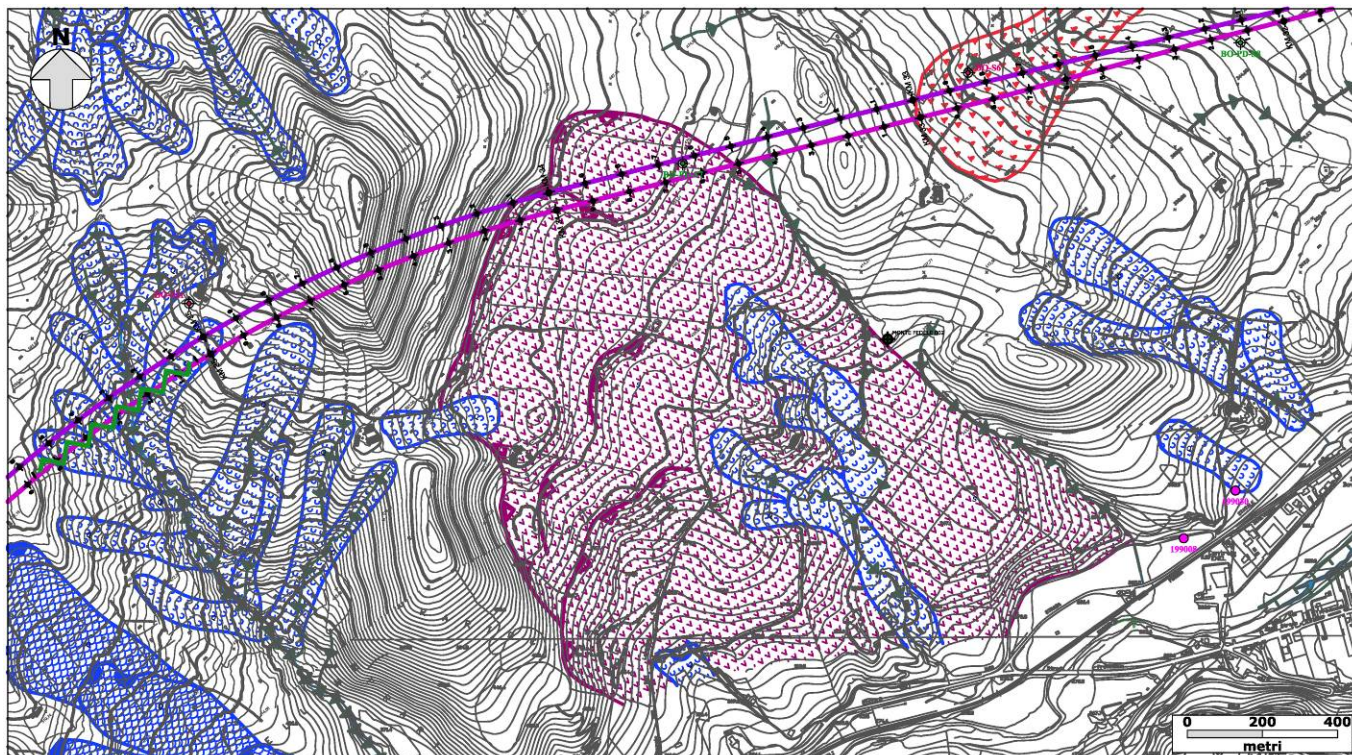


Figura 18. Esteso scivolamento roto-traslATIVO lungo il versante sud-orientale del rilievo di Monte Fedele.

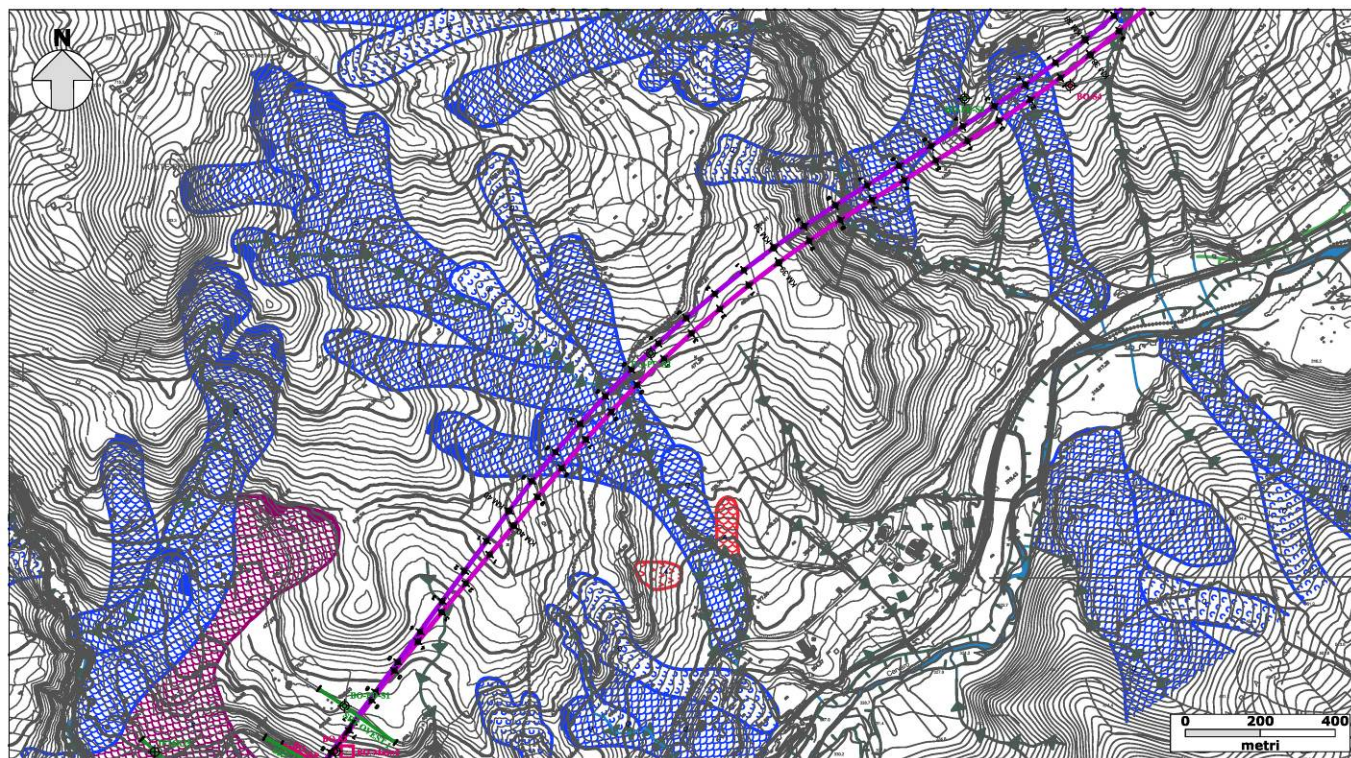


Figura 19. Colamenti, scivolamenti e frane complesse in terra lungo versanti presenti nel tratto centrale della zona di studio.

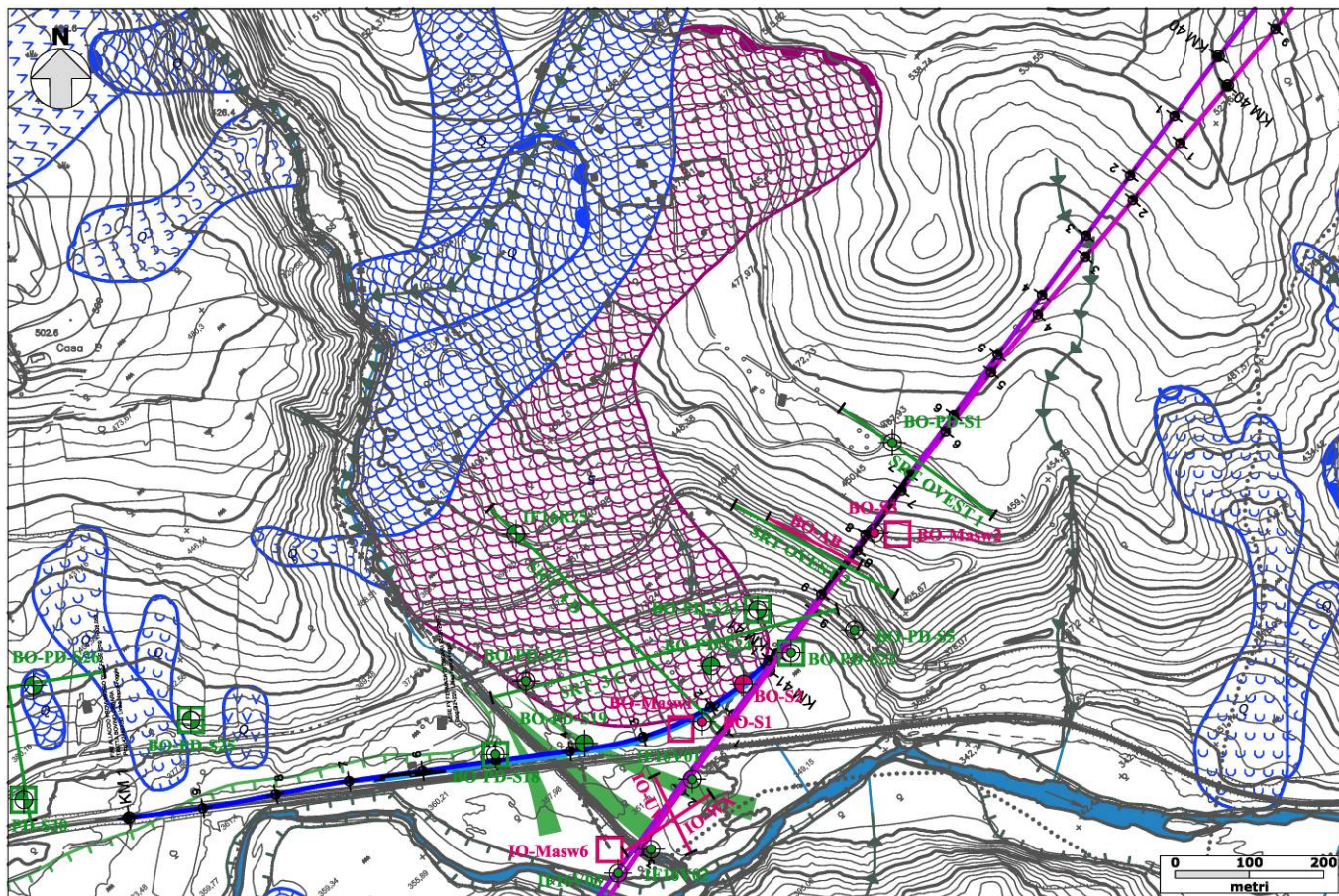


Figura 20. Frana complessa in terra e detrito a valle dell'imbocco sud-occidentale della galleria "Orsara".

Nel medesimo tratto, sia la linea principale sia il ramo di allaccio alla linea storica esistente, tra la pk 41+150 e la pk 41+400, intercettano un'area di conoide alluvionale quiescente ubicato allo sbocco del Torrente Acquara, tributario sinistro del Cervaro. Tale elemento geomorfologico, non sembra costituire fonte di pericolosità per le opere in progetto, sia in relazione al suo stato di attività, sia in relazione alle opere di regimazione idraulica esistenti lungo l'asta torrentizia a protezione delle infrastrutture presenti, costituite dalla S.S.90 "delle Puglie" e la linea storica F.S..

Per di più, si osserva come l'area del conoide non risulti ricompresa tra le aree a rischio idraulico censite nella cartografia della "Pericolosità idraulica" del P.S.A.I. dell'A.d.B. Puglia (Figura 21).

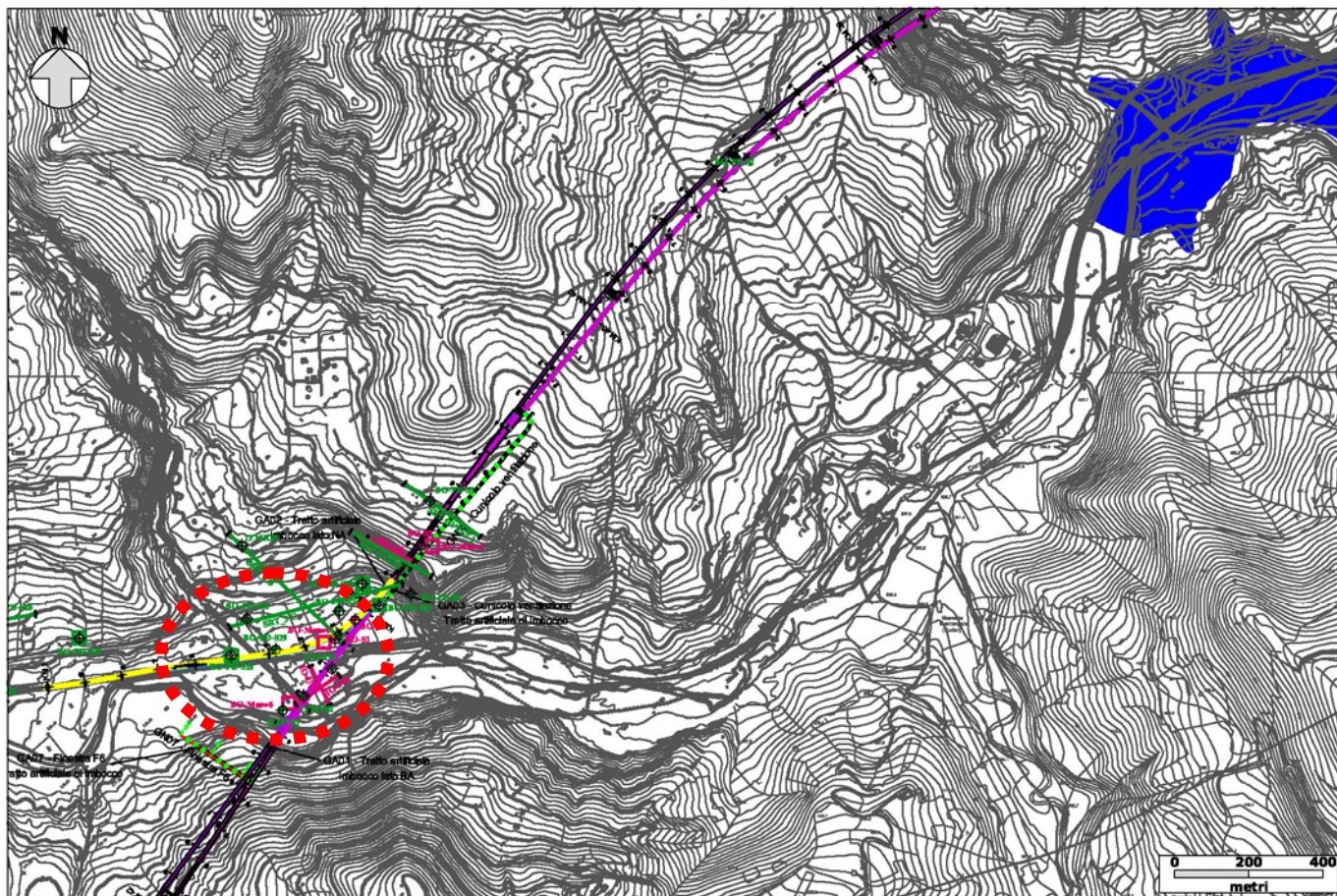


Figura 21. Stralcio della cartografia dello P.S.A.I. "Pericolosità idraulica" per la tratta all'aperto di Orsara e l'allaccio alla linea storica (linea gialla). L'area di conoide è cerchiata con tratteggio rosso.

Tabella 18. Legenda della cartografia della "Pericolosità idraulica" del P.S.A.I. A.d.B. Puglia.

Pericolosità idraulica		
Classe di pericolosità		Descrizione
Bassa e media (BP)		Aree a bassa probabilità di esondazione
Elevata (MP)		Aree a moderata probabilità di esondazione
Molto elevata Alta (AP)		Aree allagate e/o a alta probabilità di esondazione

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 64 di 137

6 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO E POTENZIALI CRITICITÀ

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in carta hanno permesso di definire il contesto geologico di riferimento e tutti gli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Nelle pagine che seguono viene quindi analizzato l'intero settore di intervento, opportunamente suddiviso in tratti omogenei relativi alle differenti opere in esame.

Per ogni singolo tratto, in particolare, vengono descritte tutte le principali caratteristiche geologiche s.l., gli aspetti più salienti ai fini progettuali e le potenziali criticità osservate, in relazione alla cartografia geologico-geomorfologica ed al profilo geologico allegati allo studio, ai quali si rimanda per un'analisi di dettaglio. Per l'individuazione dei vari tratti di seguito descritti si farà riferimento allo sviluppo della quota di progetto ("piano del ferro"), con riferimento allo sviluppo del binario dispari.

6.1 Tratto all'aperto "Bovino", da pk 29+050 a pk 31+039

Il tratto in questione si colloca nella porzione più settentrionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 224 ed i 248 m circa s.l.m.. Il progetto prevede opere all'aperto di scarsa incidenza specifica. Il tracciato in esame interessa per quasi tutto il suo sviluppo i termini litologici ghiaioso-sabbiosi del Subsistema dell'Incoronata (RPL1), parzialmente ricoperte dai depositi di copertura delle coltri eluvio-colluviali (b2), che generalmente presentano uno spessore ridotto e prossimo e compreso tra 0.5 e 3.5 m.. Tali depositi continentali poggiano sui terreni delle Argille Subappennine (ASP), a composizione prettamente argilloso-limosa.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono presenti elementi di particolare criticità per le opere in progetto, a meno dell'attraversamento di un solco di erosione concentrata all'altezza del km 30+845 circa e di una conoide alluvionale, con stato quiescente che, comunque, non costituiscono elementi di possibile pericolosità per gli interventi in questione. Sotto il profilo idrogeologico, si registra la presenza di un livello piezometrico massimo, dai dati di monitoraggio disponibili, posto entro qualche metro dal piano di campagna (mediamente 3÷5 m). Si potrebbe pertanto ipotizzare la presenza di una falda libera all'interno degli orizzonti ghiaioso-sabbiosi del Subsistema dell'Incoronata (RPL1), tamponata verso il basso dal tetto dei depositi pelitici.

Tuttavia, il piezometro BO-S9, fenestrato solamente entro i terreni pelitici delle Argille Subappennine (ASP), mostra comunque livelli piezometrici sub-superficiali e coerenti con l'ipotetico acquifero freatico entro gli orizzonti ghiaioso-sabbiosi superficiali.

6.2 Imbocco Galleria Orsara lato Bari, da pk 31+039 a pk 31+620

Il tratto in questione si colloca nella porzione settentrionale dell'area di studio, dove è prevista la realizzazione dell'imbocco lato Bari della galleria "Orsara", con quote del piano ferro variabili tra i 248 ed

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 65 di 137

i 254 m circa s.l.m.. Il presente tratto in esame interessa per tutto il suo sviluppo i depositi delle Argille Subappennine (ASP), generalmente obliterate dai depositi di copertura delle coltri eluvio-colluviali (b2), che generalmente presentano uno spessore ridotto e compreso tra 2 e 4 m. Tali terreni bordano le fasce medio basse dei locali versanti interessano direttamente l'imbocco. Mentre, in superficie il tracciato intercetta i depositi sabbioso-ghiaiosi del Sintema di Radogna (RDG), che presentano potenza variabile tra 1 m e 5 m circa, e quindi non direttamente interessati dalla galleria in quanto risultano posti al di sopra della quota della calotta.

Dal punto di vista geomorfologico non sono da rilevare elementi di potenziale criticità per l'imbocco della galleria in progetto, in quanto caratterizzato da un assetto sub-pianeggiante e dalla presenza di estese coperture alluvionali in appoggio sui termini pelitici Argille Subappennine.

Sotto il profilo idrogeologico, si segnala che il piezometro elettrico a corda vibrante BO-PD-S8, installato alla quota di 70 m da p.c., indica la presenza di un livello piezometrico in pressione e prevalente rispetto al piano di campagna.

È inoltre possibile ipotizzare la presenza di una limitata falda libera e stagionale all'interno degli orizzonti sabbioso-ghiaiosi del Sintema di Radogna e delle coltri di copertura eluvio-colluviali.

6.3 Galleria Orsara, da pk 31+620 a pk 32+900

Il tratto di galleria in esame si colloca nel settore settentrionale della tratta Bovino-Orsara, con quote del piano ferro comprese tra 254 e 270 m s.l.m.. Il tratto in esame è caratterizzato dalla presenza di un importante *thrust* a medio-basso angolo ad andamento NW-SE che porta i termini del Supersintema di Ariano Irpino, rappresentato dalle Argille e sabbie del Vallone Meridiano (BVNb), e l'unità tettonica della Daunia sopra i termini dell'Unità della Fossa Bradanica, rappresentati dai termini argilloso-limosi delle Argille Subappennine (ASP). Tale *thrust* risulta dislocato e rigettato, nei pressi del tracciato in progetto, da un'importante faglia trascorrente destra, con un rigetto orizzontale verosimilmente nell'ordine del chilometro.

Dal punto di vista geomorfologico, si registra la presenza di un'area a franosità diffusa piuttosto estesa, con stato attivo, che tuttavia non determina alcuna interferenza con la galleria in progetto, in relazione alle coperture, che risultano di oltre 95 m. I singoli fenomeni mostrano una distribuzione variabile dal costante al retrogressivo, anche se nel complesso l'area in dissesto risulta confinata ai settori centrali dell'area impluviale. Tali fenomeni presentano infatti uno spessore piuttosto contenuto, entro 10 m circa.

Sotto il profilo idrogeologico si registra la presenza di un livello piezometrico in pressione all'interno del piezometro BO-S6, fenestrato tra 80÷120 m di profondità da p.c., con la piezometrica prevalente rispetto al piano campagna. Tale livello si è mostrato sempre prevalente durante tutto il periodo di

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 66 di 137

monitoraggio, iniziato a giugno 2017 e protrattosi sino ad oggi. Si segnala inoltre la presenza di una sorgente in prossimità del tracciato.

6.4 Galleria Orsara, da pk 32+900 a pk 34+400

Il presente tratto di galleria si colloca nel settore centro-settentrionale della tratta in esame, con quote del piano ferro variabili tra i 270 e 288 m s.l.m. circa. Tale tratto attraversa i depositi dell'Unità tettonica della Daunia rappresentati dai termini calcareo-marnosi del Flysch di Faeto (FAE) al passaggio con i depositi argilloso marnosi della Formazione di Monte Sidone (SID).

In particolare, in base alle risultanze delle indagini dirette sul terreno (sondaggi BO-PD-S6 e BO-PD-S7) e alle evidenze degli stendimenti geofisici a rifrazione eseguiti, all'incirca a metà del tratto in questione l'Unità tettonica Dauna risulta essere interessata da un *thrust* a medio angolo, ad andamento NW-SE, che determina un raddoppio tettonico dell'Unità stessa, con le argille marnose del Monte Sidone (SID) che sovrascorrono i termini calcareo-marnosi del Flysch di Faeto (FAE).

Procedendo, quindi, in senso di avanzamento delle progressive, lo scavo della galleria intercetta dapprima il Flysch di Faeto (FAE), fortemente tettonizzato ed interessato da una doppia piega e da fagliazione ad essa associata, e successivamente le argille marnose di Monte Sidone (SID).

Al tratto in esame, queste ultime passano nuovamente, con contatto stratigrafico per alternanza, ai termini calcareo-marnosi del Faeto (FAE).

La successione risulta dislocata da una faglia diretta ad alto angolo a direzione NNE-SSW, intercettata al km 34+000 circa, che borda il versante E di Monte Fedele.

Dal punto di vista geomorfologico, si sottolinea la presenza di un'area a franosità diffusa, con stato attivo, di scarsa intensità che non coinvolge direttamente la galleria, essendo un fenomeno piuttosto superficiale. Mentre, nel settore centrale della tratta in esame, il tracciato intercetta uno scivolamento roto-traslativo in terra e detrito, impostato sui termini calcareo-marnosi e argilloso-marnosi del Flysch di Faeto e del Monte Sidone. La proiezione del tracciato in superficie intercetta quest'ultimo dissesto nella parte alta, in corrispondenza della nicchia di frana; si tratta di un movimento franoso stabilizzato naturalmente, di estese dimensioni, che presenta locali riattivazioni e/o movimenti franosi superficiali nella parte bassa, rappresentate principalmente da colamenti con stato quiescente che comunque si inquadrano in senso geomorfologico e morfoevolutivo in un contesto del tutto avulso da quello relativo al fenomeno di frana stabilizzato.

Inoltre, sempre all'interno del corpo di frana di scivolamento si rinvencono numerose nicchie di frana sempre con stato stabilizzato. Tali fenomeni presentano uno spessore delle masse rimaneggiate piuttosto contenuto, di circa 10 m, e in relazione alle elevate coperture in galleria, oltre 180 m, non presentano interferenza diretta con la stessa.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 67 di 137

Sotto il profilo idrogeologico si registra la presenza di un livello piezometrico importante all'interno del piezometro BO-PD-S7, fenestrato tra 175÷200 m di profondità da p.c., con quota piezometrica posta a 436 m s.l.m., mentre durante l'esecuzione del sondaggio BO-PD-S6 non si è avuta evidenza di acque di falda

6.5 Galleria Orsara, da pk 34+400 a pk 36+000

Il tratto in esame interessa il settore centrale della tratta Bovino-Orsara, con quote del piano ferro variabili tra i 288 e 307 m s.l.m.. La galleria nel tratto in esame intercetta i termini calcareo-marnosi del Flysch di Faeto (FAE), al passaggio per alternanza, con le sovrastanti marne argillose del Toppo Capuana (TPC), e dislocati da un'importante faglia sub-verticale a direzione prevalentemente N-S intercettata all'altezza della pk 34+800. Nella porzione terminale del tratto in esame, la galleria intercetta una zona di sovrascorrimento, che determina un raddoppio della successione, con il Flysch di Faeto che sovrascorre sulle marne argillose del Toppo Capuana (TPC).

Dal punto di vista geomorfologico, si sottolinea la presenza in copertura di colamenti e frane complesse con stato quiescente. Questi fenomeni presentano uno spessore piuttosto ridotto, verosimilmente contenuto entro i 10÷15 m, e non presentano alcuna interferenza diretta o indiretta con l'opera, in quanto la galleria impegna quote sempre inferiori di oltre 200 m il piano di campagna.

Sotto il profilo idrogeologico, si registra la presenza di un livello piezometrico massimo all'interno del sondaggio BO-S11, a circa 577 m s.l.m.. Inoltre, si sottolinea la presenza, a circa 500 m a SSE dal tracciato, di una sorgente. Tale sorgente di colloca in corrispondenza di una faglia diretta che mette in contatto i termini calcareo-marnosi con i termini argilloso-marnosi.

6.6 Galleria Orsara, da pk 36+000 a pk 37+800

Il tratto di galleria in esame si colloca nel settore centro-meridionale del presente lotto funzionale, a quote del piano ferro comprese tra 307 e 329 m s.l.m..

La galleria interessa inizialmente e fino alla pk 35+650 i termini calcareo-marnosi del Flysch di Faeto (FAE), per poi attestarsi entro i terreni delle Argille e sabbie del Vallone Meridiano (BVNb) fino alla pk 37+600 circa ed interessare infine nuovamente il Flysch di Faeto. In tale tratto, la successione stratigrafica descrive un'ampia sinclinale con piano assiale sub-verticale e asse ad andamento NW-SE, intercettato alla pk 37+050 circa; tale sinclinale risulta dislocata alla pk 36+550 circa una faglia diretta subverticale e delimitata sul fianco occidentale da un importante sovrascorrimento a medio-alto angolo, intercettato in galleria alla pk 37+750 circa, che porta i depositi marini di bacino e base scarpata del Flysch di Faeto sui termini del Supersintema di Ariano Irpino.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 68 di 137

Dal punto di vista geomorfologico non si ravvisano elementi significativi, se non la presenza di modeste coperture eluvio colluviali (b2) in corrispondenza delle aree impluviali, ininfluenti ai fini dell'opera in progetto.

Sotto il profilo idrogeologico, si registra la presenza di un livello piezometrico massimo all'interno dei piezometri BO-S5bis, BO-S5 e BO-PD-S4 rispettivamente di circa 441, 435 e 450 m s.l.m.. Inoltre, si sottolinea la presenza a circa 300 m a SSE dal tracciato di una sorgente, collocata in corrispondenza di un sovrascorrimento che mette in contatto i termini argilloso-sabbiosi con i termini calcareo-marnosi. Pertanto è possibile ipotizzare, la presenza di una falda all'interno dei terreni del Sintema di Bovino.

6.7 Galleria Orsara, da pk 37+800 a pk 38+800

Il tratto di galleria in esame si colloca nel settore centro-meridionale del presente lotto funzionale, a quote del piano ferro comprese tra 329 e 340 m s.l.m. ed interessa, dal punto di vista litologico-stratigrafico, unicamente i termini calcareo-marnosi del Flysch di Faeto (FAE).

Nella porzione iniziale del tratto in esame, la successione stratigrafica si presenta fortemente disturbata e tettonizzata in conseguenza al sovrascorrimento precedentemente individuato alla pk 37+750 circa, con pieghe a *chevron* ravvicinate sia alla mesoscala che alla piccola scala. Lo scavo della galleria intercetta inoltre due fagli dirette subverticali, ad andamento N-S, in corrispondenza delle pk 37+925 e 38+775.

Dal punto di vista geomorfologico, si sottolinea la presenza in copertura, nel tratto iniziale e mediano, di frane complesse con stato quiescente, generalmente di spessore contenuto e a quote di oltre 100 m dal piano ferro della galleria. Nella porzione terminale del tratto in esame, alla pk 38+700 circa, si evidenzia la presenza di un fenomeno quiescente che borda il Vallone di Lamiozza, con spessori di accumulo stimati tra i 10÷20 m; tuttavia, tale elemento non sembra rappresentare una criticità per la linea ferroviaria in progetto, in quanto non interferisce direttamente con le opere. In particolare la galleria impegna quote sempre inferiori di oltre 30 m la quota del letto delle coltri di frana quiescenti.

Sotto il profilo idrogeologico, si registra la presenza di un livello di piezometrico massimo all'interno dei piezometri BO-S4 e BO-PD-S3 rispettivamente di circa 452 e 438 m s.l.m.. Tali piezometri risultano fessurati a quote prossime il cavo della galleria, entro i litotipi calcareo-marnosi del Flysch di Faeto.

6.8 Galleria Orsara, da pk 38+800 a pk 39+950

Il tratto in questione si colloca nel settore meridionale della tratta Bovino-Orsara, con quote del piano ferro variabili tra i 340 e 354 m s.l.m.. Tale tratto interessa nel tratto iniziale e nel tratto finale i termini calcareo-marnosi del Flysch di Faeto (FAE), mentre nel tratto centrale i terreni delle Argille e sabbie del Vallone Meridiano (BVNb), in eteropia verso l'alto con i termini arenaceo-conglomeratici delle Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 69 di 137

In tale settore la successione stratigrafica descrive una sinclinale con piano assiale sub-verticale e asse ad andamento NW-SE, intercettato alla pk 39+350 circa; tale sinclinale risulta delimitata sul fianco occidentale da un *thrust* a medio-basso angolo e ad andamento NNE-SSW, intercettato in galleria alla pk 39+950 circa, che porta i depositi marini di bacino e base scarpata del Flysch di Faeto sui termini del Supersintema di Ariano Irpino.

Dal punto di vista geomorfologico, si sottolinea la presenza in copertura, alla pk 39+700 circa, in località Demanio, di una estesa area impluviale interessata da diversi movimenti franosi riconducibili a frane complesse e colamenti lenti, di dimensioni da modeste ad estese, con stato quiescente. Relativamente ai dissesti censiti, questi non presentano alcuna interferenza diretta o indiretta con l'opera, in quanto la galleria impegna quote sempre inferiori di oltre 110 m la quota del letto delle coltri di frana quiescenti.

Sotto il profilo idrogeologico, i dati di monitoraggio disponibili relativamente al piezometro BO-PD-S2, fessurato a quote prossime al cavo della galleria entro i depositi pliocenici delle Argille e sabbie del Vallone Meridiano, indicano un livello di piezometrico massimo posto a circa 405 m s.l.m..

6.9 Imbocco Galleria Orsara lato Napoli, da pk 39+950 a pk 40+939

Il tratto in questione si colloca nella porzione meridionale dell'area di studio, dove è prevista la realizzazione dell'imbocco lato Napoli della galleria "Orsara"; il piano ferro presenta quote variabili tra i 354 e 358 m s.l.m.. Questo tratto interessa per tutto il suo sviluppo i terreni del Flysch di Faeto (FAE), dislocati da una faglia diretta subverticale ad andamento N-S, intercettata all'altezza della pk 40+400 circa. Tali terreni mostrano in copertura i depositi alluvionali del Subsintema di Bosco di Acquara (ORS1), con spessori di circa 6 m, e le coltri eluvio-colluviali (b2), con spessori generalmente modesti che solo localmente raggiungo 5-6 m, presenti in affioramento nel settore dell'imbocco della galleria.

Dal punto di vista geomorfologico l'imbocco risulta privo di fenomeni di dissesto, anche se è da sottolineare che lambisce al piede un movimento franoso, riconducibile ad una frana complessa in terra e detrito, che si sviluppa tra la parte sommitale del rilievo di Monte Preisi e il fondovalle del Torrente Cervaro. Tale fenomeno non rappresenta un elemento di rischio per la linea ferroviaria, infatti, presenta uno stato inattivo ed è privo di evidenze morfologiche precursori di riattivazioni, con stadio senile o esaurito, mentre, al di sopra dei depositi di frana più antichi, si rinvencono coperture alluvionali oloceniche. In relazione all'attuale condizione di stabilità degli accumuli di frana, all'assenza di fenomeni erosivi superficiali e all'attuale quadro morfologico e morfoevolutivo dell'area, il suddetto fenomeno non mostra possibilità di riattivazione e pertanto non rappresenta un elemento di possibile criticità per le opere in progetto.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 70 di 137

I dati di monitoraggio disponibili relativamente ai piezometri BO-PD-S1, BO-S3 e BO-PD-S5 indicano livelli piezometrici massimi posti rispettivamente a circa 426, 404 e 360 m s.l.m.. Pertanto è possibile ipotizzare, la presenza di una falda all'interno dei terreni del Flysch di Faeto.

6.10 Tratta all'aperto di Orsara, da pk 40+939 a pk 41+259, e allaccio alla linea storica

Il tratto in questione si colloca nella porzione meridionale dell'area di studio, dove è prevista la realizzazione del viadotto VI01 per l'attraversamento dell'area golenale del Cervaro e l'innesto alla galleria Hirpinia; il piano ferro presenta quote variabili tra i 358 e 362 m s.l.m..

Il tratto in esame interessa per tutto il suo sviluppo i termini litologici alluvionali ghiaioso-sabbiosi del Subsistema dell'Incoronata (RPL1), parzialmente ricoperte dai depositi alluvionali attuali (b) in corrispondenza dell'alveo del Cervaro. Tali terreni alluvionali, che presentano uno spessore consistente e variabile tra i 15 e i 22 m circa, poggiano sui termini calcareo marnosi del Flysch di Faeto (FAE), disturbato tettonicamente sul fondovalle da un importante lineamento a scala regionale su cui risulta impostato il corso del Cervaro.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono presenti elementi di particolare criticità per le opere in progetto, a meno dell'attraversamento di un'area di conoide alluvionale quiescente, ubicato allo sbocco del Torrente Acquara. Tale elemento geomorfologico, non sembra tuttavia costituire fonte di pericolosità per le opere in progetto, sia in relazione al suo stato di attività, sia in relazione alle opere di regimazione idraulica esistenti lungo l'asta torrentizia a protezione delle infrastrutture presenti, costituite dalla S.S.90 "delle Puglie" e la linea storica F.S..

Sotto il profilo idrogeologico, si registra la presenza di un livello freatico libero entro il materasso alluvionale di fondovalle, con quote di falda variabili tra i 2÷5 m di profondità dal piano di campagna, come evidenziato dalle letture piezometriche disponibili sugli strumenti installati in prossimità del tracciato e sul fondovalle. Tale livello freatico risulta sostanzialmente regolato dal battente idrico del Cervaro.

6.11 Elementi di criticità geologica

Dal punto di vista geologico, i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono connessi con il locale assetto stratigrafico-strutturale dell'area e con la sismicità attuale dell'Appennino meridionale. Per questo secondo aspetto, in particolare, si rimanda a quanto riportato al §9, dove sono descritte in maniera dettagliata tutte le caratteristiche sismogenetiche dell'area ed i principali elementi di pericolosità dal punto di vista sismico.

Per quanto concerne l'assetto litostratigrafico locale, i principali elementi di criticità geologica sono connessi con la presenza di depositi di copertura fortemente eterogenei, sia dal punto di vista litologico che per quanto concerne le caratteristiche fisico-meccaniche. Nei settori di piana alluvionale, pertanto,

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 71 di 137

possono essere presenti locali orizzonti alluvionali e transizionali con caratteristiche geotecniche mediocri o addirittura scadenti.

Inoltre, è opportuno segnalare la diffusa presenza di coltri di copertura di genesi pedologica e detritico-colluviale. Tali terreni, infatti, presentano un comportamento meccanico generalmente scadente e fortemente eterogeneo. I suddetti depositi non garantiscono alcun tipo di tenuta lungo i fronti di scavo, neanche nel breve periodo e soprattutto se esposti agli agenti atmosferici.

Un elemento di potenziale criticità geologica per le opere in progetto è rappresentato dai numerosi allineamenti strutturali e tettonici, che interessano buona parte dei termini litologici presenti lungo il tracciato ferroviario in esame. Tali elementi sono rappresentati, come detto, da *thrust* a medio basso e talora ad alto angolo e faglie dirette o trascorrenti ad alto angolo, localmente responsabili della giustapposizione di litotipi con caratteristiche litostratigrafiche litotecniche profondamente differenti e spesso associate ad ampie fasce di deformazione tettonica o di cataclasite.

Tale assetto strutturale complesso si riflette anche sulle caratteristiche di resistenza degli ammassi rocciosi e dei terreni interessati dalla realizzazione della galleria lungo la tratta in esame. Infatti, tutti i termini litologici del substrato risultano interessati da spinti fenomeni deformativi di tettonica plicativa ed un elevato grado di fratturazione dell'ammasso, accompagnati da conseguenti fenomeni di alterazione chimico-fisica.

Infine, sulla scorta di tutti i dati bibliografici disponibili e degli studi preliminari condotti, nell'area di diretto interesse progettuale non sono presenti elementi tettonici classificabili come faglie attive e capaci, in quanto la faglia capace conosciuta più vicina è situata circa 6 km a NE del tracciato ferroviario in progetto (§9.2).

6.12 Presenza di gas naturali

Gli studi a carattere bibliografico e storico condotti non hanno consentito di reperire alcuna indicazione circa la possibile presenza di gas all'interno delle formazioni affioranti nella zona di studio. Anche i monitoraggi, condotti nell'ambito delle successive campagne di indagini dirette ad oggi eseguite, non hanno evidenziato la presenza di gas.

Il database dei pozzi profondi dell'ISPRA segnala in aree prossime a quella di intervento la presenza di pozzi profondi per ricerche e sfruttamento di gas. Nella tabella seguente sono riassunti i dati ad oggi pubblicati, che ad ogni modo sono relativi a punti di esplorazione ubicati ad una distanza sempre maggiore a 1.6 km dal tracciato in progetto.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 72 di 137

Codice	Nome pozzo	Anno	Esito	Profondità	Operatore	Prov.	Latitudine	Longitudine
3947	M. TAVERNA 002	1984	GA	4558	AGIP	FG	41°18'03,00"	02°52'42,00"
6137	SERRONI 002	1959	GA	802	AGIP	AV	41°00'48,50"	02°51'36,00"
1131	CANDELA 013	1964	GA	2259	SNIA	FG	41°13'22,00"	02°56'24,00"
1132	CANDELA 014	1964	GA	1807	SNIA	FG	41°15'11,30"	02°57'18,20"
1142	CANDELA 024	1968	GA	1089	SNIA	FG	41°15'03,20"	02°57'01,10"
1148	CANDELA 030	1970	GA	1050	SNIA	FG	41°15'14,60"	02°57'45,00"
3429	MAGLIANO 003	1978	GA	2173	SNIA	FG	41°19'46,00"	02°52'39,00"

Tabella 19. Elenco pozzi profondi per ricerche minerarie, fonte: Ministero dello sviluppo economico - DGS-UNMIG, LINK: <http://unmig.mise.gov.it/unmig/pozzi/egruppo.asp?esito=Gas>

Tali dati ad ogni modo non consentono alcuna correlazione diretta con la verifica della probabilità di intercettare gas in corso delle lavorazioni in sotterraneo, in quanto le perforazioni condotte hanno interessato porzioni del sottosuolo sempre molto maggiori di direttamente interessate dalle opere in progetto.

Gli unici studi scientifici e bibliografici disponibili sono relativi ai caratteri idro-geochimici dei settori della provincia di Avellino, posti a sud dell'area di studio (Ortolani et al. 1981; Di Nocera et al. 1999). Sulla scorta di tali studi si evince la possibilità di un mescolamento dei flussi profondi in risalita dal substrato carbonatico con le acque presenti nei termini lapidei del Flysch Rosso, identificato all'interno di questo studio ed in questo settore di Appennino, come "Calcarenit, argille e marne di Monte Sidone".

Tale risalita potrebbe avvenire attraverso linee preferenziali connesse con l'assetto strutturale dei termini litologici del substrato, sia a scala regionale che locale, e in particolare con la presenza di alti strutturali del substrato carbonatico profondo. Lungo tali direttrici di risalita preferenziali, inoltre, sarebbe possibile anche il flusso di elementi gassosi derivanti dai sottostanti depositi evaporitici, con emanazioni di anidride carbonica, metano e acido solforico.

Le suddette condizioni sono ampiamente testimoniate nei settori a sud dell'area di studio dalla presenza di sorgenti termali, Valle di Ansanto, Frigento e sorgenti delle Mefite, ma tali condizioni non state rilevate né note nel settore d'interesse progettuale.

In tale senso, i numerosi sondaggi geognostici eseguiti sulla tratta in oggetto del presente studio nelle fasi progettuali sino ad oggi condotte, non hanno dato evidenza di presenza di gas in fase di perforazione, fatta eccezione per il sondaggio BO-PD-S6, durante la realizzazione del quale si è registrata la presenza di gas nell'intervallo di profondità tra 60 e 63 m. Tale manifestazione gassosa è

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 73 di 137

risultata essere tuttavia modesta e non ha comportato particolari problemi alla perforazione, né tantomeno l'interruzione del sondaggio.

Al contrario, sulla adiacente tratta Hirpinia-Orsara, frequentemente i sondaggi sono stati temporaneamente, se non addirittura definitivamente, interrotti a causa di improvvise fuoriuscite di gas in corso di perforazione. Occorre però sottolineare che le manifestazioni gassose hanno per lo più interessato i termini riconducibili ai complessi caotici, dove le manifestazioni gassose si sono mostrate consistenti e perduranti, mentre nei termini miocenici, nella fattispecie nel Flysch di Faeto, le manifestazioni gassose sono risultate molto meno frequenti e di breve durata, esaurendosi per lo più nel giro di qualche ora.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 74 di 137

7 IDROGEOLOGIA

All'interno del presente capitolo saranno affrontati i seguenti argomenti:

- definizione della permeabilità delle formazioni;
- descrizione dei complessi idrogeologici;
- valutazione delle portate drenate in fase di scavo delle gallerie;
- valutazione del rischio di interferenza per le risorse idriche poste lungo il tracciato;
- individuazione delle tratte con terreni ad alta vulnerabilità degli acquiferi.

I dati di base utilizzati nella produzione degli elaborati e delle valutazioni numeriche sono riportati al §3, al quale si rimanda.

7.1 Inquadramento idrogeologico dell'area

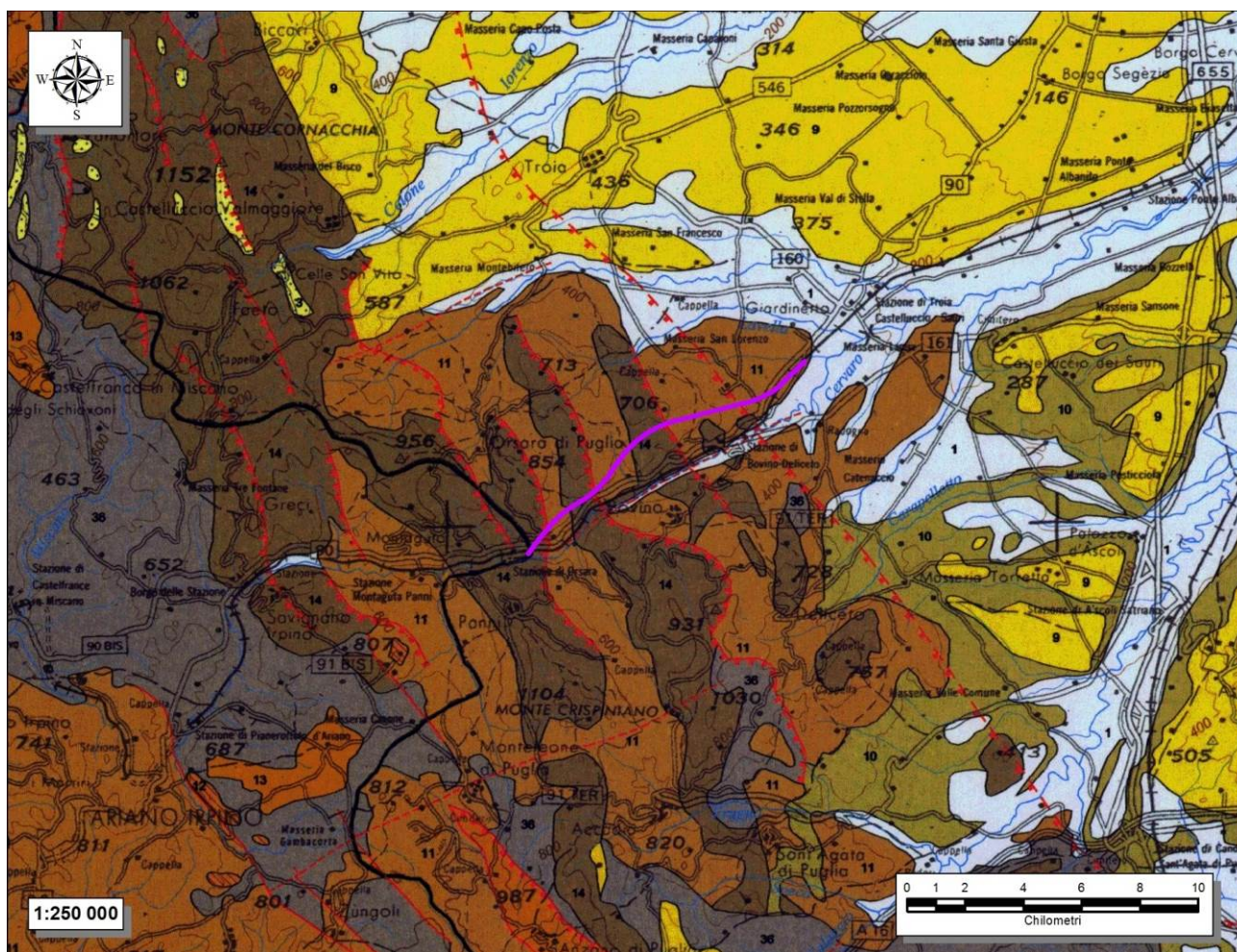
La fascia di transizione tra il Subappennino Dauno e il Tavoliere delle Puglie è caratterizzata da una notevole complessità idrogeologica, strettamente connessa alla presenza di differenti successioni sedimentarie e numerose strutture tettoniche (Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”). Tali settori presentano infatti un motivo idrogeologico tipico dell'Appennino meridionale, quale la giustapposizione laterale e verticale di unità calcareo-marnose e arenaceo-conglomeratiche di elevata permeabilità con successioni sedimentarie a scarsa permeabilità (Celico et al. 2007; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”).

I termini carbonatici e silicoclastici più permeabili sono spesso sede di un importante deflusso idrico di base che, in corrispondenza del contatto con terreni a permeabilità più bassa, viene a giorno formando grandi sorgenti basali (Celico 1978, 1983, 1986; Celico et al. 2007). All'interno dei termini lapidei e pseudo-lapidei, le variazioni dello schema di circolazione idrica sotterranea sono associabili a elementi strutturali o locali intercalazioni pelitiche, che possono costituire un ostacolo al deflusso delle acque di falda per una riduzione della permeabilità intrinseca dell'acquifero (Celico et al. 2007). Inoltre, nei settori dove le unità del substrato sono in contatto laterale con i depositi continentali quaternari sono possibili importanti travasi idrici sotterranei verso le piane alluvionali, con conseguente alimentazione dei corpi idrici superficiali (Celico et al. 2007; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”).

La principali depressioni morfostrutturali dell'area, come la piana del Torrente Cervaro e i settori esterni del Tavoliere delle Puglie, sono invece caratterizzate da una circolazione idrica per falde sovrapposte, che si verifica all'interno degli depositi alluvionali più permeabili che le riempiono (Maggiore et al. 1996, 2004; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”). I diversi livelli idrici sono spesso in comunicazione mediante soluzioni di continuità che contraddistinguono i litotipi meno permeabili e che,

spesso, non permettono un reale frazionamento della circolazione idrica sotterranea all'interno dei settori di piana (Ciaranfi et al. 2011 – CARG “Ascoli Satriano”).

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha quindi consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l'area.



Legenda: 1 Complesso alluvionale-costiero, 3 Complesso dei depositi epiclastici continentali, 9 Complesso sabbioso-conglomeratico, 10 Complesso argilloso, 11 Complesso Molassico, 12 Complesso delle evaporiti messiniane, 13 Complesso arenaceo-conglomeratico, 14 Complesso delle successioni arenaceo-calcareo-pelitiche, 36 Complesso argilloso-calcareo delle Unità Sicilidi.

Figura 22. Stralcio della Carta idrogeologica dell'Italia Meridionale (da Celico et al. 2007), con indicazione delle principali strutture idrogeologiche e del tracciato ferroviario in progetto (in magenta). Scala grafica

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 76 di 137

sondaggio e dalle numerose prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell'area di studio. In tal modo, è stato quindi possibile ricostruire l'andamento della superficie piezometrica in specifiche zone di interesse e le principali direttrici di deflusso idrico sotterraneo, sia nei settori di fondovalle che in corrispondenza delle dorsali.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione/carsismo degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area di studio.

7.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove condotte nei fori di sondaggio ricadenti all'interno dell'area di studio, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e relative formazioni geologiche di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Tabella 20. Sintesi delle prove di permeabilità realizzate nella campagna geognostica campagna Italfer 2017 – PP Hirpinia-Orsara-Bovino

Sigla	ID Prova / tipologia	Profondità m	Permeabilità m/s	Formazione geologica di riferimento
BO-S1	Lugeon 1	7.0 - 8.0	2.41E-05	RPL1
BO-S2	Lugeon 1	8.0 - 9.0	2.27E-06	RPL1
BO-S3	Lefranc 1	79.5 - 80.0	4.45E-07	FAE
	Lefranc 2	90.0 - 91.0	4.81E-07	FAE
BO-S4	Lefranc 1	105.0 - 106.0	1.62E-06	FAE
	Lefranc 2	115.0 - 116.0	1.35E-06	FAE
BO-S5	Lefranc 1	65.0 - 66.0	7.69E-08	BVNB
	Lefranc 2	75.5 - 76.0	6.18E-08	BVNB
BO-S5bis	Lugeon 1	110.0 – 115.0	9.39E-08	BVNB
	Lugeon 2	120.0 – 125.0	7.61E-06	BVNB
BO-S6	Lefranc 1	105.0 - 106.0	1.20E-07	FAE
	Lefranc 2	115.0 - 116.0	2.18E-07	FAE
BO-S7	Lefranc 1	29.0 - 30.0	7.70E-10	ASP
	Lefranc 2	39.0 - 40.0	1.79E-09	ASP
BO-S8	Lefranc 1	29.0 - 30.0	-	ASP
	Lefranc 2	39.0 - 40.0	-	ASP
BO-S9	Lefranc 1	6.0 - 7.0	-	ASP

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 77 di 137

Sigla	ID Prova / tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Formazione geologica di riferimento
BO-S10	Lefranc 1	8.5 - 9.5	8.49E-09	ASP
BO-S11	Lugeon 1	275.0 – 280.0	9.58E-08	FAE
	Lugeon 2	290.0 – 295.0	1.20E-07	FAE

Tabella 21. Sintesi delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna Italferr 2018 – PD Hirpinia-Orsara e PO Bovino-Orsara

Sigla	ID Prova / tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Formazione geologica di riferimento
BO-PD-S01	Lugeon 1	90.0 - 95.0	6,43E-09	FAE
	Lugeon 2	103.0 - 108.0	9,44E-09	FAE
	Lugeon 3	108.0 - 113.0	3,42E-08	FAE
BO-PD-S02	Lugeon 1	117.0 - 120.0	9,17E-08	BVNB
	Lugeon 2	130.0 - 132.8	1,39E-07	BVNB
	Lugeon 3	146.8 - 149.0	4,64E-07	BVNB
BO-PD-S04	Lugeon 1	125.0 - 128.0	2,30E-07	BVNB
	Lugeon 2	140.5 - 143.5	1,01E-07	BVNB
	Lugeon 3	155.5 - 158.5	5,54E-08	BVNB
BO-PD-S05	Lugeon 1	5.0 - 9.0	3,16E-07	FAE
	Lugeon 2	10.0 - 14.2	3,09E-07	FAE
BO-PD-S06	Lugeon 1	60.0 - 62.0	2,59E-08	SID
	Lugeon 2	77.0 ÷ 80.0	6,70E-09	SID
BO-PD-S07	Lefranc 1	180.5 - 182.5	2,58E-08	SID
	Lugeon 1	195.0 - 197.0	1,63E-08	SID
	Lugeon 2	212.7 - 219.7	5,74E-09	SID
BO-PD-S08	Lugeon 1	63.6 - 68.6	2,02E-08	ASP
	Lugeon 2	74.0 - 79.0	4,33E-08	ASP
	Lugeon 3	80.0 - 85.0	3,49E-08	ASP
BO-PD-S09	Lefranc 1	6.5 - 7.6	2,17E-07	ASP
	Lefranc 2	16.0 - 17.0	7,51E-08	ASP
	Lefranc 3	33.0 - 34.0	3,51E-08	ASP
BO-PD-S10	Lefranc 1	6.5 - 7.5	1,56E-05	BVNa
	Lefranc 2	- 18.0	3,34E-06	SID
BO-PD-S11	Lefranc 1	3.5 - 4.5	4,04E-05	BVNa
	Lefranc 2	14.0 - 15.0	2,96E-07	ASP
BO-PD-S12	Lefranc 1	6.0 - 7.0	1,35E-06	ASP
	Lefranc 2	14.0 - 15.0	2,37E-07	ASP

Sigla	ID Prova / tipologia	Profondità m	Permeabilità m/s	Formazione geologica di riferimento
BO-PD-S13	Lefranc 1	3.5 - 4.5	1,93E-05	ASP
	Lefranc 2	16.0 - 17.0	1,09E-07	ASP
BO-PD-S14	Lefranc 1	6.0 - 7.0	1,64E-06	ASP
	Lefranc 2	13.0 - 14.0	2,94E-07	ASP
BO-PD-S15	Lefranc 1	4.0 - 5.0	2,20E-05	RPL1
	Lefranc 2	8.0 - 9.0	3,48E-07	ASP
BO-PD-S16	Lefranc 1	5.0 - 6.0	2,42E-05	RPL1
	Lefranc 2	9.0 - 10.0	1,29E-07	ASP
BO-PD-S17	Lefranc 1	5.5 - 6.5	5,94E-06	RPL1
	Lefranc 2	12.0 - 13.0	5,43E-07	RPL1
BO-PD-S18	Lefranc 1	5.0 - 6.0	2,46E-05	RPL1
	Lefranc 2	15.0 - 16.0	1,89E-05	RPL1
BO-PD-S19	Lefranc 1	6.0 - 7.0	8,30E-07	RPL1
	Lefranc 2	15.0 - 16.0	1,98E-05	RPL1
BO-PD-S20	Lefranc 1	5.7 - 6.7	2,61E-05	RPL1
	Lefranc 2	18.0 - 19.0	3,84E-07	RPL1
BO-PD-S21	Lefranc 1	6.5 - 7.5	3,01E-05	RPL1
	Lefranc 2	13.0 - 14.0	1,88E-05	RPL1
BO-PD-S22	Lefranc 1	6.0 - 7.0	5,18E-05	RPL1
	Lefranc 2	18.0 - 19.0	7,46E-06	RPL1
BO-PD-S23	Lefranc 1	5.0 - 6.0	1,08E-05	COLTRE DI FRANA
	Lefranc 2	17.5 - 18.5	5,91E-07	FAE
BO-PD-S24	Lefranc 1	5.0 - 6.0	3,49E-06	COLTRE DI FRANA
	Lefranc 2	17.0 - 18.0	4,12E-06	COLTRE DI FRANA
BO-PD-S25	Lefranc 1	6.0 - 7.0	1,33E-06	COLTRE DI FRANA
	Lefranc 2	19.0 - 20.0	1,79E-07	COLTRE DI FRANA
BO-PD-S26	Lugeon 1	14.1 - 19.0	4,48E-07	FAE
BO-PD-S27	Lefranc 1	4.0 ÷ 5.0	1,33E-05	COLTRE ELUVIO-COLLUV. (b2)
	Lugeon 1	27.0÷30.0	4,24E-05	FAE
BO-PD-S28	Lefranc 1	2.0 ÷ 3.0	1,48E-02	COLTRE ALTERAZ. SUPERF.
	Lugeon 1	19.0÷22.0	1,00E-05	FAE
IF16R25	Lefranc 1	4.5 - 5.5	9,12E-06	COLTRE DI FRANA
	Lefranc 2	18.0 - 20.0	4,41E-07	FAE
IF16V01	Lefranc 1	4.5 - 6.0	6,48E-04	RPL1
IF16V02	Lefranc 1	4.5 - 6.0	3,51E-04	RPL1
IF16V03	Lefranc 1	5.0 - 6.2	7,02E-04	RPL1

7.3 Permeabilità delle formazioni geologiche

La valutazione della permeabilità delle formazioni presenti nell'area di studio è stata eseguita seguendo un approccio combinato basato sull'esame delle prove in foro disponibili, sulle evidenze emerse nel corso dei sopralluoghi e sulle caratteristiche litologiche. Al termine di questa elaborazione ad ogni formazione è stata associata una permeabilità di riferimento ed un range di variazione ragionevolmente possibile.

La Figura 23 sintetizza i risultati ottenuti dalle prove Lugeon e Lefranc eseguite nei fori di sondaggio, suddivisi per formazione; nel grafico seguente le prove relative ad una formazione si trovano sulla stessa verticale. Il disco rosso rappresenta la media geometrica dei valori di permeabilità disponibili per ciascuna formazione.

Si segnala che, nell'elaborazione dei dati, alcuni valori di permeabilità misurati possono non essere stati considerati poiché ritenuti non significativi a causa di anisotropie o disomogeneità localizzate dei materiali investigati o perché in contesti geologici/geomorfologici specifici e non rappresentativi.

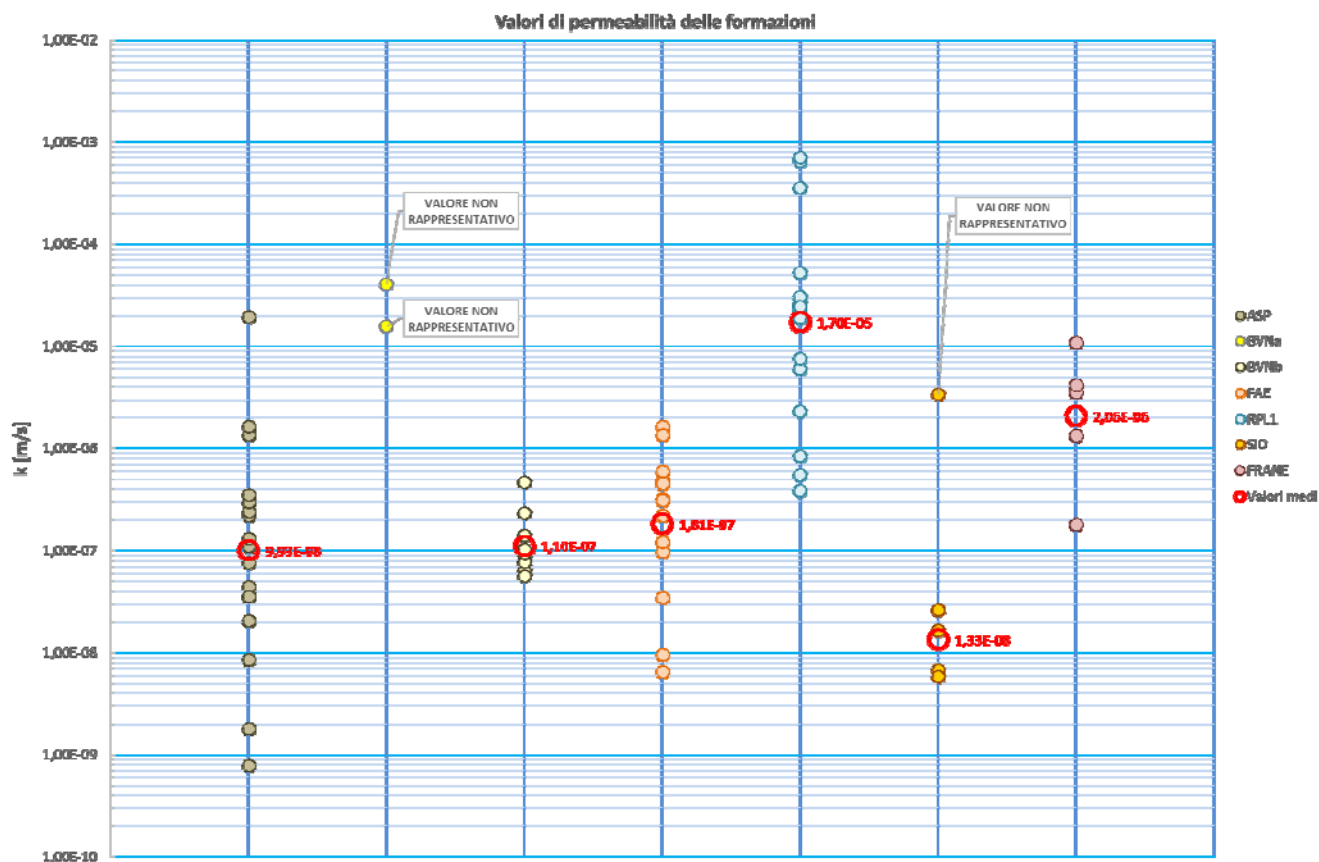


Figura 23. Valori di permeabilità ottenuti dalle prove eseguite in foro distinte per formazione. In rosso è indicato il valore di permeabilità medio ottenuto per ciascuna formazione (laddove disponibili dati di permeabilità)

Dall'esame dei valori ottenuti, per ogni formazione è stata identificata la permeabilità media ed un campo di variabilità che identifica il massimo e minimo valore ragionevolmente atteso. Qualora non fossero disponibili dati di permeabilità per una formazione, ai fini della definizione dell'intervallo di permeabilità si è fatto riferimento a dati bibliografici e dati disponibili sulle medesime litologie in aree adiacenti a quella di studio ed in contesti geologici/idrogeologici simili.

La sintesi di questa elaborazione è rappresentata nella Figura 24, dove è rappresentato con una linea verticale l'intervallo di ragionevole variabilità.

In alcuni casi l'intervallo di ragionevole variabilità della permeabilità si discosta dal valore medio ottenuto dalle prove. Questo si verifica soprattutto nei casi di formazioni in cui sono state eseguite poche prove e per le quali il valore ottenuto non era coerente con le caratteristiche litologiche e con le osservazioni eseguite in campagna. In questi casi ci si è discostati dal valore ottenuto dalle prove, andando ad associare alla formazione una permeabilità di riferimento coerente con le osservazioni eseguite in sito.

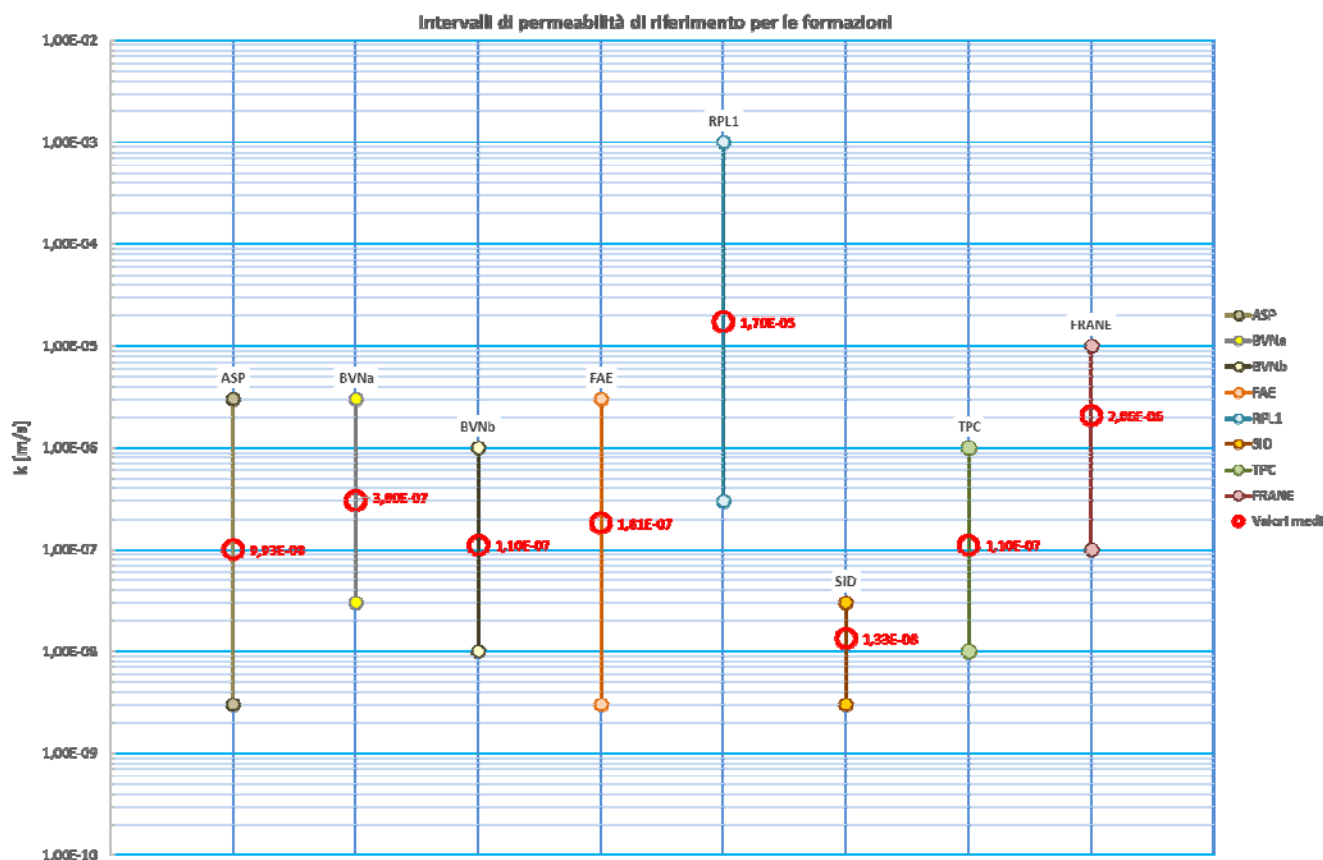


Figura 24. Valori di permeabilità medi (cerchi rossi) ed intervalli di permeabilità di riferimento per le singole formazioni geologiche.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 81 di 137

7.4 Complessi idrogeologici

In funzione delle prove di permeabilità e delle caratteristiche litologiche delle formazioni, nell'area sono stati individuati sei complessi idrogeologici, intesi come corpi litologici simili caratterizzati da un prevalente tipo di circolazione idrica ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione generalmente ristretto.

Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area di intervento.

Nello specifico, la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi presenti nell'area è stata compiuta in considerazione delle numerose prove di permeabilità (Lefranc/Lugeon) realizzate nei fori di sondaggio nel corso delle diverse campagne di indagine, ovviamente non considerando le prove ritenute incongruenti col locale assetto idrogeologico a causa di anisotropie o disomogeneità localizzate dei materiali investigati.

Si sottolinea, infine, che la stima del range di variazione del coefficiente di permeabilità relativo ad ogni complesso idrogeologico è stata effettuata in funzione delle caratteristiche sedimentologiche e litologiche dei terreni, nonché del grado di alterazione, fessurazione e carsismo dei singoli ammassi rocciosi.

7.4.1 Complessi delle unità del substrato

Questo gruppo è rappresentato da quattro distinti complessi idrogeologici, costituiti da successioni carbonatiche e silicoclastiche meso-cenozoiche e mio-plioceniche.

7.4.1.1 Complesso argilloso-marnoso

Questo complesso è formato dai termini litologici delle unità **ASP**, **SID** e **TPC**. Si tratta di argille, argille marnose e marne scagliose o in strati da molto sottili a sottili (**AGM**), con rare ghiaie poligeniche e locali intercalazioni di torbiditi calcaree e radiolariti; argille limose, limi argillosi e marne in strati da molto sottili a molto spessi, talora poco evidenti e a laminazione piano-parallela, con sottili intercalazioni di sabbie e sabbie limose; a luoghi si rinvencono lenti di conglomerati poligenici e passaggi di calcari marnosi, calcilutiti, calcareniti, calciruditi, arenarie e siltiti.

Costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *acquicludi* di notevole importanza per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k compreso tra $3 \cdot 10^{-9}$ e $3 \cdot 10^{-6}$ m/s.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 82 di 137

7.4.1.2 Complesso argilloso-sabbioso

Al presente complesso sono associati i terreni argilloso-sabbiosi dell'unità **BVNb**. È formato quindi da argille limose, argille marnose e marne in strati da molto sottili a molto spessi (**ASB**), talora a laminazione piano-parallela, con frequenti intercalazioni di sabbie e sabbie limose; argille e argille sabbiose laminate o in strati molto sottili, con diffusi passaggi di marne sabbiose, limi detritici e clasti di gesso; sabbie e sabbie limose in strati da sottili a medi, con frequenti intercalazioni di limi argillosi e argille marnose; a luoghi si rinvencono lenti ciottolose e passaggi di arenarie, siltiti e conglomerati ben cementati.

Costituiscono acquiferi misti di modesta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di scarsa rilevanza, generalmente discontinue e a carattere stagionale. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k compreso tra $3 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

7.4.1.3 Complesso calcareo-marnoso

Questo complesso è costituito dai termini essenzialmente arenaceo-marnosi dell'unità **FAE**. Si tratta di calciruditi, calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi in strati da sottili a spessi (**CMR**), con locali intercalazioni di argille limose, argille marnose e marne; calcari micritici, calcari marnosi e marne laminate o in strati da molto sottili a medi, con locali intercalazioni di arenarie, calcareniti e argille marnose; a luoghi si rinvencono passaggi di argille marne con locali clasti di gesso e livelli di microconglomerati, arenarie e calciruditi bioclastiche; localmente sono presenti orizzonti di brecciole calcaree a struttura caotica e intercalazioni di argille e marne argillose in alternanza con calcilutiti e calcari marnosi silicizzati.

Costituiscono acquiferi fessurati di buona trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di discreta rilevanza, generalmente discontinue e frazione. La permeabilità, essenzialmente per fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. Al presente complesso può essere attribuito un coefficiente di permeabilità k compreso tra $3 \cdot 10^{-9}$ e $3 \cdot 10^{-6}$ m/s.

7.4.1.4 Complesso arenaceo-conglomeratico

A tale complesso sono riferite la successione arenaceo-conglomeratico dell'unità **BVNa**. È quindi composto da microconglomerati e arenarie in strati da sottili a molto spessi (**ARC**), con locale matrice fine a grado di cementazione variabile, con frequenti passaggi di sabbie limose e limi argilloso-sabbiosi; conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, mal-stratificati o in strati molto spessi, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e calcareo-sabbiosa da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono si rinvencono intercalazioni di cineriti a composizione riolitica e passaggi di sabbie e sabbie limose.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 83 di 137

Costituiscono acquiferi misti di discreta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di modesta rilevanza, generalmente discontinue e frazionate. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. Al complesso in questione si può attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k compreso tra $3 \cdot 10^{-8}$ e $3 \cdot 10^{-6}$ m/s.

7.4.2 *Complessi dei depositi di copertura*

Tale gruppo è rappresentato da due differenti complessi idrogeologici, composti essenzialmente da depositi quaternari di natura alluvionale e detritico-colluviale.

7.4.2.1 Complesso limoso-argilloso

Tale complesso è costituito dai terreni di copertura delle unità **b2**, **A**, **Q**, **S** e **TGF**. Litologicamente è formato da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi a struttura indistinta o finemente laminata (**LMA**), con abbondanti resti vegetali e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; limi argilloso-sabbiosi e limi sabbiosi a struttura indistinta, con rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; localmente sono presenti ceneri a struttura indistinta o debolmente laminata e lenti di conglomerati massivi o in strati molto spessi.

Costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media. Al complesso in questione si può attribuire, quindi, un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

7.4.2.2 Complesso ghiaioso-sabbioso

A tale complesso sono associati i terreni alluvionali delle unità geologiche di copertura **b**, **ADL2**, **LSO**, **ORS1**, **ORS2**, **RDG** e **RPL1**. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate (**GHS**), in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-angolosi ad arrotondati, massivi o mal-stratificati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta o debolmente laminata, con frequenti ciottoli e ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate e sporadiche intercalazioni di argille limose; localmente sono presenti paleosuoli e livelli fortemente pedogenizzati.

Costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di particolare rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e sotterranei delle strutture idrogeologiche

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 84 di 137

limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa ad alta. Al presente complesso può essere attribuito un coefficiente di permeabilità k compreso tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

7.5 Condizioni di deflusso idrico sotterraneo

I dati raccolti durante lo studio condotto, di carattere geologico ed idrogeologico, hanno permesso di definire le caratteristiche generali dell'area e di individuare, nel dettaglio, il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse. Le suddette valutazioni hanno quindi consentito di ricostruire sia l'andamento della superficie piezometrica, in specifiche zone di interesse, che le principali direttrici di deflusso idrico sotterraneo, sia nei settori di fondovalle che in corrispondenza delle dorsali.

Si sottolinea che le ricostruzioni del livello piezometrico in profilo derivano da un'analisi approfondita dei dati di monitoraggio strumentale a disposizione, opportunamente integrati con tutte le informazioni raccolte circa l'assetto idrogeologico e stratigrafico-strutturale dell'area.

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 latero-verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici a bassa permeabilità che, nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati come degli *acquiclude*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei principali, portando alla formazione di locali emergenze sorgentizie.

I litotipi calcareo-marnosi (**CMR**) rappresentano degli acquiferi di una certa rilevanza dal punto di vista idrogeologico, sia per la discreta trasmissività dei terreni che per la notevole estensione areale e verticale degli stessi. In generale, i suddetti depositi sono sede di un acquifero di base di una certa rilevanza, a cui si aggiungono numerose falde più superficiali a carattere prevalentemente stagionale. Tali acquiferi sono generalmente caratterizzati da un deflusso idrico sotterraneo discontinuo e frazionato, contenuto nelle porzioni più carsificate e fessurate dell'ammasso, ma localmente influenzato dalla presenza degli orizzonti pelitici più spessi ed estesi.

I litotipi arenaceo-conglomerati (**ARC**) e argilloso-sabbiosi (**ASB**) del substrato, al contrario, rappresentano degli acquiferi di modesta rilevanza dal punto di vista idrogeologico, essenzialmente a causa della ridotta estensione areale e verticale dei depositi. In generale, sono sede di falde sotterranee di scarsa importanza, in quanto contraddistinte da un deflusso idrico sotterraneo frazionato e fortemente eterogeneo. Le suddette falde presentano un carattere sia perenne che stagionale e risultano spesso sostenute dagli orizzonti meno permeabili delle successioni di substrato. Le direzioni di deflusso sono ovviamente piuttosto eterogenee e, molto spesso, risultano direttamente influenzate dal locale stato di fratturazione dell'ammasso e dalla presenza di elementi tettonici di importanza variabile.

I litotipi prevalentemente argilloso-marnosi del substrato (**AGM**) presentano una permeabilità per porosità e fessurazione variabile da molto bassa a bassa e, quindi, sono caratterizzati dall'assenza di

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 85 di 137

falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. Nello schema di circolazione idrica dell'area, tali terreni possono quindi essere considerati come degli *acquiclude* di notevole importanza, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti.

I sedimenti alluvionali più grossolani (**GHS**) rappresentano degli acquiferi di particolare rilevanza per tutta l'area di studio, in quanto caratterizzati da notevole estensione areale ed elevata trasmissività. Costituiscono dei sistemi idrogeologici particolarmente articolati e complessi, in quanto direttamente influenzati dalle forti variazioni granulometriche dei depositi e dalla presenza di locali intercalazioni pelitiche di bassa permeabilità. Sono sede di corpi idrici sotterranei in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinare. Tali falde presentano dei gradienti idraulici generalmente piuttosto bassi e, in generale, risultano alimentate dalle precipitazioni meteoriche e dai principali corsi d'acqua dell'area, anche se non sono da escludere possibili scambi idrici sotterranei con gli acquiferi giustapposti lateralmente e verticalmente.

I depositi di copertura più fini (**LMA**), invece, non presentano corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, sia per la scarsa trasmissività dei terreni che per il ridotto spessore degli stessi. Pertanto, la circolazione idrica avviene principalmente in senso verticale, tramite il passaggio delle acque meteoriche dalla superficie topografica alle falde più profonde degli acquiferi sottostanti. A tali coperture si collegano manifestazioni sorgentizie stagionali ed effimere, che danno origine ad una diffusa circolazione di acque in superficie subito dopo gli eventi piovosi.

In generale, la circolazione idrica sotterranea avviene negli orizzonti e nelle unità più spesse e permeabili, ma risulta sempre fortemente influenzata dalla presenza di elementi tettonici, incisioni vallive e depositi prevalentemente pelitici. Le emergenze sorgentizie sono infatti quasi sempre localizzate in corrispondenza dei principali fronti di sovrascorrimento, che portano alla sovrapposizione di termini litologici con caratteristiche di permeabilità differenti. Localmente, le emergenze sorgentizie ricadono in corrispondenza di contatti litologici tra successioni a differente grado di permeabilità o, al più, in prossimità dei valloni e delle incisioni torrentizie che tagliano i rilievi intercettando localmente i livelli idrici più superficiali.

Nei settori nord-orientali della zona di studio, lungo il margine occidentale del Tavoliere delle Puglie, si rinviene una estesa falda freatica localizzata all'interno dei depositi alluvionali di copertura. Tale falda risulta sostenuta dai terreni prevalentemente pelitici delle Argille Subappennine e risulta alimentata sia dagli eventi meteorici che dai travasi idrici sotterranei degli acquiferi confinanti.

Nei settori sud-occidentali dell'area di intervento invece, in corrispondenza dell'alto corso del Torrente Cervaro, si rinviene una importante falda freatica contenuta sempre all'interno dei depositi fluviali che colmano il fondovalle. Tale falda è caratterizzata da una superficie piezometrica piuttosto superficiale e, in generale, segue l'andamento morfologico dei settori di fondovalle. L'alimentazione

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 86 di 137

deriva sia dalle acque correnti superficiali, meteoriche o di corrivazione, che dai travasi idrici sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe, come i depositi calcareo-marnosi del Flysch di Faeto.

7.6 Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento

Per quanto concerne la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento, in assenza di dati sufficienti allo sviluppo di analisi quantitative, sono stati consultati ed analizzati tutti gli studi scientifici disponibili per il settore di stretto interesse progettuale. In particolare, le valutazioni preliminari sul possibile inquinamento delle acque sotterranee sono state condotte sulla scorta dell'apposita cartografia tematica redatta per l'intera provincia di Foggia (Salzano et al. 2008).

La notevole variabilità litologica e strutturale che caratterizza il territorio di studio determina sostanziali differenze nella distribuzione delle risorse idriche sotterranee, in quanto diverso è il ruolo rivestito dagli acquiferi in relazione alla loro capacità di immagazzinare e trasmettere le acque di infiltrazione (Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”). La definizione della vulnerabilità naturale o intrinseca degli acquiferi, basata su dati geologici ed idrogeologici, permette quindi di distinguere differenti condizioni (Allocca et al. 2008; Ciaranfi et al. 2011 – CARG “*Ascoli Satriano*”).

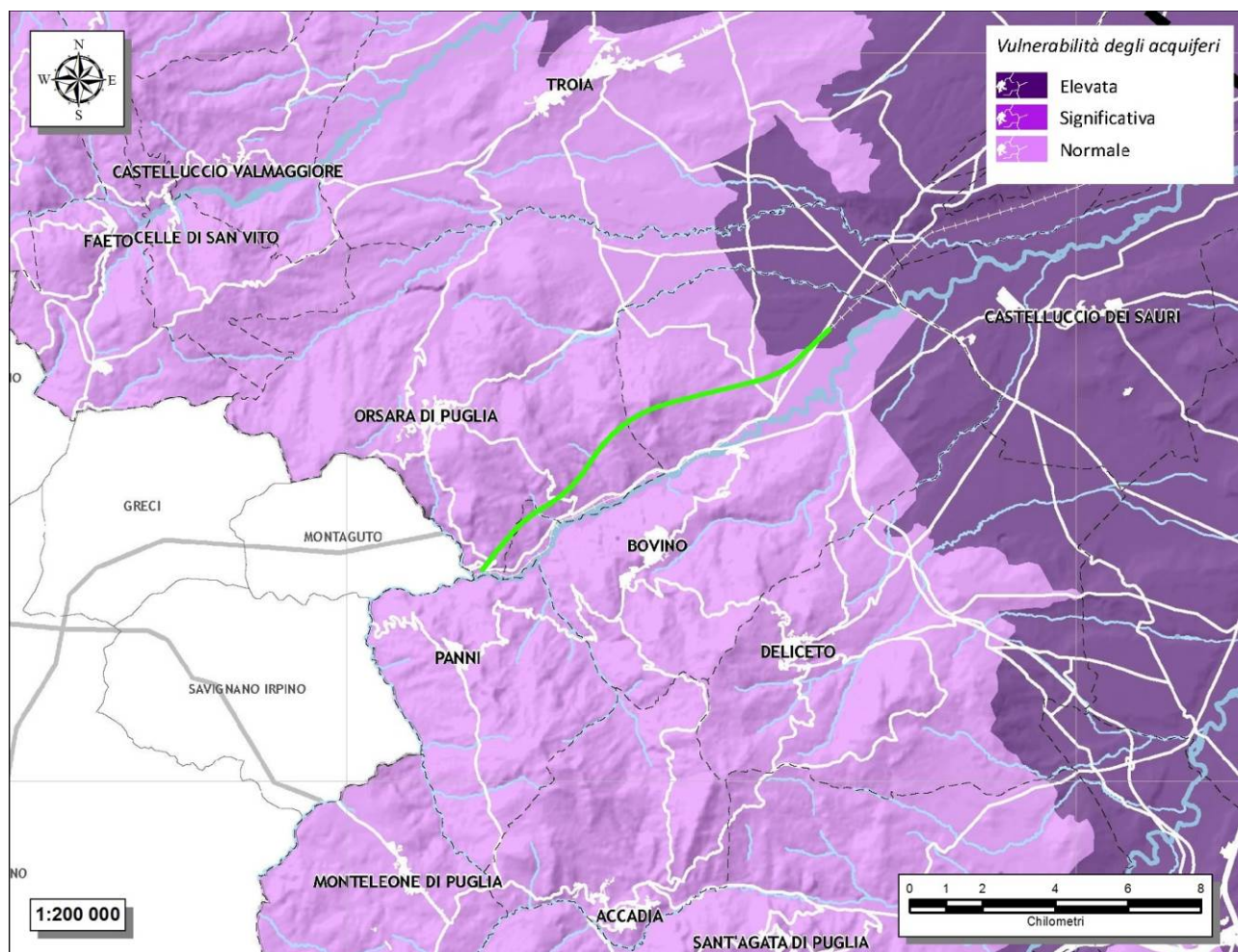


Figura 25. Stralcio della Carta della vulnerabilità all'inquinamento della provincia di Foggia (da Salzano et al. 2008), con indicazione delle principali classi di vulnerabilità e del tracciato ferroviario in progetto (in verde).

Il tratto nord-orientale della tratta di interesse, invece, attraversa i settori di piana alluvionale del Tavoliere delle Puglie, dove si rinvencono spesse coperture quaternarie di origine marina, fluviale e detritico-colluviale. I suddetti depositi presentano un grado di vulnerabilità all'inquinamento generalmente **elevato** (Salzano et al. 2008), a causa dell'alta permeabilità dei terreni e della limitata soggiacenza della falda, soprattutto in prossimità della piana attuale e dei settori di alveo.

7.7 Valutazione delle portate drenate in fase di scavo delle gallerie

7.7.1 Metodologia

Il calcolo della portata drenata da una galleria in fase di scavo può essere eseguito utilizzando la formula elaborata da Goodman et al (1965).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 88 di 137

Questo metodo si basa sull'assunzione che lo scavo avvenga ad una velocità sufficiente da rendere trascurabile l'effetto del drenaggio operato in avanzamento rispetto al fronte di scavo. Questo equivale ad immaginare che la galleria venga scavata istantaneamente e pertanto che, all'istante t_0 nel quale si esegue il calcolo, l'acquifero non sia stato interessato da alcun drenaggio. Se all'origine la falda è orizzontale ed in quiete e l'acquifero è isotropo ed omogeneo, all'istante iniziale la superficie piezometrica rappresenta una superficie equipotenziale e la galleria rappresenta l'unico punto di drenaggio. In queste condizioni le superfici equipotenziali si dispongono come rappresentato nella Figura 26 e, numericamente, il problema è risolvibile utilizzando il metodo del pozzo immagine.

Si suppone un sistema costituito da un acquifero artesiano emunto da un pozzo completamente penetrante realizzato in prossimità di una linea sorgente, che nella realtà potrebbe essere un fiume. La linea sorgente è una linea che, potendo disperdere una indefinita quantità d'acqua, impone sulla sua verticale un carico idraulico costante. Il sistema pozzo artesiano + linea sorgente costituisce quindi, ruotato in orizzontale, un sistema analogo a quello rappresentato in Figura 26. Il pozzo, che costituisce l'elemento drenante, diviene l'equivalente della galleria e la linea sorgente, che impone un carico idraulico costante, diviene l'equivalente della linea libera dell'acqua che all'istante iniziale rappresenta una linea equipotenziale.

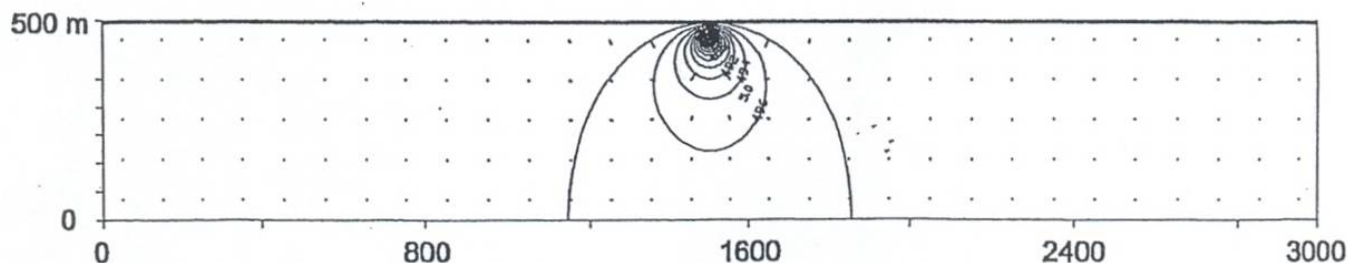


Figura 26. Andamento delle linee equipotenziali all'istante t_0 in un acquifero isotropo, omogeneo e non alimentato, con falda iniziale in quiete attraversato da una galleria realizzata istantaneamente

Ai fini del calcolo, per simulare gli effetti dell'emungimento di un pozzo posto in prossimità di una linea sorgente, si utilizza la tecnica del pozzo immagine. Si suppone cioè che esista un pozzo fittizio che disperda una portata pari a quella emunta dal pozzo reale e che, facendo riferimento alla linea sorgente, si trovi in una posizione speculare rispetto al pozzo reale. In ogni punto l'abbassamento della piezometrica viene quindi calcolato come effetto combinato dell'abbassamento dovuto all'emungimento del pozzo reale e dell'innalzamento dovuto alla dispersione del pozzo fittizio.

Facendo riferimento ad un singolo pozzo artesiano completamente penetrante (Figura 27) l'abbassamento della superficie piezometrica è calcolabile con la formula:

$$H_0 - h_w = \frac{Q_w}{2\pi KD} \cdot \ln \frac{R}{r_w}$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 89 di 137

nella quale H_0 e h_w indicano rispettivamente l'altezza della piezometrica prima dell'inizio del pompaggio e l'altezza dell'acqua nel pozzo in seguito al pompaggio, riferite entrambe alla base dell'acquifero, Q_w la portata costante emunta dal pozzo, K e D rispettivamente il coefficiente di permeabilità e lo spessore dell'acquifero, R la distanza oltre la quale non si risente più degli effetti del pompaggio e r_w il raggio del pozzo.

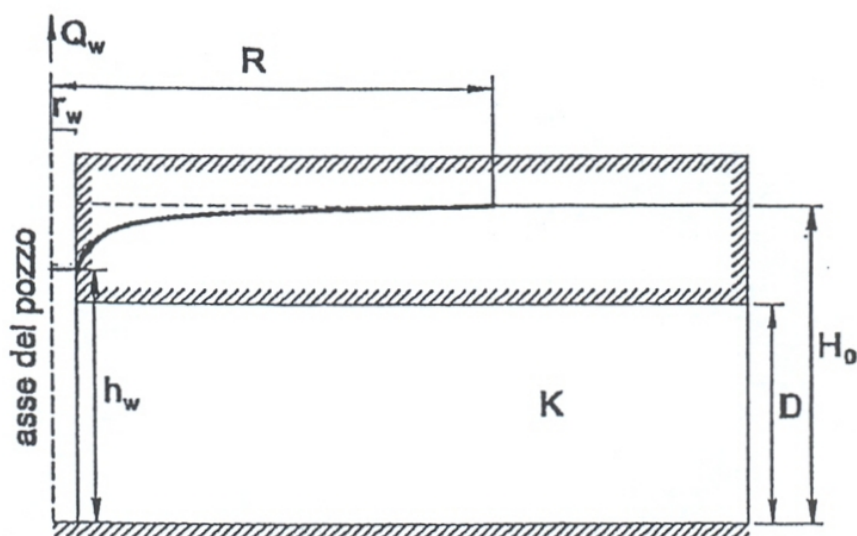


Figura 27. Emungimento da un pozzo artesiano completamente penetrante

Facendo riferimento alla Figura 28, che rappresenta il sistema pozzo reale + pozzo immagine, utilizzando il principio della sovrapposizione degli effetti è possibile calcolare l'abbassamento nel punto P come somma dell'effetto di abbassamento della piezometrica determinato dall'emungimento del pozzo W_1 sommato all'effetto di innalzamento della piezometrica determinato dalla dispersione dal pozzo W_2 .

Si ottiene quindi l'equazione:

$$H_0 - h = \frac{Q_w}{2\pi KD} \cdot \ln\left(\frac{R}{r_1}\right) - \frac{Q_w}{2\pi KD} \ln\left(\frac{R}{r_2}\right) = \frac{Q_w}{2\pi KD} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

nella quale h indica la quota della piezometrica dalla base dell'acquifero nel punto P, r_1 e r_2 le distanze dal punto P dei pozzi W_1 e W_2 e $+Q_w$ e $-Q_w$ le portate, uguali ma di segno opposto, dei due pozzi.

Facendo coincidere il punto P con la parete del pozzo W_1 , è possibile calcolare l'abbassamento dell'acqua nel pozzo W_1 in seguito all'effetto del pozzo immagine. Ponendo $r_1=r_w$ e $r_2=2L$ si ottiene quindi:

$$H_0 - h_w = \frac{Q_w}{2\pi KD} \cdot \ln \frac{2L}{r_w}$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 90 di 137

nella quale h_w indica la quota dell'acqua nel pozzo W_1 in seguito agli effetti del pompaggio.

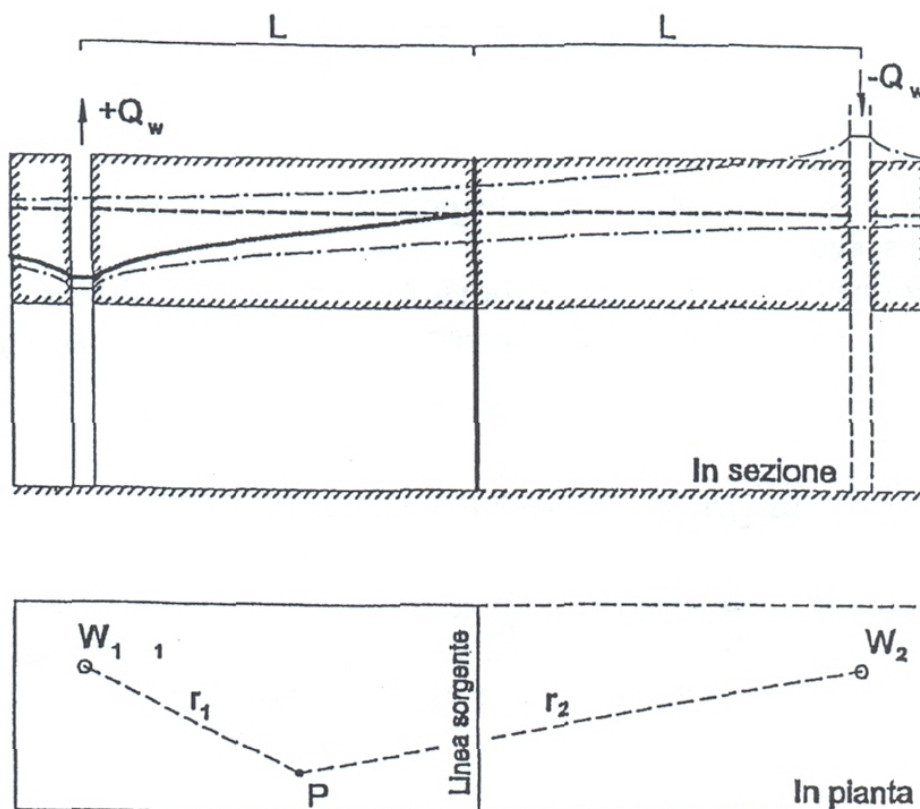


Figura 28. Utilizzo del pozzo immagine per calcolare l'effetto dell'emungimento su un acquifero di un pozzo artesiano completamente penetrante posto in prossimità di una linea sorgente. In grassetto l'andamento della piezometrica reale

Nel modello per il calcolo della filtrazione dell'acqua verso una galleria, supponendo che l'eventuale rivestimento non interferisca in alcun modo con la filtrazione, si considera nulla la pressione dell'acqua lungo le pareti del cavo. Ponendo quindi $h_w=0$, $L = H =$ battente piezometrico ante operam, $r_w = r =$ raggio della galleria, $Q_w = Q =$ portata emunta dalla galleria in fase di scavo e considerando un tratto D di lunghezza unitaria, si ottiene la formula:

$$H = \frac{Q}{2\pi K} \cdot \ln \frac{2H}{r}$$

da cui:

$$Q = \frac{2\pi KH}{\ln \frac{2H}{R}}$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 91 di 137

che, nelle assunzioni semplificative descritte, permette di avere una stima della portata drenata dalla galleria in fase di scavo.

7.7.2 Calcolo delle portate drenate

Applicando la formula descritta al paragrafo precedente ed utilizzando le permeabilità indicate in Figura 24 (rieperilati anche in Tabella 22), si è proceduto alla stima della portata attesa in fase di scavo per la galleria Orsara. Per quanto concerne i battenti idrici assunti nel calcolo, in via cautelativa si è proceduto all'interpolazione lungo tutto lo sviluppo della galleria dei massimi livelli piezometrici disponibili dai dati di monitoraggio.

In corrispondenza dei principali lineamenti tettonici intercettati dallo scavo della galleria si è ipotizzata una fascia di disturbo di circa 30 m nell'intorno del lineamento, ipotizzando inoltre condizioni locali di maggior permeabilità. Cautelativamente, tali tratti sono stati caratterizzati da un valore di permeabilità triplo rispetto alle formazioni geologiche interessate dal lineamento, con riferimento, in caso di più formazioni interessate, alla formazione caratterizzata dai maggiori valori di permeabilità. Nel caso specifico, tutti gli elementi tettonici risultano caratterizzati da un valore di permeabilità assunto pari a tre volte la permeabilità del Flysch di Faeto.

Tabella 22. Valori di permeabilità assunta nei calcoli

Sigla formazione	k [m/s]
ASP	9,9E-08
BVNa	1,0E-08
BVNb	1,1E-07
TPC	3,0E-08
FAE	1,8E-07
SID	1,3E-08
RPL1	1,7E-05
fasce tettonizzate	5,4E-07

Il calcolo è stato eseguito per sezioni di avanzamento di 10 m, considerando una sezione di scavo circolare avente raggio $R = 4,75$ m.

Il calcolo è stato condotto per la sola canna lato Nord, ovvero per la galleria di linea posta sul binario dispari. L'ipotesi che lo scavo delle due canne (binario pari e dispari) avvenga nel medesimo istante e con fronti di avanzamento perfettamente sincroni appare infatti non verosimile.

In tale situazione di non contemporaneità, il fronte della galleria più arretrata si troverà ad operare in condizioni idrogeologiche “semi-stabilizzate” per l’effetto di drenaggio della canna già realizzata; durante lo scavo della seconda canna è pertanto ragionevole attendersi portate drenate in transitorio sensibilmente inferiori rispetto a quelle calcolate per la prima.

Nella figura seguente si riassumono i risultati delle analisi condotte, riportando, in funzione della progressiva chilometrica, le portate drenate attese in transitorio, espresse in l/s per 10 m di avanzamento, ed il carico idraulico considerato ai fini del calcolo (ipotesi conservativa).

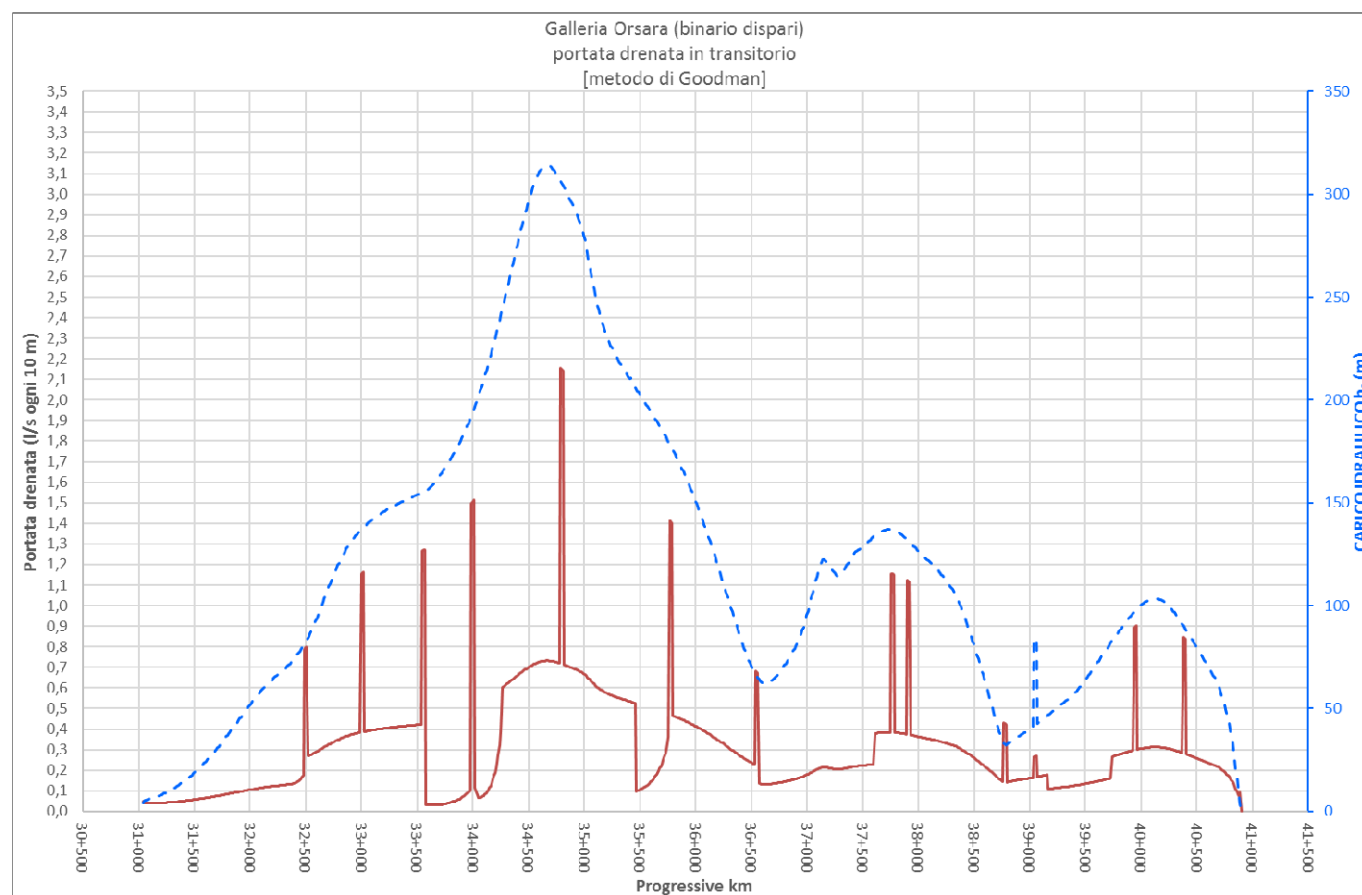


Figura 29. Galleria Orsara: calcolo delle portate drenate in fase di scavo.

Complessivamente, la sommatoria delle portate drenate attese lungo tutta la galleria risulta di circa 298 l/s. Il valore ottenuto presuppone però condizioni non realistiche, ovvero che lo scavo di tutta la galleria avvenga istantaneamente; in realtà la galleria sarà realizzata per fasi e campi successivi, pertanto i tratti di galleria scavati produrranno un drenaggio sui tratti in avanzamento, con conseguente depressione della piezometrica.

Per questo motivo le portate drenate dall'intera tratta saranno verosimilmente inferiori al valore indicato.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 93 di 137

7.8 Valutazione del rischio di interferenza per le risorse idriche poste lungo il tracciato

La valutazione della potenziale interferenza (riduzione delle portate o essiccamento) operata dallo scavo della galleria sui pozzi e sorgenti censiti lungo il tracciato, è stata eseguita mediante il metodo DHI *Drowdawn Hazard Index* (Dematteis et al., 2001, Torri et al. 2007).

Il metodo DHI consente di eseguire una valutazione parametrica, e non fisicamente basata (semi-empirica), della probabilità di interferenza di risorse idriche in seguito allo scavo di una galleria.

Il metodo si sviluppa in due fasi. Nella prima fase si individua la probabilità di venute d'acqua in galleria per tratti di lunghezza definita di scavo. In bibliografia questa probabilità, definita *Potential Inflow* (PI) è valutata in funzione di una serie di parametri (fratturazione dell'ammasso, conducibilità idraulica dell'ammasso integro, ecc.). Nel caso in esame, posto che era stata effettuata una valutazione delle portate in galleria con il metodo di Goodman (1965), il PI è stato collegato alla portata calcolata con Goodman in fase di scavo.

Nella seconda fase viene valutata la possibile connessione idraulica fra la galleria e le singole risorse idriche presenti sul territorio. La connessione idraulica dipende da una serie di fattori geometrici e geologici, come ad esempio la distanza fra sorgente e galleria, la quota della sorgente, la presenza di faglie o fratture che possano mettere in connessione diretta la sorgente con la galleria, la tipologia del sistema di circolazione idrica che alimenta la sorgente.

Nel caso in esame sono stati valutati i seguenti fattori:

- *Intersection of main Faults* (FI): indica se esiste una faglia o un lineamento tettonico che può rappresentare una via preferenziale di circolazione dell'acqua che connette la galleria con le risorse idriche. È stato indicato “n.d.” se la distanza è maggiore di 100 metri.
- *Spring type* (SP): indica la tipologia di emergenza. Nel caso in esame, poiché si tratta per lo più di pozzi, indica se la captazione è superficiale, intermedia o profonda. Le sorgenti sono state definite come superficiali poiché, in sito, si è osservata la loro effimerità.
- *Distance from the tunnel* (DT): indica la distanza che separa la risorsa idrica dalla galleria.

Tutti i fattori considerati (PI, FI, SP e DT) sono stati discretizzati in classi secondo la chiave riportata nelle tabelle seguenti.

PI valore da	[m ² /s] a	PI peso
0,0E+00	1,0E-05	0.10
1,0E-05	4,0E-05	0.25
4,0E-05	8,0E-05	0.50
8,0E-05	1,0E-03	1.00

FI valore da	[m] a	FI peso
n.d.	100.01	0.10
100.00	50.01	0.25
50.00	25.01	0.50
25.00	0.00	1.00

DT valore da	[m] a	DT peso
5000.00	800.01	0.05
800.00	600.01	0.1
600.00	400.01	0.2
400.00	200.01	0.4
200.00	100.01	0.8
100.00	0	1.0

SP valore da	[m] a	DT peso
sorgente	sorgente	0.1
0.01	5.00	0.1
5.01	20.00	0.2
20.01	50.00	0.4
50.01	80.00	0.6
80.01	100.00	0.8
100.01	500.00	1.0

Il parametro DHI si ricava moltiplicando i valori e, per comodità di rappresentazione cartografica, moltiplicando il risultato ottenuto per 1000, cioè: $DHI = FI \cdot DT \cdot SP \cdot PI \cdot 1000$.

In merito ai punti d'acqua (pozzi e sorgenti) presenti sul territorio in esame, è stata fatta una ricerca presso gli Enti competenti (Provincia di Foggia, Autorità di Bacino della Puglia e Comuni), ed è stata richiesta la disponibilità di database e/o archivi da cui poter estrarre informazioni utili in tal senso. Al momento però, la ricerca non ha avuto esito. Tuttavia, il rilevamento in campo e le informazioni desunte dalla bibliografia ha consentito il censimento dei 40 punti d'acqua di cui alle Tabelle 14 e 15.

Inoltre, la conoscenza del territorio in esame ed il rilevamento diretto hanno permesso di misurare una profondità massima dei pozzi presenti sul territorio di 10-15 metri. Si tratta, infatti, nella maggior parte dei casi, di pozzi di grande diametro e pozzi-cisterna per la captazione delle acque sub-superficiali. Tuttavia, nel calcolo del valore del DHI, in termini cautelativi, a tutti i pozzi è stata attribuita una classe di profondità (SP) di 5-20 metri.

7.9 Calcolo del parametro DHI

In riferimento alla metodologia descritta al paragrafo precedente, è stato calcolato il valore di DHI per le sorgenti e per i pozzi censiti e riportati in Tabella 15 e Tabella 16, escludendo i punti d'acqua la cui proiezione sul tracciato di progetto ricade esternamente al tratto in galleria, oltre a quelli in destra idraulica del Cervaro, considerati non impattabili dallo scavo della galleria Orsara. In particolare, nelle analisi sono stati esclusi i pozzi con sigla da P01 a P11.

I valori ottenuti dall'applicazione del metodo descritto in precedenza, riassunti in Tabella 24, sono compresi tra 0.1 e 20 (su un massimo di 1000), in ragione del fatto che le permeabilità (e quindi le portate drenate) sono generalmente modeste e le distanze dei punti d'acqua dall'asse delle gallerie in progetto e da lineamenti tettonici sono generalmente da medie ad elevate.

Per quanto riguarda la definizione delle classi di rischio, in accordo a quanto previsto dal metodo di calcolo, esse non sono comprese tra 0.05 e 1000, che rappresentano i valori minimo e massimo ottenibili con la formulazione del metodo DHI, ma sono state calibrate sull'insieme dei valori ottenuti, in

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 95 di 137

questo caso tra 0.1 e 20. In questo modo, non si ottiene una valutazione in termini assoluti sull'impiantabilità o meno del singolo punto d'acqua, bensì un indice relativo con cui viene definita la probabilità o meno che un punto possa subire un impatto rispetto agli altri.

Gli intervalli delle classi di rischio (Tabella 23) non sono state definite seguendo un criterio lineare ma, cautelativamente, sono stati scelti range via via più ampi per le classi di rischio più elevate.

Tabella 23. Classi di rischio DHI

Range DHI	Classe di Rischio
$DHI \leq 1$	Nullo-Trascurabile
$1 < DHI \leq 2$	Basso
$1 < DHI \leq 5$	Medio
$DHI > 5$	Alto

La sintesi delle analisi effettuate è riportata nella seguente Tabella 24 e rappresentata graficamente sulle cartografie idrogeologiche prodotte a corredo del presente studio.

Tabella 24. Valori dei parametri in entrata per il calcolo del DHI e valore finale con relativa classe di rischio

Sigla	Pk [m]	Galleria	FI [m]	FI peso	DT asse [m]	DT asse peso	SP prof. [m]	SP prof. peso	PI [m²/s]	PI Peso	DHI	DHI classe
P12	31081,59	Orsara	n.d.	0,10	383,05	0,40	20,0	0,2	4,07E-06	0,10	0,8	Nullo
P13	31314,05	Orsara	n.d.	0,10	1004,49	0,05	20,0	0,2	4,46E-06	0,10	0,1	Nullo
P14	31555,27	Orsara	n.d.	0,10	339,01	0,40	20,0	0,2	6,04E-06	0,10	0,8	Nullo
P15	31575,63	Orsara	n.d.	0,10	142,49	0,80	20,0	0,2	6,21E-06	0,10	1,6	Basso
P16	31598,89	Orsara	n.d.	0,10	437,17	0,20	20,0	0,2	6,46E-06	0,10	0,4	Nullo
P17	32392,28	Orsara	n.d.	0,10	1353,06	0,05	20,0	0,2	1,35E-05	0,25	0,25	Nullo
P18	32350,41	Orsara	10,55	1,00	257,96	0,40	20,0	0,2	1,31E-05	0,25	20	Alto
P19	33430,16	Orsara	6,26	1,00	515,04	0,20	20,0	0,2	4,17E-05	0,50	20	Alto
P20	34444,64	Orsara	n.d.	0,10	523,06	0,20	20,0	0,2	6,77E-05	0,50	2	Basso
P21	34845,03	Orsara	50,36	0,25	138,28	0,80	20,0	0,2	7,09E-05	0,50	20	Alto
P22	35089,61	Orsara	n.d.	0,10	389,51	0,40	20,0	0,2	6,19E-05	0,50	4	Medio
P23	36270,19	Orsara	15,41	1,00	376,13	0,40	20,0	0,2	3,22E-05	0,25	20	Alto
P26	38237,75	Orsara	n.d.	0,10	291,62	0,40	20,0	0,2	3,33E-05	0,25	2	Basso
P27	38602,15	Orsara	n.d.	0,10	23,48	1,00	20,0	0,2	2,19E-05	0,25	5	Medio
P28	39332,7	Orsara	n.d.	0,10	793,04	0,10	20,0	0,2	1,19E-05	0,25	0,5	Nullo
P29	39601,89	Orsara	n.d.	0,10	10,6	1,00	20,0	0,2	1,45E-05	0,25	5	Medio
P30	39765,01	Orsara	n.d.	0,10	848,61	0,05	20,0	0,2	2,69E-05	0,25	0,25	Nullo

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 96 di 137

Sigla	Pk [m]	Galleria	FI [m]	FI peso	DT asse [m]	DT asse peso	SP prof. [m]	SP prof. peso	PI [m²/s]	PI Peso	DHI	DHI classe
P31	39660,66	Orsara	n.d.	0,10	549,7	0,20	20,0	0,2	1,52E-05	0,25	1	Nullo
P32	39695,41	Orsara	n.d.	0,10	565,83	0,20	20,0	0,2	1,55E-05	0,25	1	Nullo
P33	39745,82	Orsara	n.d.	0,10	532,39	0,20	20,0	0,2	2,66E-05	0,25	1	Nullo
P35	39924,66	Orsara	79,25	0,25	169,8	0,80	20,0	0,2	2,95E-05	0,25	10	Alto
P36	39797,43	Orsara	n.d.	0,10	1475,63	0,05	20,0	0,2	2,74E-05	0,25	0,25	Nullo
P37	40532,4	Orsara	n.d.	0,10	427,01	0,20	20,0	0,2	2,52E-05	0,25	1	Nullo
P38	40544,2	Orsara	n.d.	0,10	566,04	0,20	20,0	0,2	2,50E-05	0,25	1	Nullo
P39	40593,07	Orsara	n.d.	0,10	414,96	0,20	20,0	0,2	2,39E-05	0,25	1	Nullo
P40	40652,78	Orsara	n.d.	0,10	473,66	0,20	20,0	0,2	2,26E-05	0,25	1	Nullo
S01	32596,18	Orsara	n.d.	0,10	33,07	1,00	sorgente	0,1	2,87E-05	0,25	2,5	Medio
S02	37772,07	Orsara	35,8	0,50	352,18	0,40	sorgente	0,1	1,15E-04	1,00	20	Alto
S03	37849,72	Orsara	n.d.	0,10	524,95	0,20	sorgente	0,1	3,79E-05	0,25	0,5	Nullo
S04	40822,24	Orsara	n.d.	0,10	1376,84	0,05	sorgente	0,1	1,44E-05	0,25	0,125	Nullo

Nella seguente Figura 30 si mostra la distribuzione entro le classi di rischio DHI dei punti analizzati. Si può notare come la maggioranza dei punti (20 su 30) ricada entro le classi di rischio basso e nullo-trascurabile, mentre i restanti punti ricadono rispettivamente in classe di rischio medio e alto, con 4 e 6 punti rispettivamente.

Dal punto di vista idrogeologico, i litotipi presenti nell'area di studio sono caratterizzati da valori di permeabilità generalmente bassi; ciò determina una circolazione idrica perlopiù compresa entro gli orizzonti più superficiali (coltri di alterazione e depositi franosi).

In un tale contesto, ed in ragione della presenza di elevate coperture per gran parte della galleria in progetto, è possibile affermare come l'impatto dello scavo della galleria sui punti d'acqua (pozzi e sorgenti) sarà, nel complesso, modesto. In questa situazione, il parametro DHI, che esprime un fattore di rischio relativo tra tutti i punti analizzati, assume valenza non tanto come strumento di previsione dell'impatto, quanto come indirizzo per l'individuazione dei punti d'acqua da monitorare.

Alla luce di quanto esposto, si consiglia pertanto il monitoraggio dei 10 punti d'acqua caratterizzati da indice DHI medio e alto.

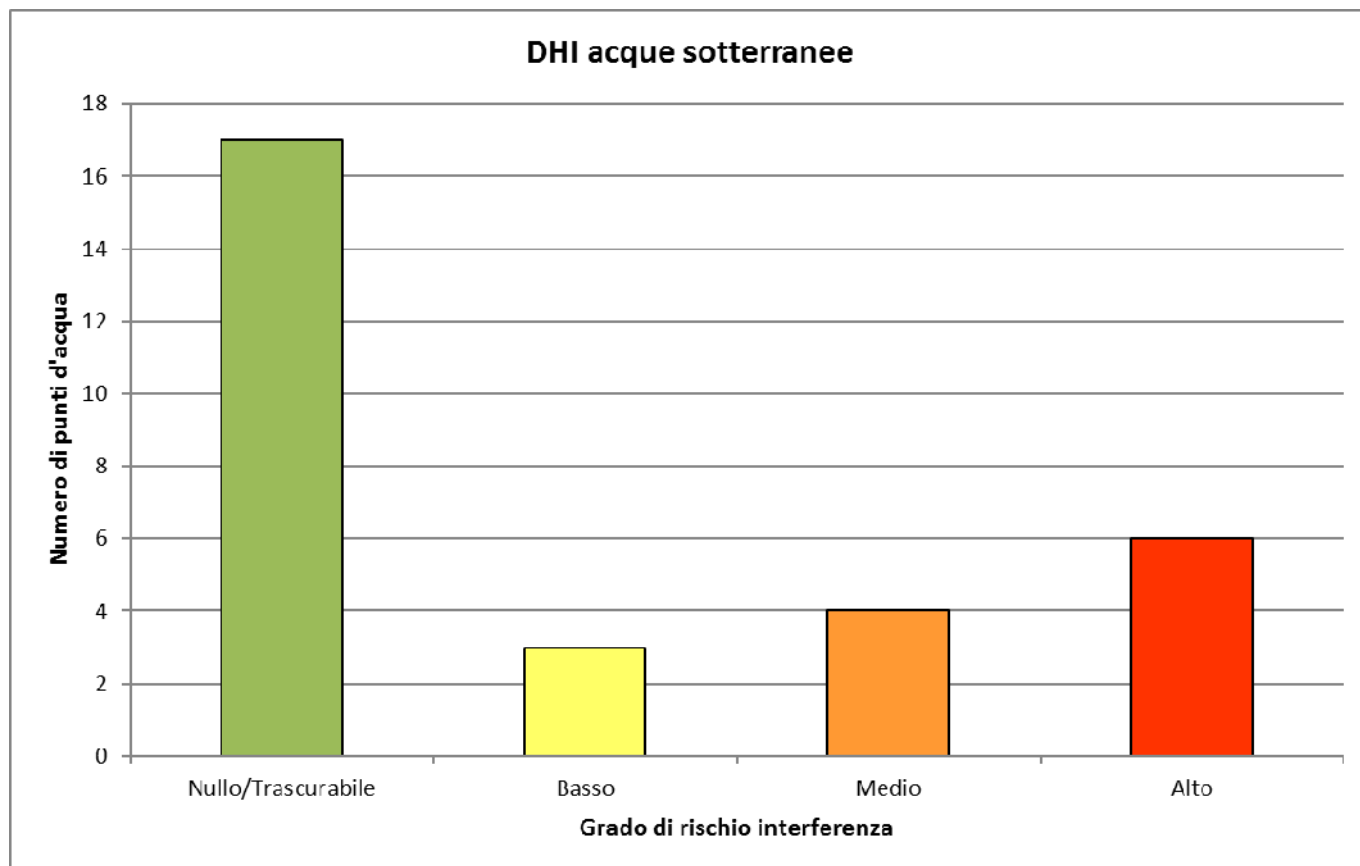


Figura 30. Distribuzione dei valori di DHI per i punti d'acqua analizzati

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 98 di 137

8 MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO E POTENZIALI CRITICITÀ

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in carta hanno permesso di definire il contesto idrogeologico di riferimento e gli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Nelle pagine che seguono viene quindi analizzato l'intero settore di intervento, opportunamente suddiviso in tratti omogenei relativi alle differenti opere in esame.

8.1 Tratto all'aperto "Bovino", da pk 29+050 a pk 31+039

In tale tratto il tracciato interessa il complesso ghiaioso-sabbioso (GHS), caratterizzato da una permeabilità per porosità variabile da bassa ad alta. Generalmente presenta uno spessore assai ridotto e poggia direttamente sul complesso argilloso marnoso (AGM). Sotto il profilo idrogeologico non si segnalano particolari criticità.

Nell'area la soggiacenza della falda si attesta su valori medi di 3÷5 m, in conseguenza alla presenza di una falda libera all'interno del complesso ghiaioso-sabbioso (GHS), tamponata verso il basso dal tetto del complesso argilloso marnoso (AGM),.

Si segnala tuttavia che i dati del piezometro BO-S9, fenestrato solamente entro il complesso argilloso-marnoso sottostante, mostra comunque livelli piezometrici sub-superficiali e coerenti con l'ipotetico acquifero freatico entro il complesso ghiaioso-sabbioso.

8.2 Imbocco Galleria Orsara lato Bari, da pk 31+039 a pk 31+620

La zona dell'imbocco lato Bari della galleria "Orsara" interessa per tutto il suo sviluppo il complesso argilloso-marnoso (AGM), caratterizzati da una permeabilità per porosità e fessurazione variabile da molto bassa a bassa.

Sotto il profilo idrogeologico, si segnala che il piezometro elettrico a corda vibrante BO-PD-S8, installato alla quota di 70 m da p.c., indica un livello piezometrico in pressione con valori misurati pari a 8,29 bar, corrispondenti cioè ad una colonna di acqua sopra il piezometro di circa 84,5 m.

Relativamente alle portate drenate attese in fase di scavo, in relazione alla scarsa permeabilità dei litotipi che caratterizzano il tratto, le portate attese sono molto modeste e nell'ordine di 0,05 l/s per 10 metri di galleria.

8.3 Galleria Orsara, da pk 31+620 a pk 32+900

Il tratto in esame interessa dapprima i litotipi prevalentemente argilloso-marnosi del substrato pliocenico (complesso **AGM**) per poi passare, attraverso un importante *thrust* a medio-basso angolo, ai litotipi calcareo-marnosi (complesso **CMR**) del Flysch di Faeto.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 99 di 137

Entrambi i complessi idrogeologici sono caratterizzati, da un range di permeabilità piuttosto ampio e variabile da molto basso e basso; tuttavia, in funzione dei valori medi di permeabilità delle singole formazioni geologiche intercettate e del repentino aumento del carico idraulico ipotizzato lungo il tracciato, si osserva un sensibile incremento delle portate drenate attese in fase di scavo nei litotipi calcareo-marnosi (CMR), con valori medi nell'ordine dei 0,35 l/s per 10 metri di galleria, mentre nel complesso argilloso-marnoso (AGM) risultano all'incirca di 0,15 l/s per 10 metri di galleria.

In corrispondenza del sovrascorrimento, è stata ipotizzata una zona di disturbo di circa 30 m, caratterizzata da maggiore permeabilità e con portate drenate attese in fase di scavo di circa 0,80 l/s per 10 metri di scavo.

Relativamente alla piezometria, si registra la presenza di un livello piezometrico in pressione all'interno del piezometro BO-S6, fenestrato tra 80÷120 m di profondità da p.c., con la piezometrica prevalente rispetto al piano campagna. Tale livello si è mostrato sempre prevalente durante tutto il periodo di monitoraggio, iniziato a giugno 2017 e protrattosi sino ad oggi. Si segnala inoltre la presenza di una sorgente in prossimità del tracciato.

8.4 Galleria Orsara, da pk 32+900 a pk 34+400

Nel tratto in esame lo scavo della galleria intercetta inizialmente i termini calcareo-marnosi del Flysch di Faeto (complesso **CMR**), per poi passare, in conseguenza ad un raddoppio tettonico dell'Unità della Daunia, ai depositi argilloso marnosi della Formazione di Monte Sidone, ascrivibili al complesso argilloso-marnoso (**AGM**).

Entrambi i complessi idrogeologici sono caratterizzati, da un range di permeabilità piuttosto ampio e variabile da molto basso e basso; tuttavia, in funzione dei valori medi di permeabilità delle singole formazioni geologiche intercettate e del repentino aumento del carico idraulico ipotizzato lungo il tracciato, si osserva un sensibile incremento delle portate drenate attese in fase di scavo nei litotipi calcareo-marnosi (CMR), con valori medi nell'ordine dei 0,40 l/s per 10 metri di galleria.

Al contrario, la permeabilità specifica della Formazione di Monte Sidone, che dalle prove di permeabilità disponibili risulta essere molto bassa, fa sì che le portate drenate attese in fase di scavo nel tratto in esame ed in tali litotipi risultino molto basse, nonostante il carico idraulico stimato. In particolare, per il complesso argilloso-marnoso (AGM) le valutazioni effettuate mostrano portate drenate in transitorio inferiori a 0,05 l/s per 10 metri di scavo.

Nel tratto in esame si segnala inoltre la presenza di diversi elementi tettonici (faglie e sovrascorrimenti), in corrispondenza dei quali sono possibili venute d'acqua più significative.

Relativamente ai livelli piezometrici, si registra la presenza di un livello piezometrico importante all'interno del piezometro BO-PD-S7, fenestrato tra 175÷200 m di profondità da p.c., con quota

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 100 di 137

piezometrica posta a 436 m s.l.m. Non si è invece avuta evidenza di acque di falda durante l'esecuzione del sondaggio BO-PD-S6.

8.5 Galleria Orsara, da pk 34+400 a pk 36+000

La galleria nel tratto in esame intercetta prevalentemente i litotipi del complesso calcareo-marnoso (CMR), rappresentati dal Flysch di Faeto, e limitatamente il complesso argilloso-marnoso (AGM), qui nello specifico costituito dalle marne argillose del Toppo Capuana (TPC).

Relativamente alle portate drenate attese in fase di scavo si prevedono valori tra 0,50÷0,70 l/s per 10 metri di scavo nei litotipi calcareo-marnosi (CMR), con valori invece contenuti nel tratto che interessa il complesso argilloso-marnoso (AGM). Si segnala inoltre la presenza di due importanti lineamenti tettonici alle pk 34+800 e alla pk 35+750 circa, in corrispondenza dei quali sono possibili venute d'acqua concentrate e portate più significative.

I dati di monitoraggio disponibili per il tratto in esame indicano la presenza di un livello piezometrico massimo all'interno del sondaggio BO-S11, a circa 577 m s.l.m..

8.6 Galleria Orsara, da pk 36+000 a pk 37+800

Nel tratto di galleria in esame lo scavo interessa inizialmente e fino alla pk 35+650 il complesso calcareo-marnoso (CMR); da qui in poi si attesta entro il complesso argilloso-sabbioso (ASB), rappresentato dalle Argille e sabbie del Vallone Meridiano (BVNb), fino alla pk 37+600 circa, dove si rivengono nuovamente i termini calcareo-marnosi (CMR).

Relativamente alle portate drenate in fase di scavo, le porzioni entro il complesso calcareo-marnoso sono caratterizzate da portate drenate in transitorio mediamente nell'ordine di 0,30÷0,40 l/s per 10 metri di scavo, mentre il tratto centrale attestato entro i termini argilloso-sabbiosi (ASB) è caratterizzato da portate drenate nell'ordine di 0,15÷0,20 l/s per 10 metri di scavo.

La successione stratigrafica descrive nel tratto in questione un'ampia sinclinale dislocata alla pk 36+550 circa una faglia diretta subverticale e delimitata sul fianco occidentale da un importante sovrascorrimento a medio-alto angolo, intercettato alla pk 37+750 circa; In corrispondenza di questi due lineamenti tettonici sono possibili venute d'acqua concentrate e portate più significative.

Relativamente alla circolazione idrica sotterranea, si segnala la presenza di un livello piezometrico massimo all'interno dei piezometri BO-S5bis, BO-S5 e BO-PD-S4 rispettivamente di circa 441, 435 e 450 m s.l.m..

8.7 Galleria Orsara, da pk 37+800 a pk 38+800

Il tratto di galleria in esame interessa unicamente i termini calcareo-marnosi (CMR), caratterizzati da una permeabilità, essenzialmente per fessurazione, da molto bassa a bassa.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 101 di 137

Sotto il profilo idrogeologico, si registra la presenza di un livello di piezometrico massimo all'interno dei piezometri BO-S4 e BO-PD-S3 rispettivamente di circa 452 e 438 m s.l.m.; tali piezometri risultano fessurati a quote prossime il cavo della galleria.

In funzione di tali dati e della variabilità del carico idraulico ipotizzato, le portate drenate attese in fase di scavo risultano variabili tra 0,20÷0,40 l/s per 10 metri di scavo, con possibilità di venute d'acqua concentrate e portate più significative in corrispondenza dei principali lineamenti tettonici intercettati.

8.8 Galleria Orsara, da pk 38+800 a pk 39+950

Nel tratto iniziale e nel tratto finale di questo settore la galleria intercetta i termini del complesso calcareo-marnoso (CMR), mentre nel tratto centrale si rinvencono terreni ascrivibili al complesso argilloso-sabbioso (ASB), in eteropia verso l'alto con i termini del complesso arenaceo-conglomeratico (ARC).

Sotto il profilo idrogeologico, i dati di monitoraggio disponibili relativamente al piezometro BO-PD-S2, fessurato a quote prossime al cavo della galleria entro i termini del complesso argilloso-sabbioso (ASB), indicano un livello di piezometrico massimo posto a circa 405 m s.l.m..

Le analisi condotte relativamente alle portate drenate in fase di scavo indicano valori attesi compresi tra 0,10÷0,30 l/s per 10 metri di scavo, con possibilità di venute concentrate e portate più significative in corrispondenza del *thrust* a medio-basso angolo intercettato in galleria alla pk 39+950 circa.

8.9 Imbocco Galleria Orsara lato Napoli, da pk 39+950 a pk 40+939

Questo tratto interessa per tutto il suo sviluppo i termini del complesso calcareo-marnoso (CMR), localmente dislocati da una faglia diretta subverticale all'altezza della pk 40+400 circa.

I dati di monitoraggio disponibili relativamente ai piezometri BO-PD-S1, BO-S3 e BO-PD-S5 indicano livelli piezometrici massimi posti rispettivamente a circa 426, 404 e 360 m s.l.m..

In funzione di tali dati, le portate drenate attese in fase di scavo risultano variabili tra 0,10÷0,30 l/s per 10 metri di scavo, con possibilità di venute concentrate e portate più significative in corrispondenza del lineamento tettonico sopra citato.

8.10 Tratta all'aperto di Orsara, da pk 40+939 a pk 41+259, e allaccio alla linea storica

Il tratto in esame interessa per tutto il suo sviluppo terreni alluvionali ascrivibili al complesso ghiaioso-sabbioso (GHS), che presentano uno spessore consistente e variabile tra i 15 e i 22 m circa e poggiano sui termini del complesso calcareo-marnoso (CMR).

Sotto il profilo idrogeologico, si registra la presenza di un livello freatico libero entro il materasso alluvionale di fondovalle, con quote di falda variabili tra i 2÷5 m di profondità dal piano di campagna,

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 102 di 137

come evidenziato dalle letture piezometriche disponibili sugli strumenti installati in prossimità del tracciato e sul fondovalle. Tale livello freatico risulta sostanzialmente regolato dal battente idrico del Cervaro.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 103 di 137

9 SISMICITÀ DELL'AREA

Le caratteristiche di sismicità dell'Italia centro-meridionale sono da porre in relazione, sostanzialmente, con il complesso assetto strutturale dei settori più esterni della Catena Appenninica e della fascia di transizione tra i domini di Avanfossa e quelli di Avampaese (Del Gaudio et al. 2007; Pino et al. 2008). Nell'area sono stati condotti numerosi studi che hanno fornito una accurata interpretazione dei diversi terremoti storici verificatisi in questo settore di territorio, individuando le strutture sismogenetiche responsabili e le loro caratteristiche principali (Frepoli & Amato 2000; Venisti et al. 2004; Del Gaudio et al. 2007; Pierri et al. 2008; Pino et al. 2008).

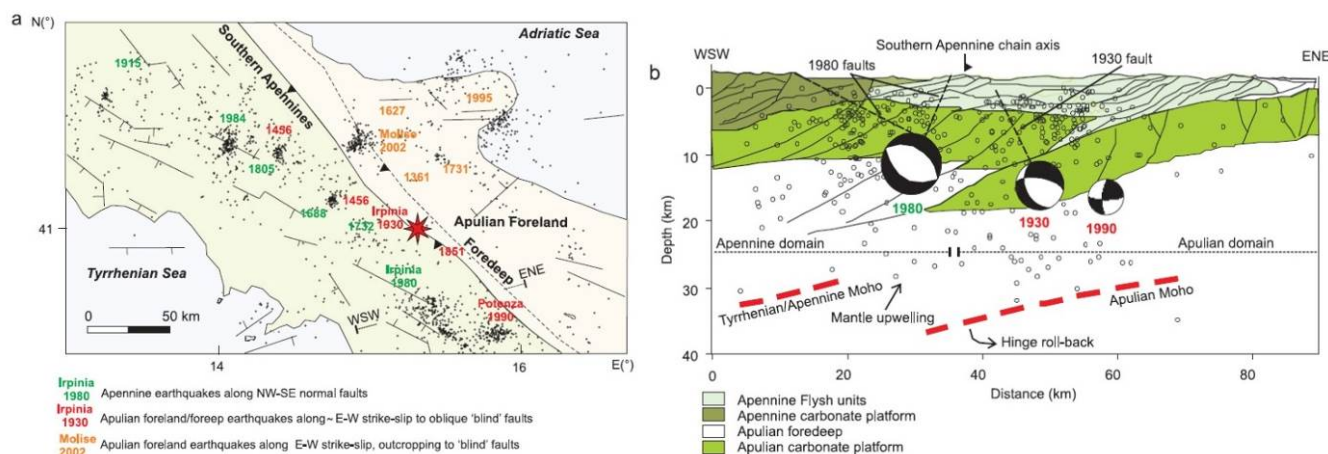


Figura 31. Interpretazione dei principali elementi sismotettonici dell'Appennino meridionale: (a) in pianta e (b) in sezione (da Pino et al. 2008).

Gli eventi sismici più forti sono avvenuti in corrispondenza dei settori di catena, lungo faglie normali ad asse circa NW-SE dovute al cuneo di mantello in risalita al di sotto dell'orogene appenninico (Frepoli & Amato 2000). In corrispondenza dei settori di avampaese, invece, i principali terremoti storici presentano intensità decisamente inferiori ai precedenti e risultano connessi, in buona sostanza, a faglie distensive e trascorrenti orientate circa E-W (Pierri et al. 2008).

In particolare, l'Appennino Dauno ricade in uno dei settori di catena con la più alta manifestazione di attività sismica. Tale sismicità risente infatti dei numerosi sistemi di faglie normali presenti lungo la Catena Appenninica, che hanno determinato un sollevamento generalizzato della stessa (Ciaranfi et al. 1983) e la formazione di importanti bacini intra-montani. I suddetti sistemi di faglie presentano un orientazione prevalentemente NW-SE e si muovono in risposta ad un campo di deformazione estensionale attivo dal Pleistocene medio-superiore (Cinque et al. 1993), il cui asse di minimo stress (σ_3) è orientato all'incirca in senso anti-appenninico (Amato et al. 1995; Kiratzi 1994; Mariucci & Muller 2003; Montone et al. 2004).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 104 di 137

L'esistenza di tale campo di deformazione si manifesta con una sismicità localizzata entro i primi 20 km di crosta (Chiarabba et al. 2005; Castello et al. 2006) e con meccanismi focali prevalentemente distensivi o trastensivi (Montone et al. 2004; Vannucci & Gasperini 2004). Quindi, a causa di tale assetto geologico-strutturale, il settore di studio è risultato sede epicentrale di sismi importanti, ed ha risentito anche degli effetti collegati a terremoti localizzati nelle regioni adiacenti.

La consultazione del database DISS (vers. 3.2.0. 2015), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che il tracciato di progetto risulta posto a breve distanza da alcune faglie potenzialmente sismogenetiche.

Infatti, il settore nord-orientale dell'area di intervento ricade circa 1 km a ovest dalla fascia di sorgenti composite ITCS004 Castelluccio dei Sauri-Trani (profondità stimata 11.0-22.5 Km, magnitudo massima 6.3, *Slip rate* 0.1-0.5 mm/anno).

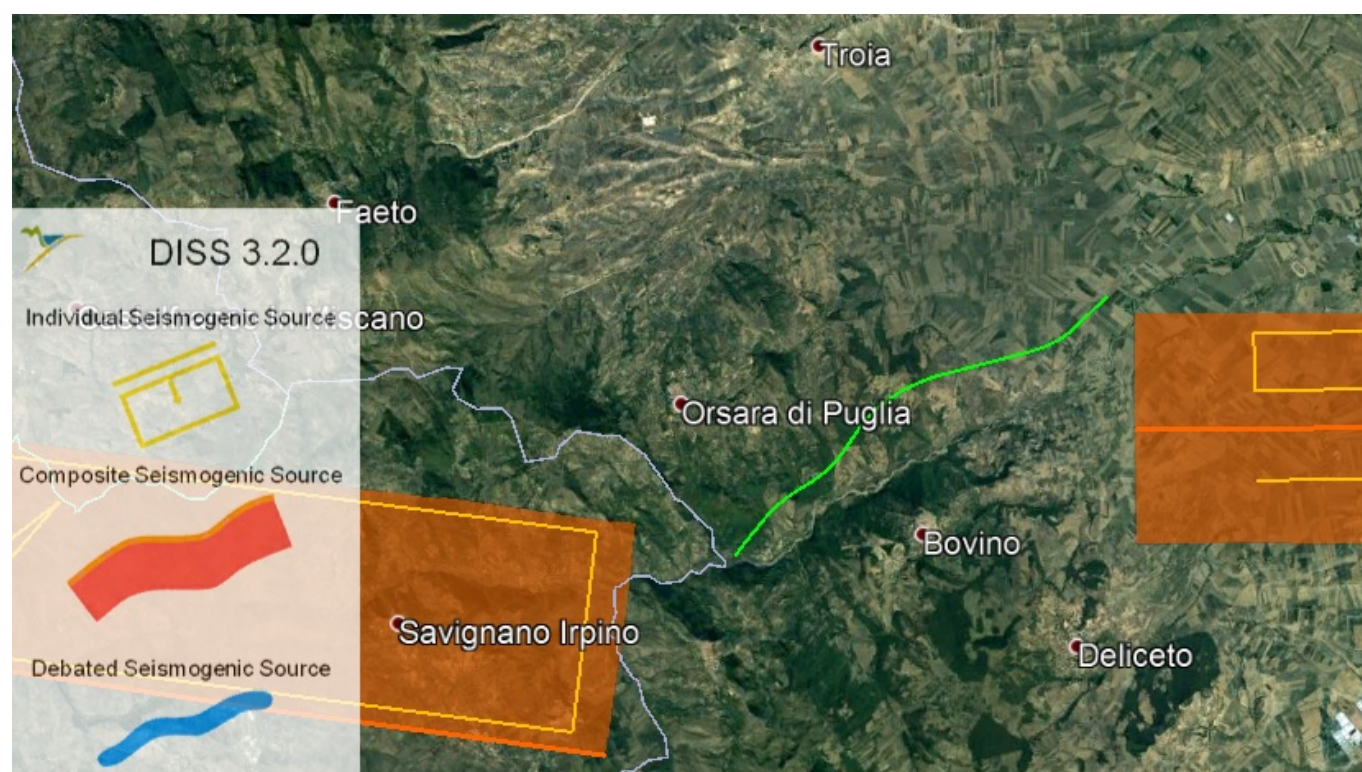


Figura 32 - Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell'area di studio (da DISS Working Group 2018, Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), versione 3.2.1., <http://diss.rm.ingv.it/diss/>; in verde è riportato il tracciato ferroviario in progetto).

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), il tratto ferroviario di interesse progettuale, ricade all'interno della **Zona 925 Ofanto**. Secondo gli studi sismologici più recenti, in quest'area sono attesi terremoti piuttosto profondi ($P = 12-20$ km) e di elevata magnitudo ($M_{\max} = 6.83$), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente trascorrenti.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 105 di 137

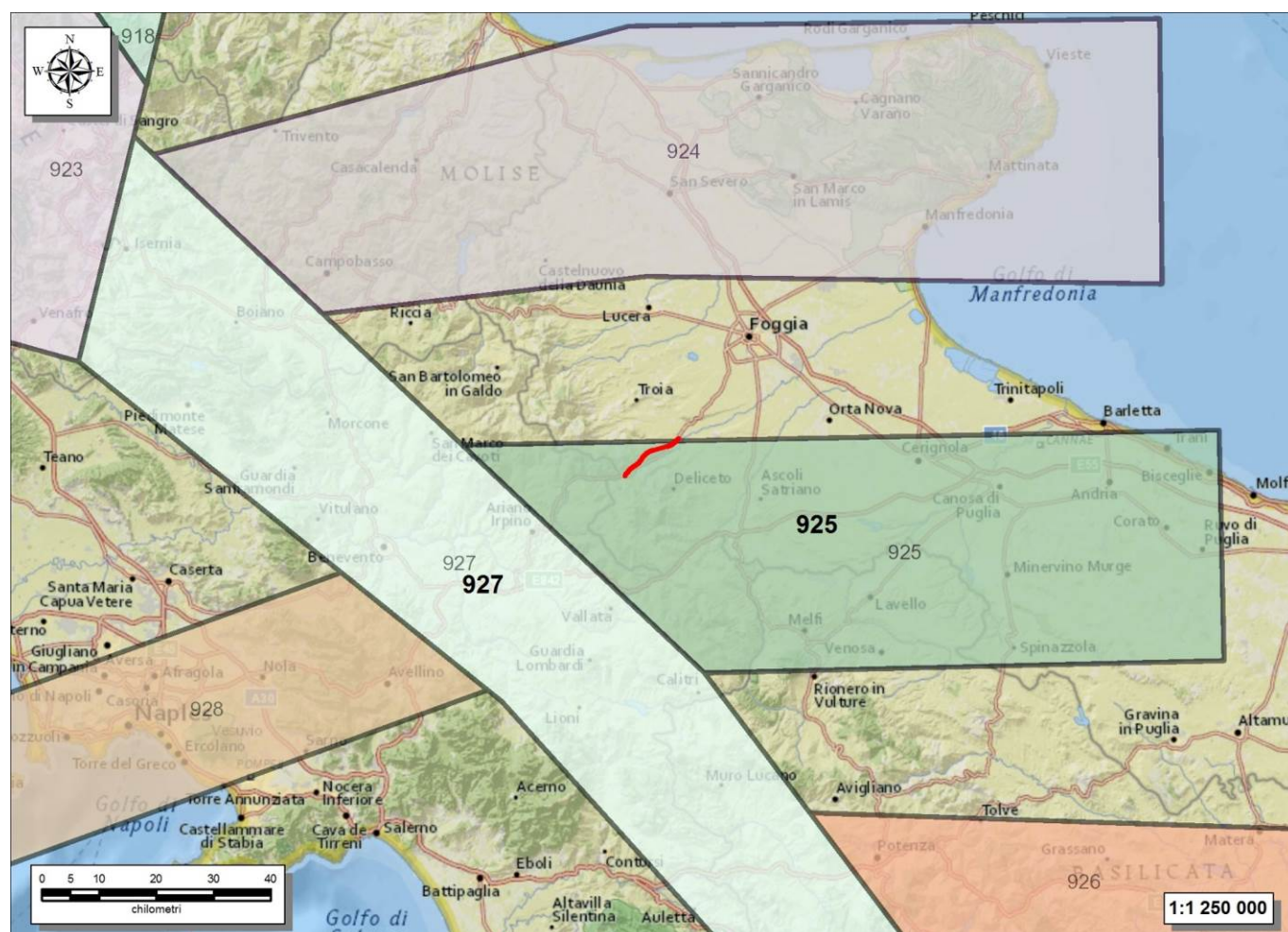


Figura 33 – Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9 (http://www.pcn.minambiente.it/arcgis/services/Zone_sismogenetiche_ZS9). In colore rosso è riportata la tratta ferroviaria di interesse progettuale.

9.1 Sismicità storica

Nonostante il catalogo sismico copra un intervallo di tempo di oltre 2000 anni, molti degli eventi registrati sono concentrati negli ultimi sei secoli, tra il 1456 e il 1980, anche per via della maggiore accuratezza e completezza dei documenti storici rinvenuti. In particolare, l'ultimo terremoto di grande intensità epicentrale verificatosi nell'Appennino meridionale è stato quello del 23 novembre 1980, con una magnitudo momento pari a 6.9 ed una intensità epicentrale del X grado MCS (Carannante et al. 2012). Questo terremoto è stato il più forte degli ultimi ottanta anni e ha causato circa 3000 vittime e la totale distruzione di almeno 15 paesi (Postpischl 1985).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 106 di 137

Data	Ora	Area epicentrale	I (MCS)	Io	Mw
05/12/1456	-	Appennino centro-meridionale	9	11	7.19
05/06/1688	15:30	Sannio	11	11	7.06
08/09/1694	11:40	Irpinia-Basilicata	6	10	6.73
14/03/1702	05:00	Sannio-Irpinia	9	10	6.56
29/10/1732	07:40	Irpinia	7-8	10-11	6.75
26/07/1805	21:00	Molise	8	10	6.68
14/08/1851	13:20	Vulture	F	10	6.52
16/12/1857	21:15	Basilicata	7-8	11	7.12
08/09/1905	01:43	Calabria meridionale	3	10-11	6.95
13/01/1915	06:52	Marsica	5	11	7.06
23/07/1930	00:08	Irpinia	7-8	10	6.67
21/08/1962	18:19	Irpinia	7	9	6.15
23/11/1980	18:34	Irpinia-Basilicata	7	10	6.81

Tabella 25. Parametri sismici relativi ai principali terremoti storici verificatisi nell'Appennino meridionale (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>).
Legenda: I intensità massima, Io intensità epicentrale, Mw Magnitudo momento.

Il sisma del 1980 è stato il primo per il quale è stata osservata una dislocazione in superficie, con rigetti fino a 1 m lungo le scarpate, e fu provocato da un complesso processo di fagliazione avvenuto lungo diversi segmenti di faglia compresi tra Nusco e Pano di S. Gregorio Magno (Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012). Il meccanismo focale sintetico dell'intera rottura ha evidenziato, in particolare, un chiaro evento distensivo lungo un piano orientato N40W-N40W con pendenza di circa 60° e una bassa componente *strike slip*. Le scosse principali furono seguite da centinaia di *aftershocks*, compresi due eventi di $M_I = 4.9$ (25 Novembre e 3 Dicembre), a profondità crostali differenti a seconda dei segmenti coinvolti, ma comunque entro i primi 20 km di profondità (Bernard & Zollo 1989; Pantosti & Valensise 1990; Westaway 1992).

Fatta eccezione per il terremoto del 1980, i dati derivanti dalla sismicità strumentale nella regione campana (Castello et al. 2006) e riferibili ad un periodo che va dal 1981 al 2007, mostrano come la sismicità si manifesti con sequenze sismiche di bassa energia e a sciame, i cui ipocentri sono concentrati all'interno dei primi 10-20 km di crosta (Chiarabba et al. 2005; Gruppo di Lavoro MPS 2004), in analogia con il resto della sismicità appenninica. Nell'area non si evidenziano sequenze sismiche di particolare importanza, fatta eccezione per quella verificatasi nel periodo Aprile-Ottobre 2005, i cui eventi hanno raggiunto il 21 Maggio una magnitudo locale di 3.7 ed una profondità massima di circa 17 km (Carannante et al. 2012). L'area di intervento, ubicata in Puglia al confine con la Campania, risulta essere prossima al settore beneventano che presenta un elevato rischio sismico (Barbano et al. 1989; Alessio et al. 1996).

05 December 1456, Appennino centro-meridionale
MDP set by Meletti et al., 1988
NMDP 199 I_{max} 11

CPTI15 ★ 41.302, 14.711 Mw 7.19 ±0.10
macroseismic □ 41.302, 14.711 Mw 7.19 ±0.10

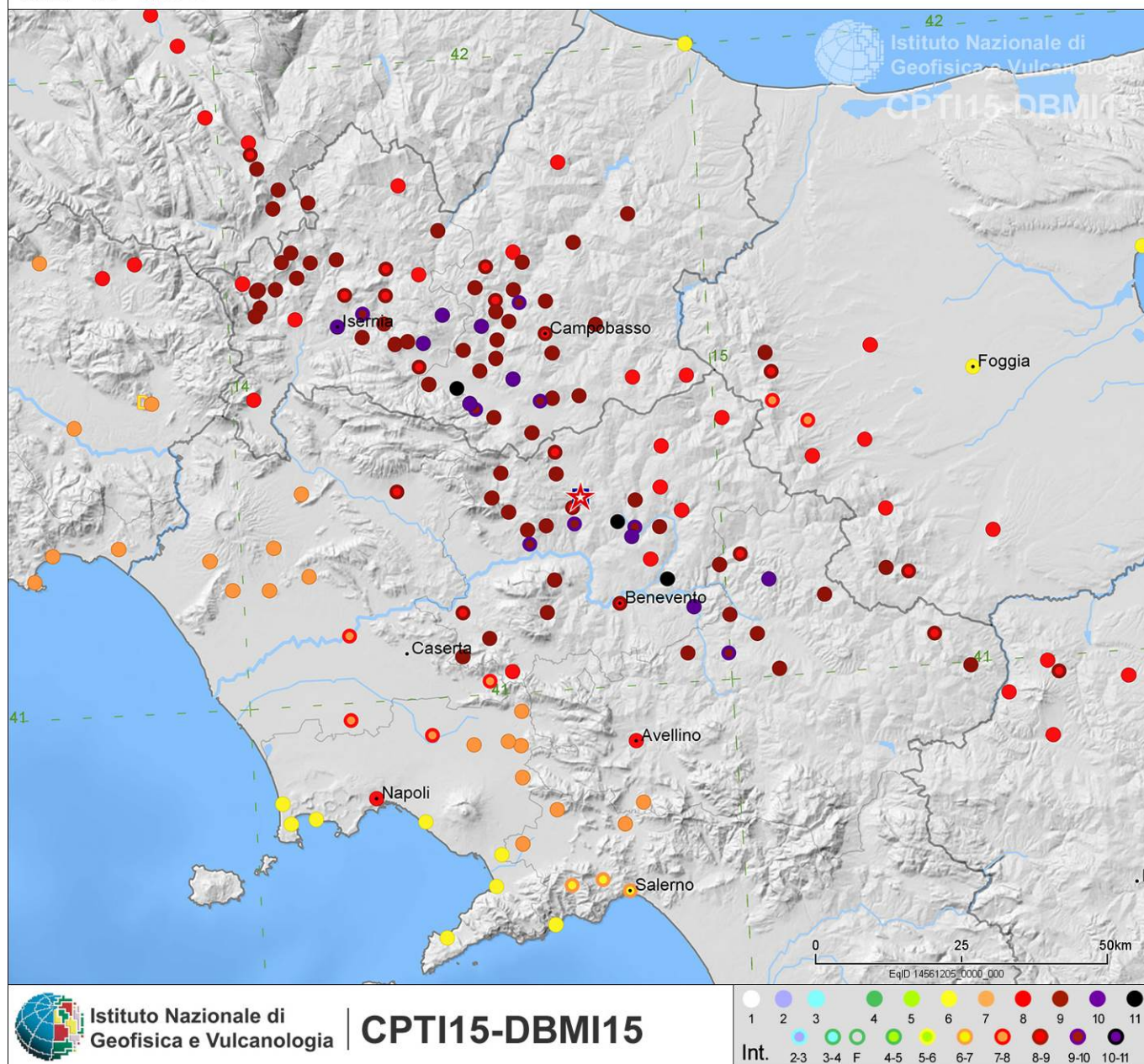


Figura 34 - Distribuzione del danneggiamento prodotto dal terremoto del 1456 nell'area di studio (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>).

Il settore beneventano, infatti, è condizionato dalla sismicità compresa all'interno di due importanti zone sismogenetiche, caratterizzate da elevati valori attesi in termini di intensità MCS (Carannante et al. 2012). Immediatamente a Sud del M. Camposauro, è stata ipotizzata la presenza nel sottosuolo di una importante struttura sismogenetica responsabile del terremoto del 1688 (Cinque et al. 2000; Valensise &

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 108 di 137

Pantosti 2001; Vilardo et al. 2003; Di Bucci et al. 2005). In particolare bisogna porre l'attenzione sul forte rilascio di energia sismica in una zona dove *slip rates* bassi e quindi, tempi di ricorrenza lunghi, potrebbero trarre in inganno ed indurre a sottovalutare il potenziale sismogenetico di molte strutture (Valensise & Pantosti 2001). Un quadro differente è deducibile, invece, dalla sismicità storica delle regioni circostanti come il Molise e la Basilicata, per le quali sono noti molti eventi le cui intensità epicentrali superiori a IX grado MCS e magnitudo momento pari a 6.96 (Carannante et al. 2012).

In occasione del terremoto del 26 luglio 1805, l'isosista VIII grado MCS risulta curvata proprio in corrispondenza del Taburno-Camposauro e allungata in direzione della Piana Campana (Postpischl 1985; Esposito et al. 1987, Esposito et al. 1988), così come l'isosista VII grado MCS del terremoto lucano del 16 Dicembre 1857 investe la stessa area anche se con un andamento differente (Postpischl 1985; Porfido et al. 1988). Anche la ricostruzione dell'isosista IX grado MCS dei terremoti del 1456, 1688, 1702 e del 1930 mostra un parziale interessamento dell'area (Alessio et al. 1996), stavolta con un caratteristico allungamento in senso appenninico. In particolare, si ritiene che il terremoto del 1456 si sia manifestato attraverso scosse multiple su tre diversi segmenti di faglia, uno dei quali localizzato nel Sannio (Carannante et al. 2012). La sorgente sismogenetica di questo sisma, come degli altri eventi, sarebbe da ricercare nell'Avampese Apulo e nei lineamenti orientati E-W, differentemente dal resto della sismicità appenninica. Anche in questo caso è riportata una vistosa curvatura delle isosiste in direzione della piana Campana, con l'estensione dell'area di danneggiamento che investe chiaramente la città di Caserta (Carannante et al. 2012).

Come si può notare dai dati contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani (CPTI15), l'area in questione è stata interessata dagli effetti di diversi eventi sismici di una certa intensità, come quello del 1930 di magnitudo 6.67 (Irpinia) o del 1732 di magnitudo 6.75 (Irpinia). Tuttavia quest'area, in passato, ha mostrato di subire danni anche per terremoti localizzati in aree più lontane, come quello del 1857 di magnitudo 7.12 (Basilicata) o. del 1688 di magnitudo 7.06 (Sannio) o del 1456 di magnitudo 7.19 (Appennino centro-meridionale).

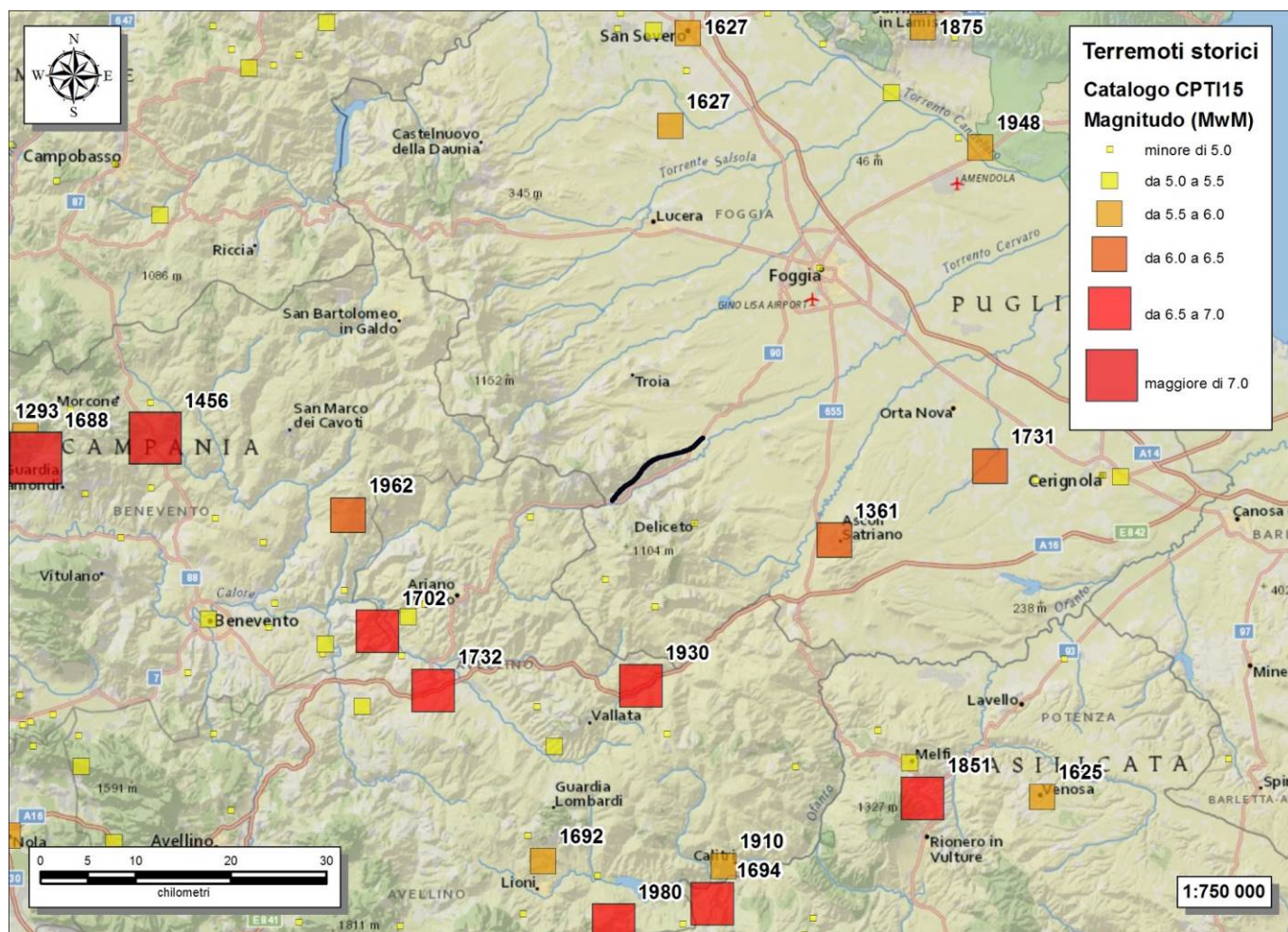


Figura 35 – Ubicazione epicentrale dei principali terremoti storici che hanno interessato l'area di studio (da catalogo CPTI15). In colore nero è riportata la tratta ferroviaria in progetto.

Nelle figure seguenti sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15) al fine di documentare la storia sismica dei centri abitati di Bovino e Orsara di Puglia (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Bovino

[41.251, 15.342]

Numero eventi: 42

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
8	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
7	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
7-8	1646 05 31	Gargano	35	10	6.72
6-7	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
7	1875 12 06	Gargano	97	8	5.86
4	1889 12 08	Gargano	122	7	5.47
3-4	1892 06 06	Isole Tremiti	68	6	4.88
NF	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15
3	1893 08 10 20 52	Gargano	69	8	5.39
NF	1895 02 01 07 24 35.00	Monti del Partenio	40	5	4.29
4	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
3-4	1897 05 28 22 40 02.00	Ionio	132	6	5.46
4	1899 08 16 00 05	Subappennino dauno	32	6	4.57
4	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
3	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
NF	1908 09 16 20 15	Gargano	14	3-4	3.72
7	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
4-5	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
4	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
3-4	1919 10 21 00 24	Gargano	24	5-6	5.03
3	1927 05 25 02 50	Sannio	54	6	4.98
8	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
4	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4.64
4	1933 03 07 14 39	Irpinia	42	6	4.96
5	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
6-7	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5.55
3	1956 09 22 03 19 39.00	Gargano	57	6	4.64
2-3	1962 01 19 05 01 25.00	Gargano	31	5	4.42
6-7	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
3	1964 02 18 06 58 28.00	Irpinia	18	5-6	4.44
6	1971 05 06 03 45 05.00	Irpinia	68	6	4.83
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5-6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
3-4	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
3	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
3	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
3-4	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 111 di 137

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
4	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64
NF	2006 10 04 17 34 20.50	Adriatico centrale	98	4-5	4.3
NF	2006 12 10 11 03 41.57	Adriatico centrale	54		4.48

Tabella 26. Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Bovino (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15).
Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

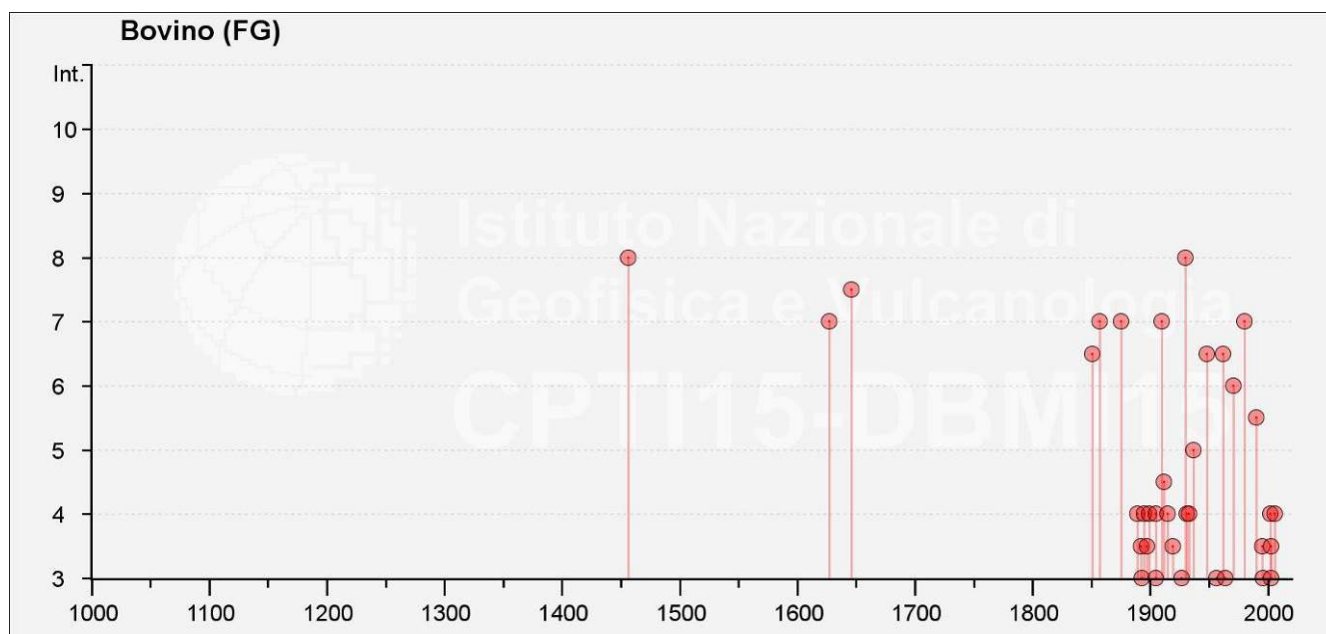


Figura 36. Grafico illustrante la storia sismica di Bovino. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15/>).

Storia sismica di Orsara di Puglia

[41.281, 15.266]

Numero eventi: 35

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
HF	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
8	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
5	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
NF	1892 06 06	Isole Tremiti	68	6	4.88
NF	1893 08 10 20 52	Gargano	69	8	5.39
NF	1899 08 16 00 05	Subappennino dauno	32	6	4.57
NF	1904 07 18 20 02	Beneventano	24	5	4.5

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 112 di 137

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
NF	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4.9
2-3	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
4	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
2-3	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4.64
NF	1955 02 09 10 06	Gargano	31	6-7	5.05
NF	1958 06 24 06 07	Aquilano	222	7	5.04
6-7	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
NF	1964 02 18 06 58 28.00	Irpinia	18	5-6	4.44
5-6	1971 05 06 03 45 05.00	Irpinia	68	6	4.83
5	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
3	1977 07 24 09 55 29.00	Irpinia	85	5-6	4.37
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
4	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5.47
NF	1988 04 26 00 53 43.83	Adriatico centrale	78		5.36
4-5	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
2	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
NF	1992 11 05 13 34 27.86	Gargano	32	5	4.34
4-5	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
NF	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
NF	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4.52
NF	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
3-4	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64
NF	2006 10 04 17 34 20.50	Adriatico centrale	98	4-5	4.3

Tabella 27 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Orsara di Puglia (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

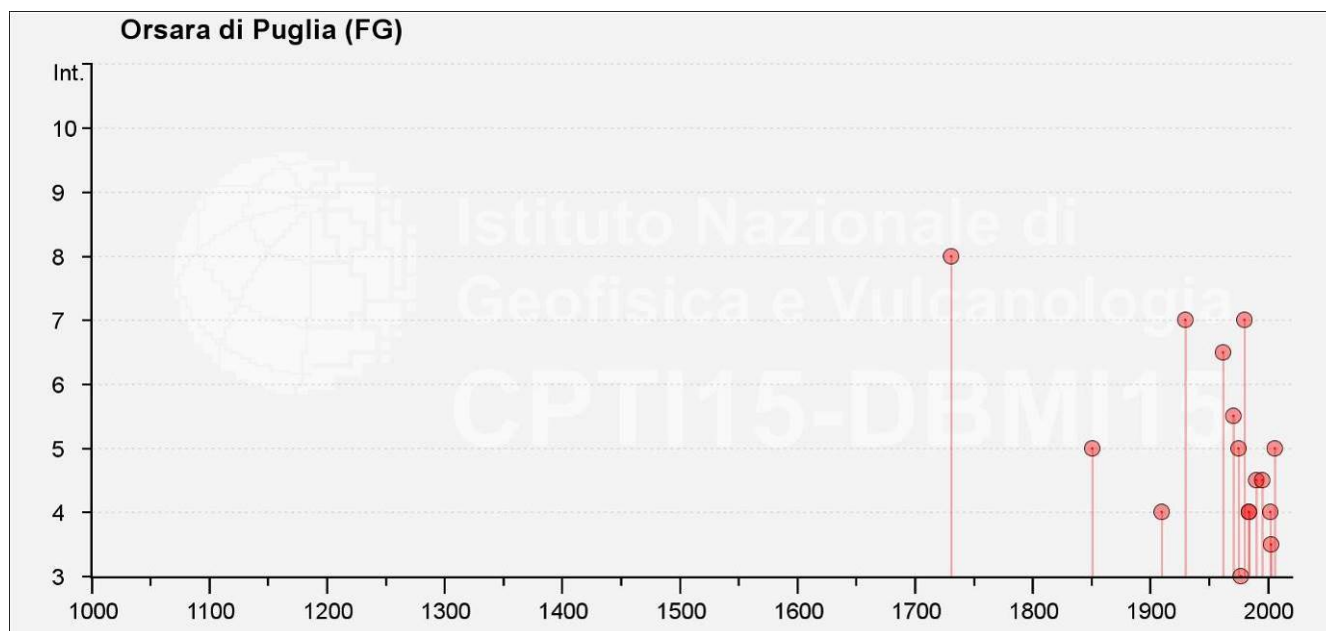


Figura 37 – Grafico illustrante la storia sismica di Orsara di Puglia. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/>).

9.2 Sismicità attuale

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa, il territorio del comune di Orsara di Puglia ricadeva in **Zona sismica 2**, ovvero aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici abbastanza forti mentre il territorio del comune di Bovino, ricadeva in **Zona sismica 1**, ovvero aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici molto forti.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, sovente, situazioni in cui un comune classificato

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 114 di 137

sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici che avveniva in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono continue e graduali. Successivamente verrà mantenuta, infatti, la classificazione secondo la quale il territorio nazionale è suddivisibile in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

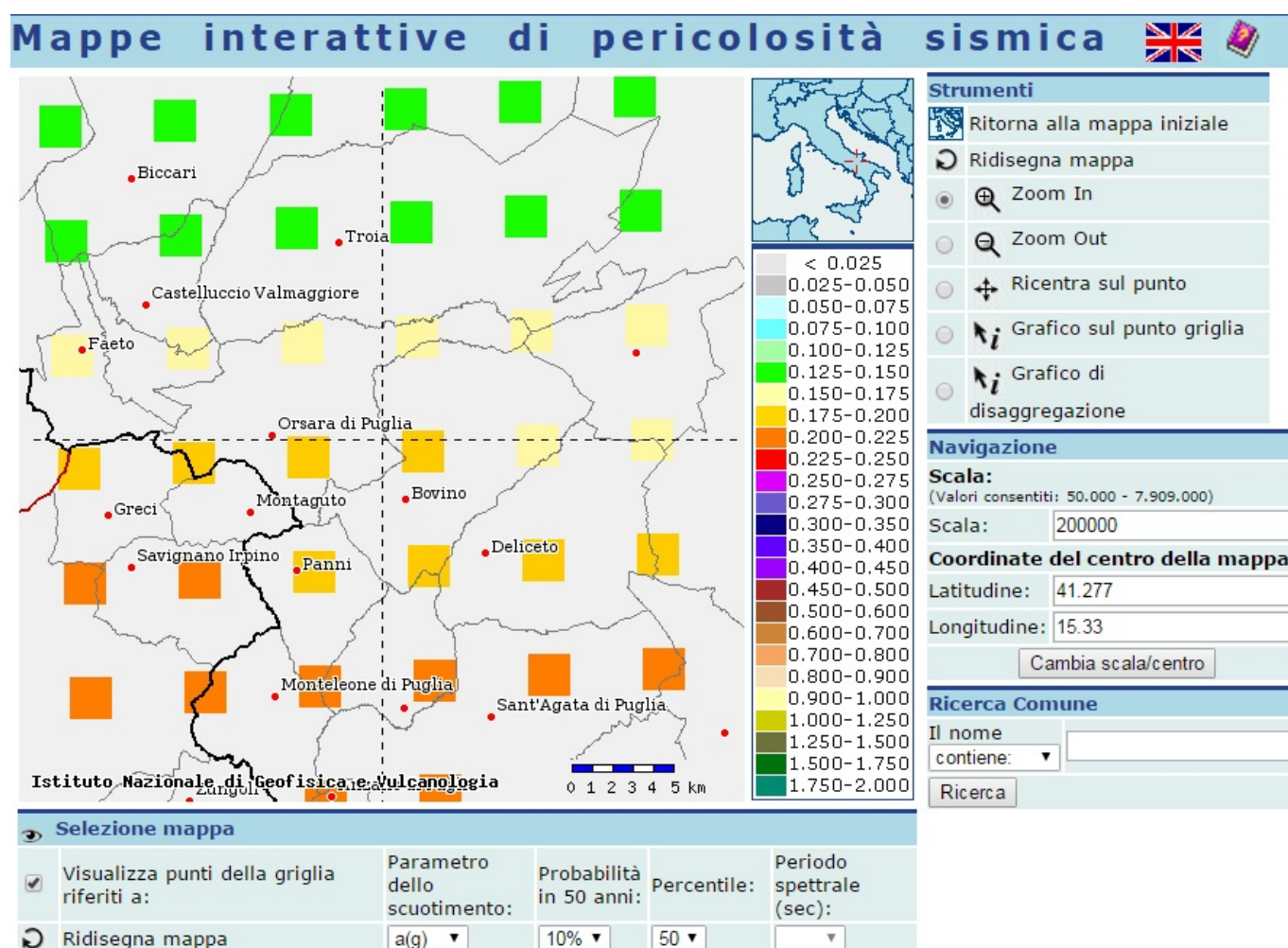


Figura 38 – Mappa di pericolosità sismica per l'area di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione WebGIS, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (Figura 38). In particolare, per la zona interessata dalla tratta ferroviaria progettuale, i valori di accelerazione al suolo (con

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 115 di 137

probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.150-0.225 a_g (accelerazione massima del suolo).

Infine, la consultazione del *database* del progetto ITHACA (*ITaly HAZard from CAPable faults*) ha permesso di definire l'eventuale presenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche.

Dalla consultazione del suddetto *database* emerge che l'area di stretto interesse progettuale è priva di tali elementi tettonici, in quanto la faglia capace più vicina è situata circa 6 km a NE del tracciato ferroviario in progetto. Tale elemento, denominato "Troia-Carapelle", è riferibile al Sistema del Tavoliere delle Puglie e si presenta come una faglia ad alto angolo a direzione circa E-W (Patacca & Scandone 2001).

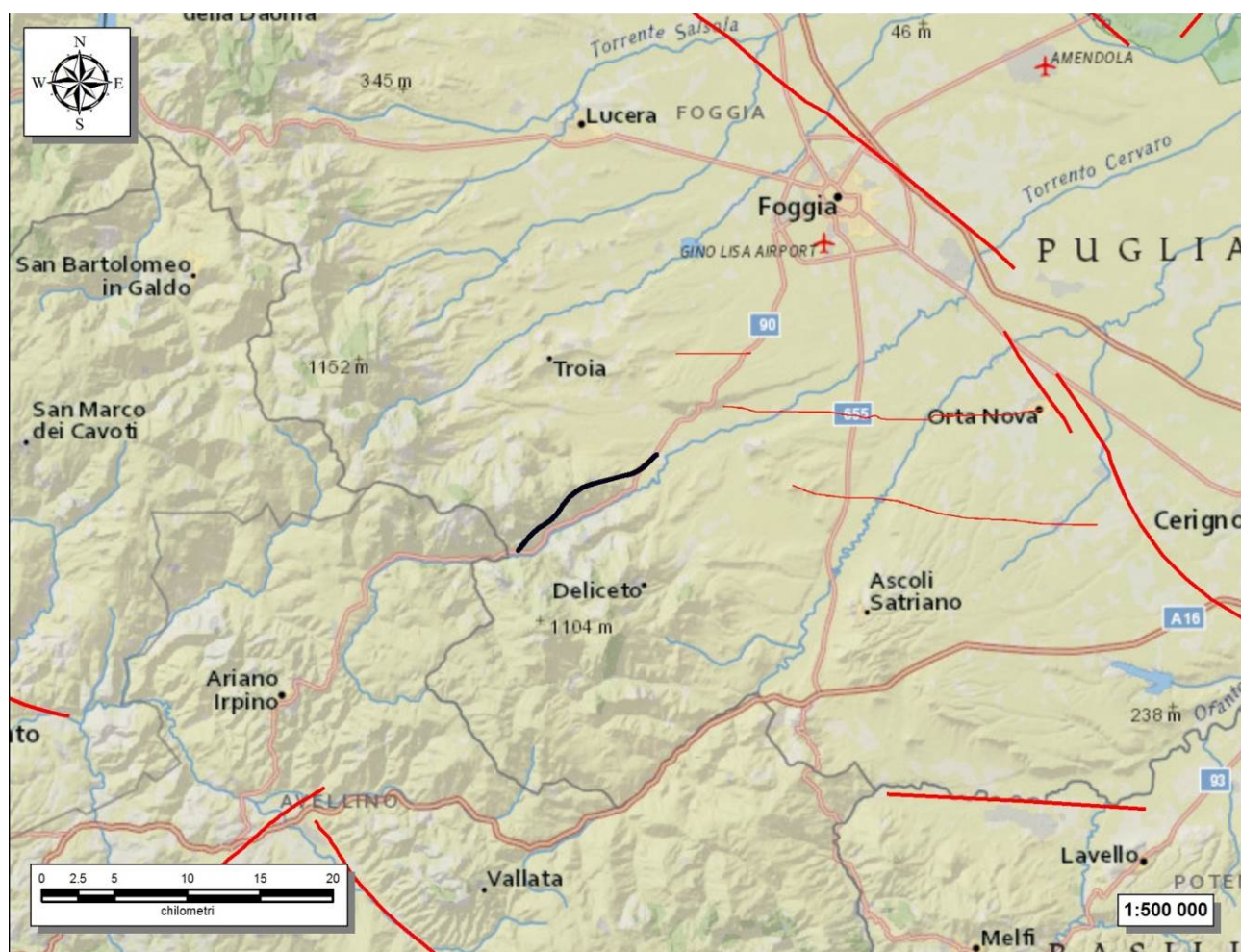


Figura 39 – Stralcio cartografico dell'area di interesse con indicazione schematica del tracciato di progetto (in nero) e delle faglie capaci (in rosso) (<http://sqi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).

9.3 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

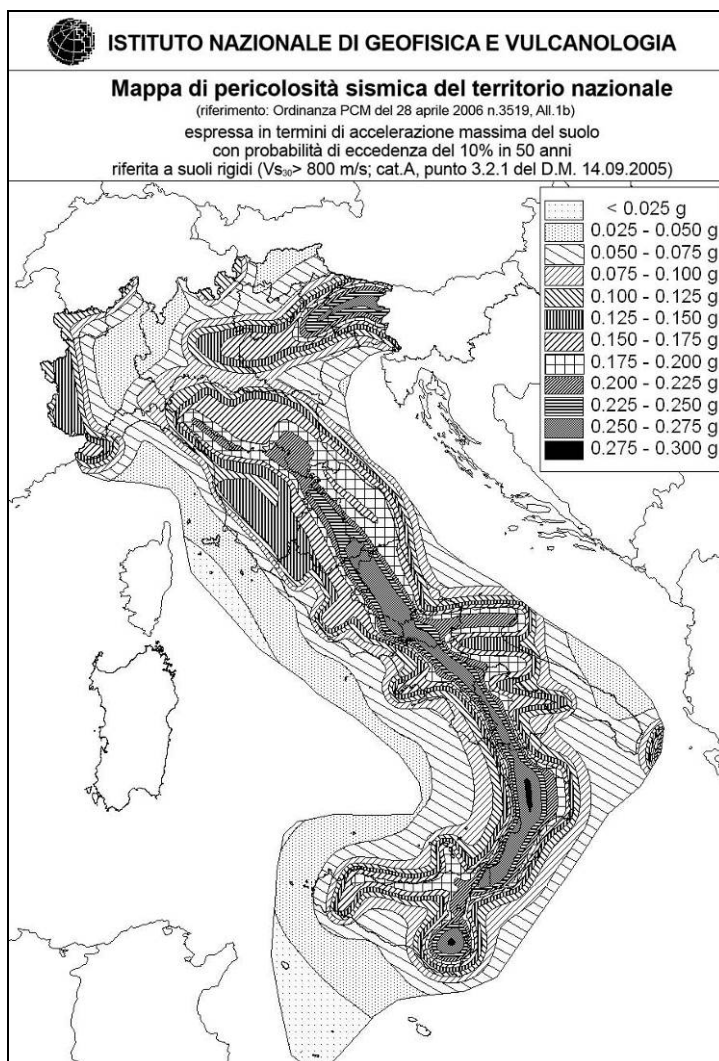


Figura 40. Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (da INGV 2006).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 117 di 137

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16/01/1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella “Mappa di Pericolosità Sismica” dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17/01/2018).

Con riferimento al D.M.17/01/2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle NTC2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475.

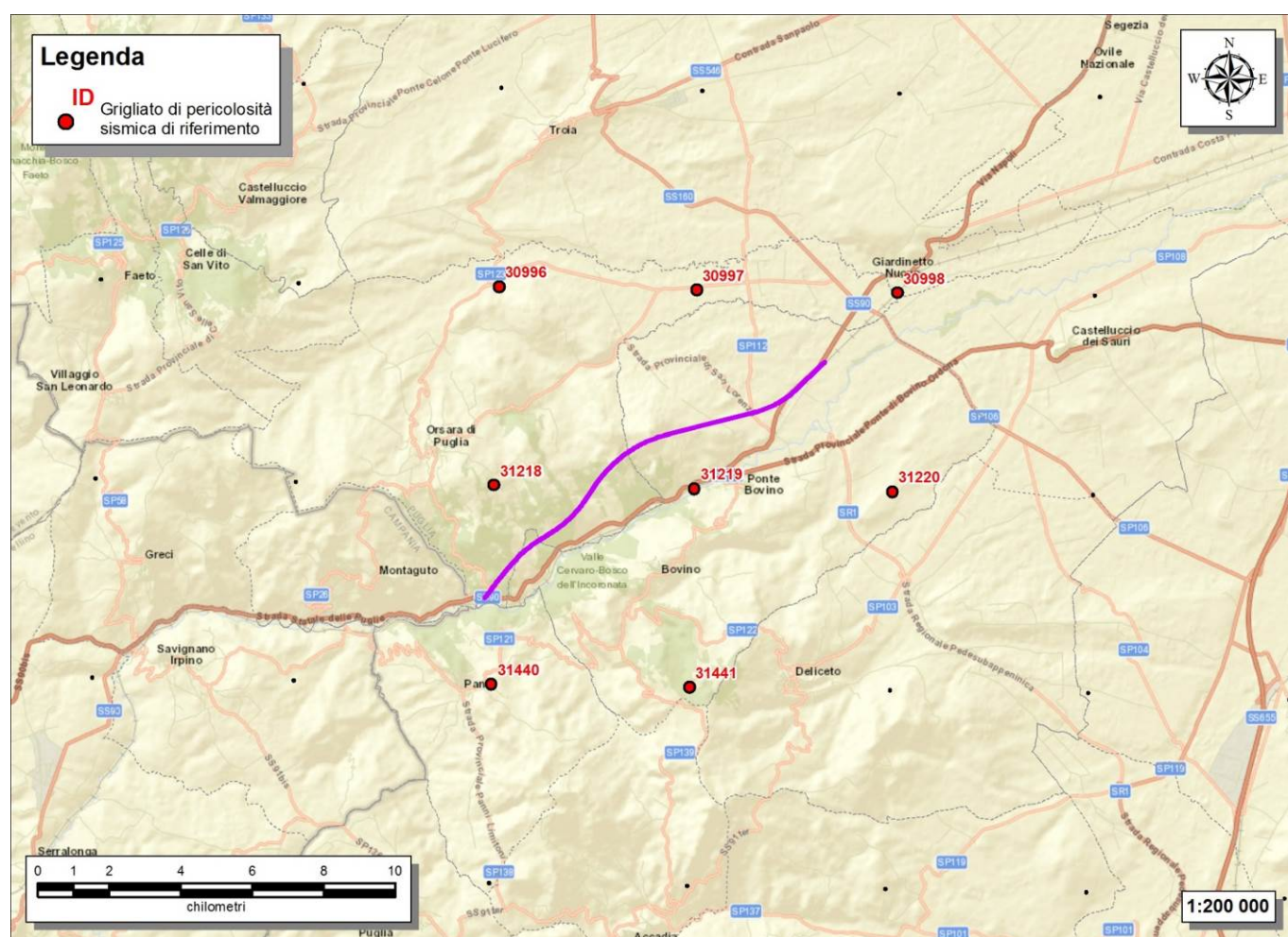


Figura 41 – Griglia di riferimento per il settore oggetto di studio, con individuazione del tracciato di progetto (in viola) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
31439	15.219	41.222	0.2020	2.39	0.42
31217	15.220	41.272	0.1819	2.44	0.43
31440	15.285	41.221	0.1973	2.39	0.42
31218	15.286	41.271	0.1786	2.45	0.43
30996	15.288	41.321	0.1575	2.56	0.44
31441	15.351	41.22	0.1942	2.43	0.42
31219	15.353	41.27	0.1765	2.48	0.42
30997	15.354	41.32	0.1557	2.57	0.43
31220	15.419	41.269	0.1750	2.50	0.42
30998	15.421	41.319	0.1545	2.58	0.43

Tabella 28 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 119 di 137

10 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, perché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Secondo la Normativa Tecnica di riferimento (DM 17/01/2018), di seguito si definiscono la categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche per le varie tratte di progetto allo scoperto.

10.1 Categoria di sottosuolo

Per la valutazione degli effetti stratigrafici si può fare riferimento (DM 17/01/2018) ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, v_s . In tale approccio la classificazione del suolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità $v_{s,30}$.

Nel caso in esame la velocità di propagazione delle onde di taglio è stata determinata:

- in maniera diretta a partire dai risultati delle prove sismiche in foro Down-Hole;
- in maniera indiretta a partire dai risultati degli stendimenti sismici (MASW).

10.1.1 Tratta all'aperto di Bovino - prove di riferimento

Nelle seguenti tabelle si elencano, per la tratta in oggetto, le prove disponibili.

Tabella 29. Sondaggi di riferimento con Down-Hole

Sondaggio	Campagna	Profondità	Down-Hole
BO_PD_S16	2018	50.0	x
BO_PD_S13	2018	50.0	x
BO_PD_S11	2018	50.0	x
BO_PD_S17	2018	50.0	x

Tabella 30. Stendimenti sismici (Masw) di riferimento

Stendimento	Campagna
BO_MASW3	2017
BO_PD_S15 MASW	2018
BO_MASW7	2017
BO_PD_S14 MASW	2018
BO_MASW7	2017

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 120 di 137

Stendimento	Campagna
BO_PD_S12 MASW	2018
BO_MASW5	2017

10.1.2 Tratta all'aperto di Bovino – sintesi dei risultati e classificazione dei terreni

In Tabella 31 ed in Figura 42 si riportano i valori di velocità equivalente $V_{s,h}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, o la profondità $h < 30$ m qualora non siano stati raggiunti i 30 m, e la corrispondente categoria di suolo, determinati dalle prove Masw e Down-Hole.

Tabella 31. Velocità equivalente delle onde di taglio e relativa categoria di sottosuolo.

Prova	$V_{s,h}$ da MASW	h	Categoria
BO_MASW3	370	30	Categoria B
BO_MASW7	323	30	Categoria C
BO_MASW4	344	30	Categoria C
BO_MASW5	336	30	Categoria C
BO_PD_S12 (MASW)	301	30	Categoria C
BO_PD_S14 (MASW)	358	30	Categoria C
BO_PD_S15 (MASW)	393	30	Categoria B

Prova	$V_{s,h}$ da DH	h	Categoria
BO_PD_S11 (DH)	326	30	Categoria C
BO_PD_S13 (DH)	283	30	Categoria C
BO_PD_S16 (DH)	361	30	Categoria B
BO_PD_S17 (DH)	355	30	Categoria C

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 121 di 137

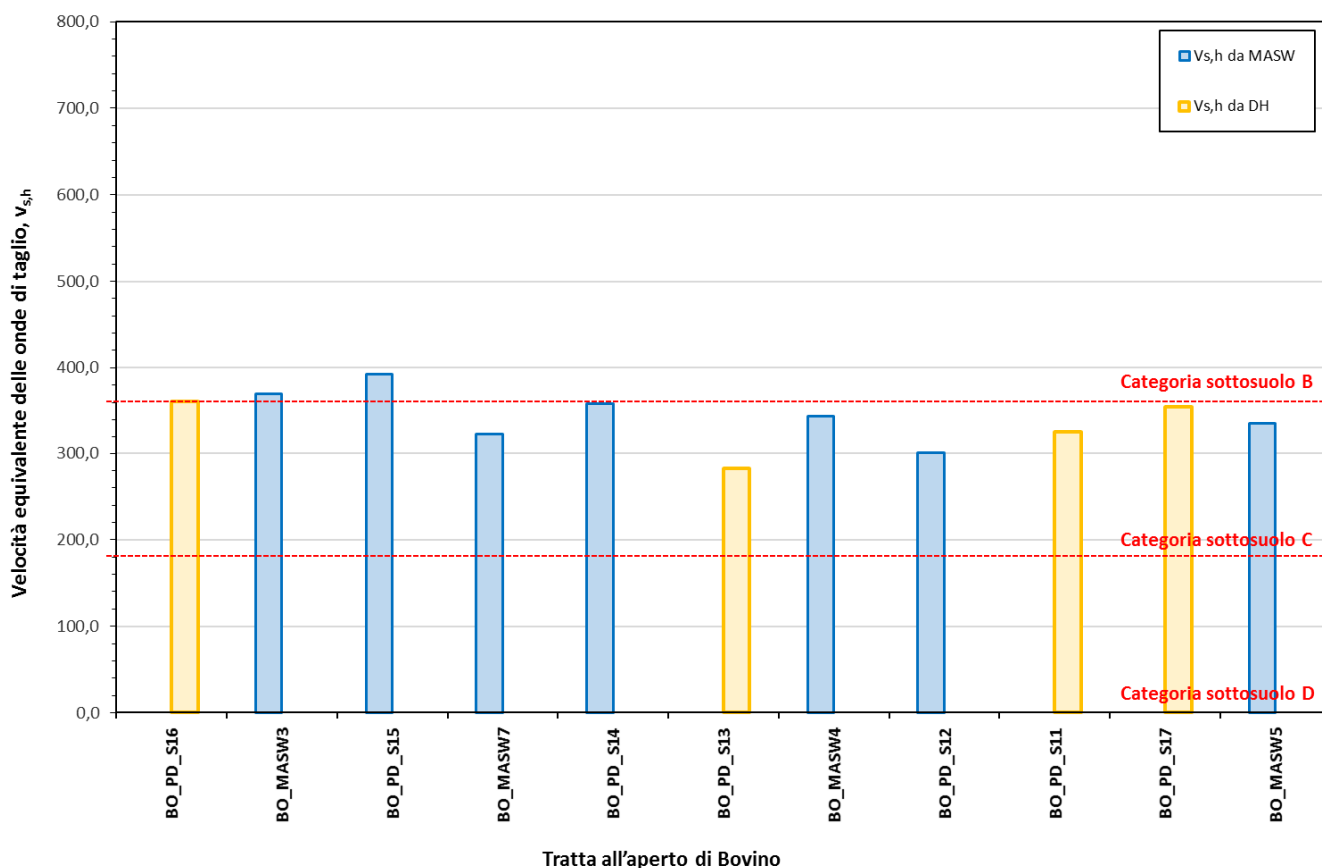


Figura 42. Tratta all'aperto di Bovino - andamento della velocità equivalente delle onde di taglio e relativa categoria di sottosuolo.

Esaminando la categoria di suolo lungo la tratta risultante dall'interpretazione delle indagini disponibili si evidenzia quanto segue:

- dalle prove MASW risulta una categoria di suolo C e solo le prove BO_MASW3 e BO_PD_S15 (MASW) identificano una categoria B;
- dalle prove DH risulta una categoria di suolo C e solo la prova BO_PD_S16 (DH) identifica una categoria B.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 122 di 137

10.1.3 Tratta all'aperto di Orsara - prove di riferimento

Tabella 32. Sondaggi di riferimento con Down-Hole

Sondaggio	Campagna	Profondità	Down-Hole
BO_S2	2017	48.0	x
IF16V03	2018	50.0	x

Tabella 33. Stendimenti sismici (Masw) di riferimento

Stendimento	Campagna
BO_MASW1	2017
BO_MASW6	2017

10.1.4 Tratta all'aperto di Orsara – sintesi dei risultati e classificazione dei terreni

In Tabella 34 ed in Figura 43 si riportano i valori di velocità equivalente $V_{s,h}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, o la profondità $h < 30$ m qualora non siano stati raggiunti i 30 m, e la corrispondente categoria di suolo, determinati dalle prove Masw e Down-Hole.

Tabella 34. Velocità equivalente delle onde di taglio e relativa categoria di sottosuolo.

Prova	$V_{s,h}$ da MASW	h		Categoria
BO_MASW1	266	30	$V_{s,30}$	Categoria C
BO_MASW6	505	30	$V_{s,30}$	Categoria B
Prova	$V_{s,h}$ da DH	h		Categoria
BO_S2_DH	326	30	$V_{s,30}$	Categoria C
IF16V03 (DH)	537	30	$V_{s,30}$	Categoria B

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 123 di 137

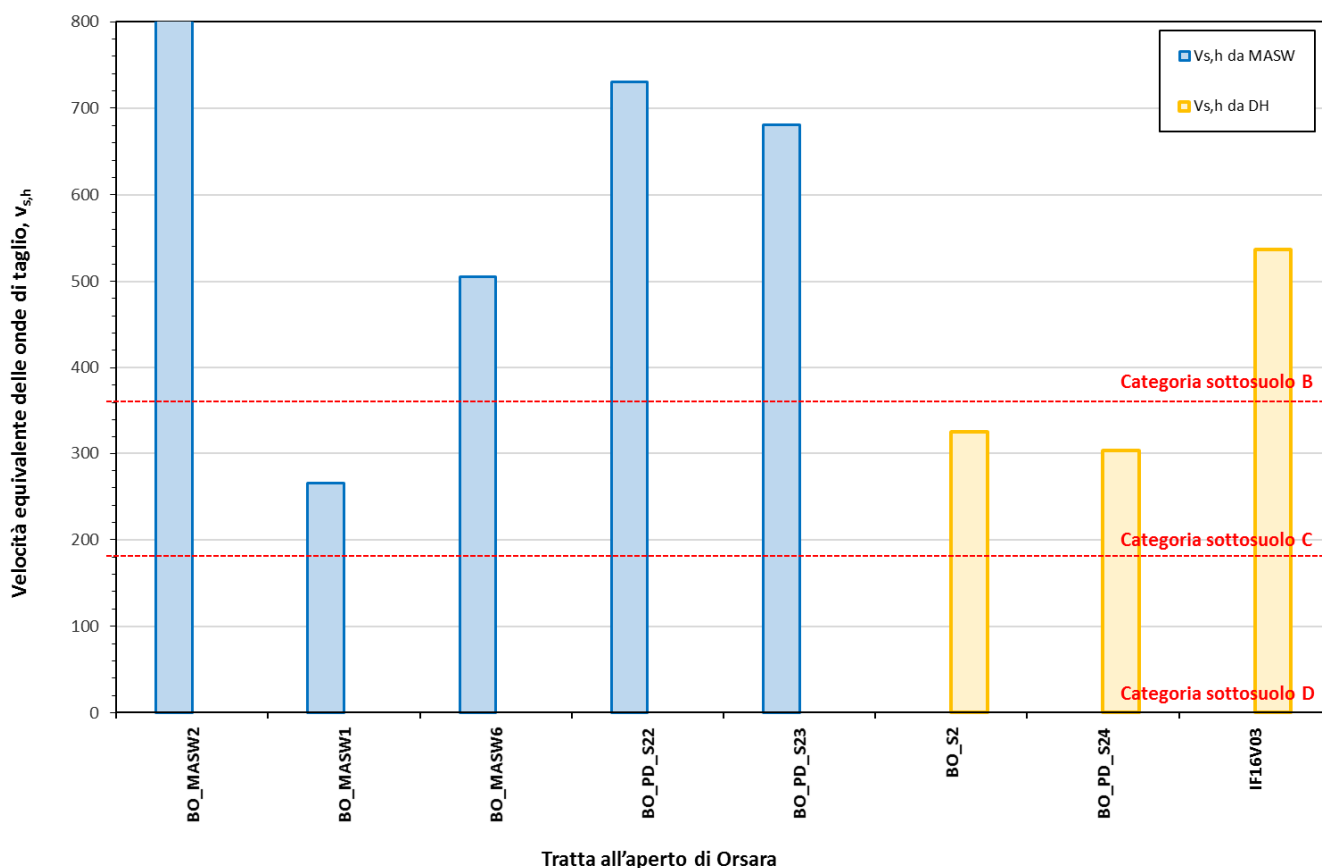


Figura 43. Tratta all'aperto di Orsara - andamento della velocità equivalente delle onde di taglio e relativa categoria di sottosuolo.

Esaminando la categoria di suolo lungo la tratta risultante dall'interpretazione delle indagini disponibili si evidenzia quanto segue:

- dalle prove MASW risulta una categoria di suolo B e solo la prova BO_MASW1 identifica una categoria C;
- dalle prove DH in corrispondenza del sondaggio BO_S2 e del BO_PD_S24 risulta una categoria di suolo C, mentre IF16V03 identifica una categoria B.

10.1.5 Allaccio alla Linea Storica - prove di riferimento

Tabella 35. Sondaggi di riferimento con Down-Hole

Sondaggio	Campagna	Profondità	Down-Hole
BO_S2	2017	48.0	x
BO_PD_S19	2018	50.0	x

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 124 di 137

Tabella 36. Stendimenti sismici (Masw) di riferimento

Stendimento	Campagna
BO_MASW2	2017
BO_PD_S22	2018
BO_MASW1	2017
BO_PD_S18	2018
BO_PD_S20	2018

10.1.6 Allaccio alla Linea Storica – sintesi dei risultati e classificazione dei terreni

In Tabella 37 ed in Figura 44 si riportano i valori di velocità equivalente $V_{s,h}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, o la profondità $h < 30$ m qualora non siano stati raggiunti i 30 m, e la corrispondente categoria di suolo, determinati dalle prove Masw e Down-Hole.

Tabella 37. Velocità equivalente delle onde di taglio e relativa categoria di sottosuolo.

Prova	$V_{s,h}$ da MASW	h		Categoria
BO_MASW2	874	30	$V_{s,30}$	Categoria B
BO_MASW1	266	30	$V_{s,30}$	Categoria C
BO_PD_S18 (MASW)	593	30	$V_{s,30}$	Categoria B
BO_PD_S20 (MASW)	453	30	$V_{s,30}$	Categoria B
BO_PD_S22 (MASW)	730	30	$V_{s,30}$	Categoria B
Prova	$V_{s,h}$ da DH	h		Categoria
BO_S2_DH	326	30	$V_{s,30}$	Categoria C
BO_PS_S19 (DH)	524	30	$V_{s,30}$	Categoria B

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 125 di 137

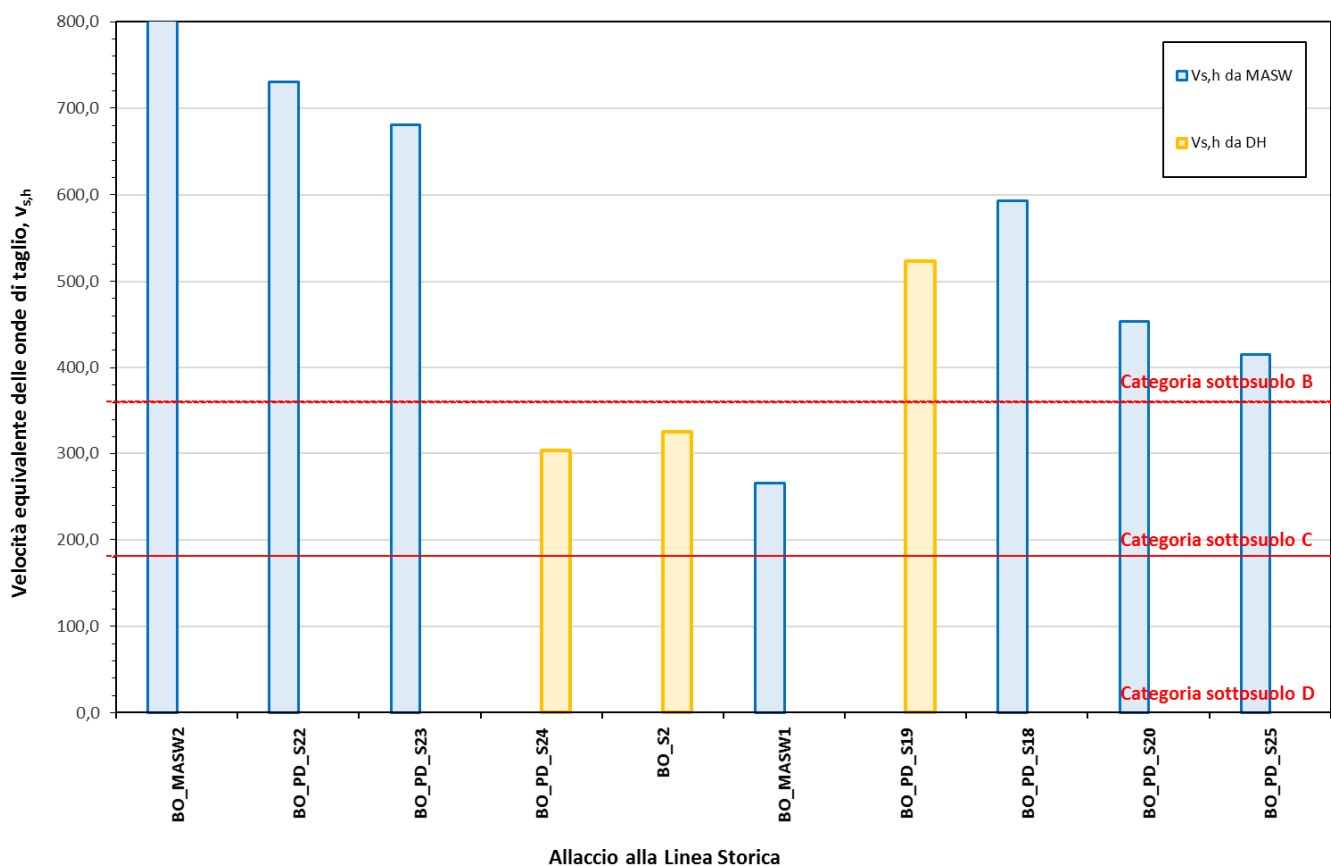


Figura 44. Allaccio alla Linea Storica - andamento lungo la tratta della velocità equivalente delle onde di taglio e relativa categoria di sottosuolo.

Esaminando la categoria di suolo lungo la tratta risultante dall'interpretazione delle indagini disponibili si evidenzia quanto segue:

- dalle prove MASW risulta una categoria di suolo B e solo la prova BO_MASW1 identifica una categoria C;
- dalle prove DH in corrispondenza del sondaggio BO_S2 e del BO_PD_S24 risulta una categoria di suolo C, mentre BO_PD_S19 identifica una categoria B.

10.2 Categoria topografica

10.2.1 Tratta all'aperto di Bovino

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, la morfologia dell'area può essere ricondotta ad una delle configurazioni semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.IV. In particolare, l'area in oggetto può essere classificata di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ", con coefficiente di amplificazione topografica $ST = 1.0$.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 126 di 137

10.2.2 Tratta all'aperto di Orsara

Relativamente alle caratteristiche della superficie topografica, la morfologia dell'area può essere ricondotta ad una delle configurazioni semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.IV. In particolare, fatta eccezione per l'area in cui ricade la spalla Sp1 del viadotto VI01, l'intera area risulta classificabile in categoria T1, *“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”*, con coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.0$.

La spalla Sp1 del VI01, invece, ricade in prossimità del piede di un versante con inclinazione di circa 37° per cui si assume una categoria T2, a cui corrisponde in sommità del pendio un coefficiente $S_T = 1.2$. Assumendo un decremento lineare con l'altezza del coefficiente, risulta, in prossimità della spalla $S_T = 1.04$.

10.2.3 Allaccio alla Linea Storica

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, la morfologia dell'area può essere ricondotta ad una delle configurazioni semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.IV. In particolare, l'area in oggetto può essere classificata di categoria T1, *“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”*, con coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.0$.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 127 di 137

11 STOP GEOLOGICI E RILIEVI GEOMECCANICI

11.1 Premessa

Nell'ambito delle attività di campagna, a supporto del presente studio sono stati eseguiti diversi stop geologici in corrispondenza degli affioramenti rinvenuti nei pressi del tracciato di progetto allo scopo di descrivere le principali caratteristiche litologiche e strutturali delle formazioni di substrato. Laddove possibile, gli stop geologici sono stati corredati da stazioni di rilievo geomeccanico al fine di fornire ulteriori utili elementi per la caratterizzazione meccanica dei litotipi interessati dallo scavo della galleria.

Per ogni stop geologico è stata compilata una scheda descrittiva, contenente i dati generali dell'affioramento (descrizione geometrica, geologica e geomorfologica), i dati litologici (litologia, grado di alterazione, tenacità e tipo di rottura) e i dati strutturali (giaciture, famiglie giunti e discontinuità, riempimenti delle fratture, eventuali disturbi tettonici e indice GSI). La scheda riporta inoltre un inquadramento planimetrico dello stop geologico ed una foto rappresentativa dell'affioramento descritto.

Nel caso in cui allo stop geologico sia stato abbinato anche il rilevamento geomeccanico, è stata compilata un'apposita scheda di rilievo geomeccanico, redatta secondo la metodologia descritta più avanti. A valle del rilievo geomeccanico sono inoltre state eseguite una serie di elaborazioni sui dati raccolti.

In Tabella 38 si riporta l'elenco completo degli stop geologici e delle relative stazioni geomeccaniche eseguite, con relativo dato di ubicazione fornito nel sistema di riferimento WGS84 UTM 33T. In Appendice 3 si riportano invece tutte le schede degli stop geologici e dei rilievi geomeccanici effettuati, con relative elaborazioni numeriche.

Tabella 38. Elenco degli stop geologici e delle stazioni geomeccaniche

ID	Tipologia	Litotipo	Coordinate
S01	Stop geologico + geomeccanica	FAE	523857 m E, 4565774 m N
S02	Stop geologico	BVNa	524686 m E, 4565948 m N
S03	Stop geologico + geomeccanica	FAE	524613 m E, 4565819 m N
S04	Stop geologico	BVNa	525069 m E, 4566456 m N
S05	Stop geologico	BVNa	531737 m E, 4570319 m N
S06	Stop geologico	BVNa	531363 m E, 4569974 m N
S07	Stop geologico + geomeccanica	BVNa	531138 m E, 4570004 m N
S08	Stop geologico + geomeccanica	FAE	530570 m E, 4569513 m N
S09	Stop geologico + geomeccanica	BVNa	530610 m E, 4569867 m N
S10	Stop geologico	FAE	530586 m E, 4570093 m N
S11	Stop geologico	FAE	527636 m E, 4567941 m N
S12	Stop geologico	FAE, BVNa	527564 m E, 4567949 m N
S13	Stop geologico	BVNa	527549 m E, 4567964 m N

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 128 di 137

ID	Tipologia	Litotipo	Coordinate
S14	Stop geologico	BVNa	527348 m E, 4568075 m N
S15	Stop geologico	FAE	526200 m E, 4567769 m N
S16	Stop geologico + geomeccanica	BVNa, FAE	526199 m E, 4567823 m N
S17	Stop geologico	FAE	526103 m E, 4567701 m N
S18	Stop geologico	FAE	525611 m E, 4568035 m N
S19	Stop geologico	FAE	525565 m E, 4568310 m N
S20	Stop geologico	FAE	523725 m E, 4565983 m N

Per la definizione dell'indice GSI si è fatto riferimento alla documentazione bibliografica ufficiale sul criterio di rottura di Hoek-Brown ed in particolare "*GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation*", (Hoek & Marinos, 2000) e successive modifiche (Figura 45 e Figura 46).

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000) From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.						
		SURFACE CONDITIONS VERY GOOD Very rough, fresh unweathered surfaces GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces FAIR Smooth, moderately weathered and altered surfaces POOR Slackensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments VERY POOR Slackensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings				
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓	 INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90				N/A
	 BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
	 VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60			
	 BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity		50	40		
	 DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces			30	20	
	 LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes				10	
		N/A	N/A			

Figura 45. Determinazione di GSI per ammassi rocciosi fratturati (da Hoek & Marinos, 2000)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 129 di 137

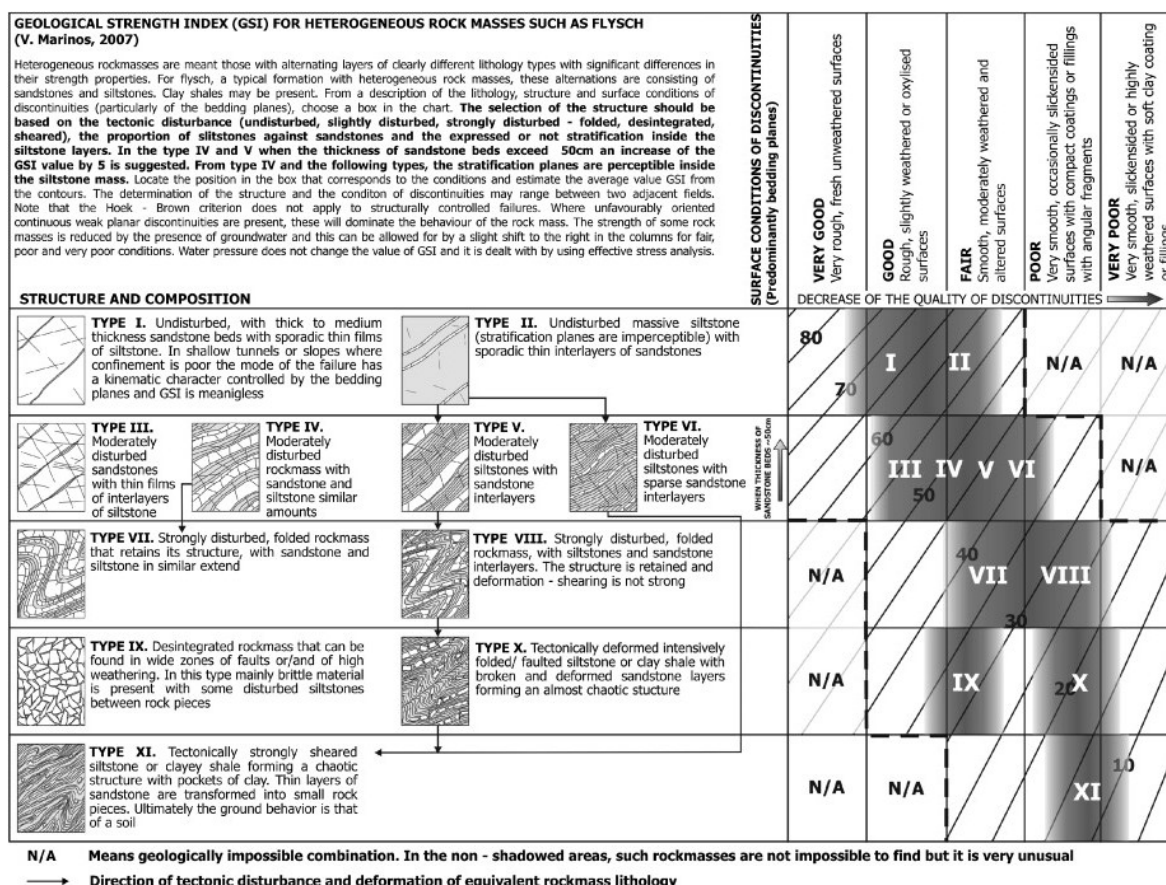


Figura 46. Determinazione di GSI per flysch (da Marinos, 2007)

Al fine di ricavare i parametri utili alla caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso, è stato realizzato il rilievo delle proprietà geomeccaniche delle discontinuità, attraverso il metodo dello stendimento (*scanline survey*); in ogni sito individuato sono state considerate le discontinuità intersecanti una linea di stendimento di lunghezza variabile.

Sulle discontinuità individuate lungo lo stendimento sono state rilevate, laddove possibile, le seguenti caratteristiche, riportate per ogni stazione geomeccanica nello schema di Tabella 3:

- D: Distanza delle discontinuità dall'origine dell'allineamento;
- IMM: Immersione del piano di discontinuità;
- INCL: Inclinazione del piano rispetto all'orizzontale;
- T: Tipo di terminazione delle discontinuità:
 - A: contro un'altra discontinuità;

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 130 di 137

- I: nella matrice rocciosa;
- O: non visibile o estesa oltre l'affioramento.
- L: Lunghezza della discontinuità misurata fra la terminazione e il nastro;
- A: Apertura delle discontinuità espresse in centimetri;
- R: Classificazione del materiale di riempimento;
- O: Ondulazione della superficie di discontinuità;
- S: Scabrezza delle superfici; per il rilievo di tale parametro potrà essere utilizzato lo “*shape tracer*” (“pettine di Barton”) i cui profili di rugosità sono stati restituiti graficamente e allegati alle schede di rilievo geomeccanico. I singoli profili di rugosità rilevati sono accompagnati da una indicazione generale del parametro JRC (*Joint Roughness Coefficient*);
- P: Persistenza; con tale termine si intende il grado di continuità della frattura in rapporto all'area di rilievo;
- C: Consistenza; indica la continuità della struttura a piccola scala espressa in percentuale;
- SP: Spaziatura; cioè distanza in metri rilevata perpendicolarmente al giunto tra le discontinuità appartenenti alla stessa famiglia.

Inoltre, per ogni stazione geomeccanica, sono state eseguite diverse prove con il martello di Schmidt, i cui valori sono riportati in apposita tabella.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 131 di 137

12 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AFTES (2003) *Guidelines for characterisation of rock masses useful for the design and the construction of underground structures*.

Alessio G., Gorini A., Vilardo G. & Iannacone G. (1996) – *Low energy sequences in areas with high seismic potential: Benevento (Southern Apennines), April 1990*. In: Schenk V. (ed), *Earthquake Hazard and Risk*. Springer Neatherlands, **1996**, 3-16.

Allocca V. & Grasso T. (1998) – *L'idrostruttura dei Monti di Durazzano: idrodinamica, potenzialità e interconnessioni con gli acquiferi adiacenti*. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Alvarez W., Coccozza T. & Wezel F.C. (1974) - *Fragmentation of the Alpine orogenic belt by microplate dispersal*. *Nature*, **248**, 309-314.

Amato A., Montone P. & Cesaro M. (1995) – *State of stress in southern Italy from borehole breakout and focal mechanism data*. *Geophysical Research Letters*, **22**, 3119-3122.

Ambrosetti P., Carraro 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" - Contr. Concl. Carta Neotettonica d'Italia, **2**, 219-223, P.F. Geodinamica, CNR.

Amore O., Basso C., Ciampo G., Ciarcia S., Di Donato V., Di Nocenera S., Esposito P., Matano F., Staiti D. & Torre M. (1998) – *Nuovi dati stratigrafici sul Pliocene affiorante tra il Fiume Ufita ed il Torrente Cervaro (Irpinia, Appennino meridionale)*. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, **117**, 455-466.

APAT (2007) – *Rapporto sulle frane in Italia: il Progetto IFFI. Metodologia, risultati e rapporti regionali*. Rapporti APAT, **78**.

Aquino S., Allocca V., Esposito L & Celico P. (2008) – *Carta Idrogeologica della Provincia di Avellino (Campania)*. Provincia di Avellino.

Autorità di Bacino della Puglia (2005) – *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Puglia*.

Balduzzi A., Casnedi R., Crescenti U. & Tonna M. (1982) – *Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del Bacino pugliese (Avanfossa Appenninica)*. *Geologica Romana*, **21**, 1-28.

Baratta M. (1901) - *I terremoti d'Italia*. Arnaldo Forni.

Barbano M.S., Colombo F. & Zonno G. (1989) – *Preliminary results of seismic hazard assessment in the Sannio-Matese Area of Southern Italy*. *Natural Hazard*, **2**, 307-328.

Barchi M., Galadini F., Lavecchia F., Lavecchia G., Messina P., Michetti A.M., Peruzza L., Pizzi A., Tondi E. & Vittori E. (2000) – *Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica*. CNR – Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma.

Basili A., Favali P., Scalera G. & Smriglio G. (1988) – *La pericolosità sismica dell'area Irpinia-Sannio-Matese*. *Memorie della Società Geologica Italiana*, **41**, 1341.

Barton N. (2011) “*Near-surface rock engineering and fractured reservoirs rock mechanics, each linked by geophysics*” – Short Course – Centro di GeoTecnologie Università degli Studi di Siena.

Barton N., Bieniawski, Z.T. (2008) – *RMR and Q – Setting records*. *Tunnels & Tunnelling International*, February.

Barton N., Lien R. & Lunde J. (1974) “*Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support*. *Rock Mechanics*”, **6** (4).

Bernard P. & Zollo A. (1989) – *The Irpinia (Italy) 1980 earthquake: detailed analysis of a complex normal faulting*. *Journal of Geophysical Research*, **94**, 1631-1647.

Bieniawski, Z.T. (1989) – *Engineering Rock Mass Classifications*. – John Wiley & Sons.

Bigi S., Centamore E., Fumanti F., Nilli S. & Nisio S. (1996) – *Aspetti geologico-strutturali delle aree di avampaese nell'Appennino centro-orientale*. *Studi Geologici Camerti*, **14**, 201-209.

Bigi S., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. & Scandone P. (1992) – *Structural model of Italy. Scale 1:500,000*. CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica, **114**.

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

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L. & Gasperini P. (2000) – *Catalogue of Strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997*. *Annali di Geofisica*, **43**, 609-868, con database su CD-ROM

Bosellini A. (1991) – *Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche*. Italo Bovolenta Editore.

- Bosellini A., Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1989) – *Rocce e successioni sedimentarie*. Unione Tipografico-Editrice Torinese.
- Bramerini F., Castenetto S., Giuffrè M., Naso G. & Peronace E. (2015) – *Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC)*. Commissione tecnica per la microzonazione sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica.
- Brancaccio A., Cinque A., Romano P., Roskopf C., Russo F., Santangelo N. & Santo A. (1991) - *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the tyrrhenian flank of the southern Apennines (region of Naples, Italy)*. Zeitschrift für Geomorphologie, **82**, 47-58.
- Bruschi A. (2004) – *Meccanica delle rocce nella pratica geologica ed ingegneristica*, Dario Flaccovio Editore.
- Budhu M. (2007) - *Soil mechanics and foundations (2nd edition)*. Wiley.
- Buonanno A., Pertusati S. & Zuppetta A. (2007) – *Structural evolution of the Fortore Unit (Southern Apennines, Italy)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **126**, 497-510.
- Butler B.C.M. & Bell J.D. (1996) – *Lettura e interpretazione delle carte geologiche*. Zanichelli Editore.
- Caldara M. & Pennetta L. (1993) - *Nuovi dati per la conoscenza geologica e morfologica del Tavoliere di Puglia*. Bonifica, **8**, 25-42.
- Camassi R. & Stucchi M. (1996) – *Un catalogo parametrico di terremoti in area italiana al di sopra della soglia del danno*. Rapporto tecnico del CNR-GNDT, 1-86.
- Cantalamesa G., Chiocchini U. & Cipriani N. (1988) - *Caratteri sedimentologici dei depositi sabbiosi del Pliocene inferiore-medio di Ariano Irpino (Appennino campano)*. Atti del 74° Congresso della Società Geologica Italiana, B 59 B 63.
- Canuti P. & Esu F. (1995) - *Glossario Internazionale per le frane*. Rivista Italiana di Geotecnica, **1995/2**, 143-150.
- Carannante G., Cesarano M., Pappone G. & Putignano M.L. (2012) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 431 Caserta Est*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- Casadio M. & Elmi C. (1999) – *Il manuale del geologo*. Pitagora Editrice.
- Casati P. (1991) – *Scienze della terra*. Città Studi Edizioni.
- Casciello E., Cesarano M. & Pappone G. (2006) - *Extensional detachment faulting on the Tyrrhenian margin of the Southern Apennines contractional belt (Italy)*. Journal of Geological Society, **163**, 617-629.
- Casnedi R. (1978) – *Sedimentazione e tettonica pliocenica nel sottosuolo della bassa Valle del Fortore (Foggia)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **19**, 605-612.
- Casnedi R. (1988) – *La Fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione*. Memorie della Società Geologica Italiana, **35**, 439-448.
- Casnedi R., Crescenti U. & Tonna A. (1982) – *Evoluzione dell'avanfossa adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene, sulla base dei dati di sottosuolo*. Memorie della Società Geologica Italiana, **24**, 243-260.
- Castello B., Selvaggi G., Chiarabba C. & Amato A. (2006) – *CSI Catalogo della Sismicità Italiana 1981-2002, versione 1.1..* INGV-CNT, Disponibile in internet all'indirizzo <http://www.ingv.it/CSI/>.
- Castiglioni G.B. (1991) – *Geomorfologia (seconda edizione)*. Unione Tipografico-Editrice Torinese.
- Celico P. (1978) - *Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale*. Memorie e Note dell'Istituto di Geologia Applicata, **14**, 3-97.
- Celico P. (1983) - *Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionale, Abruzzo, Molise e Campania)*. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno, **4**, 1-225.
- Celico P. (1986) - *Prospezioni idrogeologiche*. Liguori Editore.
- Celico P., De Vita P., Manacelli G., Scalise A.R. & Tranfaglia G. (2007) – *Carta Idrogeologica dell'Italia meridionale*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- Cestari (1996) - *Prove geotecniche in sito*. Italgrafica Segale.
- Chiarabba C., Jovane L. & Di Stefano R. (2005) – *A new view of Italian seismicity using 20 years of instrumental recordings*. Tectonophysics, **395**, 251-268.
- Chiocchini U. (2007) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 432 Benevento*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- Ciaranfi N., Gallicchio S. & Loiacono F. (2011) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 421 Ascoli Satriano*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Ciaranfi N., Guida M., Iaccarino G., Pescatore T., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G., Sgrosso I., Torre M., Tortorici L., Turco E., Scarpa R., Cuscito M., Guerra I., Iannaccone G., Panza G.G. & Scandone P. (1983) – *Elementi sismotettonici dell'Appennino meridionale*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **102**, 201-222.

Ciaranfi N., Maggiore M., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G. & Walsh N. (1979) – *Considerazioni sulla neotettonica della Fossa bradanica. Contr. Prel. Realiz. Carta Neotettonica d'Italia*. CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica, **251**.

Cinque A., Ascione A. & Caiazzo C. (2000) - *Distribuzione spazio-temporale e caratterizzazione della fagliazione quaternaria in Appennino meridionale*. CNR-GNDT, 203-218.

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.

Cipollari P., Cosentino D. & Gliozzi E. (1999) – *Extension and compression related basin in central Italy during the Messinian Lago-Mare event*. Tectonophysics, **315**, 163-185.

Cipollari P., Cosentino D., & Parotto M. (1995) – *Modello cinematico-strutturale dell'Italia centrale*. Studi Geologici Camerti, **1995/2**, 135-143.

CNR-PFG (1985) - *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V.2B.

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

Cotecchia V. (1956) - *Gli aspetti idrogeologici del Tavoliere delle Puglie*. L'Acqua, **34**, 168-180.

Cremonini G. (1994) – *Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche*. Pitagora Editrice.

Crostella A. e Vezzani L. - *La geologia dell'Appennino foggiano*, Bollettino della Società Geologica Italiana, 83(01), 1964, pp. 121-142.

Cruden D.M. & Varnes D.J. (1996) – *Landslide types and processes*. In: Turner & Schuster (eds), Landslide investigation and mitigation, Special report 247, National Academy of Sciences, 36-75.

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, Accademia Nazionale dei Lincei, **183**, 49-72.

Dazzaro L. & Rapisardi L. (1996) – *Schema geologico del margine appenninico tra il Fiume Fortore ed il Fiume Ofanto*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 143-147.

Del Gaudio V., Pierri P., Frepoli A., Calcagnile G., Venisti N. & Cimini G.B. (2007) – *A critical revision of the seismicity of Northern Apulia (Adriatic Plate – Southern Italy) and implication of seismogenic structures*. Tectonophysics, **436**, 9-35.

Di Bucci D. & Tozzi M. (1992) – *La linea "Ortona-Roccamonfina": Revisione dei dati esistenti e nuovi contributi per il settore settentrionale (Media valle del Sangro)*. Studi Geologici Camerti, vol.spec. **1991/92**, 397-406.

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., Massa B., Tornaghi M. & Zuppetta A. (2005) – *Structural setting of the 1688 Sannio earthquake epicentral area (Southern Italy) from surface and subsurface data*. Journal of Geodynamics, **40**, 294-315.

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.

DISS Working Group (2018) – *Database of individual Seismogenic Sources (DISS), version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.

Doglioni 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.

Doglioni C., Tropeano M., Mongelli F., Pieri P. (1996) – *Middle-late Pleistocene uplift of Puglia: an anomaly in the Apenninic foreland*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 101-117.

Dramis F. & Bisci C. (1997) – *Cartografia geomorfologica, Manuale di introduzione al rilevamento ed alla rappresentazione degli aspetti fisici del territorio*. Pitagora Editrice.

Esposito E., Luongo G., Marturano A. & Porfido S. (1987) – *Il terremoto di S. Anna del 26 luglio 1805*. Memorie della Società Geologica Italiana, **37**, 171-191.

Esposito E., Luongo G., Marturano A. & Porfido S. (1988) – *I terremoti recenti dal 1980 al 1986 nell'Appennino Meridionale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 1117-1128.

Faccioli E. & Paolucci R. (2005) - *Elementi di sismologia applicata all'ingegneria*. Pitagora Editrice.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 134 di 137

Federici P., Di Maro R., Marchetti A. & Cocco M. (1992) – *Analisi della sismicità nell'area del Sannio-Matese negli anni 1991-1992*. Atti 11° Convegno Annuale G.N.G.T.S., Roma 9-11 Dicembre 1992.

Follador U. (1967) – *Il Pliocene ed il Pleistocene dell'Italia centro-meridionale, versante adriatico. Biostratigrafia*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **86**, 565-584.

Frepoli A. & Amato A. (2000) – *Spatial variation in stresses in peninsular Italy and Sicily from background seismicity*. Tectonophysics, **317**, 109-124.

Funiciello R., Parotto M. & Pratlurion A. (1981) – *Carta tettonica d'Italia a scala 1:100.000*. CNR-Progetto Finalizzato Geodinamica, 269.

Galadini F., Meletti C. & Vittori E. (2000) – *Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie. Risultati del progetto 5.1.2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili"*. CNR - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 1-30.

Gallicchio S., Moretti M. & Pieri P. (2002) – *I depositi continentali terrazzati (Pleistocene medio-superiore) nel settore pedemontano del Tavoliere delle Puglie*. Fascicolo degli abstract della IX Riunione del Gruppo di Sedimentologia del CNR, 46-47.

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

Gonzalez de Vallejo L.I. (2005) – *Geoingegneria*. Pearson Education Italia.

Gruppo di Lavoro CPTI (2004) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*. INGV.

Gruppo di Lavoro MPS (2004) – *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003*. INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile.

Guerrera F., Martin Algarra A. & Perrone V. (1993) - *Late Oligocene-Miocene syn-late-orogenic successions in western and central Mediterranean Chains from the Betic Cordillera to the southern Apennines*. Terra Nova, **5**, 525-544.

Hallam A. (1985) – *Interpretazione delle facies e stratigrafia*. Pitagora Editrice.

Hoek & Marinos (2000). – *GSI, a geologically friendly tool for rock mass strength estimation*. Proc. GeoEng2000 Conference, Melbourne. 1422-1442.

Hoek. E., Carranza-Torres C., Corkum B., *Hoek-Brown Failure Criterion* – 2002 Edition.

Hoek. E., Diederichs M.S. (2005) *Empirical estimation of rock mass modulus*, Int. J. Of Rock Mechanics and Mining Sciences, Elsevier.

Hungr O., Leroueil S. & Picarelli L. (2014) - *The Varnes classification of landslide types, an update*. Landslides, **11**, 167-194.

Hutchinson J.N. (1985) - *Mass movements*. In: Fari Bridge R.W. (ed), Encyclopaedia of Geomorphology, 688-695.

Hutchinson J.N. (1988) – *Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*. Proceedings of 5th International Symposium on Landslides, 10-15.

IAEG, International Association of Engineering Geology Commission on Landslides (1990) - *Suggested Nomenclature for Landslides*. IAEG Bulletin, **41**, 13-16.

INGV (2006) – *Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale per la G.U. n.108 del 11/05/2006*. Disponibile in internet all'indirizzo <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>.

ISPRA (2011) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 421 (Ascoli Satriano)*. Servizio Geologico d'Italia.

ISPRA (2011) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.00. Foglio 433 (Ariano Irpino)*. Servizio Geologico d'Italia.

ISRM (1978) *Suggested methods for the description of discontinuities in rock masses*.

IUGS/WGL, International Union of Geological Science Working Group on Landslides (1995) - *A suggested methods for describing the rate of movement of a landslide*. IAEG Bulletin, **52**, 75-78.

Jacobazzi A. & Martelli G. (1967) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000. Foglio 174 Ariano Irpino*. Servizio Geologico d'Italia.

Kiratzis A. (1994) – *Active seismic deformation in the Italian peninsula and in Sicily*. Annali di Geofisica, **37**, 27-45.

Lancellotta R. (2004) - *Geotecnica (terza edizione)*. Zanichelli Editore.

Lanzo G. & Silvestri F. (1999) – *Risposta sismica locale. Teoria ed esperienze*. Hevelius Edizioni.

Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Monaco C. (1990) – *Tettonica a thrust neogenica nella catena appenninico-maghrebide: esempi dalla Lucania e dalla Sicilia*. Studi Geologici Camerti, vol. suppl. **1990**, 19-26.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016) - *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

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., 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.

Mariucci M. T. & Muller B. (2003) – *The tectonic regime in Italy inferred from borehole breakout data*. Tectonophysics, **361**, 130-134.

Mayer G.B. (1964) - *Hydrostratigraphic Units*. Journal of Hydrology, **2**, 124-129.

Meletti C. & Montaldo V. (2007) – *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag*. Progetto DPC-INGV S1.

Meletti C. & Valensise G. (2004) – *Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo*. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Meletti C., Patacca E. & Scandone P. (2000) - *Construction of a seismo-tectonic model: The case of Italy*. Pure and Applied Geophysics, **157**, 11-35.

Migliorini C. (1952) – *Lo stato odierno della conoscenza del sottosuolo della fossa bradanica*. Atti VII Convegno Nazionale Metano e Petrolio, 183-188.

Montone P., Amato A. & Pondrelli S. (1999) - *Active stress map of Italy*. Journal of Geophysical Research, **104**, 25595-25610.

Montone P., Mariucci M.T., Pondrelli S. & Amato A. (2004) – *An improved stress map for Italy and surrounding regions (central Mediterranean)*. Journal of Geophysical Research, **109**, B10.

Morbiddelli (2003) – *Le rocce e i loro costituenti*. Bardi Editore.

Moretti M., Pieri P., Ricchetti G. & Spalluto L. (2011) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.00. Foglio 396 San Severo*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Mostardini F. & Merlini S. (1986) – *Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di un modello strutturale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **35**, 177-202.

NGI (2013) *Using the Q-system. Rock mass classification and support design*. Handbook.

Ogniben (1969) – *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Memorie della Società Geologica Italiana, **8**, 453-763.

Panizza M. (1993) – *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d'Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Scientifica.

Pantosti D. & Valensise G. (1990) – *Faulting mechanism and complexity of the Novembre 23, 1980, Campani-Lucania Earthquake, inferred from surface observations*. Journal of Geophysical Research, **95**, 15319-15341.

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.

Parotto M. & Pratlun A. (1975) – *Geological summary of the Central Apennines*. In: Ogniben et al. (eds), Structural Model of Italy, Quaderni della Ricerca Scientifica, **90**, 257-311.

Parotto M. (1980) – *Apennin Central*. In: AA.VV. (eds), Geologie d'Europe, Guida per il 26° Congresso Internazionale di Geologia, 33-37, Parigi.

Pasquarè G., Abbate E., Castiglioni G.B., Merenda M., Mutti E., Ortolani F., Parotto M., Pignone R., Polino R. & Sassi F.P. (1992) – *Carta geologica d'Italia 1:50.00, Guida al Rilevamento*. Quaderni serie III, **1**.

Patacca E. & Scandone P. (1989) – *Post Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab*. In: Boriani et al. (eds), The lithosphere in Italy, 157-176.

Patacca E. & Scandone P. (2001) - *Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust-belt - foredeep system of the Southern Apennines*. In: Anatomy of an orogen: the Apennines and adjacent Mediterranean basins, Springer Netherlands, 401-440.

Patacca E. & Scandone P. (2007) – *Geology of the Southern Apennines*. Bollettino della Società Geologica Italiana, vol.spec. **7**, 75-199.

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*. Studi Geologici Camerti, vol.spec. **1991/92**, 417-441.

Pescatore T., Di Nocera S., Matano F. & Pinto F. (2000) – *L'Unità del Fortore nel quadro della geologia del settore orientale dei Monti del Sannio (Appennino meridionale)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **119**, 587-601.

Pieri M. (1966) – *Tentativo di ricostruzione paleogeografico-strutturale dell'Italia centro-meridionale*. Geologica Romana, **5**, 407-424.

Pieri P., Sabato L. & Tropeano M. (1996) – *Significato geodinamico dei caratteri deposizionali e strutturali della Fossa Bradanica nel Pleistocene*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 501-515.

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.

Pino N.A., Palombo B., Ventura G., Perniola B. & Ferrari G. (2008) – *Waveform modeling of historical seismograms of the 1930 Irpinia earthquake provides insight on "blind" faulting in southern Apennines (Italy)*. Journal of Geophysical Research, **113**, B05303.

Pizzi A. (2003) – *Plio-Quaternary uplift rates in the outer zone of Central Apennines fold-and-thrust belt, Italy*. Quaternary International, **101-102**, 229-237.

Porfido S., Esposito E., Luongo G. & Maturano A. (1988) – *I terremoti del XIX secolo dell'Appennino Campano-lucano*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 1105-1116.

Postpischl D. (1985) – *Atlas of isoseismal of Italian earthquakes*. CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica.

Revellino P., Guadagno F.M. & Hungr O. (2006) - *Criteri morfologici e modellazione dinamica nella valutazione della suscettibilità da frana lungo versanti carbonatici nell'Appennino Campano*. Giornale di Geologia Applicata, **3**, 159-166.

Ricchetti E., Salvemini A. & Tadolini T. (1989) – *A hydrogeological study in a sample area of the Apulian Tavoliere between Ortanova and Cerignola*. Atti del Congresso Internazionale Geingegneria, **1**, 533-540.

Ricchetti G. (1980) – *Contributo alla conoscenza strutturale della Fossa Bradanica e delle Murge*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **99**, 421-430.

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.

Ricci Lucchi F. (1980) – *Sedimentologia*. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice.

Riga G. (2007) - *La liquefazione dei terreni. Analisi, valutazione, calcolo*. Dario Flaccovio Editore.

Roure F., Casero P. & Vially R. (1991) - *Growth processes and melange formation in the southern Apennines accretionary wedge*. Earth and Planetary Science Letters, **102**, 395-412.

Russo B. & Senatore M. R. (1989) - *Ricerche sull'Unità Dauna: biostratigrafia e sedimentologia della successione di Monte Sidone nell'Appennino Dauno (Italia meridionale)*. Atti Accademia Peloritana dei Pericolanti Classe I di Scienze Fis., Mat e Nat., **67**: supplemento n°1, 79-97.

Salzano E., Scano L. & Baioni M. (2008) - *Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Foggia*. Provincia di Foggia.

Sartori R. (1989) - *Evoluzione neogenico-recente del bacino tirrenico e suoi rapporti con la geologia delle aree circostanti*. Giornale di Geologia, **51**, 1-39.

Scrocca D & Tozzi M. (1999) – *Tettogenesi mio-pliocenica dell'Appennino molisano*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **118**, 255-286.

Scrocca D., Sciamanna S., Di Luzio E., Tozzi M., Nicolai C. & Gambini R. (2007) - *Structural setting along the CROP-04 deep seismic profile (Southern Apennines - Italy)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. spec. **7**, 283-296.

Servizio Geologico d'Italia (1963) – *Carta geologica d'Italia: Foglio 174 (Ariano Irpino)*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Seed et al. (2003) - *Recent advances in soil liquefaction engineering: a unified and consistent framework* (Report nr. 2003-06); College of engineering, University of California, Berkeley; pp. **3, 5, 22**.

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.

Tanzini M. (2002) – *L'indagine geotecnica*. Dario Flaccovio Editore.

Torre M., Di Nocera S. & Matano F. (2011) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 433 Ariano Irpino*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Torre M., Di Nocera S. & Ortolani F. (1988) - *Evoluzione post-tortoniana dell'Appennino meridionale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 47-56.

Tropeano M., Marino M. & Pieri P. (1994) – *Evidenze di tettonica distensiva plio-pleistocenica al margine orientale della Fossa bradanica. L'Horst di Zagarella*. Il Quaternario, **7**, 597-606.

Tropeano M., Sabato L. & Pieri P. (2002) – *Filling and cannibalization of a foredeep: the Bradanic Trough (Southern Italy)*. In: Jones & Frostick (eds), *Sediment Flux to Basins: Causes, Controls and Consequences*, 55-79.

Tucker M.E. (1996) – *Rocce sedimentarie. Guida alla descrizione sugli affioramenti rocciosi*. Dario Flaccovio Editore.

Vallario A. (1992) – *Frane e territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio*. Liguori Editore.

Vannucci G. & Gasperini P. (2004) – *The new release of the database of Earthquake mechanisms of the Mediterranean Area (EMMA vers. 2)*. Annali di Geofisica, suppl. **47**, 307-334.

Varnes D.J. (1976) – *Slope movement types and processes*. Special Report 176, National Academy of Sciences.

Varnes D.J. (1984) - *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO.

Venisti N., Calcagnile G., Del Gaudio V. & Pierri P. (2004) – *Combined analysis of seismic and gravimetric data in Adriatic plate*. Physics of the Earth and Planetary Interiors, **142**, 89-100.

Vilardo G., Nappi R., Petti P. & Ventura G. (2003) – *Fault geometries from the space distribution of the 1990-1997 Sannio-Benevento earthquake: inference on the active deformation in Southern Apennines*. Tectonophysics, **363**, 259-271.

Vittori E., Maschio L., Ferreli L., Michetti A.M. & Serva L. (1997) – *Carta e base di dati delle faglie capaci per l'Italia centro-meridionale: presentazione e stato di avanzamento del progetto ITHACA*. Il Quaternario, **10**, 305-312.

Westaway R. (1992) – *Revised hypocentre and fault rupture geometry for the 1980 November 23 Campania-Basilicata earthquake in southern Italy*. Geophysical Journal International, **109**, 376-390.

WP/WLI, International Geotechnical Societies UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (1990) - *A suggested method for reporting a landslide*. IAEG Bulletin, **41**, 5-12.

WP/WLI, International Geotechnical Societies UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (1993) - *A suggested method for describing the activity of a landslide*. IAEG Bulletin, **47**, 53-57.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO

APPENDICE 1

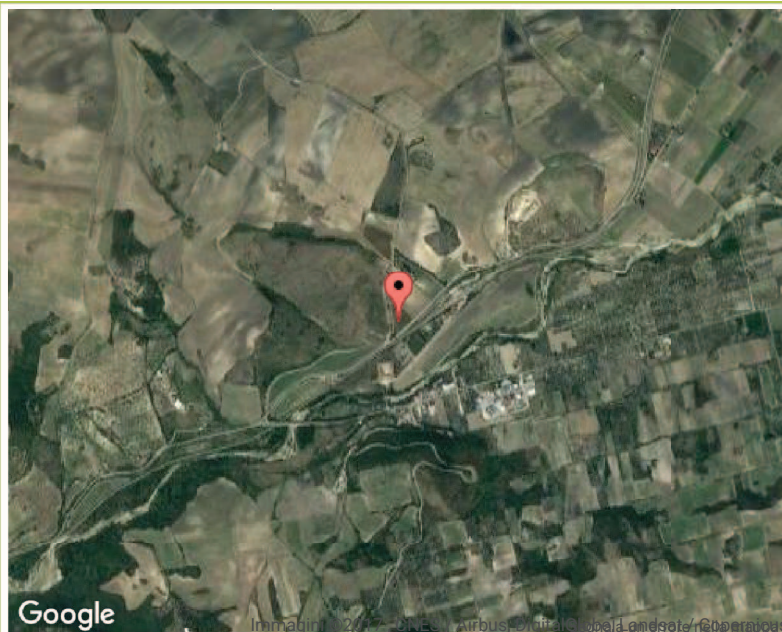
INDAGINI GEOGNOSTICHE BIBLIOGRAFICHE:

“LEGGE 464/84” – DataBase ISPRA

**Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo (Legge 464/1984)****Scheda indagine**

Codice: 199030
Regione: PUGLIA
Provincia: FOGGIA
Comune: BOVINO
Tipologia: PERFORAZIONE
Uso: DOMESTICO
Profondità (m): 56.00
Quota pc slm (m): 262
Anno realizzazione: 1991
Numero diametri: 1
Presenza acqua: SI
Portata massima (l/s): 1
Portata esercizio (l/s): ND
Numero falde: 1
Numero filtri: 0
Numero piezometrie: 1
Stratigrafia: SI
Certificazione(*): ND
Numero strati: 5
Longitudine ED50 (dd): 15.366667
Latitudine ED50 (dd): 41.278332
Longitudine WGS84 (dd): 15.365858
Latitudine WGS84 (dd): 41.277319

(*)Indica la presenza di un professionista
nella compilazione della stratigrafia

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine**DIAMETRI PERFORAZIONE**

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0	56	56	311

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	40	52	12

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
GEN / 1991	30	50	20	1

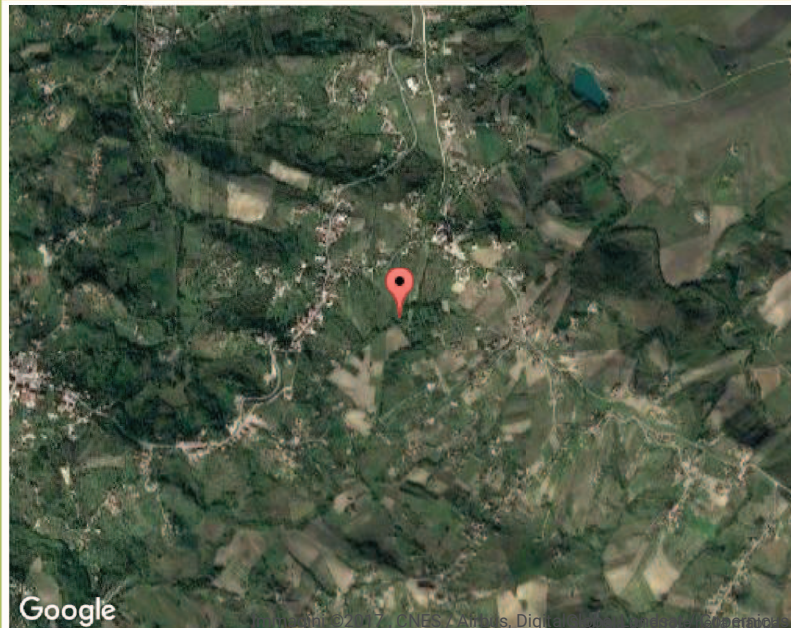
STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0	3	3.0		STRATO SUPERFICIALE O STRATO ATTIVO COSTITUITO DA TERRENO VEGETALE
2	3	10	7.0		GHIAIA MISTA CON SABBIA DI TIPO ALLUVIONALE
3	10	40	30.0		FORMAZIONE CALCAREA MISTA CON ARGILLA DI COLORE GIALLASTRO
4	40	52	12.0		FORMAZIONE CALCAREA FRATTURATA CON Falda Acquifera Freatica
5	52	56	4.0		ARGILLA IMPERMEABILE DI COLORE AZZURRO-GIALLASTRO

**Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo (Legge 464/1984)****Scheda indagine**

Codice: 171208
Regione: CAMPANIA
Provincia: AVELLINO
Comune: ARIANO IRPINO
Tipologia: PERFORAZIONE
Uso: IRRIGUO
Profondità (m): 28.50
Quota pc slm (m): 610
Anno realizzazione: 1991
Numero diametri: 1
Presenza acqua: SI
Portata massima (l/s): 1
Portata esercizio (l/s): 0.5
Numero falde: 1
Numero filtri: 0
Numero piezometrie: 1
Stratigrafia: SI
Certificazione(*): ND
Numero strati: 3
Longitudine ED50 (dd): 15.133056
Latitudine ED50 (dd): 41.164448
Longitudine WGS84 (dd): 15.132244
Latitudine WGS84 (dd): 41.163428

**(*)Indica la presenza di un professionista
 nella compilazione della stratigrafia**

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine**DIAMETRI PERFORAZIONE**

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0	28.5	28.5	250

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	26	28.5	2.5

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
OTT / 1991	25	27	2	0.4

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0	3.5	3.5		TERRENO AGRARIO
2	3.5	10	6.5		ARGILLA MISTA
3	10	28.5	18.5		SABBIA MISTA E BRECCIA

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO

APPENDICE 2

CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 2018
ITINERARIO NAPOLI – BARI, RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

Località: Orsara di Puglia (FG)	Profilo stratigrafico: Geol. Carlo BRUNELLI
Data di inizio perforazione: 24/05/2018	Data di fine perforazione: 01/06/2018
Perforazione: a rotazione con carotaggio continuo Ø 101 mm	Sonda: Ellettari EK 1000 su carro cingolato CMW MK 1000
Rivestimento: tubo acciaio Ø127 mm Prof. rivestimento: 21 m	Coordinate Gauss Boaga: 4565655.238 m N - 2543595.332 m E
Note: Foro attrezzato a Piezometro tubo aperto fino a 50 m	
Quota bocca-foro: 349.95 m slm	

Scala 1:100	Profondità'	Potenza	Stratigrafia	Perforaz.	Descrizione	Carotaggio	R.Q.D.	Campioni	S.P.T.	P.P. kg/cmq	Prova permeabilità	Tasca Prova MPT - DRT	Piezom. T.A.	Falda	Cassetta
						20 40 60 80	20406080		10203040						
1	1.00	1.00		Carotaggio ambientale - Ø 101 mm	Limo sabbioso marrone-bruno con frustoli vegetali freschi e carboniosi abbondanti e diffusi fino a m 1.1, a seguire limo sabbioso/sabbia fine limosa avana chiaro-nocciola con rari clasti litici arrotondati dispersi; graduale aumento della frazione sabbiosa con al profondità'. Consistenza morbida tendente a soda-rigida con la profondità' o addensata.				1.80	0.5					
2	1.60	1.60							2.25	1.5					
3	2.60								3.25	2.0					1
4	2.40	2.40			Limo sabbioso/limo argilloso avana scuro (avana biancastra per carotaggio a secco) con dispersi e diffusi clasti litici da angolosi a sub-arrotondati-arrotondati di natura prevalentemente calcarea e marnosa calcarea. Materiale molto consistente e/o addensato, necessita' di corte battute per avanzamento a secco (ambientale).				3.28						
5	5.00								4.30	4.50				4.70	
6				Carotaggio meccanico					4.36						
7									5.50	LF01					
8									6.00	6.00					
9									6.12						
10					Ghiaie medie e medio-grossolane talora in ciottoli in matrice sabbiosa e sabbiosa limosa avana addensata-molto addensata o scarsamente cementata, generalmente condizionata in fase di carotaggio.				9.00	8.00					2
11	16.90				Livelli cm-dm localizzati a prevalente matrice sabbiosa, alternati a livelli limoso argillosi o limoso sabbiosi marrone-nocciola con clasti da angolosi a sub-angolosi.				9.11	9.00					
12									10.00						
13									10.50						
14									12.20						
15									12.28						3
16					(Continua a pagina successiva)				15.40						4
									16.00						



ITALFERR

Sondaggio:

IF16V01

Scala 1:100

Pagina:2/6

PIEZOMETRO

Profilo stratigrafico: Geol. Carlo BRUNELLI

Data di fine perforazione: 01/06//2018

Sonda: Ellettari EK 1000 su carro cingolato CMW MK 1000

Coordinate Gauss Boaga: 4565655.238 m N - 2543595.332 m E

Note: Foro attrezzato a Piezometro tubo aperto fino a 50 m

Quota bocca-foro: 349.95 m slm

[illegible]



ITALFERR



IF16V01

Pagina: 3/6

PIEZOMETRO

[illegible]

 C.da S. Maria delle Macchie Tel. 0874.340003/16 86019 - Vinchiature (CB) Fax 0874.340014 www.imosgeo.it	Itinerario Napoli - Bari Raddoppio ferroviario tratta Apice - Orsara II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				Sondaggio:	PIEZOMETRO
	COMMITTENTE: ITALFERR				IF16V01	
	AQ n°200001093	Commessa IF16.2D01.A01.E165.I.R01	Ordine n° 100033784	Contratto Appl. n° 22	Scala 1:100	
					Pagina: 4/6	

NOTE DI SUPPORTO

Fino a 5.0 m eseguito carotaggio "ambientale"

CONFIGURAZIONE PIEZOMETRO:
n.1 Piezometro T. Aperto da 2.5"
0.0 m - 6.0 m tubo cieco
6.0 m - 50.0 m tubo micro fessurato

PROVE PRESSIOMETRICHE/DILATOMETRICHE
Prova Dilatometrica DRT 1 - Tasca prova da 8.0 - 9.0 m da p.c.;
Prova Dilatometrica DRT 2 - Tasca prova da 22.5 - 23.5 m da p.c.;

PROVA DI PERMEABILITÀ LEFRANC A CARICO COSTANTE
LF_01 TASCA PROVA tra m 4.5- 6.0
LF_02 TASCA PROVA tra m 21.0-25.3

PROVE SPT: (Raymond - punta aperta o chiusa)

Codice	Da m	A m	N1	N2	N3	Tipo punta	Note
SPT 1	1,80	2,25	14	22	33	chiusa	
SPT 2	3,25	3,28	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 3 cm di avanzamento
SPT 3	4,30	4,36	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 6 cm di avanzamento
SPT 4	6,00	6,12	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 12 cm di avanzamento
SPT 5	9,00	9,11	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 11 cm di avanzamento
SPT 6	12,20	12,28	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 8 cm di avanzamento
SPT 7	18,20	18,30	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 10 cm di avanzamento
SPT 8	21,00	21,05	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 5 cm di avanzamento
SPT 9	23,20	23,28	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 8 cm di avanzamento

LETTURE PIEZOMETRICHE IN CORSO DI SONDAGGIO:
(quote in "m" dal p.c.)

Giorno	Ora	Prof. Sondaggio	Rivestimento	Piezometrica	Note
24/05/2018	12.00	9.00	7.2	4.00	Boccaforo 30 cm
	13.00	9.00	7.20	4.00	
	18.30	20.00	17.7	5.30	
		20.00			
25/05/2018	6.3	20.00	17.7	4.70	
	12.00	25.30	20.7	4.50	
	13.00	25.30	20.7	4.50	
	16.00	30.00	25.2	4.80	
28/05/2018	8.30	30.00	25.2	4.80	
	12.15	37.35	32.7	4.60	
	13.00	37.35	32.7	4.60	
	18.00	45.00	32.7	4.80	
29/05/2018	7.00	45.00	32.7	4.60	
	12.00	50.00	32.7	4.70	

Altre Osservazioni
La misura piezometrica presa a riferimento per la colonna "Falda" del log stratigrafico riguarda:
1. - 4.70 m - livello piezometrico riferito a falda superficiale intercettata in fase di carotaggio/avanzamento.

IF16V01: Valutazione RQD

Da m	A m	Sommatoria Spezzoni Litoidi			
		<5cm	5-10cm	>10cm	
20.0	21.0	0	0	0	
21.0	22.0	0	0	0	
22.0	23.0	0	13	0	
23.0	24.0	23	0	0	
24.0	25.0	0	36	10	

25.0	26.0	0	0	12	
26.0	27.0	0	0	12	
27.0	28.0	0	22	22	
28.0	29.0	0	11	20	
29.0	30.0	7	19	0	

30.0	31.0	12	0	0	
31.0	32.0	0	9	10	
32.0	33.0	0	8	72	
33.0	34.0	0	34	25	
34.0	35.0	0	12	39	

35.0	36.0	0	8	0	
36.0	37.0	0	9	34	
37.0	38.0	0	0	0	
38.0	39.0	7	0	3	
39.0	40.0	10	22	0	

40.0	41.0	4	18	0	
41.0	42.0	5	13	24	
42.0	43.0	3	21	22	
43.0	44.0	0	21	18	
44.0	45.0	0	0	0	

45.0	46.0	5	17	0	
46.0	47.0	0	21	24	
47.0	48.0	0	24	17	
48.0	49.0	7	9	0	
49.0	50.0	12	18	17	

Località:	Orsara di Puglia (FG)	Profilo stratigrafico:	Geol. Carlo BRUNELLI
Data di inizio perforazione:	09/05/2018	Data di fine perforazione:	16/05/2018
Perforazione:	a rotazione con carotaggio continuo Ø 101 mm	Sonda:	ELLETTARI EK1000 su carro cingolato CMW MK 1000
Rivestimento:	tubo acciaio Ø127 mm Prof. rivestimento: 45 m	Coordinate Gauss Boaga:	4565580.972 mN - 2543518.565 m E
Note: Foro attrezzato a Piezometro tubo aperto fino a 51 m		Quota bocca-foro: 353.45 m slm	

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Perforaz.	Descrizione	Carotaggio	R.Q.D.	Campioni	S.P.T.	P.P. kg/cmq	Prova permeabilità	Tasca Prova MPT - DRT	Piezom. T.A.	Falda	Cassetta	
	0.35	0.35		Carotaggio ambientale - Ø 101 mm	Copertura vegetale: limo sabbioso avana scuro, con frustoli vegetali freschi e/o essiccati.		20406080		10203040							
1					Orizzonte detritico-colluviale: prevalentemente costituito da elementi litici grossolani e medio-grossolani, di forma da angolare a sub-arrotondata/arrotondata, di natura calcarea e marnoso calcarea. La matrice, ove recuperata, si presenta sabbioso-limosa/limoso-sabbiosa, avana chiaro o avana-biancastro, addensata o debolmente cementata (condizionamento da carotaggio a secco). Clasti litici di dimensioni Ø variabili, prevalentemente 1-6 cm, talora in trovanti/ciottoli grossolani. Materiale molto addensato, ad elevata frequenza litoide, necessità di manovre corte per avanzamento a secco. Da m 5 maggior recupero della frazione matriciale fina-media.				1.55					1		
2									2.00							
3		5.15							3.00							
4									3.13							
5									4.50		4.50					
6	5.50			CAROTIERE SEMPLICE T1 Ø 101 mm - Estrusore meccanico	Ghiaia medio-fina con matrice costituita da sabbia limosa avana/avana scuro o nocciola, prevalentemente condizionata da carotaggio; clasti ghiaiosi eterometrici, Ø compreso 0.2÷3 cm, e rari ciottoli localizzati. Presenti livelli localizzati a maggiore frazione sabbioso-limosa da addensati a deb. cementati. Da m 13 ghiaia media e grossa ciottolosa ad elementi in prevalenza calcarei e marnoso-calcarei, di forma variabile da angolosa a sub-arrotondata/arrotondata, con dilavamento della frazione matriciale.			CR 1	4.60							
7									5.10		4.62		LF01			
8										6.00		6.00			6.00	
9										6.13						
10		7.50								9.30						
11										10.00				DRT_01		
12										10.50					10.50	
13										12.00						
14		2.00								12.41						3
15	15.00															
16		1.80			Sabbia medio-grossa limosa, con ghiaia medio-fina (Ø 1-3 cm) alternata da livelli dm della stessa natura a granulometria più fine, o orizzonti prevalentemente ghiaiosi con ghiaia da fina a grossa, più significativi tra m 16.8÷17.4. Rari livelli/orizzonti dm limo-sabbiosi con inclusi mm-cm sia angolosi che arrotondati (15,5÷15,8, 18,0÷18,2, 18,6÷18,8, 20,2÷20,5). Materiale complessivamente addensato-molto addensato.			CR 3	15.30							
17	16.80								15.80							
18	17.40	0.60													4	
19		3.10								18.20						
20	20.50								CR 4	20.00					5	



Raddoppio ferroviario tratta Apice - Orsara
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

COMMITTENTE: ITALFERR

Sondaggio:

IF16V02

Scala 1:100

Pagina: 2/5

PIEZOMETRO

Localita': Orsara di Puglia (FG)

Profilo stratigrafico: Geol. Carlo BRUNELLI

Data di inizio perforazione: 09/05/2018

Data di fine perforazione: 16/05/2018

Perforazione: a rotazione con carotaggio continuo Ø 101 mm

Sonda: ELLETTARI EK1000 su carro cingolato CMW MK 1000

Rivestimento: tubo acciaio Ø127 mm Prof. rivestimento: 45 mm

Coordinate Gauss Boaga: 4565580.972 mN - 2543518.565 m E

Note: Foro attrezzato a Piezometro tubo aperto fino a 51 m

Quota bocca-foro: 353.45 m slm

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Perforaz.	Descrizione	Carotaggio	R.Q.D.	Campioni	S.P.T.	P.P. kg/cmq	Prova permeabilità	Tasca Prova MPT - DRT	Piezom. T.A.	Falda	Cassetta
21	20.50	6.40		CAROTIERE SEMPLICE T1 Ø 101 mm - Estrusore meccanico	Orizzonte detritico/destrutturato costituito da sabbie limose fini e medio fini da debolmente argillose ad argillose, di colore grigio-azzurro, con diffusi litici cm o sottili strati fratturati di natura prevalentemente calcarenitica (grigio e grigio scuro) e rare lamine di marne calcaree grigio chiaro; rari nuduli o lamine marnose localizzate di colore brunoastro. Materiale addensato-molto addensato. Livelli/orizzonti dm litoidi localizzati, recuperati in spezzoni resistenti o frammenti cm angolosi di natura calcarenitica-arenacea (debole reazione HCl).		20406080	25.00 CR 5 25.50	10203040 21.20 21.32 24.00 24.26						5
22															
23															
24															
25															
26															
27	26.90	1.90		CAROTIERE SEMPLICE T1 Ø 101 mm - Estrusore meccanico	Alternanza di strati calcarenitici/arenacei (1-4 cm) molto resistenti, talora molto fratturati, e sabbia limosa deb. argillosa avana giallastra, con livello localizzato di sabbia limosa omogenea (dilatato-condizionato da utilizzo doppio carotiere NT6).		20406080	27.00 27.10	26.70 LF02 27.50 27.90 DRT_02 28.50				6		
28															
29	28.80														
30		2.60		CAROTIERE SEMPLICE T1 Ø 101 mm - Estrusore meccanico	Alternanza sottilmente stratificata tra argille sabbiose-limose e sabbie argillose grigio-celesti o grigio-verdoline, addensate-molto addensate o deb.cementate, intercalata da strati sottili e resistenti di calcarenite grigia, marna calcarea verdolina e calcare biancastro. Dilavamento materiale in fase di utilizzo NT6 e T1.		20406080	29.00 29.04	29.00 CR6 29.55					7	
31															
32	31.40														
33															
34		3.40		CAROTIERE SEMPLICE T1 Ø 101 mm - Estrusore meccanico	Sabbia media e medio-fine addensata, grigio celeste e avana giallastro tra m 32.0+32.5, con sottili intercalazioni calcarenitiche e marnoso calcaree dello stesso colore. Materiale molto addensato, condizionato/dilavato in fase di carotaggio.		20406080								
35	34.80														
36	35.80	1.00		CAROTIERE SEMPLICE T1 Ø 101 mm - Estrusore meccanico	Marna calcarea in strati sottili (discolidali); tra m 35.3+35.8 recuperata in frammenti.		20406080								
37															
38															
39	38.70	2.90		CAROTIERE SEMPLICE T1 Ø 101 mm - Estrusore meccanico	Sabbia grigia a grana media e medio-fine, a luoghi con strati argillosi-limosi del medesimo colore, e intercalazioni di marne calcaree e/o calcarenitiche.		20406080								8
40															



Raddoppio ferroviario tratta Apice - Orsara
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

COMMITTENTE: ITALFERR

Sondaggio:

IF16V02

Scala 1:100

Pagina:3/5

PIEZOMETRO

Localita': Orsara di Puglia (FG)

Profilo stratigrafico: Geol. Carlo BRUNELLI

Data di inizio perforazione: 09/05/2018

Data di fine perforazione: 16/05/2018

Perforazione: a rotazione con carotaggio continuo Ø 101 mm

Sonda: ELLETTARI EK1000 su carro cingolato CMW MK 1000

Rivestimento: tubo acciaio Ø127 mm Prof. rivestimento: 45 mm

Coordinate Gauss Boaga: 4565580.972 mN - 2543518.565 m E

Note: Foro attrezzato a Piezometro tubo aperto fino a 51 m

Quota bocca-foro: 353.45 m slm

[illegible]

 C.da S. Maria delle Macchie Tel. 0874.340003/16 86019 - Vinchiaturo (CB) Fax 0874.340014 www.imosgeo.it	Itinerario Napoli - Bari Raddoppio ferroviario tratta Apice - Orsara II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				Sondaggio:	IF16V02 Pagina: 4/5	PIEZOMETRO
	COMMITTENTE: ITALFERR						
	AQ n°200001093	Commessa IF16.2D01.A01.E165.I.R01	Ordine n° 100033784	Contratto Appl. n° 22			
	NOTE DI SUPPORTO						

Fino a 5.1 m eseguito carotaggio "ambientale"

CONFIGURAZIONE PIEZOMETRO:

n.1 Piezometro T. Aperto da 2.5"

0.0 m - 6.0 m tubo cieco

6.0 m - 51.0 m tubo micro fessurato

PROVE PRESSIOMETRICHE/DILATOMETRICHE

Prova Dilatometrica DRT 1 - Tasca prova da 9.5 - 10.5 m da p.c.;

Prova Dilatometrica DRT 2 - Tasca prova da 27.5 - 28.5 m da p.c.;

PROVA DI PERMEABILITÀ LEFRANC A CARICO COSTANTE

LF_01 TASCA PROVA tra m 4.5 - 6.0

LF_02 TASCA PROVA tra m 26.7 - 27.9

PROVE SPT: (Raymond - punta aperta o chiusa)

Codice	Da m	A m	N1	N2	N3	Tipo punta	Note
SPT 1	1,55	2,00	8	5	8	chiusa	
SPT 2	3,00	3,13	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 13 cm di avanzamento
SPT 3	4,50	4,62	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 12 cm di avanzamento
SPT 4	6,00	6,13	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 13 cm di avanzamento
SPT 5	9,30	9,75	15	30	43	chiusa	
SPT 6	12,00	12,41	27	23	77	chiusa	Rifiuto in N3 con 11 cm di avanzamento
SPT 7	18,20	18,30	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 10 cm di avanzamento
SPT 8	21,20	21,32	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 12 cm di avanzamento
SPT 9	24,00	24,26	48	100	-	chiusa	Rifiuto in N2 con 11 cm di avanzamento
SPT 10	27,00	27,10	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 10 cm di avanzamento
SPT 11	29,00	29,04	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 4 cm di avanzamento

LETTURE PIEZOMETRICHE IN CORSO DI SONDAGGIO:

(quote in "m" dal p.c.)

Giorno	Ora	Prof. Sondaggio	Rivestimento	Piezometrica	Note
09/05/2018	12.00	5.00	3.00	-	Asciutto
	17.30	9.30	7.50	6.30	
10/05/2018	7.15	9.30	7.50	6.00	Probabile falda
	17.50	16.80	15.00	6.10	
11/05/2018	7.00	16.80	15.00	6.15	
	12.00	22.80	22.30	7.20	
	12.40	22.80	22.30	7.16	
14/05/2018	8.00	22.80	22.30	6.90	
	18.50	34.80	29.7	7.35	
15/05/2018	6.50	34.80	29.7	7.00	
	16.15	42.20	39.50	6.90	
16/05/2018	6.40	42.20	39.50	7.05	
	12.00	50.20	44.7	7.20	

ALTRE OSSERVAZIONI

La misura piezometrica presa a riferimento per la colonna "Falda" del log stratigrafico riguarda:

1. - 6.00 m - livello piezometrico riferito a falda superficiale intercettata in fase di carotaggio/avanzamento.

IF16V02: Valutazione RQD

Da m	A m	Sommatoria Spezzoni Litoidi			
		<5cm	5-10cm	>10cm	
25.0	26.0	0	0	0	
26.0	27.0	0	0	0	
27.0	28.0	2	7	0	
28.0	29.0	9	25	0	
29.0	30.0	28	0	0	
30.0	31.0	7	6	0	
31.0	32.0	0	0	0	
32.0	33.0	0	0	0	
33.0	34.0	0	0	0	
34.0	35.0	3	10	0	
35.0	36.0	0	0	0	
36.0	37.0	0	0	0	
37.0	38.0	0	0	0	
38.0	39.0	8	0	0	
39.0	40.0	8	6	0	
40.0	41.0	0	0	0	
41.0	42.0	0	0	0	
42.0	43.0	4	0	0	
43.0	44.0	5	0	0	
44.0	45.0	22	8	39	
45.0	46.0	7	7	79	
46.0	47.0	11	8	36	
47.0	48.0	8	6	0	
48.0	49.0	6	25	10	
49.0	50.0	0	20	0	

**COMMITTENTE: ITALFERR**

IF16V03

Pagina: 1/6

DOWN HOLE

Profilo stratigrafico: Geol. Carlo BRUNELLI

Data di fine perforazione: 22/05/2018

Sonda: ELLETTARI EK1000 su carro cingolato CMW MK 1000

Coordinate Gauss Boaga: 4565542.856 m N - 2543462.829 m E

Quota bocca-foro: 352.50 m slm

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Perforaz.	Descrizione	Carotaggio	R.Q.D.	Campioni	S.P.T.	P.P. kg/cmq	Prova permeabilità	Tasca Prova MPT - DRT	Tubo D-H PVC Ø 3"	Falda	Cassetta
		0.70		Carotaggio ambientale - Ø 101 mm	Copertura vegetale: limo sabbioso argilloso marrone bruno con sparsi frustoli vegetali; da m 0.7 sabbia medio-fina limosa con diffusi clasti ghiaiosi mm=cm. Mediamente addensato o consistente.	20 40 60 80	20406080		10203040						
1	0.70	0.40							1.50						
2	1.10								1.62						
3		3.90			Ghiaia da fina a grossolana e rari ciottoli con matrice limosa e sabbioso-limosa nocciola o avana-biancastra; clasti poligenici di prevalente di natura calcareo-calcarenitica e marnoso-calcareo, di forma variabile da subangolosa ad arrotondata. Nei tratti meno condizionati da carotaggio: limo argilloso nocciola-marrone con inclusi angolosi/arrotondati con plaghette e noduli mm nerastri carboniosi.				3.35					1	
4									3.80						
5	5.00								4.50						
6									4.95						
7									5.00						
8		6.00							5.50						
9									6.20						
10					Sabbia medio-grossa e ghiaia da fina a grossa con rari ciottoli, ad elementi di natura calcareo-calcarenitica, in subordine marnosi e marnoso-calcarei; intercalati alcuni livelli cm a matrice sabbiosa limosa nettamente prevalente, addensata-molto addensata.				6.30						
11	11.00				Tra m 11.0-12.0 e m 14.1-15.0 orizzonti di limo argilloso grigio e grigio azzurrognolo con dispersi litici cm angolosi o sub-arrotondati, a struttura indistinta (condizionati/ammorbiditi da carotaggio).				8.50						
12	12.00	1.00							8.62						
13		2.10							9.50						
14	14.10								10.00						
15	15.00	0.90							12.00						
16	15.50	0.80							12.09						
17	16.30	0.95													
18	17.25	1.05													
				CAROTIERE SEMPLICE T1 Ø 101 mm - Estrusore meccanico	Limo argilloso sabbioso marrone con dispersi litici cm angolosi e sub-angolosi, passante da m 16.3 a limo sabbioso deb. argilloso beige con sparsi litici c.s., abbondanti tra m 17.0-17.2. Da m 17.25 a 18 orizzonte a matrice sabbioso-limosa avana chiaro con livelli deb. argillosi azzurrognoli. Materiale consistente-molto consistente, addensato-molto addensato a seguire (perforazione lenta).				15.00						
									15.50						

**COMMITTENTE: ITALFERR**

IF16V03

Pagina: 2/6

DOWN HOLE

Profilo stratigrafico: Geol. Carlo BRUNELLI

Data di fine perforazione: 22/05/2018

Sonda: ELLETTARI EK1000 su carro cingolato CMW MK 1000

Coordinate Gauss Boaga: 4565542.856 m N - 2543462.829 m E

Quota bocca-foro: 352.50 m slm

[illegible]

Localita':	Orsara di Puglia (FG)	Profilo stratigrafico:	Geol. Carlo BRUNELLI
Data di inizio perforazione:	17/05/2018	Data di fine perforazione:	22/05/2018
Perforazione:	a rotazione con carotaggio continuo Ø 101 mm	Sonda:	ELLETTARI EK1000 su carro cingolato CMW MK 1000
Rivestimento:	tubo acciaio Ø127 mm Prof. rivestimento 45 m	Coordinate Gauss Boaga :	4565542.856 m N - 2543462.829 m E
Note: Foro attrezzato con tubo Down Hole da 3" fino a 50.8 m		Quota bocca-foro: 352.50 m slm	

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Perforaz.	Descrizione	Carotaggio	R.Q.D.	Campioni	S.P.T.	P.P. kg/cmq	Prova permeabilità	Tasca Prova MPT - DRT	Tubo D-H PVC Ø 3"	Falda	Cassetta
	38.00														
	39														
	40														
	41														
	42														
	42.00														
	43														
	44														
	45														
	46														
	46.00														
	47														
	48														
	49														
	50														
	50.80														

50.80

 C.da S. Maria delle Macchie Tel. 0874.340003/16 86019 - Vinchiato (CB) Fax 0874.340014 www.imosgeo.it	Itinerario Napoli - Bari Raddoppio ferroviario tratta Apice - Orsara II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA				Sondaggio:	IF16V03 Pagina: 4/6	DOWN HOLE
	COMMITTENTE: ITALFERR						
	AQ n°200001093	Commessa IF16.2D01.A01.E165.I.R01	Ordine n° 100033784	Contratto Appl. n° 22			

NOTE DI SUPPORTO

Fino a 6.2 m eseguito carotaggio "ambientale"

CONFIGURAZIONE TUBO DOWN-HOLE:
tra m 0.0÷50.8 tubo PVC cieco da 3"

PROVA DI PERMEABILITÀ LEFRANC A CARICO COSTANTE

LF_01 TASCA PROVA tra m 5.0- 6.2

LF_02 TASCA PROVA tra m 25.1-26.3

PROVE PRESSIOMETRICHE/DILATOMETRICHE

Prova Dilatometrica DRT 1 - Tasca prova da 7.50 - 8.50 m da p.c. (*);

Prova Dilatometrica DRT 2 - Tasca prova da 22.50 - 23.50 m da p.c.;

PROVE SPT: (Raymond - punta aperta o chiusa)

Codice	Da m	A m	N1	N2	N3	Tipo punta	Note
SPT 1	1.5	1.62	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 12 cm di avanzamento
SPT 2	3.35	3.8	8	49	36	chiusa	
SPT 3	4.5	4.95	20	25	47	chiusa	
SPT 4	6.2	6.3	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 10 cm di avanzamento
SPT 5	8.5	8.62	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 12 cm di avanzamento
SPT 6	12.0	12.09	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 9 cm di avanzamneto
SPT 7	18.3	18.41	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 11 cm di avanzamento
SPT 8	24.0	24.02	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 2 cm di avanzamento
SPT 9	27.0	27.03	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 3 cm di avanzamento

LETTURE PIEZOMETRICHE IN CORSO DI SONDAGGIO:
(quote in "m" dal p.c.)

Giorno	Ora	Prof. Sondaggio	Rivestimento	Piezometrica	Note
17/05/2018	12.00	8.7	7.5	4.15	
	13.00	8.7	7.5	4.15	
	18.00	18.3	16.5	4.77	
18/05/2018	6.3	18.3	16.5	4.6	
	12.00	26.3	25.1	4.5	
	13.00	26.3	25.1	4.53	
	16.30	29.0	27.0	4.55	
21/05/2018	8.30	29.0	26.7	4.55	
	12.00	35.0	32.6	4.55	
	13.00	35.0	32.6	4.55	
	17.00	41.0	38.6	4.5	
22/05/2018	7.00	41.0	38.6	4.55	
	12.00	48.5	44.7	4.8	
	13.30	48.5	44.7	4.7	
	17.00	50.0	44.7	4.7	

ALTRE OSSERVAZIONI

(*) La prova Dilatometrica DRT 1 è stata eseguita in un foro adiacente al sondaggio (a ~2 m) effettuato a distruzione di nucleo.

La misura piezometrica presa a riferimento per la colonna "Falda" del log stratigrafico riguarda:

1. - 4.15 m - livello piezometrico riferito a falda superficiale intercettata in fase di carotaggio/avanzamento.

IF16V03: Valutazione RQD

Da m	A m	Sommatoria Spezzoni Litoidi			
		<5cm	5-10cm	>10cm	
20.0	21.0	14	12	12	
21.0	22.0	8	27	0	
22.0	23.0	4	6	0	
23.0	24.0	3	9	0	
24.0	25.0	18	44	14	

25.0	26.0	8	10	0	
26.0	27.0	0	0	0	
28.0	28.0	4	0	0	
23.0	29.0	4	0	0	
24.0	30.0	0	0	0	

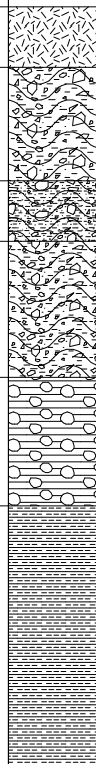
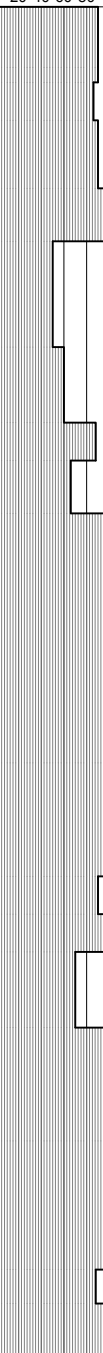
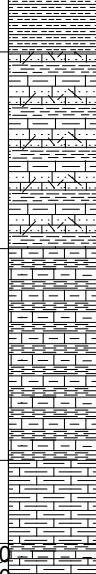
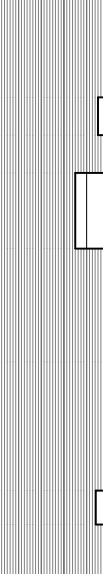
30.0	31.0	0	0	0	
31.0	32.0	0	0	0	
32.0	33.0	2	0	0	
33.0	34.0	3	0	0	
34.0	35.0	2	0	0	

35.0	36.0	12	0	0	
36.0	37.0	11	0	0	
37.0	38.0	0	0	0	
38.0	39.0	2	31	28	
39.0	40.0	4	23	11	

40.0	41.0	11	12	0	
41.0	42.0	5	9	20	
42.0	43.0	9	22	34	
43.0	44.0	7	0	10	
44.0	45.0	0	0	0	

45.0	46.0	4	16	10	
46.0	47.0	0	5	10	
47.0	48.0	0	0	0	
48.0	49.0	8	0	0	
49.0	50.0	4	10	0	

Località:	ORSARA DI PUGLIA (FG)	Profilo stratigrafico:	Geol. Carlo BRUNELLI
Data di inizio perforazione:	16/05/2018	Data di fine perforazione:	19/05/2018
Perforazione:	a rotazione con carotaggio continuo Ø 101 mm	Sonda:	EGT 710
Rivestimento:	tubo acciaio Ø127 mm Prof. rivestimento: 39.0 m	Coordinate Gauss Boaga:	4565972.270 mN - 2543383.033 m E
Note: Foro attrezzato con TUBO INCLINOMETRICO		Quota bocca-foro: 400.54 m slm	

Scala 1:100	Profondita'	Potenza	Stratigrafia	Perforaz.	Descrizione	Carotaggio	R.Q.D.	Campioni	S.P.T.	P.P. kg/cmq	Prova permeabilità	Inclinometro	Falda	Cassetta
						20 40 60 80	20406080		10203040					
1	0.80	0.80		CAROTIERE SEMPLICE T1 Ø 101 mm - Estrusore meccanico	Riporto: misto stabilizzato a matrice sabbiosa grigiastra.									
2	1.50	Sabbia-limosa grigiastra, con inclusi clasti cm angolosi calcarei e marnoso calcarei (max 5cm).			1.50				50					
3	2.30	Limo sabbioso grigiastro bruno con dispersi litici cm angolosi-sub-angolosi (Ø 1÷3cm) e frustoli vegetali carboniosi; rari nuclei cm biancastri da decalcificazione. Struttura assente; consistente.			1.53									
4	3.10	Orizzonte di aspetto detritico, costituito da sabbia limosa grigio chiaro con diffuso pezzame litico da minuto a grossolano, prevalentemente angoloso e sub-angoloso. Molto addensato/scarsamente cementato.			3.10				30					
5	4.90	Argilla limosa grigio-verdognola con abbondanti inclusi lapidei cm angolosi e sub-angolosi di marna calcarea grigiastra e trovanti di arenaria grigio verdognolo fino a 6÷7cm di spessore; destrutturata da carotaggio, per elevata presenza lapidea.			3.12				50					
6	6.60	Argilla limosa grigio-verdognola con abbondanti inclusi lapidei cm angolosi e sub-angolosi di marna calcarea grigiastra e trovanti di arenaria grigio verdognolo fino a 6÷7cm di spessore; destrutturata da carotaggio, per elevata presenza lapidea.			4.50				50	4.50				
7					4.54					LF_01				
8					6.00				15	24				
9					6.45									
10					7.50				2					
11	10.90	4.30		Doppio Carotiere NT6 + Cor. Diamantata	Argilla limoso-sabbiosa grigio-verdognola, intercalata da livelletti di limo sabbioso ocraceo; rari noduli nerastri carboniosi e frustoli vegetali in decomposizione avanzata fino a ~9.0 m. Struttura generalmente indistinta o disturbata. Mediamente consistente.				7.95	5				
12					9.30				7					
13					9.75				8					
14	13.50	2.60			11.00				10	13				
15					11.22									
16					12.50				13					
17	16.30	2.80			12.52				50					
18	17.40	1.10			14.00				13					
	17.60	0.20			14.45				15	24				
	0.60				15.90				13					
			16.09	13										



Raddoppio ferroviario tratta Apice - Orsara
II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA - ORSARA

COMMITTENTE: ITALFERR



Sondaggio:

IF16R25

Scala 1:100

Pagina:2/4

INCLINOMETRO

Localita': ORSARA DI PUGLIA (FG)

Profilo stratigrafico: Geol. Carlo BRUNELLI

Data di inizio perforazione: 16/05/2018

Data di fine perforazione: 19/05/2018

Perforazione: a rotazione con carotaggio continuo Ø 101 mm

Sonda: EGT 710

Rivestimento: tubo acciaio Ø127 mm Prof. rivestimento: 39.0 m

Coordinate Gauss Boaga: 4565972.270 mN - 2543383.033 m E

Note: Foro attrezzato con TUBO INCLINOMETRICO

Quota bocca-foro: 400.54 m slm

[illegible]



II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA – ORSARA

COMMITTENTE: ITALFERR

Sondaggio:

IF16R25

Scala 1:100

Pagina:3/4

NCLINOMETRO

Localita': ORSARA DI PUGLIA (FG)

Profilo stratigrafico: Geol. Carlo BRUNELLI

Data di inizio perforazione: 16/05/2018

Data di fine perforazione: 19/05/2018

Perforazione: a rotazione con carotaggio continuo Ø 101 mm

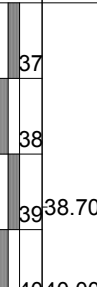
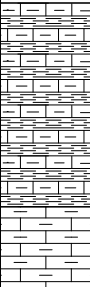
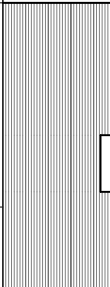
Sonda: EGT 710

Rivestimento: tubo acciaio Ø127 mm Prof. rivestimento: 39.0 m

Coordinate Gauss Boaga: 4565972.270 mN - 2543383.033 m E

Note: Foro attrezzato con TUBO INCLINOMETRICO

Quota bocca-foro: 400.54 m slm

Scala 1:100		
Profondita'		
Potenza	3.70 1.30	
Stratigrafia		
Perforaz.	Doppio Carotiere NT6 + Cor. Diamantata	
Descrizione	Marna argillosa grigia di aspetto massivo. Da poco a mediamente fratturata; resistenza da estremamente a molto debole. Al letto, giunto di strato ad alto angolo (70÷80°). Marna calcarea grigio-verdolina, compatta, poco fratturata e mediamente resistente, in strati dm (med. >10cm), passante verso la base a calcare marnoso molto resistente con interstratificazioni cm tenere ocracee.	
Carotaggio	20 40 60 80 20406080	
R.Q.D.		
Campioni		
S.P.T.	10203040	
P.P. kg/cmq		
Prova permeabilità		
Inclinometro	39.00	
Falda		
Cassetta	8	

 C.da S. Maria delle Macchie Tel. 0874.340003/16 86019 - Vinchiaturro (CB) Fax 0874.340014 www.imosgeo.it	Itinerario Napoli - Bari Raddoppio ferroviario tratta Apice - Orsara II LOTTO FUNZIONALE HIRPINIA – ORSARA				Sondaggio:	IF16R25 Pagina: 4/4	PIEZOMETRO
	COMMITTENTE: ITALFERR						
	AQ n°200001093	Commessa IF16.2D01.A01.E165.I.R01	Ordine n° 100033784	Contratto Appl. n° 22			
	NOTE DI SUPPORTO						

CONFIGURAZIONE INCLINOMETRO:

Tubo in alluminio fino a 39.00 m dal p.c.

PROVA DI PERMEABILITÀ LEFRANC A CARICO VARIABILE IN ABBASSAMENTO

LF_01 TASCA PROVA tra m 4.50 ÷ 5.50

LF_02 TASCA PROVA tra m 18.00 ÷ 20.00

PROVE SPT: (Raymond - punta aperta o chiusa)

Codice	Da m	A m	N1	N2	N3	Tipo punta	Note
SPT 1	1.50	1.53	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 3 cm di avanzamento
SPT 2	3.10	3.12	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 2 cm di avanzamento
SPT 3	4.50	4.54	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 4 cm di avanzamento
SPT 4	6.00	6.45	4	15	24	chiusa	
SPT 5	7.50	7.95	6	10	19	chiusa	
SPT 6	9.30	9.75	5	7	16	chiusa	
SPT 7	11.00	11.22	34	100	-	chiusa	Rifiuto in N2 con 7 cm di avanzamento
SPT 8	12.50	12.52	50	-	-	chiusa	Rifiuto in N1 con 2 cm di avanzamento
SPT 9	14.00	14.45	15	17	24	chiusa	
SPT 10	15.90	16.09	47	100	-	aperta	Rifiuto in N2 con 4 cm di avanzamento

LETTURE PIEZOMETRICHE IN CORSO DI SONDAGGIO:

(quote in "m" dal p.c.)

Giorno	Ora	Prof. Sondaggio	Rivestimento	Piezometrica	Note
16/05/2018	17:00	6.00	4.00	B.f.	
17/05/2018	7:03	6.00	4.00	Assente	
17/05/2018	13:00	20.00	18.00	B.f.	
17/05/2018	14:00	20.00	18.00	0.25	
17/05/2018	17:00	28.00	27.00	B.f.	
18/05/2018	7:00	28.00	27.00	Assente	

IF16R25: Valutazione RQD

Da m	A m	Sommatoria Spezzoni Litoidi			
		<5cm	5-10cm	>10cm	
10.0	11.0	0	0	0	
11.0	12.0	4	41	13	
12.0	13.0	0	14	0	
13.0	14.0	0	0	0	
14.0	15.0	0	0	0	

15.0	16.0	0	0	0	
16.0	17.0	7	15	29	
17.0	18.0	20	8	25	
18.0	19.0	10	7	0	
19.0	20.0	0	0	0	

20.0	21.0	0	0	0	
21.0	22.0	0	0	0	
22.0	23.0	4	7	53	
23.0	24.0	2	7	23	
24.0	25.0	0	0	32	

25.0	26.0	6	17	64	
26.0	27.0	24	9	34	
27.0	28.0	17	0	45	
28.0	29.0	14	0	11	
29.0	30.0	9	6	33	

30.0	31.0	0	13	25	
31.0	32.0	4	0	77	
32.0	33.0	6	7	67	
33.0	34.0	9	17	29	
34.0	35.0	14	19	15	

35.0	36.0	0	0	0	
36.0	37.0	0	0	0	
37.0	38.0	0	0	0	
38.0	39.0	0	0	44	
39.0	40.0	3	25	62	

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO

APPENDICE 3

SCHEDA DEGLI STOP GEOLOGICI E STAZIONI GEOMECCANICHE

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S01

Data: 17/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

225

50

FAE

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

523857.00 m E, 4565774.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Nei pressi dell'imbocco della Orsara lato Napoli

Parete rocciosa a tergo della galleria stradale sulla S.S.90,
al km 48+900 circa**Dimensioni affioramento:**

Lunghezza 40 m, Altezza 20 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: alternanza di calcari, calcareniti e marne

Formazione: Flysch di Faeto (FAE)

Colore: grigio-biancastro

Stratificazione: a medio-alto angolo

DipDir/Dip

255/55

N° famiglie di discontinuità: 3 famiglie di discontinuità + famiglia random + stratificazione

Indice GSI:

60÷70

Disturbi tettonici: non visibili alla scala dell'affioramento

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S01

Data:

29/05/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

Stazione ferroviaria di Orsara - destra
idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete (°)

imm.

incl.

Formazione / Litotipo

225

50

FAE

SCHEMA DI RILIEVO GEOMECCANICO

LUNGHEZZA SCAN-LINE (m):

10

ID	D	IMM	INCL	T	L	A	R	O	S	P(%)	C	SP	ALT.	TIPO DI GIUNTO
1	0,5	11	81	I										K2
2	0,8	10	78	I										K2
3	0,9	13	78	I										K2
4	1,8	122	44	A		0,2				100				K1
5	1,8	8	64	A										K2
6	2,85	6	80	A										K2
7	2,85	182	72	A										K3
8	2,95	11	80	I						50				K2
9	3,25	1	78	I										K2
10	3,6	171	66	I										K3
11	4	118	63	A		0,1				100				K1
12	4	14	62	A										K2
13	4,3	20	70	I						50				K2
14	4,9	15	85	I										K2
15	5,15	15	82	I										K2
16	5,25	14	69	I										K2
17	5,5	116	65	I		0,2	Cc+Gr			100				K1
18	5,8	11	79	I										K2
19	5,9	10	79	I						50				K2
20	6	15	80	I										K2
21	6,2	102	50	I		0,1	Gr			100				K1
22	6,2	7	75	I										K2
23	6,5	6	87	A										K2
24	6,5	176	46	A						30				K3
25	6,8	9	78	I										K3
26	7,15	20	85	I										K3
27	7,3	22	85	I										K2
28	7,6	17	78	I						40				K2
29	7,75	15	80	I		0,1								K2
30	8,3	20	85	I										K2
31	8,7	22	80	I										K2
32	8,8	189	57	I										K3
33	9,1	190	60	I										K3
34														
35														
36														
37														

D: distanza della frattura intercettata dallo zero del nastro

T: tipo di terminazione A: contro un'altra discontinuità, I: nella matrice rocciosa, O: non visibile o estesa oltre l'estremità dell'affioramento

L: distanza della terminazione dal nastro

A: apertura della discontinuità (mm)

R: materiale di riempimento: C: cataclastico M: breccia cementata ("milonite") Ca: calcite Cc: coesivo Gr: granulare

O: ondulazione

S: scabrezza

P: persistenza

C: consistenza

F: frequenza

Sp: spaziatura

Note:

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S01

Data:

29/05/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

Stazione ferroviaria di Orsara - destra
idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete (°)

imm.

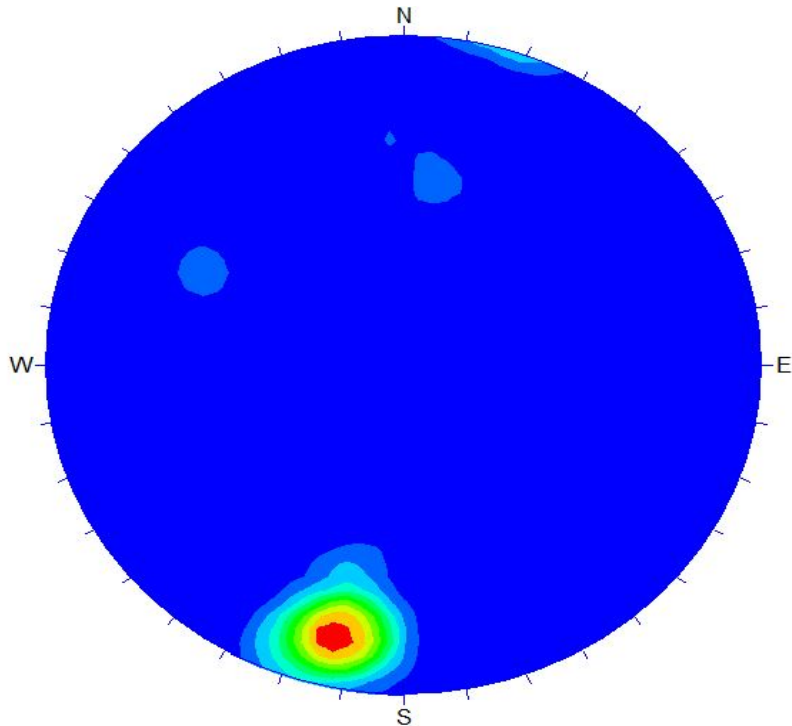
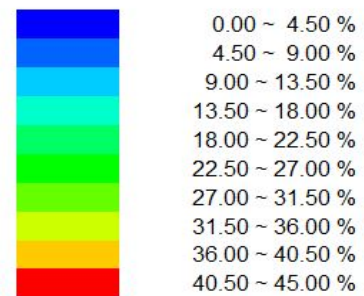
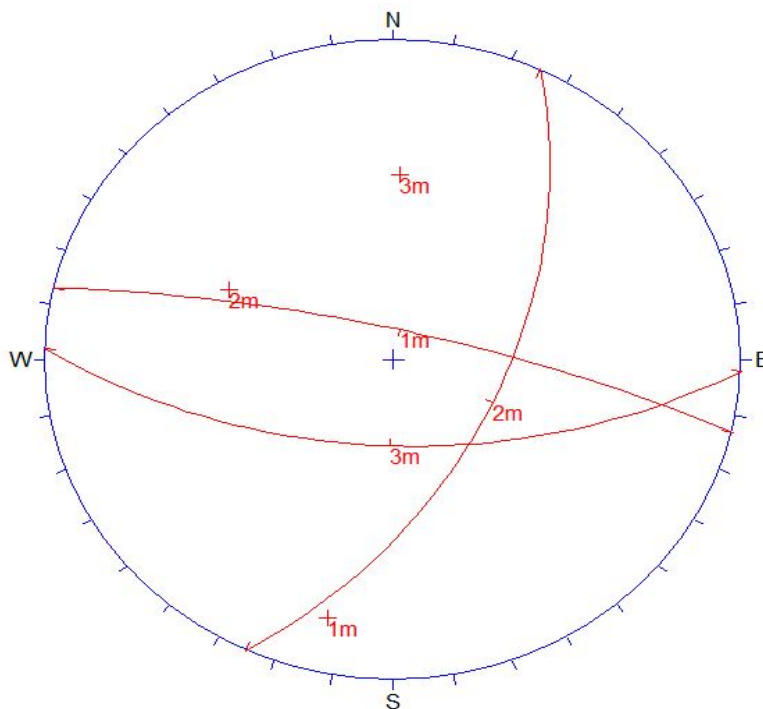
incl.

Formazione / Litotipo

225

50

FAE

ELABORAZIONE STATISTICA DELLE DISCONTINUITA'Fisher
Concentrations
% of total per 1.0 % areaNo Bias Correction
Max. Conc. = 43.0611%Equal Angle
Lower Hemisphere
33 Poles
33 EntriesOrientations
ID Dip / Direction

1	m	79 / 013
2	m	55 / 115
3	m	60 / 182

Equal Angle
Lower Hemisphere
33 Poles
33 Entries

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR

STAZIONE GEOMECCANICA:

S01

Data:

29/05/2018

Operatore/i:

ENSER

Località:

*S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro*

Orientamento parete

Formazione / Litotipo

Dip

Dip Direction

225

50

FAE

PROFILI DI RUGOSITA'**ID giunto**

JRC

K3

10÷12

K3

6÷8

K1

8÷10

K2

8÷10

K2

8÷10

K1

8÷10

20,00 cm

MISURE TRAMITE MARTELLO DI SCHMIDT	S01
------------------------------------	-----

CORRELAZIONE R--> σ_c

DATI DI INPUT				
NUMERO DELLA DISCONTINUITÀ (O STRATO)	DENSITÀ DELLA ROCCIA γ (kN/m³)	ANGOLO SCHMIDT HAMMER vs ORIZZONTALE α (°)	INDICE DI RIMBALZO R	INDICE DI RIMBALZO NORMALIZZATO $R_{corretto}$
1	25	-45	54	54
2	25	45	38	33
3	25	45	33	28
4	25	45	43	39
5	25	45	40	35
6	25	45	35	30

DATI DI OUTPUT
UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH σ_c (Mpa)
155
54
42
73
59
46

UCS media	
σ_c (Mpa)	71

FOTO POSTAZIONE DEL RILIEVO GEOMECCANICO



STAZIONE GEOMECCANICA S01

Località: Stazione ferroviaria di Orsara - destra idrografica torrente Cervaro
 Data: 29/05/2018

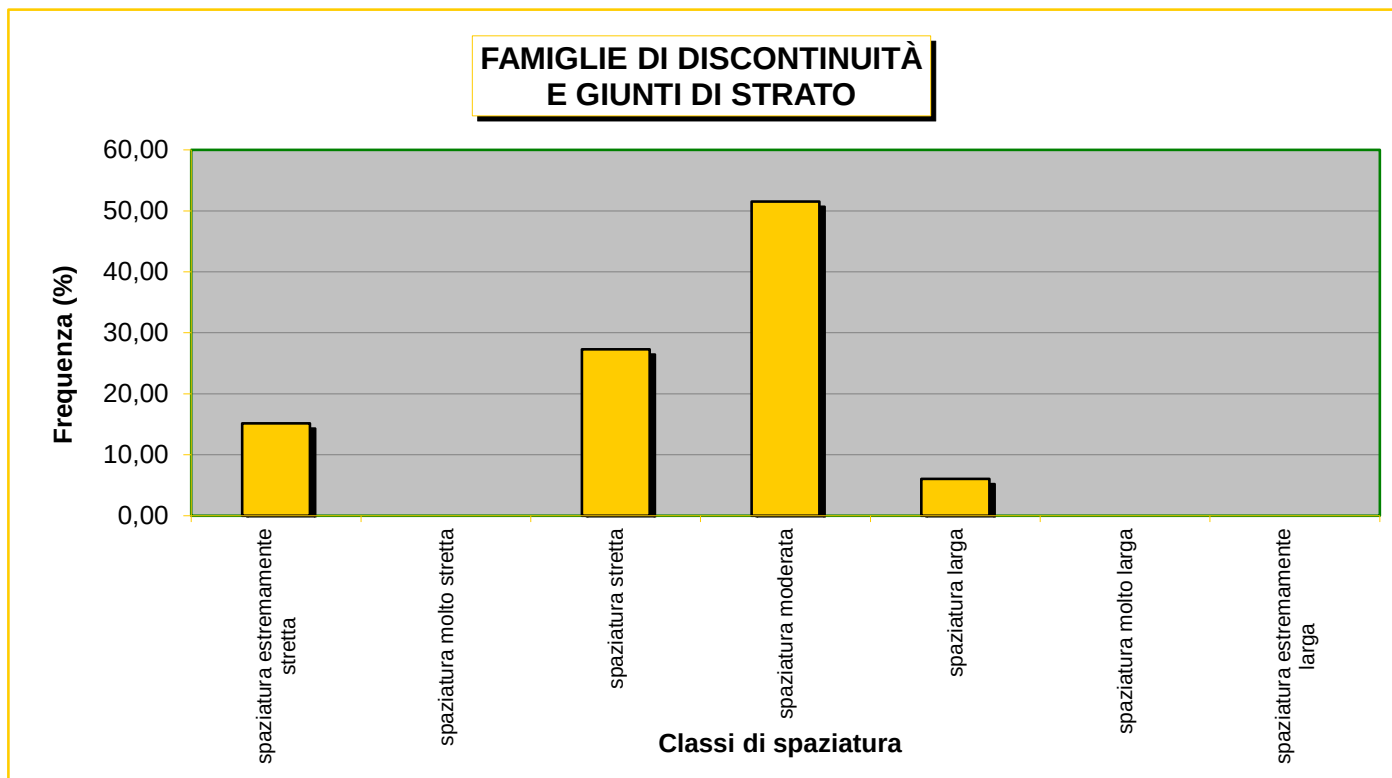
Orientazione parete: 225 (dip direction)
 50 (dip)

Litotipo: FAE

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO

ANALISI DELLE SPAZIATURE

DESCRIZIONE CLASSE	SPAZIATURA CLASSI (mm)	N° dati	FREQUENZA (%)	MEDIA	Dev. St
spaziatura estremamente stretta	<20	5	15,15	0,00	-
spaziatura molto stretta	20÷60	0	/	/	/
spaziatura stretta	60÷200	9	27,27	122,22	36,32
spaziatura moderata	200÷600	17	51,52	355,88	102,90
spaziatura larga	600÷2000	2	6,06	975,00	106,07
spaziatura molto larga	2000÷6000	0	/	/	/
spaziatura estremamente larga	>6000	0	/	/	/



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S02

Data: 17/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

120

70

BVNa

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

524686.00 m E, 4565948.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Scarpata stradale lungo la S.S.90, al km 49+700 circa

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 8 m, Altezza 4 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: conglomerati e arenarie

Formazione: Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)

Colore: grigio-giallastro

Stratificazione: a medio-alto angolo

DipDir/Dip

245/55

N° famiglie di discontinuità: non rilevabili

Indice GSI:

30÷40

Disturbi tettonici: non visibili alla scala dell'affioramento

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S03

Data: 17/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

220

60

FAE

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

524613.00 m E, 4565819.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Scarpata stradale lungo la S.S.90, al km 49+600 circa

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 30 m, Altezza 10 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: alternanza di calcari, calcareniti e marne

Formazione: Flysch di Faeto (FAE)

Colore: grigio-biancastro

Stratificazione: a medio-alto angolo

DipDir/Dip

250/47

N° famiglie di discontinuità: 2 famiglie di discontinuità + famiglia random + stratificazione

Indice GSI:

50÷60

Disturbi tettonici: non visibili alla scala dell'affioramento

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S03

Data:

23/11/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete (°)

imm.

incl.

220

60

Formazione / Litotipo

FAE

SCHEMA DI RILIEVO GEOMECCANICO

LUNGHEZZA SCAN-LINE (m):

10

ID	D	IMM	INCL	T	L	A	R	O	S	P(%)	C	SP	ALT.	TIPO DI GIUNTO
1	0,2	154	44	I										K1
2	0,9	143	61	A		0,1				100				K1
3	0,9	19	41	A		0,2	Gr							K2
4	1,4	16	52	I						50				K2
5	2	38	35	I										RANDOM
6	3,5	158	87	I										K1
7	3,8	140	56	I		0,2				100				K1
8	4,7	11	52	O						100				K2
9	5,7	141	80	O						100				K1
10	7,4	19	60	I										K2
11	7,9	142	86	A		2								K1
12	7,9	350	53	A										RANDOM
13	8,2	9	51	I						50				K2
14	8,7	42	30	A										K3
15	9,8	68	34	I										K3
16	>10,0	144	65							100				K1
17	>10,0	357	35											RANDOM
18	>10,0	229	35											K4
19	>10,0	248	54											STRATO
20	>10,0	179	85											RANDOM
21	>10,0	245	55											K4
22	>10,0	256	55											K4
23	>10,0	336	42			0,1				100				K1
24	>10,0	332	89											K1
25	>10,0	65	34											K3
26	>10,0	253	55											K4
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														

D: distanza della frattura intercettata dallo zero del nastro

T: tipo di terminazione A: contro un'altra discontinuità, I: nella matrice rocciosa, O: non visibile o estesa oltre l'estremità dell'affioramento

L: distanza della terminazione dal nastro

A: apertura della discontinuità (mm)

R: materiale di riempimento: C: cataclastico M: breccia cementata ("milonite") Ca: calcite Cc: coesivo Gr: granulare

O: ondulazione

S: scabrezza

P: persistenza

C: consistenza

F: frequenza

Sp: spaziatura

Note:

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S03

Data:

23/11/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete (°)

imm.

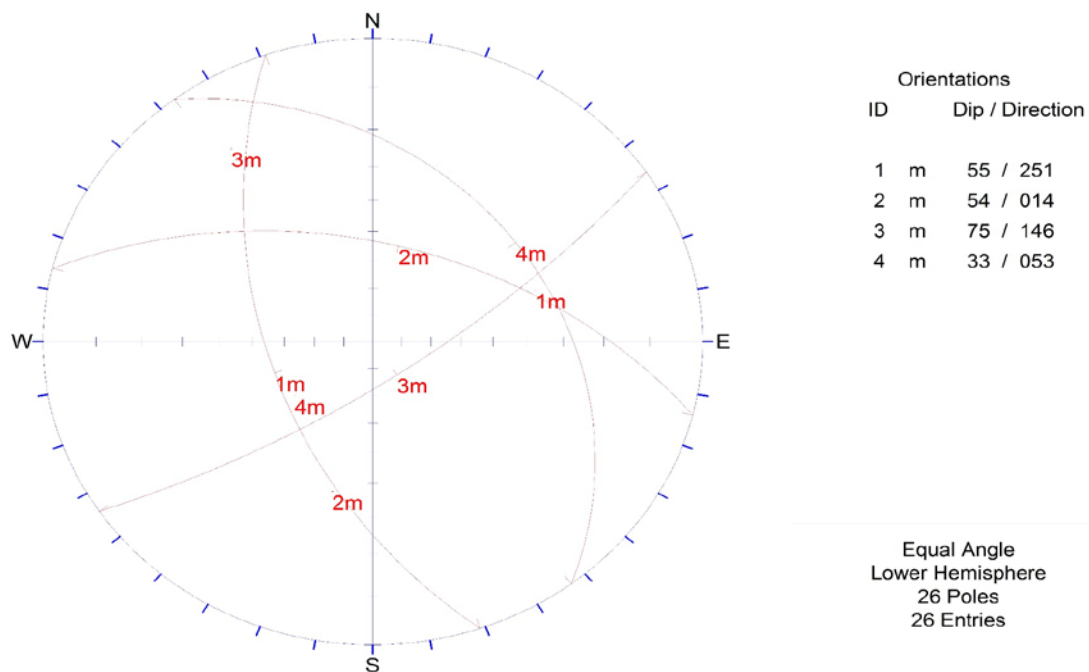
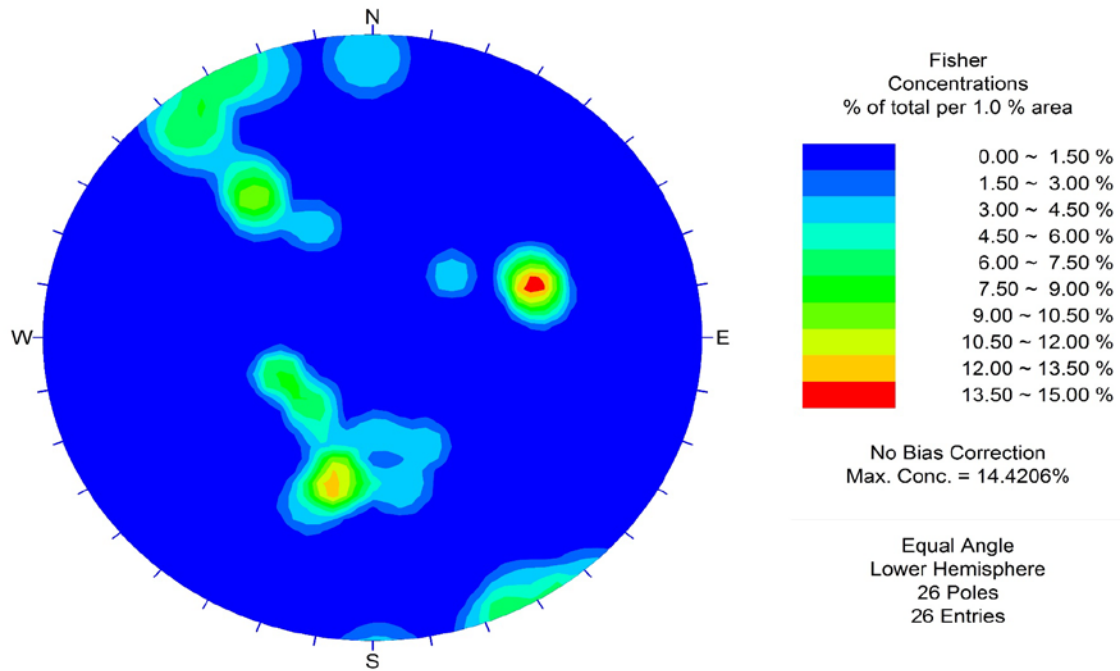
incl.

220

60

Formazione / Litotipo

FAE

ELABORAZIONE STATISTICA DELLE DISCONTINUITA'

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR

STAZIONE GEOMECCANICA:

S03

Data:

23/11/2018

Operatore/i:

ENSER

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Formazione / Litotipo

Dip

Dip Direction

220

60

FAE

PROFILI DI RUGOSITA'**ID giunto****JRC**

K1

4÷6

K1

2÷4

S

2÷4

K2

4÷6

20,00 cm

MISURE TRAMITE MARTELLO DI SCHMIDT

S03

CORRELAZIONE R--> σ_c

DATI DI INPUT				
NUMERO DELLA DISCONTINUITÀ	DENSITÀ DELLA ROCCIA	ANGOLO SCHMIDT HAMMER vs ORIZZONTALE	INDICE DI RIMBALZO	INDICE DI RIMBALZO NORMALIZZATO
(O STRATO)	γ (kN/m³)	α (°)	R	R _{corretto}
1	25	0	12	9
2	25	0	18	15
3	25	0	20	17
4	25	0	20	17
5	25	-45	28	27
6	25	-45	25	24
7	25	0	15	12
8	25	0	15	12
9	25	0	15	12
10	25	-45	20	19
11	25	0	15	12
12	25	0	15	12
13	25	-45	18	17
14	25	0	15	12

DATI DI OUTPUT
UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH σ_c (Mpa)
16
21
24
24
41
35
18
18
18
27
18
18
24
18

UCS media	
σ_c (Mpa)	23

FOTO POSTAZIONE DEL RILIEVO GEOMECCANICO



STAZIONE GEOMECCANICA S03

Località: S.S.90 delle Puglie - Sinistra idrografica torrente Cervaro

Data: 23/11/2018

Orientazione parete:

220

(dip direction)

60

(dip)

Litotipo:

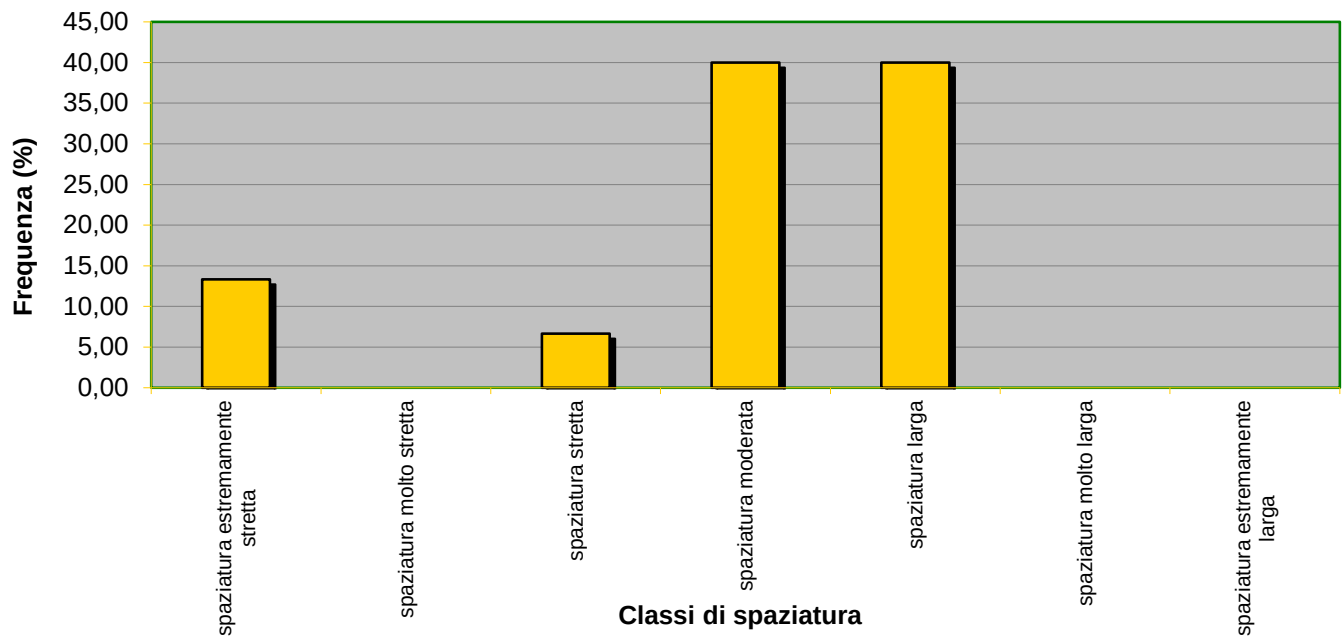
FAE

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO

ANALISI DELLE SPAZIATURE

DESCRIZIONE CLASSE	SPAZIATURA CLASSI (mm)	N° dati	FREQUENZA (%)	MEDIA	Dev. St
spaziatura estremamente stretta	<20	2	13,33	0,00	0,00
spaziatura molto stretta	20÷60	0	0,00	0,00	78,38
spaziatura stretta	60÷200	1	6,67	122,22	36,32
spaziatura moderata	200÷600	6	40,00	355,88	102,90
spaziatura larga	600÷2000	6	40,00	975,00	106,07
spaziatura molto larga	2000÷6000	0	/	/	/
spaziatura estremamente larga	>6000	0	/	/	/

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S04

Data: 17/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

190

5

BVNa

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

525069.00 m E, 4566456.00 m N

Ubicazione stop geologico:Lungo strada vicinale nei pressi della S.S.90, in prossimità
del km 50+500 circa**Dimensioni affioramento:**

Lunghezza 25 m, Altezza 2 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: arenarie quarzoso-feldpatiche

Formazione: Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)

Colore: grigio-giallastro

Stratificazione: a basso angolo, non misurabile

DipDir/Dip

--

N° famiglie di discontinuità: non rilevabili

Indice GSI:

--

Disturbi tettonici: non visibili

Note: la formazione è sub-affiornate, fortemente degradata ed alterata per effetto degli agenti atmosferici



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S05

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

90

35

BVNa

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

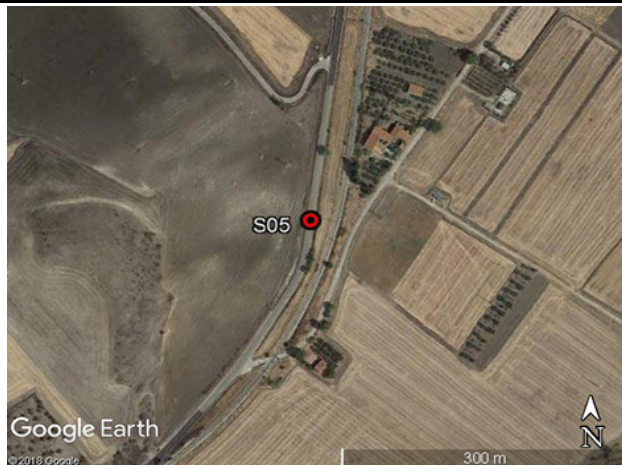
531737.00 m E, 4570319.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Scarpata stradale lungo la S.S.90, al km 58+600 circa

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 10 m, Altezza 2 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: arenarie in banchi da medi a spessi

Formazione: Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)

Colore: grigiastro

Stratificazione: a basso angolo

DipDir/Dip

240/10

N° famiglie di discontinuità: 2 famiglie di discontinuità + famiglia random + stratificazione

Indice GSI:

60÷70

Disturbi tettonici: non visibili

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S06

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

85

50

BVNa

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

531363.00 m E, 4569974.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Scarpata a tergo di un fabbricato su S.S.90, al km 58+100

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 20 m, Altezza 5 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: Conglomerati e arenarie in banchi spessi

Formazione: Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)

Colore: grigiastro

Stratificazione: a medio-alto angolo

DipDir/Dip 55/43

N° famiglie di discontinuità: non rilevabili

Indice GSI: 60÷70

Disturbi tettonici: non visibili

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S07

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

250

80

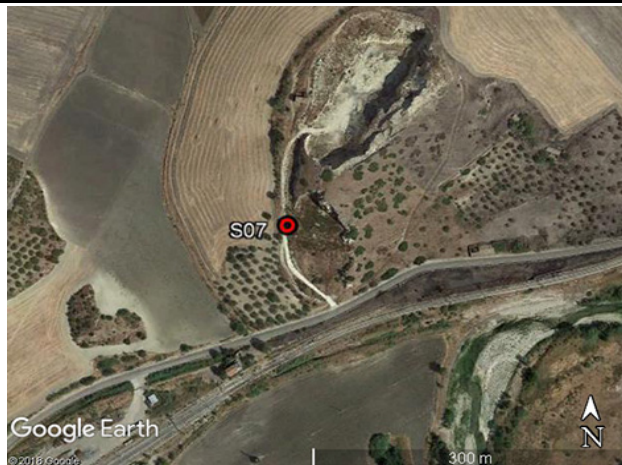
BVNa

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

531138.00 m E, 4570004.00 m N

Ubicazione stop geologico:Parete SW della cava abbandonata nei pressi della
Stazione di Bovino**Dimensioni affioramento:**

Lunghezza 100 m, Altezza 40 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: Conglomerati e arenarie massivi in banchi spessi

Formazione: Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)

Colore: grigio-giallastro

Stratificazione: a medio-alto angolo

DipDir/Dip

130/46

N° famiglie di discontinuità: 3 famiglie + stratificazione

Indice GSI:

70÷80

Disturbi tettonici: non visibili

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S07

Data:

22/11/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete (°)

imm.

incl.

250

80

Formazione / Litotipo

BVNa

SCHEMA DI RILIEVO GEOMECCANICO

LUNGHEZZA SCAN-LINE (m):

10

ID	D	IMM	INCL	T	L	A	R	O	S	P(%)	C	SP	ALT.	TIPO DI GIUNTO
1	0,3	235	84	A										K1
2	1,3	199	83	A										K1
3	2	206	74	O										K1
4	2,9	210	88	A										K1
5	3,2	166	75	A										K4
6	3,5	211	85	A										K1
7	3,6	192	86	A										K1
8	4,8	194	75	A										K1
9	4,9	185	85	A										K1
10	6	339	55	I										K3
11	7	178	80	A										K1
12	7,8	87	67	I										K2
13	9,2	208	69	O										K1
14	9,7	177	79	I										K1
15	>10,0	350	55	O										K3
16	>10,0	350	62	O										K3
17	>10,0	338	71	O										K3
18	>10,0	220	86	O										K1
19	>10,0	34	88	O										K1
20	>10,0	84	83	O										K2
21	>10,0	196	82	O										K1
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														

D: distanza della frattura intercettata dallo zero del nastro

T: tipo di terminazione A: contro un'altra discontinuità, I: nella matrice rocciosa, O: non visibile o estesa oltre l'estremità dell'affioramento

L: distanza della terminazione dal nastro

A: apertura della discontinuità (mm)

R: materiale di riempimento: C: cataclastico M: breccia cementata ("milonite") Ca: calcite Cc: coesivo Gr: granulare

O: ondulazione

S: scabrezza

P: persistenza

C: consistenza

F: frequenza

Sp: spaziatura

Note:

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S07

Data:

22/11/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete (°)

imm.

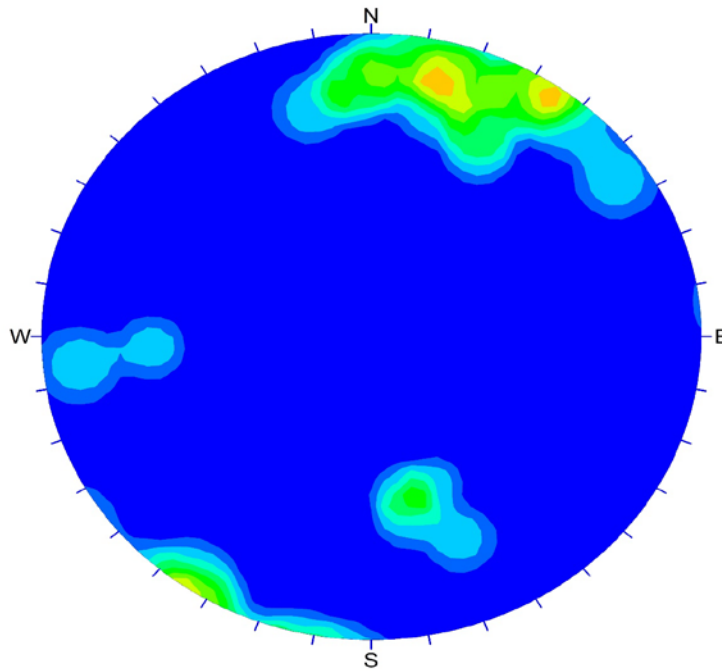
incl.

250

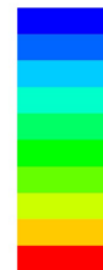
80

Formazione / Litotipo

BVNa

ELABORAZIONE STATISTICA DELLE DISCONTINUITA'

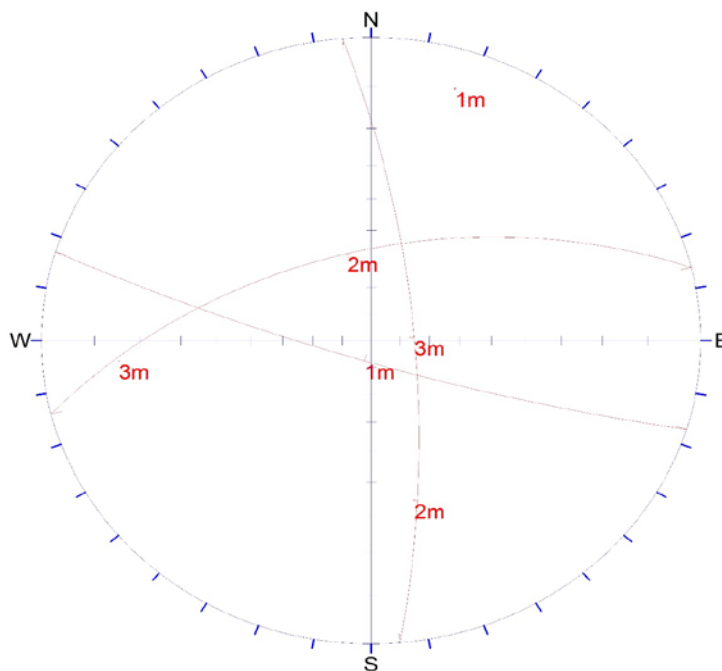
Fisher
Concentrations
% of total per 1.0 % area



0.00 ~ 2.00 %
2.00 ~ 4.00 %
4.00 ~ 6.00 %
6.00 ~ 8.00 %
8.00 ~ 10.00 %
10.00 ~ 12.00 %
12.00 ~ 14.00 %
14.00 ~ 16.00 %
16.00 ~ 18.00 %
18.00 ~ 20.00 %

No Bias Correction
Max. Conc. = 17.6771%

Equal Angle
Lower Hemisphere
21 Poles
21 Entries



Orientations

ID Dip / Direction

1 m 82 / 197
2 m 57 / 346
3 m 75 / 085

Equal Angle
Lower Hemisphere
21 Poles
21 Entries

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR

STAZIONE GEOMECCANICA:

S07

Data:

22/11/2018

Operatore/i:

ENSER

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Formazione / Litotipo

Dip

Dip Direction

250

80

BVNa

PROFILI DI RUGOSITA'**ID giunto****JRC**

K1

16÷18

K1

12÷14

K4

4÷6

K3

4÷6

K2

4÷6

20,00 cm

MISURE TRAMITE MARTELLO DI SCHMIDT	S07
CORRELAZIONE R--> σ_c	

DATI DI INPUT				
NUMERO DELLA DISCONTINUITÀ (O STRATO)	DENSITÀ DELLA ROCCIA γ (kN/m ³)	ANGOLO SCHMIDT HAMMER vs ORIZZONTALE α (°)	INDICE DI RIMBALZO R	INDICE DI RIMBALZO NORMALIZZATO R _{corretto}
1	25	-45	35	34
2	25	-45	30	29
3	25	-45	25	24
4	25	-45	30	29
5	25	-45	35	34
6	25	-45	30	29
7	25	-45	30	29
8	25	-45	30	29
9	25	-45	35	34
10	25	-45	25	24
11	25	-45	30	29
12	25	-45	30	29
13	25	-45	30	29
14	25	-45	35	34
15	25	-45	35	34

DATI DI OUTPUT
UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH σ_c (Mpa)
58
45
35
45
58
45
45
45
58
35
45
45
45
58
58

UCS media	
σ_c (Mpa)	48

FOTO POSTAZIONE DEL RILIEVO GEOMECCANICO



STAZIONE GEOMECCANICA S07

Località: S.S.90 delle Puglie - Sinistra idrografica torrente Cervaro

Data: 22/11/2018

Orientazione parete:

250

(dip direction)

80

(dip)

Litotipo:

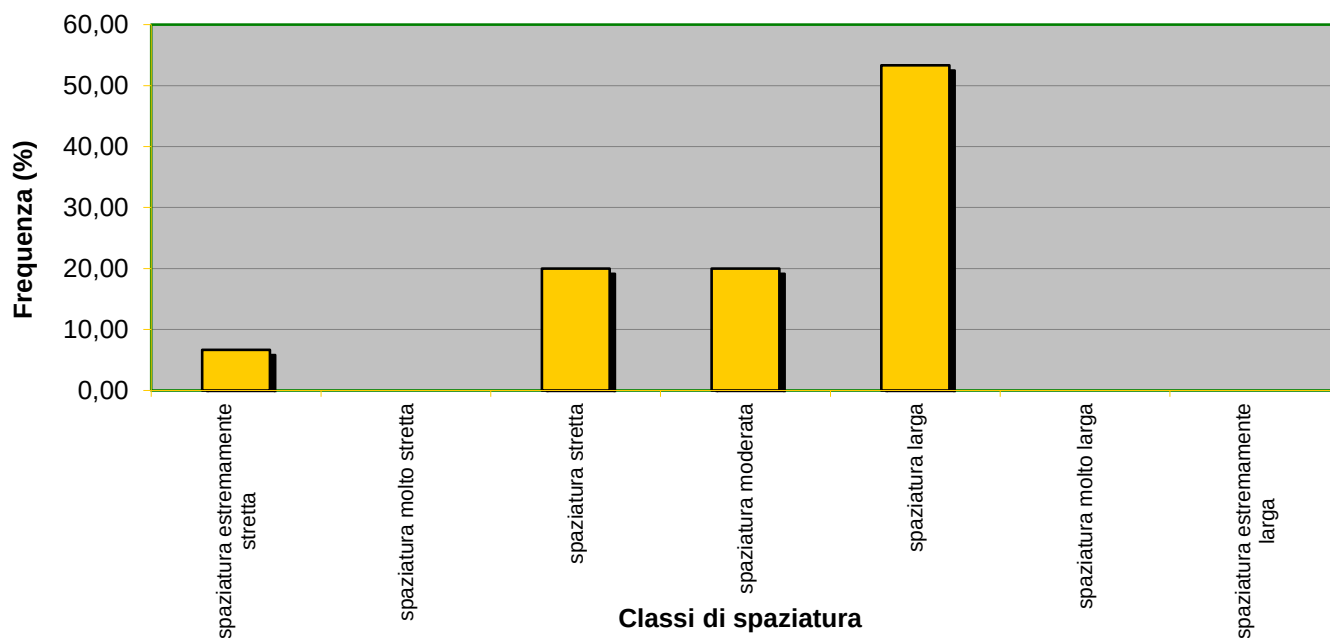
BVNa

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO

ANALISI DELLE SPAZIATURE

DESCRIZIONE CLASSE	SPAZIATURA CLASSI (mm)	N° dati	FREQUENZA (%)	MEDIA	Dev. St
spaziatura estremamente stretta	<20	1	6,67	0,00	0,00
spaziatura molto stretta	20÷60	0	0,00	0,00	78,38
spaziatura stretta	60÷200	3	20,00	122,22	36,32
spaziatura moderata	200÷600	3	20,00	355,88	102,90
spaziatura larga	600÷2000	8	53,33	975,00	106,07
spaziatura molto larga	2000÷6000	0	/	/	/
spaziatura estremamente larga	>6000	0	/	/	/

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S08

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

210

70

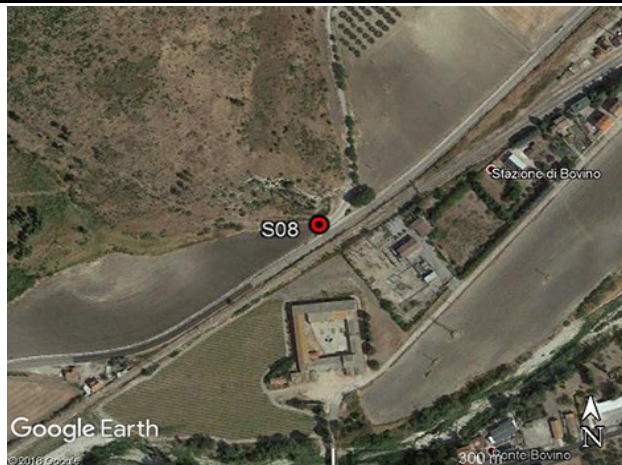
FAE

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

530570.00 m E, 4569513.00 m N

Ubicazione stop geologico:Affioramento sul lato di monte della S.S.90, al km 57+100
circa, nei pressi della Stazione di Bovino**Dimensioni affioramento:**

Lunghezza 90 m, Altezza 20 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: alternanza di calcari, calcareniti e marne

Formazione: Flysch di Faeto (FAE)

Colore: variabile da grigio-giallastro a grigio-rossastro

Stratificazione: a medio angolo

DipDir/Dip 43/42

N° famiglie di discontinuità: 2 famiglie + random + stratificazione

Indice GSI: 50÷60

Disturbi tettonici: non visibili

Note:



ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

S08

Data: 22/11/2018

Enser

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

imm.

incl.

FAE

LUNGHEZZA SCAN-LINE (m):

7.9

D: distanza della frattura intercettata dallo zero del nastro

T: tipo di terminazione A: contro un'altra discontinuità, I: nella matrice rocciosa, O: non visibile o estesa oltre l'estremità dell'affioramento

L: distanza della terminazione dal nastro

A: apertura della discontinuità (mm)

R: materiale di riempimento: C: cataclastico M: breccia cementata ("milonite") Ca: calcite Cc: coesivo Gr: granulare

O: ondulazione

S: scabrezza

P: persistenza

C: consistenza

F: frequenza

Sp: spaziatura

Note:

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S08

Data:

22/11/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete (°)

imm.

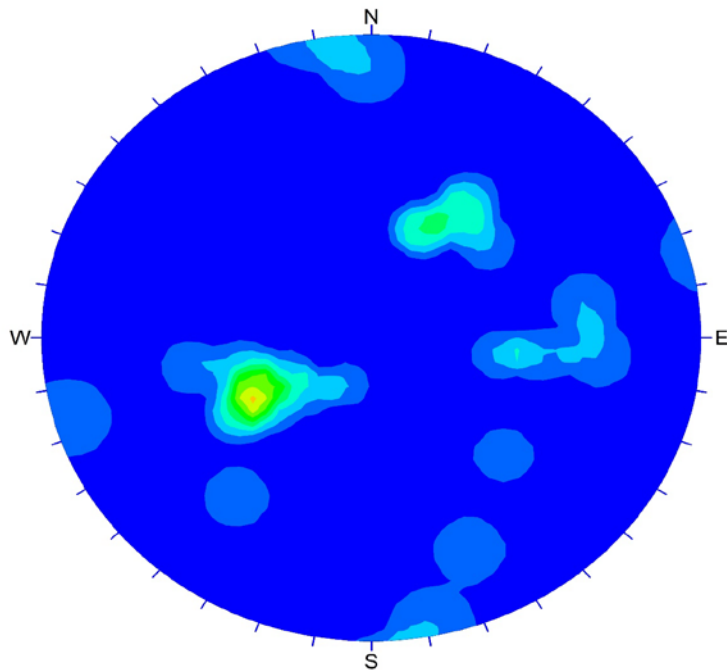
incl.

210

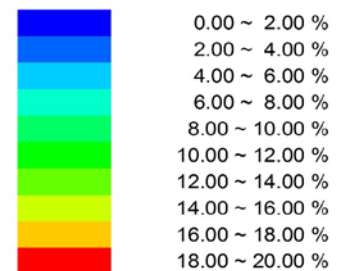
70

Formazione / Litotipo

FAE

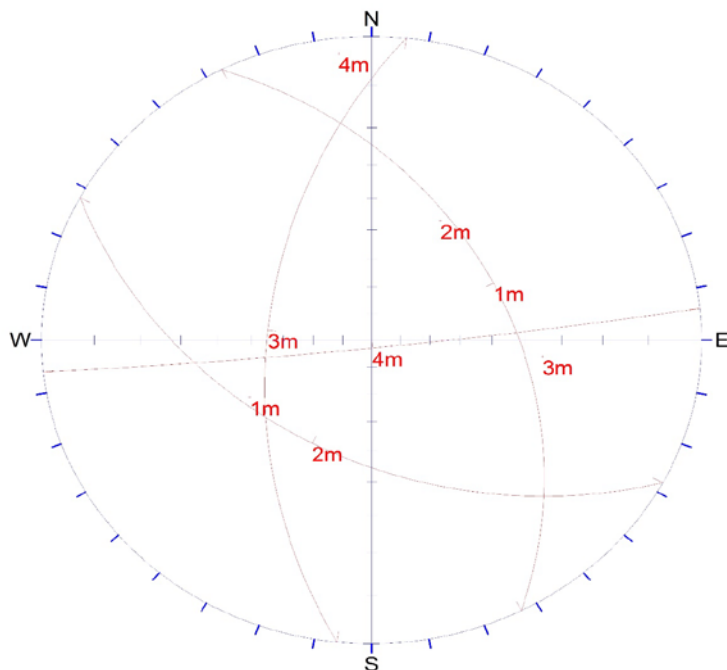
ELABORAZIONE STATISTICA DELLE DISCONTINUITA'

Fisher
Concentrations
% of total per 1.0 % area



No Bias Correction
Max. Conc. = 16.6284%

Equal Angle
Lower Hemisphere
25 Poles
25 Entries



Orientations
ID Dip / Direction

ID	Dip	Direction
1	m	45 / 063
2	m	48 / 208
3	m	55 / 276
4	m	87 / 174

Equal Angle
Lower Hemisphere
25 Poles
25 Entries

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR

STAZIONE GEOMECCANICA:

S08

Data:

22/11/2018

Operatore/i:

ENSER

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Formazione / Litotipo

Dip

Dip Direction

210

70

FAE

PROFILI DI RUGOSITA'**ID giunto****JRC**

K1

4÷6

K2

6÷8

S

2÷4

K2

12÷14

K1

4÷6

20,00 cm

MISURE TRAMITE MARTELLO DI SCHMIDT	S08
CORRELAZIONE R--> σ_c	

DATI DI INPUT				
NUMERO DELLA DISCONTINUITÀ (O STRATO)	DENSITÀ DELLA ROCCIA γ (kN/m ³)	ANGOLO SCHMIDT HAMMER vs ORIZZONTALE α (°)	INDICE DI RIMBALZO R	INDICE DI RIMBALZO NORMALIZZATO R _{corretto}
1	25	-45	35	34
3	25	-45	25	24
4	25	-45	20	19
6	25	0	20	17
7	25	0	20	17
8	25	-45	35	34
9	25	45	18	11
10	25	45	18	11
11	25	45	18	11
13	25	-45	15	14
15	25	-45	15	14
16	25	0	18	15
17	25	0	15	12
18	25	0	20	17
19	25	-45	20	19
21	25	45	20	13
23	25	-45	15	14
24	25	45	15	8

DATI DI OUTPUT
UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH σ_c (Mpa)
58
35
27
24
24
58
18
18
18
21
21
21
18
24
27
20
21
15

UCS media	
σ_c (Mpa)	26

FOTO POSTAZIONE DEL RILIEVO GEOMECCANICO



STAZIONE GEOMECCANICA S08

Località: S.S.90 delle Puglie - Sinistra idrografica torrente Cervaro

Data: 22/11/2018

Orientazione parete:

210

(dip direction)

70

(dip)

Litotipo:

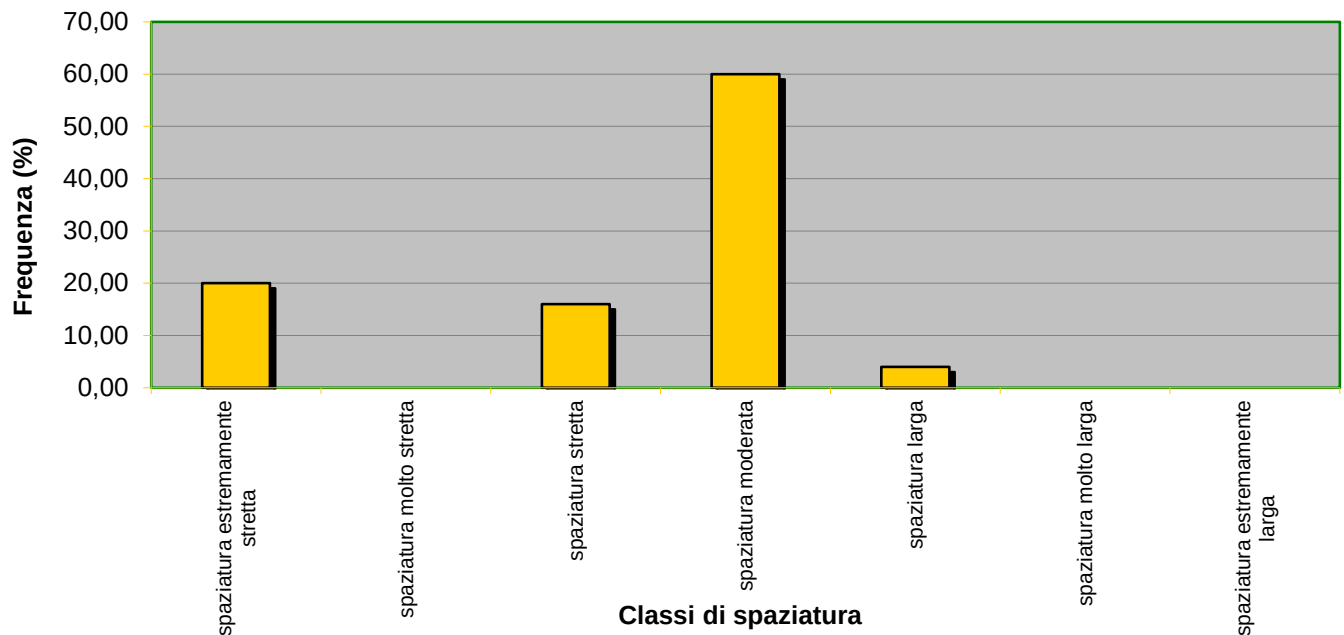
FAE

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO

ANALISI DELLE SPAZIATURE

DESCRIZIONE CLASSE	SPAZIATURA CLASSI (mm)	N° dati	FREQUENZA (%)	MEDIA	Dev. St
spaziatura estremamente stretta	<20	5	20,00	0,00	0,00
spaziatura molto stretta	20÷60	0	0,00	0,00	78,38
spaziatura stretta	60÷200	4	16,00	122,22	36,32
spaziatura moderata	200÷600	15	60,00	355,88	102,90
spaziatura larga	600÷2000	1	4,00	975,00	106,07
spaziatura molto larga	2000÷6000	0	/	/	/
spaziatura estremamente larga	>6000	0	/	/	/

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S09

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

120

80

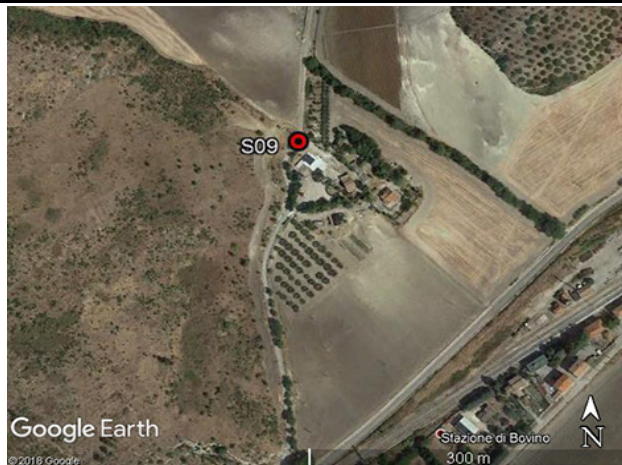
BVNa

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

530610.00 m E, 4569867.00 m N

Ubicazione stop geologico:Taglio stradale sulla viabilità secondaria che dalla Stazione
di Bovino porta a Torre Guevara**Dimensioni affioramento:**

Lunghezza 5 m, Altezza 1 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: arenarie e siltiti in strati da centimetrici a pluridecimetrici

Formazione: Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)

Colore: giallastro-ocra

Stratificazione: a basso angolo

DipDir/Dip 40/15

N° famiglie di discontinuità: 2 famiglie + stratificazione

Indice GSI: 50÷60

Disturbi tettonici: assenti

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S09

Data:

22/11/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete (°)

imm.

incl.

120

80

Formazione / Litotipo

BVNa

SCHEMA DI RILIEVO GEOMECCANICO

LUNGHEZZA SCAN-LINE (m):

8,6

ID	D	IMM	INCL	T	L	A	R	O	S	P(%)	C	SP	ALT.	TIPO DI GIUNTO
1	0,4	197	81	I			Gr							FRATTURA
2	0,6	172	82	I			Gr							FRATTURA
3	1,45	50	75	I			Gr							FRATTURA
4	2,2	49	24	I			Gr							STRATO
5	2,5	54	23	A			Gr							STRATO
6	2,5	245	71	A			Gr							FRATTURA
7	3	33	27	I			Gr							STRATO
8	3,35	214	81	A			Gr							FRATTURA
9	3,7	94	6	I			Gr							STRATO
10	4	34	10	I			Gr							STRATO
11	4,15	185	75	O			Gr							FRATTURA
12	5,4	3	31	A			Gr							STRATO
13	5,9	51	80	I			Gr							FRATTURA
14	6,35	56	80	I			Gr							FRATTURA
15	6,4	184	59	I			Gr							FRATTURA
16	6,6	29	29	A			Gr							STRATO
17	7	225	58	I			Gr							FRATTURA
18	7,2	251	80	O			Gr							FRATTURA
19	7,3	208	72	O			Gr							FRATTURA
20	7,6	28	26	A			Gr							STRATO
21	7,9	266	76	I			Gr							FRATTURA
22	8	19	22	A			Gr							STRATO
23	>10,0	60	24											FRATTURA
24	>10,0	236	79											FRATTURA
25	>10,0	244	69											FRATTURA
26	>10,0	34	24											STRATO
27	>10,0	277	86											FRATTURA
28	>10,0	285	82											FRATTURA
29	>10,0	317	88											FRATTURA
30	>10,0	131	80											FRATTURA
31	>10,0	49	80											FRATTURA
32	>10,0	190	74											FRATTURA
33	>10,0	203	62											FRATTURA
34	>10,0	25	9											FRATTURA
35	>10,0	40	17											FRATTURA
36	>10,0	232	83											FRATTURA
37	>10,0	81	40											FRATTURA

D: distanza della frattura intercettata dallo zero del nastro

T: tipo di terminazione A: contro un'altra discontinuità, I: nella matrice rocciosa, O: non visibile o estesa oltre l'estremità dell'affioramento

L: distanza della terminazione dal nastro

A: apertura della discontinuità (mm)

R: materiale di riempimento: C: cataclastico M: breccia cementata ("milonite") Ca: calcite Cc: coesivo Gr: granulare

O: ondulazione

S: scabrezza

P: persistenza

C: consistenza

F: frequenza

Sp: spaziatura

Note:

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S09

Data:

22/11/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete (°)

imm.

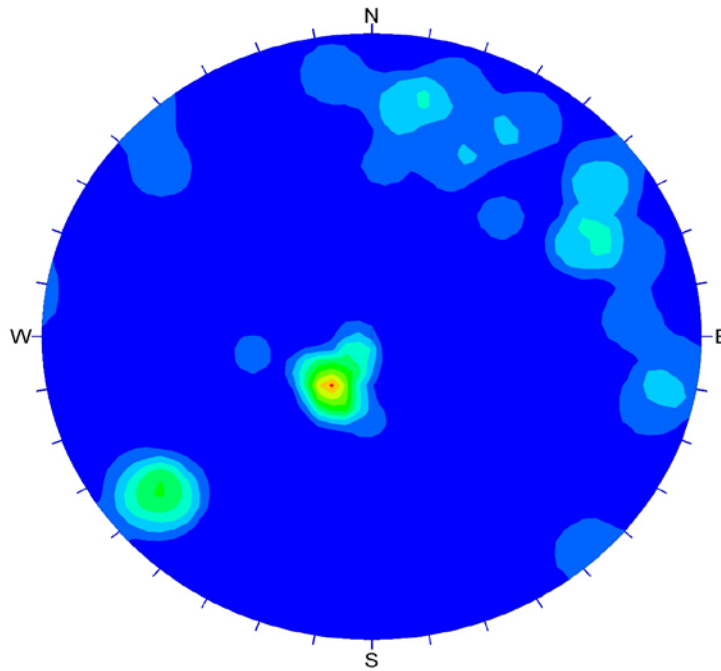
incl.

120

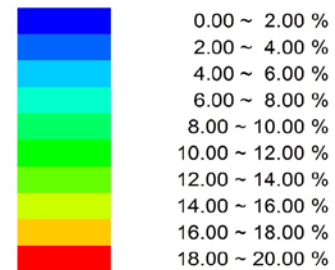
80

Formazione / Litotipo

BVNa

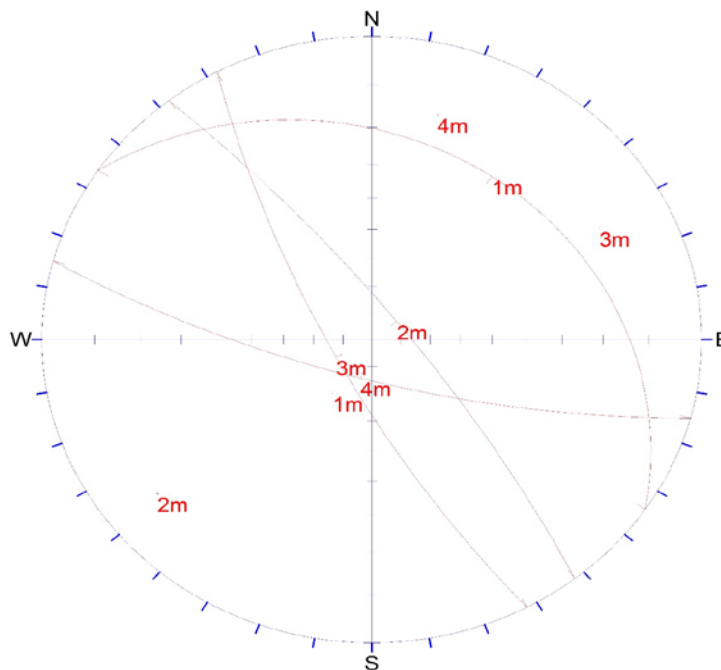
ELABORAZIONE STATISTICA DELLE DISCONTINUITA'

Fisher
Concentrations
% of total per 1.0 % area



No Bias Correction
Max. Conc. = 18.5838%

Equal Angle
Lower Hemisphere
37 Poles
37 Entries



Orientations
ID Dip / Direction

ID	Dip	Direction
1	m	24 / 034
2	m	79 / 052
3	m	76 / 242
4	m	75 / 195

Equal Angle
Lower Hemisphere
37 Poles
37 Entries

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR

STAZIONE GEOMECCANICA:

S09

Data:

22/11/2018

Operatore/i:

ENSER

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Formazione / Litotipo

Dip

Dip Direction

120

80

BVNa

PROFILI DI RUGOSITA'**ID giunto****JRC**

K1

4÷6

K2

6÷8

S

2÷4

K2

12÷14

K1

4÷6

20,00 cm

MISURE TRAMITE MARTELLO DI SCHMIDT S09

CORRELAZIONE R--> σc

DATI DI INPUT					DATI DI OUTPUT
NUMERO DELLA DISCONTINUITÀ	DENSITÀ DELLA ROCCIA	ANGOLO SCHMIDT HAMMER vs ORIZZONTALE	INDICE DI RIMBALZO	INDICE DI RIMBALZO NORMALIZZATO	UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH
(O STRATO)	γ (kN/m³)	α (°)	R	R _{corretto}	σ _c (Mpa)
1	25	-45	10	9	16
2	25	0	10	7	14
3	25	-90	15	15	22
4	25	-90	25	25	36
5	25	-90	25	25	36
6	25	45	20	13	20
7	25	-90	25	25	36
8	25	-45	20	19	27
9	25	-90	15	15	22
10	25	-90	15	15	22
11	25	-45	10	9	16
12	25	-90	20	20	28
13	25	-45	10	9	16
14	25	-45	10	9	16
15	25	-45	15	14	21
16	25	-90	20	20	28
17	25	45	20	13	20
18	25	0	15	12	18
19	25	-45	15	14	21
20	25	-90	25	25	36
21	25	0	15	12	18
22	25	-90	25	25	36

UCS media	
σ _c (Mpa)	24

FOTO POSTAZIONE DEL RILIEVO GEOMECCANICO



STAZIONE GEOMECCANICA S09

Località: S.S.90 delle Puglie - Sinistra idrografica torrente Cervaro

Data: 22/11/2018

Orientazione parete:

120

(dip direction)

80

(dip)

Litotipo:

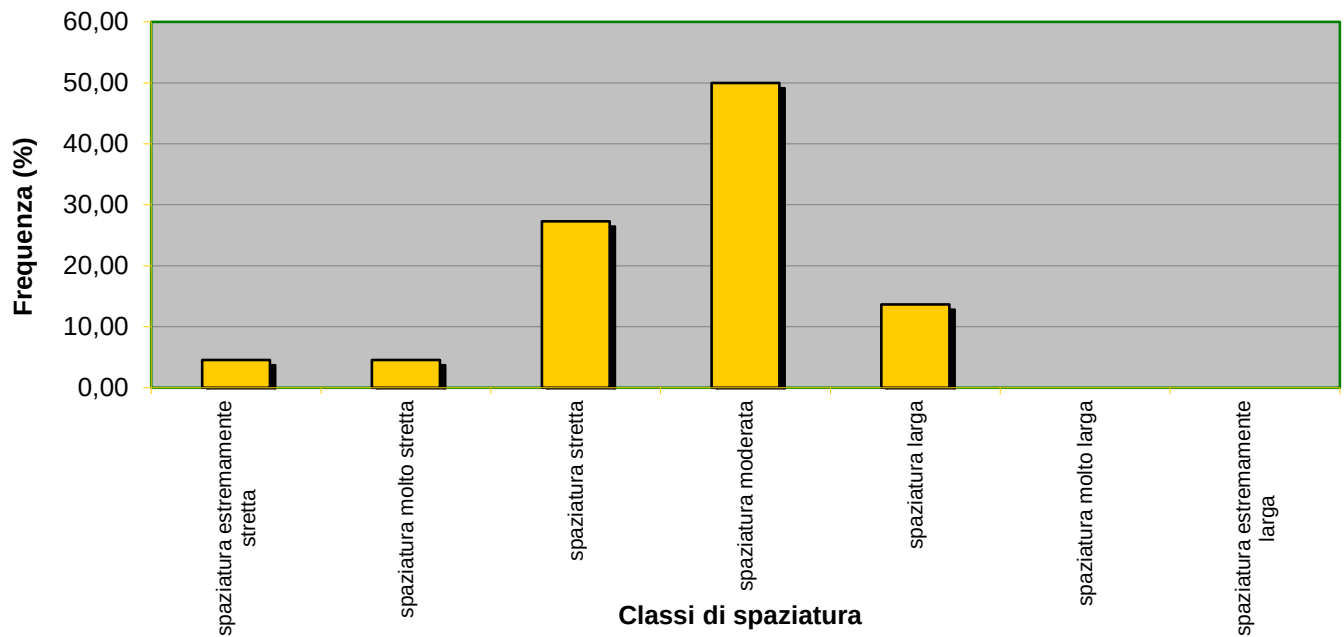
BVNa

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO

ANALISI DELLE SPAZIATURE

DESCRIZIONE CLASSE	SPAZIATURA CLASSI (mm)	N° dati	FREQUENZA (%)	MEDIA	Dev. St
spaziatura estremamente stretta	<20	1	4,55	0,00	0,00
spaziatura molto stretta	20÷60	1	4,55	0,00	78,38
spaziatura stretta	60÷200	6	27,27	122,22	36,32
spaziatura moderata	200÷600	11	50,00	355,88	102,90
spaziatura larga	600÷2000	3	13,64	975,00	106,07
spaziatura molto larga	2000÷6000	0	/	/	/
spaziatura estremamente larga	>6000	0	/	/	/

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S10

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

200

15

FAE

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

530586.00 m E, 4570093.00 m N

Ubicazione stop geologico:Sul ciglio di monte di una strada carraia sulla viabilità
secondaria che dalla Stazione di Bovino porta a Torre
Guevara**Dimensioni affioramento:**

Lunghezza 30 m, Altezza 1 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: calcari e calcari marnosi

Formazione: Flysch di Faeto (FAE)

Colore: biancastro-avana

Stratificazione: a basso angolo

DipDir/Dip 40/8

N° famiglie di discontinuità: 2 famiglie + stratificazione

Indice GSI: 25/35

Disturbi tettonici: non visibili

Note: la formazione è subaffiorante, fortemente degradata e sbloccettata



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S11

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

130

40

FAE

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

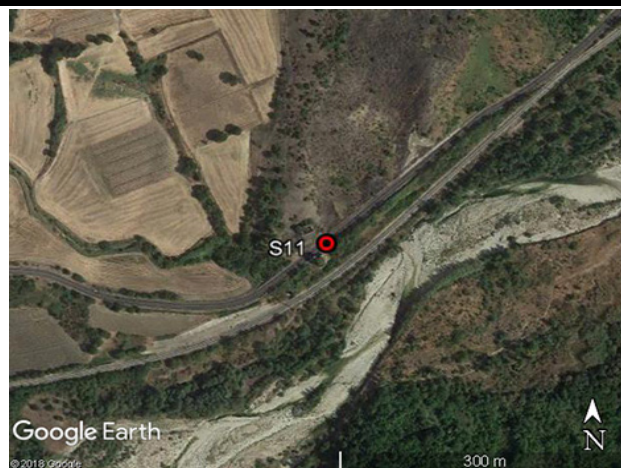
527636.00 m E, 4567941.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Affioramento sul lato di monte della S.S.90, al km 53+500

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 10 m, Altezza 6 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: calcareniti e calcari marnosi

Formazione: Flysch di Faeto (FAE)

Colore: grigio-biancastro

Stratificazione: a medio-alto angolo

DipDir/Dip

240/45

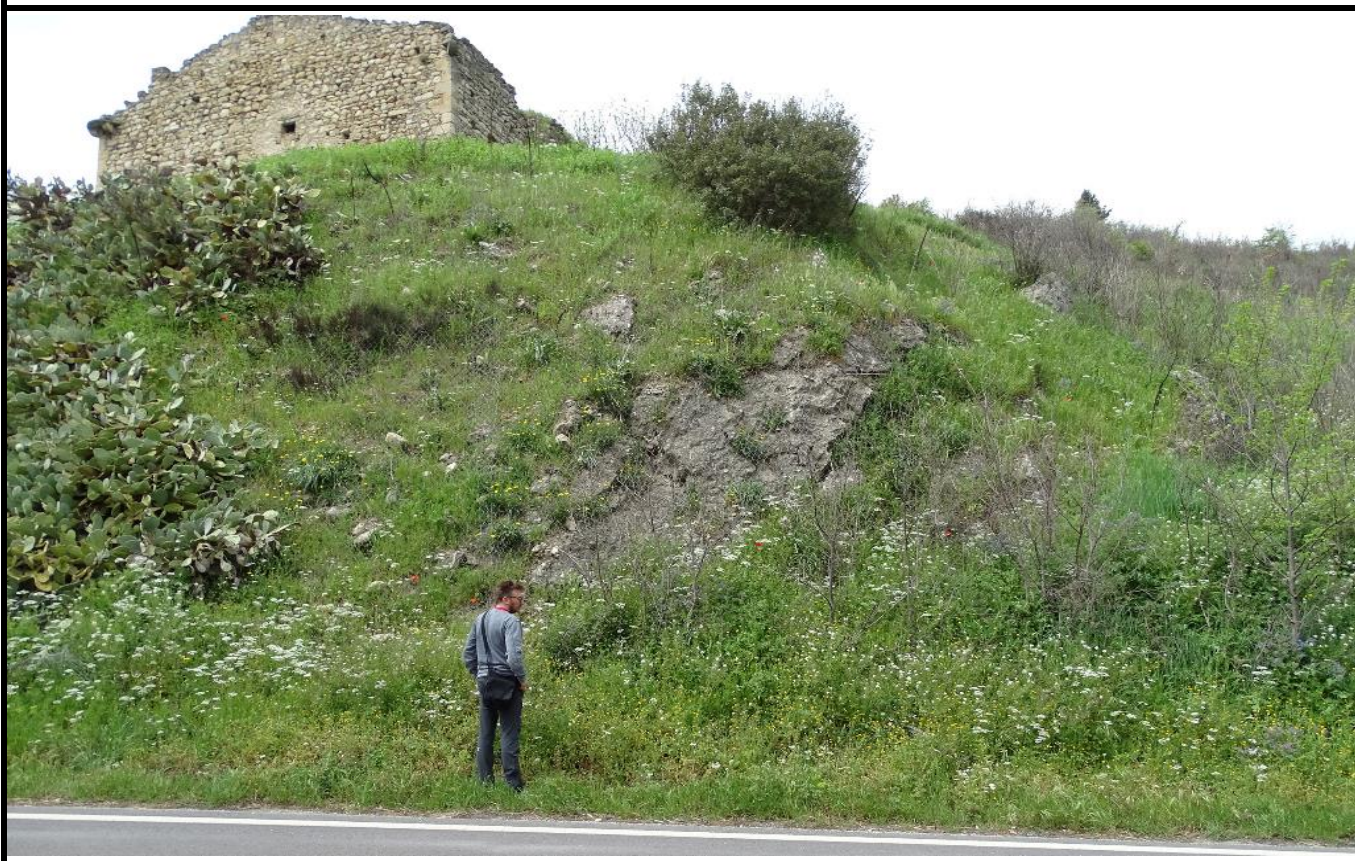
N° famiglie di discontinuità: 2 famiglie + stratificazione

Indice GSI:

40÷50

Disturbi tettonici: non visibili alla scala dell'affioramento

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S12

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

240

30

FAE/BVNa

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

527564.00 m E, 4567949.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Affioramento sul lato di monte della S.S.90, al km 53+500

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 20 m, Altezza 6 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: calcareniti e marne calcaree

Formazione: Flysch di Faeto (FAE)

Colore: grigio-biancastro

Stratificazione: a medio-alto angolo

DipDir/Dip

260/40

N° famiglie di discontinuità: 2 famiglie + stratificazione

Indice GSI:

40÷50

Disturbi tettonici: non visibili alla scala dell'affioramento

Note: Nella porzione più occidentale dell'affioramento si osserva il passaggio erosivo ai sovrastanti termini arenacei
pliocenici delle Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S12

Data:

23/11/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete (°)

imm.

incl.

240

30

Formazione / Litotipo

BVNa

SCHEMA DI RILIEVO GEOMECCANICO

LUNGHEZZA SCAN-LINE (m):

7,7

ID	D	IMM	INCL	T	L	A	R	O	S	P(%)	C	SP	ALT.	TIPO DI GIUNTO
1	0,5	7	32	I			C							FRATTURA
2	0,8	107	14	A			O							STRATO
3	0,8	20	43	A			M							FRATTURA
4	2	10	69	A			C							STRATO
5	2	97	43	A			C							STRATO
6	3	88	78	I			M							FRATTURA
7	3,5	86	56	I			O							STRATO
8	3,6	161	84	I			O							FRATTURA
9	4,7	18	77	O			M							FRATTURA
10	6	8	85	I			O							FRATTURA
11	7,2	124	52	A			O							FRATTURA
12	7,2	44	55	A			O							FRATTURA
13	7,6	153	82	I			O							FRATTURA
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														

D: distanza della frattura intercettata dallo zero del nastro

T: tipo di terminazione A: contro un'altra discontinuità, I: nella matrice rocciosa, O: non visibile o estesa oltre l'estremità dell'affioramento

L: distanza della terminazione dal nastro

A: apertura della discontinuità (mm)

R: materiale di riempimento: C: cataclastico M: breccia cementata ("milonite") Ca: calcite Cc: coesivo Gr: granulare

O: ondulazione

S: scabrezza

P: persistenza

C: consistenza

F: frequenza

Sp: spaziatura

Note:

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S12

Data:

23/11/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete (°)

imm.

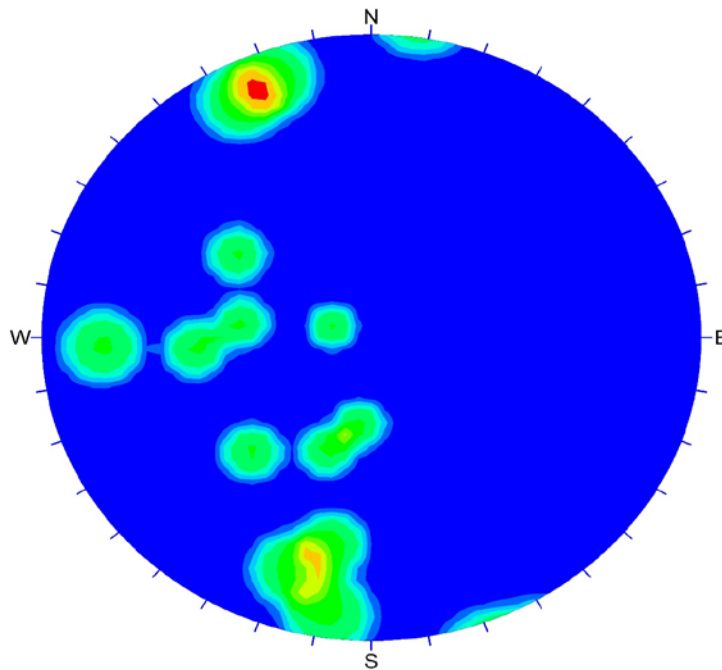
incl.

Formazione / Litotipo

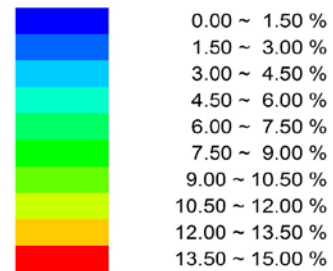
240

30

BVNa

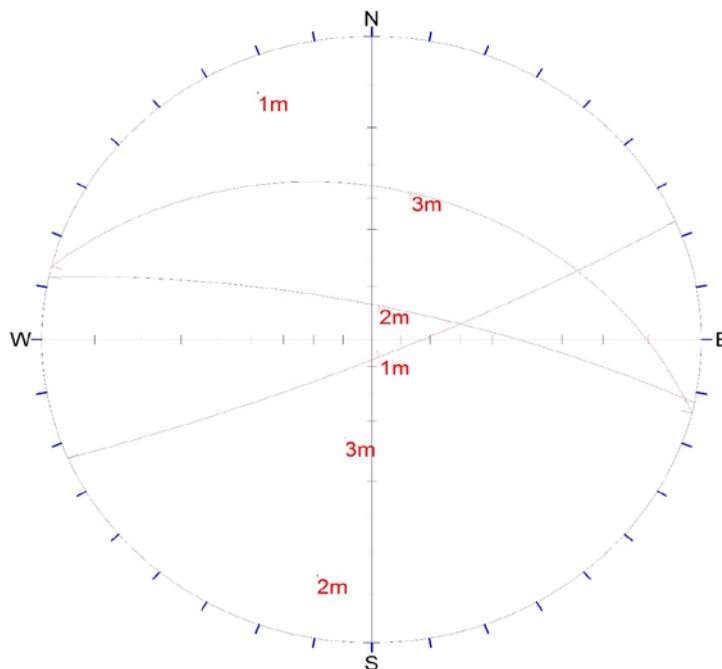
ELABORAZIONE STATISTICA DELLE DISCONTINUITA'

Fisher
Concentrations
% of total per 1.0 % area



No Bias Correction
Max. Conc. = 14.0766%

Equal Angle
Lower Hemisphere
13 Poles
13 Entries



Orientations
ID Dip / Direction

1	m	83 / 157
2	m	77 / 012
3	m	37 / 014

Equal Angle
Lower Hemisphere
13 Poles
13 Entries

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR

STAZIONE GEOMECCANICA:

S12

Data:

23/11/2018

Operatore/i:

ENSER

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Formazione / Litotipo

Dip

Dip Direction

240

30

BVNa

PROFILI DI RUGOSITA'**ID giunto****JRC**

K1

6÷8

K2

4÷6

S

4÷6

K2

4÷6

20,00 cm

MISURE TRAMITE MARTELLO DI SCHMIDT

S12

CORRELAZIONE R--> σ_c

DATI DI INPUT				
NUMERO DELLA DISCONTINUITÀ (O STRATO)	DENSITÀ DELLA ROCCIA γ (kN/m ³)	ANGOLO SCHMIDT HAMMER VS ORIZZONTALE α (°)	INDICE DI RIMBALZO R	INDICE DI RIMBALZO NORMALIZZATO R _{corretto}
1	25	-45	40	39
2	25	-90	35	35
3	25	-45	40	39
4	25	-90	35	35
6	25	-45	35	34
7	25	-90	40	40
8	25	-45	40	39
9	25	-45	35	34
10	25	-45	30	29
12	25	-45	40	39
13	25	-45	35	34

DATI DI OUTPUT
UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH σ_c (Mpa)
75
60
75
60
58
78
75
58
45
75
58

UCS media	
σ_c (Mpa)	65

FOTO POSTAZIONE DEL RILIEVO GEOMECCANICO



STAZIONE GEOMECCANICA S12

Località: S.S.90 delle Puglie - Sinistra idrografica torrente Cervaro

Data: 23/11/2018

Orientazione parete:

240

(dip direction)

30

(dip)

Litotipo:

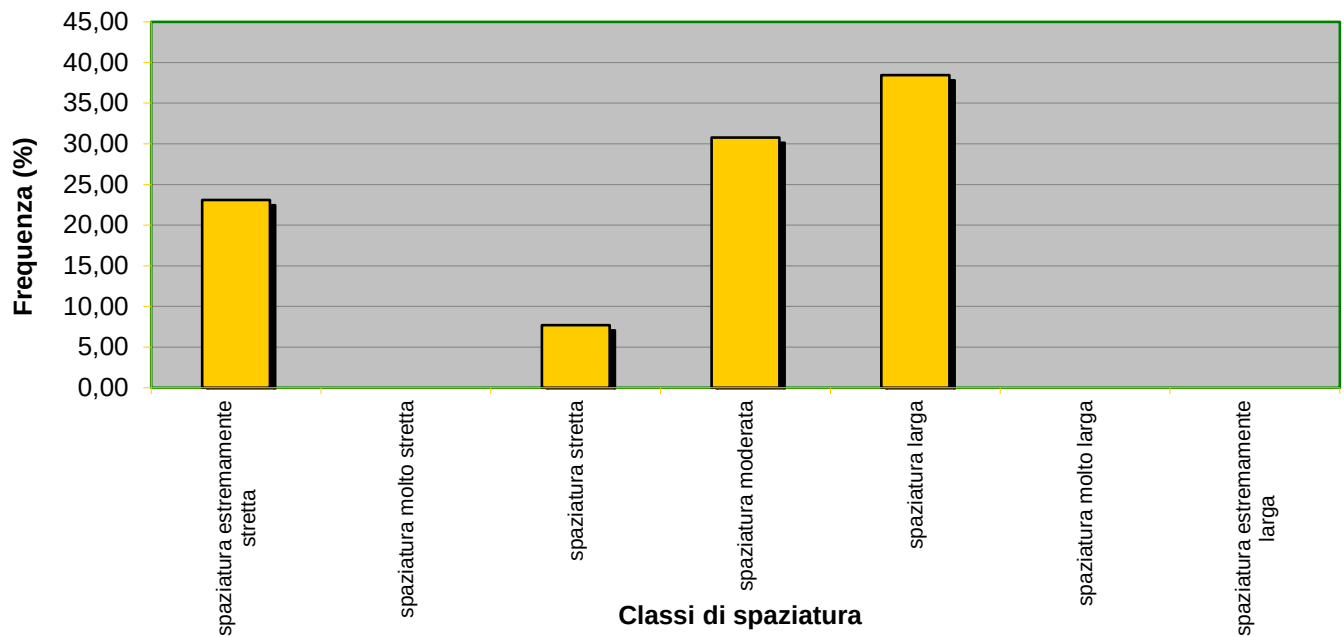
BVNa

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO

ANALISI DELLE SPAZIATURE

DESCRIZIONE CLASSE	SPAZIATURA CLASSI (mm)	N° dati	FREQUENZA (%)	MEDIA	Dev. St
spaziatura estremamente stretta	<20	3	23,08	0,00	0,00
spaziatura molto stretta	20÷60	0	0,00	0,00	78,38
spaziatura stretta	60÷200	1	7,69	122,22	36,32
spaziatura moderata	200÷600	4	30,77	355,88	102,90
spaziatura larga	600÷2000	5	38,46	975,00	106,07
spaziatura molto larga	2000÷6000	0	/	/	/
spaziatura estremamente larga	>6000	0	/	/	/

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S13

Data: 18/04/2018

Operatore/i: Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

240

30

BVNa

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

527549.00 m E, 4567964.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Affioramento sul lato di monte della S.S.90, al km 53+500

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 20 m, Altezza 6 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: arenarie massive

Formazione: Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)

Colore: grigio in affioramento, giallo ocra al taglio fresco

Stratificazione: a medio-basso angolo

DipDir/Dip 90/30

N° famiglie di discontinuità: non riconoscibili

Indice GSI: 40÷50

Disturbi tettonici: non visibili alla scala dell'affioramento

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S14

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

S.S.90 delle Puglie
Sinistra idrografica torrente Cervaro

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

280

65

BVNa

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

527348.00 m E, 4568075.00 m N

Ubicazione stop geologico:Affioramento in un campo a monte della S.S.90, all'altezza
del km 53+200 circa**Dimensioni affioramento:**

Lunghezza 15 m, Altezza 5 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: arenarie debolmente cementate

Formazione: Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)

Colore: giallastro

Stratificazione: non riconoscibile

DipDir/Dip

--

N° famiglie di discontinuità: non riconoscibili

Indice GSI:

40÷50

Disturbi tettonici: non riconoscibili

Note: l'affioramento si presenta fortemente alterato per effetto degli agenti atmosferici



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S15

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

Strada per Orsara di Puglia

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

100

80

FAE

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

526200.00 m E, 4567769.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Taglio stradale sulla strada per Orsara di Puglia

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 25 m, Altezza 5 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: calcari marnosi

Formazione: Flysch di Faeto (FAE)

Colore: avana-biancastro

Stratificazione: a basso angolo

DipDir/Dip 220/5

N° famiglie di discontinuità: 2 famiglie di discontinuità + famiglia random + stratificazione

Indice GSI: 15÷20

Disturbi tettonici: l'affioramento si trova in prossimità del fronte di sovrascorrimento

Note: nella porzione più settentrionale dell'affioramento è presente una zona caratterizzata da materiale a grana fine-finissima, incoerente, biancastro, con clasti spigolosi calcarei, interpretabile come fault-gouge



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S16

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

Strada per Orsara di Puglia

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

120

60

BVNa, FAE

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

526199.00 m E, 4567823.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Taglio stradale sulla strada per Orsara di Puglia

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 100 m, Altezza 5 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: Arenarie massive (BVNa) e alternanza di calcari, calcareniti e marne (FAE)

Formazione: Flysch di Faeto (FAE) in contatto tettonico con le Arenarie e conglomerati di Castello Schiavo (BVNa)

Colore: grigio-biancastro il FAE, giallo-ocra il BVNa

Stratificazione: pieghe multiple nel FAE, massiva e mal riconoscibile nel BVNa DipDir/Dip variabile

N° famiglie di discontinuità: 3 famiglie di discontinuità + famiglia random + stratificazione Indice GSI: 15÷20

Disturbi tettonici: fronte di sovrascorrimento FAE su BVNa Pieghe multiple ravvicinate nel FAE

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S16

Data:

23/11/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

Strada per Orsara di Puglia

Orientamento parete (°)

imm.

incl.

Formazione / Litotipo

120

60

FAE

SCHEMA DI RILIEVO GEOMECCANICO

LUNGHEZZA SCAN-LINE (m):

5,6

ID	D	IMM	INCL	T	L	A	R	O	S	P(%)	C	SP	ALT.	TIPO DI GIUNTO
1	0	251	64	I										STRATO
2	0,2	265	72	I										FRATTURA
3	0,5	236	50	A			Gr							FRATTURA
4	0,5	79	63	A										FRATTURA
5	1,7	250	76	A										STRATO
6	2	279	73	I										FRATTURA
7	2,3	97	71	I			Gr							FRATTURA
8	2,45	109	45	I			Gr							FRATTURA
9	2,6	111	79	O										FRATTURA
10	4,35	308	86	A										STRATO
11	4,35	105	58	A										FRATTURA
12	>10,0	186	58											FRATTURA
13	>10,0	250	27											FRATTURA
14	>10,0	169	73											FRATTURA
15	>10,0	172	64											FRATTURA
16	>10,0	240	73											FRATTURA
17	>10,0	260	71											FRATTURA
18	>10,0	170	85											FRATTURA
19	>10,0	235	77											FRATTURA
20	>10,0	177	67											FRATTURA
21	>10,0	236	71											FRATTURA
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														

D: distanza della frattura intercettata dallo zero del nastro

T: tipo di terminazione A: contro un'altra discontinuità, I: nella matrice rocciosa, O: non visibile o estesa oltre l'estremità dell'affioramento

L: distanza della terminazione dal nastro

A: apertura della discontinuità (mm)

R: materiale di riempimento: C: cataclastico M: breccia cementata ("milonite") Ca: calcite Cc: coesivo Gr: granulare

O: ondulazione

S: scabrezza

P: persistenza

C: consistenza

F: frequenza

Sp: spaziatura

Note:

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STAZIONE GEOMECCANICA:

S16

Data:

23/11/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

Strada per Orsara di Puglia

Orientamento parete (°)

imm.

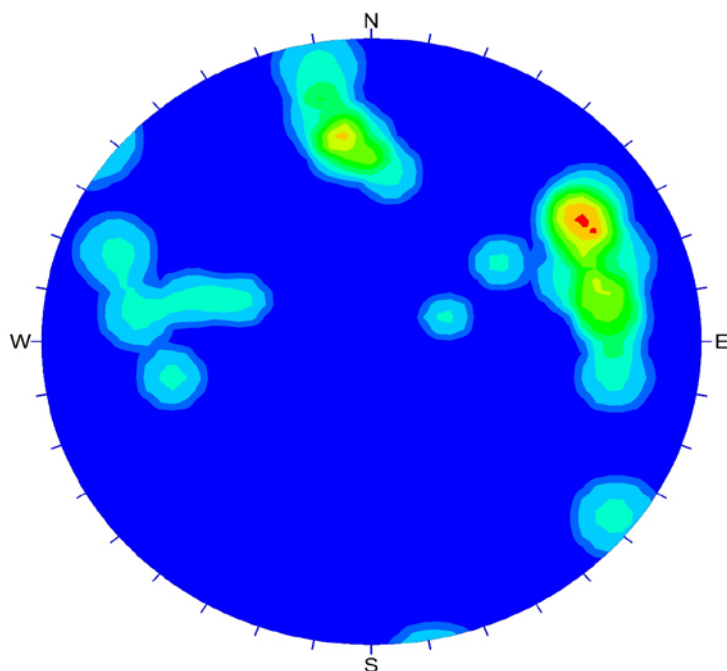
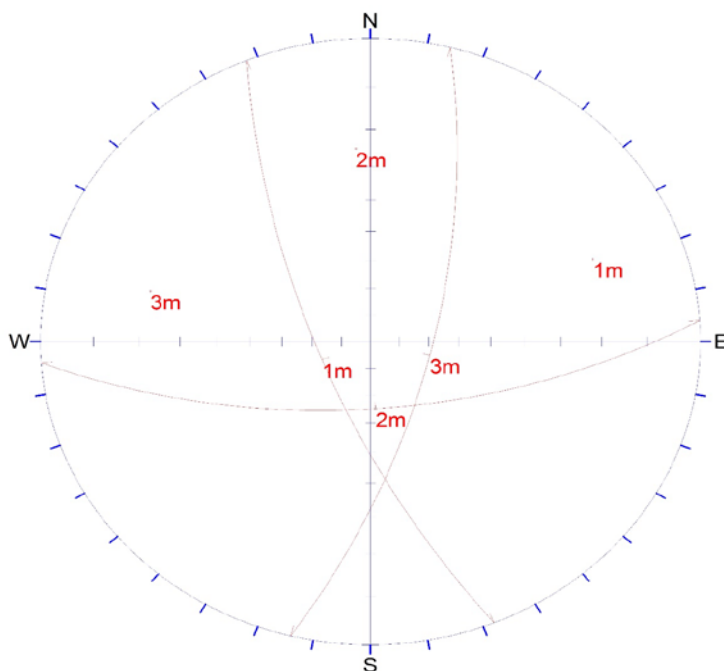
incl.

120

60

Formazione / Litotipo

FAE

ELABORAZIONE STATISTICA DELLE DISCONTINUITA'Fisher
Concentrations
% of total per 1.0 % area0.00 ~ 1.50 %
1.50 ~ 3.00 %
3.00 ~ 4.50 %
4.50 ~ 6.00 %
6.00 ~ 7.50 %
7.50 ~ 9.00 %
9.00 ~ 10.50 %
10.50 ~ 12.00 %
12.00 ~ 13.50 %
13.50 ~ 15.00 %No Bias Correction
Max. Conc. = 13.8365%Equal Angle
Lower Hemisphere
21 Poles
21 EntriesOrientations
ID Dip / Direction1 m 72 / 248
2 m 65 / 176
3 m 69 / 104Equal Angle
Lower Hemisphere
21 Poles
21 Entries

COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR

STAZIONE GEOMECCANICA:

S16

Data:

23/11/2018

Operatore/i:

ENSER

Località:

Strada per Orsara di Puglia

Orientamento parete

Formazione / Litotipo

Dip

Dip Direction

120

60

FAE

PROFILI DI RUGOSITA'**ID giunto****JRC**

K1

4÷6

K2

8÷10

S

4÷6

S

2÷4

20,00 cm

MISURE TRAMITE MARTELLO DI SCHMIDT	S16
CORRELAZIONE R--> σ_c	

DATI DI INPUT				
NUMERO DELLA DISCONTINUITÀ (O STRATO)	DENSITÀ DELLA ROCCIA γ (kN/m ³)	ANGOLO SCHMIDT HAMMER vs ORIZZONTALE α (°)	INDICE DI RIMBALZO R	INDICE DI RIMBALZO NORMALIZZATO R _{corretto}
1	25	-45	35	34
2	25	45	20	13
3	25	45	25	19
4	25	-45	20	19
5	25	0	35	32
6	25	45	30	24
7	25	-45	20	19
8	25	-45	30	29
9	25	0	25	22
10	25	0	35	32
11	25	45	25	19

DATI DI OUTPUT
UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH σ_c (Mpa)
58
20
27
27
53
34
27
45
31
53
27

UCS media	
σ_c (Mpa)	36

FOTO POSTAZIONE DEL RILIEVO GEOMECCANICO



STAZIONE GEOMECCANICA S16

Località: Strada per Orsara di Puglia

Data: 23/11/2018

Orientazione parete:

120

(dip direction)

60

(dip)

Litotipo:

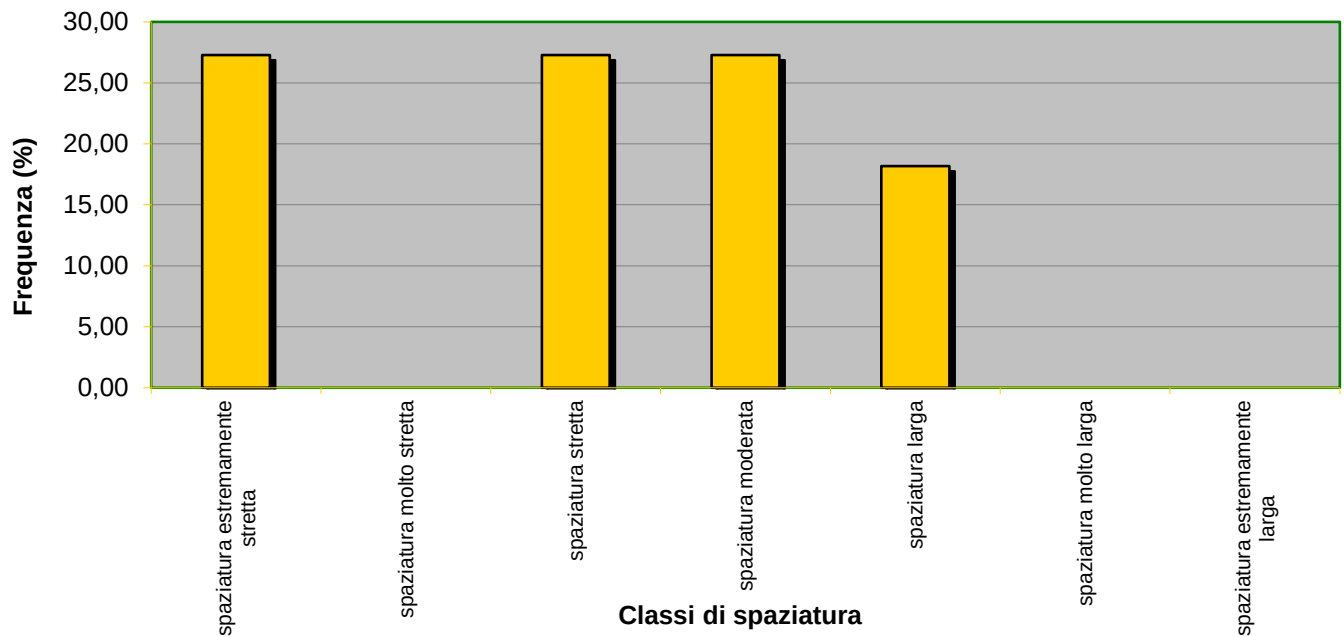
FAE

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO

ANALISI DELLE SPAZIATURE

DESCRIZIONE CLASSE	SPAZIATURA CLASSI (mm)	N° dati	FREQUENZA (%)	MEDIA	Dev. St
spaziatura estremamente stretta	<20	3	27,27	0,00	0,00
spaziatura molto stretta	20÷60	0	0,00	0,00	78,38
spaziatura stretta	60÷200	3	27,27	122,22	36,32
spaziatura moderata	200÷600	3	27,27	355,88	102,90
spaziatura larga	600÷2000	2	18,18	975,00	106,07
spaziatura molto larga	2000÷6000	0	/	/	/
spaziatura estremamente larga	>6000	0	/	/	/

FAMIGLIE DI DISCONTINUITÀ E GIUNTI DI STRATO



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S17

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:	Orientamento parete		Litotipo
	Dip Direction	Dip	
	180	20	

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

526103.00 m E, 4567701.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Taglio stradale sulla strada per Orsara di Puglia

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 10 m, Altezza 5 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: Calcareniti e marne calcaree (FAE)

Formazione: Flysch di Faeto (FAE)

Colore: grigio-biancastro

Stratificazione: a basso angolo

DipDir/Dip

195/27

N° famiglie di discontinuità: 3 famiglie di discontinuità + stratificazione

Indice GSI:

15÷20

Disturbi tettonici:

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S18

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

Strada per Orsara di Puglia

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

240

80

FAE

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

525611.00 m E, 4568035.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Taglio stradale sulla strada per Orsara di Puglia

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 6 m, Altezza 3 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: Calcareniti e marne calcaree (FAE)

Formazione: Flysch di Faeto (FAE)

Colore: grigio-biancastro

Stratificazione: ad alto angolo

DipDir/Dip

230/75

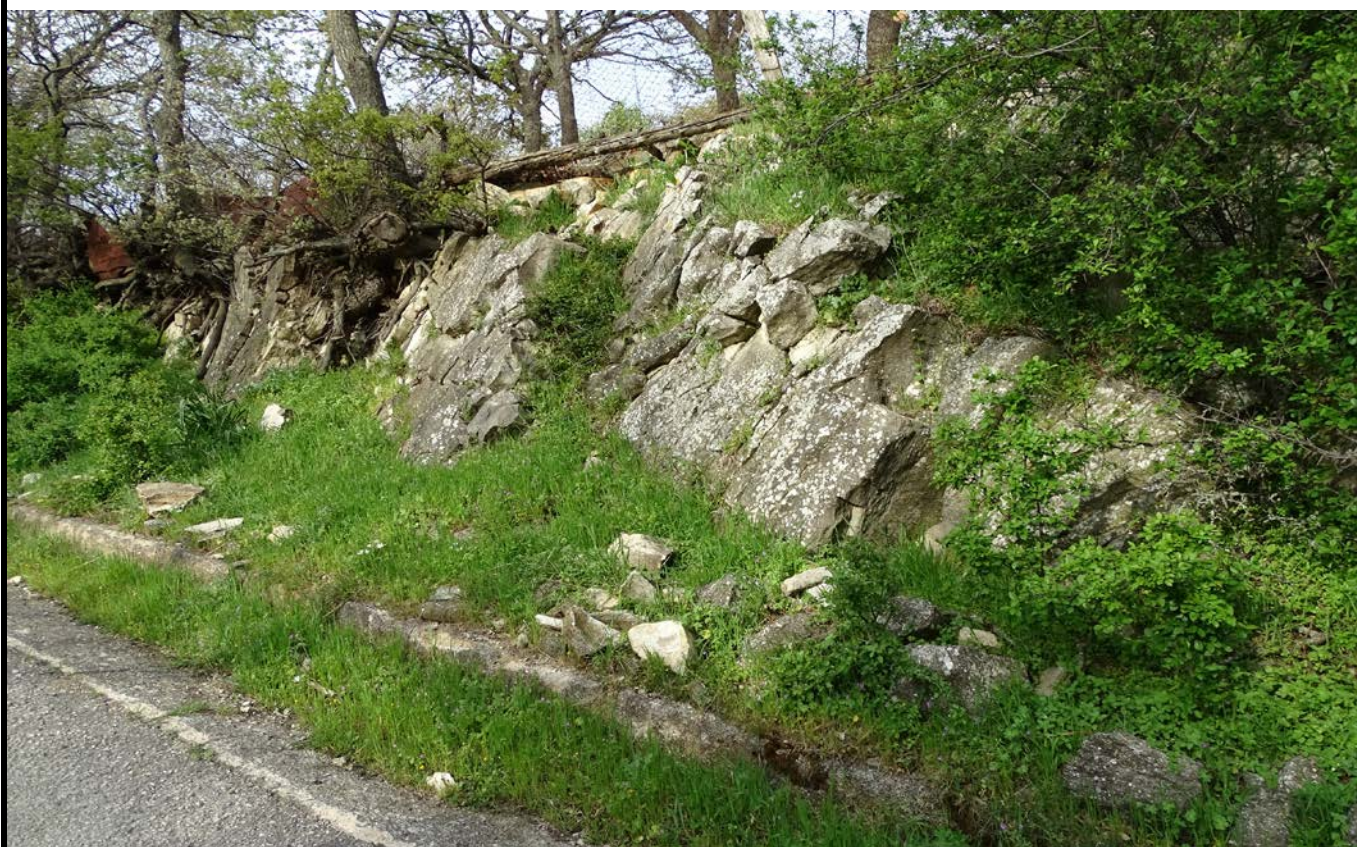
N° famiglie di discontinuità: 2 famiglie di discontinuità + stratificazione

Indice GSI:

25÷35

Disturbi tettonici:

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S19

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

Strada per Orsara di Puglia

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

180

50

FAE

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

525565.00 m E, 4568310.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Taglio stradale sulla strada per Orsara di Puglia

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 8 m, Altezza 3 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: Calcareniti e marne calcaree (FAE)

Formazione: Flysch di Faeto (FAE)

Colore: grigio-biancastro

Stratificazione: a basso angolo

DipDir/Dip

240/13

N° famiglie di discontinuità: 3 famiglie di discontinuità + stratificazione

Indice GSI:

20÷30

Disturbi tettonici:

Note:



COMMITTENTE / OPERA:

ITALFERR - RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA - PROGETTO DEFINITIVO

STOP n°

S20

Data: 18/04/2018

Operatore/i:

Enser

Località:

Strada per Orsara di Puglia

Orientamento parete

Litotipo

Dip Direction

Dip

220

50

FAE

SCHEDA DESCRITTIVA DELL'AFFIORAMENTO**Coordinate stop (WGS84 UTM 33T)**

523725.00 m E, 4565983.00 m N

Ubicazione stop geologico:

Taglio stradale sulla strada per Orsara di Puglia, nei pressi
dell'imbocco lato Napoli della galleria Orsara

Dimensioni affioramento:

Lunghezza 15 m, Altezza 2 m

**Dati litologici e strutturali**

Litologia: Calcareniti e marne calcaree (FAE)

Formazione: Flysch di Faeto (FAE)

Colore: grigio-biancastro

Stratificazione: a basso angolo

DipDir/Dip 95/35

N° famiglie di discontinuità: 2 famiglie di discontinuità + stratificazione

Indice GSI: 25÷35

Disturbi tettonici: non visibili

Note:

