

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J41C09000000005

U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Relazione geologica ed idrogeologica

SCALA:

-

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

I B 0 Q 3 A R 6 9 R G G E 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G. Benedetti		S. Rodani		C. Mazzocchi		M. Comedini
								 M. Comedini

File:

n. Elab.:

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	2 di 220

INDICE

1	PREMESSA.....	8
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	9
3	DATI DI BASE	10
3.1	INDAGINI DIRETTE PREGRESSE	13
3.1.1	<i>Sondaggio 4329 - Villa Gentilotti.....</i>	<i>13</i>
3.1.2	<i>Sondaggio 3898 - Cava Ronchi-Mattarello.....</i>	<i>13</i>
3.1.3	<i>Sondaggio 4330 - Vivaio.....</i>	<i>13</i>
3.1.4	<i>Sondaggio 3882 - Villazzano.....</i>	<i>14</i>
3.1.5	<i>Sondaggio Dolomiti Energia.....</i>	<i>14</i>
3.2	INDAGINI DIRETTE – SONDAGGIO B2	14
3.3	INDAGINI DIRETTE – SONDAGGI TN4 E TN6.....	16
3.3.1	<i>Sondaggio TN4.....</i>	<i>16</i>
3.3.2	<i>Sondaggio TN6.....</i>	<i>17</i>
3.4	INDAGINI INDIRETTE	18
4	GEOLOGIA.....	19
4.1	STRATIGRAFIA	23
4.1.1	<i>Unità del basamento metamorfico.....</i>	<i>23</i>
4.1.2	<i>Unità del magmatismo Permiano.....</i>	<i>23</i>
4.1.3	<i>Successioni sedimentarie e vulcaniche Permo-Cenozoiche.....</i>	<i>25</i>
4.1.4	<i>Successione quaternaria continentale.....</i>	<i>38</i>
5	TETTONICA.....	46
6	GEOMORFOLOGIA.....	49
6.1	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA DI PROGETTO.....	49
6.1.1	<i>Lineamenti geomorfologici del Monte Marzola.....</i>	<i>49</i>
6.1.2	<i>Analisi interferometrica.....</i>	<i>52</i>
7	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	67

7.1	PROFILO GEOLOGICO IN ASSE AL TRACCIATO	67
7.1.1	<i>Tratta da pk 0+000 a 1+090 circa (Tratta all'aperto zona Acquaviva – zona imbocco sud galleria Trento)</i>	67
7.1.2	<i>Tratta da pk 1+090 a pk 2+565 circa</i>	68
7.1.3	<i>Tratta da pk 2+565 a pk 3+830 circa</i>	68
7.1.4	<i>Tratta da pk 3+830 a pk 6+400 circa</i>	68
7.1.5	<i>Tratta da pk 6+400 a pk 9+420 circa</i>	69
7.1.6	<i>Tratta da pk 9+420 a pk 11+315 circa</i>	69
7.1.7	<i>Tratta da pk 11+315 a fine progetto – (tratta zona Scalo Filzi).....</i>	69
7.2	SEZIONI GEOLOGICHE TRASVERSALI	70
7.2.1	<i>Sezione A-A'</i>	70
7.2.2	<i>Sezione B-B'</i>	71
7.2.3	<i>Sezione C-C'</i>	71
7.2.4	<i>Sezione D-D'</i>	71
7.2.5	<i>Sezione E-E'</i>	71
7.2.6	<i>Sezione F-F'</i>	71
7.2.7	<i>Sezione G-G'</i>	72
8	MINERALIZZAZIONI, RADON, BITUMI	72
8.1	MINERALIZZAZIONI.....	72
8.2	RADON	72
8.3	BITUMI	72
9	IDROGEOLOGIA	74
9.1	DATI DI BASE	74
9.2	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	74
9.2.1	<i>Descrizione delle macroaree</i>	75
9.3	SCHEMA DI CIRCOLAZIONE IDRICA.....	76
9.3.1	<i>Complessi idrogeologici</i>	76
9.3.2	<i>Schema sintetico delle principali caratteristiche idrogeologiche delle formazioni.....</i>	82

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	4 di 220

9.4	CARTA E PROFILI IDROGEOLOGICI.....	83
9.4.1	<i>Carta Idrogeologica</i>	88
9.4.2	<i>Profili idrogeologici</i>	91
9.5	ASPETTI IDROLOGICI.....	92
9.5.1	<i>Bacini idrografici</i>	92
9.5.2	<i>Corsi d'acqua e specchi lacustri</i>	93
9.5.3	<i>Bilancio idrologico</i>	95
9.6	SORGENTI	97
9.6.1	<i>Dati di base e update dell'archivio</i>	97
9.6.2	<i>Caratteristiche geochimiche delle acque</i>	97
9.6.3	<i>Classificazione delle sorgenti</i>	108
9.6.4	<i>Sorgenti principali</i>	114
9.7	VALUTAZIONE DELLA POSSIBILITÀ DI INTERFERENZA PER LE SORGENTI LUNGO IL TRACCIATO	122
9.7.1	<i>Metodo del DHI</i>	123
9.7.2	<i>Valori da attribuire alle variabili</i>	126
9.7.3	<i>Risultati</i>	128
9.8	PROFILO IDROGEOLOGICO IN ASSE AL TRACCIATO	139
10	ELEMENTI DI SISMICITÀ	142
10.1	PRINCIPALI SORGENTI SISMOGENETICHE.....	142
10.2	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	145
10.3	SISMICITÀ STORICA.....	151
10.4	MICROZONAZIONE SISMICA DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO	153
10.5	MAGNITUDO DI RIFERIMENTO	156
10.6	PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	158
10.6.1	<i>Categoria di sottosuolo</i>	158
10.6.2	<i>Condizioni topografiche</i>	162
	BIBLIOGRAFIA.....	164

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	5 di 220

<i>APPENDICE 1 - ANALISI PALINOLOGICHE</i>	169
<i>APPENDICE 2 - ANALISI DEI DATI DI BASE RELATIVI ALLA ZONA DI TRENTO E DELLO SCALO FILZI</i>	181
<i>APPENDICE 3 - ESAME DELLE PERMEABILITÀ DA DATABASE</i>	194
<i>APPENDICE 4 - ELENCO DEI PUNTI D'ACQUA RAPPRESENTATI NELLE CARTOGRAFIE IDROGEOLOGICHE</i>	196
<i>APPENDICE 5 – INFORMAZIONI SUL MONITORAGGIO IDROGEOLOGICO PREGRESSO</i>	219

FIGURE

FIGURA 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA DI STUDIO.	9
FIGURA 2. UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI NELL'AREA IN ESAME.	12
FIGURA 3. SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI DELLE UNITÀ SEDIMENTARIE (TRATTO DA NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D' ITALIA – FOGLIO 060 TRENTO). IL RIQUADRO ROSSO EVIDENZIA LE FORMAZIONI CHE INTERESSANO L'AREA DI PROGETTO.	20
FIGURA 4. SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI DELLA SUCCESIONE PORFIRICA ATESSINA (TRATTO DAL FOGLIO 060 TRENTO IN SCALA 1:50.000 DELLA CARTA GEOLOGICA D' ITALIA).	20
FIGURA 5. SCHEMA DEI RAPPORTI STRATIGRAFICI DELLA SUCCESIONE QUATERNARIA. L' INQUADRAMENTO CRONOLOGICO A LATO È INDICATIVO (TRATTO DA NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D' ITALIA – FOGLIO 060 – TRENTO).	21
FIGURA 6. FILONE ACIDO.	25
FIGURA 7. BRECCIE DEI BINDESI OSSERVATE AL RIFUGIO BINDESI.....	41
FIGURA 8. PROFILO ATTRAVERSO I DEPOSITI DEL FONDOVALLE DELLA VAL D' ADIGE TRA IL T. AVISIO E MATTERELLO REALIZZATO SULLA BASE DELLE STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI DEL SERVIZIO GEOLOGICO DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO. È STATA RIPORTATA LA TRACCIA DEI SONDAGGI GIACENTI SULLA TRACCIA DELLA SEZIONE O PROIETTATI ENTRO UNA DISTANZA INFERIORE A 30 M DALLA STESSA. L'ESAGERAZIONE VERTICALE È 17,5 VOLTE. I NUMERI SI RIFERISCONO ALLE UNITÀ STRATIGRAFICHE RICONOSCIUTE: 1) SEQUENZA LACUSTRE "TARDOGLACIALE" COSTITUITA PREVALENTEMENTE DI LIMI E LIMI SABBIOSI CON LIVELLI DI SABBIE E ARGILLE (SGD12); 2) DEPOSITI OLOCENICI DELLA CONOIDE ALLUVIONALE DEL FERSINA RAPPRESENTATI DA GHIAIE SABBIOSE E SABBIE (PTG) (ESTRATTO DA NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - FOGLIO 060 TRENTO).	44
FIGURA 9. SCHEMA TETTONICO DELL'AREA DI TRENTO (ESTRATTO DALLA CARTA GEOLOGICA D' ITALIA – FOGLIO 060 TRENTO). IN ROSSO È INDIVIDUATA L'AREA DI INTERESSE.	46
FIGURA 10: RILIEVO OMBREGGIATO DEL M. MARZOLA.....	50
FIGURA 11. SPOSTAMENTI MISURATI DAI SATELLITI ERS TRA L'ANNO 1992 E L'ANNO 2000 - SCALA GRAFICA.	55
FIGURA 12. SPOSTAMENTI MISURATI DAL SATELLITE ENVISAT NELL'ANNO 2003 - SCALA GRAFICA.	56
FIGURA 13. SPOSTAMENTI MISURATI DAL SATELLITE ENVISAT NELL'ANNO 2007 - SCALA GRAFICA.	57
FIGURA 14. MAPPA DELLE VELOCITÀ MEDIE DEI PS STIMATE DAI SATELLITI COSMO-SKYMED NEL PERIODO 2011-15.	58
FIGURA 15. ANALISI RAINS-STANDARD IN GEOMETRIA DI VOLO ASCENDENTE (GIUGNO 2016-FEBBRAIO 2020).....	60
FIGURA 16. ANALISI RAINS-STANDARD IN GEOMETRIA DI VOLO DISCENDENTE (GIUGNO 2016- FEBBRAIO 2020).	61
FIGURA 17. ANALISI RAINS-SLOW IN GEOMETRIA DI VOLO ASCENDENTE (GIUGNO 2016-FEBBRAIO 2020).	62
FIGURA 18. ANALISI RAINS-SLOW IN GEOMETRIA DI VOLO DISCENDENTE (GIUGNO 2016- FEBBRAIO 2020).....	63
FIGURA 19. ANALISI MT-SBA IN GEOMETRIA DI VOLO ASCENDENTE (OTTOBRE 2015-GENNAIO 2020).	65
FIGURA 20. ANALISI MT-SBA IN GEOMETRIA DI VOLO DISCENDENTE (MARZO 2016-FEBBRAIO 2020).	66
FIGURA 21. UBICAZIONE DELLE SEZIONI GEOLOGICHE TRASVERSALI.	70
FIGURA 22. TRACCE DI BITUME NEI CALCARI SCURI DI MARGON.	73
FIGURA 23. SCHEMA CONCETTUALE DI AMMASSO ROCCIOSO FRATTURATO (HARD ROCK ACQUIFER) (ADATTATO DA FREEZE E CHERRY 1979, DAVIS AND DE WIEST, 1966).	74
FIGURA 24. RAPPRESENTAZIONE DEI PRINCIPALI COMPLESSI IDROGEOLOGICI PRESENTI NELL'AREA.	78
FIGURA 25. EVIDENZE DI CARSIAMO NEL CALCARE OOLITICO DI LOPPIO (LOP). STOP 32. LOCALITÀ MASO CANTANGHEL A SO DELL'ABITATO DI CIVEZZANO.	79
FIGURA 26. AFFIORAMENTO DI DOLOMIA PRINCIPALE.....	80

FIGURA 27. SCHEMA ESEMPLIFICATIVO DEI RAPPORTI DI SCAMBIO IDRICO TRA: A-COMPLESSO POST CALCARI GRIGI; B- COMPLESSO CALCARI GRIGI; C- COMPLESSO DOLOMIA PRINCIPALE; D- COMPLESSO ALLUVIONI; E- DETRITI DI VERSANTE.	81
FIGURA 28. RAPPRESENTAZIONE SEMPLIFICATA DELLA CARTA DELLA IDROGEOLOGICA CON LA SOLA INDICAZIONE DELLA PERMEABILITÀ.	89
FIGURA 29. CLASSI DI PORTATA MEDIA DELLE SORGENTI.	90
FIGURA 30. CLASSI DI PERMEABILITÀ UTILIZZATE PER IDENTIFICARE LE VARIE UNITÀ NEI PROFILI RELATIVI ALLE TRATTE ALL'APERTO DI ACQUAVIVA E SCALO FILZI.	92
FIGURA 31. DEFINIZIONE DEI PRINCIPALI BACINI IDROGRAFICI PRESENTI NELL'AREA.	93
FIGURA 32. ALTEZZE IDROMETRICHE DEL T. FERSINA MISURATE ALLA SEZIONE DI PONTE CORNICCHIO DAL 1955 AL 1980 E LINEA DI TENDENZA (DA P.A.T.-RFI, 2008).	94
FIGURA 33. CARTA DELL'INFILTRAZIONE MEDIA PER BACINO IDROLOGICO. NEI RIQUADRI L'INFILTRAZIONE MEDIA (L/s), IN ROSSO I VALORI DEI DEFLUSSI SUPERFICIALI (L/s). DA P.A.T.-RFI (2008), MODIFICATA.	96
FIGURA 34 – TEMPERATURA MEDIA DELL'ACQUA IN FUNZIONE DELLA QUOTA DELLA SORGENTE.	99
FIGURA 35. TEMPERATURA MEDIA DELLE ACQUE SORGIVE.	100
FIGURA 36. RAPPORTO CONDUCIBILITÀ-QUOTA PER LE SORGENTI ANALIZZATE.	101
FIGURA 37. VALORI DI CONDUCIBILITÀ MEDIA DELLE ACQUE CAMPIONATE.	102
FIGURA 38. DIAGRAMMA DI PIPER PER IL PRIMO GRUPPO DI ACQUE SORGIVE DEL VERSANTE SINISTRO DELLA VALLE DELL'ADIGE.	103
FIGURA 39. DIAGRAMMA DI PIPER PER IL SECONDO GRUPPO DI ACQUE SORGIVE DEL VERSANTE SINISTRO DELLA VALLE DELL'ADIGE.	104
FIGURA 40. CORRELAZIONE BICARBONATO DI CALCIO – CALCIO.	105
FIGURA 41. CORRELAZIONE SOLFATI – CLORURI. IL NUMERO A SINISTRA DEL TRATTINO BASSO È IL CODICE P.A.T. DELLA SORGENTE, IL NUMERO A DESTRA IDENTIFICA IL CAMPIONE. SI CONFRONTI QUESTO DIAGRAMMA CON IL DIAGRAMMA DI PIPER (FIGURA E LEGENDA TRATTA DA PAT 2008).	106
FIGURA 42. RETTA DI CORRELAZIONE 2H- $\Delta^{18}O$ PER LE ACQUE METEORICHE DELLA VAL D'ADIGE. DA BORSATO (2009), MODIFICATO.	107
FIGURA 43. ANDAMENTO DELLA GALLERIA CANTANGHEL CON I PUNTI DI ORIGINE (9541) E USCITA (9581) E POSIZIONE DEI PUNTI DI ORIGINE (482) E USCITA (9578) DELLA GALLERIA PONTE ALTO.	110
FIGURA 44. SCHEMA DI CAPTAZIONE MEDIANTE DRENI DELLA GALLERIA CANTANGHEL (FONTE PROGETTO RIASPAT, 2009).	111
FIGURA 45. PARTICOLARE DELLA GALLERIA CANTANGHEL E RELATIVO GRAFICO DI PORTATA PER L'ANNO 2007/08 (FONTE P.A.T.-RFI, 2008).	111
FIGURA 46. PARTICOLARE DELLA GALLERIA PONTE ALTO E RELATIVO GRAFICO DI PORTATA PER L'ANNO 2007/08 (FONTE PAT-RFI, 2008).	112
FIGURA 47. CARTA CON INDICAZIONE DI TUTTE LE SORGENTI UTILIZZATE NELLA VALUTAZIONE DELLA POSSIBILE INTERFERENZA SULLE RISORSE IDRICHE (INDICE DHI).	113
FIGURA 48. SCHEMA CONCETTUALE RELATIVO AL PARAMETRO ET.	125
FIGURA 49. GRAFICO DEI PESI DA ATTRIBUIRE ALLE VARIABILI DEL DHI.	126
FIGURA 50. GRAFICO DI FREQUENZA DELLE CLASSI DHI IDENTIFICATE PER LE SORGENTI IN ESAME.	134
FIGURA 51. LOCALIZZAZIONE DELLE SORGENTI INTERESSATE DALL'ANALISI DHI CON IL RELATIVO GRADO DI RISCHIO.	135
FIGURA 52. RAPPRESENTAZIONE SPAZIALE DEL PI LUNGO LA GALLERIA NATURALE TRENTO.	138
FIGURA 53. PRINCIPALI SISTEMI TETTONICI PRESENTI NELL'AREA TARENTINA.	142
FIGURA 54. SORGENTI SISMOGENETICHE CONTENUTE NELLA VERSIONE 3.2.1 DEL "DATABASE OF POTENTIAL SOURCES FOR EARTHQUAKES LARGER THAN M 5.5 IN ITALY" PER L'AREA TARENTINA.	143
FIGURA 55. SISMICITÀ STRUMENTALE DEL TARENTINO NEL PERIODO 1994-2012 (TRATTO DAL SITO DELLA PROTEZIONE CIVILE DELLA P.A.T.).	144
FIGURA 56. MAPPA DEL MOMENTO SISMICO IN TARENTINO – (DA.....	145
FIGURA 57. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO PROVINCIALE (DA HTTP://WWW.PROTEZIONECIVILE.TN.IT/TERRITORIO/SISMOLOGIA/-CLASSIFICAZIONI/PAGINA8.HTML).....	146
FIGURA 58. MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA ESPRESSA IN TERMINI DI ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO (A_{MAX}) CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 10% IN 50 ANNI RIFERITA A SUOLI MOLTO RIGIDI ($V_{S30}>800$ M/S) (HTTP://ESSE1-GIS.MI.INGV.IT/)	147
FIGURA 59. SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER I PERIODI DI RITORNO T_R DI RIFERIMENTO.	149
FIGURA 60. VALORI DEI PARAMETRI AG , F_0 E T_{C^*} COL PERIODO DI RITORNO T_R	150
FIGURA 61. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI 1° LIVELLO (ESTRATTO DA HTTP://WWW.PROTEZIONECIVILE.TN.IT/BINARY/PAT_PROTEZIONE_CIVILE/PRIMOP_TERRITORIO/MZS_A4.1330431791.JPG).	154
FIGURA 62. STRALCIO DELLA CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI 1° LIVELLO PER L'AREA DI SVILUPPO DEL TRACCIATO FERROVIARIO.	155
FIGURA 63. ZONE SISMOGENETICHE PER LA MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DI RIFERIMENTO.	157

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	7 di 220

FIGURA 64. VALORI DI M_{WMAX} PER LE ZONE SISMOGENETICHE DI ZS9.	157
FIGURA 65. CARTA DI CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI DI FONDAZIONE – ZONA SUD, ACQUAVIVA (ESTRATTO DA HTTPS://PATN.MAPS.ARCGIS.COM/APPS/WEBAPPVIEWER/INDEX.HTML?ID=A57E8327199F4DB6ACDB2F15D3048615). IN BLU IL TRACCIATO IN PROGETTO.	159
FIGURA 66. CARTA DI CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI DI FONDAZIONE, ZONA NORD, SCALO FILZI (ESTRATTO DA HTTPS://PATN.MAPS.ARCGIS.COM/APPS/WEBAPPVIEWER/INDEX.HTML?ID=A57E8327199F4DB6ACDB2F15D3048615). IN BLU IL TRACCIATO IN PROGETTO.	160
FIGURA 67. UBICAZIONE M.A.S.W. ZONA ACQUAVIVA.	161
FIGURA 68. UBICAZIONI M.A.S.W. ZONA SCALO FILZI.	162
FIGURA 69. UBICAZIONE DEI SITI IN PROSSIMITÀ DELLO SCALO FILZI (DA PAT, 2007).	182
FIGURA 70. IDROISOIPSE 1 OTTOBRE 2007 (DA P.A.T., 2007),	183
FIGURA 71. IDROISOIPSE 9 NOVEMBRE 2007 (DA P.A.T., 2007).	184
FIGURA 72. IDROISOIPSE CHE MOSTRANO GLI EFFETTI DELLA BARRIERA IDRAULICA ATTIVA NELL'AREA DELLA EX CARBONCHIMICA (DA P.A.T., 2007).	185
FIGURA 73. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA AREA TRENTO NORD, DESCRIZIONE. (DA VISINTAINER).	186
FIGURA 74. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA AREA TRENTO NORD, DESCRIZIONE. (DA VISINTAINER).	187
FIGURA 75. DISTRIBUZIONE DEI PUNTI DI MONITORAGGIO DEL FONDOVALLE DI TRENTO (DA ISER, 2013).	188
FIGURA 76. PIEZOMETRIA DELL'AREA IN ESAME IN DIVERSI PERIODI. LA SCALA A COLORI DEFINISCE IL GRADIENTE IDRAULICO. PER UNA MIGLIORE LETTURA SI RIMANDA ALLA TAVOLA CONTENUTA IN ISER, 2013.	190
FIGURA 77. SEZIONE GEOLOGICA DEL CONOIDE DEL TORRENTE FERSINA (DA ISER, 2013).	191
FIGURA 78. CURVE FREATIMETRICHE PER I MESI DI GIUGNO (AZZURRO) E OTTOBRE (ROSSO) 2008 NELL'AREA DEL CONOIDE DEL TORRENTE FERSINA (DA ISER, 2013).	192
FIGURA 79. CARTA PIEZOMETRICA RIFERITA AD APRILE 2004 (A) E FEBBRAIO 2009 (B) (DA SERVIZIO GEOLOGICO P.A.T. - HTTP://WWW.PROTEZIONECIVILE.TN.IT/TERRITORIO/CARTOGRAFIA/CARTOGRAFIATEMATICA/- CARTOGRAFIAIDROGEOLOGIA/PAGINA7.HTML).	193

TABELLE

TABELLA 1. INDAGINI RIPORTATE NEL PROFILO GEOLOGICO IN ASSE TRACCIATO E NELLE SEZIONI GEOLOGICHE.	10
TABELLA 2. CAMPIONI PRELEVATI PER ANALISI PALINOLOGICHE.	15
TABELLA 3: SCHEMA DI SINTESI DELLA SUCCESSIONE GEOLOGICA PRESENTE NELL'AREA DI STUDIO.	22
TABELLA 4. SEQUENZA CONTINENTALE QUATERNARIA.	40
TABELLA 5. SINTESI DELLE PRINCIPALI CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELLE FORMAZIONI INTERESSATE DAL TRACCIATO.	82
TABELLA 6. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DEGLI AFFIORAMENTI SU BASE CARG.	84
TABELLA 7. ASSOCIAZIONE FRA FORMAZIONE E CLASSE DI PERMEABILITÀ.	86
TABELLA 8. PROVE LUGEON ESEGUITE NEI SONDAggi TN4 E TN6.	87
TABELLA 9. VALORI DI INFILTRAZIONE NEI SINGOLI BACINI ATTRAVERSATI DALL'OPERA IN PROGETTO.	97
TABELLA 10. RIEPILOGO DEI VALORI ISOTOPICI MEDI E CARATTERISTICHE SALIENTI DELLE SORGENTI ANALIZZATE RICADENTI NELL'AREA DELL'ATTUALE PROGETTO (DA BORSATO, 2009).	108
TABELLA 11. ELENCO DELLE SORGENTI CON CARATTERISTICHE DI FLUSSI MISTI O PROFONDI.	109
TABELLA 12. VALORI DELLE SINGOLE CLASSI PER LE VARIABILI DEL DHI. DA TORRI ET AL. (2007).	127
TABELLA 13. VALORI DI DHI PER LE SORGENTI ANALIZZATE.	128
TABELLA 14. DATI PRINCIPALI DELLE SORGENTI A RISCHIO DHI MEDIO.	136
TABELLA 15. VALORI DI ACCELERAZIONE MASSIMA DEL SUOLO A_g CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO DEL 10% IN 50 ANNI, RIFERITO A SUOLI RIGIDI CARATTERIZZATI DA $V_{s,30} > 800$ M/S.	146
TABELLA 16 VALORI DEI PARAMETRI DI A_g , F_0 , T_c^* PER I PERIODI DI RITORNO T_R DI RIFERIMENTO.	148
TABELLA 17. <i>STORIA SISMICA DI TRENTO (TN) [46.064, 11.124]</i>	151
TABELLA 18 RISULTATI DELLE PROVE M.A.S.W. IN TERMINI DI $V_{s,eq}$ (ZONA SUD).	161
TABELLA 19 RISULTATI E UBICAZIONE DELLE PROVE M.A.S.W. DELLE PROVE M.A.S.W. IN TERMINI DI $V_{s,eq}$ (ZONA NORD).	162

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	8 di 220

1 PREMESSA

Il presente documento sintetizza i risultati dello studio geologico nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica relativo al Lotto 3 – Circonvallazione di Trento della Linea Fortezza – Verona, che si inserisce nel più esteso progetto di Quadruplicamento della Linea Fortezza – Verona (Accesso Sud alla Galleria di Base del Brennero).

Di seguito si illustrano i principali aspetti connessi con lo scenario naturale in cui si colloca il settore di studio relativamente alla componente geologica, e si discutono gli elementi significativi dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico. Le informazioni relative all'area indagata sono raccolte negli elaborati riportati nella seguente elenco, che accompagnano e costituiscono parte integrante della presente relazione.

Carta geologica generale	1:25000	IB0Q	3	A	R	69	G3	GE	00	0	1	001	A
Carta geologica con elementi geomorfologici tav.1/2	1:10000	IB0Q	3	A	R	69	G4	GE	00	0	1	001	A
Carta geologica con elementi geomorfologici tav.2/2	1:10000	IB0Q	3	A	R	69	G4	GE	00	0	1	002	A
Carta strutturale tav. 1/2	1:10000	IB0Q	3	A	R	69	G4	GE	00	0	4	001	A
Carta strutturale tav. 2/2	1:10000	IB0Q	3	A	R	69	G4	GE	00	0	4	002	A
Carta geomorfologica del M. Marzola	1:10000	IB0Q	3	A	R	69	G4	GE	00	0	3	001	A
Carta idrogeologica generale	1:25000	IB0Q	3	A	R	69	G3	GE	00	0	2	001	A
Carta del rischio punti d'acqua (DHI)	1:25000	IB0Q	3	A	R	69	G3	GE	00	0	2	002	A
Carta idrogeologica tav.1/2	1:10000	IB0Q	3	A	R	69	G4	GE	00	0	2	001	A
Carta idrogeologica tav.2/2	1:10000	IB0Q	3	A	R	69	G4	GE	00	0	2	002	A
Profilo geologico in asse tracciato	1:10000	IB0Q	3	A	R	69	F4	GE	00	0	1	001	A
Profilo geologico tratta all'aperto - zona Scalo Filzi	1:5000/500	IB0Q	3	A	R	69	F5	GE	00	0	1	001	A
Profilo geologico tratta all'aperto - zona Acquaviva	1:5000/500	IB0Q	3	A	R	69	F5	GE	00	0	1	002	A
Profilo idrogeologico in asse tracciato	1:10000	IB0Q	3	A	R	69	F4	GE	00	0	2	001	A
Profilo idrogeologico zona Scalo Filzi	1:5000/500	IB0Q	3	A	R	69	F5	GE	00	0	2	001	A
Profilo idrogeologico zona Acquaviva	1:5000/500	IB0Q	3	A	R	69	F5	GE	00	0	2	002	A
Sezioni geologiche trasversali	1:5000	IB0Q	3	A	R	69	W5	GE	00	0	1	001	A
Sezioni idrogeologiche trasversali	1:5000	IB0Q	3	A	R	69	W5	GE	00	0	2	001	A
Relazione geologica		IB0Q	3	A	R	69	RG	GE	00	0	1	001	A
Relazione sulle caratterizzazione geomeccanica		IB0Q	3	A	R	69	RH	GE	00	0	5	001	A
Rapporto delle attività di campagna		IB0Q	3	A	R	69	RH	GE	00	0	5	002	A
Rapporto sull'analisi interferometrica radar satellitare del M. Marzola (dati sentinel 2016-2020)		IB0Q	3	A	R	69	RH	GE	00	0	5	003	A
Planimetria indagini geofisiche (sismiche)		IB0Q	3	A	R	69	IG	GE	00	0	5	001	A
Tomografia sismica, sezioni P01-P06, località Acquaviva		IB0Q	3	A	R	69	IG	GE	00	0	5	002	A
Report indagini geofisiche (sismiche)		IB0Q	3	A	R	69	IG	GE	00	0	5	003	A
Planimetria indagini geoelettriche (L1-L2-L3, località Casteller)		IB0Q	3	A	R	69	IG	GE	00	0	5	004	A
Indagini geofisiche - Esiti indagini geoelettriche (L1-L2-L3, località Casteller)		IB0Q	3	A	R	69	IG	GE	00	0	5	005	A
Indagini geofisiche - Report indagini geoelettriche (L1-L2-L3, località Casteller)		IB0Q	3	A	R	69	IG	GE	00	0	5	006	A
Sondaggi geognostici		IB0Q	3	A	R	69	SG	GE	00	0	5	001	A
Sondaggi geognostici da bibliografia		IB0Q	3	A	R	69	SG	GE	01	0	5	002	A
Sondaggi geognostici (TN4-TN6)		IB0Q	3	A	R	69	SG	GE	00	0	5	003	A
Prove di laboratorio		IB0Q	3	A	R	69	PR	GE	00	0	5	001	A
Prove di laboratorio (TN4-TN6)		IB0Q	3	A	R	69	PR	GE	00	0	5	002	A

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto dello studio è ubicata nel territorio della Provincia Autonoma di Trento; più in particolare, il tracciato ferroviario si sviluppa tra l'abitato di Mattarello (località Acquaviva) e la parte nord-occidentale della città di Trento (zona Ex scalo Filzi).

Le opere in progetto insistono in misura parziale sul fondovalle del F. Adige (tratte all'aperto e galleria artificiale) ed in larga parte interessano, in galleria, il versante in sinistra idrografica della Val d'Adige. In Figura 1 è riportata l'ubicazione geografica del tracciato di progetto.

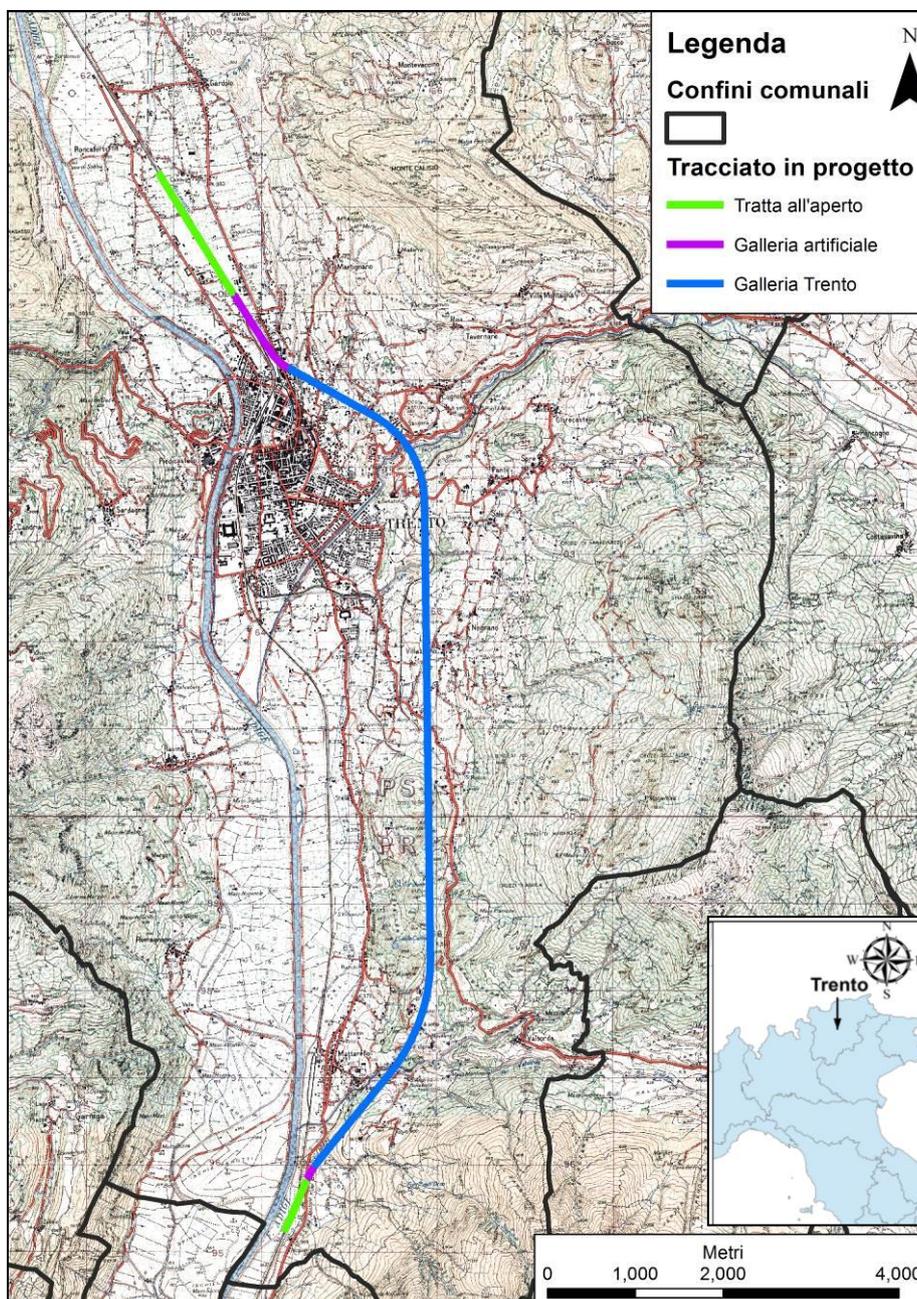


Figura 1. Inquadramento geografico dell'area di studio.

3 DATI DI BASE

Per la redazione del presente studio sono stati richiamati una serie di documenti e dati di base resi disponibili, nell'ambito di lavori svolti in precedenza [5], dal Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento, tra cui in particolare: la banca dati della cartografia geologica provinciale, le informazioni stratigrafiche relative ai sondaggi geognostici archiviati nella banca dati sondaggi provinciale, dati e studi relativi al fenomeno gravitativo del M. Marzola, la documentazione geologica prodotta nel Progetto Preliminare del 2008 sviluppato dalla Provincia Autonoma di Trento e da RFI.

Per la realizzazione della cartografia geologica ed idrogeologica a corredo del progetto sono stati quindi prese a riferimento le informazioni presenti nella banca dati geologica provinciale derivanti dai rilievi condotti a scala 1:10000 nell'ambito del Progetto CARG (Progetto di realizzazione della CARTografia Geologica nazionale – Legge 226/99) relativi al Foglio 060 Trento, e successivi aggiornamenti. Tali informazioni sono state esaminate ed ulteriormente approfondite con rilievi di terreno, con l'ausilio delle informazioni geognostiche e mediante analisi fotogrammetriche con particolare attenzione al modello digitale del terreno ottenuto da immagini LIDAR.

Per quel che riguarda i dati stratigrafici provenienti dalla banca dati sondaggi della Provincia Autonoma di Trento, nell'area oggetto di studio il data-set di indagini al momento disponibili è costituito da 802 stratigrafie. In Figura 2 è riportata la distribuzione delle suddette indagini bibliografiche; le ubicazioni di dettaglio sono riportate nella cartografia geologica. Sono inoltre disponibili i sondaggi stratigrafici realizzati nell'ambito delle campagne indagini Italferr (IB0Q3AR69SGGE0005001A e IB0Q3AR69SGGE0005003A). Le indagini riportate nel profilo geologico e nelle sezioni geologiche sono elencate in Tabella 1.

Codice Sondaggio	Lunghezza (m)	Tratta di riferimento	Codice Sondaggio	Lunghezza (m)	Tratta di riferimento
2126	19.5	Acquaviva	577	63	Scalo Filzi
3852	3.5	Acquaviva	334	4.7	Scalo Filzi
3855	20	Acquaviva	333	6.2	Scalo Filzi
4329*	142.6	Galleria Trento	246	14	Scalo Filzi
3898	121.1	Galleria Trento	245	46	Scalo Filzi
4330	160	Galleria Trento	1730	21.5	Scalo Filzi
B2	150	Galleria Trento	244	13	Scalo Filzi
TN6	230	Galleria Trento	370	14.5	Scalo Filzi
Dolomiti Energia	200	Galleria Trento	368	19.8	Scalo Filzi
1491	73.2	Galleria Trento	3616	12	Scalo Filzi
1487	50.5	Galleria Trento	243	41	Scalo Filzi
3882	130	Galleria Trento	1311	4	Scalo Filzi
3904	15	Galleria Trento	1310	5.5	Scalo Filzi
TN4	230	Galleria Trento	2205	16	Scalo Filzi
3193	23.64	Galleria Trento	1314	4	Scalo Filzi
2933	15	Scalo Filzi	1315	5	Scalo Filzi
2932	12	Scalo Filzi	2045	30	Scalo Filzi
2931	15	Scalo Filzi	1823	35.6	Scalo Filzi
2930	12	Scalo Filzi	2404	44.7	Scalo Filzi
2929	15	Scalo Filzi	357	9	Scalo Filzi
574	13.5	Scalo Filzi	356	10.4	Scalo Filzi
249	14	Scalo Filzi	B1	30	Scalo Filzi
247	13.5	Scalo Filzi			

Tabella 1. Indagini riportate nel profilo geologico in asse tracciato e nelle sezioni geologiche.



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	11 di 220

Oltre alle indagini dirette, sono state realizzate indagini geofisiche che hanno interessato i depositi quaternari in prossimità delle aree di imbocco della galleria (IB0Q3AR00IGGE0005001÷3A) e l'area compresa tra il Casteller e il Dosso di San Rocco (IB0Q3AD00IGGE0005004÷6A).

Per la caratterizzazione geomeccanica dei litotipi affioranti sono state altresì realizzate stazioni di misura geostrutturale (IB0Q3AR00RHGE0005001) che hanno riguardato le formazioni interessate dall'opera; l'elaborazione dei dati acquisiti ha permesso di classificare dal punto di vista geomeccanico le porzioni rocciose oggetto dei rilievi secondo i criteri di Bieniawski (1989), attraverso la stima del coefficiente RMR, e secondo quelli proposti da Barton (1974), mediante il calcolo del parametro Q.

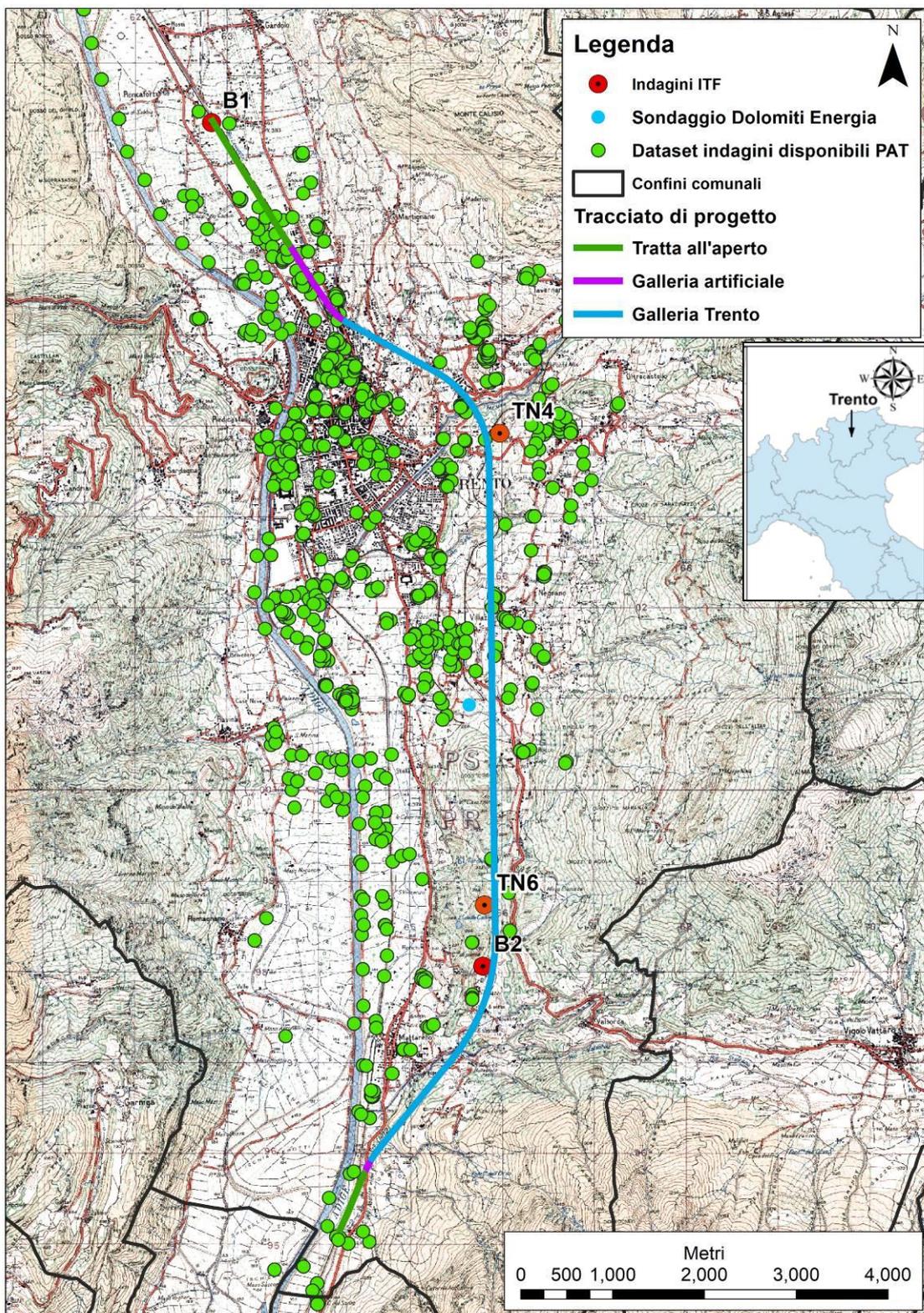


Figura 2. Ubicazione delle indagini geognostiche disponibili nell'area in esame.

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	13 di 220

3.1 Indagini dirette pregresse

Oltre alle indagini utilizzate per le tratte all'aperto sono di particolare interesse, per la ricostruzione dell'assetto geologico, quattro sondaggi stratigrafici profondi disponibili nel database del Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento e un sondaggio realizzato da Dolomiti Energia al fine di ricerca geotermica. I dati sono raccolti nell'elaborato IB0Q3AR69SGGE0005002A.

I sondaggi profondi sopra citati attraversano la coltre superficiale detritica e attraversano in parte la successione Permo-Cenozoica.

Essi sono identificati come:

- Sondaggio 4329 - Villa Gentilotti;
- Sondaggio 3898 - Cava Ronchi;
- Sondaggio 4330 - Vivaio;
- Sondaggio 3882 - Villazzano.
- Dolomiti Energia

3.1.1 Sondaggio 4329 - Villa Gentilotti

Realizzato nel maggio 2007, raggiunge la profondità di 142.6 metri: i primi 50 metri sono stati perforati a distruzione di nucleo. Da 50 metri di profondità sino a fondo foro viene attraversata una serie di dolomie grigie cariate intercalate a breccie attribuite alla Formazione di Giovo - Membro di Monte Ozol.

3.1.2 Sondaggio 3898 - Cava Ronchi-Mattarello

Realizzato nel periodo luglio-agosto 2003, raggiunge la profondità di 121.1 m. La stratigrafia di massima è stata interpretata come segue:

- 0÷72 m: ghiaie con ciottoli e sabbie (deposito di frana);
- 72÷95 m: viene attraversata la serie del Gruppo dello Zwischenbildungen in facies calcarea con tracce di bitume;
- 95÷121.1 m: calcare grigio cariato – qui attribuito alla Formazione di Giovo - Membro di Monte Ozol

Tale sondaggio è stato attrezzato con un tubo inclinometrico. Le misure effettuate hanno mostrato una debole anomalia dell'ordine di un mm/anno nel periodo 2003-2006, non confermata nel 2007, poco al di sotto del contatto tra i depositi superficiali ed il substrato (si veda documentazione [1]).

3.1.3 Sondaggio 4330 - Vivaio

Realizzato nel periodo ottobre-novembre 2007, raggiunge la profondità di 160 m. La stratigrafia di massima può essere riassunta come:

- 0÷81.1 m: ghiaie con ciottoli e sabbie (deposito di frana e glaciali);
- 81÷160 m: viene attraversata la serie del Gruppo dello Zwischenbildungen. La parte superiore del sondaggio incontra i Calcari di Val Gola in una facies ricca in vulcanoclastiti. Più in profondità sono rinvenuti litotipi calcareo marnosi molto stratificati con intercalazioni argillitiche attribuiti ai Calcari di Margon.

In particolare, il punto di indagine era costituito da 4 fori ravvicinati, uno realizzato a carotaggio continuo e tre a distruzione; tre fori vennero attrezzati con piezometro, uno con inclinometro (per il quale non si hanno

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	14 di 220

misure). Due fori vennero attrezzati con piezometri fenestrati nei materiali quaternari, in un caso da 9 a 84 m di profondità da bocca foro e nell'altro da 9 a 24 m di profondità. I livelli di falda misurati risultavano praticamente coincidenti, rispettivamente -18.75 m da p.c. e -18.85 m da p.c. (misure relative a gennaio 2008). Il terzo foro venne attrezzato con piezometro fenestrato da 117 m a 147 m, ossia nel substrato roccioso; in questo caso venne rilevata la presenza di acqua durante la perforazione ad una profondità di circa 127 m da p.c..

3.1.4 Sondaggio 3882 - Villazzano

Realizzato nel periodo agosto-settembre 2003, raggiunge la profondità di 130 m. La stratigrafia di massima può essere riassunta come:

- 0÷3.1 m: riporto;
- 3.1÷31.5 m: depositi glaciali superficiali;
- 31.5÷89.8 m: vengono attraversate le Arenarie di Val Gardena (GAR) alla cui base si rinviene il conglomerato di base della formazione stessa poggiante sulle sottostanti vulcaniti. Lo spessore del conglomerato di base è di circa 1m;
- 89.8÷130 m: viene incontrato il top della serie vulcanica dato da piroclastiti (interpretate come Formazione del Castelliere, ICTc e ICT).

3.1.5 Sondaggio Dolomiti Energia

Questo sondaggio raggiunge la profondità di 200 m. L'interpretazione stratigrafica che ne è stata data può essere riassunta come segue:

- 0÷20: copertura
- 20÷33.5: Dolomia del Serla Inferiore (SLI)
- 33.5÷70: Formazione di Werfen – Membro di San Lucano (WER9)
- 70÷89.5: Formazione di Werfen – Membro di Cencenighe (WER8)
- 89.5÷124: Formazione di Werfen – Membro di Terra Rossa (WER10)
- 124÷136: Formazione di Werfen (da 135 a 136 breccia di faglia)
- 136÷175: Formazione di Werfen – Membro di Campil (WER6)
- 175÷200: Formazione di Werfen – Membro dell'Oolite a Gasteropodi (WER5)? – Membro di Siusi (WER4)

3.2 Indagini dirette – Sondaggio B2

Fra i sondaggi condotti nell'ambito della campagna geognostica condotta da Italferr, risulta particolarmente interessante il sondaggio B2 (profondità pari a 150 m), ubicato a fianco della strada delle Novaline in località Ex Villa Saracini. La stratigrafia completa del sondaggio è riportata nel documento IB0Q3AR69SGGE0005001A, congiuntamente al dato del sondaggio B1, di profondità 30 m, eseguito nell'ambito della stessa campagna (2014-15).

Il sondaggio B2 è stato realizzato con lo scopo di indagare i terreni sottostanti ai depositi detritici intorno alla pk 3+400.

I rilievi condotti sulle carote di sondaggio hanno portato alla seguente interpretazione stratigrafica:

- 0÷1.5 m: terreno vegetale;
- 1.5÷35.5 m: detrito costituito da blocchi carbonatici in matrice sabbiosa. Deposito di frana;
- 35.5÷54.0 m: limi sabbioso-ghiaiosi debolmente argillosi con clasti e blocchi di varia natura (porfidi, carbonati, metamorfiti), di colore marrone e molto addensato. Depositi fluvioglaciali;
- 54.0÷70.0 m: alternanze di calcari marnosi e marne di colori variabili da grigio giallastro a grigio scuro con siltiti color mattone. Rari livelli di conglomerati fini. La roccia è tettonizzata. Gruppo dello Zwischenbildungen;
- 70.0÷110 m: corpo dolomitico di colore grigio scuro, cariato tettonizzato. Le fratture presenti sono riempite di calcite cristallizzata. Gli ultimi tre metri appaiono estremamente fratturati con fratture arrossate e alterate (faglia a circa 110 m). Gruppo dello Zwischenbildungen;
- 110.0÷150.0 m: calcari marnosi di color nocciola con giunti stilolitici intervallati a livelli di silti color mattone e siltiti nere. I calcari appaiono fittamente stratificati in assetto orizzontale passante ad assetto verticale a partire da 120 m circa. Sono presenti diversi livelli di vulcanoclastiti di colore verde con sfumature color vinaccia. Gruppo dello Zwischenbildungen.

Le caratteristiche del materiale carotato riconducono ad una sequenza tettonizzata.

L'attribuzione del materiale perforato alle unità geologiche presenti nell'area in esame è stata condotta in un primo momento attraverso l'esame delle caratteristiche litologiche, sedimentologiche e strutturali delle carote. Il materiale è stato inoltre campionato a diverse profondità per essere sottoposto ad analisi micropaleontologiche finalizzate alla ricerca di microfossili e palinomorfi significativi per effettuare una datazione cronostratigrafica. In tal senso hanno avuto un significato ragguardevole le analisi palinologiche condotte sui campioni riportati in Tabella 2 (tali analisi, riportate in Appendice 1, sono state eseguite presso l'Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Fisica e Geologia).

Campione	Profondità
CP1 EN.	59,3
CP2 EN.	64,5
CP3 EN.	69,9
CP4 EN.	90,5
CP5 EN.	113,5
CP6 EN.	114,5
CP7 I.	120,3
CP8 I.	121,3
CP9 I.	125,6
CP10 I.	130,5
CP11 I.	131,3
CP12 I.	133,5
CP13 I.	134,5
CP14 I.	148,6

Tabella 2. Campioni prelevati per analisi palinologiche.

Le analisi palinologiche sono risultate significative per i campioni CP3 (EN.) e CP10 (I.).

In particolare, il campione CP3 risulta caratterizzato da un abbondante, e ben preservato, contenuto organico che ha permesso di individuare un'associazione palinologica utile alla datazione. L'associazione palinologica è dominata dalla presenza di Praecirculina granifer e Enzonalasporites vicens in associazione con Paracirculina quadruplicis, Pseudoenzonalasporites summus, Reticulatisporites dolomiticus, Todisporites

minor e *Uvaesporites gadensis*. Comuni sono anche pollini bisaccati quali: abbondanti *Alisporites* spp., e subordinati *Lunatisporites acutus*, *Chordasporites chinleanus*, *Infernopollenites sulcatus*, *Striatoabieites aytugii*, *Protodiploxypinus* spp., e rare *Triadispora* sp.. Sulla base dell'associazione rinvenuta il campione è stato riferito al passaggio Ladinico superiore-Carnico inferiore. Questa attribuzione è suggerita anche dall'assenza della specie indice *Patinasporites densus* che, nella serie tipo definita per il limite Ladinico-Carnico compare qualche metro dopo il passaggio (Mietto et al. 2007; 2012; Cirilli 2010).

Per quanto concerne il campione CP10, il contenuto palinologico è dato dalla presenza di *Nevesisporites vallatus*, *Praecirculina granifer*, *Densosporites granulatus*, *Calamospora mesozoca*, *Deltoidospora* sp., *Reticulatisporites dolomiticus*, nonché molti Acritarchi rappresentati da *Micrystridium* spp., *Veryhachium* spp. e le *Prasinophyta* da *Cymatiosphaera* sp. La presenza della *Nevesisporites vallatus* suggerisce un'età più vecchia rispetto al campione CP3, ed attribuibile al Ladinico Superiore (Mietto et al. 2007; 2012; Cirilli 2010).

I restanti campioni, sebbene presentino contenuto organico, non sono risultati risolvibili tramite l'analisi dei pollini.

Per quel che riguarda le analisi di ricerca di associazioni microfossilifere, queste hanno sensibilmente risentito dei fenomeni di ricristallizzazione dei litotipi carotati che spesso hanno obliterato la struttura dei campioni. Le migliori informazioni sono venute dal campione prelevato alla profondità di 132.5-133 m. Quest'ultimo, costituito da un wackestone-packstone, ha rivelato un'associazione a foraminiferi riferibili al genere *Gandinella*. Questo foraminifero, in Italia, rappresentato dalla specie *Gandinella falsofriedli* (Salaj, Borza & Samuel, 1983) risulta noto nel Triassico superiore (Norico-Retico); tuttavia sulla base del confronto con i risultati dell'analisi palinologica si può formulare l'ipotesi che la comparsa del genere *Gandinella* sia anticipata in parte dei settori alpini e coeva con quella del genere nei settori carpato-balcanici (Rettori R., 1995).

In sintesi, i dati raccolti fanno propendere per una datazione attribuibile al Ladinico e al passaggio Ladinico-Carnico e riconducibile ai litotipi del gruppo dello *Zwischenbildungen* (Calcarea di Val Vela ?).

3.3 Indagini dirette – Sondaggi TN4 e TN6

Tra la fine del 2020 e l'inizio del 21 sono stati realizzati ulteriori due sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 230 m di profondità da piano campagna. Tali sondaggi, denominati TN4 e TN6, sono stati realizzati rispettivamente in località Mesiano (circa pk 9+260) e in località Casteller (circa pk 4+100).

L'attribuzione del materiale perforato alle unità geologiche presenti nell'area in esame è stata condotta attraverso la valutazione delle caratteristiche litologiche, sedimentologiche e strutturali delle carote.

3.3.1 Sondaggio TN4

Il sondaggio TN4 è stato realizzato al fine di indagare l'assetto tettonostratigrafico nei pressi della linea Trento-Roncogno (si veda il capitolo 5). Dall'analisi delle carote di sondaggio si è rilevato che il sondaggio ha attraversato per buona parte le siltiti e areniti delle Arenarie di Val Gardena (GAR) in assetto sub-verticale, con locale rovesciamento degli strati. La parte terminale del sondaggio, ovvero da circa 208 m di profondità, ha perforato una zona cataclastica carbonatica, foliata, passante a 229.5 m a una ultracataclasite carbonatica.

La stratigrafia completa del sondaggio è riportata nel documento IB0Q3AR69SGGE0005003A. I rilievi condotti sulle carote di sondaggio hanno portato alla seguente interpretazione stratigrafica:

- 0÷11.2 m: ghiaie alternate a limi argillosi e sabbiosi con livelli di torba (depositi fluvio-glaciali - SGD12);

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	17 di 220

- 11.2÷171.8 m: alternanza di arenarie e siltiti rossastre, laminate, in strati da dritti a rovesci ad alto angolo. Sono presenti livelli carciati per dissoluzione, livelli con gesso nodulare o in vene, livelli pedogenizzati, livelli a caliche, livelli di dolomie a cellette e livelli brecciati (GAR);
- 171.8÷184.2 m: alternanze di calcari e peliti scure, disturbati e talora brecciati (parte alta di GAR, passaggio con BEL);
- 184.2÷208.5 m: breccie a calcari e peliti, breccie calcarenitiche e cataclasi calcaree. Zona di faglia;
- 208÷230 m: cataclasi calcareo dolomitica con superfici lucide inclinate tra 35 e 55°; nell'ultimo mezzo metro di perforazione (229.5-230) ultracataclasi calcareo dolomitica.

La sequenza carotata è interessata da disturbi tettonici di vario grado, particolarmente evidenti nella parte terminale del sondaggio. Durante la perforazione del sondaggio sono state realizzate prove in foro, quali prove Lugeon (n. 7), prove dilatometriche (n. 5), prove di fratturazione idraulica (n. 5), ed è stato eseguito inoltre un log BHTV (telecamera acustica). Il foro è stato attrezzato con piezometro Norton, fenestrato tra 110 e 155 m di profondità: la soggiacenza misurata a marzo 2021 è risultata di 49.5 m.

3.3.2 Sondaggio TN6

Il sondaggio è stato realizzato con lo scopo di indagare i terreni sottostanti ai depositi detritici presenti nella zona del Casteller.

La stratigrafia completa del sondaggio è riportata nel documento IB0Q3AR69SGGE0005003A. I rilievi condotti sulle carote di sondaggio hanno portato alla seguente interpretazione stratigrafica:

- 0÷30 m: detrito costituito da blocchi carbonatici in matrice sabbiosa. Deposito di frana;
- 30÷64 m: depositi fluvioglaciali con ciottoli, blocchi, livelli sabbioso e lacustri;
- 64÷69 m: Calcari scuri dolomitici; Gruppo dello Zwischenbildungen (Calcari di Margon?);
- 69÷79 m: zona di faglia di circa 2 m passante a calcari nodulari rossi; Gruppo dello Zwischenbildungen (Calcari di Val Gola);
- 79 ÷89 m: dolomia cristallina con orizzonte di faglia tra 83 e 84 m. Dolomia del Serla Inferiore;
- 89÷115 m: Siltiti rosse passanti a grigie con vene di gesso. Formazione di Werfen, membri di San Lucano e Terra Rossa;
- 115÷129 m: Siltiti rossastre passanti a Dolomie micritiche chiare. Alla base e al tetto sono presenti due zone di faglia. Dolomia del Serla Inferiore?
- 129 ÷134 m: siltiti rosse laminate con vene di gesso. Formazione di Werfen, membro di Campil;
- 134÷165 m: alternanze di siltiti e areniti rosse passanti a dolomie oolitiche e con gasteropodi. Formazione di Werfen, membro dell'Oolite a Gasteropodi;
- 165÷214 m: calcari a bioclasti alternati a livelli di siltiti rosse con orizzonti fossiliferi. Formazione di Werfen, membro di Siusi;
- 214÷225 m: siltiti rosse con passaggi a peliti rosse, con frequenti livelli evaporitici e noduli di gesso. Formazione di Werfen, membro di Andraz;
- 225÷230 m: Calcareniti laminate grigie. Formazione di Werfen, membro di Mazzin.



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	18 di 220

Durante la perforazione del sondaggio sono state realizzate prove in foro, quali prove Lugeon (n. 5), prove dilatometriche (n. 5), prove di fratturazione idraulica (n.5), ed è stato eseguito inoltre un log OBI (telecamera ottica). Il foro è stato attrezzato con piezometro Norton, fenestrato tra 85 e 160 m di profondità: la soggiacenza misurata a marzo 2021 è risultata di 56 m.

3.4 Indagini indirette

Nell'area oggetto di studio sono state eseguite anche indagini indirette di tipo geofisico. Fra i dati di base acquisiti dal Servizio Geologico della Provincia si segnala una linea sismica [7] in corrispondenza dell'aeroporto di Mattarello, perpendicolare al fiume Adige. Tale linea sismica mostra che la profondità massima del substrato nella Val d'Adige è stimabile in circa 600 m dal p.c.. Un'ulteriore indagine geofisica (AMT) è stata realizzata, nel 2003, a nord-est di Villazzano [1]. L'indagine evidenzerebbe nella zona la possibile presenza di una incisione riempita di sedimenti (eventuale paleo alveo del T. Fersina?).

Nell'ambito della campagna indagini Italferr (2014-2015) sono state realizzate delle linee sismiche tomografiche, in V_p e V_s , e alcune prove MASW. I documenti di riferimento, ai quali si rimanda per i dettagli, sono: IB0Q3AD00IGGE0005001÷3A.

Nell'ambito della campagna indagini Italferr sono stati realizzati inoltre (2020-21) tre rilievi Tomografici Elettrici, denominati con sigla da L1 a L3, per la ricostruzione delle geometrie e dei rapporti tra le unità elettrostratigrafiche nel tratto tra il Casteller e Doss di San Rocco. Per i dettagli dell'indagine si rimanda ai documenti IB0Q3AD00IGGE0005004÷6A.

4 GEOLOGIA

L'area oggetto di studio presenta terreni afferenti al dominio del Sudalpino.

La successione affiorante nel settore di interesse copre un ampio intervallo stratigrafico e comprende unità appartenenti al basamento metamorfico di età Varisica, alla successione vulcanica permiana e alla successione sedimentaria permo-cenozoica (con rocce prevalentemente silicoclastiche alla base e prevalentemente carbonatiche nella parte superiore della serie) a cui sono localmente associati anche prodotti vulcanici basici di età eocenica.

Al substrato roccioso si sovrappongono le coperture pleistoceniche-oloceniche caratterizzate da un'ampia varietà di depositi che rappresentano il prodotto delle dinamiche fluviali, glaciali, post-glaciali e di evoluzione dei versanti che nel quaternario hanno fortemente controllato l'evoluzione superficiale del territorio.

Come accennato, il substrato roccioso è costituito da rocce del basamento cristallino al di sopra del quale giacciono prodotti vulcanici di età permiana e una potente successione sedimentaria permo-cenozoica. Nel complesso l'intera successione registra, dalla base al tetto, una fase di distensione e la messa in posto di prodotti vulcanici effusivi alla quale segue un'importante ingressione marina e la deposizione di una spessa sequenza sedimentaria.

Quest'ultima è caratterizzata alla base dalla tipica successione silico-clastica continentale ad arenarie e siltiti (red beds), cui seguono evaporiti e carbonati di ambiente marino ristretto, che testimoniano l'iniziale fase di rifting di età permiana alla quale segue una spessa successione dolomitico-calcareo di piattaforma di età triassico-giurassica. A partire dal Giurassico medio (Lias superiore) la successione registra un approfondimento dovuto ad una ulteriore importante fase distensiva, con la deposizione di emipelagiti calcaree e calcareo-marnose. La successione è localmente chiusa al tetto da depositi di piattaforma carbonatica e dai prodotti di risedimentazioni nel bacino di età eocenica. Di età eocenica è anche l'evento vulcanico che determina la messa in posto di ulteriori prodotti effusivi.

Da sud verso nord si possono identificare alcuni macrosettori:

- nella zona di Mattarello affiora la serie Triassica di piattaforma (Dolomia Principale e Formazione di Travenanzes) e la serie Anisica Bacinale (Gruppo dello Zwischenbildungen);
- tra Mattarello e Mesiano (Trento) affiorano la serie sedimentaria e vulcanica Permiana e Triassica e le metamorfiti pre-permiane di basamento;
- da Mesiano a Trento Nord, le metamorfiti pre-permiane e la serie vulcanica e sedimentaria Permiana-Triassica sono in contatto con la serie Cretacica-Eocenica.

Nei paragrafi seguenti si fornisce una descrizione delle unità litostratigrafiche presenti nell'area di progetto ed attraversate dalle gallerie.

In Figura 3 è riportato lo schema stratigrafico delle Unità Sedimentarie poggianti sopra le Filladi Quarzifere (VFS) costituenti il basamento metamorfico, così come si presentano nell'intorno dell'area del Monte Marzola.

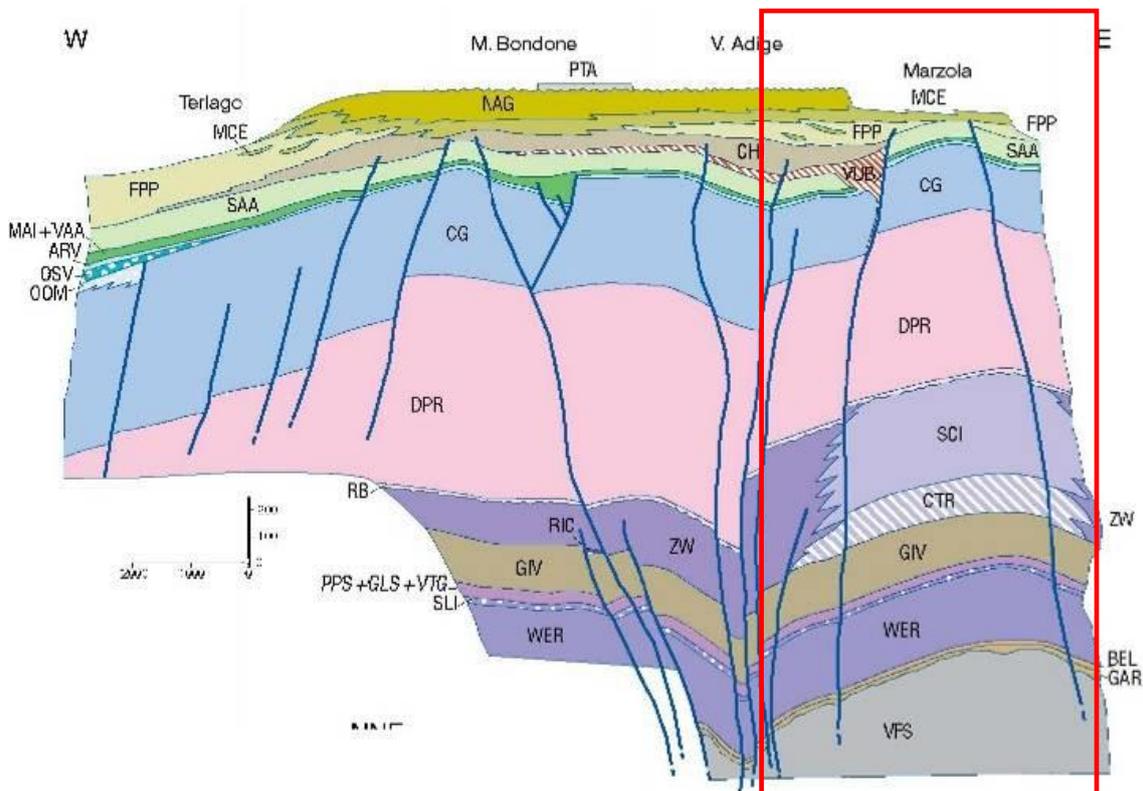


Figura 3. Schema dei rapporti stratigrafici delle Unità Sedimentarie (tratto da Note illustrative della Carta Geologica d' Italia – Foglio 060 Trento). Il riquadro rosso evidenzia le formazioni che interessano l'area di progetto.

In Figura 4 è invece riportato lo schema dei rapporti stratigrafici della Successione Porfirica Atesina, che affiora a tratti a Nord di Dosso San Rocco, poggiante sulle Filladi Quarzifere (VFS).

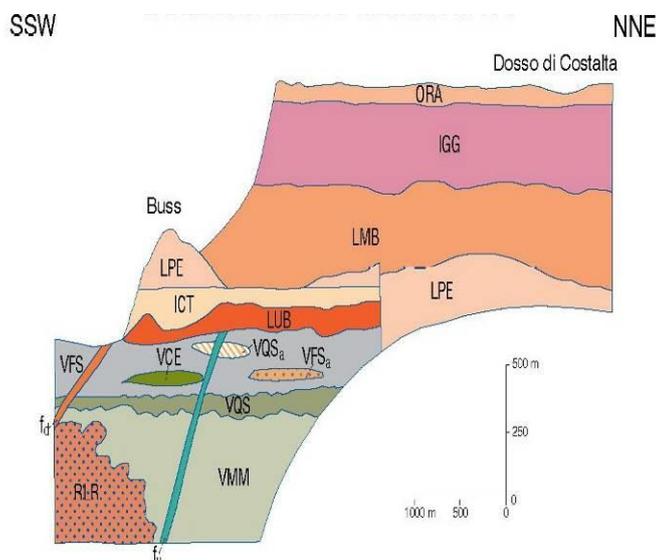


Figura 4. Schema dei rapporti stratigrafici della Successione Porfirica Atesina (tratto dal Foglio 060 Trento in scala 1:50.000 della Carta Geologica d' Italia).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

Inoltre in Figura 5 si riporta lo schema dei rapporti stratigrafici della successione Quaternaria, tratto dalle note illustrative del Foglio 060 Trento della Carta Geologica d'Italia 1:50.000.

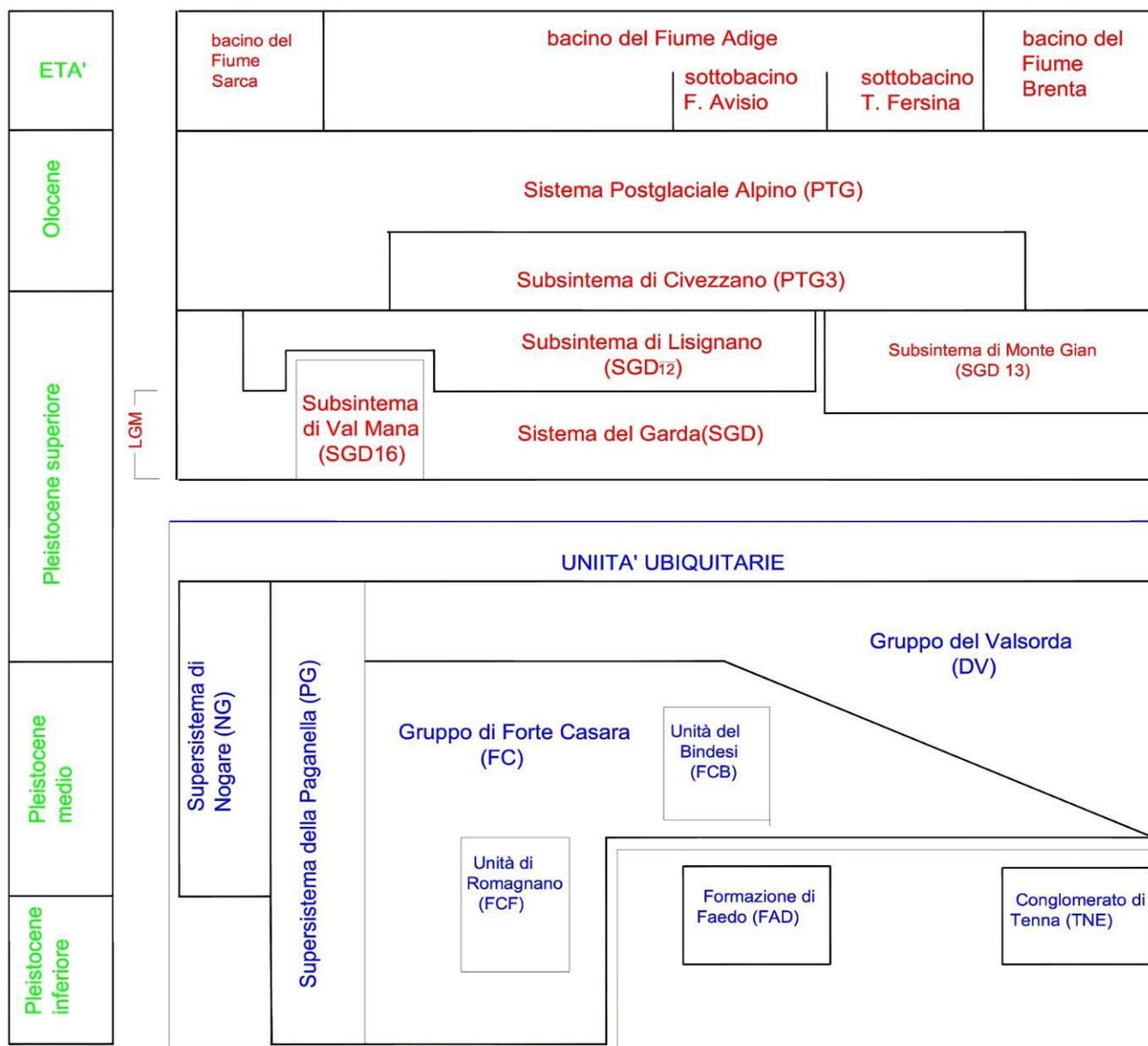


Figura 5. Schema dei rapporti stratigrafici della successione quaternaria. L' inquadramento cronologico a lato è indicativo (tratto da Note illustrative della Carta Geologica d' Italia – Foglio 060 – Trento).

In Tabella 3 si evidenzia la sequenza delle varie unità geologiche, dal Basamento Metamorfico al Quaternario, con indicazione degli acronimi corrispondenti alle formazioni e membri costituenti le diverse successioni significative per l'area di progetto.

<i>Sequenza Successioni Geologiche</i>	<i>Sequenza Unità e Formazioni Geologiche</i>	<i>Acronimi CARG delle formazioni e membri presenti nelle diverse successioni</i>
SUCCESSIONE CONTINENTALE QUATERNARIA	Quaternario	FAD – TEN – FC (FCF, FCB) – PG – NG – DV- SGD (SGD16, SGD13, SGD12) – PTG (PTG3) – Depositi alluvionali in genere
SUCCESSIONI SEDIMENTARIE E VULCANICHE PERMO-CENOZOICHE	Unità di Bacino del ciclo Eocene Superiore-Olocene Inferiore	MCE – NAG
	Basalto della Val Lagarina	VUB (VUB1, VUB2, VUB 2a, VUB 2b)
	Magmatismo Alpino	-
	Unità di Bacino dell'Eocene Inferiore-Superiore	CHI – FPP
	Passaggio Cretacico-Paleogene	-
	Unità di bacino del Baiociano-Cretacico Inferiore e del Paleocene	ARV – MAI – VAA – SAA
	Successioni di piattaforma del Giurassico Inferiore	C.G. (FMZ, LOP, RTZ,) – OSV
	Successione di piattaforma del Trias Superiore	TVZ - DPR
	Successioni anisico-ladinico pre e sin-vulcanismo medio triassico	SCI – VAB
	Successioni bacinali anisiche	ZW
	Successioni anisiche	GLS – VTG – GIV 3 – RIC – CTR -
	Dolomia del Serla Inferiore	SLI
	Formazione di Werfen	WER (WER1-2, WER3-4, WER 5-6, WER 7-10)
	Formazione a Bellerophon	BEL
Arenaria della Val Gardena	GAR	
MAGMATISMO PERMIANO	Gruppo Vulcanico Atesino Corpi filoniani	LUB – ICT - ICTc - LPE fb – fd - fy
Basamento Metamorfico	Unità della VALSUGANA	VFS

Tabella 3: Schema di sintesi della successione geologica presente nell'area di studio.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	23 di 220

4.1 Stratigrafia

Di seguito è riportata la descrizione delle unità geologiche interessate dallo studio, presentate dalle più antiche alle più recenti. La descrizione delle unità geologiche in parte deriva dai rilievi condotti nell'ambito del presente lavoro ed in parte è desunta dalle informazioni di bibliografia (con particolare riferimento alle Note Illustrative del Foglio 060 Trento).

4.1.1 Unità del basamento metamorfico

Il basamento metamorfico affiorante nell'area di studio è rappresentato esclusivamente da rocce filladiche. L'unità geologica rappresentativa del basamento è data dalle Filladi Quarzifere.

4.1.1.1 Filladi e Filladi Quarzifere (VFS)

Filladi più o meno quarzose da argentee a plumbee localmente con screziature verdastre, a quarzo, sericite/muscovite, clorite, plagioclasio ± biotite e ilmenite. Le variazioni cromatiche sono legate ai minerali presenti: il colore è quindi argenteo se prevale la muscovite, verdastro in presenza di clorite, grigio scuro - nerastro se compaiono abbondanti quantità di grafite e/o ilmenite. La grana è generalmente molto sottile (sub millimetrica) e la roccia presenta una notevole fissilità parallelamente ai piani di scistosità.

Sono presenti vistosi noduli di quarzo bianco intercalato alla scistosità della roccia. L'unità affiora estesamente nel versante orientale del M. Marzola, nonché in alcune zone della città di Trento. La scistosità è variabile da piano-parallela a deformata in vari ordini di micro pieghe.

Sono stati eseguiti stop geologici in corrispondenza del versante orientale del M. Marzola (Stop 24 e 44).

Età: Pre-Permiana.

4.1.2 Unità del magmatismo Permiano

Il Magmatismo Permiano è rappresentato, nell'area di studio, dalla Formazione di Buss (LUB), dalla Formazione del Castelliere (ICT) e, in minima parte, dalla Formazione di Pinè (LPE).

Oltre alle formazioni sopra riportate, vengono identificati, su base bibliografica, alcuni corpi filoniani. Tali corpi tagliano unicamente la successione metamorfica interrompendosi nella successione magmatica permiana di cui sono parte.

4.1.2.1 Formazione di Buss (LUB).

I depositi relativi a questa formazione danno luogo a duomi e colate di limitata estensione. Il limite inferiore con il sottostante basamento cristallino spesso è mascherato dalle coperture quaternarie.

Si tratta di lave idrotermalizzate a composizione andesitica, porfiriche, nere, grigio violacee; sono massicce e pseudostratificate, associate a lave a blocchi arrotondati e spigolosi cementati tra loro da una matrice ad analoga composizione. L'ossatura è data da fenocristalli di plagioclasio zonato, clino- ed orto-pirosseni, anfibolo bruno, biotite e scarso quarzo, in una pasta di fondo microgranulare a prevalenza di plagioclasio con pirosseni ed opachi. I fenocristalli sono spesso parzialmente o completamente sostituiti da pseudomorfo di albite, sericite, clorite, epidoti (Bargossi et alii, 1981; Di Battistini et alii, 1988).

Localmente al tetto della formazione sono presenti epiclastiti rappresentate da conglomerati a clasti andesitici e dacitici (Parco di Gocciadoro) e livelli di calcari selciferi fittamente stratificati contenenti ostracodi dulcicoli, attribuibili a eventi sedimentari lacustri (Salè), con spessori massimi di circa 60 m.

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	24 di 220

La Formazione di Buss è stata osservata presso il parco Gocciadoro (TN), stop 20, in località Graffiano (TN), stop 4, e in località Salè (TN), stop 46, dove sono stati rinvenuti i calcari a selce nera.

È stata osservata una formazione eterogenea che contiene depositi di lave andesitiche porfiriche, nere, grigie, verdi, lave basaltiche nere (stop 4) e facies marginali costituite da conglomerati a blocchi porfidici e arenarie costituite da clasti di quarzo, anfiboli e feldspati con associate miche scure. Tale facies è affiorante nel parco Gocciadoro, stop 20.

Età: Permiano.

4.1.2.2 Formazione del Castelliere (ICT ed ICTc).

Lapilli tuff rioclitici grigi, grigio-verdi e grigio-rossastri, con abbondanti fiamme disposte lungo il flusso. Danno luogo a bancate di spessore da metrico a decametrico, di forma tabulare e a luoghi condizionate dai duomi vulcanici della sottostante formazione di Buss che ne delimitano l'espansione. Al tetto sono presenti localmente epiclastiti (ICTc) a clasti dacitici e rioclitici. Si tratta di piroclastiti di colore da bruno-rossastro a grigio-verdognolo, costituite da alternanze di livelli metrici di lapilli tuff poco rinsaldati con sottili intercalazioni di tuff a stratificazione piano parallela o incrociata. Si classificano come ignimbriti limitatamente rinsaldate associate a surge, costituite da cristalli di quarzo, plagioclasti, biotite, cui si associano localmente fiamme rinsaldate di colore verdognolo e piccoli inclusi litici di natura filladica. Lo spessore della formazione è variabile da 50 a 100 metri mentre l'unità di tetto ha spessore stimato di 20-70 metri. La Formazione del Castelliere (compresa la porzione epiclastica) è stata osservata presso il parco Gocciadoro (TN), ove sono stati eseguiti gli stop 36, 39 e 40.

Età: Permiano.

4.1.2.3 Formazione di Pinè (LPE).

È rappresentata da lave dacitiche porfiriche idrotermalizzate di colore grigio-verde, massicce e a blocchi arrotondati o poligonali. L'ossatura è data da fenocristalli di plagioclasio, quarzo, biotite e pirosseno in una pasta di fondo a piccoli cristalli di plagioclasio e quarzo; frequenti sono le pseudomorfofisi di sericite e calcite sui fenocristalli di plagioclasio e le pseudomorfofisi di clorite, sericite, calcite, ossidi, sui femici. Costruiscono apparati vulcanici con colate e duomi di auto-accrecimento, a luoghi separati tra loro. Lo spessore è variabile e raggiunge al massimo 250 metri. Il limite inferiore con la sottostante formazione del Castelliere, spesso mascherato dalle coperture quaternarie, è presente nel settore dell'altopiano di Pinè. La Formazione di Pinè non si rinviene lungo il tracciato in progetto.

Età: Permiano.

4.1.2.4 Corpi filoniani felsitici (fb).

Tagliano il basamento metamorfico e affiorano nel settore orientale del M. Marzola. Si tratta di piccoli filoni di colore da bianco a grigio chiaro, massivi ed omogenei, contenenti elementi clastici da millimetrici a centimetrici di tipo filladico. Sono anche presenti breccie filladico-felsitiche costituite da una preponderante componente filladica ad elementi clastici fino a decimetrici cementati da felsite. Le felsiti sono costituite da una pasta di fondo omogenea con struttura da micro-criptocristallina felsitica a petroselciosa talvolta fluidale. Non sono stati osservati affioramenti in prossimità del tracciato.

Età: Permiano.

4.1.2.5 Filoni acidi microgranulari (fd).

Filoni a composizione da riocitico-dacitica a riolitica con caratteristiche strutturali da microporfiriche a microgranulari fluidali. Il colore è variabile dal grigio al grigio rosato, con sfumature verdastre, con fenocristalli (0,5-3 mm) di quarzo, feldspati, biotite, \pm anfibolo e/o pirosseno. Presentano una massa di fondo ben organizzata, da microgranulare a granofirica o micrografica a quarzo, feldspati e biotite. La differenza granulometrica tra fenocristalli e pasta di fondo è minima. I tipi microgranulari fluidali affiorano nella zona del Parco di Gocciadoro, intrusi nella porzione basale della successione. Si tratta di filoni di colore nocciola-arancio a composizione riolitica, probabili adduttori delle vulcaniti permiane. Lo spessore è variabile da pochi dm fino ad una decina di metri. Tagliano il basamento metamorfico con direzione prevalentemente NE-SW oppure formano dei filoni-strato concordanti. Un limitato affioramento di questi corpi è stato osservato nel Parco Gocciadoro (Figura 6).

Età: Permiano.



Figura 6. Filone acido.

4.1.2.6 Filoni intermedio-basici (fy).

Filoni intermedi, andesitici ed andesitico-basaltici, di colore nero, grigio o verde scuro, con struttura afirica o microporfirica e con presenza di fenocristalli di anfiboli e plagioclasti (\pm pirosseni e biotite) in pasta di fondo minuta, spesso a struttura intersertale-fluidale con plagioclasti e femici. Non sono stati osservati in affioramento in prossimità del tracciato in progetto.

Età: Permiano.

4.1.3 Successioni sedimentarie e vulcaniche Permo-Cenozoiche

Al termine del magmatismo permiano si osserva la deposizione della successione sedimentaria alpina intercalata a corpi vulcanici sostanzialmente basici.

4.1.3.1 Arenarie della Val Gardena (GAR)

Arenarie rosse, grigie e bianche scarsamente compatte, in alternanza con silti rosse o grigie, silti marnose e marne, e con frequenti noduli di gesso rosato. Nei termini a granulometria sottile prevale il colore rossastro. Alla base della formazione affiora in modo discontinuo, nel Parco Gocciadoro, un orizzonte conglomeratico

di 5-10 metri, a clasti ignimbrici, da arrotondati a subarrotondati in matrice arenacea grigio-rossastra. La parte sommitale è sempre caratterizzata da siltiti e arenarie fini di colore rosso cupo con noduli e vene di gesso.

Lo spessore, non facilmente individuabile e comunque variabile dal momento che la deposizione delle arenarie è avvenuta sopra un substrato vulcanico molto irregolare, apparentemente non supera i 70-80 metri.

Il limite inferiore è erosivo, di solito paraconcordante sul basamento metamorfico (filladi quarzifere) o sulle vulcaniti del gruppo atesino. Quello con la sovrastante Formazione a Bellerophon è ubicato in corrispondenza del passaggio tra le facies pelitiche di tetto e i primi calcari marnosi giallastri vacuolari. Non di rado il limite superiore è segnato dall'alternanza tra calcari della formazione a Bellerophon e livelli di arenarie.

L'ambiente di sedimentazione è riconducibile ad un fluviale meandriforme, che passa verso l'alto ad una laguna con condizioni di forte evaporazione. I noduli carbonatici stile "caliche" indicano condizioni climatiche di tipo semi-arido analogamente al colore rosso, generato da processi di umidificazione ed essiccamento di depositi di overbank o di playa.

Presso il parco di Gocciadoro, è stato osservato il conglomerato basale, ricco di clasti ignimbrici (porfidi) estremamente spigolosi (stop 37) passanti ad arenarie fini e siltiti tettonizzate (stop 38). Scendendo lungo il rio del parco è possibile osservare il passaggio tra le epiclastiti della Formazione del Castelliere e le Arenarie della Val Gardena. Le arenarie si presentano varicolori da rosse a verdi passando per porzioni grigiastre.

Età: Permiano superiore.

4.1.3.2 Formazione a Bellerophon (BEL)

La formazione è rappresentata da calcari siltosi grigi e calcari nodulari scuri bituminosi fittamente stratificati alternati a siltiti grigie, interstrati marnosi e occasionali livelli carboniosi; procedendo verso la parte alta si assiste alla progressiva diminuzione delle facies marnoso-siltose e il concomitante aumento della frazione carbonatica. Nella parte sommitale dell'unità sono presenti wackestone-packstone grigio scuri e packstone-grainstone a luoghi dolomitizzati, in strati decimetrici separati da sottili veli siltosi. La potenza è valutabile tra i 10 e i 40 metri.

Il limite inferiore è transizionale rapido su GAR. Il limite superiore con il membro WER1 è posto in corrispondenza della completa scomparsa delle siltiti o dal passaggio tra i calcari marnosi vacuolari e le calcareniti oolitiche massicce. L'ambiente di sedimentazione è interpretabile come una sabka costiera o una laguna interessata da apporti terrigeni. La formazione è stata osservata sul versante orientale del M. Marzola.

Età: Permiano superiore.

4.1.3.3 Formazione di Werfen (WER)

La Formazione di Werfen è rappresentata da una complessa sequenza di sedimenti carbonatici, terrigeni e misti. I litotipi presenti sono molteplici: calcari e dolomie arenacee e siltose, calcari e dolomie marnose, marne, siltiti ed arenarie rosse e grigie, calcareniti (grainstone e packstone) oolitiche, bioclastiche, intraclastiche, a volte dolomitizzate, micriti (mudstone e wackestone) più o meno dolomitiche.

Lo spessore dell'intera Formazione non è valutabile con esattezza, ma dovrebbe aggirarsi sui 250-300 metri (Ghetti e Neri, 1983). Il contenuto fossilifero delle unità, seppur scarso risulta significativo dal punto di vista della cronostratigrafia della Formazione. La successione sedimentaria è associabile a facies di mare sottile, che indicano l'inizio della trasgressione marina triassica. La Formazione di Werfen nella zona di Trento è stata suddivisa in dieci unità di rango minore (membri ed orizzonti) in base alle caratteristiche

litostratigrafiche macroscopiche quali litologie prevalenti, colore e livelli fossiliferi (Bosellini, 1968; Farabegoli et alii, 1977; Pisa et alii, 1979; Broglio Loriga et alii, 1983; 1990; Neri & Posenato, 1988).

Dal basso verso l'alto queste unità di rango minore sono rappresentate da:

- membro di Tesero;
- membro di Mazzin;
- membro di Andraz;
- membro di Siusi;
- membro dell'Oolite a Gasteropodi;
- membro di Campil;
- membro di Val Badia;
- membro di Cencenighe;
- membro di San Lucano
- membro di Terra Rossa che sostituisce localmente (settore Monte Marzola - Faedo) i Membri di Val Badia e Cencenighe.

I singoli membri sono stati accorpati in quattro unità individuabili anche in relazione alla loro risposta geomorfologica. Dal basso verso l'alto sono state quindi cartografate le seguenti unità (WER1-2, WER3-4, WER5-6, e WER7-8-9-10).

Età: Triassico Inferiore: Induano - Olenekiano p.p.

4.1.3.3.1 Membri di Tesero e Mazzin (WER1-2)

Il membro di Tesero è costituito da calcareniti oolitiche di colore chiaro alla base e che nella porzione superiore tendono al rosso bruno, spesso caratterizzate da laminazioni incrociate e dolomie grossolane, oolitiche, in banchi, di colore grigio giallastro. L'ambiente di deposizione è sub-tidale con occasionali variazioni verso condizioni più calme tali da consentire la deposizione degli orizzonti più fini. Lo spessore viene stimato intorno ai 40 metri circa. Il membro di Mazzin in senso stretto affiora solo nella zona di Povo e Salé. In genere è invece accorpati, poichè indistinguibile, nel membro di Tesero del quale rappresenta una evoluzione verso la parte sommitale (livelli metrici). E' costituito alla base da wackestone-packstone bioclastici grigio verdognoli che evolvono verso l'alto a calcari marnosi grigi e siltiti grigio-gialle. I calcari marnosi, solitamente in lamine centimetriche, presentano anche una modesta frazione siltosa quarzoso-micacea. Lo spessore può arrivare a 15 metri.

Nel versante orientale del M. Marzola (Stop 41) e in località Valnigra (Cimitero di Villazzano) è stato osservato come un calcare oolitico ad ooliti millimetriche e sub-millimetriche, di colore da ocre a rosso.

Età: Scitico Inferiore.

4.1.3.3.2 Orizzonte di Andraz e membro di Siusi (WER3-4)

L'orizzonte di Andraz affiora in modo discontinuo lungo il versante orientale del Monte Marzola. È costituito da alternanze di dolomie evaporitiche marnose o marnoso-siltose giallastre con vacuolarità diffuse e siltiti rossastre. Le dolomie possono essere arenacee o granulari e talora bioclastiche. Si rinvengono anche strutture da essiccamento (mud-cracks). Lo spessore è di 10-20 metri, ed i fossili sono assenti. Il limite inferiore è graduale rapido sul membro di Mazzin attraverso un rapido aumento della frazione siltosa.

L'ambiente deposizionale è riconducibile ad una piana tidale arida con oscillazioni di condizioni inter-sopratidali. È il primo di una serie di episodi peritidali riconosciuti nella Formazione di Werfen e rappresenta anche il tetto del primo dei quattro cicli sedimentari maggiori a trend regressivo noti all'interno della formazione.

Il membro di Siusi si rinvia alle pendici del Monte Marzola. È formato da calcari marnosi e marnoso-siltosi grigi e/o rossastri, a luoghi bioturbati, alternati a calcareniti oolitico-bioclasiche. Le calcareniti (grainstone e packstone) sono costituite da ooliti, lamellibranchi e microgasteropodi; sporadicamente presentano una notevole percentuale (packstone) di peloidi ricristallizzati. I litotipi pelitici si presentano in lamine centimetriche di colore grigio o, più raramente, in banchi massicci che possono arrivare al metro di spessore mentre le calcareniti formano strati di potenza anche decimetrica. Il tetto dell'unità è dato da un orizzonte evaporitico costituito da dolomie siltose e siltiti rosso-giallastre.

Lo spessore può variare da qualche metro sino a 50 - 60 metri.

Il limite con il soprastante membro dell'Oolite a Gasteropodi è netto e contrassegnato dal passaggio tra facies evaporitiche varicolori e livelli di breccie rossastre. L'unità è intensamente rielaborata da organismi fossatori. L'ambiente di sedimentazione è un fondale marino basso interessato da eventi di tempesta, che determinano la messa in posto delle sabbie bioclasiche. Al tetto si hanno facies che indicano una tendenza all'emersione con formazione di settori interessati da una intensa evaporazione. Il livello evaporitico che chiude il membro di Siusi marca il top del secondo dei quattro cicli sedimentari maggiori a trend regressivo riconosciuti nella formazione stessa.

Età: Scitico Inferiore.

4.1.3.3.3 Membro dell'Oolite a Gasteropodi e membro di Campil (WER5-6)

Il membro dell'Oolite a Gasteropodi è rappresentato da calcareniti rossastre stratificate a gradazione diretta, oolitico - bioclasiche, con lamellibranchi e microgasteropodi. In misura minore sono presenti marne calcaree grigiastre e calcari siltosi grigio - rossastri in strati decimetrici. Sono caratteristici inoltre livelli di breccie a clasti angolosi ("Conglomerato di Koken") derivanti dalla rielaborazione dei litotipi più fini. La bioturbazione è frequente e lo spessore affiorante è di circa 20 metri. Il limite inferiore è graduale rapido su WER4. L'ambiente di deposizione è marino, piuttosto superficiale, a forte moto ondos.

Il membro di Campil è formato da un'alternanza di arenarie rosse in livelli decimetrici e siltiti o marne siltose rossastre. Rispetto al membro sottostante si nota un forte incremento della componente terrigena. Siltiti e marne siltose rosse sono caratterizzate da lamine millimetriche che danno luogo a strati centimetrici. Si osservano laminazioni incrociate e parallele, e risultano frequenti le strutture da carico sotto forma di cuscini che sporgono dal tetto degli strati. Il membro di Campil si chiude con un orizzonte evaporitico di qualche metro costituito da una alternanza di dolomie arenacee gialle a luoghi bioturbate e marne rosse e grigie. Nel settore del M. Marzola passa alle sovrastanti Siltiti di Terrarossa apparentemente senza limite netto. Localmente nella parte medio-superiore del membro si rinvengono livelli e noduli di gesso bianco-rosato. La bioturbazione è frequente e il suo spessore è stimato tra 30 e 35 metri. Il limite inferiore è transizionale con l'Oolite a gasteropodi. L'ambiente di deposizione è rappresentato da fondali fangosi al di sotto del livello di base delle onde. L'episodio peritidale che marca a tetto il membro di Campil rappresenta il tetto del terzo ciclo regressivo maggiore riconosciuto nella Formazione di Werfen e indica la formazione di specchi d'acqua isolati e poco profondi.

In corrispondenza degli stop 6 e 42, si presenta come una alternanza di arenarie fini, silti e argille marnose di colore rosso mattone. Lo spessore degli strati è centimetrico. Si riconoscono le strutture sedimentarie da onda (ripples) e da disseccamento (mud cracks).

Età: Scitico Medio.

4.1.3.3.4 Membri di Val Badia, di Terra Rossa, Cencenighe, San Lucano (WER7-10)

Il membro di Val Badia è costituito nella porzione basale, da calcareniti bioclastiche chiare sovrastate da arenarie quarzoso - micacee, calcari, calcareniti, dolomie arenacee, di colore giallastro, caratterizzate da una frazione arenacea crescente verso l'alto. Lo spessore è stato valutato sui 25 metri circa. Il limite inferiore è netto sul membro di Campil, quello superiore con il membro di Cencenighe è netto e segnato dalla comparsa di dolomie oolitiche massicce. L'ambiente di deposizione è associabile ad una piana subtidale interessata da episodi di tempesta, che evolve verso condizioni di minore profondità fino alla temporanea emersione.

Il membro di Cencenighe è dato da calcareniti e dolomie oolitiche a stratificazione incrociata e siltiti rosse in prevalenza caratterizzate ripple marks. Le dolomie oolitiche e siltiti presentano laminazione millimetrica parallela deformata da strutture di esposizione subaerea (mud cracks e teepee). Lo spessore affiorante non oltrepassa i 5 metri. Il limite inferiore è netto e marcato dalla comparsa di dolomie oolitiche massicce; quello superiore è transizionale e marcato dall'aumento delle facies pelitiche rossastre. L'ambiente deposizionale è riconducibile ad una piana tidale con sequenze indicative di subambienti a bassa profondità e spesso emersi.

Il membro di Terra Rossa sostituisce i membri di Val Badia e Cencenighe nel settore nord-orientale del M. Marzola. È costituito prevalentemente da siltiti, marne siltose, arenarie fini rosse intensamente bioturbate con piste di limivori che possono obliterare del tutto la stratificazione originaria, che quando invece è preservata si manifesta in strati di 1-2 cm di spessore con ripple da onda. In misura minore sono presenti siltiti rosse con intercalazioni di arenarie fini a stratificazione incrociata a basso angolo. Lo spessore è di 20-50 metri. Il limite inferiore è graduale con il membro di Campil. Le condizioni di deposizione sono quelle di una piana subtidale interessata da occasionali eventi di tempesta.

Il membro di San Lucano è costituito essenzialmente da dolomie marnose, siltose ed arenacee, siltiti, marne e arenarie principalmente di colore rosso cupo, più raramente giallastro o grigio. Nella parte alta di queste sequenze di base sono frequenti noduli o lenti di gesso bianco-rosato. Al tetto prevalgono siltiti rosso cupo alternate a dolomie evaporitiche giallastre in livelli centimetrici. Lo spessore si aggira sui 30-40 metri. Il limite inferiore è graduale con il membro di Cencenighe (WER8).

Presso lo stop 43, si presenta come una alternanza di arenarie fini e siltiti di colore rosato e beige. Lo spessore degli strati è da centimetrico a decimetrico. Si riconoscono le strutture sedimentarie da onda (ripples).

Età: Scitico Medio-Superiore.

4.1.3.4 Dolomia del Serla Inferiore (SLI)

Si tratta di una dolomia microcristallina da grigio chiara a biancastra, in strati anche metrici, con livelli di arrossamento e paleocarsismo e occasionali intercalazioni di breccie e peliti rossastre. Localmente, ma al di fuori dell'area in studio, alla base sono presenti calcari dolomitici scuri laminati intercalati a livelli evaporitici. Lo spessore è stato valutato sui 60-70 metri. Nel M. Marzola, il limite inferiore è sul membro delle Siltiti di Terrarossa mentre quello superiore corrisponde ad una sequenza evaporitica attribuita alla Formazione a Gracilis. L'ambiente di sedimentazione corrisponde ad una piana tidale, con bassa profondità, interessata da forte evaporazione. In corrispondenza degli stop 9 e 10, si osserva una dolomia cristallina bianca in strati decimetrici, con sottili intercalazioni argillose di colore rossastro

Età: Triassico inferiore p.p. - Triassico medio p.p.: Olenekiano sup. - Anisico inf.

4.1.3.5 Formazione a Gracilis (GLS)

È costituita da dolomie calcareo marnose in alternanza con calcareniti grigie a bioclasti e peloidi in strati fino a decimetrici con un accenno di giunti nodulari. La parte alta dell'unità è rappresentata da calcari siltosi e

siltiti grigio - giallastre. In corrispondenza del versante sud-occidentale del M. Marzola verso l'alto è presente una litofacies carbonatico-terrigena varicolori con intercalazioni evaporitiche. Lo spessore massimo è di circa 60 metri. Il limite è con la sottostante Dolomia del Serla risulta di tipo transizionale rapido. Il limite superiore corrisponde ad una superficie erosiva su cui poggia in paraconcordanza il Conglomerato di Voltago (VTG) come presso Terra Rossa, sul versante orientale della Marzola o lungo il Rio Gola, o la Formazione di Giovo. L'ambiente di sedimentazione corrisponde a pianie tidali e piccole piattaforme carbonatiche al margine di ambienti costieri a deposizione in prevalenza terrigena. In corrispondenza degli stop 13 e 29, si riconoscono dolomie fittamente stratificate intervallate da veli pelitici color nocciola. Le dolomie si presentano cristalline.

Età: Bitinico - Pelsonico inf.

4.1.3.6 Conglomerato di Voltago (VTG)

Arenarie fini e medie alternate a siltiti di colore rosso e grigio bioturbate. Sono presenti anche discontinui orizzonti di conglomerati di spessore fino a 2 metri. Detti intervalli sono caotici nella parte basale, mentre verso l'alto evidenziano gradazione diretta e laminazione incrociata. I livelli più bassi sono costituiti da clasti dolomitici bianchi (Dolomia del Serla inferiore) in matrice arenacea biancastra o gialla, verso l'alto si osservano anche clasti derivanti dalla Formazione di Werfen. Lo spessore è di circa 40 metri. La base è erosiva sulla Formazione a Gracilis (GLS). Il limite superiore è transizionale rapido con la Formazione di Giovo (Rio Gola). L'ambiente di sedimentazione è di tipo continentale o marino marginale, riconducibile a delta - conoidi.

All'imbocco del Rio Gola (Ravina, stop 28), si presenta con arenarie rosse violacee, a cui si intercalano sottili livelli pelitici e banchi di conglomerati. Lungo il Rio Gola è osservabile il contatto con la soprastante Formazione di Giovo la quale si intercala alle peliti del Conglomerato di Voltago. Lo stesso contatto è stato osservato lungo il canale inciso della Terra Rossa nel versante orientale del M. Marzola (stop 7).

Età: Pelsonico.

4.1.3.7 Formazione di Giovo - Membro del M. Ozol (GIV3 - Dolomia della Valsugana Auct.)

È costituita da una sequenza di calcari e dolomie grigiastre sottilmente stratificate (10-20 cm), a luoghi stromatolitiche, con sottili intercalazioni di peliti grigie laminate con quarzo e muscovite. Nella parte superiore si passa a dolomie bioclastiche (alghie calcaree e brachiopodi) biancastre e rosate. Lo spessore è di 180-200 metri. Il passaggio tra il membro del Monte Ozol e la sovrastante formazione di Contrin è marcato da una superficie di erosione con livelli di arrossamento (paleocarsismo) e con depressioni riempite da una breccia a clasti spigolosi pluricentrici di dolomie ("Breccia di Ravina" o Conglomerato di Richthofen Auct.) dallo spessore pluridecimetrico. In Valle delle Gole e sul M. Marzola il tetto della formazione di Giovo è caratterizzato dalla presenza di cavità fino a metriche e filoni riempiti di materiale arenaceo rossastro in cui sono immersi clasti carbonatici e più raramente metamorfici. Questi livelli paleocarsici appaiono riconducibili all'esposizione subaerea della piattaforma carbonatica del membro del Monte Ozol, alla fine del Pelsonico. Il limite superiore è riconoscibile per i marcati livelli di arrossamento laddove i conglomerati a tetto risultano mancanti. L'ambiente di deposizione varia da laguna (a circolazione ristretta) ad una piana tidale a sedimentazione carbonatica.

Presso il Dosso di San Rocco (stop 14 e 30), e nel versante orientale del M. Marzola (stop 5, 7 e 14) è stata osservata una dolomia calcarea, estremamente cariata, di colore biancastro - beige ordinata in strati da centimetrici a decimetrici. Non è stato osservato paleo carsismo.

Età: Anisico medio - superiore p.p. (Pelsonico-Illirico).



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	31 di 220

4.1.3.8 Conglomerato di Richthofen (Breccia di Ravina Auct.) (RIC)

Si tratta di una megabreccia carbonatica formata da elementi fino a metri di calcari e dolomie provenienti dalla sottostante piattaforma carbonatica (membro del Monte Ozol della formazione di Giovo) alternata talora a peliti e arenarie rosse. Lo spessore non supera i 10 metri. Il limite inferiore è erosivo e discordante su GIV3. Presso Ville di Giovo e sul Monte Marzola, il conglomerato riempie cavità di spessore variabile da qualche decimetro a qualche metro. La continuità laterale dei corpi conglomeratici è limitata ed infatti si hanno repentine variazioni di spessore. L'ambiente di deposizione è di tipo continentale con apporti prevalentemente prossimali (grandi blocchi di dolomie) e in misura minore, con apporti fini da settori in forte erosione (basamento metamorfico). La formazione non è stata osservata in prossimità del tracciato in progetto.

Età: Illirico superiore

4.1.3.9 Formazione del Contrin (CTR)

La formazione è costituita da dolomie chiare ad alghe calcaree, in strati di spessore fino a metrico, e doloareniti grigio-verdastre (livelli di 10-30 cm). Frequentemente si osserva una tessitura grossolana e si individuano calcareniti a gasteropodi, lamellibranchi ed alghe. I giunti sono generalmente piano paralleli od ondulati. Nella parte alta sono frequenti orizzonti decimetrici di argille rosse e verdastre (vulcanoclastiti alterate) e dolomie siltose rosso-giallastre. Il limite inferiore è netto sul membro del Monte Ozol della formazione di Giovo (GIV3) marcato da un orizzonte plurimetrico nodulare e malstratificato con livelli argillosi centimetrici arrossati o sul Conglomerato di Richthofen (RIC). L'ambiente deposizionale è quello di una piattaforma carbonatica subtidale variamente subsidente. Sul versante orientale del M. Marzola (stop 8), la formazione si presenta come una successione di dolomie bianche, cristalline, raramente laminate.

Età: Illirico p.p.

4.1.3.10 Gruppo delle "Zwischenbildungen" (ZW)

Il gruppo dello Zwischenbildungen (Barbieri e Grandesso, 2007) è suddiviso in quattro unità. Tale gruppo rappresenta le facies bacinali della successione anisica mentre il Contrin e lo Sciliar rappresentano la facies di piattaforma carbonatica.

4.1.3.10.1 **Calcari Scuri di Margon (CSM)**

È rappresentata da limitati affioramenti nei dintorni di Mattarello ed è stata identificata in alcuni sondaggi effettuati dalla Provincia Autonoma di Trento nei pressi della località Castelliere. È costituita da strati di spessore fino a decimetrico, di calcareniti fini laminate grigie, più o meno siltose, che si alternano a calciruditi e calcareniti grossolane grigie gradate contenenti alghe calcaree e rari clasti siltosi rossi arrotondati (nella parte bassa), a laminiti scure, da millimetriche a submillimetriche, carbonatico - siltoso - bituminose (con tracce di idrocarburi). Sono presenti occasionali livelli di spessore millimetrico di argilliti montmorillonitiche da giallo-bruno ad arancione. I giunti di stratificazione sono prevalentemente piani, e il contenuto paleontologico è estremamente scarso. Sono presenti sporadiche associazioni di denti di pesce e bivalvi a guscio sottile. È tipica dell'unità l'abbondanza di lamine millimetriche, la laminazione interna anche degli intervalli carbonatici ed il colore molto scuro e l'abbondante frazione organica diffusa. Lo spessore si aggira sui 60 metri. Limite inferiore paraconcordante o discordante su RIC.

È stata osservata lungo il Rio Gola in corrispondenza degli stop 25 e 26. Qui si presenta come una serie di calcari scuri, fittamente laminati, bituminosi e fetidi alla rottura. A questi calcari si intercalano livelli argillitici neri. La parte superiore della sequenza (stop 26) mostra una fitta alternanza tra calcari e peliti con spessori degli strati centimetrici.



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	32 di 220

Età: Anisico Superiore (Illirico).

4.1.3.10.2 Marne della Val di Centa (MTB)

È rappresentata da modesti affioramenti lungo il Rio Valsorda (Mattarello) ed è stata riconosciuta in alcuni sondaggi meccanici effettuati dalla Provincia Autonoma di Trento nei pressi della località Castelliere (Villazano). L'unità è caratterizzata da una alternanza di calcareniti siltose, grigie, organizzate in strati centimetrico-decimetrici a giunti piano paralleli o ondulati e da peliti, marne e arenarie grigio-brune. Si intercalano inoltre sottili livelli di argille smectitiche giallo arancio. Lo spessore si aggira tra 15 e 20 metri. Il limite inferiore viene posto in corrispondenza della scomparsa delle laminite bituminose dei Calcari Scuri di Margon e al rapido aumento del materiale terrigeno. Il contenuto paleontologico è abbondante ed è costituito principalmente da ammoniti, denti di pesci, ostracodi, foraminiferi, gasteropodi.

È stata osservata lungo il Rio Gola in corrispondenza dello stop 27, ove sono stati osservati dei calcari color nocciola intercalati a marne grigio azzurre. Sono stati rinvenuti frammenti di ammoniti.

Età: Anisico Superiore (Illirico).

4.1.3.10.3 Buchenstein (Formazione di Livinallongo - "Calcarea della Val Gola" Auct.) (BUC)

È visibile lungo la strada che collega Margon alla Val delle Gole e lungo il Rio Gola, mentre in sinistra Adige sono presenti limitati affioramenti vicino a Matterello, nel greto del rio Valsorda ed è stata intercettata in alcuni sondaggi meccanici effettuati dalla P.A.T. nei pressi della località Castelliere. È costituita da strati centimetrico-decimetrici di calcari micritici selciosi grigi nodulari, separati da esigui livelli di peliti grigie, calcari micritici nodulari rossi, rosati, verdastri potenti fino a mezzo metro, con intercalazioni pelitiche e "pietra verde" anche in livelli metrici. Al tetto si hanno calcari micritici neri a giunti piano paralleli. Lo spessore è di circa 35-40 metri. Il limite inferiore con le marne della Val di Centa è graduale rapido e corrisponde alla diminuzione improvvisa della componente terrigena e la comparsa dei primi calcari nodulari selciosi. Il contenuto paleontologico è abbondante ed è costituito principalmente da ammoniti, bivalvi pelagici, denti di pesci, conodonti, tutti riferibili al Ladinico inferiore. L'unità non è stata rinvenuta durante i rilievi in affioramenti prossimi al tracciato in progetto.

Età: Ladinico p.p

4.1.3.10.4 Calcari della Val Vela (VVL)

L'unità è rappresentata da calcari, da grigio chiaro a nocciola-giallastri, fittamente laminati in strati decimetrici e separati da sottili livelli di argille giallo arancio che aumentano nella parte superiore. In Val Vela e a Laste di Mattarello, si osservano nella parte alta orizzonti fino a decimetrici di peliti e arenarie nerastre, viola, rosse, gialle oltre ad arenarie e argille vulcaniche viola. Lo spessore è valutato in circa 30 metri. Il limite inferiore è graduale rapido su Buchenstein e caratterizzato dalla scomparsa dei calcari nodulari selciosi rossastri e delle arenarie vulcanodetritiche.

Presso la Val Vela, in corrispondenza dello stop 11, si presenta come una fitta alternanza di calcari nocciola e peliti. I calcari sono fittamente laminati, leggermente bituminosi.

Età: Ladinico superiore (Longobardico) - Carnico inferiore.

4.1.3.11 Formazione dello Sciliar (SCI)

È rappresentata da dolomie saccaroidi da biancastre a grigio chiare, ricristallizzate, grossolanamente stratificate e, in misura minore, da calcari dolomitici chiari. In prossimità della base sono talvolta riconoscibili dolomie stratificate organizzate in cicli peritidali e stromatoliti planari continue. Livelli argillitici millimetrici o dolomie marnose giallastre con screziature rossastre possono prendere il posto delle stromatoliti. Il tetto



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	33 di 220

dell'unità è caratterizzato dalla presenza di brecce e piccoli filoni di dolomie cristalline scure. Lo spessore varia da 50 a 350 metri. Il limite inferiore con la sottostante Formazione del Contrin (CTR) è netto e marcato da sottili livelli di vulcanoclastiti o graduale rapido sui calcari della Val Gola.

In affioramento presso lo stop 31, la formazione si presenta come una serie di calcari e calcari dolomitici bianchi, mal stratificati, in strati di spessore decimetrico. Nelle zone di faglia si osservano cataclasiti costituite da clasti romboidali affilati.

Età: (Illirico p.p.- ? Fassanico p.p.).

4.1.3.12 Vulcaniti Basaltiche (VAB)

Si tratta di basalti molto alterati e parzialmente argillificati di colore rosso-violaceo stratigraficamente posizionati tra i calcari di Val Vela e la Formazione di Travenanzes (Gruppo di Raibl).

Età: Ladinico sup.

4.1.3.13 Formazione di Travenanzes (TVZ)

Si tratta di successione di dolomie grigio- biancastre, localmente con fiamme gialle o rosate, in strati decimetrici cui si intercalano sottili livelli (al massimo centimetrici) di peliti verdi e grigie. Verso l'alto sono presenti dolomie siltose chiare con stromatoliti, fenestrae e mud crack con intercalazioni di marne verdi e rosse potenti fino a mezzo metro. Gli ultimi metri dell'unità sono costituiti da strati metrici di dolomie grigio chiare o biancastre, separate da livelli centimetrici di peliti rosse. Il limite inferiore è transizionale rapido su SCI e netto su VAB. Il limite superiore con la Dolomia Principale è graduale. L'ambiente di sedimentazione è di tipo continentale e lagunare-evaporitico prossimo ad aree in erosione. In zona Mattarello sono state osservate dolomie bianche affioranti a bordo strada.

Età: Carnico p.p.

4.1.3.14 Dolomia Principale (DPR)

Si tratta di una monotona successione di cicli peritidali, ben stratificata e formata alla base da dolomie subtidali in strati decimetrici, giallastre o fiammate, con rari livelli di peliti giallo-verdastre cui si alternano grainstone oolitici, che possono anche poggiare direttamente su SCI. Nella porzione inferiore dell'unità, nei cicli peritidali si distingue una parte basale subtidale, con dolomie microcristalline a Megalodonti e Gasteropodi. La porzione medio-superiore della formazione è invece costituita da spessi banchi subtidali (fino a 2-3 metri) formati da dolomie massicce vacuolari di colore grigio chiaro, con frequenti accumuli tempestivi di lamellibranchi, gasteropodi, foraminiferi. La Dolomia Principale può raggiungere gli 800 metri di spessore. Il limite inferiore è graduale rapido su TVZ con la comparsa di grossi banchi di dolomie subtidali che si sovrappongono in modo netto alle dolomie e peliti policrome. L'ambiente deposizionale è quello di una grande piattaforma carbonatica dolomitizzata, con prevalenti facies lagunari e di piana tidale. Viene cartografato anche il Membro del M. Zenone costituito da un corpo biocostruito ad organismi incrostanti ora completamente dolomitizzato.

In corrispondenza degli stop 12 e 16 è stata osservata una successione dolomitica ben stratificata in banchi decimetrici. Le dolomie sono bianche, cristalline, e hanno una rottura scheggiata.

Età: Carnico sup.- Norico.

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	34 di 220

4.1.3.15 Gruppo dei Calcari Grigi (CG)

Comprende quattro formazioni di piattaforma carbonatica (Avanzini et alii, 2007) che costituiscono l'ossatura della porzione settentrionale dell'area di studio (M. Calisio). Vengono ricondotti al gruppo dei Calcari Grigi: la Formazione di Montezugna, il Calcare Oolitico di Loppio, la Formazione di Rotzo e il Calcare Oolitico di Massone, quest'ultimo non presente nell'area di studio.

4.1.3.15.1 **Formazione di Monte Zugna (FMZ)**

Nella formazione di Monte Zugna sono presenti tre litofacies solitamente sovrapposte:

- sequenze cicliche submetriche e metriche di calcari prevalentemente micritici od oolitico bioclastici, bioturbati;
- successione prevalentemente peritidale di calcari stromatolitici in cicli a scala metrica suddivisi in una unità inferiore subtidale (spessore tra 10 e 100 cm) ed una superiore di tipo inter -sopratidale (spessore tra 2-3 e 50 cm);
- calcari micritici pseudonodulari e marne scure in una sequenza prevalentemente subtidale nella quale si riscontrano cicli con livelli carbonatici di base (potenti da 20 a 120 cm) seguiti da esigui intervalli argillosi di colore scuro.

Il limite inferiore con DPR è graduale quando tra le due unità si interpone una zona dolomitizzata, oppure è netto paraconcordante quando FMZ poggia sugli orizzonti a teepee e paleosuoli del tetto della DPR.

Presso gli stop 18 e 21 la formazione si presenta come una successione omogenea di calcari biancastri-grigi in strati decimetrici.

Età: Hettangiano-Sinemuriano.

4.1.3.15.2 **Calcarea Oolitico di Loppio (LOP)**

Il calcarea oolitico di Loppio è rappresentato da una sequenza di calcari oolitici grossolani prevalentemente a cemento spatico, di colore biancastro o grigio-chiaro; i granuli sono per lo più ooidi e botroidi, in parte anche intraclasti e bioclasti. L'unità è mal stratificata o organizzata in bancate fino a decametriche, talora a lamine trattive parallele od inclinate a basso angolo, più raramente a stratificazione incrociata. Lo spessore può arrivare fino a 50-60 metri. Il suo limite inferiore è graduale rapido su FMZ. Il tetto è caratterizzato da una superficie di unconformity.

È stato osservato presso lo stop 17 e 32 ove si presenta come un calcarea bianco ad ooliti fini. Il carsismo è evidente, così come karren e cavità di varie dimensioni nell'ammasso; gli stati sono difficilmente riconoscibili.

Età: Sinemuriano.

4.1.3.15.3 **Formazione di Rotzo (RTZ)**

Depositatasi in ambiente prevalentemente subtidale, questa unità è suddivisibile in due litofacies sovrapposte:

- La litofacies basale, che può risultare anche ridotta o assente, è caratterizzata da calcari marnosi con strati metrici di packstone a peloidi bioturbati che si sovrappongono, nella porzione sommitale, ad alternanze calcarea-marnose in stati decimetrici con locali noduli di selce nerastra;
- La litofacies superiore, in cui il tetto dei cicli è spesso contraddistinto dalla presenza dei cosiddetti banchi a Lithotis, costituiti da bivalvi coloniali che si sovrappongono a tetto ciclo alle stesse alternanze calcarea-marnose sopra descritte. In questa porzione superiore della formazione di Rotzo sono frequenti anche biocalcareni ruditiche e calcareniti oolitico-intraclastiche in strati e banchi di

spessore superiore al metro. Questi livelli sono spesso intercalati nella successione all'interno dei cicli tidali, e contengono anche strati di tempesta.

Lo spessore è sui 150 metri, il limite inferiore è paraconcordante o discordante su LOP e localmente su FMZ. Presso lo stop 22, la Formazione di Rotzo si presenta come una serie di calcari grigi organizzati in megabanchi (riconosciuti sia in zona Rovereto che in zona Trento) di spessore plurimetrico intervallati da sequenze calcaree e calcareo marnose organizzate in strati da centimetrici a decimetrici. I megabanchi si presentano ricchi in Lithiotis.

Età: Sinemuriano - Pliensbachiano.

4.1.3.16 Oolite di San Vigilio (OSV)

Grainstone ad ooliti e grainstone ad ooliti e frammenti di echinodermi, in strati di potenza da 0,5 a 1 metro, a stratificazione incrociata, di colore giallo e rosato al tetto, a granulometria media o grossolana. Lo spessore è compreso tra 0 e 25 metri. Il limite inferiore è netto paraconcordante su RTZ o su OOM. La biofacies pelagica dei sedimenti micritici, a luoghi intercalati ai livelli calcarenitici, indica un ambiente marino marginale aperto alla circolazione oceanica. In zona Rovereto, in corrispondenza dello stop 19 si osservano calcari oolitici grigiatri-rossicci con ooliti millimetriche, grossolanamente organizzati in strati decimetrici.

Età: Toarciano - Aaleniano inf..

4.1.3.17 Rosso Ammonitico Veronese (ARV)

Il Rosso Ammonitico è formato da tre unità. Quella basale è formata da calcari micritici mal stratificati, a struttura nodulare, solitamente rosati, ma a luoghi giallastri o verdastri, in alcuni casi dolomitizzati, con lamellibranchi pelagici (tipo Bositra) e Protoglobigerine. Nella parte superiore si osserva un aumento della componente terrigena, gli strati divengono più nodulari e compaiono superfici stilolitiche arrossate. Questo intervallo (Bajociano-Bathoniano) è separato dalla sottostante Oolite di S. Vigilio da un hardground di spessore decimetrico, con noduli in prevalenza ferriferi e tipici orizzonti di stromatoliti cupoliformi. L'unità intermedia è rappresentata da calcari rosati a piccoli noduli nei quali sono diffusi arnioni di selce rossa. L'unità superiore è costituita da calcari lastriformi, dalla tipica struttura nodulare, rossi e con Ammoniti. Sono riconoscibili Belemniti ed Aptici. Macroscopicamente appare marcatamente cristallina per la presenza di articoli e piastrene di Saccocoma. Il suo spessore varia tra 25-50 metri ed il suo limite inferiore è netto su RTZ, su OOM o su OSV.

In corrispondenza degli stop 3, 15 e 33, si osserva un calcare nodulare, stratificato in strati sottili, con giunti di strato estremamente ondulati. Le fratture si presentano blandamente carsificate. Il colore varia dal bianco al rosso/rosato.

Età: Bajociano sup. - Titoniano sup.

4.1.3.18 Maiolica (MAI)

Si tratta di calcari micritici lastriformi, dal colore rosato e con selce. Lo spessore è normalmente di qualche metro ma può raggiungere i 30 metri per effetto della tettonica. Il limite inferiore è graduale rapido su ARV. Presso lo stop 23 si presenta come un calcare biancastro con intercalazioni di selce rossa.

Età: Titoniano sup. - Barremiano sup.

4.1.3.19 Scaglia Variegata Alpina (VAA)

Calcari micritici varicolori, da grigi a verdini e biancastri ma anche rossi, spesso bioturbati, a Radiolari e Foraminiferi, ben stratificati e a volte con noduli e letti di selci nere, in alternanza con marne grigioverdastre, nere e rossastre, talora bituminose fogliettate. Limite inferiore transizionale rapido su MAI o su ARV. Lo spessore varia da 1 a 70 metri a causa della subsidenza differenziale di vari settori.

Età: Hauteriviano-Cenomaniano.

4.1.3.20 Scaglia Rossa (SAA)

Si tratta di una sequenza di calcari micritici a “Globotruncana” ben stratificati (5-25 cm) per lo più lastriformi e talvolta selciferi, soprattutto nella parte inferiore. Comprende alla base un orizzonte di qualche metro di calcari micritici lastriformi nodulari rossi mentre al tetto è sempre individuabile una unità plurimettrica fogliettata, (bancone maastrichtiano *Auct.*) localmente con hardground apicale. Lo spessore è costantemente attorno ai 70 m. L’unità riflette condizioni di deposizione di tipo emipelagico con forti apporti terrigeni.

In corrispondenza dello stop 2 e del 34 si rinviene una successione di calcari e calcari marnosi rossi, fittamente stratificati in strati mediamente di 10 cm di spessore, separati da sottili livelli siltosi.

Età: Cretacico Superiore - Paleocene.

4.1.3.21 Formazione di Chiusole (CHI)

La formazione di Chiusole è costituita da calcari micritici più o meno glauconitici a Radiolari e Foraminiferi planctonici, con noduli e letti di selce da grigia a bruna e con sottili interstrati marnoso-argillosi; la stratificazione è sottile (10-30 cm). Sono distinguibili due litofacies parzialmente eteropiche:

- calcari micritici in strati centimetrici con noduli e liste di selce;
- calcari e calcareniti bioclastiche in strati decimetrici, con livelli di marne grigie di spessore variabile che diminuiscono verso la parte alta dell’unità.

Lo spessore è di 80-90 metri. Il limite inferiore con la Scaglia Rossa è marcato da un hardground centimetrico, ed è discordante su VUB (Basalto della Val Lagarina). Presso gli stop 1 e 35 si rinviene una successione di calcari, calcari marnosi e marne calcaree grigio bianche organizzati in strati decimetrici a base tendenzialmente ondulata. La fratturazione è concoide a marcare una granulometria fine della roccia.

Età: Eocene inferiore.

4.1.3.22 Formazione di Ponte Pià (FPP)

Si tratta di una successione sedimentaria bacinale. È costituita da grainstone bioclastici e da torbiditi che presentano alla base spessi livelli di calcareniti e di calciruditi (costituite essenzialmente da Foraminiferi bentonici) cui seguono calcareniti più fini e intervalli pelitici finemente laminati; la serie torbiditica si chiude con calcari bioclastici a stratificazione irregolare con Foraminiferi e frammenti di Lamellibranchi. Lo spessore varia da 20 a 250 metri. L’unità è eteropica con la Formazione di Chiusole, ed il calcare di Malcesine. Il limite inferiore è graduale con SAA, quello superiore è graduale con il calcare di Malcesine. La formazione di Ponte Pià è rappresentativa di una scarpata al margine di piattaforma che viene interessata dagli apporti verso il bacino.

Età: Eocene inferiore - Eocene medio superiore.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	37 di 220

4.1.3.23 Magmatismo Eocenico

L'attività vulcanica è collegata alla tettonica sinsedimentaria distensiva dell'Eocene. Le manifestazioni vulcaniche sono legate alla messa in posto di lave basaltiche in ambiente sottomarino, con manifestazioni prevalentemente freato-magmatiche e colate laviche in parte subaeree che rappresentano gli eventi più tardi.

4.1.3.23.1 **Basalto della Val Lagarina (VUB)**

Sono riuniti in questa formazione tutti i prodotti vulcanici basici presenti all'interno della successione sedimentaria. I prodotti delle manifestazioni vulcaniche derivano generalmente dalle esplosioni delle lave basaltiche in ambiente sottomarino con manifestazioni freato-magmatiche. Livelli vulcanoclastici di esiguo spessore sono inoltre intercalati alle unità carbonatiche eoceniche del Doss Trento.

Età: Eocene inferiore.

4.1.3.23.2 **Membro di Lenzima (VUB1)**

Colate laviche da massicce a bollose e scoriacee e breccie laviche di prodotti scoriacei. Si hanno anche rare lave a cuscini passanti a breccie di cuscini lavici. Lo spessore è tra 0-10 metri. Contatto netto discordante su hardground di SAA.

Età: Eocene inferiore.

4.1.3.23.3 **Membro del Monte Biaena (VUB2)**

Si tratta prevalentemente di ialoclastiti costituite da arenarie e breccie con clasti di basalto vetroso e bolloso cementati da calcite spatica. Si presentano ben stratificate e selezionate, a volte gradate. Derivano dalla polverizzazione esplosiva delle lave sottomarine. Più in particolare si distinguono:

- breccie di esplosione (VUB2a): accumuli caotici con sabbie, lapilli e brandelli lavici basaltici associati a proietti e rari blocchi metrici di natura sedimentaria provenienti dalla frammentazione dei condotti di alimentazione. Costituiscono i riempimenti dei diatremi e la porzione inferiore degli accumuli piroclastici extradiatremici prossimi ai centri di emissione;
- tufi e tufiti (VUB2b): breccie, sabbie e ceneri piroclastiche organizzate e cernite all'interno di strati e lamine spesso fossiliferi, in bancate da centimetriche a metriche, localizzate nelle aree circostanti le bocche eruttive;
- lave basaltiche (VUB2c): basalti in colata;
- filoni e dicchi (VUB2d): si tratta di corpi lavici a struttura microcristallina e aspetto massiccio (filoni e dicchi) incassati in modo discordante o paraconcordante (sill) nelle successioni sedimentarie. Lo spessore è compreso tra 0-70 metri. Il contatto è netto discordante su hardground di SAA, o su PTA o VAG2.

Età: Eocene inferiore.

4.1.3.24 Calcere di Malcesine (MCE)

È costituito da calcareniti generalmente nummulitiche grigio-nocciola e grigio-scuro a granulometria prevalentemente sottile, siltitico-arenitica, che aumenta verso l'alto. L'unità è mal stratificata e presenta noduli decimetrici di calcareniti ben cementate, immersi in una matrice più marnosa o terrosa mal cementata. È sempre presente glauconite. Si rinvencono inoltre discontinui livelli decimetrici di argille bentonitiche vulcanoclastiche. Lo spessore si aggira sui 70 metri. La base è costituita dalla Formazione di Chiusole con

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	38 di 220

limite netto, o come detto, da sottili e discontinui livelli di vulcanoclastiti. L'ambiente è riferibile ad una rampa di raccordo tra alti strutturali e bacini.

Età: Eocene medio.

4.1.3.25 Calccare di Nago (NAG)

Alternanze di calcari marnosi e marne scure laminate, di calcareniti micritiche grigie stratificate (10-30 cm) e di calcari a rodoliti, coralli e briozoi, in bancate (3-10 metri) ricche in nummuliti e Discocycline. Sono riconosciute quattro facies principali che si alternano verticalmente:

- calcari marnosi (wackestone) e marne a Melobesie e/o Discocycline in strati pluridecimetrici per uno spessore totale di circa 5-6 metri;
- biomicriti (wackestone e packstone) a Melobesie e rari coralli in strati spessi fino a 10-20 cm, separati da giunti ondulati e talora intercalati a livelli marnosi centimetrici;
- biocalcareniti, generalmente bioturbate, a rodoliti, macroforaminiferi e frammenti di Melobesie, in strati di spessore variabile da 20-30 cm ad 1 metro circa;
- calcari organogeni a coralli e altri biocostruttori in bancate (boundstone).

Il limite inferiore è graduale rapido o netto se marcato da un livello vulcanoclastico su MCE. Lo spessore è valutabile in circa 100 metri. L'ambiente è quello di una piattaforma carbonatica a bassa profondità.

Età: Eocene medio - superiore.

4.1.4 *Successione quaternaria continentale*

I depositi superficiali quaternari sono descritti nell'ambito del presente lavoro secondo le distinzioni adottate per i progetti CARG della Provincia Autonoma di Trento. Le unità riconosciute hanno come riferimento l'ultimo episodio glaciale "culminato nel Last Glacial Maximum (LGM)".

È stata distinta la seguente sequenza:

- Depositi pre-LGM.
- Depositi riferibili al LGM, relativi al Sintema del Garda.
- Depositi post-LGM.

Tutti i terreni di copertura soprastanti il Sintema del Garda sono raggruppati nel Sintema Postglaciale Alpino (PTG). I sedimenti che lo compongono si sono formati dopo l'estinzione (locale) dei processi glaciali e fluvioglaciali, a partire dall'intervallo finale del Pleistocene superiore, nell'Olocene e fino ai nostri giorni.

Di seguito si riporta in Tabella 4 uno schema della sequenza stratigrafica quaternaria.

Sequenza	Sintema	Subsintema	Depositi
Post-LGM	<i>Sintema Postglaciale Alpino (PTG)</i>	Subsintema di Civezzano (PTG ₃)	
			Depositi di origine antropica
			Depositi di frana
			Depositi colluviali
			Depositi lacustri-palustri
			Depositi palustri e torbiere
			Detrito di versante e di falda
			Depositi di origine mista
			Depositi alluvionali
			Depositi del fondovalle del T.te Fersina e dell'Alta Valsugana
	Depositi del fondovalle atesino		
LGM	<i>Sintema del Garda</i>	Subsintema di Lisignago (SGD ₁₂)	Deposito di frana dei Cruzzi d'Agola
			Depositi alluvionali e fluvio-glaciali dell'Alta Valle dei Laghi
			Depositi di contatto glaciale della Valle dell'Adige
			Unità di Segonzano
			Depositi glaciolacustri e alluvionali della Val di Cembra
		Subsintema di Monte Gian (SGD ₁₃)	Valle del Fersina
			Altipiano di Pinè e piana di Civezzano
		Subsintema di Val Mana (SGD ₁₆)	-
		Subsintema del Garda indistinto (SGD)	Depositi eolici (loess)
			Depositi di contatto glaciale e depositi di debris-flow
Depositi glaciali, till di alloggiamento			

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	40 di 220

			Depositi glaciali, till indifferenziato	
Pre-LGM	Gruppo di Valsorda (DV)			
	Supersistema di Nogarè (NG)			
	Supersistema della Paganella (PG)			
	Gruppo di Forte Casara (FC)	Unità dei Bindesi (FCB)		
		Unità di Romagnano (FCF)		

Tabella 4. Sequenza continentale quaternaria.

Verranno descritte di seguito solo le facies delle unità presenti nell'areale di progetto.

4.1.4.1 UNITA' STRATIGRAFICHE PRECEDENTI L'ULTIMA ESPANSIONE GLACIALE (PRE-LGM).

4.1.4.1.1 Gruppo di Forte Casara (FC) – (Pleistocene inferiore e medio)

Riunisce depositi di versante s.l. e locali depositi di conoide, frequentemente cementati e contraddistinti da superficie limite superiore poligenica e polifasica, con morfologie erose verso valle, lateralmente e talora verso monte. Gli affioramenti principali sono localizzati sui versanti Ovest e Sud del M. Marzola (unità dei Bindesi).

- Unità dei Bindesi (FCB) – (Pleistocene medio):** è un'unità costituita da corpi di frana e in misura minore da depositi di versante localizzati sul versante occidentale e su quello meridionale del M. Marzola. Affioramenti importanti si rinvencono nella zona del rifugio Bindesi a quota 600 m s.l.m. dove è presente un corpo piuttosto continuo interessato da significative trincee di rilascio tensionale. Il deposito è costituito da diamicton clasto sostenuto con clasti di dimensioni medie attorno a qualche cm e massime superiori al metro, fino a megablocchi di svariate decine di m³. I clasti, da angolari a subangolari, sono rappresentati da dolomie grigio-biancastre, correlabili alle unità triassiche affioranti a monte. Sono invece rari i ciottoli da subarrotondati a arrotondati di quarziti, ignimbriti (presenti nei depositi glaciali del sistema del Garda) e vulcaniti andesitico basaltiche (sporadicamente affioranti sul sovrastante versante). La matrice è siltoso-sabbiosa bruno-rossastra, a luoghi mescolata con una diffusa componente ghiaiosa fine. Il limite inferiore, visibile solo in pochi punti al Pian dei Bindesi, è discordante con il substrato roccioso, quello superiore è discordante con i depositi glaciali del SGD e con i depositi di frana del PTG. Lo spessore complessivo è valutabile in oltre 50 metri.



Figura 7. Brecce dei Bindesi osservate al rifugio Bindesi.

4.1.4.1.2 Supersintema di Nogarè (NG) – (Pleistocene medio-Pleistocene superiore p.p.)

Si tratta di depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi con subordinati depositi da debris-flow e di versante a cementazione variabile. A Ponte Alto si rinviene un deposito (spessore circa 20 metri) formato da ghiaie a matrice sabbiosa con clasti da ben arrotondati a subarrotondati e di dimensione medie attorno ai 10 cm. I clasti sono soprattutto di natura porfirica, in misura minore si hanno dolomie, calcari ed elementi metamorfici. L'alterazione è blanda, la cementazione è diffusa ma non pervasiva. Il limite inferiore, non visibile, coincide presumibilmente con il substrato (Scaglia Rossa) mentre quello superiore con la superficie topografica. Questo deposito rappresenta un riempimento pre-LGM di un possibile paleo alveo del Fersina. Il limite inferiore dell'unità non è affiorante, il limite superiore è discordante con le ghiaie del sub sintema di Lisignago (SGD12) e/o con i depositi del PTG.

4.1.4.1.3 Gruppo di Valsorda (DV) – (Pleistocene medio-superiore p.p.)

Fanno parte di questa unità depositi di frana e di versante, con locali depositi di debris flow, contraddistinti da una cementazione discontinua. In corrispondenza del versante meridionale della Marzola costituiscono l'accumulo di frana principale (Frana di Valsorda): si tratta di un diamicton clasto sostenuto con dimensioni medie comprese tra 5-15 cm e massime anche maggiori di un metro, con blocchi di diversi m³. I clasti, da angolosi a subangolosi, variabilmente alterati, sono rappresentati da dolomie riconducibili alle unità triassiche presenti a monte; la matrice è solitamente scarsa, da sabbiosa-ghiaiosa a sabbiosa-ghiaiosa siltoso, la cementazione è discontinua. L'accumulo di frana, nella sua porzione inferiore, inciso da valli profonde fino a qualche decina di metri (Valsorda, Maso del Conte) risulta rielaborato in falde detritiche e stretti corpi di debris flow. Più a monte, il deposito di frana passa, a luoghi, a zone di detrito di falda parzialmente cementato, formate in seguito a processi di smantellamento.

4.1.4.2 UNITA' PERTINENTI ALL'ULTIMA GRANDE ESPANSIONE GLACIALE (LGM)

Le unità appartenenti a tale periodo vengono comprese nel *Sintema del Garda* e sono rappresentate dai sedimenti messi in posto durante le fasi di crescita, di massimo sviluppo e di esaurimento relative all'ultimo grande evento glaciale (LGM = Last Glacial Maximum). Il limite inferiore è generalmente erosivo con il substrato roccioso o con sedimenti quaternari antecedenti all'ultima espansione glaciale (pre-LGM); il limite superiore è inconforme con il sintema postglaciale alpino (PTG).

Le unità riconosciute sono di seguito indicate.

- **Il sintema del Garda indistinto**, utilizzato per le fasi di crescita e di massima espansione del ghiacciaio atesino e per le brevi avanzate durante la prima fase di deglaciazione (“tardoglaciale” *Auct.*) finché la calotta glaciale è rimasta sostanzialmente unitaria. Si sono distinti tre sub sistemi nel momento in cui il ghiacciaio si andava frammentando in bacini locali con evoluzione indipendente.
- **Il subsintema di Lisignago** è stato distinto a partire dal momento della disattivazione delle transfluenze tra Valle di Cembra e Alta Valsugana (Valle di Fornace).
- **Il subsintema del Monte Gian** è stato definito nel momento in cui si andavano disattivando progressivamente le transfluenze tra Valle dell’Adige e Alta Valsugana.
- **il subsintema della Val Mana**, che è stato sempre diviso dal ghiacciaio atesino, sebbene durante la fase di acme del LGM venisse in contatto con quello della Val dell’Adige.

4.1.4.2.1 SINTEMA DEL GARDA INDISTINTO (SGD) – Pleistocene superiore p.p.

Il sintema del Garda “indistinto” è costituito in prevalenza da depositi glaciali e, in misura minore, di contatto glaciale - tra i quali depositi torrentizi marginoglaciali e conoidi di *debris-flow* – glaciolacustri ed eolici.

Nella maggior parte dei casi i depositi del sintema del Garda si presentano scarsamente alterati ad eccezione delle litologie più degradabili (tonaliti, marne della Formazione di Ponte Pià, arenarie e siltiti della formazione di Werfen). I suoli che si sviluppano su questi depositi alle quote meno elevate hanno spessori solitamente inferiori al metro, ma con orizzonti pedologici ben differenziati.

- Depositi glaciali, till indifferenziato.

Costituiscono i depositi glaciali maggiormente diffusi. In questa facies sono compresi anche i till di ablazione che si presentano discontinui e di spessore solitamente inferiore al metro. Sono rappresentati da diamicton massivi a supporto di clasti e/o di matrice da limosa a sabbiosa di colore chiaro. Le dimensioni dei ciottoli sono comprese da quelle delle ghiaie ai blocchi pluridecimetri. Nei pressi di Ponte Lodovico, durante i lavori per la realizzazione del nuovo ponte fu portato alla luce un affioramento significativo, poi coperto. Il deposito era rappresentato da diamicton a supporto di clasti arrotondati con notevole frazione fine sabbioso-limosa bruno rossastra. Sul versante occidentale della Marzola, presso Malga Nova si hanno limitati affioramenti di diamicton massivo generalmente a supporto di matrice con prevalenza dei ciottoli carbonatici subangolosi - subarrotondati, di dimensioni estremamente variabili comunque fino al metro. Sul versante SW della Marzola (Mattarello, Laste di Mattarello), sono presenti esposizioni di diamicton massivo clast-supported con prevalenti ciottoli subarrotondati-arrotondati di dolomie in una matrice grigia, da sabbioso-ghiaiosa fine a limoso-sabbiosa.

- Depositi glaciali, till di alloggiamento.

Si tratta di diamicton massivi a supporto di matrice, a luoghi mal stratificati, con clasti eterometrici frequentemente striati e con spigoli smussati o rotti; la matrice limoso-sabbiosa è sovraconsolidata. Sul versante SW della Marzola, a monte dell’abitato di Valsorda (Maso Diler, Maso del Conte), formano sottili dorsali allungate lungo il pendio oppure lungo il ciglio delle sponde delle vallecole che incidono il versante.

- Depositi di contatto glaciale e depositi di debris-flow.

Si tratta di ghiaie, sabbie e limi talora laminati, solitamente in strati discontinui; danno luogo a geometrie lentiformi e corpi canalizzati. I depositi di debris flow sono costituiti da ghiaie con matrice da sabbiosa a limosa e orizzonti sabbiosi.

- Depositi eolici (loess).

Sabbie fini e limi di colore giallastro - bruno chiaro, con spessori limitati, al massimo di poco più di un metro.

I depositi del Sintema del Garda ricoprono indistintamente con contatto erosivo o limite inconforme il substrato pre-Quaternario o le formazioni pre-LGM. Il limite superiore può essere conforme o inconforme con SGD₁₂, SGD₁₃, con PTG o PTG₃.

4.1.4.2.2 Subsintema del Monte Gian (SGD13)

Il Subsintema del Monte Gian, che comprende prevalentemente depositi di contatto glaciale, con intercalati depositi di *debris flow*, *mud flow* e glaciali, è stato definito nei bacini del Torrente Fersina e del Fiume Brenta a partire dal periodo in cui si stavano disattivando le trasfluenze tra Valle dell'Adige e Alta Valsugana.

Lo spessore del subsintema oltrepassa i 30 metri. Il limite inferiore è erosivo sul substrato roccioso o su SGD, il limite superiore coincide con la superficie topografica o è inconforme con PTG.

4.1.4.2.3 Subsintema di Lisignago (SGD12)

Il subsintema di Lisignago, costituito principalmente da depositi fluvioglaciali, alluvionali, glaciolacustri e di contatto glaciale, viene distinto a partire dal momento della disattivazione della trasfluenza tra Val di Cembra e alta Valsugana in corrispondenza della valle di Fornace, con conseguente formazione di ghiaccio morto in Val di Cembra.

I depositi di questo sub sintema vengono suddivisi in diversi settori caratterizzati da differenti condizioni litologiche deposizionali; di seguito vengono descritti solo i depositi cartografati nell'ambito del presente lavoro.

- Depositi glaciolacustri e alluvionali (contatto glaciale s.l.) della Val di Cembra.

Il SGD₁₂ ha la sua maggiore espressione in Val di Cembra. Litologicamente è costituito da depositi sabbiosi cerniti, passanti gradualmente verso l'alto a ghiaie e ghiaie sabbiose sciolte. I clasti hanno una dimensione massima di 20 cm, sono ben arrotondati, di natura prevalentemente porfirica e abbondante dolomia. Tali depositi sono interpretata come generati da una fase di avanzata deglaciazione con frammentazione del ghiacciaio proveniente dalla Val di Fiemme e condizioni di ghiaccio morto in Val di Cembra.

- Depositi di contatto glaciale della Valle dell'Adige

Allo sbocco della Val di Cembra in Val d'Adige sono presenti alcuni sistemi di terrazzi a morfologie fresche. Si rinvencono *facies* in prevalenza alluvionali caratterizzate da ghiaie con matrice sabbiosa. Nella porzione superiore della Valsorda si rinvencono delle conoidi di *debris flow* sospese sul fondovalle e depositi di contatto glaciale rappresentati da *diamicton* a supporto di matrice limosa di colore ocra-rosso-bruno.

- Il deposito di frana dei Crozzi d'Agola

Fra i diversi corpi di frana che interessano il M. Marzola, quello dei Crozzi d'Agola è ubicato alle quote meno elevate A monte del deposito è visibile la nicchia di frana. La morfologia dell'accumulo è caratterizzata da dossi e depressioni talvolta riempite da specchi d'acqua effimeri (Lago Turchino, Lago delle Cannelle) e da una evidente scarpata in erosione, alta un centinaio di metri, che divide la parte sommitale da quella inferiore a dossi e depressioni. L'accumulo, di potenza valutabile in oltre 40 metri, è costituito da *diamicton* massivi, clastosostenuti, con clasti dolomitici angolosi o sub-angolosi di dimensioni molto eterogenee che vanno da pochi cm ai massi di alcuni m³. È presente una

importante matrice di colore bianco-giallastro, formata da ghiaie e sabbie con un certo contenuto limoso argilloso.

4.1.4.3 UNITA' PERTINENTI AL POSTGLACIALE (Post-LGM)

4.1.4.3.1 SINTEMA POSTGLACIALE ALPINO (PTG) – (Pleistocene Sup. – Attuale)

Quest'unità raggruppa i depositi che si sono formati al termine dei fenomeni glaciali, tra la parte terminale del Pleistocene superiore ad oggi. I depositi sono descritti in relazione ai bacini idrografici e alle varie facies.

- Depositi del Fondovalle Atesino

Il fondovalle dell'Adige è riempito da notevoli spessori di depositi alluvionali, lacustri - palustri e subordinatamente di conoide. I dati di terreno sono piuttosto modesti ma integrabili attraverso i dati geognostici disponibili presso il Servizio Geologico della Provincia. Viene riportata a titolo di esempio in Figura 8 una sezione geologica estratta dalle Note illustrative del Foglio 060 Trento; la sezione ricostruita sulla base dei suddetti dati geognostici è assiale alla Val d'Adige, tra la conoide dell'Avisio e Matterello. Essa evidenzia la presenza di corpi a granulometria maggiore riferibili alle conoidi dell'Avisio e del Fersina. La conoide dell'Avisio è profonda sui 35-40 metri e generalmente ciottolosa. La conoide del Fersina è profonda una ventina di metri, essenzialmente ghiaiosa a meno di due canali ciottolosi, interpretabili come antichi alvei abbandonati. Al di sotto dei depositi ghiaiosi della conoide sono presenti depositi sabbioso-limosi. Si osserva anche a Sud di Matterello, ad una profondità di circa 10 m dal piano campagna, un orizzonte decametrico di ghiaie-sabbiose, che potrebbe testimoniare una fase deposizionale di alta energia.

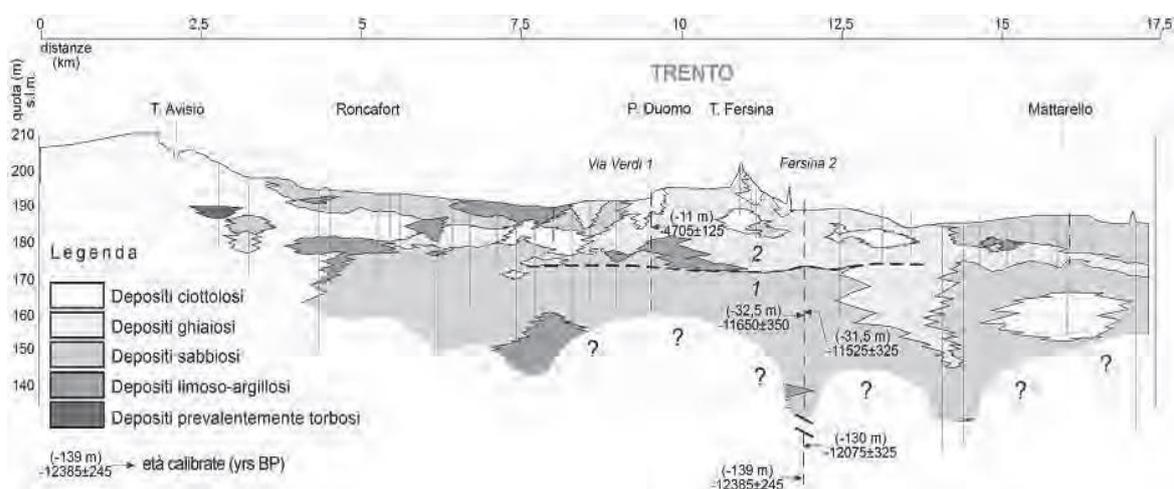


Figura 8. Profilo attraverso i depositi del fondovalle della Val d' Adige tra il T. Avisio e Matterello realizzato sulla base delle stratigrafie dei sondaggi geognostici del Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento. È stata riportata la traccia dei sondaggi giacenti sulla traccia della sezione o proiettati entro una distanza inferiore a 30 m dalla stessa. L'esagerazione verticale è 17,5 volte. I numeri si riferiscono alle unità stratigrafiche riconosciute: 1) Sequenza lacustre "tardoglaciale" costituita prevalentemente di limi e limi sabbiosi con livelli di sabbie e argille (SGD12); 2) Depositi olocenici della conoide alluvionale del Fersina rappresentati da ghiaie sabbiose e sabbie (PTG) (Estratto da Note illustrative della Carta Geologica d'Italia - Foglio 060 Trento).

- Depositi del fondovalle del Torrente Fersina e dell'Alta Valsugana

Le alluvioni del Torrente Fersina occupano soprattutto l'abitato di Pergine, e formano una blanda conoide alla base della quale si sviluppa la piana alluvionale del Cirè. Sono prevalenti le ghiaie massive a supporto di clasti e matrice, in livelli suborizzontali, con matrice formata da sabbia medio-grossolana fino a ghiaia fine. I clasti sono rappresentati da rocce metamorfiche, porfidi, graniti e granitoidi nonché da clasti di Conglomerato di Ponte Gardena. Le dimensioni prevalenti sono di qualche cm, con numerosi blocchi di dimensioni fino a un metro.

- Depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori

Si rinvencono al di fuori delle aste vallive principali, e sono costituiti da ghiaie e ciottoli eterometrici e poligenici mediamente arrotondati in matrice ghiaioso-sabbioso-limoso, alternati a livelli sabbiosi o sabbioso-limosi. Litologicamente i clasti rispecchiano il bacino di alimentazione dei rispettivi corsi d'acqua.

- Depositi di origine mista (torrentizi e/o da debris flow)

Diamicton in prevalenza clasto-sostenuti, con ciottoli di provenienza locale, angolosi, subangolosi e subarrotondati, di dimensioni eterogenee, dalle ghiaie ai massi, in matrice da sabbioso-ghiaiosa a limoso-sabbiosa.

- Detrito di versante e detrito di falda

Depositi generalmente a scarsa cementazione, con granulometria variabile, dalla ghiaia al masso, con elementi da angolosi a subangolosi di provenienza locale.

- Depositi palustri e lacustri

Depositi a granulometria sottile, anche torbosi, con locali orizzonti sabbiosi.

- Depositi antropici

Si tratta dei materiali si rinvencono in corrispondenza delle aree di cava ritombate, delle principali arterie stradali e di quelle ferroviarie, usualmente piuttosto grossolani, che possono passare a materiali più fini quali sabbie limose e limi.

4.1.4.3.2 Subsistema di Civezzano (PTG3)

Comprende depositi alluvionali, di *debris flow* e di frana. Si tratta per lo più di porzioni di antichi conoidi da *debris flow* e porzioni di piane alluvionali attualmente in erosione. Rientra infine in questo subsistema il corpo di frana dei Crozzi dell'Altar, situato nella porzione più elevata del versante Ovest della Marzola.

5 TETTONICA

Il quadro tettonico dell'area in cui si inserisce il progetto è caratterizzato da due areali distinti:

- quello orientale, dove è presente il bacino vulcanico permiano con sistemi di faglie normali sinvulcaniche;
- quello occidentale, con quadro tettonico ad orientamento giudicariense, dove sono presenti strutture distensive legate al *rifting mesozoico*.

Le due aree risultano separate da una fascia di svincolo regionale, meglio conosciuto come linea Trento-Cles, che in prossimità della città di Trento si sdoppia nella linea del Calisio e in una linea, ad andamento N-S, lungo la val d'Adige che si ricollega, più a Sud, alla linea Schio-Vicenza (Figura 9).

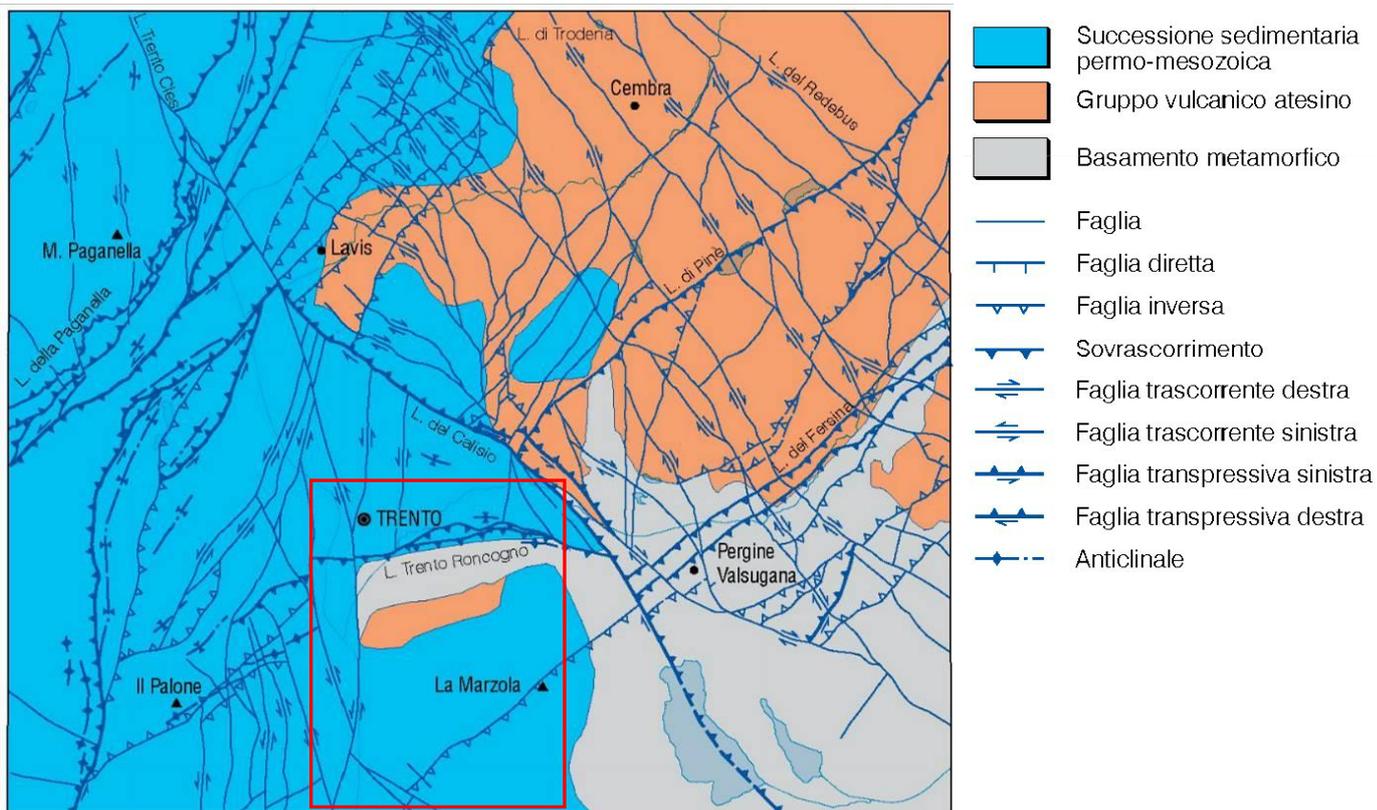


Figura 9. Schema tettonico dell'area di Trento (estratto dalla Carta Geologica d' Italia – Foglio 060 Trento). In rosso è individuata l'area di interesse.

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	47 di 220

La zona di progetto insiste nel settore orientale della Val d'Adige, dove è sviluppato un reticolo di discontinuità principali ad alto angolo piuttosto regolare, spesso di eredità mesozoica, con riattivazione giudicariense e/o alpina e sovrascorrimenti di fase alpina.

I diversi sistemi di faglia presenti presentano direttrici da N-S a NNE-SSW di età mesozoica poi in parte riprese da successive fasi deformative durante l'orogenesi alpina. Più schiettamente alpini sono i lineamenti da attribuire ai seguenti sistemi:

- sistema valsuganense, caratterizzato da faglie inverse a direzione circa E-W e ENE-SWS;
- sistema Schio-Vicenza caratterizzato da faglie trascorrenti sinistre ad orientamento NNW-SSE, ad alto angolo.

Nel settore all'incirca compreso tra Trento e Mattarello si possono individuare alcune faglie riconducibili ai sistemi sopra descritti:

Sistema distensivo mesozoico con locale riattivazione alpina

Nell'area a nord di Trento, ove affiorano le serie cretacic giurassiche, sono presenti alcune faglie N-S mesozoiche di tipo distensivo fortemente riattivate in trascorrenza durante l'orogenesi alpina. Condividono la medesima storia evolutiva e cinematica le direttrici N-S presenti lungo la Val d'Adige.

Faglie associate a questo sistema sono state individuate anche nel settore compreso tra Mattarello e il Dosso di San Rocco. Questo sistema appare nell'area in esame rappresentato da una faglia normale, ad andamento NNE-SSW, immergente verso ovest, che borda il piede del versante del M. Marzola. La faglia normale ivi presente appare a sua volta dislocata da una serie di faglie scledensi trascorrenti/transtensive sinistre che rigettano il substrato roccioso anche oltre i 100 m. L'assetto di questo ultimo sistema è stato desunto dall'analisi dei dati di sondaggio e dagli stendimenti geoelettrici realizzati al piede del M. Marzola. Le zone di danno delle faglie normali si concentrano a tetto delle stesse, come ipotizzabile secondo i dati del sondaggio geognostico B2.

Sistema Valsuganese

Questo sistema è rappresentato da un elemento tettonico presente all'altezza dell'abitato di Trento e noto come faglia Trento-Roncogno. Questa è materializzata da una estesa fascia di deformazione fragile che solleva le filladi del basamento a Sud mettendole a contatto con le unità il permo-triassiche, a loro volta sollevate ed in contatto alle unità mesozoiche. L'involuppo generale ha direzione E-W ed è da subverticale a immergente verso S. Lo spessore complessivo della faglia Trento-Roncogno è valutabile in qualche centinaio di m. Ad essa vanno associati stili di fratturazione diversi a seconda della litologia delle rocce coinvolte che vanno dalle filladi del basamento, alle unità calcareo-dolomitico-evaporitiche del Trias basale (Formazione di Werfen e Formazione a Bellerophon), ai calcari della Formazione di Rotzo (Gruppo dei Calcari Grigi) e ai calcari marnosi sottilmente stratificati della Scaglia Rossa. Dalla perforazione del sondaggio TN4, appare desumibile che il nucleo della linea Trento-Roncogno sia costituito da cataclasiti e ultracataclasiti carbonatiche su rocce incassanti afferenti al Gruppo dei Calcari Grigi e da breccie e gouge foliati nelle successioni permo-triassiche.

Sistema Scledense

Discontinuità che possono essere interpretate come afferenti a questo sistema si rinvengono in prossimità di Mattarello. Si tratta di faglie subverticali ad orientazione da NW-SE a NNW-SSE, parzialmente coperte dai depositi quaternari della conoide di Mattarello. In località Ferrari è osservabile una faglia, cui si accompagna una zona di danneggiamento di circa 100 m, con una fratturazione avanzata, giunti con spaziatura centimetrica e una *zona di nucleo* costituita da breccie non cementate. Questa faglia pone a contatto le formazioni del Gruppo dello Zwischenbildungen con la Dolomia Principale. Un'altra zona di faglia riconducibile a questo sistema si trova nei pressi di Maso Martinelle; presenta uno spessore di circa 30-40 m,



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	48 di 220

ed è caratterizzata da giunti con continuità plurimetrica e spaziatura decimetrica. Sulla base dei rilievi geoelettrici sono desumibili una serie di faglie transtensive appartenenti a questo sistema, che rigettano la faglia NNE-SSW mesozoica localizzata tra Mattarello e Dosso di San Rocco.

Nella carta strutturale, in scala 1:10000 e riportata nei documenti IB0Q3AR69G4GE0004001A e IB0Q3AR69G3GE0004002A sono rappresentati i vari elementi strutturali del territorio. Queste strutture tettoniche sono state valutate e recepite nell'elaborazione della sezione geologica in asse al tracciato.

Nella cartografia strutturale le principali faglie sono state distinte in:

- faglie indeterminate;
- faglie dirette;
- faglie inverse;
- sovrascorrimenti;
- faglie trascorrenti

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	49 di 220

6 GEOMORFOLOGIA

6.1 Inquadramento geomorfologico dell'area di progetto

L'assetto geomorfologico dell'area è il risultato di una serie di processi avvenuti per lo più durante la glaciazione wurmiana e dal Tardiglaciale ad oggi. La varietà delle formazioni affioranti produce spesso morfologie di tipo selettivo ed anche la rete idrografica presenta aspetti condizionati dalla litologia e dall'assetto strutturale. Il Fiume Adige rappresenta il corso d'acqua principale ed attraversa l'area da nord a sud con una direzione media di circa N25E raccogliendo, all'altezza dell'abitato di Trento, il contributo del T. Fersina. Molte delle incisioni laterali sono allineate lungo le linee di debolezza rappresentate da faglie maggiori. Nella Valsorda e nella Valle di Centa, esiste una significativa coltre di depositi di origine glaciale che testimoniano la glaciazione di questo territorio da parte del ghiacciaio atesino che riceveva la confluenza di ghiacciai minori di importanza locale (versante Nord dell'Altopiano della Vigolana). Il rinvenimento di cordoni morenici intorno a quote 1550 s.l.m. marca in questo settore il limite superiore del ghiacciaio dell'Adige durante il L.G.M.. Al di sopra di queste quote sono presenti depositi glaciali, talora cementati e legati a fasi precedenti. Altro aspetto geomorfologico da segnalare è quello del carsismo che risulta interessante soprattutto i calcari liassici, e in misura minore e più localizzata i litotipi della Dolomia principale.

Tra i fenomeni gravitativi che caratterizzano l'area di progetto si segnala il complesso fenomeno del Monte Marzola che viene trattato di seguito.

Dal punto di vista dei depositi costituenti il fondovalle della Val d'Adige, sono presenti riempimenti di origine alluvionale e lacustre, appartenenti al sintema PTG, descritto al paragrafo 4.1.4.3. Si riconoscono inoltre depositi caratterizzati da materiale più grossolano, tipici di ambienti deposizionali di conoide, impostati allo sbocco delle valli laterali nella Val d'Adige, come nel caso della conoide del Fersina.

6.1.1 Lineamenti geomorfologici del Monte Marzola

Il Monte Marzola è caratterizzato da una complessa dinamica di versante che deriva dal suo particolare assetto stratigrafico-strutturale.

Tale rilievo abbraccia un dislivello che va dai circa 190 m s.l.m. della piana alluvionale del f. Adige, fino agli oltre 1700 m s.l.m. della vetta. Si tratta di una dorsale allungata per circa 4 km in direzione Nord-Sud il cui tratto peculiare è una evidente morfologia asimmetrica; il versante orientale è infatti molto acclive, mentre il fianco occidentale è meno ripido ed interrotto, nel settore meridionale, da ripiani a debole pendenza quali Piani di Maranza (intorno a quota 1100 m s.l.m.) e Prati di Pra Gioan (intorno agli 800 m s.l.m.) che conferiscono al versante un aspetto gradonato (Figura 10).

L'asimmetria di cui sopra detto è fondamentalmente riconducibile alla situazione strutturale, in quanto il M. Marzola rappresenta un rilievo monoclinale immergente ad Ovest. La gradonatura rappresenta invece l'espressione di una deformazione gravitativa profonda che ha interessato la porzione meridionale del versante occidentale.

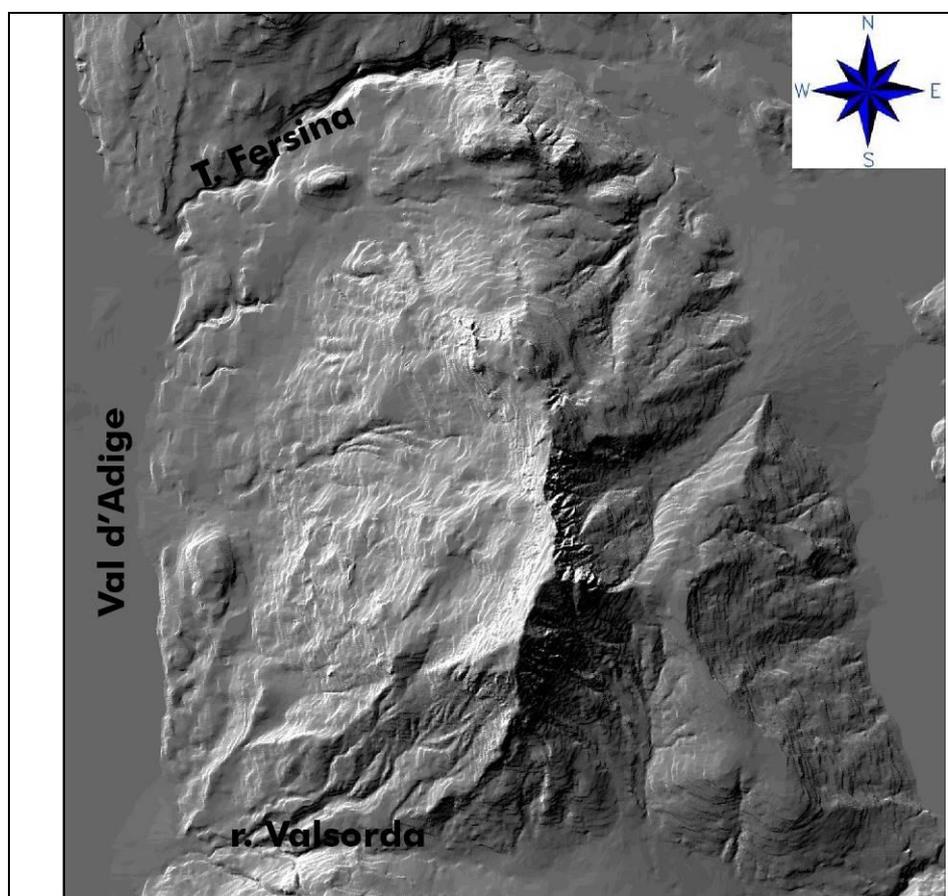


Figura 10: Rilievo ombreggiato del M. Marzola.

Ai fini della rappresentazione dei principali aspetti geomorfologici del Monte Marzola è stata redatta una carta geomorfologica (IB0Q3AR69G4GE0003001A) nella quale sono stati riportati:

- la litologia del substrato (le formazioni stratigrafiche della legenda geologica sono state pertanto accorpate in macro- classi caratterizzate da attinenza litologica);
- gli elementi geologici, strutturali e tettonici,
- i sovrassegni delle unità quaternarie che ne definiscono la genesi,
- le forme, i processi ed i depositi gravitativi,
- gli elementi geomorfologici,
- gli STOP eseguiti durante i rilievi di terreno.

In linea generale il rilievo può essere suddiviso in 4 settori:

1. settore occidentale;
2. settore meridionale;
3. settore settentrionale;
4. settore orientale.

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	51 di 220

Tutti e quattro sono interessati da estesi corpi di frana, di cui quelli di maggiori dimensioni sono presenti nella parte occidentale e meridionale del monte in corrispondenza rispettivamente del fondovalle del F. Adige e della Valsorda.

Per quanto riguarda l'attività svoltasi nel Quaternario, i depositi di frana più antichi sono quello dei Bindesi che fanno parte del gruppo di Forte Casara (FCB) e la frana di Valsorda (gruppo Valsorda – DV). Altri fenomeni sono la frana dei Crozzi d'Agola inserita nel subsistema di Lisignago SGD₁₂ e l'accumulo di frana dei Crozzi dell'Altar, inserito in PTG₃ (subsistema di Civezzano).

Sul versante Ovest della Marzola il corpo di frana maggiormente rilevante è quello dei Prati di Prà Gioan, inciso da vallette ad andamento Est-Ovest e frequentemente rimobilizzato in depositi di *debris flow*. Lo spessore, il cui massimo è stimato in oltre 40 m, tende ad assottigliarsi nella parte meridionale presso Prati di Prà Gioan, dove l'accumulo si alterna a zone di substrato disarticolato in megablocchi.

La frana sopra Maso Grezzi è l'elemento caratterizzante il versante meridionale della Marzola: l'accumulo raggiunge quasi il fondovalle e sono presenti anche fenomeni di riattivazione.

Sul versante orientale si rinvengono tre importanti accumuli: la frana di Terra Rossa (staccata dal crinale compreso tra Cima Marzola e Terra Rossa), la frana del versante Est del Doss dei Corvi, la frana nella zona di Malga Tomba.

Per quanto riguarda il fenomeno di deformazione gravitativa profonda, responsabile di significativi distacchi e frane di crollo, è utile ricordare che, come accennato in precedenza, il quadro strutturale è caratterizzato da una giacitura monoclinale a franapoggio che interessa le formazioni di Giovo (GIV), Contrin (CTR) e Sciliar (SCI), che sono quelle che appaiono coinvolte nello scivolamento; in tale situazione, gli orizzonti di scollamento appaiono riconducibili ai sottostanti intervalli evaporitici della formazione a Gracilis, come viene illustrato nell'elaborato IB0Q3AR69W5GE0001001A (sezioni trasversali al tracciato).

Procedendo verso ovest dalla cima del M. Marzola si osserva, poco a valle del crinale, una rottura di pendio curvilinea ben marcata e direzione circa N-S, che identifica l'affioramento della principale superficie di scivolamento profondo e che coincide con la nicchia di distacco della frana del Crozz dell'Altar.

A valle di tale settore si trova il ripiano di Malga Nova, il cui limite occidentale è dato da una soglia in roccia e contraddistinto da dossi in roccia scompagnati e allungati in direzione N-S, divisi da stretti avvallamenti. L'area, ove sono presenti depositi di frana a blocchi e irregolari affioramenti di depositi glaciali, presenta molteplici trincee gravitative, estese fino a qualche centinaio di metri, ad andamento N-S e NNE-SSW. Deformazioni gravitative con le stesse direzioni si riscontrano anche nel terrazzo sottostante tra i Prati di Prà Gioan e i Bindesi, interessando anche le brecce dei Bindesi (FCB). Sulle pareti affacciate su S. Rocco sono infatti presenti trincee di trazione larghe anche oltre 10 metri e lunghe diverse decine di metri.

Il movimento gravitativo profondo appare delimitato verso nord dal crinale Doss dei Corvi-Spiazzo Grande-Busa del Vent: nel settore che degrada fino a Negrano, negli accumuli di frana si rinvengono sia depositi caotici massivi che megablocchi disarticolati. Alla base della scarpata del crinale Castelletto-Spiazzo Grande si identificano inoltre svariati avvallamenti ravvicinati con direzione media N15W, lunghi attorno ad un centinaio di metri e profondi fino a 7 m.

Il fenomeno del Monte Marzola è stato oggetto di un apposito studio condotto dall'Università degli Studi di Milano Bicocca [2] su incarico della Provincia di Trento, nell'ambito del quale è stata condotta una raccolta di dati stratigrafici, geognostici, geomorfologici, strutturali, analizzando i quali è stata formulata un'ipotesi sul modello geologico della frana, con sezioni interpretative bilanciate e con relativa analisi di stabilità. Per i dettagli si rimanda allo studio in questione; in breve sintesi la deformazione gravitativa è riferita ad una deformazione del tipo sackung, e viene legata alla presenza di una superficie di taglio basale, impostata in corrispondenza di un livello gessoso della Formazione a Gracilis, emergente nella parte alta del versante. Il movimento lungo questa superficie di scollamento sarebbe responsabile dello scivolamento della porzione

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	52 di 220

intermedia del versante con spostamenti della massa deformata dell'ordine dei 100 m e un lieve spostamento del versante verso l'asse vallivo. Tale interpretazione è stata condivisa nel presente lavoro.

Nell'ambito del progetto P.A.T.-RFI 2008, per l'interpretazione del movimento gravitativo viene riportata una indagine geofisica (audiomagnetotellurica) eseguita nel 2003 poco a Nord di Villazzano e che avrebbe individuato una forma sepolta interpretabile come una paleo incisione; viene citata la possibilità che questa paleo incisione possa corrispondere ad un antico alveo del Torrente Fersina che, con andamento circa Nord Sud, borderebbe il piede del Monte Marzola e che potrebbe essere considerato quale una delle cause predisponenti per i movimenti gravitativi di versante.

Il sondaggio denominato Dolomiti Energia, acquisito in questa fase progettuale ed eseguito (alla fine dell'anno 2019) in località Madonna Bianca da Dolomiti Energia Solutions Srl nell'ambito del progetto Stardust (<https://www.fbk.eu/it/result/progetto-europeo-stardust/>), ha reso disponibili dati di profondità; questi ultimi hanno permesso di aggiornare l'interpretazione dell'assetto geologico del piede del versante del Monte Marzola nell'intorno del Dosso di San Rocco, collocato poco a sud del suddetto foro di sondaggio. Il Dosso di San Rocco è conseguentemente stato interpretato come deposito distale relitto del movimento gravitativo di versante, dislocatosi dalle pendici di M. Marzola e scivolato nella sua attuale posizione. Per una migliore comprensione di quanto finora esposto si rimanda anche alle ricostruzioni litologico—strutturali relative all'area del M. Marzola rappresentate nelle sezioni geologiche trasversali al tracciato C-C' e D-D' (elab. IB0Q3AR69W5GE0001001A).

Fra i dati disponibili sull'area della Marzola, si citano inoltre quelli derivanti da Interferometria satellitare che vengono sinteticamente illustrati nei paragrafi che seguono, ed in base ai quali si evidenzia che le porzioni del versante interessate da fenomeni attivi siano confinate ad est del Doss San Rocco.

6.1.2 *Analisi interferometrica*

Nel tratto di territorio compreso tra Trento e Mattarello si dispone di una serie di dataset satellitari.

Un primo blocco di dati è stato fornito dal Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento e risulta costituito da dati del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, e da dati acquisiti direttamente dalla Provincia. Sono stati resi disponibili due dataset, riferiti a due diverse generazioni di satelliti, ERS ed ENVISAT che coprono in maniera discontinua l'intervallo temporale 1992-2007.

Database ERS - ENVISAT

I dati ERS contengono serie storiche di misure sui PS (Permanent Scatterers) riconosciuti, comprese tra l'anno 1992 e l'anno 2000. Una illustrazione della tecnologia Persistent Scatterers Interferometry, è disponibile all'indirizzo web <http://www.pcn.minambiente.it/mattm/progetto-pst-prodotti-interferometrici/>.

Il data base è costituito:

- dalle singole misure puntuali di velocità di ogni anno
- dalle velocità medie annuali
- da un valore di velocità media globale calcolato per tutto l'arco temporale di misura.

Per ognuna delle velocità medie calcolate sono riportate i valori di deviazione standard di ogni dato. Per il valore di velocità media globale viene anche indicato il valore di coerenza del dato.

I dati ENVISAT contengono informazioni relative unicamente alle annualità 2003 e 2007, senza contenere serie storiche. Nel data base viene riportato il valore medio annuale di velocità e i relativi valori di deviazione standard e coerenza.

In generale, ad ogni punto riconosciuto sul terreno è quindi associato:

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	53 di 220

- un codice alfanumerico di riconoscimento;
- i valori di velocità;
- i valori di deviazione standard (se calcolati);
- i valori di coerenza (se calcolati);

organizzati in forma tabellare.

I data set sono stati gestiti in ambiente GIS come dati puntuali discretizzati secondo i valori di velocità media globale, per i dati ERS, ed annuale per i dati ENVISAT.

Sulla base dell'analisi dei dati sono state realizzate mappe di distribuzione (vedi figure successive) degli spostamenti misurati.

Le mappe realizzate sono relative a:

- valori di velocità media globale relativa ai dati ERS;
- valori di velocità media annua relativa ai dati ENVISAT.

Le mappe contengono, oltre alla base topografica in scala 1:10.000, la mappatura della deformazione gravitativa profonda del M. Marzola cartografata nell'ambito del presente lavoro.

Nelle seguenti Figura 11, Figura 12 e Figura 13 sono riportate tre cartografie relative ai dati sopra citati. I dati relativi alle velocità misurate sono riportati con simboli la cui dimensione è proporzionale alla velocità di ogni singolo punto. I simboli sono discretizzati in otto classi in funzione dell'intervallo di valori presenti.

I dati disponibili, sebbene discontinui nel tempo, permettono alcune considerazioni sul comportamento superficiale del territorio analizzato.

Facendo riferimento alla Figura 11, Figura 12 e Figura 13, è possibile osservare come l'area sottesa dalla DGPV del Monte Marzola presenti in alcuni settori spostamenti significativi. Ciò avviene nell'area settentrionale, ove sono registrati i movimenti più importanti, attribuibili a processi rapidi, quali i fenomeni di dissesto registrati in località Busa Del Vent.

Nella porzione occidentale e centrale della DGPV sono registrati valori di velocità di spostamento sostanzialmente omogenei. Gli spostamenti si smorzano alla base del versante nel raccordo con il fondovalle tra il rilievo del M. Marzola e il Dosso di San Rocco.

Nell'area di fondovalle le velocità sono sostanzialmente omogenee e attribuite ai fenomeni di subsidenza, presumibilmente dovuti all'estrazione delle acque sotterranee nel territorio di Trento. Velocità simili sono riscontrate nella porzione sud ovest del Monte Marzola, immediatamente a sud del Dosso S. Rocco. I dati appaiono mostrare una sostanziale stabilità del settore suddetto; essi sono inoltre coerenti con i dati P.A.T. relativi all'inclinometro (sondaggio 3898) realizzato nei pressi della cava Ronchi. L'inclinometro ha mostrato minime deformazioni, dell'ordine di 1 mm anno (nell'arco di tre anni di misure, 2003-2006), non confermate nel 2007, poco al di sotto del contatto tra i depositi superficiali ed il substrato [1], alla profondità di 80 m; lo spessore della coltre detritica (75 metri circa), sulla base del modello geologico ricostruito nell'ambito del presente studio, non viene interessata dallo scavo delle gallerie in progetto.

Database COSMO-SkyMed 2011-2015

Un ulteriore dataset a disposizione è rappresentato da quello relativo alla costellazione COSMO-SkyMed, con un periodo di monitoraggio che abbraccia un intervallo temporale di circa 4 anni, dal 21/05/2011 al 16/05/2015 (acquisizione in modalità Right/Descending).



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	54 di 220

L'area analizzata ha una estensione di circa 35 km² e comprende tutto il versante occidentale del Monte Marzola. In questo caso la densità di PS è superiore rispetto ai casi precedenti (Figura 14). Le elaborazioni effettuate [5] presentano una alta risoluzione; in sintesi le velocità di spostamento stimate con le acquisizioni discendenti COSMO-SkyMed sul versante del M. Marzola risultano in linea con i valori di spostamento stimati a partire dalle acquisizioni discendenti di ERS ed ENVISAT.

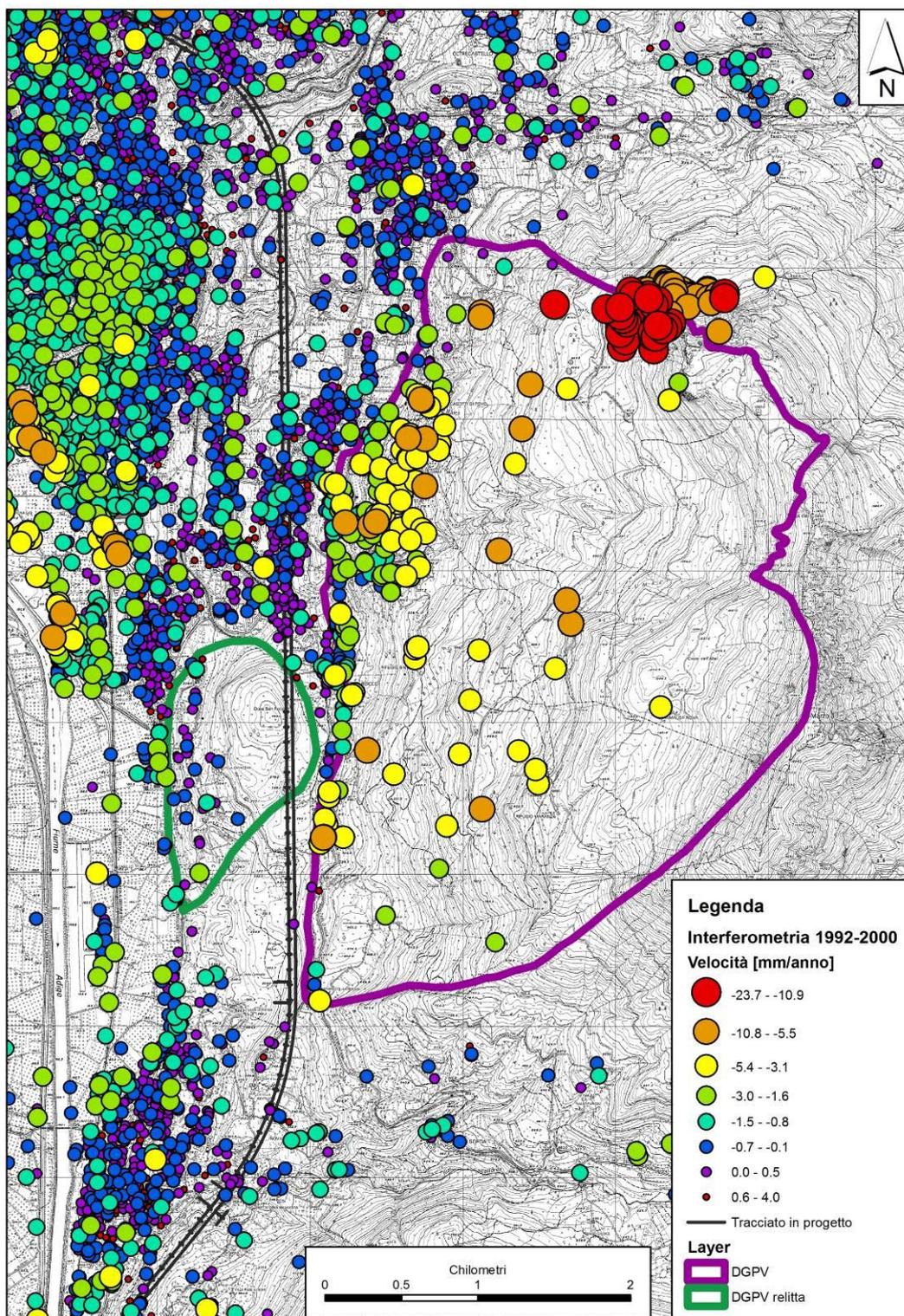


Figura 11. Spostamenti misurati dai satelliti ERS tra l'anno 1992 e l'anno 2000 - scala grafica.

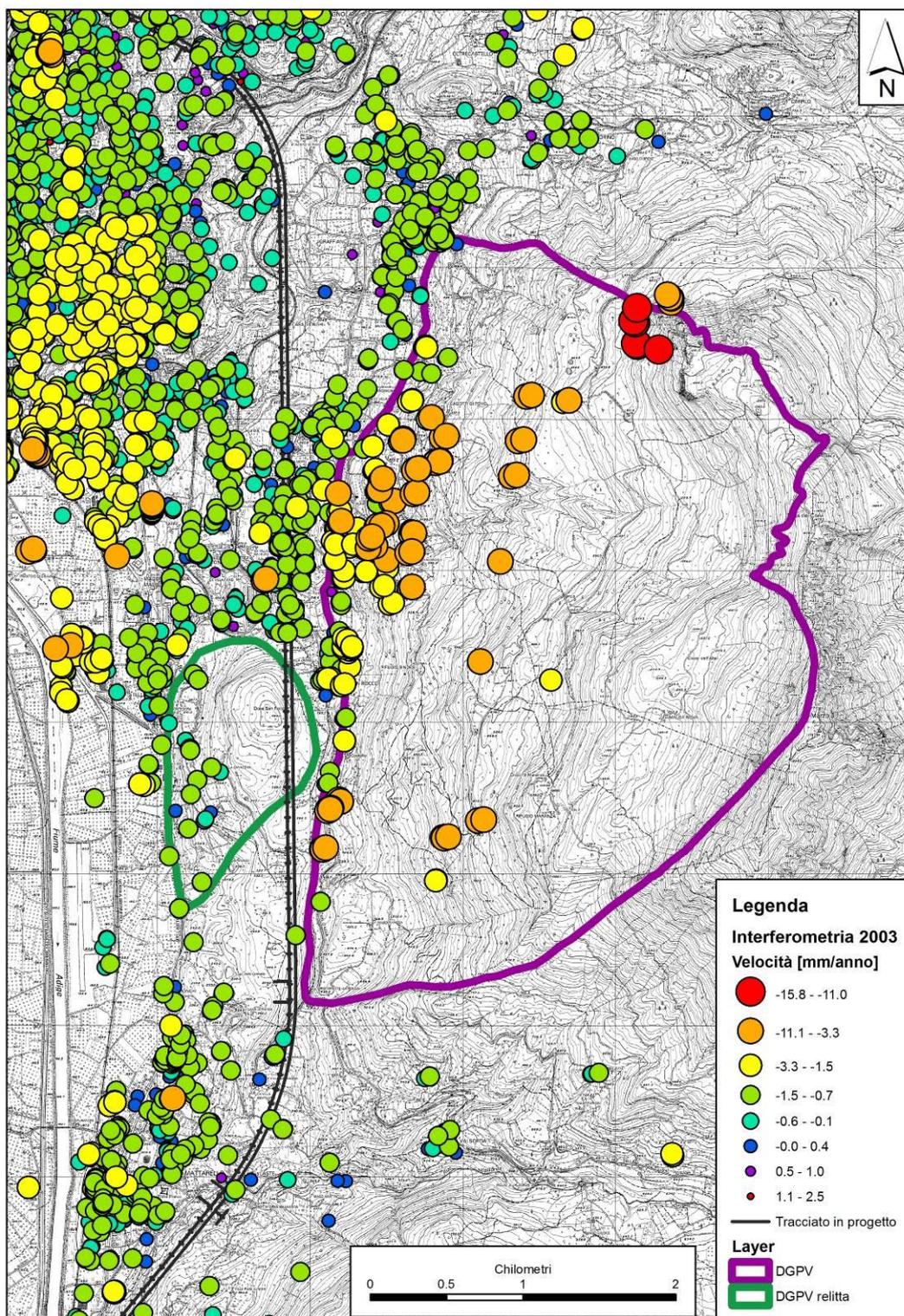


Figura 12. Spostamenti misurati dal satellite ENVISAT nell'anno 2003 - scala grafica.

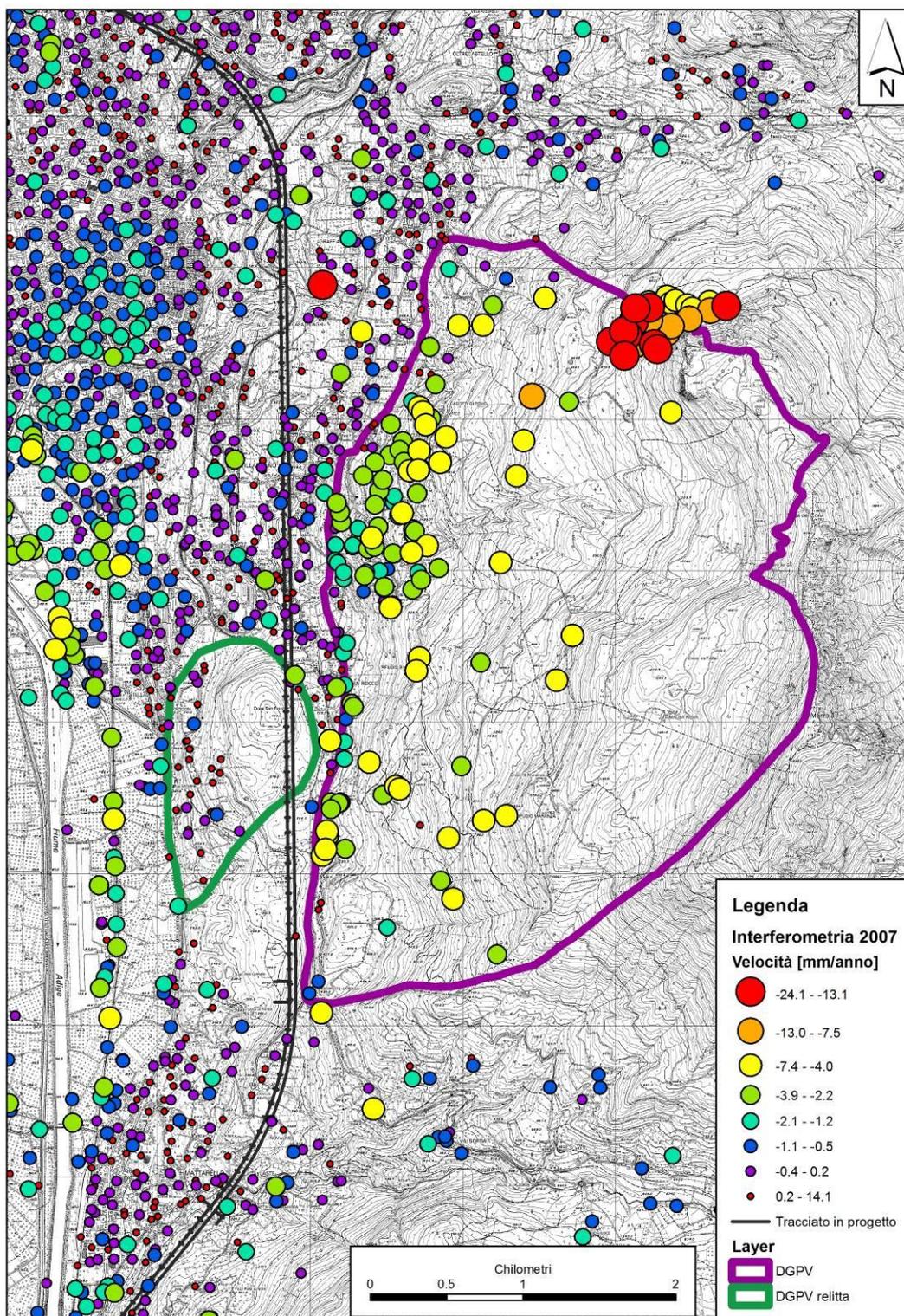


Figura 13. Spostamenti misurati dal satellite ENVISAT nell'anno 2007 - scala grafica.

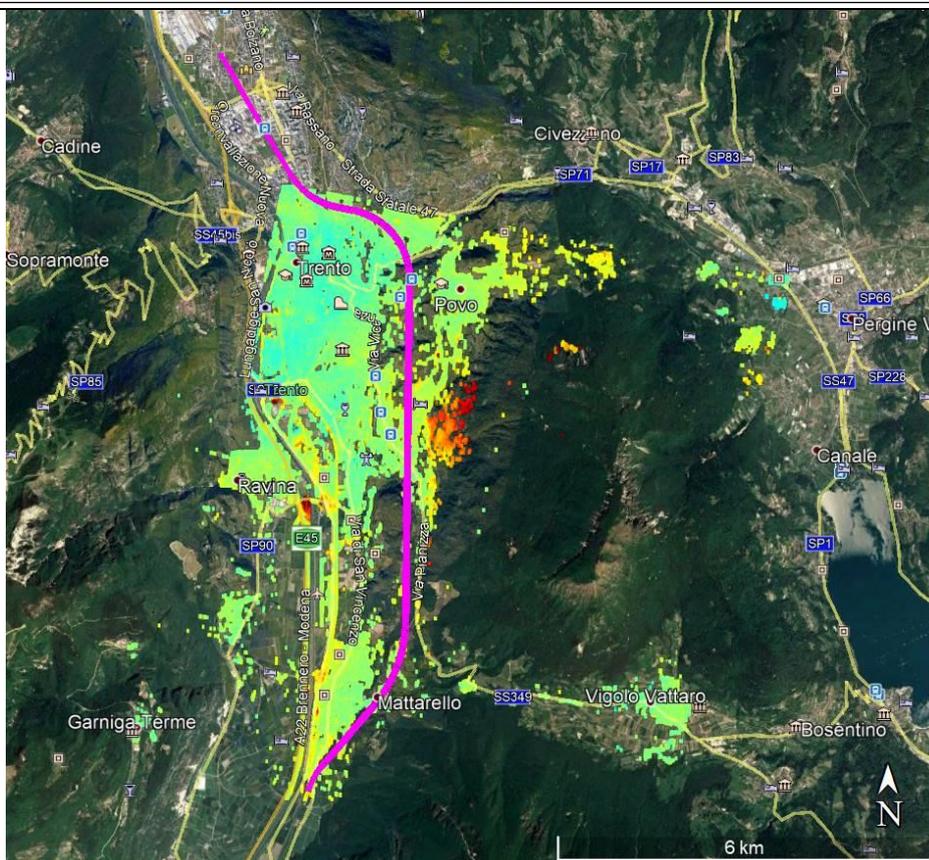
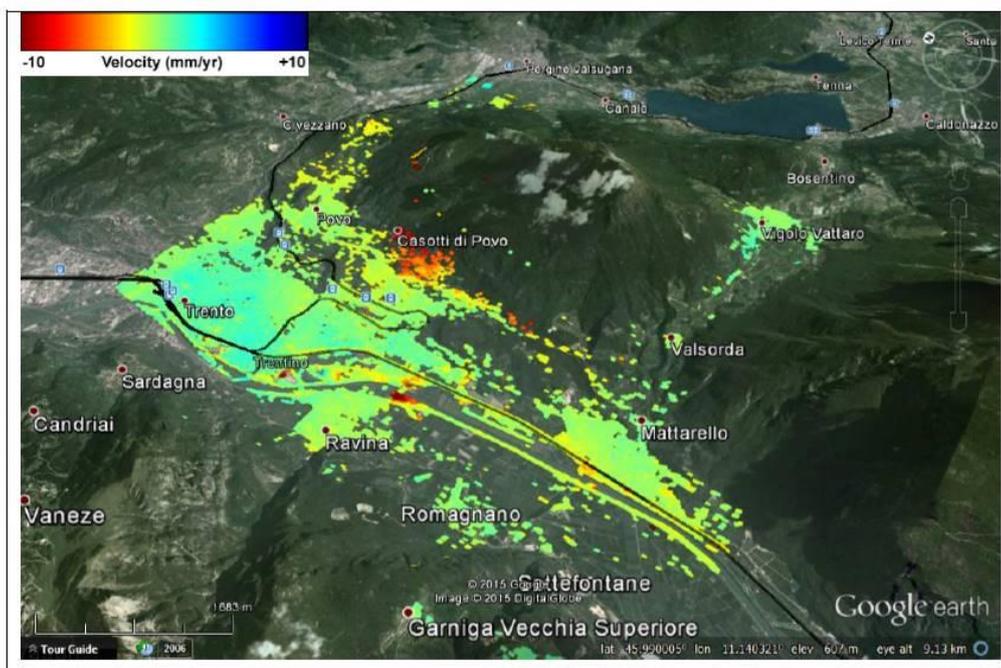


Figura 14. Mappa delle velocità medie dei PS stimate dai satelliti COSMO-SkyMed nel periodo 2011-15.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	59 di 220

6.1.2.1 Database SENTINEL

Nell'ambito della presente fase progettuale, per valutare le condizioni di stabilità lungo le pendici del M. Marzola è stata condotta un'analisi interferometrica con metodologie allo stato dell'arte (si veda il report specialistico IB0Q3AR69RHGE0005003A), dei dati acquisiti tra il 2016 e il 2020 dal satellite Sentinel (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>).

L'analisi è stata condotta con metodologia RAINS (Rapid Areal INsar Survey), sia tradizionale, sia con un nuovo approccio innovativo per misure di deformazione molto lente (RAINS-slow), e con metodologia MT-SBA (Permanent Scatterers, multi-temporale).

L'analisi è stata sviluppata lungo il versante occidentale di M. Marzola, limitato verso nord dal T. Fersina e verso sud dal Rio Val Sorda. Per facilitare la comprensione dei risultati, sono state identificate sei unità morfologiche con numerazione crescente da N verso S (si veda Figura 15).

Mediante la tecnica RAINS nella sua veste originale (Figura 15 e Figura 16), è stato possibile individuare aree soggette a deformazioni caratterizzate da velocità di spostamento superiori a 30 mm/anno lungo la LOS (linea di vista del satellite). Dall'analisi si evince che:

- lungo lo sviluppo del tracciato non sussistono deformazioni con velocità superiori a 30 mm/anno;
- gli spostamenti più marcati, nell'ordine di 30-40 mm/anno, sono circostanziati sul versante di M. Marzola in zone limitate, tipicamente in corrispondenza di depositi glaciali e di trench legati alla DGPV.

Mediante la tecnica RAINS-slow (Figura 17 e Figura 18) è stato possibile osservare alcune deformazioni in aree limitate. In particolare:

- ad ovest di Villazzano, in località Grotta, si registrano deformazioni con velocità estremamente ridotte (4 e 7 mm/anno);
- la Busa del Vent mostra segni di deformazione nella parte alta del versante.

Non appaiono riscontrabili fenomeni deformativi a carico dei depositi intersecati dal tracciato di progetto.

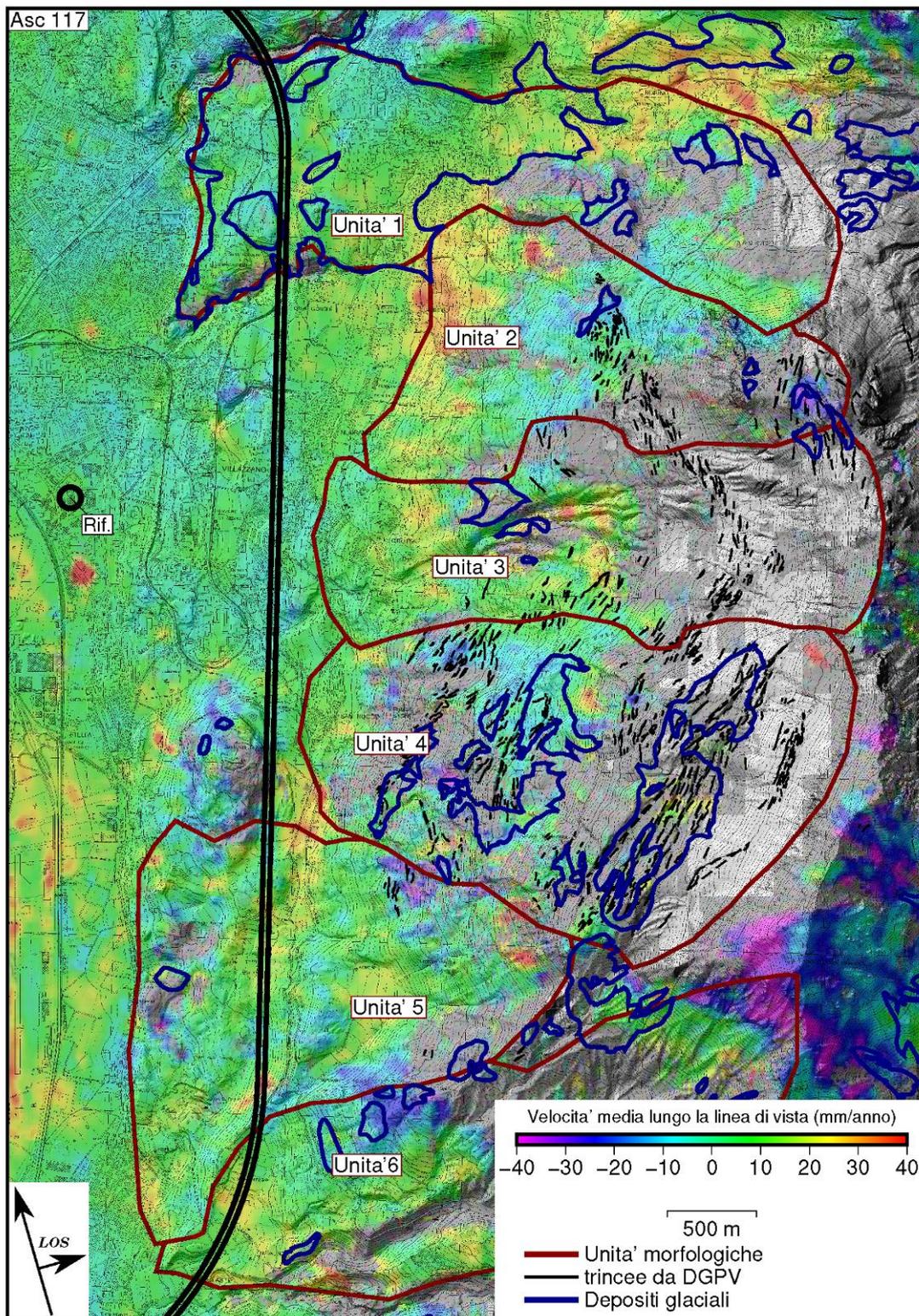


Figura 15. Analisi Rains-standard in geometria di volo ascendente (giugno 2016-febbraio 2020).

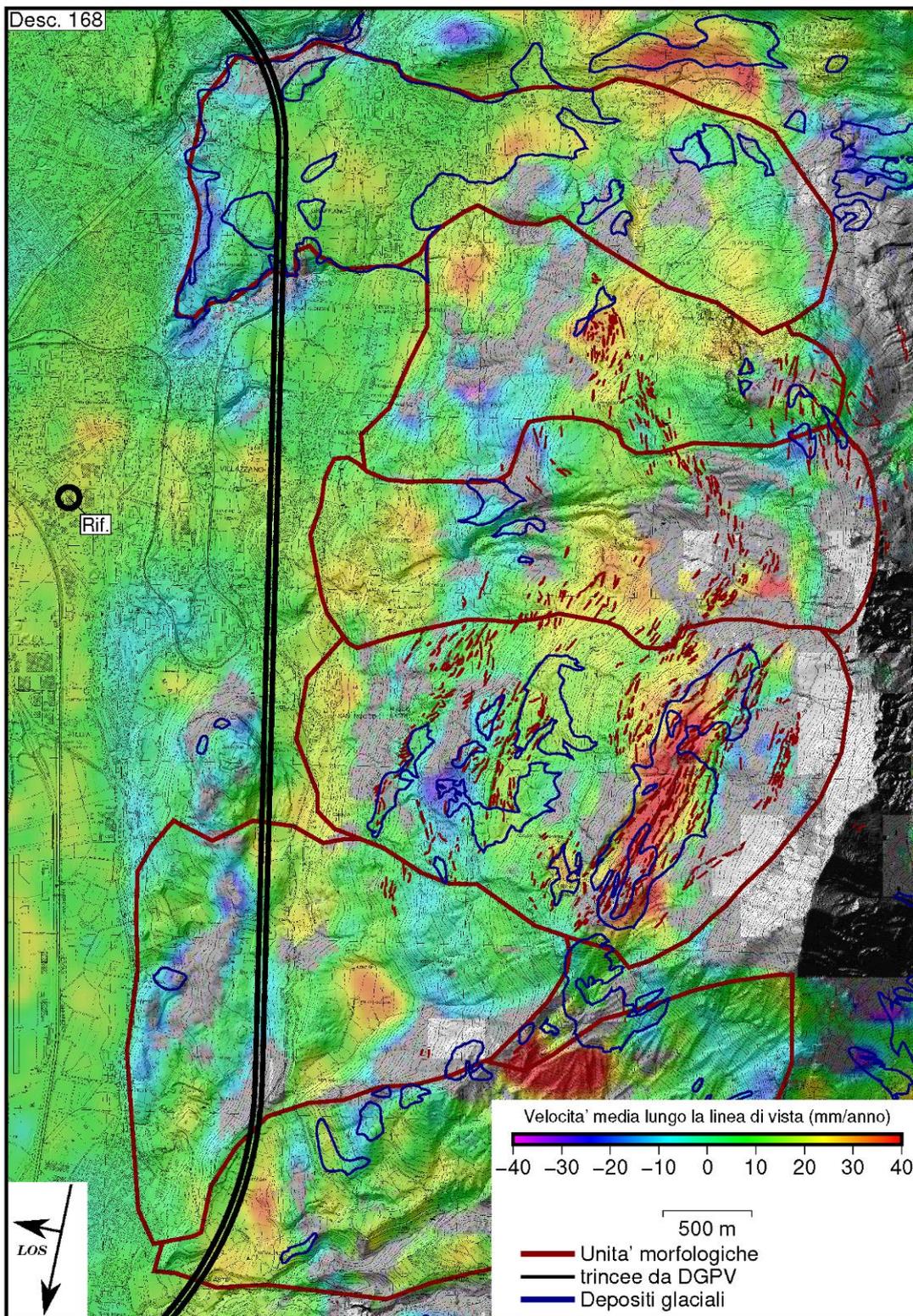


Figura 16. Analisi Rains-standard in geometria di volo discendente (giugno 2016- febbraio 2020).

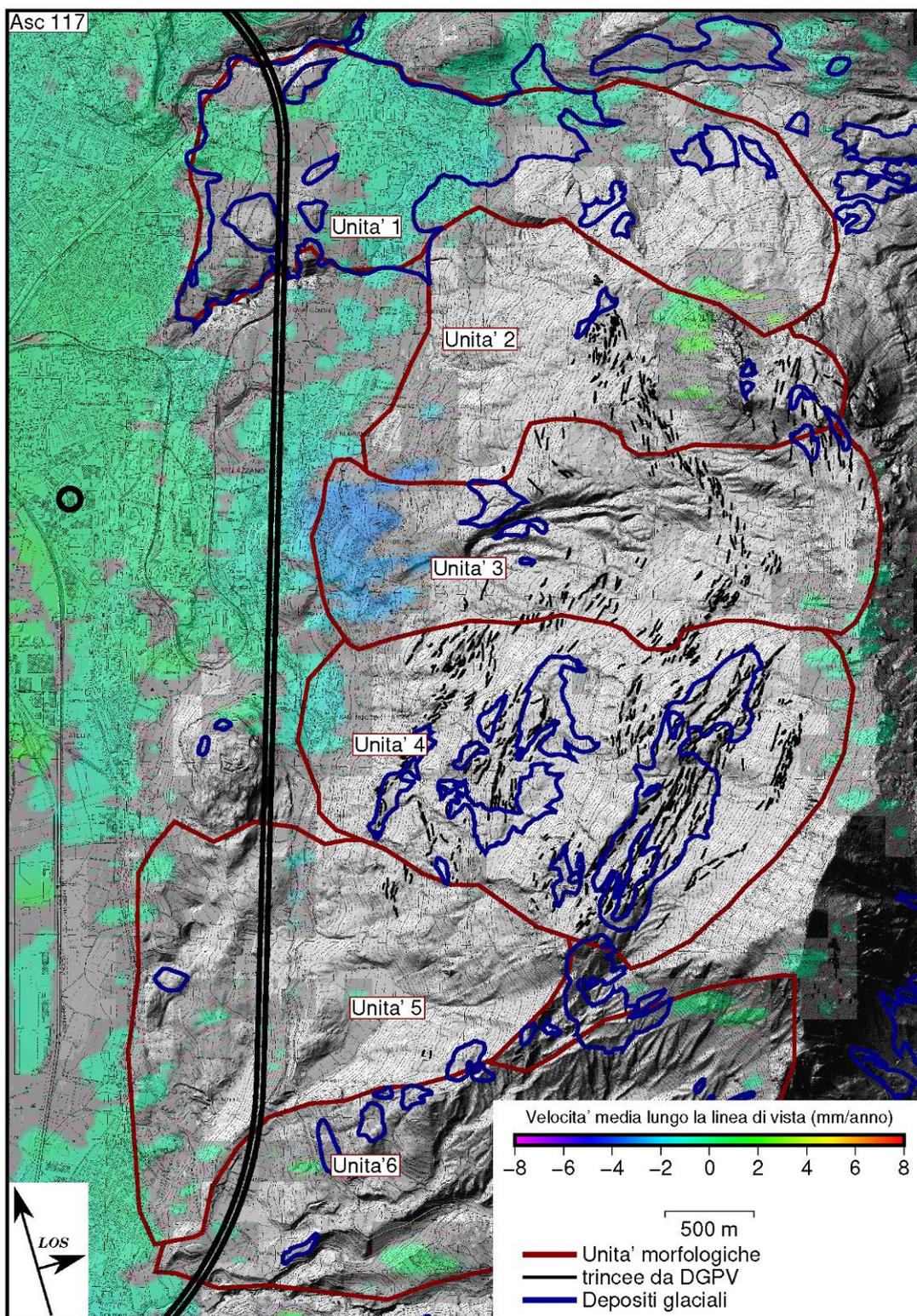


Figura 17. Analisi Rains-slow in geometria di volo ascendente (giugno 2016-febbraio 2020).

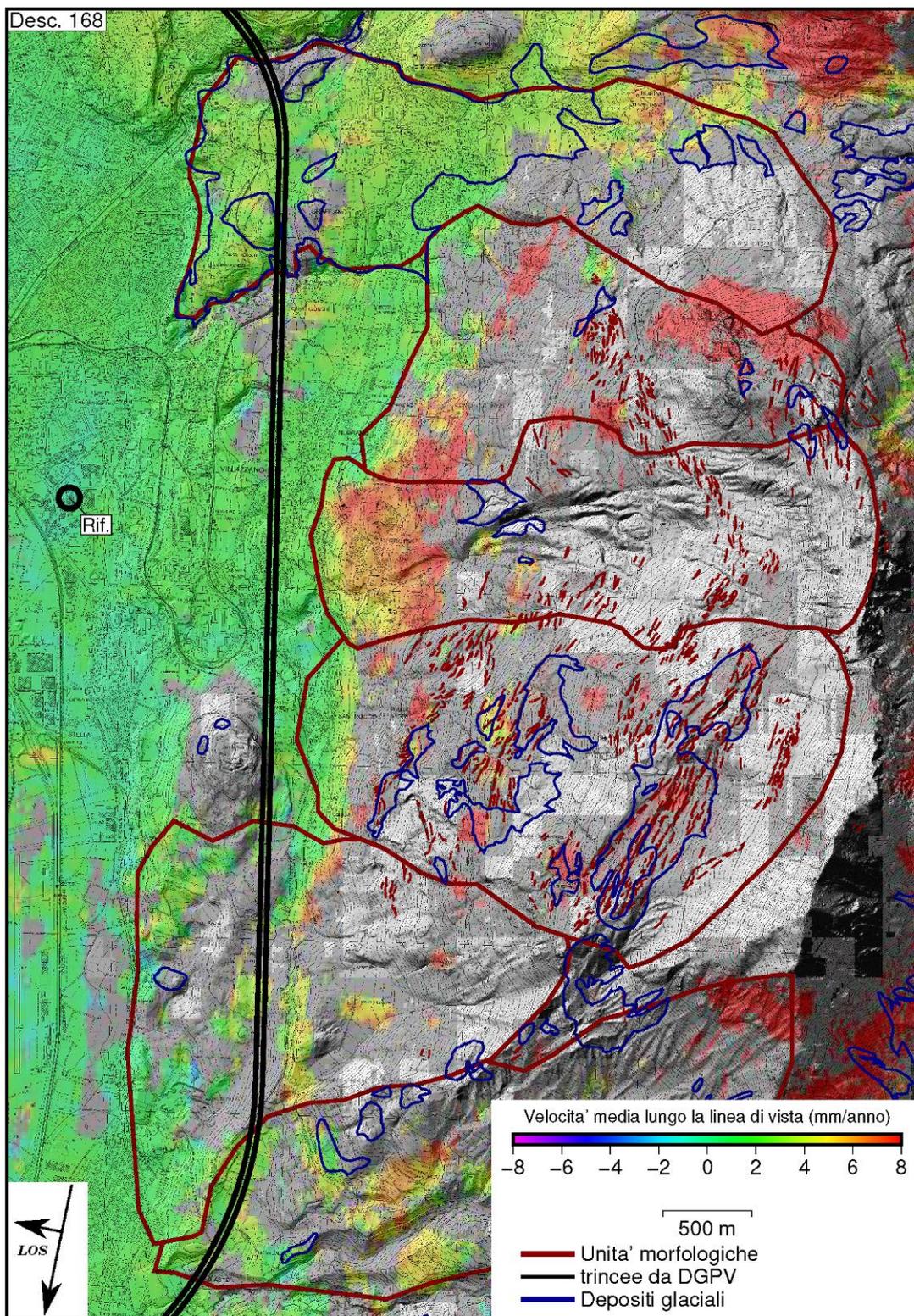


Figura 18. Analisi Rains-slow in geometria di volo discendente (giugno 2016- febbraio 2020).

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	64 di 220

Mediante la tecnica MT-SBA (Figura 19 e Figura 20) si è osservato che gli spostamenti, ove rilevati, sono caratterizzati da velocità ridotte, al massimo pari a 20 mm/anno lungo la LOS. È stato quindi possibile in sintesi:

- confermare il dato di spostamento localizzato presso Grotta;
- confermare segnali di attività nella parte mediana del versante ovest di M. Marzola, tra Prà Gioan e Busa dei Lumazi, in corrispondenza dei depositi glaciali e ai trench legati alla DGPV;
- individuare un'area ad est del tracciato nell'Unità Morfologica 5, sita qualche centinaio di m sud di Castello, in corrispondenza della quale non sono disponibili dati RAINS-slow, e dove sono stati riscontrati spostamenti di circa 20 mm/anno in geometria di volo ascendente e di circa 10 mm/anno in geometria di volo discendente. Tale condizione è legata alla differente distribuzione dei riflettori nei due data set, che quindi non sono direttamente confrontabili.

Per maggiori dettagli si rimanda al documento IBOQ30R69RHGE0005003A.

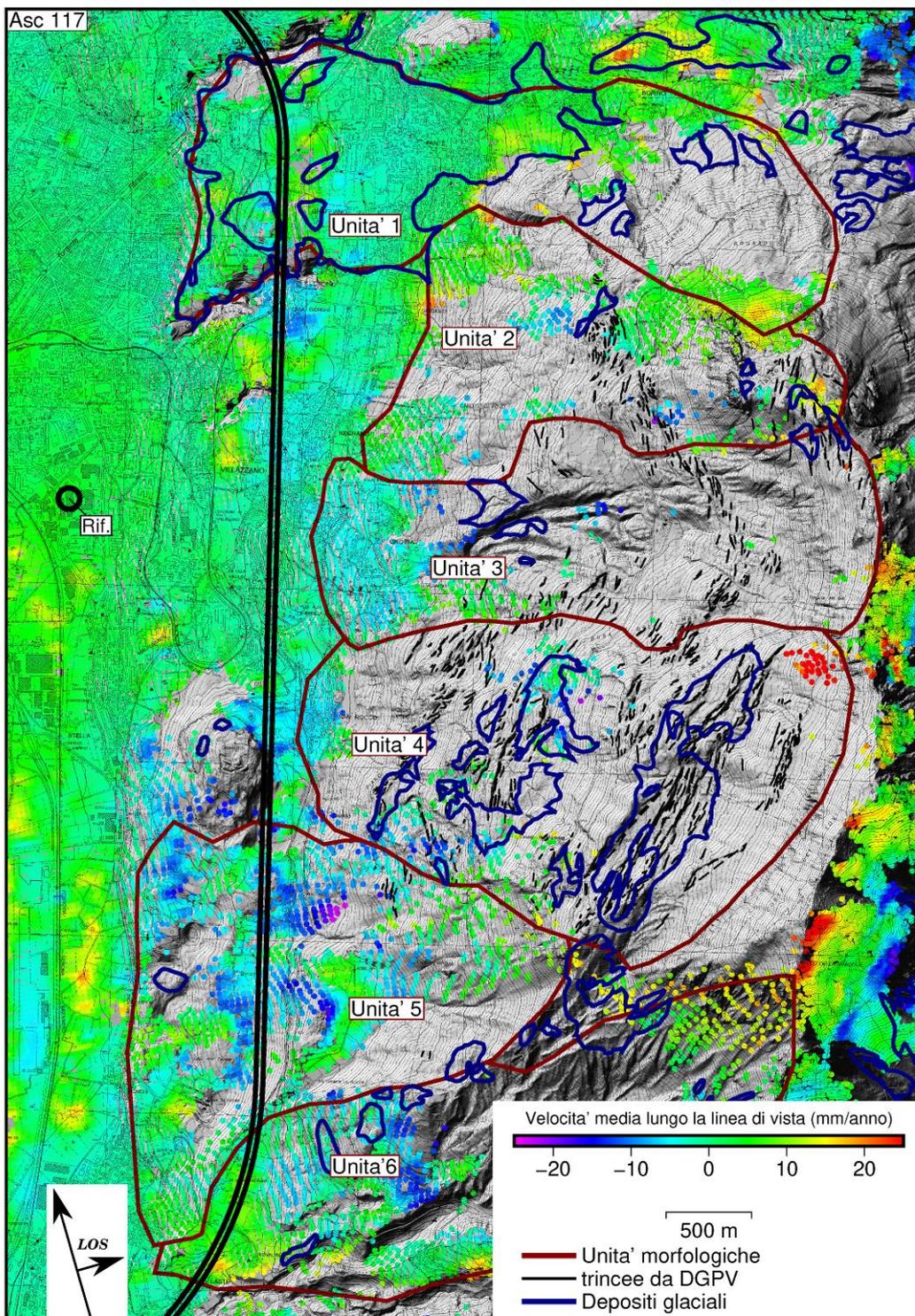


Figura 19. Analisi MT-SBA in geometria di volo ascendente (ottobre 2015-gennaio 2020).

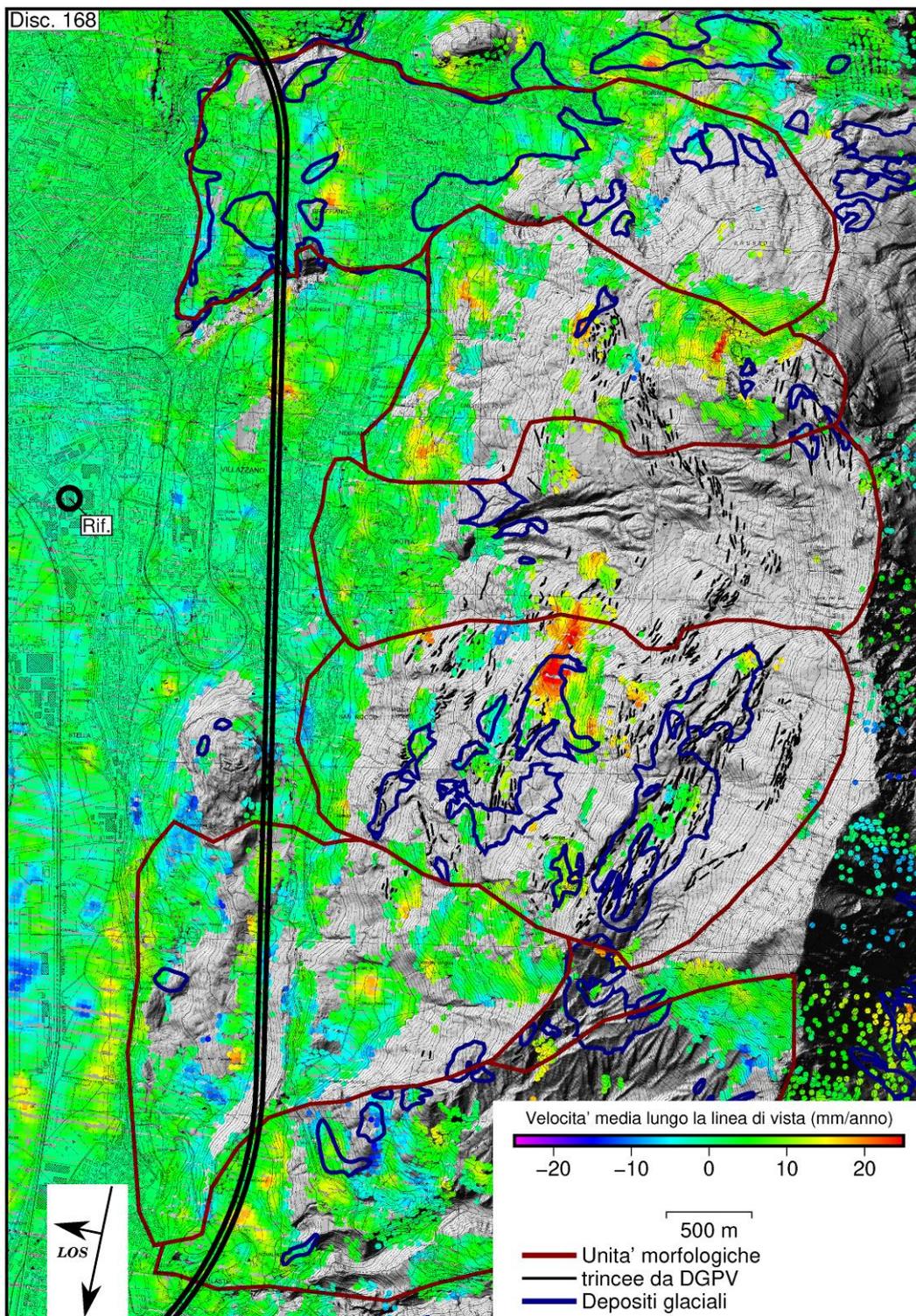


Figura 20. Analisi MT-SBA in geometria di volo discendente (marzo 2016-febbraio 2020).



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	67 di 220

7 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

7.1 Profilo geologico in asse al tracciato

Ai fini della rappresentazione del modello geologico dell'area in esame è stato sviluppato, lungo l'asse di progetto relativo al binario pari, il profilo geologico riportato nel documento IB0Q3AR69F6GE0001001A; sono state inoltre ricostruite delle sezioni geologiche trasversali al tracciato, riportate nell'elaborato IB0Q3AR69W5GE0001001A.

Il profilo geologico costituisce una immagine delle condizioni geologiche ricostruite lungo il tracciato, basata sia su dati di terreno che sui risultati delle indagini geognostiche disponibili; esso fornisce una rappresentazione previsionale ed interpretativa della variabilità delle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo interessato dall'opera. Le faglie rappresentate sul profilo sono da intendersi come elementi tettonici generalmente costituiti da un "core", una zona di taglio ed una zona di danno.

Dall'esame del profilo geologico in asse tracciato e delle sezioni geologiche trasversali emerge la ricostruzione di un quadro geologico piuttosto articolato. Si riscontra una certa variabilità litologica con una apprezzabile incidenza di rocce con proprietà geomeccaniche non particolarmente elevate (come ad esempio parte della sequenza sedimentaria del permio-trias medio), alternate a rocce di qualità prevedibilmente migliore. Soprattutto le serie anisiche e ladiniche nelle loro facies bacinali di mare medio-profondo (Gruppo dello Zwischenbildungen) presentano variabilità latero-verticali piuttosto marcate per complessità sedimentologica e per condizioni tettoniche; esse possono inoltre contenere una elevata frazione pelitica che potrebbe presumibilmente presentare livelli spingenti. La successione anisica (Formazione a Gracilis, e localmente la formazione di Werfen) può inoltre contenere orizzonti evaporitici che possono influenzare il comportamento dell'ammasso.

Dal punto di vista geomorfologico l'elemento più rilevante è rappresentato dalla diffusione in superficie tra il 3 ed il km 5 circa dei depositi gravitativi legati alla frana del Monte Marzola che tuttavia non appaiono interessati dall'opera che si sviluppa, nel tratto suddetto, a notevole profondità (coperture dell'ordine di 150 m), tale da non interessare la coltre detritica superficiale.

In riferimento agli aspetti di tipo geologico-strutturale esaminati è da segnalare che in corrispondenza delle faglie si possono intercettare zone di taglio e di danneggiamento variamente estese (spessori di decine di metri, o, in casi particolari, di centinaia di metri in corrispondenza di strutture tettoniche regionali quali la linea Trento – Roncogno), con caratteristiche meccaniche inferiori rispetto alla roccia madre non degradata e lungo le quali potrebbero verificarsi venute d'acqua concentrate. Il profilo evidenzia inoltre un tratto di attraversamento delle formazioni carbonatiche appartenenti al gruppo dei Calcari Grigi ove è da tenere in conto l'eventualità di fenomeni carsici di allargamento delle fratture; questi sono ipotizzabili in misura minore anche in Dolomia Principale, che tuttavia appare solo marginalmente interessata dagli scavi. Nelle filladi del basamento è presente quarzo in letti e noduli concordanti con la scistosità; inoltre potrebbero essere rinvenuti corpi filoniani sub vulcanici; tali elementi potrebbero essere influenti in termini di variabilità della scavabilità del materiale.

Di seguito vengono descritte le tratte in cui è stato suddiviso il tracciato di progetto lungo il profilo (le pk riportate sono da riferire al piano ferro).

7.1.1 Tratta da pk 0+000 a 1+090 circa (Tratta all'aperto zona Acquaviva – zona imbocco sud galleria Trento)

Nella tratta in esame il tracciato corre all'aperto (Tratta Zona Acquaviva), per circa 750 m interessando depositi prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi di origine alluvionale, per poi entrare in galleria artificiale

(imbocco Sud Galleria Trento) e successivamente in galleria naturale, alla pk 0+840 circa. L'imbocco è localizzato in depositi grossolani afferenti ad un conoide alluvionale torrentizio, all'interno dei quali l'opera permane fino alla pk 1+090 circa, ove si ipotizza di intercettare il substrato litoide.

7.1.2 Tratta da pk 1+090 a pk 2+565 circa

Si tratta di un settore piuttosto disarticolato, interessato da diverse discontinuità tettoniche a direzione circa NW-SE, con possibili effetti di degradazione delle proprietà meccaniche dei litotipi. Abbandonati i depositi quaternari la galleria entra nelle formazioni geologiche anisiche del Gruppo dello Zwischenbildungen (ZW). Nei primi 400 m circa si attraversano: dapprima i litotipi immergenti verso Nord dello Zwischenbildungen (ZW) per circa 100 m, poi per 50÷60 m circa quelli della Formazione di Travenanzes e successivamente le dolomie cristalline della Dolomia Principale. Alla pk 1+490 circa si intercetta una faglia immergente verso NE che determina nuovamente il passaggio della galleria nelle formazioni dello Zwischenbildungen (ZW) e poi nella Formazione di Travenanzes, con una riduzione dell'inclinazione di quest'ultima, attraversata fino alla pk 2+175 circa. A questa progressiva si rinviene una faglia la cui presenza, congiunta a quella di un altro elemento tettonico alla pk 2+210 circa, porta ad ipotizzare la presenza alla quota cavo di un lembo dello Zwischenbildungen (ZW) con strati molto inclinati, piegati e tettonizzati. Lo scavo nello Zwischenbildungen (ZW) si protrae per circa 385 m sino alla pk 2+565 circa dove la tratta intercetta una faglia inversa immergente verso nord.

7.1.3 Tratta da pk 2+565 a pk 3+830 circa

In questa tratta le coperture topografiche oscillano fra i 80 e 170 m circa. In base alla ricostruzione effettuata lo scavo interessa le dolomie del Membro di Monte Ozol della Formazione di Giovo (GIV3). Si tratta di litotipi per i quali si può prevedere una buona qualità meccanica e che sono stati perforati nel sondaggio "4329 - Villa Gentilotti" (prof. 142.6 m), ove al di sotto di una cinquantina di metri di terreni sciolti è stata rinvenuta una sequenza di dolomie grigie da cariate a massicce con locali intercalazioni di breccie. In prossimità del piano campagna si osserva la presenza di un deposito di frana poggiate su un deposito fluvioglaciale presumibilmente pre-LGM (unità PLG) rinvenuto nei sondaggi 4330 (Vivaio, P.A.T.) e B2 (Italferr). È opportuno segnalare che modeste variazioni nello spessore delle unità ipotizzate potrebbero portare la presenza della formazione a Gracilis (GLS) alla quota di scavo della galleria. Si prevede inoltre l'attraversamento di due faglie presso le pk 2+950 e 3+100.

7.1.4 Tratta da pk 3+830 a pk 6+400 circa

Questo settore insiste nella zona caratterizzata dal sistema di faglie normali e trascorrenti presenti tra Cava Ronchi e il Dosso di San Rocco e ricostruite con il supporto delle indagini geofisiche. Per tale motivo il settore risulta piuttosto articolato e con diversi contatti tettonici fra i litotipi ivi presenti. Il sistema normale principale, segmentato da faglie trascorrenti sinistre, porta in contatto le unità del Gruppo dello Zwischenbildungen (ZW) con le unità triassiche della Formazione di Werfen. Nella ricostruzione effettuata in asse tracciato si può osservare come la Formazione di Werfen appaia l'unità maggiormente interessata dagli scavi delle gallerie, sino a fine tratta, localizzata in corrispondenza di una faglia inversa alpina immergente verso nord. Si attende invece di scavare le gallerie nelle unità del Gruppo dello Zwischenbildungen (ZW) tra le pk 4+425 e 4+650 circa. Le unità dello Zwischenbildungen (ZW) sono state intercettate nel sondaggio 4330-Vivaio per tutta la lunghezza del foro (prof. 160 m). I dati di questo sondaggio individuano una sequenza terrigeno-carbonatica ricca in vulcanoclastiti attribuita ai Calcari di Val Gola, al di sotto dei quali si hanno calcari marnosi con intercalazioni argillitiche attribuiti ai Calcari Scuri di Margon.

In base alle risultanze dei sondaggi B2, TN6 e 3898, in questa tratta è ricostruibile in superficie una coltre (variabile da 50 a 100 m di spessore) di depositi gravitativi e fluvioglaciali.

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	69 di 220

Tra la pk 5+230 e 5+880 si hanno le massime coperture della galleria Trento, che raggiungono circa 250 m all'altezza di Doss San Rocco. In superficie il Doss San Rocco, è costituito dal Membro del M. Ozol della Formazione di Giovo e, in parte, dalla Formazione a Gracilis; esso è stato interpretato come un blocco relitto distaccatosi dal corpo di frana del M. Marzola ed oggi naturalmente stabilizzato.

7.1.5 Tratta da pk 6+400 a pk 9+420 circa

Oltrepassata la suddetta faglia inversa alpina, termine della precedente tratta, si prevede che lo scavo vada ad impegnare la porzione inferiore della successione sedimentaria e vulcanica permo-triassica, fino al basamento metamorfico. Nel dettaglio lo scavo, secondo la ricostruzione effettuata, avverrebbe nella Formazione a Bellerophon (BEL) per 550 m circa, nelle Arenarie di Val Gardena (GAR) per 830 m circa, nelle vulcaniti permiane per circa 580 m (epiclastiti e lapilli tuff della Formazione del Castelliere, e Formazione di Buss) e successivamente, nel basamento metamorfico (VFS). La Formazione di Buss, in questo settore, appare come una sequenza vulcano-sedimentaria costituita da alternanze di conglomerati a blocchi ignimbrici, arenarie a clasti vulcanici e colate basaltiche (la formazione può contenere anche calcari selciferi, osservati in affioramento a Salè, stop 46). Il basamento metamorfico (VFS) è rappresentato da filladi più o meno ricche in quarzo in letti o noduli, caratterizzate da elevata fissilità lungo i piani di scistosità, che potrebbero inoltre essere interessate da corpi filoniani. Alla pk 9+210 circa si prevede di intercettare una fascia tettonizzata afferente alla linea Trento-Roncogno, rappresentata da una zona di faglia immergente verso sud, a meccanismo inverso. Gli scavi interesseranno quindi le Arenarie della Val Gardena, verticalizzate per effetto della suddetta faglia, passanti lateralmente alla Formazione a Bellerophon e, in minima parte, alla Formazione di Werfen. Infine, dalla pk 9+310 gli scavi si prevede intercettino la zona di nucleo della linea Trento-Roncogno, costituita da cataclasiti e ultracataclasiti carbonatiche.

Escludendo i litotipi metamorfici, le formazioni sopra indicate presentano un assetto sostanzialmente sud-immergente con una variazione verso la parte terminale della tratta interpretata come piega anticlinale di rampa alla linea Trento Roncogno.

In superficie, nel settore corrispondente a questa tratta, sono presenti depositi glaciali e fluvioglaciali di limitato spessore.

7.1.6 Tratta da pk 9+420 a pk 11+315 circa

Superata la fascia di deformazione della linea Trento Roncogno, la galleria interessa la sequenza carbonatica giurassico eocenica presente nei dintorni dell'abitato di Trento, interessata da lineamenti circa N-S. Nella ricostruzione effettuata l'opera si sviluppa nella sinclinale di Doss Castion, attraversando la formazione del Rosso Ammonitico (ARV) fino alla pk 10+130 circa, dove, attraverso una faglia trascorrente, si passa ai calcari della Formazione di Rotzo (RTZ). Si prevede inoltre di intercettare una ulteriore faglia trascorrente alla pk 10+600 circa. Alla pk 10+800 circa lo scavo passa, per contatto stratigrafico, all'interno del Rosso Ammonitico e vi rimane per circa 320 m. Successivamente il tunnel dovrebbe procedere per un breve tratto (una decina di metri) nella Maiolica e poi per 135 m circa nella Scaglia Rossa. Il passaggio alla successiva Formazione di Chiusole avviene per faglia alla pk 11+270 circa, con quest'ultima formazione che si prevede sia attraversata per circa 45 m, fino al termine della galleria naturale.

7.1.7 Tratta da pk 11+315 a fine progetto – (tratta zona Scalo Filzi)

La tratta in esame attraversa dapprima un tratto di circa 20 m nella Formazione di Chiusole, su cui si appoggiano i terreni quaternari del Sintema Postglaciale Alpino (PTG). Questi ultimi, costituiti prevalentemente da termini di natura alluvionale saranno interessati dall'opera fino alla pk di fine progetto. Per maggiori particolari si rimanda all'elaborato IB0Q3AR69F5GE0001001A ove viene rappresentato nel dettaglio l'assetto geologico ricostruito in corrispondenza della zona dello scalo Filzi.

7.2 Sezioni geologiche trasversali

Le sezioni geologiche trasversali sono riportate nel documento IB0Q3AR69W4GE0001001A. Sono state tracciate 7 sezioni geologiche trasversali (Figura 21), all'incirca perpendicolari all'asse del tracciato in punti ritenuti significativi.

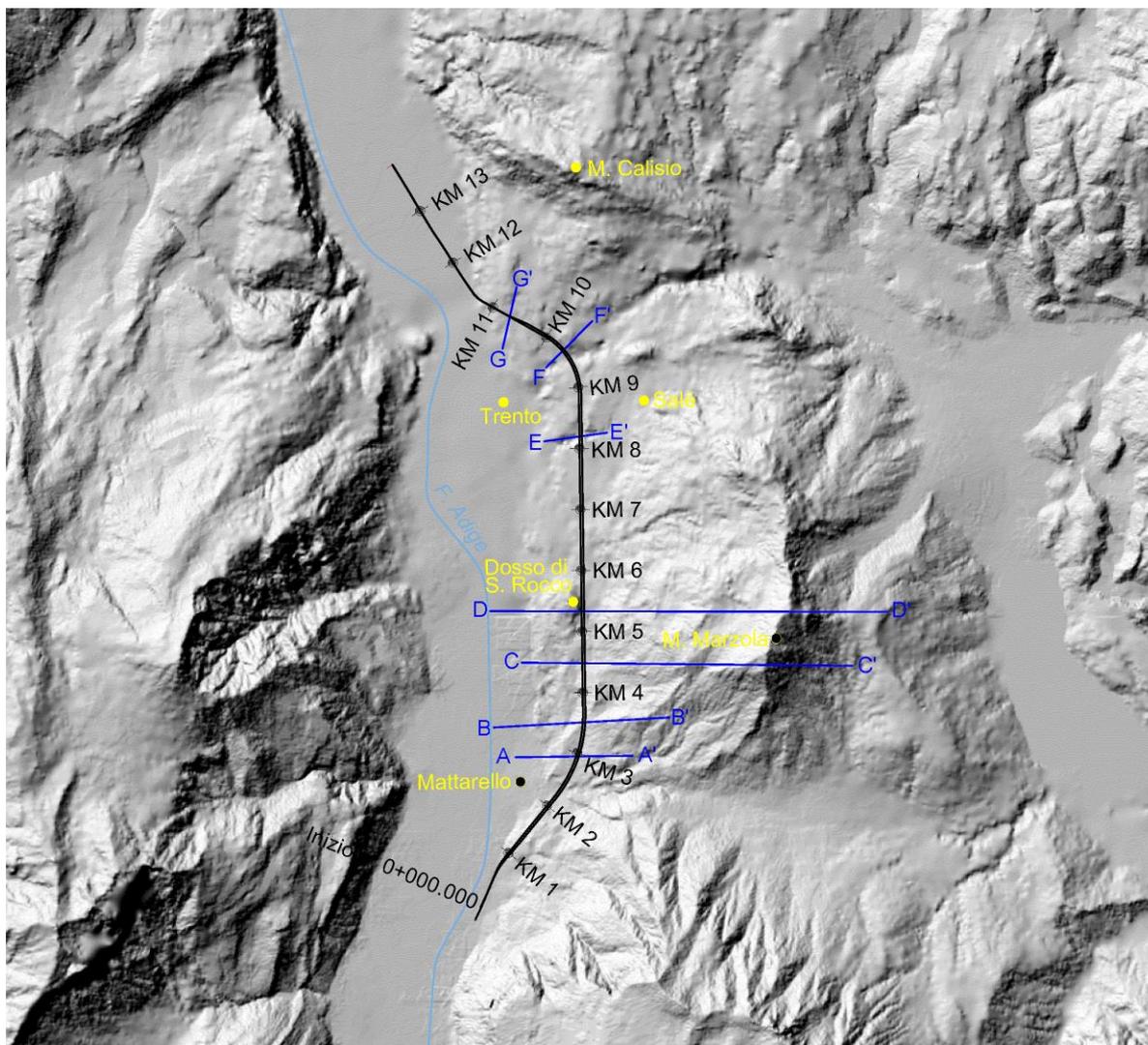


Figura 21. Ubicazione delle sezioni geologiche trasversali.

7.2.1 Sezione A-A'

La sezione A-A', tracciata all'altezza del km 2+950 circa, mostra l'assetto stratigrafico ricostruito presso la località Mattarello, utilizzando anche i dati derivanti dal sondaggio "4329 - Villa Gentilotti". Si osserva come i diversi litotipi dell'ammasso roccioso manifestino un assetto immergente verso ovest di circa 20°. Le gallerie in progetto, secondo la ricostruzione effettuata, si attestano all'interno del Membro di M. Ozol (Formazione di Giove - GIV) e della Formazione a Gracilis (GLS).

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	71 di 220

7.2.2 Sezione B-B'

La sezione B-B', tracciata all'altezza della pk 3+600 circa, illustra l'assetto stratigrafico ricostruito presso la località Cava Ronchi (Mattarello). Per realizzare questa sezione, sono stati utilizzati i dati stratigrafici del sondaggio B2 e del sondaggio 3898 "Cava Ronchi". La sezione interessa anche i corpi franosi al piede della del M. Marzola. Procedendo da monte verso valle, l'assetto della successione sedimentaria (rappresentata dai termini che vanno dalla Arenarie della Val Gardena alla Formazione di Giovo) è immergente verso ovest di circa 20°; tale sequenza è, poco a monte del sondaggio B2, tagliata da una faglia che ribassa la successione verso Ovest. I sondaggi 3898 e B2, localizzati verso la base del versante individuano lo spessore della coltre detritica e le sottostanti formazioni appartenenti al Gruppo dello Zwischenbildungen. Nella ricostruzione effettuata le gallerie si attestano all'interno del Membro di M. Ozol (Formazione di Giovo - GIV) e della Formazione a Gracilis (GLS).

7.2.3 Sezione C-C'

La sezione C-C', in corrispondenza della pk 4+600 circa, mostra l'assetto stratigrafico ricostruito poco a sud del Doss San Rocco. La sezione interessa per intero il M. Marzola, sviluppandosi dal fondovalle Adige fino al versante orientale del rilievo. È tracciata sub-parallelamente all'immersione degli strati e permette di osservare l'intera successione stratigrafica dalle filladi del basamento alle unità anisiche di piattaforma (CTR e SCI). Nella ricostruzione si osserva che la formazione a Gracilis costituisce il livello di scollamento nella deformazione del M. Marzola. La successione rocciosa è immergente verso ovest con inclinazione di circa 20°. Gli spessori ricostruiti sono stati utilizzati come riferimento per la realizzazione del profilo geologico in asse al tracciato. Si osserva la presenza di una faglia diretta, localizzata a monte del sondaggio 4330 che ribassa la sequenza verso Ovest. In base ai dati geognostici disponibili i depositi di frana presenti in superficie non risultano interferire con le gallerie in progetto che si attestano all'interno delle unità del Gruppo dello Zwischenbildungen.

7.2.4 Sezione D-D'

La sezione D-D' è tracciata all'altezza della pk 5+450 circa e mostra l'assetto stratigrafico ricostruito in corrispondenza del Doss San Rocco. Anche questa sezione interessa il M. Marzola, sviluppandosi nella zona centrale del rilievo, dal fondovalle Adige fino al suo versante orientale. Analogamente alla sezione C-C', si osserva la successione stratigrafica dalle filladi del basamento alle unità anisiche di piattaforma (CTR e SCI), in assetto di monoclinale ovest immergente (con inclinazione media di circa 17°). Lungo la sezione sono riportati, schematicamente, i blocchi di substrato traslati coinvolti nella deformazione del M. Marzola. Le gallerie in progetto si attestano all'interno della Formazione di Werfen, ad Est della faglia che borda il piede del rilievo. La ricostruzione effettuata illustra inoltre l'interpretazione che vede il Doss San Rocco come blocco di frana distaccato e ora inattivo (retinato in blu).

7.2.5 Sezione E-E'

La sezione E-E', è tracciata in corrispondenza della pk 8+300; evidenzia l'assetto stratigrafico ricostruito in località Casa Gionghi e Gocciadoro. La sezione mostra in questo settore le unità vulcaniche permiane (Formazione di Buss e Formazione del Castelliere) in appoggio sulle filladi del basamento metamorfico. Nella ricostruzione le gallerie in progetto si attestano all'interno della parte basale della Formazione del Castelliere (ITC) in prossimità della sottostante Formazione di Buss (LUB).

7.2.6 Sezione F-F'

La sezione F-F', tracciata in corrispondenza della pk 9+750, illustra l'assetto stratigrafico ricostruito presso la località San Donà (Trento). La sezione mostra la successione carbonatica giurassico-eocenica, con le gallerie in progetto localizzate nella formazione del Rosso Ammonitico (ARV).

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	72 di 220

7.2.7 Sezione G-G'

La sezione G-G', tracciata all'altezza della pk 10+800, mostra l'assetto stratigrafico ricostruito presso la località Fontanasanta (Trento). La sezione illustra la successione carbonatica giurassico-eocenica debolmente immergente verso sud. In questo caso le gallerie in progetto si attestano al passaggio tra i calcari della Formazione di Rotzo (RTZ) ed il Rosso Ammonitico (ARV).

8 MINERALIZZAZIONI, RADON, BITUMI

8.1 MINERALIZZAZIONI

Alcune delle formazioni geologiche più antiche possono essere sede di mineralizzazioni. Tali formazioni sono rappresentate dalle Filladi del basamento metamorfico, dalle vulcaniti permiane della piattaforma porfirica atesina e dai depositi basali della Formazione di Werfen (membro di Tesero). Nei dintorni dell'area interessata dal tracciato i principali giacimenti minerali (solfuri metallici) che sono stati sfruttati in passato sono associati alle metamorfiti del basamento ed ai sedimenti della base della Formazione di Werfen. Nel basamento metamorfico le mineralizzazioni sono note sotto forma di lenti o filoni concordanti e discordanti rispetto alla scistosità. Nella Formazione di Werfen, poco a nord della città di Trento, si hanno mineralizzazioni sotto forma di disseminazioni e impregnazioni nei calcari oolitici del Membro di Tesero (WER 1-2). Tali formazioni si prevede vengano attraversate dalla Galleria Trento.

8.2 RADON

Il radon è un gas nobile radioattivo naturale discendente dal decadimento dell'uranio, elemento radioattivo primordiale presente in concentrazioni variabili in tutta la crosta terrestre. La sua concentrazione in atmosfera è molto bassa essendone rapidamente diluito, tuttavia in alcuni ambienti chiusi può accumularsi costituendo così un sensibile rischio per la salute. In Italia per quanto riguarda gli ambienti di lavoro, il 01/01/2001 è entrato in vigore il Decreto Legislativo 26.05.2000 n.241, che disciplina l'esposizione occupazionale alla radioattività naturale. È stata così recepita la direttiva 96/29/Euratom del 13.05.96 riguardante la protezione sanitaria dai rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti per la popolazione e per i lavoratori. Il D. Lgs. 241/00 ha riguardato in particolare le attività lavorative in tunnel, sottovie, catacombe, grotte e, comunque, a tutti i luoghi lavorativi sotterranei o interrati (capo III-bis, Art.10 bis, comma 1, lettera a) e in luoghi di lavoro in superficie in zone ben individuate ("radon prone areas"). Per i luoghi di lavoro, la concentrazione di radon, misurata come media annuale, non doveva superare il livello d'azione definito nell'allegato I-bis: 500 Bq/m³. La CE ha poi aggiornato la sua posizione emanando la Direttiva 2013/59/Euratom del 05.12.2013 (recepita nel Decreto Legislativo 31 luglio 2020, n. 101), fissando un nuovo limite a 300 Bq/m³. I litotipi in grado di emettere Radon sono riconducibili alle serie vulcaniche; studi indoor effettuati da APPA (Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente della Provincia Autonoma di Trento) mostrano che i valori di Radon per l'area di studio si attestano, in media, intorno a 130 Bq/m³ (http://www.appa.provincia.tn.it/rapporto_ambiente_2016/rapamb_2016_pressioni/pagina39.html).

8.3 BITUMI

La formazione dei Calcari Scuri di Margon, appartenente al gruppo dello Zwischenbildungen, può contenere sostanze organiche sotto forma di bitume. In affioramento, presso lo stop 26, sono stati osservati i Calcari Scuri di Margon (Figura 22) contenenti bitume e fetidi alla rottura. L'aroma fetido dei calcari è dovuto alla diffusione in aria degli idrocarburi.



Figura 22. Tracce di bitume nei Calcari Scuri di Margon.

9 IDROGEOLOGIA

Nel presente capitolo sono illustrati gli aspetti idrogeologici rappresentativi dell'areale interessato dalle opere in progetto.

9.1 Dati di base

Per la redazione dello studio, il Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento ha, come in precedenza detto, reso fruibile la banca dati geologica provinciale. Nel database risulta presente un censimento delle sorgenti, costituito da 816 punti, e un censimento dei pozzi ad uso idropotabile, costituito da 3300 punti. Da tale database, afferente ad un'area più ampia rispetto al settore interessato dal tracciato di progetto, è stata effettuata un'estrazione di dati circoscritta alla zona in esame, tenendo conto di un buffer di 4 km rispetto al tracciato. In quest'area risultano quindi presenti 222 sorgenti e 1188 pozzi. In Appendice 4 è inoltre riportato l'elenco completo delle sorgenti e dei pozzi rappresentati nelle cartografie idrogeologiche.

9.2 Inquadramento idrogeologico

L'area oggetto di studio si inserisce nel contesto geologico afferente al Dominio Sudalpino. Il tracciato ferroviario in progetto si colloca nei rilievi in sinistra Adige e attraversa, lungo il suo percorso, come visto in precedenza, unità geologiche costituite da rocce metamorfiche filladiche, vulcaniche (legate al magmatismo atesino), e sedimentarie costituite da successioni sia terrigene sia calcareo dolomitiche. Oltre alle suddette unità, il tracciato attraversa, in località Acquaviva e Trento, depositi alluvionali e di versante del Quaternario.

Le caratteristiche idrogeologiche delle diverse unità sono legate alla litologia delle rocce e alla fratturazione (Figura 23) indotta dai fenomeni tettonici che hanno interessato l'area di studio. Un ulteriore fattore che può influenzare in modo significativo le caratteristiche idrogeologiche delle unità è dato dalla carsificabilità dei litotipi. Fenomeni carsici sono maggiormente ipotizzabili, lungo le principali faglie, nelle successioni calcaree (gruppo dei Calcari Grigi) e, in subordine, nelle successioni dolomitiche (Dolomia Principale). Le formazioni terrigene, più facilmente alterabili, tendono a presentare minori permeabilità d'ammasso (fratture riempite di materiali fini).

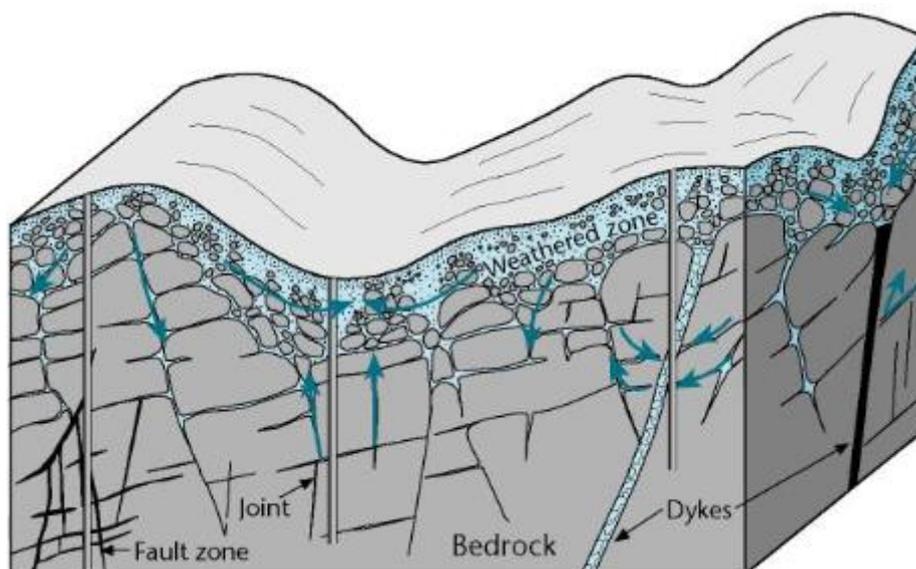


Figura 23. Schema concettuale di ammasso roccioso fratturato (hard rock aquifer) (adattato da Freeze e Cherry 1979, Davis and De Wiest, 1966).

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	75 di 220

Per quanto concerne i depositi quaternari sciolti, le caratteristiche idrogeologiche sono strettamente legate alla litologia dei terreni. Lungo il tracciato, nelle tratte all'aperto in località Acquaviva e Trento (Scalo Filzi), si rinvencono terreni detritici ghiaiosi, sabbiosi e limo-argillosi. Nei depositi alluvionali i principali acquiferi sono dati principalmente da corpi ghiaiosi, che formano conoidi alluvionali e paleoalvei sepolti, e, in subordine, dai corpi sabbiosi di riempimento di canale o argine. I terreni argillosi svolgono la funzione di acquiclude. Nelle zone alluvionali, di fatto, sono presenti numerosi pozzi ad uso idropotabile concentrati nel fondo valle Adige.

Prendendo come riferimento gli elaborati idrogeologici prodotti, il tracciato ferroviario in progetto attraversa, da sud verso nord, i seguenti contesti idrogeologici:

- a partire dalla località di Acquaviva (pk 0+000), il tracciato interessa i depositi quaternari dell'Adige e i depositi di conoide del Rio Stanghet approssimativamente fino alla pk 1+100. In particolare, circa dalla pk 0+750, i depositi vengono attraversati tramite galleria artificiale prima e naturale poi;
- tra la pk 1+100 e la pk 9+100 circa vengono attraversate le formazioni permo-triassiche e il basamento metamorfico;
- tra la pk 9+100 e la pk 11+300 circa vengono attraversate le formazioni appartenenti al gruppo dei Calcari Grigi e alla successione cretacico-eocenica ad essi sovrapposta;
- tra la pk 11+300 circa e la fine dell'intervento vengono nuovamente interessati i depositi quaternari dell'Adige (tratta all'aperto scalo Filzi).

9.2.1 *Descrizione delle macroaree*

9.2.1.1 Area Mattarello – Scalo Filzi

Al di là del primo chilometro di tracciato caratterizzato dalla presenza di depositi quaternari, quest'area, entro cui si sviluppa la galleria Trento, risulta caratterizzata dalla presenza di un lineamento di importanza regionale ad orientazione E-W (Linea Trento-Roncogno), all'altezza della pk 9+300 circa. A sud di questo affiorano le sequenze permo-triassiche in successione fino alla Dolomia Principale, permeabili prevalentemente per fratturazione. A nord del lineamento affiorano invece litotipi appartenenti al gruppo dei Calcari Grigi e alla sovrapposta successione cretacico eocenica; la permeabilità è per fratturazione e carsismo nei calcari e prevalentemente per fratturazione nei termini ad essi successivi. A sud dell'abitato di Trento sono presenti inoltre gli estesi depositi di frana del versante occidentale del Monte Marzola (DGPV del M. Marzola). Il versante del M. Marzola è ricco di modeste sorgenti, che rifornivano in passato i piccoli acquedotti dei sobborghi di Trento, e che oggi fanno ancora parte, ma come elementi minori, del sistema distributivo dell'acquedotto cittadino.

Queste sorgenti vennero studiate da Trener (1926) che enfatizzò la funzione delle masse rocciose dolomitico-calcaree e del substrato del complesso permo-triassico, senza però riconoscere un ruolo di serbatoio al corpo di frana del M. Marzola. La circolazione idrica che governa il deflusso delle sorgenti nel versante è di tipo sub-superficiale con alimentazione per ricarica diretta meteorica. Le sorgenti poste alle quote inferiori ai 700 m s.l.m. sono risultate frequentemente contaminate da coli fecali (P.A.T., 2008) e prove di tracciamento condotte in passato (Giovannini, 1999) hanno rivelato la loro vulnerabilità. In alcune di queste sorgenti, secondo quanto riportato negli studi di Bazzoli e Visintainer (2006) sono state anche rilevate tracce di caffeina a conferma del fatto che si tratta di acque superficiali, suscettibili di contaminazioni da scarichi domestici.

Studi sulle sorgenti del versante sud del M. Marzola e del versante Nord-occidentale della Vigolana si ritrovano in Fuganti et al. (1994) e in uno studio geologico condotto da Geoalp nel 2003 e citato nel progetto

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	76 di 220

della Circonvallazione Trento-Rovereto di P.A.T.-RFI (2008). Gli studi, eseguiti utilizzando dati geochimici, confronti tra dati di precipitazione meteorica e regime delle sorgenti, nonché dati isotopici, confermano che la circolazione che alimenta le sorgenti in queste zone è di tipo superficiale, con ricarica data da infiltrazione diretta delle acque meteoriche e di scioglimento delle nevi. La circolazione si sviluppa entro depositi detritici e di debris-flow, e appare sostenuta da importanti spessori di morena di fondo e/o da rocce a bassa permeabilità appartenenti al complesso permotriassico, che affiorano alla sella di Vigolo Vattaro e sul versante orientale del massiccio.

I piezometri che furono installati presso il punto indagine 4330 – Vivaio in corrispondenza dei depositi quaternari indicavano una falda con soggiacenza di circa 19 m da p.c.; è utile anche confrontare tale dato con quello del vicino (500 m a sud) piezometro installato nel substrato roccioso al sondaggio TN6, ove la soggiacenza è invece pari a 56 m da p.c.. La sensibile differenza tende a confermare la presenza di una falda nei depositi quaternari, che da luogo a circuiti superficiali e alle relative sorgenti, in accordo con i già menzionati studi, e di flussi distinti nel substrato roccioso.

9.2.1.2 Area Trento - Scalo Filzi

La parte finale del tracciato di progetto interessa i terreni alluvionali del fondovalle di Trento. L'area, a topografia sub-orizzontale fa parte del contesto alluvionale del fondovalle atesino appena a monte del restringimento vallivo legato alla presenza del Doss Trento. La deposizione del materiale costituente il trasporto solido del fiume Adige e dei corsi d'acqua minori ha determinato il sovralluvionamento dell'incisione glaciale della valle atesina, con la formazione di un potente materasso alluvionale. Nella porzione superficiale, le divagazioni dell'Adige con andamento meandriforme, e la continua interazione con le fasi di piena dei torrenti laterali hanno portato ad una disposizione naturale che è stata negli ultimi secoli corretta dall'azione antropica per lo sfruttamento del territorio, fino alla situazione attuale.

Il fondovalle dell'Adige presenta sedimenti di alta energia, riferibili essenzialmente a ghiaie e sabbie, depositi durante le piene, e depositi di bassa energia depositi nelle fasi di esaurimento delle stesse, riferibili a sabbie limose, limi sabbiosi e limi argillosi. La disposizione degli strati nel sottosuolo è suborizzontale, con accentuazione dell'inclinazione in direzione delle zone apicali delle conoidi. In ragione dell'interdigitazione con le alluvioni di fondovalle del fiume, dell'azione di erosione e rideposizione legata alla successione degli eventi di piena e infine dell'abbandono di vecchi letti del fiume e meandri, si riscontrano frequentemente strutture lenticolari e letti che si riducono progressivamente di spessore fino a chiudersi. La morfologia dell'area ha subito, come già accennato, svariate modifiche di origine antropica per arrivare alla conformazione attuale; si segnala la presenza delle rogge, che, realizzate per bonificare l'area paludosa, fungono ora da drenaggio delle acque bianche.

Uno studio dell'assetto idrogeologico nel fondovalle della città di Trento è contenuto nei documenti prodotti da P.A.T.-RFI (2008) e da ISER (2013). Il primo documento fornisce, in particolare, un inquadramento idrogeologico del sito dello Scalo Filzi con particolare riferimento a quel che riguarda le tematiche ambientali. A nord dello Scalo Filzi, infatti, è presente un sito inquinato di interesse nazionale ubicato in corrispondenza di vecchi stabilimenti Soil e Carbonchimica. In Appendice 2 viene riportato un focus relativo all'area dello Scalo.

9.3 Schema di circolazione idrica

9.3.1 *Complessi idrogeologici*

Il concetto di complesso idrogeologico è stato definito da Civita (1973) nel seguente modo: "Un complesso idrogeologico può essere definito come l'insieme di termini litologici simili, aventi una comprovata unità

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	77 di 220

spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalente in comune e un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto".

È opportuno segnalare che nella definizione dei complessi idrogeologici, si deve tenere in debito conto la scala di lavoro, oltre che agli obiettivi dello studio. Ad esempio, un'alternanza di termini litologici costituita da calcari, calcari con selce e marne può essere considerata come un unico complesso idrogeologico, se si fa riferimento ad uno studio a carattere regionale, mentre deve essere scissa in almeno tre complessi, se si fa riferimento ad una scala di dettaglio.

Nel presente lavoro per definire i complessi idrogeologici sono stati individuati raggruppamenti di formazioni che, per distribuzione spaziale, posizione stratigrafica e caratteristiche idrogeologiche potessero essere considerati relativamente omogenei come comportamento.

Dall'analisi complessiva dell'area sono stati individuati i complessi elencati nel seguito:

- complesso delle Alluvioni;
- complesso dei Depositi detritici e di versante;
- complesso Post Calcari Grigi;
- complesso Calcari Grigi;
- complesso Dolomia Principale;
- complesso Pre Dolomia.

La disposizione geografica dei complessi è rappresentata nella Figura 24; nella parte settentrionale dell'area risulta visibile la successione che vede dall'alto verso il basso il complesso Post Calcari Grigi (in blu), il complesso dei Calcari Grigi in verde, il complesso Dolomia Principale in arancione e infine la successione Pre Dolomia Principale in color vinaccia. Nella parte centro-meridionale è invece ben visibile l'estensione del complesso Pre Dolomia e dei complessi detritici e alluvionali.

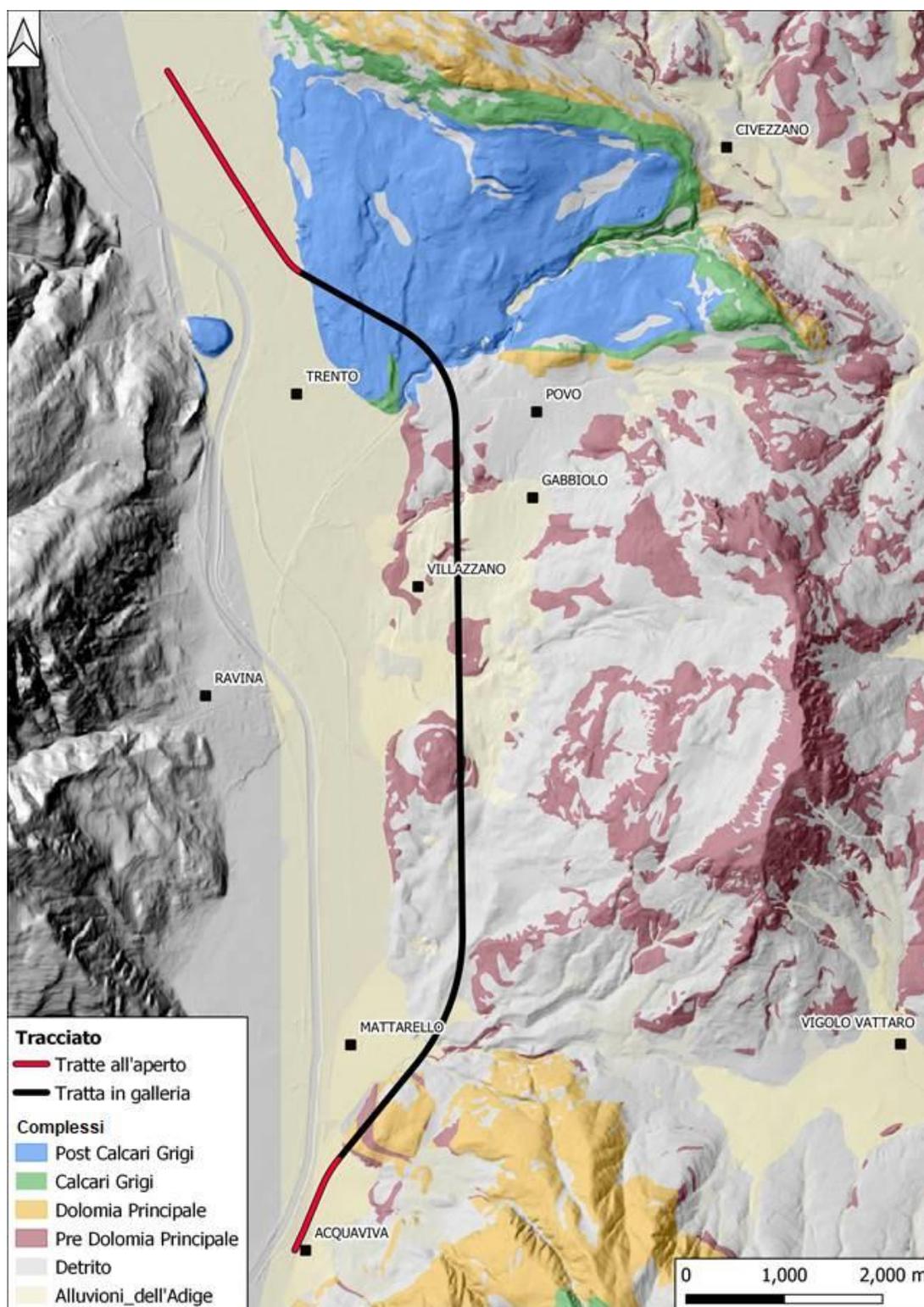


Figura 24. Rappresentazione dei principali complessi idrogeologici presenti nell'area.

9.3.1.1 Complesso Post Calcari Grigi

Raggruppa una serie di formazioni permeabili per fratturazione generalmente non carsificabili. Rientrano in questo gruppo il Rosso Ammonitico Veronese (ARV), la Maiolica (MAI) la Scaglia variegata Alpina (VAA), la Scaglia Rossa (SAA), la Formazione di Chiusole (CHI) la Formazione di Ponte Pià (FPP), le serie magmatiche Eoceniche, il Calcare di Malcesine (MCE) e il Calcare di Nago (NAG).

Nell'area interessata dal progetto la caratteristica unitaria di questo complesso idrogeologico, che si rinviene a nord della linea Trento-Roncogno, è la posizione rispetto ai Calcari Grigi. Il Complesso Post Calcari Grigi rappresenta infatti un grosso corpo scarsamente carsificabile che chiude parzialmente al tetto il complesso sottostante, carsificabile, dei Calcari Grigi.

9.3.1.2 Complesso dei Calcari Grigi

Il complesso idrogeologico dei Calcari Grigi ingloba la formazione di Monte Zugna (FMZ), il Calcare Oolitico di Loppio (LOP - Figura 25) la Formazione di Rotzo (RTZ) e il calcare Oolitico di Massone (OOM), quest'ultimo non affiorante nell'area di studio. L'elemento distintivo di questo complesso idrogeologico è la carsificabilità. Per comprendere tale carattere è possibile osservare gli affioramenti presenti alcuni chilometri a sud dell'imbocco meridionale della Galleria Trento, come ad esempio nel massiccio della Vigolana o a nord-est del tracciato a cavallo dell'incisione del Torrente Fersina (STOP 32 in Figura 25). In queste aree infatti, evidenze di carsismo si individuano nelle formazioni FMZ, LOP e RTZ, a distanze di 3-4 km dal tracciato. Alla base del massiccio della Vigolana, si trova ad esempio la sorgente carsica dell'Acquaviva, non interessata tuttavia dal tracciato in progetto. In questo complesso idrogeologico la circolazione idrica avviene principalmente attraverso le discontinuità, che, ad opera del carsismo, possono essere state dilavate ed ampliate fino alla formazione di condotti sotterranei. È tuttavia da segnalare che non risulta evidenza di sorgenti con caratteristiche carsiche, nonostante la presenza di affioramenti caratteristici (Figura 25), a nord della linea Trento-Roncogno, dove il tracciato interseca, per circa un chilometro, il complesso dei Calcari Grigi.



Figura 25. Evidenze di carsismo nel Calcare Oolitico di Loppio (LOP). STOP 32. Località Maso Cantanghel a SO dell'abitato di Civezzano.

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	80 di 220

9.3.1.3 Complesso della Dolomia Principale

La Dolomia Principale (Figura 26) è caratterizzata da uno spessore potente (fino a 700-800 m), e non presenta caratteri di accentuato carsismo. È possibile, tuttavia, che si presentino locali dissoluzioni con allargamenti di fratture con conseguente incremento della trasmissività idraulica. In questo complesso idrogeologico la circolazione avviene quindi principalmente attraverso la rete di fratture che possono essere considerate con una discreta conducibilità idraulica. Questo complesso risulta comunque poco rappresentato a nord del massiccio della Vigolana ed infatti viene intercettato dal tracciato in progetto solo per un breve tratto di circa 250 metri di galleria, in prossimità dell'imbocco meridionale. In Figura 26 è mostrato il caratteristico aspetto di una parete di Dolomia Principale nei pressi della zona di Acquaviva, alcuni chilometri a sud del tracciato in progetto.



Figura 26. Affioramento di Dolomia Principale.

9.3.1.4 Complesso Pre Dolomia Principale

Il complesso Pre Dolomia Principale è un macro-raggruppamento di unità dalle caratteristiche eterogenee. In particolare in questo raggruppamento ricadono le Filladi del basamento metamorfico (VFS), le Unità del Magmatismo Permiano (LUB, ICT e LPE) e le successioni sedimentarie e vulcaniche permo-mesozoiche limitatamente alle Arenarie della Val Gardena (GAR), Formazione a Bellerophon (BEL), Formazione di Werfen indifferenziata (WER), Dolomia del Serla inferiore (SLI), Formazione a Gracilis (GLS), Conglomerato di Voltago (VTG), Formazione di Giovo (GIV3), Conglomerato di Richthofen (RIC), Formazione di Contrin (CTR), Gruppo delle Zwischenbildungen (ZW), Formazione dello Sciliar (SCI), Vulcaniti basaltiche (VAB) e Formazione di Travenanzes (TVZ). Questo complesso idrogeologico è

caratterizzato da una circolazione idrica attraverso la rete di fratture con conducibilità idraulica mutevole sia per le complicazioni tettoniche sia per il variabile contenuto terrigeno e grado di alterabilità delle formazioni.

9.3.1.5 Complesso delle Alluvioni

Questo complesso idrogeologico è rappresentato in larga prevalenza dalle alluvioni di fondo valle dell'Adige. Le alluvioni dell'Adige hanno uno spessore di svariate centinaia di metri, una permeabilità per porosità ed un livello di falda regolato dalle oscillazioni dell'asta fluviale principale. In generale il fondo valle rappresenta il livello di base locale per tutti gli acquiferi contenuti nei massicci montuosi che bordano la valle dai due lati. Locali depositi alluvionali si ritrovano anche nei rii minori in sinistra Adige, ad esempio lungo il T. Fersina.

9.3.1.6 Depositi detritici e di versante

Al tetto dei primi quattro complessi idrogeologici si ritrovano spessori variabili di depositi di versante, depositi di frana o depositi glaciali con caratteristiche nettamente differenti rispetto a quelle dei sottostanti ammassi rocciosi. Questi corpi superficiali, lateralmente discontinui, possono essere sede di falde superficiali che in parte emergono in forma di sorgenti e in parte si infiltrano all'interno degli ammassi rocciosi su cui poggiano ove questi presentino idonee caratteristiche di permeabilità. Sorgenti alimentate da falde detritiche sono state segnalate nell'area del M. Marzola e nella sella di Vigolo Vattaro da Fuganti *et al.* (1994).

9.3.1.7 Schema concettuale di circolazione idrica

A livello concettuale il rapporto fra i complessi idrogeologici descritti è rappresentato graficamente in Figura 27. L'acqua di infiltrazione meteorica nelle rocce calcaree può fuoriuscire dopo un breve percorso dando origine a sorgenti non perenni con portata modesta (1), oppure si può incanalare in un circuito più ampio e profondo dando origine a sorgenti carsiche (2). Un'aliquota dell'acqua di infiltrazione va ad alimentare la dolomia sottostante (3) venendo a giorno in sorgenti (4) o andando ad alimentare la falda contenuta nelle alluvioni di fondovalle dell'Adige in modo occulto (5). Analogamente una parte dell'acqua può andare ad alimentare le falde contenute nelle alluvioni dei rii secondari che costituiscono gli affluenti dell'Adige (6). All'interno delle coltri detritiche superficiali si sviluppa una circolazione idrica che può venire a giorno in forma di sorgenti (7) oppure può andare ad alimentare per percolazione le sottostanti formazioni rocciose (8).

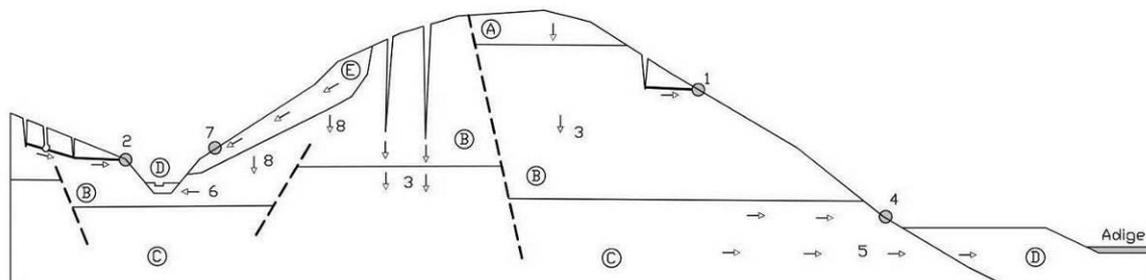


Figura 27. Schema esemplificativo dei rapporti di scambio idrico tra: A-Complesso post Calcarei Grigi; B-Complesso Calcarei Grigi; C- Complesso Dolomia Principale; D- Complesso Alluvioni; E- Detriti di versante.

9.3.2 Schema sintetico delle principali caratteristiche idrogeologiche delle formazioni

Sulla base dei dati bibliografici, delle caratteristiche litologiche e delle osservazioni eseguite in campagna sono state stimate le principali caratteristiche idrogeologiche delle formazioni interessate dal tracciato.

Nella Tabella 5 si fornisce un elenco sintetico di tali caratteri. Il criterio utilizzato per associare ad ogni formazione determinate caratteristiche idrogeologiche viene illustrato nel seguito della relazione.

La prima colonna indica la sigla della formazione (dalla formazione più recente alla più antica con esclusione dei termini quaternari), la seconda colonna indica il tipo di permeabilità e il grado di permeabilità (alto, medio o basso). La terza colonna indica, per le formazioni intercettate dalla galleria, se la formazione presenta master joint e, nel caso li presenti, quale è la spaziatura media osservata in affioramento. Con l'espressione master joint si intendono discontinuità con minimo rigetto ma con persistenza elevata in grado quindi di rappresentare vie preferenziali di circolazione idrica. La quarta colonna fornisce una indicazione sul grado di alterabilità o carsificabilità della formazione, seguendo la logica che l'alterazione tende a chiudere le fratture, e quindi a renderle meno trasmissive, mentre il carsismo tende ad ampliarle, e quindi a renderle maggiormente trasmissive. La quinta colonna mostra infine la suddivisione in complessi idrogeologici (Figura 24).

Tabella 5. Sintesi delle principali caratteristiche idrogeologiche delle formazioni interessate dal tracciato.

Sigla	Permeabilità	Master joint	Alterabilità e carsismo	Complessi idrogeologici
NAG	Permeabilità media per fratturazione			Post calcari grigi
MCE	Permeabilità media per fratturazione			Post calcari grigi
VUB2d	Permeabilità bassa per fratturazione			Post calcari grigi
VUB2c	Permeabilità bassa per fratturazione			Post calcari grigi
VUB2b	Permeabilità media per fratturazione			Post calcari grigi
VUB2a	Permeabilità alta per fratturazione			Post calcari grigi
VUB1	Permeabilità alta per fratturazione			Post calcari grigi
VUB	Permeabilità bassa per fratturazione			Post calcari grigi
FPP	Permeabilità media per fratturazione		Mediamente alterabile	Post calcari grigi
CHI	Permeabilità bassa per fratturazione	Assenti	Poco alterabile	Post calcari grigi
SAA	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Poco alterabile	Post calcari grigi
VAA	Permeabilità media per fratturazione			Post calcari grigi
MAI	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Carsismo scarso	Post calcari grigi
ARV	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Poco alterabile	Post calcari grigi
OSV	Permeabile per fratturazione e carsismo		Carsismo scarso	Calcari Grigi
RTZ	Permeabile per fratturazione e carsismo	Assenti	Carsismo medio - elevato	Calcari Grigi
LOP	Permeabile per fratturazione e carsismo		Carsismo medio - elevato	Calcari Grigi
FMZ	Permeabile per fratturazione e carsismo		Carsismo medio - elevato	Calcari Grigi
DPR	Permeabilità media per fratturazione	Spaziatura < 10 m	Carsismo scarso	Dolomia
TVZ	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Mediamente alterabile	Pre dolomia
SCI	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Poco alterabile	Pre dolomia
ZW	Permeabilità bassa per fratturazione	Assenti	Molto alterabile	Pre dolomia
CTR	Permeabilità bassa per fratturazione		Carsismo scarso	Pre dolomia

Sigla	Permeabilità	Master joint	Alterabilità e carsismo	Complessi idrogeologici
RIC	Permeabilità media per fratturazione		Mediamente alterabile	Pre dolomia
GIV3	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Carsismo scarso	Pre dolomia
VTG	Permeabilità media per fratturazione		Poco alterabile	Pre dolomia
GLS	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Carsismo scarso	Pre dolomia
SLI	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Carsismo scarso	Pre dolomia
WER	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Molto alterabile	Pre dolomia
BEL	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Poco alterabile	Pre dolomia
GAR	Permeabilità bassa per fratturazione	Assenti	Mediamente alterabile	Pre dolomia
fy	Permeabilità bassa per fratturazione			Pre dolomia
fd	Permeabilità media per fratturazione			Pre dolomia
fb	Permeabilità media per fratturazione			Pre dolomia
LPE	Permeabilità media per fratturazione			Pre dolomia
ICTc	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Mediamente alterabile	Pre dolomia
ICT	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Mediamente alterabile	Pre dolomia
LUB	Permeabilità media per fratturazione	Assenti	Mediamente alterabile	Pre dolomia
VFS	Permeabilità bassa per fratturazione	Assenti	Mediamente alterabile	Pre dolomia

9.4 Carta e profili idrogeologici

Nell'ambito del presente progetto è stata realizzata una cartografia idrogeologica dell'area in scala di dettaglio (1:10000) e di inquadramento (1:25000), un profilo idrogeologico longitudinale in asse al tracciato. Per le tratte all'aperto in zona Acquaviva e in zona Scalo Filzi sono stati realizzati due profili dedicati.

Sia nella carta che nel profilo le formazioni sono state suddivise in base al tipo di permeabilità, distinguendole in base alla loro conducibilità idraulica alta, media o bassa, per porosità, fratturazione e fratturazione e carsismo. Sebbene all'interno di una medesima formazione si possano trovare porzioni con permeabilità differente, è stato valutato di procedere con un criterio di associazione univoca fra formazione e permeabilità. La base di partenza per generare questa associazione sono stati i dati di letteratura, le caratteristiche litologiche, le osservazioni di terreno e le informazioni contenute nel database geologico messo a disposizione dal Servizio Geologico della Provincia di Trento (vedi Appendice 3). Questo contiene, per ogni affioramento rilevato, una classificazione idrogeologica distinguendo fra permeabilità alta, media e bassa per fratturazione o per porosità. Per le formazioni carsificabili viene anche indicata la possibilità di permeabilità per carsismo. Complessivamente vengono individuate dieci classi:

- No data [X]
- Impermeabile [IMP]
- Permeabile per fratturazione alta [FA]
- Permeabile per fratturazione media [FM]
- Permeabile per fratturazione bassa [FB]
- Permeabile per carsismo media [CM]
- Permeabile per porosità alta [PA]

- Permeabile per porosità media [PM]
- Permeabile per porosità bassa [PB]
- Permeabilità per fratturazione e carsismo¹ [FCM]

Le formazioni possono avere facies differenti, pertanto ad ogni formazione possono essere associate più classi di permeabilità. Ad esempio, in corrispondenza della Formazione a Bellerophon (BEL), quarto litotipo di Tabella 6, nel database vengono riportate complessivamente 91 caratterizzazioni: in un caso è risultato FA (Permeabilità per fratturazione alta) mentre in 90 casi è risultato FM (Permeabilità per fratturazione media).

Tabella 6. Caratterizzazione idrogeologica degli affioramenti su base CARG.

Sigla convenzionale Permeabilità	Tipo	X	IMP	FA	FM	FB	CM	PA	PM	PB	FCM
SIGLA_CART			0	1	2	3	4	6	8	9	10
ARV	Substrato	12			670	2					
BEL	Substrato			1	90						
CHI	Substrato	3			2	8					
CTR	Substrato				1	31				13	
DPR	Substrato	11		36	1975						
DPR1	Substrato				1						
DV	Quaternario							25			
fb	Substrato				5						
FC	Quaternario			5	2			5			
FCB	Quaternario							16			
fd	Substrato			3	7						
FMZ	Substrato	3		2	752		12				
FPP	Substrato				3						911
fy	Substrato				4	28					8
GAR	Substrato				96		1		6		
GIV3	Substrato				99						
GLS	Substrato				23		1		6		
h	Quaternario	85	25					99	53	5	
ICT	Substrato			4	12						
ICTc	Substrato			3		6					
LOP	Substrato	3			244		8				
LPE	Substrato				4						457
LUB	Substrato			4	22						
MAI	Substrato	5		12	501	77	6				
MCE	Substrato	6			22	10					
MTB	Substrato					1			7		
NAG	Substrato	3									

¹ Nel database viene riportata l'indicazione "Permeabilità media per fratturazione e carsismo". In considerazione del fatto che il carsismo può generare una permeabilità che può anche essere elevata, nelle carte idrogeologiche realizzate in questa fase di progetto si è adottata la classe "Permeabilità per fratturazione e carsismo".

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	85 di 220

Sigla convenzionale Permeabilità	Tipo	X	IMP	FA	FM	FB	CM	PA	PM	PB	FCM
SIGLA_CART			0	1	2	3	4	6	8	9	10
NG	Quaternario				2			7	11		
OSV	Substrato				706						
PTG	Quaternario	115	13	8	1		2	4157	2370	339	118
PTG3	Quaternario							29	33	6	
PTG4	Quaternario							15	9	3	
RIC	Substrato					16					
RTZ	Substrato	15			1334	32					
SAA	Substrato	13			105	14					620
SCI	Substrato				30					14	
SGD	Quaternario		4		4			73	1097	535	
SGD12	Quaternario							87	135	1	
SGD13	Quaternario				1			7	124		
SLI	Substrato	1			27				10		
TVZ	Substrato				90						
VAA	Substrato			1	356	4	4				
VFS	Substrato			2	224	79					
VTG	Substrato				2	2				17	
VUB1	Substrato			2							
VUB2a	Substrato			2							
VUB2b	Substrato				8						
VUB2d	Substrato					4					
VVL	Substrato				18						
WER1	Substrato				45						
WER10	Substrato				1				1		
WER10-8-9	Substrato				37						
WER1-2	Substrato				75						
WER2	Substrato				24						
WER3	Substrato				49						
WER3-4	Substrato				7						
WER4	Substrato				55						
WER5	Substrato				3						
WER5-6	Substrato				39						
WER6	Substrato				2				1		
WER8	Substrato				6						
Totale complessivo		275	42	83	7786	314	34	4520	3863	933	2114

Per ognuna delle formazioni elencate in tabella, che, a seguito di una scrematura del database del Servizio Geologico provinciale, rappresentano tutte le formazioni presenti nella cartografia prodotta, è stata eseguita una analisi statistica, incrociata ove possibile con dati di prove in foro e con informazioni derivate da

pregresse esperienze, riportata in Appendice 3, per poter definire la classe di permeabilità più rappresentativa di ogni formazione.

Al termine delle elaborazioni è risultata possibile l'associazione fra Formazione e permeabilità riportata in Tabella 7. La classe di permeabilità CM (permeabilità per carsismo media) è stata esclusa in quanto poco rappresentata ed inglobata nella classe più generale "permeabilità per fratturazione e carsismo (FCM)". Per quanto concerne i depositi quaternari, anche essi sono stati classificati secondo quanto presente nel database disponibile e sulla base dati di letteratura. Le caratteristiche di permeabilità così attribuite alle singole formazioni sono state rappresentate con appositi cromatismi negli elaborati cartografici realizzati.

Tabella 7. Associazione fra formazione e classe di permeabilità.

Formazione	Classe di permeabilità
ARV	FM
BEL	FM
CGB	FA
CHI	FB
CTB	FM
CTR	FB
DPR	FM
DPR1	FM
fb	FM
fd	FM
FMZ	FCM
FPP	FM
fy	FB
GAR	FB
GIV3	FM
GLS	FM
ICT	FM
ICTc	FM
IGG	FM
IGR	FM
LBS	FM
LMB	FM
LOP	FCM
LPE	FM
LUB	FM
MAI	FM
MCE	FM
NAG	FM
OOM	FCM
ORA	FM
OSV	FCM
RIC	FM
RTZ	FCM

Formazione	Classe di permeabilità
SAA	FM
SCI	FM
SLI	FM
TVZ	FM
VAA	FM
VAB	FB
VFS	FB
VTG	FM
VUB	FB
VUB1	FA
VUB2a	FA
VUB2b	FM
VUB2c	FM
VUB2d	FB
VVL	FM
WER	FM
ZW	FB

Informazioni sulle caratteristiche di conducibilità idraulica di alcune formazioni attraversate dalla galleria in progetto, derivano inoltre da prove di permeabilità in foro di tipo Lugeon eseguite entro i sondaggi profondi recentemente eseguiti, TN4 e TN6, e nel sondaggio B2.

Di seguito (Tabella 8) sono elencati i valori di permeabilità e le formazioni a cui si riferiscono.

Tabella 8. Prove Lugeon eseguite nei sondaggi TN4 e TN6

Sondaggio	Prof. Inizio (m da p.c.)	Prof. fine (m da p.c.)	Valore (m/s)	Formazione	Note
TN4	35.5	40.5	1.86E-07	GAR	
TN4	70.9	74.9	2.56E-08	GAR	
TN4	111.5	116.5	2.40E-08	GAR	Zona di faglia
TN4	117.5	122.5	1.49E-08	GAR	Zona di faglia
TN4	135.9	141.1	3.20E-08	GAR	Zona di faglia
TN4	152.6	157.6	1.45E-08	GAR	
TN4	164.5	169.4	1.23E-08	GAR	
TN6	70	74.45	6.43E-06	ZW	
TN6	93	98.7	4.13E-07	WER	siltitico
TN6	99	104.1	3.12E-07	WER	siltitico
TN6	114.5	119.5	4.08E-07	WER	siltitico con faglia tra 116÷118
TN6	139.5	144.1	3.56E-07	WER	dolomitico
B2	90.0	91.5	4.81E-06*	ZW	Zona di faglia
B2	120.0	121.5	7.53E-06*	ZW	Zona di faglia
B2	138.0	139.5	3.60E-06*	ZW	Zona di faglia

Dall'analisi dei dati si può osservare che tutte le prove eseguite in TN4 sono state realizzate all'interno della formazione delle Arenarie della Val Gardena (GAR) restituendo valori di permeabilità bassi (classe FB in Tabella 7), nell'ordine dei 10^{-8} m/s. Ciò si verifica anche in corrispondenza dei livelli maggiormente tettonizzati, che mostrano comunque una conducibilità idraulica bassa. Questo aspetto risulta particolarmente interessante poiché potrebbe indicare, una permeabilità generale dei materiali di faglia che costituiscono la Linea Trento-Roncogno minore di quella prevedibile. Facendo riferimento ai dati di tali prove, alle Arenarie della Val Gardena (GAR) è stata attribuita una permeabilità bassa (anziché media, come indicato dai dati bibliografici del Servizio Geologico della P.A.T.).

I valori di permeabilità della Formazione di Werfen (WER) restituiti dalle prove nel sondaggio TN6, risultano circa un ordine di grandezza (10^{-7} m/s) superiori rispetto a quelli delle Arenarie della Val Gardena (GAR). Pertanto, non è stata cambiata la classe di permeabilità di WER (permeabilità media per fratturazione). Per i litotipi afferenti al Gruppo dello Zwischenbildungen, nel sondaggio TN6 è stata eseguita un'unica prova di permeabilità, in zona di faglia; lo stesso vale per le prove eseguite in B2. Ai litotipi in questione si è pertanto valutato di attribuire una permeabilità bassa, in funzione delle caratteristiche litologiche in condizioni indisturbate. Le considerazioni sin qui esposte potranno essere integrate durante la successiva fase progettuale attraverso ulteriori dati di permeabilità acquisiti attraverso nuove prove in foro.

9.4.1 Carta Idrogeologica

La cartografia idrogeologica, rappresentata nelle tavole 1:10000 e 1:25000, è riprodotta in forma sintetica e semplificata nella Figura 28.

Nella figura si osserva che le aree in cui affiorano i litotipi potenzialmente carsificabili sono a Nord della linea Trento Roncogno. La restante porzione dell'area risulta permeabile per fratturazione, senza tuttavia presentare caratteri di carsismo.

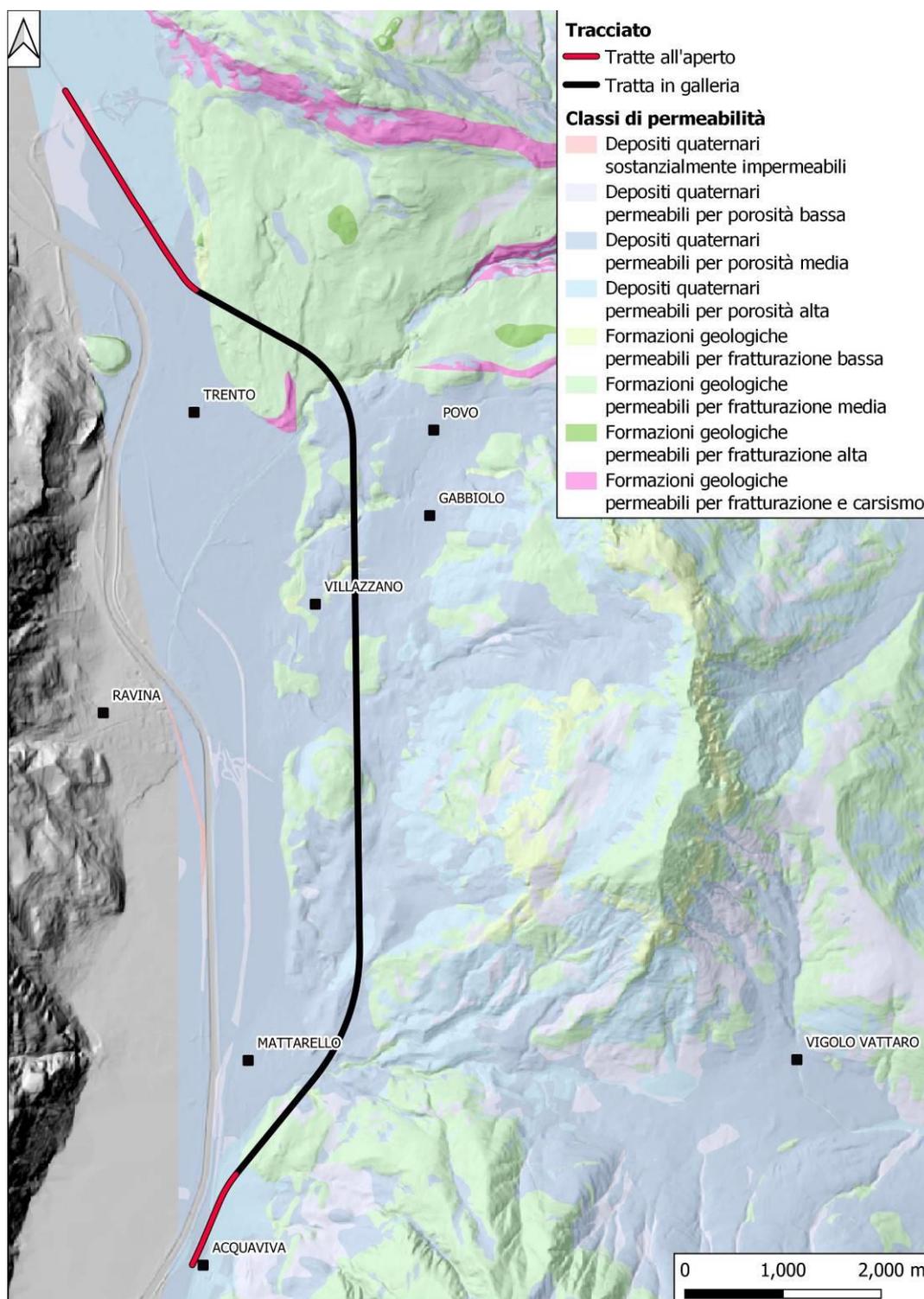


Figura 28. Rappresentazione semplificata della carta della idrogeologica con la sola indicazione della permeabilità.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	90 di 220

9.4.1.1 Sorgenti

Le sorgenti riportate nelle cartografie sono individuate da un'apposita simbologia a fianco della quale è riportato il codice numerico attribuito dalla Provincia Autonoma di Trento. Nell'ambito del presente studio è stata calcolata la portata media per quelle sorgenti per le quali si disponeva di dati di monitoraggio sufficienti. Queste sorgenti sono indicate in cartografia con un'apposita simbologia (cerchio pieno) a dimensione e colore variabile in funzione della portata media come indicato in Figura 29. In Appendice 4 è invece riportato l'elenco di tutte le sorgenti rappresentate in carta con i relativi valori di portata massima, minima e media in funzione delle misure disponibili nei vari anni di osservazione.

- Sorgenti senza dato di portata
- Sorgenti con portata media inferiore a 1 l/s
- Sorgenti con portata media compresa tra 1 e 5 l/s
- Sorgenti con portata media compresa tra 5 e 10 l/s
- Sorgenti con portata media compresa tra 10 e 30 l/s
- Sorgenti con portata media superiore a 30 l/s

Figura 29. Classi di portata media delle sorgenti.

Oltre all'ubicazione e alla classificazione in funzione della portata di base, in cartografia sono state indicate con apposito simbolismo (un cerchio nero), le sorgenti valutate, sulla base dei dati di portata, delle analisi chimico-fisiche ed idrochimiche, come ragionevolmente alimentate da flussi più maturi e profondi.

9.4.1.2 Pozzi

I pozzi sono individuati da un'apposita simbologia (cerchio verde pieno). L'ubicazione dei pozzi è stata desunta dal "Censimento generale risorse e schede di monitoraggio" redatto da P.A.T.-RFI (2008). I pozzi sono identificati attraverso un codice progressivo attribuito nell'ambito dei suddetti documenti. L'elenco completo di tutti i pozzi riportati in cartografia è riportato in Appendice 4.

9.4.1.3 Andamento della falda nei depositi quaternari

Nel profilo idrogeologico è riportato l'andamento indicativo della falda nei depositi quaternari, ossia nelle zone di Acquaviva e di Scalo Filzi.

Per la zona di Acquaviva sono stati recepiti i dati contenuti nel progetto P.A.T.-RFI (2008): le ricostruzioni sono relative al luglio 2007. Per la zona di Trento - Scalo Filzi sono stati recepiti i dati dello studio condotto da ISER (2013). Tale studio è consistito in un prelievo di campioni per analisi chimiche e in campagne freatimetriche in pozzi e piezometri superficiali (da alcuni metri di profondità fino a qualche decina di metri) allo scopo di ricostruire la freatimetria e la facies geochemica delle acque della falda superficiale. Il monitoraggio con prelievo di campioni è stato eseguito nei periodi di novembre 2012, febbraio 2013, maggio 2013 e agosto 2013. Nell'ambito del presente lavoro per il tracciamento della falda in zona Scalo Filzi si è presa a riferimento la data del febbraio 2013, cioè la situazione riprodotta nel documento "Mappatura ambientale della città di Trento, Carta delle isofreatiche, 5-6 Febbraio 2013". Questa scelta deriva dal fatto che la ricostruzione di febbraio 2013 corrisponde ad un momento di alto piezometrico.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	91 di 220

I sondaggi profondi di più recente perforazione (TN6 e TN4), sono stati strumentati con piezometri a tubo aperto fessurati in corrispondenza del substrato roccioso; i dati al momento disponibili indicano rispettivamente dei livelli di circa 45 e 85 m sopra il piano ferro.

9.4.1.4 Direzioni di flusso

Per le aree nelle quali si disponeva dell'andamento delle isopieze sono state indicate delle orientative direzioni di flusso considerando un andamento perpendicolare all'andamento medio delle isopieze. In corrispondenza delle conoidi è stato indicato un andamento radiale. È stato inoltre indicato il flusso lungo le aste dei principali affluenti dell'Adige, per segnalare il concetto che localmente queste profonde incisioni vallive possono rappresentare un livello di base verso il quale si incanala il deflusso.

9.4.2 *Profili idrogeologici*

9.4.2.1 Profilo idrogeologico in asse al tracciato

Nel profilo idrogeologico, rappresentato nel documento IB0Q3AR69F4GE0002001A, ad ogni formazione geologica, o deposito quaternario, è stata associata la relativa permeabilità utilizzando i cromatismi definiti per le carte idrogeologiche. Oltre alla tettonica, ripresa dal profilo geologico, è riportata la proiezione delle sorgenti che si trovano in prossimità dall'asse del tracciato distinguendo con la sigla M e V quelle che ricadono rispettivamente a Monte e a Valle del tracciato. Con apposita fincatura è stato riportato il parametro di Potential Inflow (descritto nel capitolo del calcolo del DHI) che fornisce un'analisi qualitativa dei tratti maggiormente esposti alla probabilità di venute d'acqua durante lo scavo. La descrizione del profilo è riportata in dettaglio nel capitolo 9.8.

9.4.2.2 Tratte all'aperto

Le tratte all'aperto del tracciato di progetto interessano depositi alluvionali o detritici; nelle ricostruzioni proposte per l'area di Acquaviva e dello Scalo Filzi (vedi documenti IB0Q3AR69F5GE0002002A e IB0Q3AR69F4GE0002001A), basate sulle indagini geognostiche disponibili, i depositi suddetti sono suddivisi in tre classi di permeabilità sulla base dello schema di Figura 30.

Si è preferito assegnare classi di permeabilità piuttosto che un valore medio in quanto la classe esprime in modo più efficace la possibile variabilità associata ad ogni litologia.

Nello schema di Figura 30 ad ogni classe è associata una fascia blu e una azzurra. La fascia blu corrisponde all'intervallo di valori più probabile, mentre la fascia azzurra all'intervallo di valori possibile, ma meno probabile.

Nel profilo riportato in queste tavole:

- i depositi prevalentemente ghiaiosi con classe di permeabilità 2 corrispondono nella carta idrogeologica generale ai depositi quaternari permeabili per porosità alta (PA);
- i depositi prevalentemente sabbiosi con classe di permeabilità 3 corrispondono nella carta idrogeologica generale ai depositi quaternari permeabili per porosità media (PM);
- i depositi prevalentemente limoso e argillosi con classe di permeabilità 4 corrispondono nella carta idrogeologica generale ai depositi quaternari permeabili per porosità bassa (PB).

Non è però possibile applicare il concetto di classe di permeabilità di Figura 30 a tutti i depositi permeabili per porosità riportati nella carta idrogeologica generale poiché non direttamente indagati mediante sondaggi o

altre indagini geotecniche. Quindi, per le due zone (Scalo Filzi e Acquaviva) esaminate in dettaglio nelle specifiche tavole il concetto di permeabilità alta, media e bassa può essere, seppur con le relative incertezze, associato ad un intervallo di permeabilità definito dalla Figura 30, mentre per le restanti aree i concetti di permeabilità per porosità alta, media e bassa devono rimanere intesi come solamente descrittivi e qualitativi.

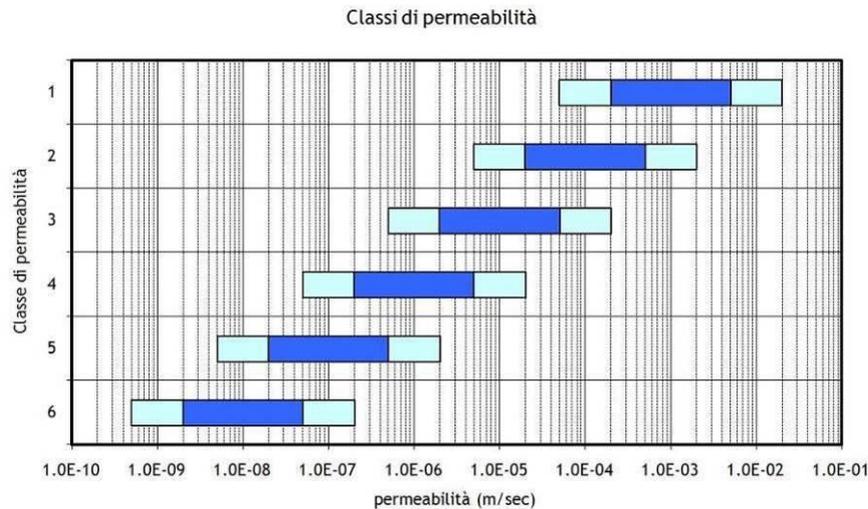


Figura 30. Classi di permeabilità utilizzate per identificare le varie unità nei profili relativi alle tratte all'aperto di Acquaviva e Scalo Filzi.

9.5 Aspetti idrologici

9.5.1 Bacini idrografici

La Figura 31 mostra i maggiori bacini idrografici presenti nell'area di progetto. Per il tracciamento dei limiti si è fatto riferimento ai bacini idrografici rappresentati nel Progetto Preliminare condotto dalla P.A.T. per il quadruplicamento della tratta Verona-Fortezza (2003), mentre per eseguire il calcolo del bilancio idrologico dell'area si è preso a riferimento quanto riportato nel Progetto Preliminare svolto da P.A.T.-RFI nel 2008 in relazione alla Circonvallazione Trento-Rovereto. Quattro sono i bacini idrografici interessati andando da sud a nord:

- Valsorda-Marzola;
- Fersina Sud;
- Fersina Nord;
- Trento.

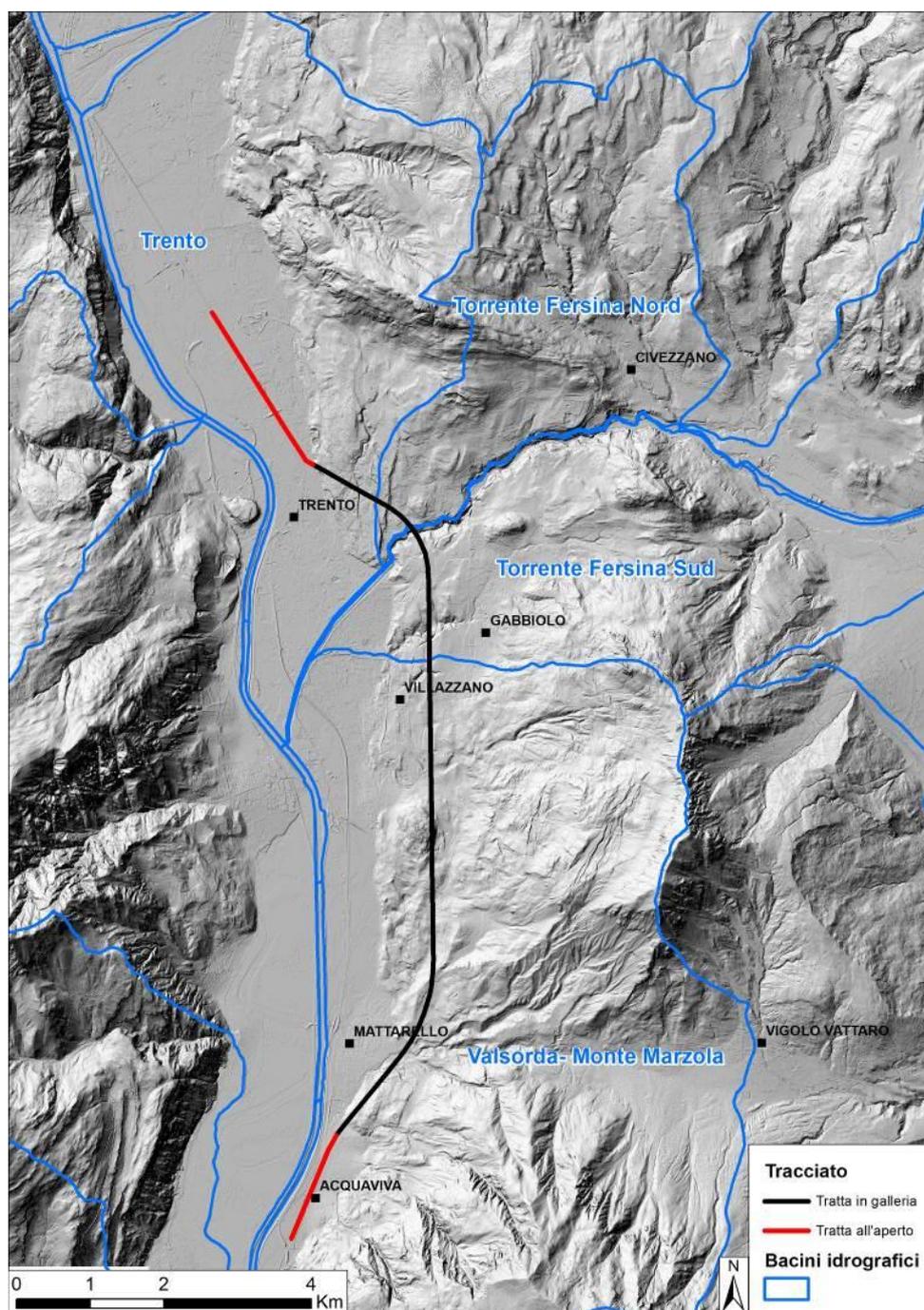


Figura 31. Definizione dei principali bacini idrografici presenti nell'area

9.5.2 Corsi d'acqua e specchi lacustri

I corsi d'acqua principali che attraversano l'area di progetto sono l'Adige e il Fersina, oltre ad altri corsi d'acqua minori.

Adige

Il fiume nasce da una sorgente presso il lago di Resia, a quota 1.550 m s.l.m. e alla sezione di Trento l'area drenata dal fiume assomma a circa 9810 km². Esiste una stazione di misura della portata a Trento città. Qui l'altezza idrometrica massima registrata è stata di m 6.30 nel novembre 1966, anno dell'ultima esondazione in città. La portata media dell'Adige a Trento si aggira intorno ai 220 m³/s. La portata massima è stimata in 2600 m³/s. Il fiume, ed i suoi livelli idrometrici, controllano il livello dell'acquifero multistrato di fondovalle, che a sua volta raccoglie e drena le acque provenienti dagli acquiferi porosi laterali della valle (acquiferi di conoide alluvionale o di falda detritica) e gli sversamenti delle acque circolanti nei massicci montuosi che orlano la valle dell'Adige.

Fersina

Questo torrente nasce nell'alta Val dei Mocheni, a Nord di Pergine. Il torrente, anche a seguito di uno sbarramento da parte del conoide di Susà (Pergine) è stato catturato dal fiume Adige a cui recapita dopo aver profondamente inciso il versante orientale della valle dell'Adige in località Ponte Alto a Trento.

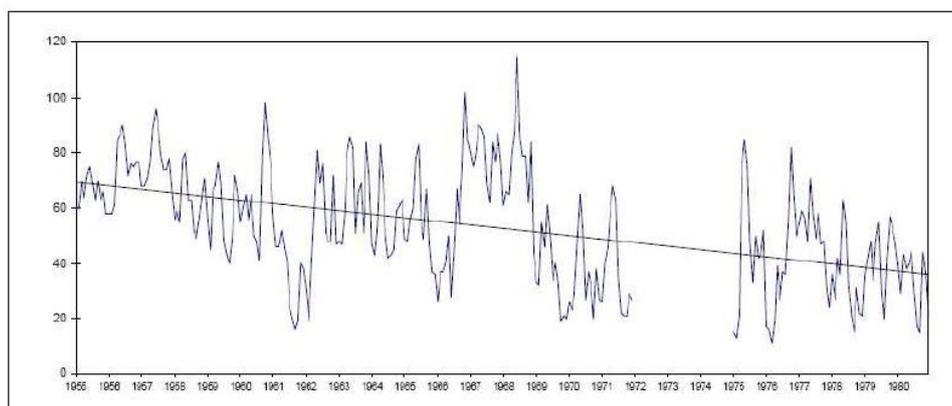


Figura 32. Altezze idrometriche del T. Fersina misurate alla sezione di Ponte Cornicchio dal 1955 al 1980 e linea di tendenza (da P.A.T.-RFI, 2008).

La Figura 32 riporta in diagramma le altezze idrometriche medie mensili del Fersina registrate alla stazione di misura di Ponte Cornicchio dal 1955 al 1980.

In prossimità del tracciato sono inoltre presenti alcuni piccoli bacini lacustri:

- Lago Turchino;
- Lago delle Cannelle.

Si tratta di due piccoli laghi ubicati nella zona collinare fra Trento e Mattarello entro depressioni in un corpo detritico di frana ubicato alle prime pendici del Monte Marzola (a sud del Dosso di San Rocco). Il Lago Turchino è posto alla quota di circa 235 m s.l.m., ha un perimetro di circa 125 m e una superficie di circa 1100 m². Il Lago delle Cannelle è alla quota di circa 233 m s.l.m. ha un perimetro di circa 205 m e una superficie di circa 2845 m². Il substrato roccioso ricostruito al di sotto del detrito di frana è costituito dal membro di Monte Ozol (GIV3) della formazione di Giovo. È ragionevole che tali laghi siano alimentati da una falda idrica superficiale contenuta nel detrito.

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	95 di 220

9.5.3 Bilancio idrologico

Un primo calcolo del bilancio idrogeologico per l'area interessata dal progetto si ritrova nella relazione idrologica per la tratta Verona-Fortezza (P.A.T., 2003), successivamente aggiornato nel Progetto Preliminare della Circonvallazione di Trento e Rovereto (P.A.T.-RFI, 2008). In entrambi i documenti è stata applicata la metodologia di Kennessey (1930); il metodo seguito si differenzia solamente per la serie storica dei dati utilizzati e per la scelta delle stazioni.

In particolare, si assume che valga l'equazione

$$P = E_r + D + I$$

dove P corrisponde alla precipitazione annua in mm, E_r all'evaporazione reale in mm, D al deflusso superficiale e I all'infiltrazione efficace nel sottosuolo.

Generalmente l'unico fattore noto nell'equazione è P, ricavabile dall'esame dei dati pluviometrici delle stazioni presenti nell'area.

È possibile ricavarlo utilizzando alcune formule di correlazione. Una delle più semplici è la formula di Turc (1954), che, secondo lo studio di Santoro (1970) può essere modificata per adattarsi a condizioni locali. Nei documenti citati è stato invece usato l'approccio più elaborato di Thornthwaite (1948) & Mather (1979), informatizzato da McCabe & Markstrom (2007).

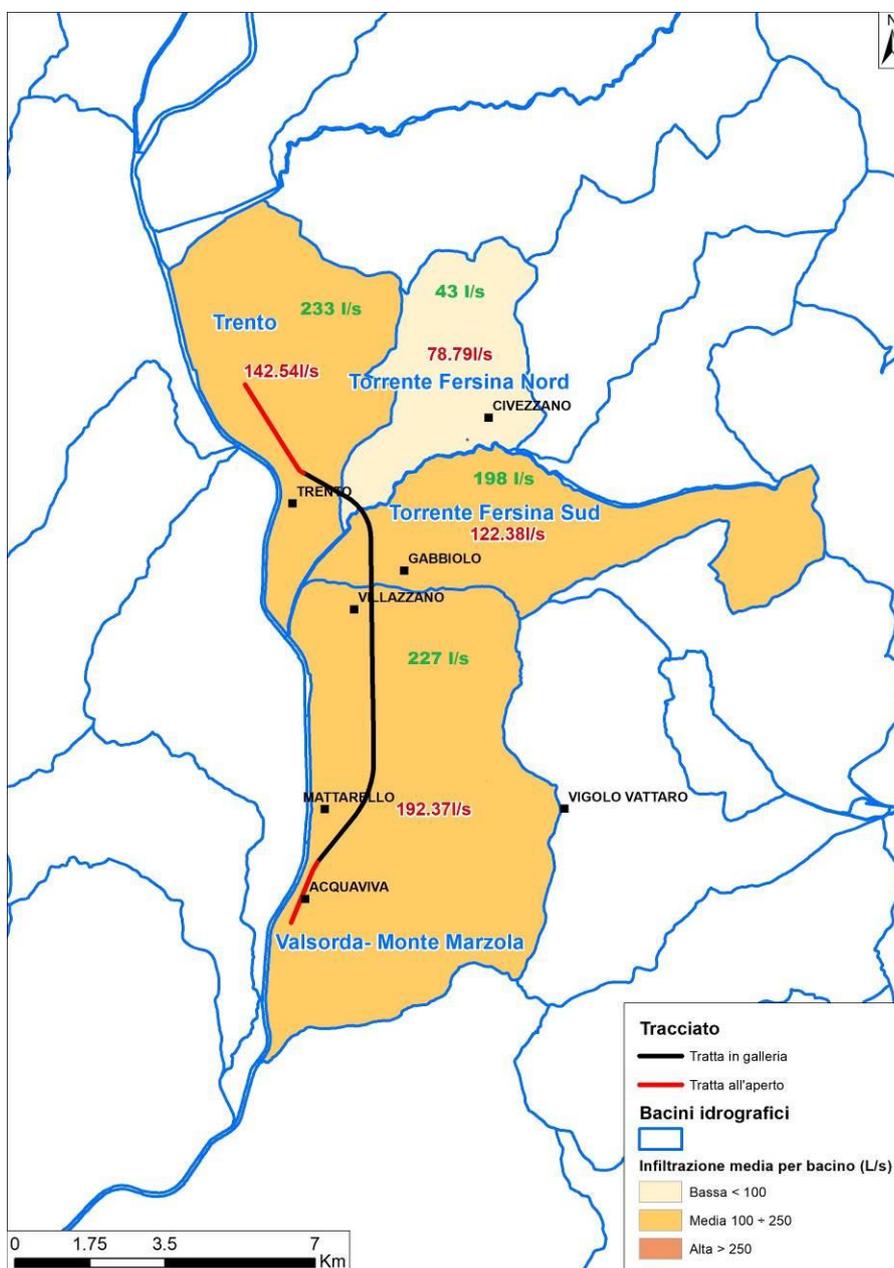


Figura 33. Carta dell'infiltrazione media per bacino idrologico. Nei riquadri l'infiltrazione media (l/s), in rosso i valori dei deflussi superficiali (l/s). Da P.A.T.-RFI (2008), modificata.

Ai fini del calcolo di I, l'elemento incognito sul quale sussistono le maggiori incertezze è D, cioè il deflusso superficiale. Tale valore è stato calcolato usando l'approccio codificato da Kennessey (1930) ed applicato con successo da altri autori in aree con caratteristiche fisiografiche simili a quelle della zona di studio.

Nel caso specifico i dati ottenuti dall'elaborazione con Kennessey sono stati confrontati con i dati di portata specifica areale ricavata dal monitoraggio eseguito nel 2008. Il confronto nella "Relazione Idrogeologica - Progetto preliminare del nuovo lotto 3 - Circonvallazione di Trento Rovereto e studio di fattibilità delle tratte

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	97 di 220

di completamento ricadenti nel territorio della Prov. di Trento” del 2008 mostra una buona concordanza fra i due approcci, a riprova di una sostanziale attendibilità del risultato ottenuto.

In Figura 33 è riportata l'infiltrazione media per bacino idrografico espressa in litri/s (rosso), mentre in verde è riportato il valore di deflusso superficiale, sempre in litri/s.

L'analisi idrologica indica come tutti i bacini siano caratterizzati da valori di infiltrazione medi, nell'ordine dei 120-200 l/s, con l'eccezione del Fersina Nord in cui tale valore è inferiore a circa 80 l/s. Nell'ambito del presente lavoro non è stata rieseguita una valutazione del bilancio idrogeologico, procedendo ad acquisire i dati provenienti da studi precedenti poiché ritenuti completi ed esaustivi. Combinando i risultati della Figura 33 e della Figura 31 per i bacini idrografici interessati dal tracciato della galleria risulterebbero le portate di infiltrazione riportate nella tabella seguente.

Tabella 9. Valori di infiltrazione nei singoli bacini attraversati dall'opera in progetto.

Bacino	Infiltrazione [l/s]
Trento	142.54
Fersina Nord	78.79
Fersina Sud	122.38
Valsorda-Marzola	192.37
TOT	536.08

9.6 Sorgenti

9.6.1 Dati di base e update dell'archivio

I dati di base utilizzati per le elaborazioni delle portate delle sorgenti e delle analisi chimiche derivano dal database fornito in formato Access dal Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento, integrato con i dati relativi al progetto P.A.T.-RFI del 2008.

Prima dell'update il database conteneva 1810 record relativi a misure di portata di sorgenti e 2306 record relativi ad analisi chimiche e batteriologiche. Al termine delle operazioni di update il database conteneva 3690 record relativi a misure di portata di sorgenti e 3327 record relativi ad analisi chimiche e batteriologiche. Complessivamente, quindi, nelle operazioni di update sono stati inseriti e resi disponibili per le elaborazioni 1880 nuove misure di portata e 1021 analisi chimiche.

Relativamente al chimismo delle acque il database attualmente contiene 2845 analisi per gli ioni maggiori e 482 analisi per i metalli.

Da questi dati si sono estrapolate le analisi relative ai punti d'acqua ricadenti entro l'areale di interesse dell'attuale tracciato in progetto, nell'area compresa tra Acquaviva e Scalo Filzi (Trento).

9.6.2 Caratteristiche geochimiche delle acque

Attraverso il suddetto processo di filtraggio, si sono estrapolate le informazioni di 222 punti d'acqua ricadenti entro un buffer di 4 km per lato dal tracciato.

Tale buffer è stato scelto poiché considerato rappresentativo della distanza massima oltre la quale si ritiene non vi possano essere interferenze con le risorse idriche.

In seguito, sono stati definiti i dati a disposizione in termini di:

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	98 di 220

- Portate;
- Temperatura;
- Conducibilità;
- Analisi chimiche;
- Analisi isotopiche.

Al fine di ottenere una caratterizzazione idrochimica affidabile sono state esaminate tutte le analisi disponibili scartando quelle per le quali mancava anche solamente uno degli ioni principali; ed eliminando altresì, tra le analisi restanti, tutte quelle nelle quali l'errore sul bilancio ionico risultava superiore al 5%.

In particolare, dopo il filtraggio sono risultati utili per le interpretazioni le seguenti quantità di dati:

- 651 misure di portata;
- 942 misure di temperatura;
- 539 misure di conducibilità;
- 101 analisi idrochimiche.

9.6.2.1 Relazione quota temperatura

La prima operazione condotta è consistita nell'individuare una relazione fra quota di emergenza della sorgente e la sua temperatura media, assumendo che all'aumentare della quota di emergenza la temperatura diminuisca e che questa relazione, almeno in prima approssimazione, possa essere considerata di tipo lineare.

L'analisi eseguita è riportata nel grafico di Figura 34.

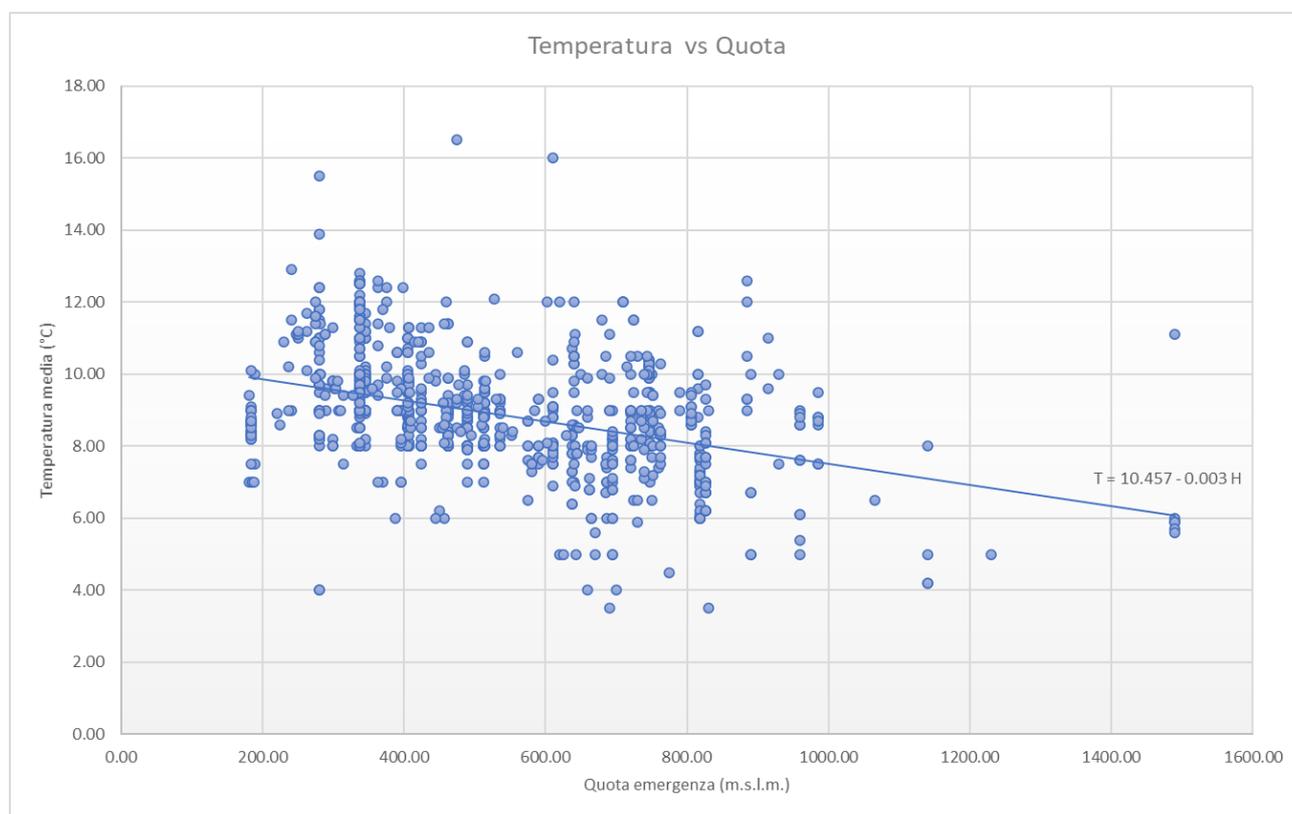


Figura 34 – Temperatura media dell'acqua in funzione della quota della sorgente.

Si riscontra una significativa correlazione inversa e la retta ha la formula:

$$T = 10.46 - 0.003 H \text{ (}^\circ\text{C) Area Trento}$$

Questa relazione è simile a quella riportata da Borsato (2000) per le acque ipogee trentine:

$$T = 11.8 - 0.0043 H \text{ (}^\circ\text{C)}.$$

In Figura 34 si possono rilevare allineamenti in ordinata di punti: ciò è dovuto al fatto che alcune sorgenti, come quella alla quota 338 m (sorgente cod. 9581, "Galleria Cantanghel") presentano una spiccata variabilità di temperatura nel corso dell'anno. Si tratta di sorgenti con circolazione poco profonda, le cui acque risentono quindi delle variazioni atmosferiche di temperatura o di emergenze la cui temperatura non viene misurata in corrispondenza del punto di presa ma a valle di un'opera di derivazione che può esporre il flusso alle variazioni termiche stagionali.

Per comprendere meglio la distribuzione spaziale dei valori di temperatura si è creata una mappa con il dato di temperatura media delle sorgenti in funzione della posizione rispetto al tracciato (Figura 35). L'analisi mostra come i valori più alti si ritrovino sul versante meridionale del M. Marzola (Sella di Vigolo Vattaro) e in generale alle quote più basse poco sopra il fondovalle Adige. I valori più elevati (punti rossi) sono da considerarsi solo parzialmente attendibili in funzione della presenza di un'unica misura.

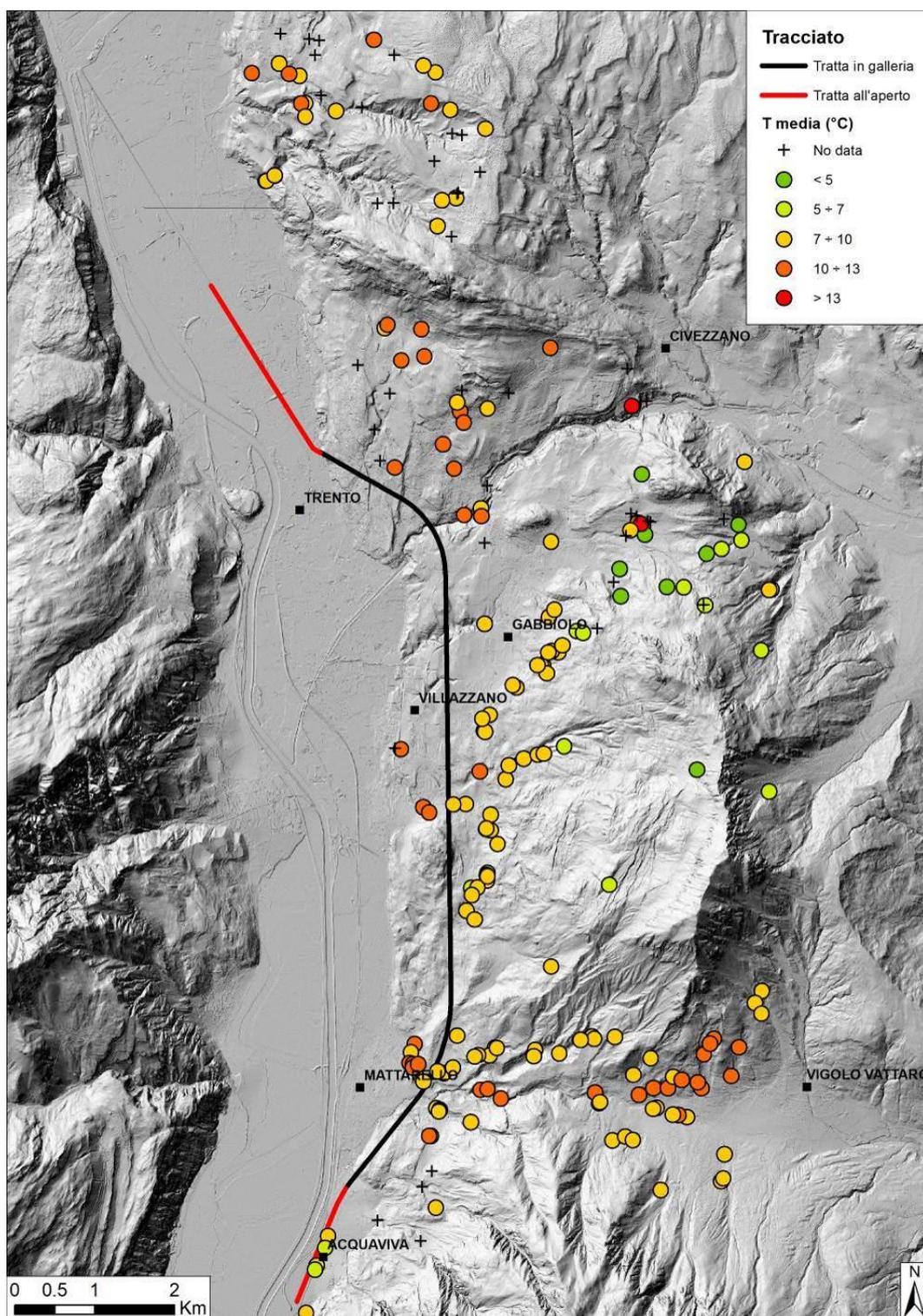


Figura 35. Temperatura media delle acque sorgive.

9.6.2.2 Relazione quota conducibilità

Così come fatto per il parametro della temperatura, un'analisi simile è stata condotta per le conducibilità. Il grafico di Figura 36 mostra una corrispondenza tra la conducibilità e la quota non marcata quanto quella intercorrente tra la quota e la temperatura delle acque. Si nota comunque la presenza di sorgenti con elevati valori di conducibilità come la 742 (Rio Slavina bassa), 743 (Foll), 4319 (Val Torchio) e 4269 (Grezzi bassi). Il dato di quest'ultima emergenza è comunque da confermare poiché fuori scala rispetto a tutte le altre sorgenti. Bassi valori di conducibilità specifica sono invece mostrati dalle sorgenti 3620 (Loc. Acquaviva) e 3624 (Acquaviva). La seconda emergenza è il punto di recapito della sorgente minerale Acquaviva, ai piedi del massiccio della Vigolana, a sud dell'area di studio e in virtù del suo spiccato carattere carsico mostra temperature più basse, dovute all'infiltrazione che avviene in quota e si riversa, tramite condotti e vie preferenziali, fino al fondovalle.

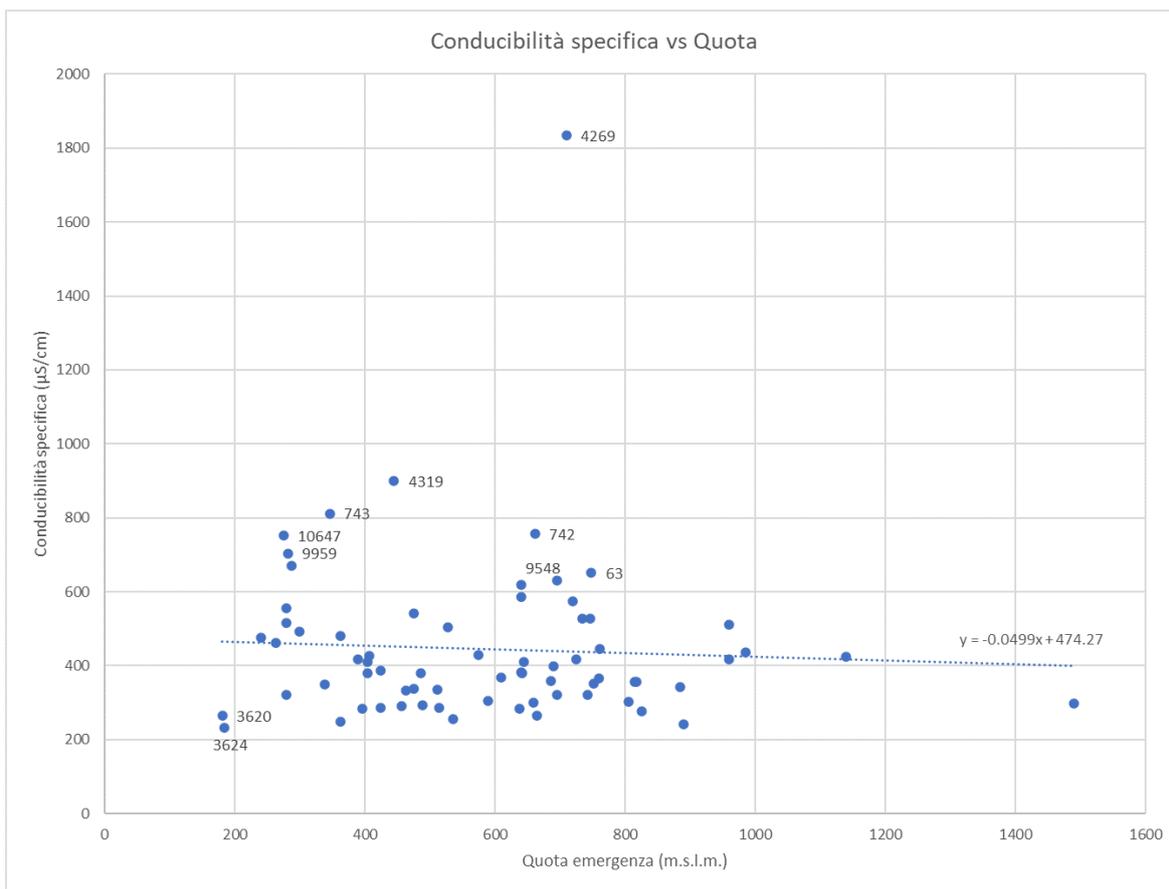


Figura 36. Rapporto conducibilità-quota per le sorgenti analizzate.

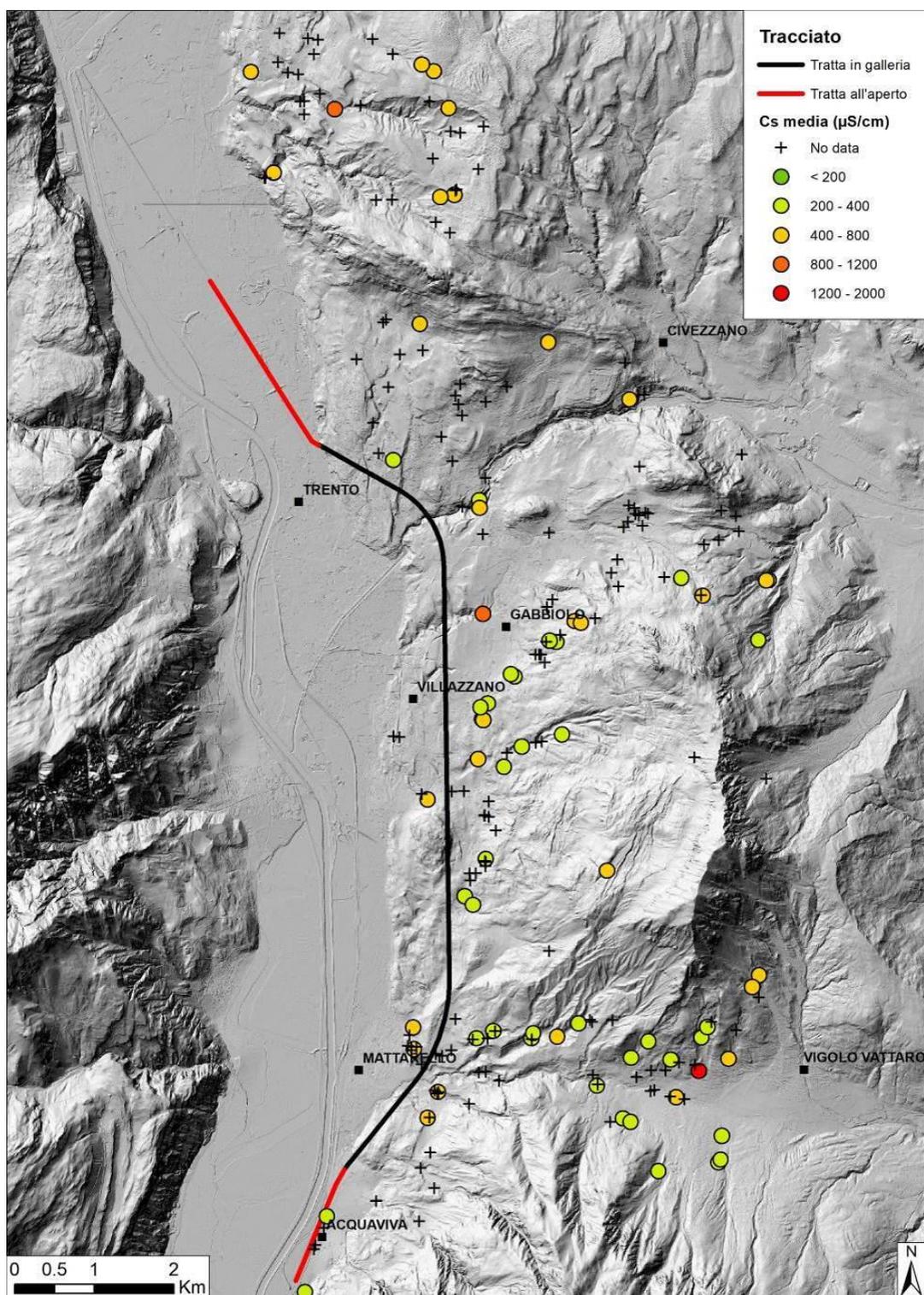


Figura 37. Valori di conducibilità media delle acque campionate.

9.6.2.3 Caratterizzazione con diagramma di Piper

La classificazione delle acque sulla base degli ioni maggiori è effettuabile attraverso il diagramma a diamante di Piper. In questo diagramma i punti analitici rappresentativi di ogni acqua, espressi in meq/l, compaiono in due triangoli, uno per gli anioni ed uno per i cationi, ed in una losanga, che rappresenta le caratteristiche globali dell'acqua. Acque aventi la medesima origine geochimica (ovvero acque risultanti da medesimi processi di interazione acqua – roccia) si raggruppano in aree ristrette del diagramma, mentre le acque con diversa storia geochimica risultano distribuite in modo disperso nel diagramma. Il diagramma viene usato anche per la classificazione delle acque e per evidenziare eventuali rapporti di miscelazione tra diverse acque.

Sulla base dei dati idrochimici disponibili per gli ioni maggiori (101 analisi per 41 sorgenti) si sono ricostruiti i grafici di Figura 38 e Figura 39. I dati sono stati suddivisi in due diagrammi per semplicità di lettura.

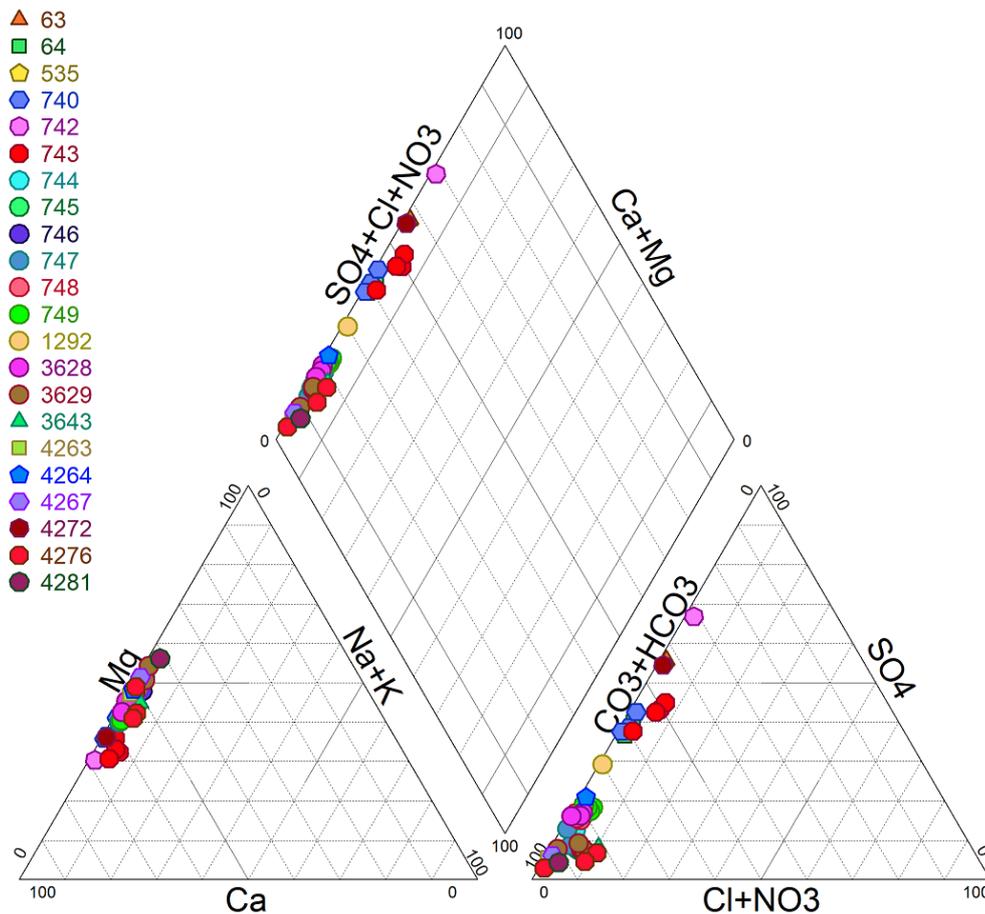


Figura 38. Diagramma di Piper per il primo gruppo di acque sorgive del versante sinistro della valle dell'Adige.

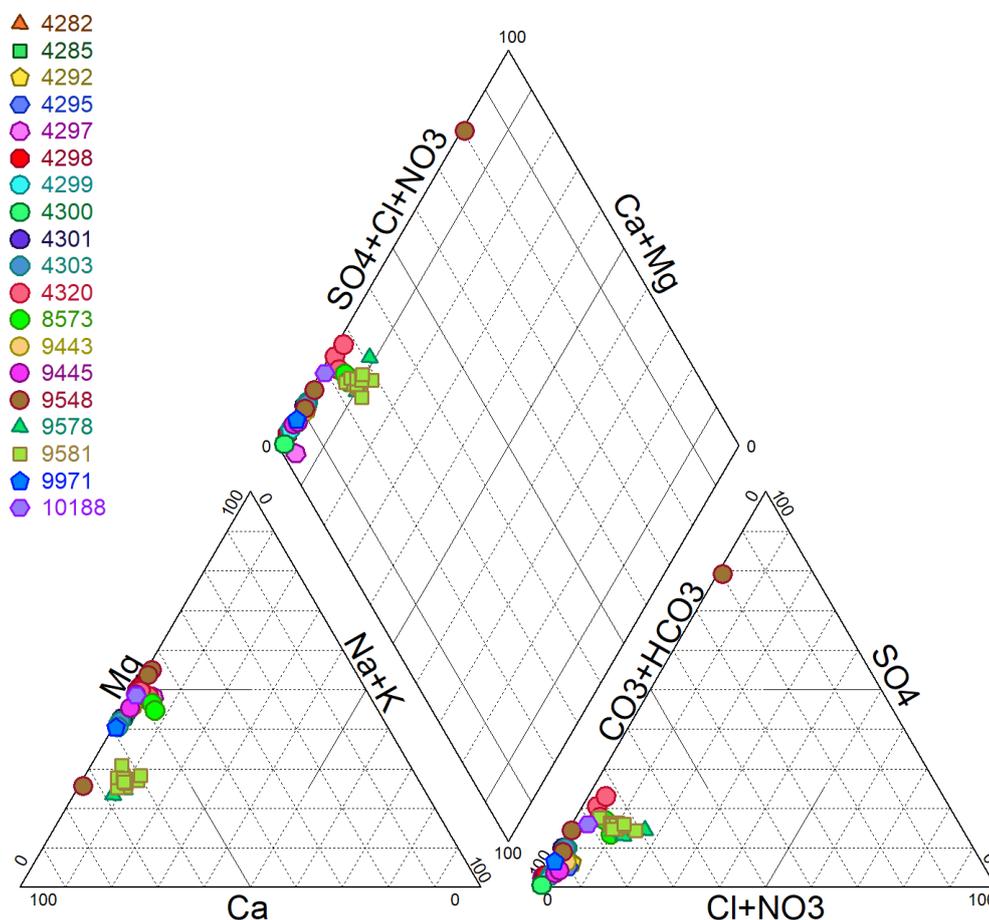


Figura 39. Diagramma di Piper per il secondo gruppo di acque sorgive del versante sinistro della valle dell'Adige.

La maggior parte dei punti si colloca nel campo delle acque bicarbonato-calciche. Alcuni punti tra cui le sorgenti 63 (Pralungo), 742 (Rio Slavina Bassa), 4272 (Pozze Sud), e in parte 740 (Val Cannelle) e 743 (Foll) rientrano nella facies solfato-calcica che indica una maggior presenza di solfati all'interno delle acque. Queste sorgenti si collocano in corrispondenza o in prossimità di affioramenti riconducibili alla formazione di Werfen, contraddistinta dalla presenza di letti o lenti gessose, e secondariamente della formazione gessosa del Bellerophon.

Un'analisi particolare è quella del febbraio 2008 per la sorgente 9548 (Valli) che indica un elevato contenuto relativo in solfati e calcio, in disaccordo con le precedenti misure, seppur datate al 1981, che mostravano un carattere prettamente bicarbonato-calcico.

Dal punto di vista cationico, le analisi delle acque derivate dai depositi alluvionali del Torrente Fersina (9578 – Ponte alto uscita e 9581 – Galleria Cantanghel), si scostano leggermente rispetto alla media delle restanti sorgenti, mostrando un minor contenuto in magnesio, bilanciato da una maggior presenza dello ione calcio, ad indicare un'origine delle acque prevalentemente da rocce calcaree.

Da notare come le medesime acque siano le uniche ad aver mostrato valori di arsenico superiori ai 10 µg/l, con un picco di 28 µg/l nelle acque della Galleria Cantanghel nel marzo 1989; tali valori sono riconducibili alla presenza delle vulcaniti permiane nel bacino idrografico del torrente.

9.6.2.4 Correlazione Ca - HCO₃

Il grafico di correlazione fra Ca e HCO₃ mette in evidenza quanto già osservato nel diagramma di Piper, cioè il ruolo dominante dell'equilibrio fra Ca e HCO₃ nel determinare il chimismo complessivo delle acque di falda.

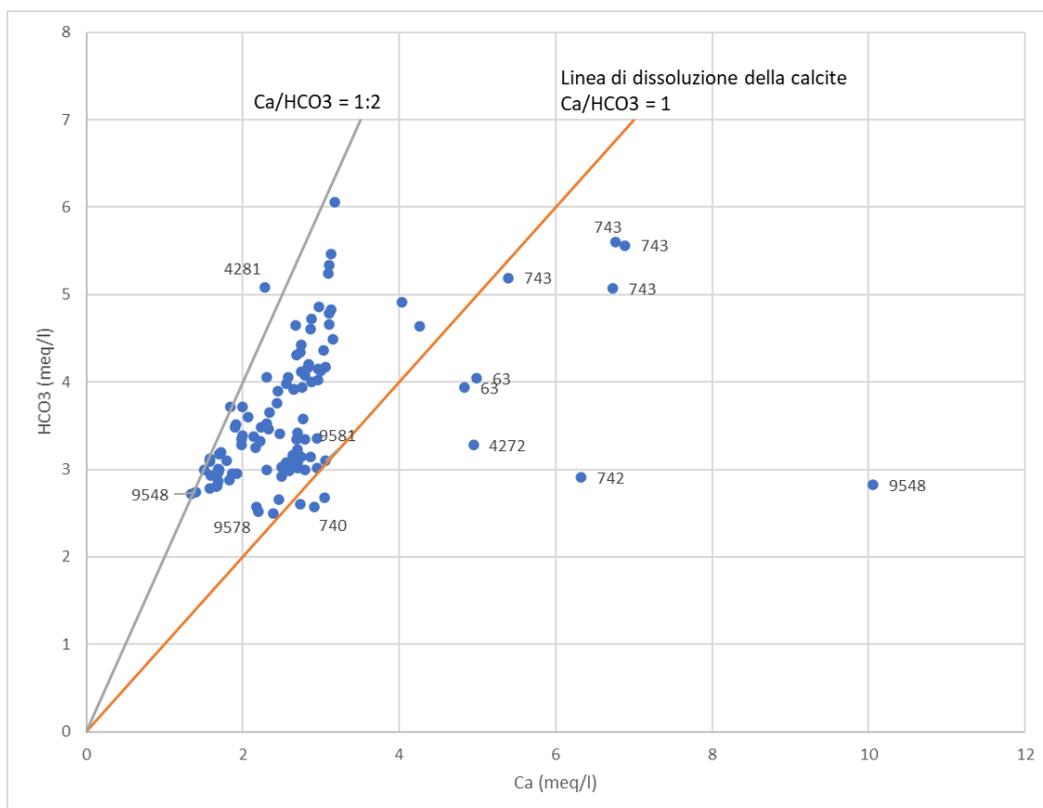


Figura 40. Correlazione bicarbonato di calcio – calcio.

Dal grafico si nota come la maggior parte delle emergenze presenti un rapporto Ca/HCO₃ compreso tra 1 (Linea di equilibrio di dissoluzione della calcite) e 0.5 a conferma del prevalente carattere bicarbonato-calcico-magnesiaco delle sorgenti campionate, con l'esclusione delle sorgenti ricadenti in facies solfato-calcica nei diagrammi di Piper.

9.6.2.5 Correlazione fra solfati e cloruri

La correlazione fra solfato e cloruri, riprodotta in Figura 41, evidenzia che per la maggioranza delle sorgenti la concentrazione dei solfati è bassa, e laddove risulta relativamente elevata, l'analisi dell'ubicazione delle sorgenti, come già indicato nel paragrafo relativo alle analisi di Piper, sulla cartografia geologica dimostra che è riconducibile a contatto con gli strati a livelli gessosi della formazione del Werfen e della sottostante formazione a Bellerophon.

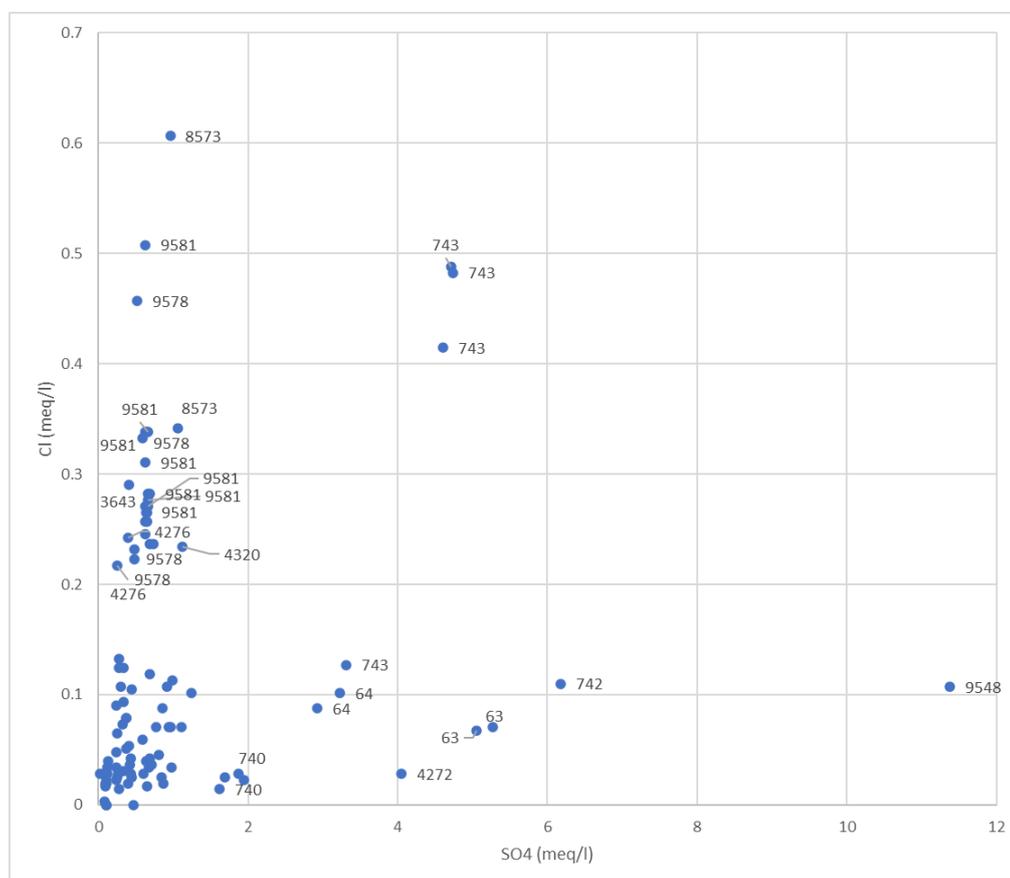


Figura 41. Correlazione solfati – cloruri. Il numero a sinistra del trattino basso è il codice P.A.T. della sorgente, il numero a destra identifica il campione. Si confronti questo diagramma con il diagramma di Piper (figura e legenda tratta da PAT 2008).

Nonostante una locale variabilità nella composizione chimica di alcune sorgenti tra un'analisi e l'altra, valori più elevati in cloruri si riscontrano nelle sorgenti 9581 (Galleria Cantanghel) e 9578 (Ponte Alto uscita), oltre che alle sorgenti 8573 (Marez bassa), 4276 (ai fovi), 3643 (Regole deanesi) e 743 (Foll).

9.6.2.6 Analisi isotopica

L'analisi isotopica, eseguita sulle acque di 30 sorgenti ubicate sul versante sinistro della Val d'Adige, e su campioni di acqua piovana prelevati a diverse quote è illustrata in Borsato (2009). Le sorgenti sono state campionate in 7 campagne mensili da ottobre 2007 ad aprile 2008 e 6 pluviometri nei quali si sono raccolte le precipitazioni cumulate nei mesi da novembre 2007 ad aprile 2008. Gli obiettivi iniziali della ricerca erano i seguenti:

1. l'analisi dell'andamento stagionale degli isotopi di ossigeno e deuterio per il calcolo dei tempi medi di residenza delle acque di sorgente in funzione del segnale delle acque meteoriche;
2. il calcolo della quota media di infiltrazione dell'acqua di ciascuna sorgente in base al modello altitudinale derivato dal gradiente isotopico di ossigeno e deuterio nelle acque meteoriche e dal confronto con serie isotopiche di riferimento.

3. la valutazione delle probabili età delle acque delle sorgenti esaminate e della percentuale di acque vecchie residenti negli acquiferi in base al confronto tra contenuto medio e stagionale del trizio nelle acque sorgive e, nelle acque meteoriche e in relazione a serie isotopiche di riferimento.

I risultati dello studio sono sintetizzati nella Tabella 10 tratta dalla relazione monografica di Borsato (2009).

In particolare:

- il confronto tra valori medi dei due mesi invernali di dicembre e gennaio (DG) e quelli dei mesi successivi di febbraio, marzo ed aprile ha permesso di distinguere sorgenti ad alta stagionalità che raggruppano la maggior parte delle sorgenti carsiche (poste a sud dell'area di studio) con esclusione dell'Acquaviva (3624) e sorgenti a bassa stagionalità, delle quali fanno parte la maggior parte delle sorgenti del Permiano e quelle dei depositi del Quaternario.
- I dati relativi all'analisi del trizio permettono di affermare che l'età media delle acque considerate risulta sempre inferiore ai 10 anni e non mostra la presenza di acque particolarmente antiche.

I dati di $2H$ e $\delta^{18}O$ sulle precipitazioni derivanti dai campionatori di acqua piovana, collocati tra 200 e 1200 m.s.l.m. hanno evidenziato una correlazione come indicato in Figura 42.

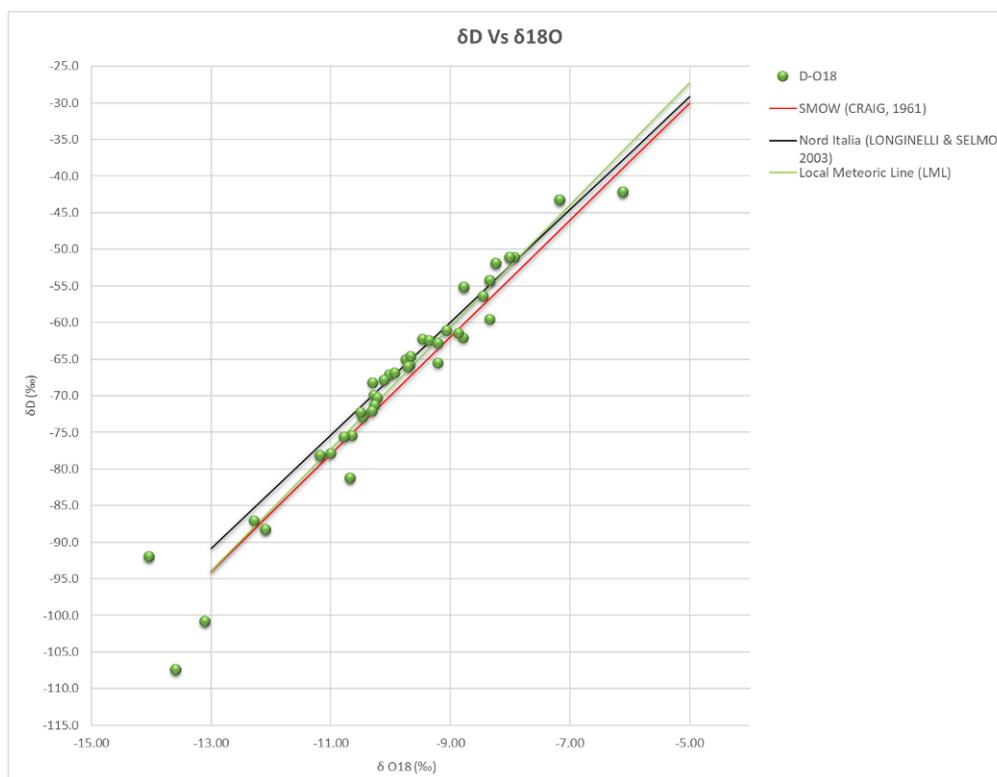


Figura 42. Retta di correlazione $2H$ - $\delta^{18}O$ per le acque meteoriche della Val d'Adige. Da Borsato (2009), modificato.

Gli allineamenti originati dai punti pluviometrici, suddivisi per campagna di misure, si collocano generalmente a ridosso della retta delle precipitazioni globali (WML)

$$\delta^2H = 8.0\delta^{18}O + 10.0$$

e del Nord Italia (NIML).

$$\delta^2\text{H}=7.8\delta^{18}\text{O}+9.4$$

Se consideriamo tutti i dati pluviometrici raccolti, essi si allineano secondo una retta (*Local Meteoric Line* LML) di equazione:

$$\delta^2\text{H}=8.33\delta^{18}\text{O} + 14.41 \quad (R^2 = 0.97)$$

Il coefficiente di correlazione della retta è elevato ($R^2=0.97$). Di interesse, dal punto di vista idrogeologico, il coefficiente angolare della retta, o pendenza (8.33), che è leggermente superiore rispetto a quella identificata da Longinelli e Selmo (2003) per il Nord Italia. Tale relazione viene definita *Northern Italy Meteoric Line* (NIML); coefficiente angolare (7.8) ed intercetta (9.4) della retta sono molto simili ai corrispondenti (8.0 e 10.0, rispettivamente) della *World Meteoric line*. Più elevato (14.41) rispetto alla WML e NIML risulta il valore dell'intercetta calcolato sui pluviometri della Val d'Adige.

Tabella 10. Riepilogo dei valori isotopici medi e caratteristiche salienti delle sorgenti analizzate ricadenti nell'area dell'attuale progetto (da Borsato, 2009).

Codice	Nome	3H (T.U.)		$\delta^{18}\text{O}$ (‰)		$\delta^2\text{H}$ (‰)		Quota (m.s.l.m.)	Quota alimentazione (m.s.l.m.)	
		Valore	Errore	Valore	Errore	Valore	Errore		Valore	Dev. Std.
740	Val Cannelle	6.07	± 0.52	-9.33	± 0.07	-62.2	± 0.7	818	1196	± 340
743	Foll	5.76	± 0.46	-8.84	± 0.06	-60.7	± 0.8	346	983	± 340
749	Tre fontane	5.29	± 0.51	-9.25	± 0.08	-62.8	± 0.8	407	1195	± 340
3624	Acquaviva	6.69	± 0.69	-10.16	± 0.11	-67.9	± 0.5	184	1688	± 340
3629	Node	5.23	± 0.55	-9.03	± 0.11	-61.0	± 0.6	489	1055	± 340
4282	Valsorda Bassa	6.84	± 0.57	-9.63	± 0.09	-64.9	± 0.5	514	1398	± 340
9578	Ponte Alto uscita	6.31	± 0.79	-9.11	± 0.29	-63.2	± 1.4	280	1167	± 400
10207	Laste dx	6.16	± 1.12	-9.06	± 0.03	-61.8	± 0.4	302	1095	± 340

9.6.3 Classificazione delle sorgenti

Sulla base dei dati analizzati nei paragrafi precedenti è stata eseguita una classificazione del carattere delle sorgenti analizzate, dividendo fra flussi di origine superficiale, mista o profonda.

La maggior parte delle emergenze è stata classificata di carattere superficiale, soprattutto in funzione delle esigue portate (inferiori ad 1 l/s); di seguito si indicano quelle emergenze ritenute, in funzione delle caratteristiche di portata, conducibilità, temperatura e analisi chimiche come derivanti da circuiti ipogei misti (superficiali e profondi) o maggiormente sviluppati (profondi).

Tabella 11. Elenco delle sorgenti con caratteristiche di flussi misti o profondi.

Codice	Nome	Tipo
63	Pralungo	Mista
740	Val Cannelle	Mista
742	Rio slavina bassa	Mista
743	Foll	Profonda
744	Galleria Gabbiolo	Mista
747	Camina	Mista
749	Tre fontane	Mista
3628	Valdacole	Mista
3629	Node	Mista
3630	Maso alberti	Mista
3632	Ex istituto suore	Mista
3638	Fontanelle	Mista
3642	Al maso	Mista
3644	Regole bridi	Mista
4282	Valsorda bassa	Profonda
4286	Brusaferro bassa	Mista
4292	Laste bassa	Mista
4295	Piani lunghi	Mista
4296	Fontanon	Mista
4303	Molini	Mista
9435	Castagnari	Mista
9548	Rio slavina alta	Mista
9588	Benefizi	Mista
10188	Gabbiolo	Mista
10207	Laste dx	Mista
10854	Maestranzi - Tomasi	Mista

Le uniche due sorgenti indicate come alimentate da flussi più maturi sono la 743 (Foll) e la 4282 (Valsorda Bassa) che dispongono anche di un cospicuo set di dati di monitoraggio che ha permesso una loro miglior caratterizzazione. Oltre a queste si ricorda la sorgente (3624) Acquaviva, posta alla base del massiccio della Vigolana, non interessata dal tracciato in progetto. In questo caso si tratta di una sorgente dallo spiccato comportamento carsico, con elevate variazioni nel regime di portata.

Le sorgenti con portate maggiori, generalmente oltre i 3-5 l/s sono state indicate, in assenza di ulteriori dati, come alimentate da flussi di origine mista.

Per quanto riguarda le sorgenti 9581 (Galleria Cantanghel) e Ponte Alto Uscita (9578) queste, nonostante l'elevata portata, non sono state indicate come sorgenti alimentate da flussi profondi e geochimicamente maturi, poiché frutto del drenaggio dei depositi alluvionali del letto del torrente Fersina.

La sorgente 9581 rappresenta infatti lo sbocco di una galleria di circa 3 km di lunghezza che vede come presa il punto 9541 (Figura 43). In Figura 44 è invece rappresentato lo schema di drenaggio della galleria all'interno dei depositi alluvionali.

Nella cartografia di progetto, queste sorgenti sono riportate nel punto di presa e non nel punto di arrivo delle acque.

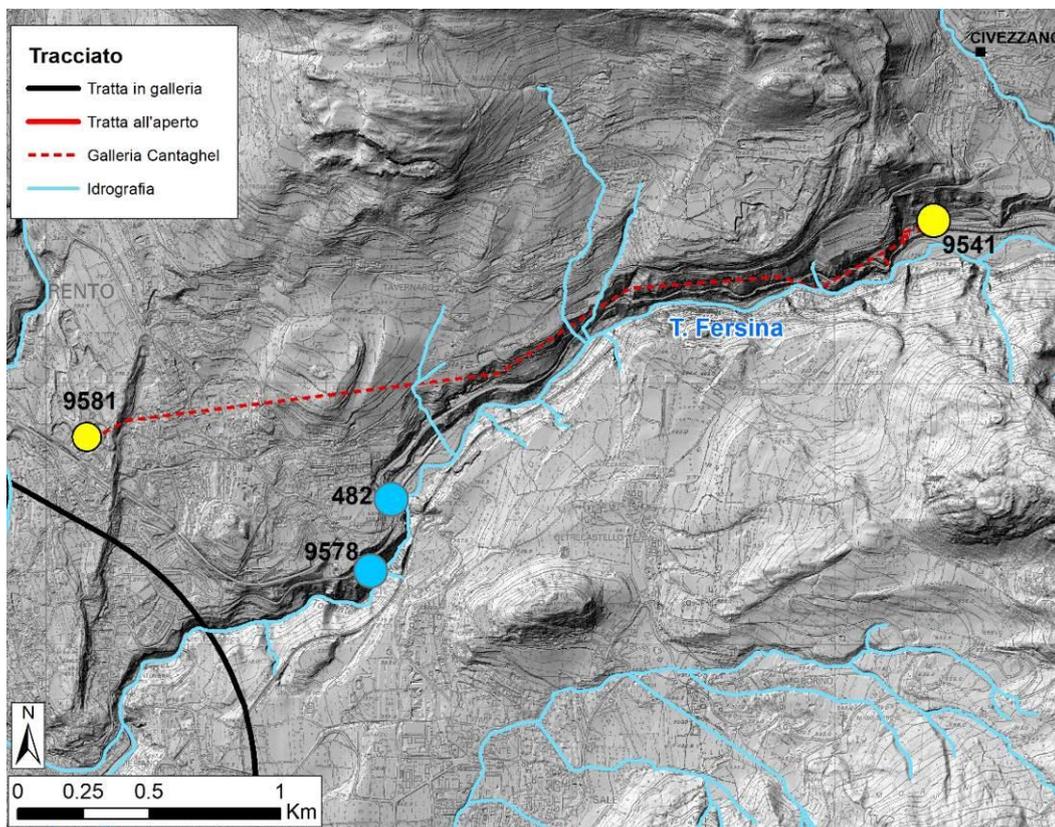


Figura 43. Andamento della Galleria Cantanghel con i punti di origine (9541) e uscita (9581) e posizione dei punti di origine (482) e uscita (9578) della galleria Ponte alto.

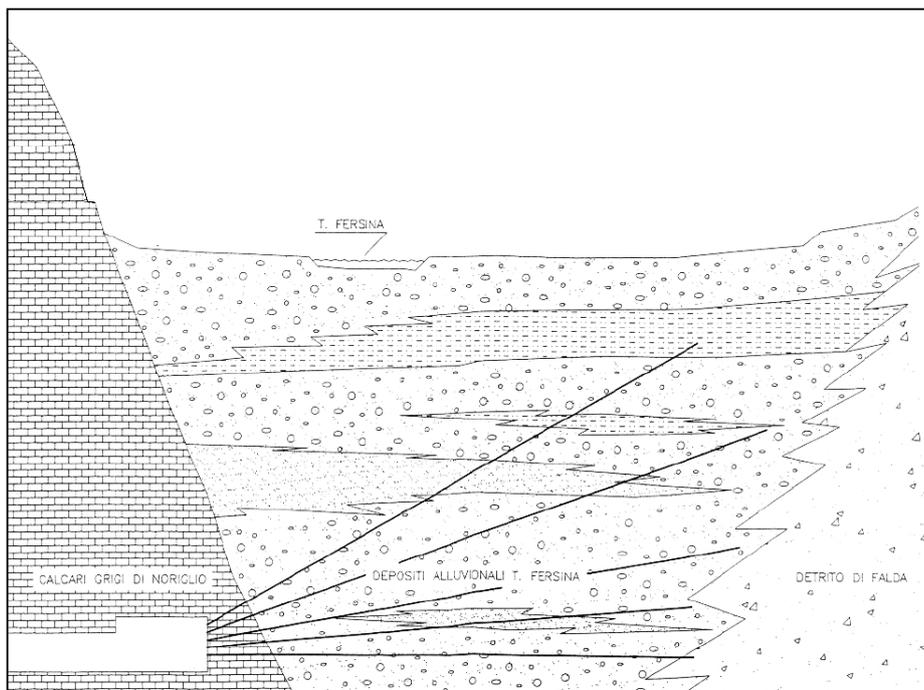


Figura 44. Schema di captazione mediante dreni della galleria Cantanghel (Fonte Progetto RIASPAT, 2009).

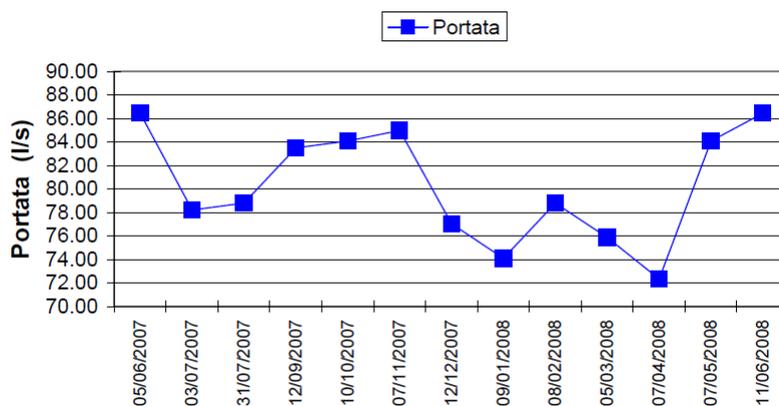


Figura 45. Particolare della Galleria Cantanghel e relativo grafico di portata per l'anno 2007/08 (Fonte P.A.T-RFI, 2008).

La Galleria Ponte Alto è invece costituita da un cunicolo di circa 300 metri, costruito tra il 1898 e il 1926 che riceve l'acqua da vari dreni inseriti nel letto alluvionale del torrente Fersina, a monte della briglia di Ponte Alto.

A valle si sviluppa il cosiddetto orrido di Ponte Alto, una profonda forra scavata nella Scaglia Rossa. In questo tratto il torrente Fersina scorre direttamente a contatto con il bedrock e non sono più presenti i depositi alluvionali che alimentano, da monte, le succitate sorgenti/gallerie.

Per questa ragione si ritiene inoltre poco plausibile una eventuale interferenza da parte del tunnel ferroviario, dato che i depositi alluvionali che alimentano le sorgenti non risultano in connessione diretta con la porzione di valle del torrente, impostata nel bedrock e sottoattraversata dal tracciato in progetto.

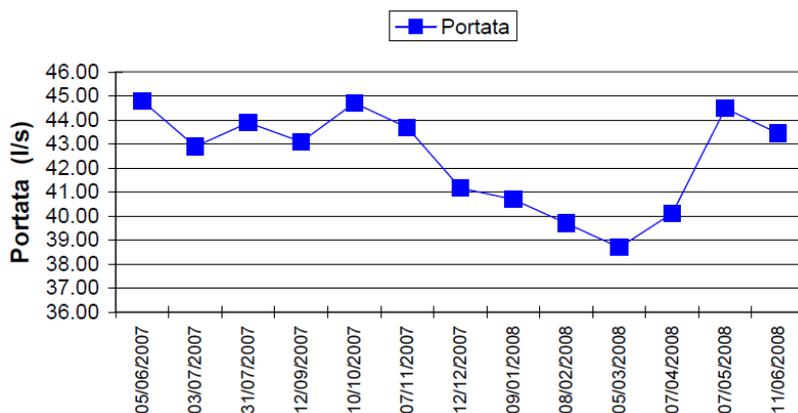
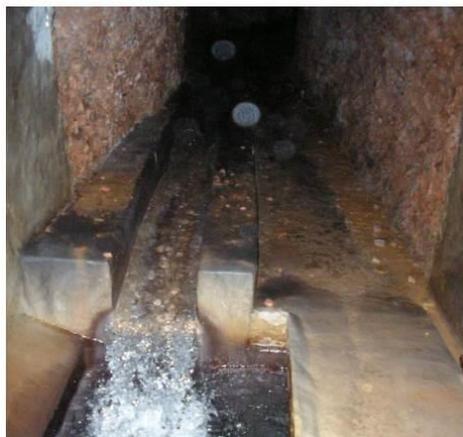


Figura 46. Particolare della Galleria Ponte Alto e relativo grafico di portata per l'anno 2007/08 (Fonte PAT-RFI, 2008).

In Figura 47 è mostrata la localizzazione delle sorgenti discriminate secondo il tipo di alimentazione presunta ed in base ai dati al momento disponibili.

Nell'immagine sono indicate le sorgenti ritenute significative per il successivo calcolo del rischio di interferenza delle risorse idriche (DHI, cap. 9.7). Non sono dunque riportate, ad esempio, la sorgente Acquaviva, posta a sud dell'inizio del tracciato, in corrispondenza della tratta all'aperto e alimentata da circuiti provenienti dal massiccio della Vigolana e i recapiti Ponte Alto uscita e Galleria Cantanghel uscita ritenuti non rappresentativi della reale collocazione dei rispettivi punti di captazione.

Seguendo lo schema concettuale di circolazione idrica rappresentato in Figura 27, le sorgenti alimentate da circolazione idrica che si instaura nelle falde detritiche superficiali non risulterebbero essere interferite dallo scavo di un'opera in sotterraneo che si sviluppa nel substrato roccioso. Numerose sorgenti collocate nell'area del M. Marzola, nella sella di Vigolo Vattaro e nella conca di Montevaccino a nord, sgorgano infatti dal detrito, con portate molto modeste, e sono prevalentemente alimentate da circolazioni idriche superficiali. La circolazione che alimenta le sorgenti minori in queste zone è di tipo superficiale, con ricarica data da infiltrazione diretta delle acque meteoriche e di scioglimento delle nevi. La circolazione avviene entro depositi detritici e di debris-flow, ed è sostenuta dagli accumuli di morena di fondo a bassa conducibilità idraulica e/o da rocce a bassa permeabilità appartenenti al complesso permotriassico, che affiorano alla sella di Vigolo Vattaro e sul versante orientale del massiccio.

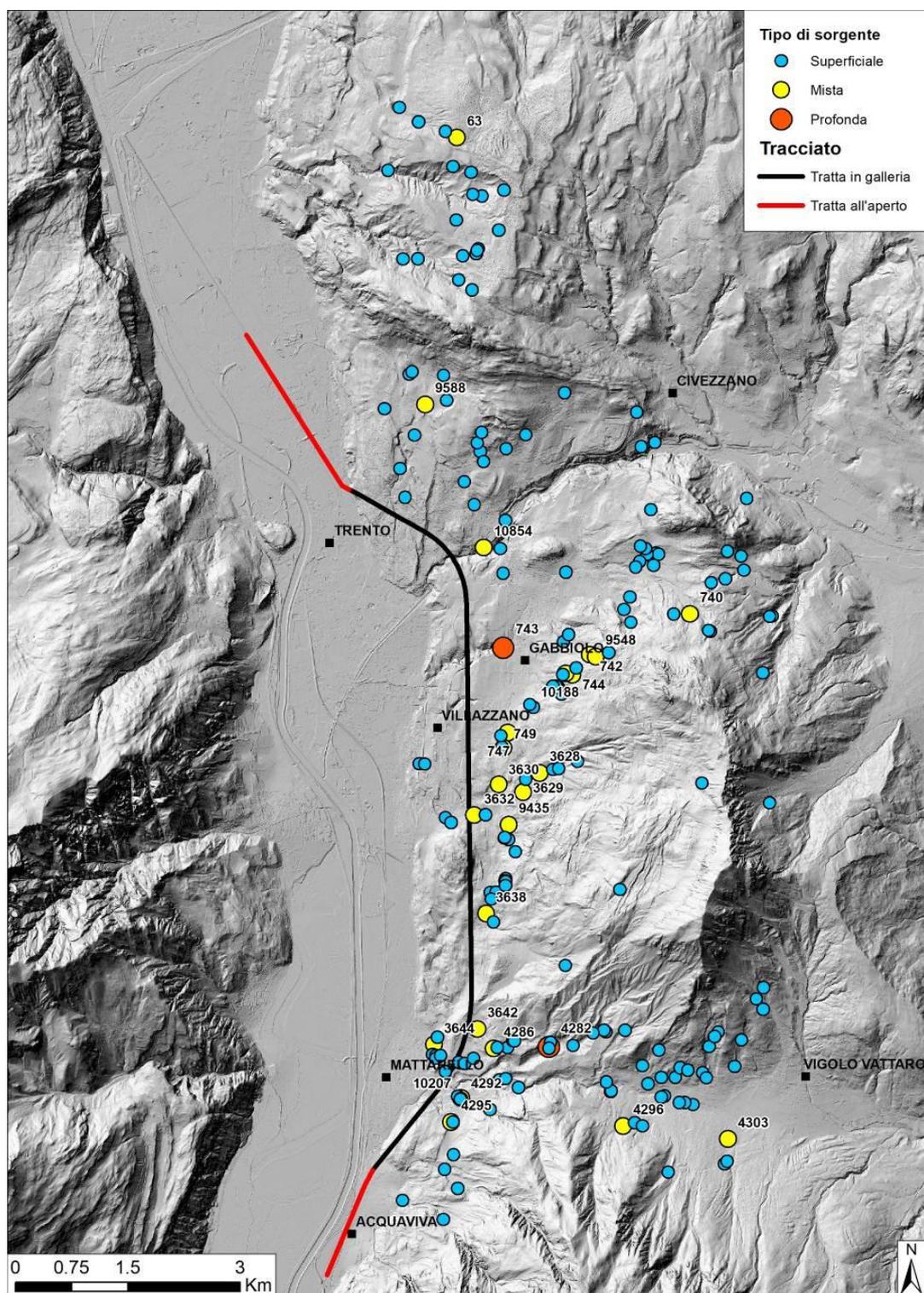
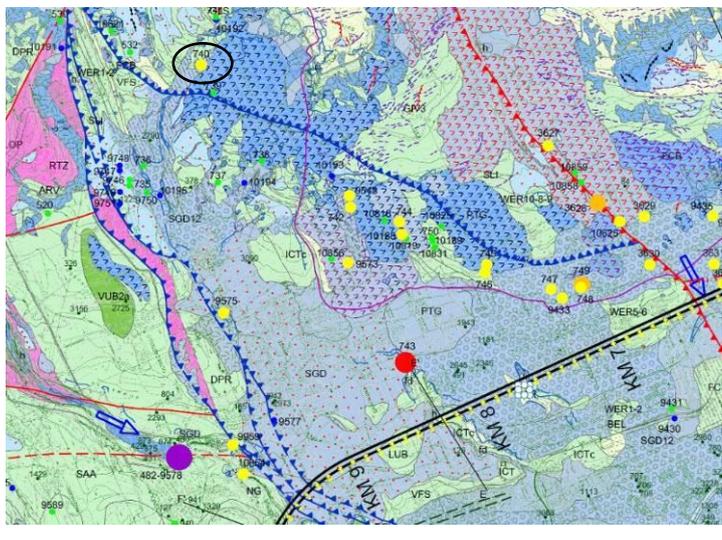


Figura 47. Carta con indicazione di tutte le sorgenti utilizzate nella valutazione della possibile interferenza sulle risorse idriche (indice DHI).

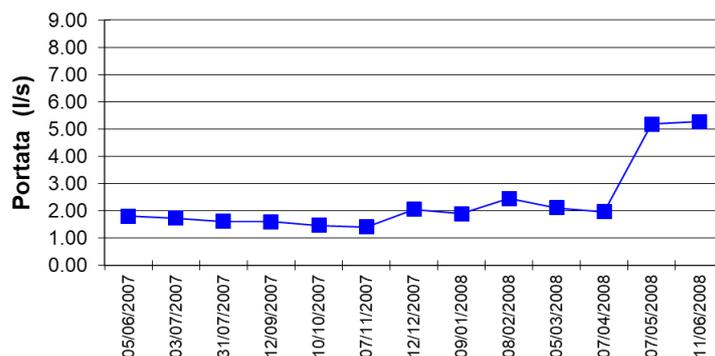
9.6.4 Sorgenti principali

Di seguito si illustrano le caratteristiche di alcune delle principali sorgenti indicate in Tabella 11. Il dato è presentato in forma di schede di sintesi accompagnate da uno stralcio cartografico tratto dalla cartografia idrogeologica prodotta in questa fase di lavoro.

9.6.4.1 Sorgente 740, Val Cannelle

Progressiva di rif. (km): 8+800	
Distanza dal tracciato (km): 3	
Tipo di utilizzo: potabile	
Come si presenta: isolata	
Tipo di emergenza: puntiforme	
Regime sorgente: perenne	
Tipo di terreno: Depositi glaciali e morenici	
Causa emergenza: emergenza della falda	
Ubicazione morfologica: pendio	

■ Portata

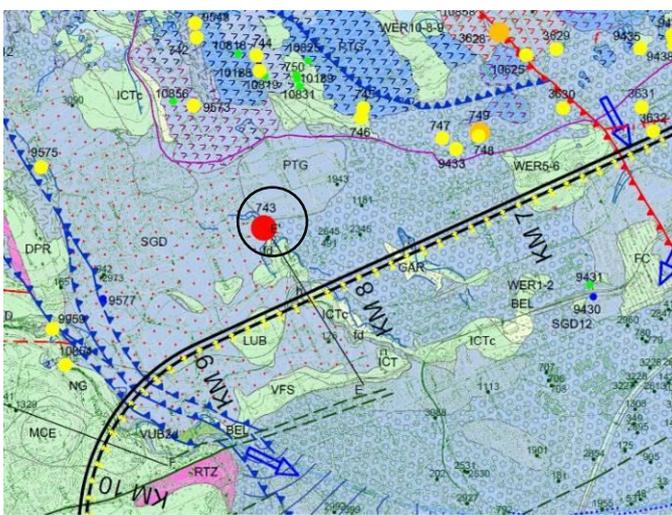


Relazione geologica ed idrogeologica

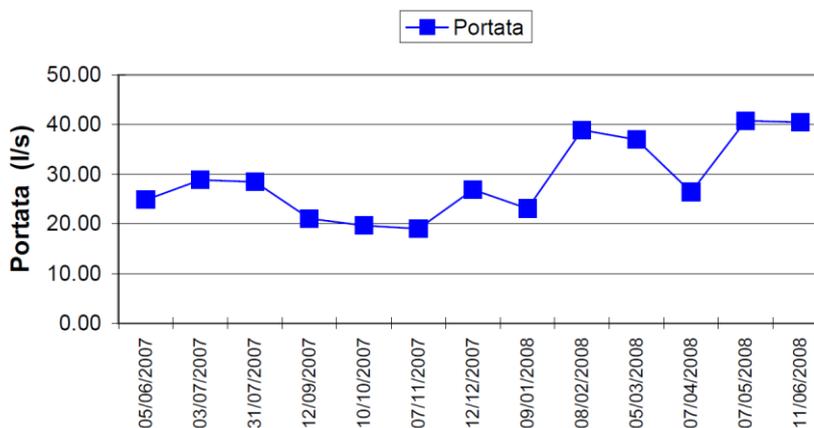
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	115 di 220

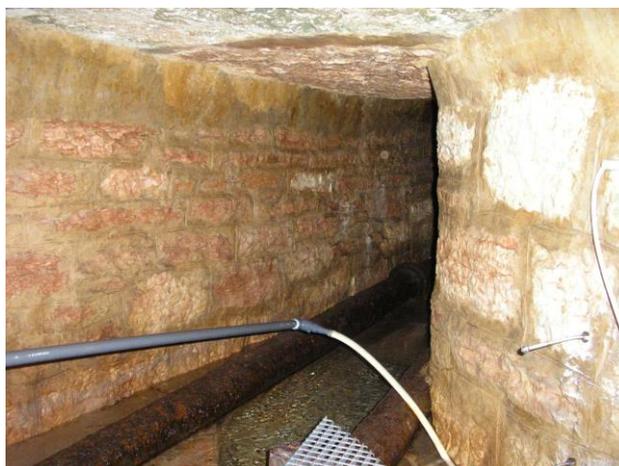


9.6.4.2 Sorgente 743, Foll

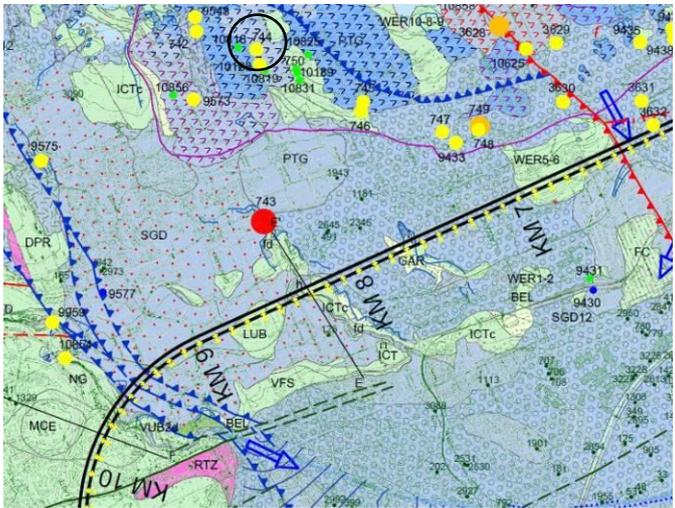
Progressiva di rif. (km): 8+400	
Distanza dal tracciato (km): 0.5	
Tipo di utilizzo: Potabile	
Come si presenta: isolata	
Tipo di emergenza: diffusa	
Regime sorgente: perenne	
Tipo di terreno: depositi glaciali e morenici	
Causa emergenza: emergenza della falda	
Ubicazione morfologica: pendio	

Tunnel di adduzione non esplorabile con lunghezza di circa 80m.

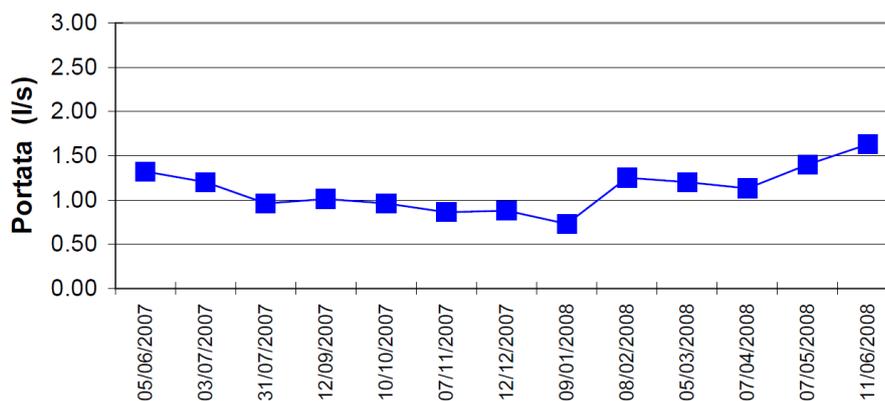




9.6.4.3 Sorgente 744, Galleria Gabbiolo

Progressiva di rif. (km): 8+000	
Distanza dal tracciato (km): 1.4	
Tipo di utilizzo: potabile	
Come si presenta: in gruppo	
Tipo di emergenza: diffusa	
Regime sorgente: perenne	
Tipo di terreno: depositi glaciali e morenici	
Causa emergenza: emergenza della falda	
Ubicazione morfologica: pendio	

—■— Portata

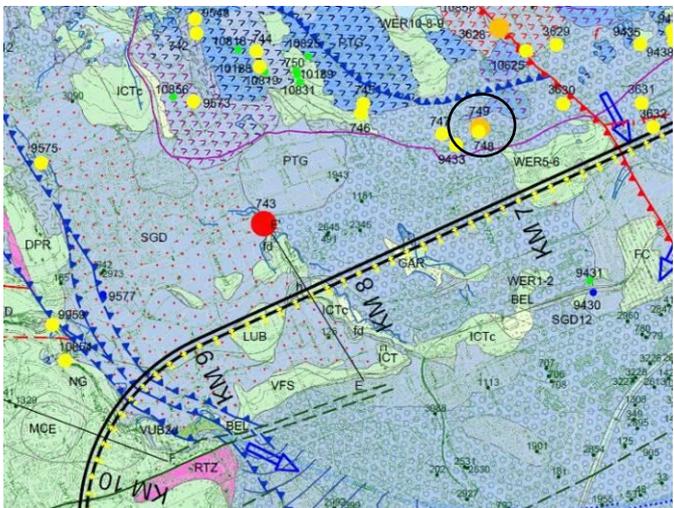


Relazione geologica ed idrogeologica

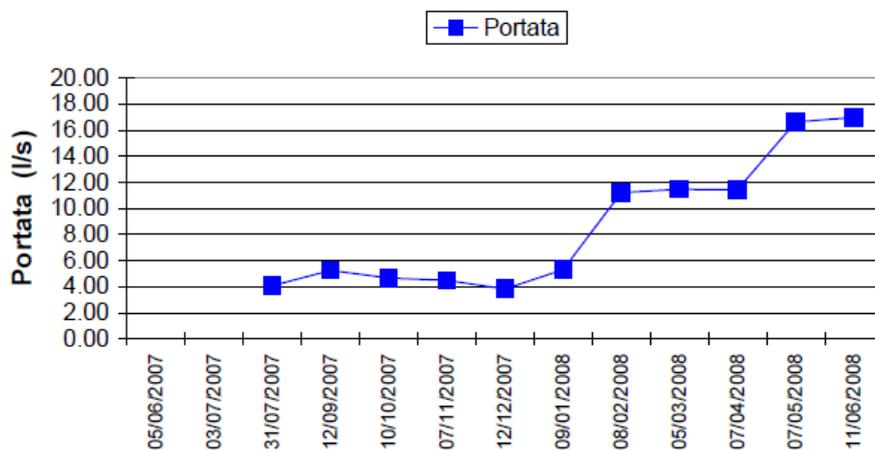
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	117 di 220



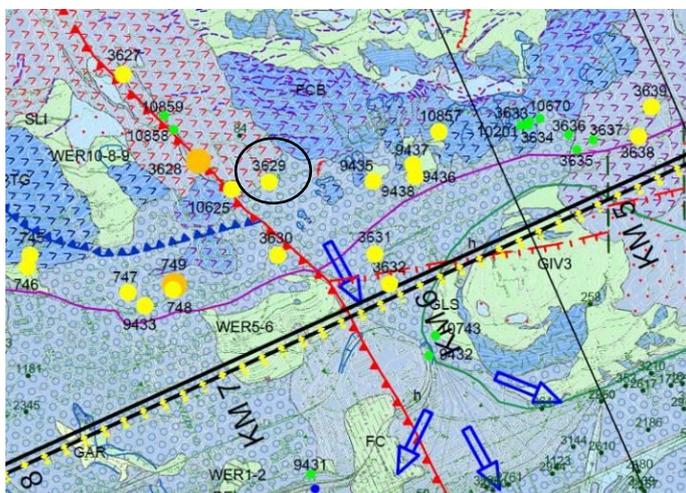
9.6.4.4 Sorgente 749, Tre fontane

Progressiva di rif. (km): 7+000	
Distanza dal tracciato (km): 0.5	
Tipo di utilizzo: potabile	
Come si presenta: in gruppo	
Tipo di emergenza: diffusa	
Regime sorgente: perenne	
Tipo di terreno: depositi glaciali e morenici	
Causa emergenza: emergenza della falda	
Ubicazione morfologica: pendio	

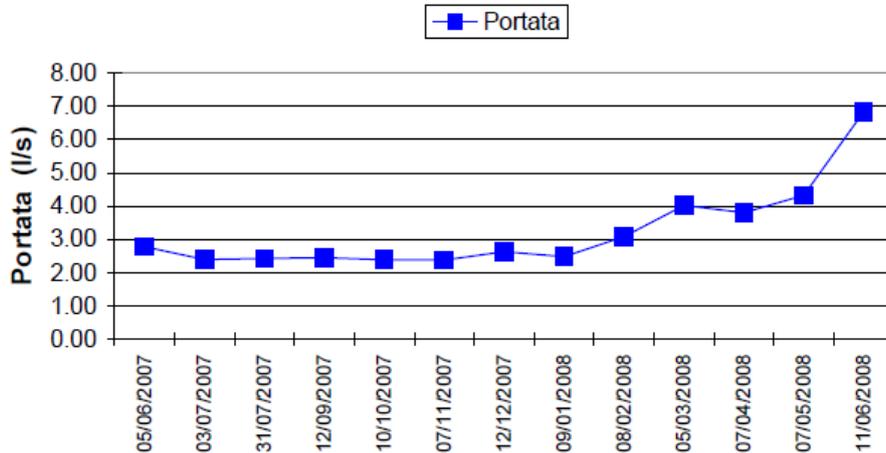
Cunicolo non ispezionabile



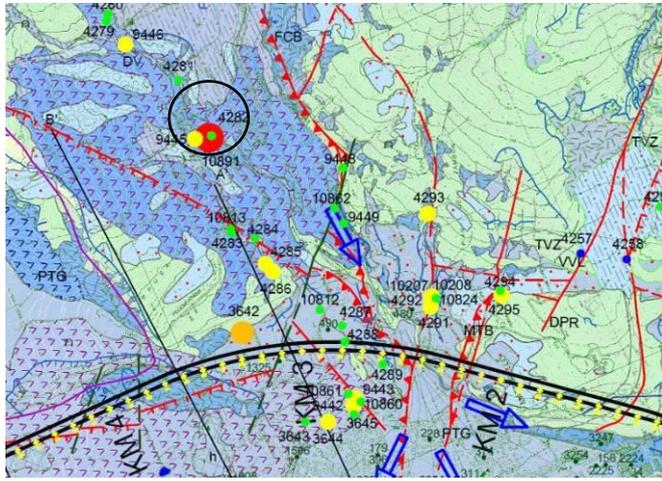
9.6.4.5 Sorgente 3629, Node

Progressiva di rif. (km): 6+400	
Distanza dal tracciato (km): 0.7	
Tipo di utilizzo: potabile	
Come si presenta: isolata	
Tipo di emergenza: diffusa	
Regime sorgente: perenne	
Tipo di terreno: depositi glaciali e morenici	
Causa emergenza: emergenza della falda	
Ubicazione morfologica: pendio	

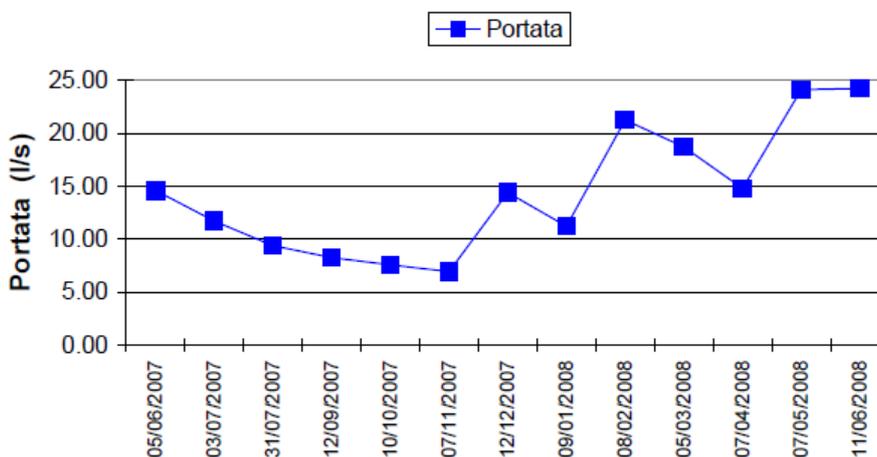
Cunicolo non ispezionabile lungo circa 15 m



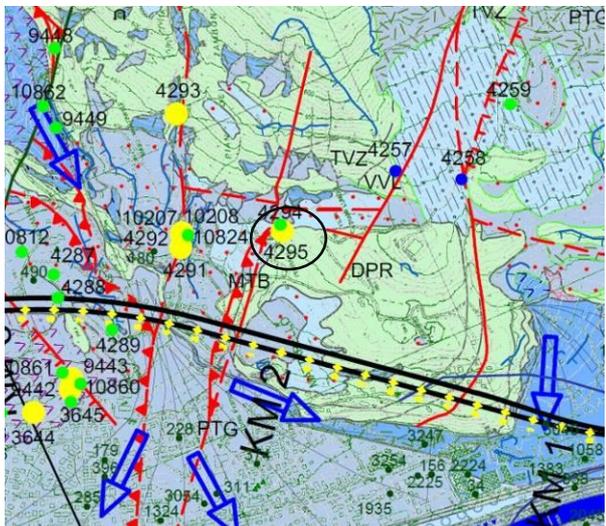
9.6.4.6 Sorgente 4282, Valsorda bassa

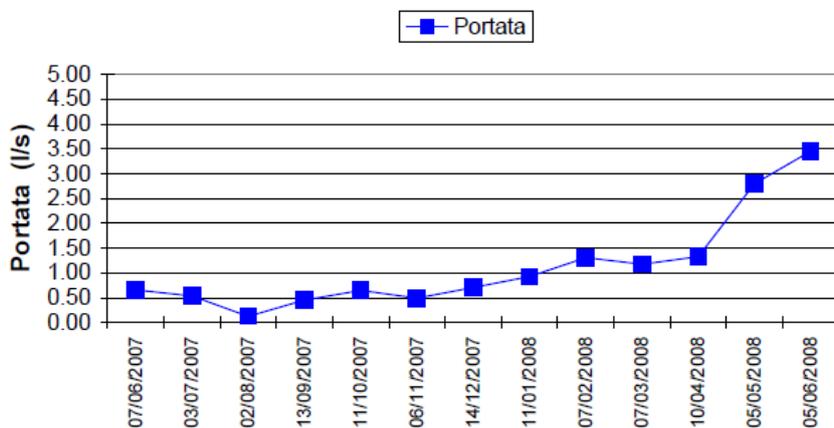
Progressiva di rif. (km): 3+250	
Distanza dal tracciato (km): 1.1	
Tipo di utilizzo: potabile-idroelettrico	
Come si presenta: in gruppo	
Tipo di emergenza: diffusa	
Regime sorgente: perenne	
Tipo di terreno: depositi glaciali e morenici	
Causa emergenza: emergenza della falda	
Ubicazione morfologica: impluvio	

Cunicolo non ispezionabile lungo circa 60 metri.

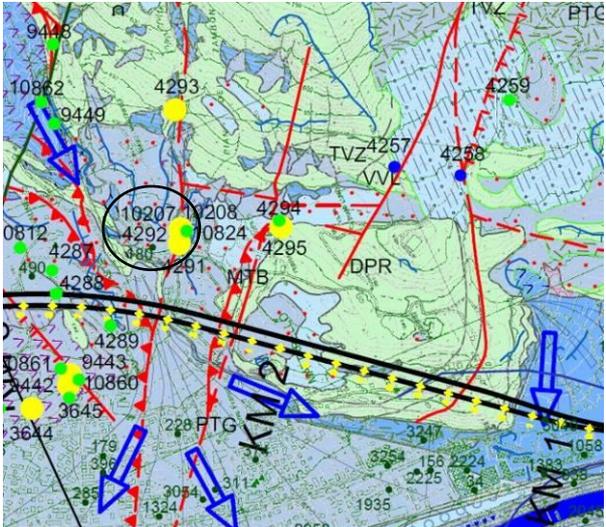


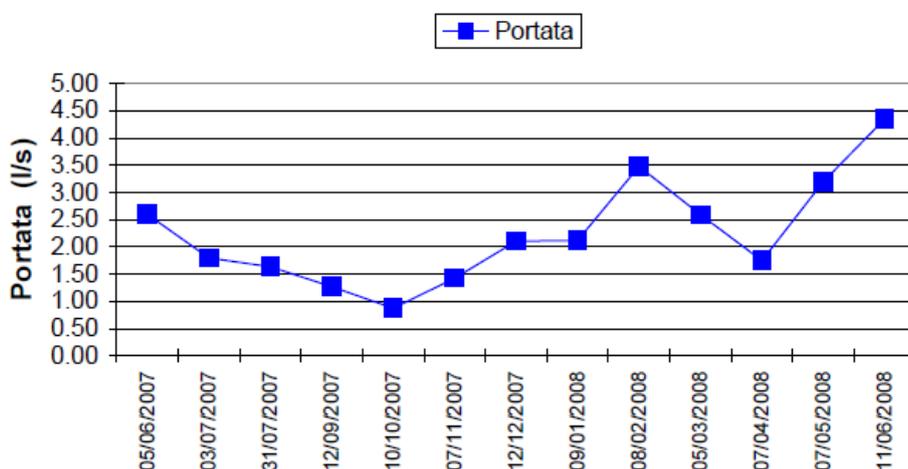
9.6.4.7 Sorgente 4295, Pian Longhi 2

Progressiva di rif. (km): 2+100	
Distanza dal tracciato (km): 0.4	
Tipo di utilizzo: potabile – irriguo – domestico	
Come si presenta: isolata	
Tipo di emergenza: puntiforme	
Regime sorgente: perenne	
Tipo di terreno: depositi glaciali e morenici	
Causa emergenza: emergenza della falda	
Ubicazione morfologica: pendio	



9.6.4.8 Sorgente 10207, Ex sit

Progressiva di rif. (km): 2+400	
Distanza dal tracciato (km): 0.3	
Tipo di utilizzo: abbandonata	
Come si presenta: in gruppo	
Tipo di emergenza: puntiforme	
Regime sorgente: perenne	
Tipo di terreno: depositi glaciali e morenici	
Causa emergenza: emergenza della falda	
Ubicazione morfologica: pendio	



9.7 Valutazione della possibilità di interferenza per le sorgenti lungo il tracciato

Al fine di una valutazione, con un criterio unitario e quanto più possibile oggettivo, della possibilità di interferenza per le sorgenti poste in prossimità del tracciato, è stato utilizzato un metodo parametrico rappresentato dal metodo DHI (Drawdown Hazard Index). Il metodo parametrico DHI utilizza un algoritmo di calcolo che, una volta tarato, viene applicato sistematicamente a tutto il tracciato. Il metodo, essendo una valutazione a pesi, non fornisce informazioni quantitative ma comparative tra le diverse aree esaminate. Esso è in uso per stimare la possibilità di interferenza sulle sorgenti in seguito allo scavo di una galleria. Di seguito viene descritto nelle sue linee essenziali.

Il metodo DHI applicato nel presente progetto è riferito all'aggiornamento dell'originale formulazione, introdotta da Dematteis (2001), ad opera di Torri *et al.* (2007). Questo metodo è stato applicato originariamente per la valutazione dell'interferenza prodotta dalla realizzazione di un tunnel a doppia canna nei Pirenei.

Il calcolo è stato eseguito su 196 emergenze censite nel database della P.A.T.. La reale presenza e l'utilizzo di alcune sorgenti dovranno essere verificati nelle successive fasi di progetto.

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	123 di 220

9.7.1 Metodo del DHI

La formulazione dell'indice di rischio DHI è composta da due insiemi di fattori: i fattori chiave (key variables) ed i fattori fondamentali (basic variables).

Tra i fattori chiave riferiti al punto d'acqua ritroviamo:

- IF: Intersezione con Faglie maggiori;
- FD: Fenomeni di Dissoluzione;
- TS: Tipo di Sorgente;
- DT: Distanza dal Tracciato;
- ET: Effetto Topografico.

Tra i fattori fondamentali riferiti alla galleria ritroviamo:

- FF: Frequenza di Fratturazione;
- MK: permeabilità dell'ammasso roccioso;
- OV: spessore della copertura;
- PZ: ampiezza della zona plastica.

9.7.1.1 Fattori chiave

IF – Intersezione con faglie

Questo parametro indica la presenza di zone interessate da attività tettonica, nei pressi di un punto d'acqua, in grado di determinare un importante deterioramento dell'ammasso roccioso, rendendolo dunque maggiormente permeabile e passibile di una maggior tendenza al drenaggio indotto dallo scavo di un'opera in sotterraneo.

In presenza di lineamenti tettonici definiti sulla base della cartografia geologica, localizzati in corrispondenza o nelle immediate vicinanze di un punto d'acqua, ne consegue un aumento della probabilità di interferenza su quest'ultimo.

I buffer scelti nell'analisi delle linee di faglia sono risultati valere 50 metri per lato. Se la sorgente ricade entro questo intervallo viene applicato il coefficiente maggiormente punitivo, per cui $IF = 1.5$.

FD – Fenomeni di Dissoluzione

Il parametro FD relativo alla presenza di fenomeni di dissoluzione è stato considerato in funzione delle litologie entro cui la sorgente viene a giorno. I valori di FD oscillano tra 0 e 0.5.

Nel caso di assenza di fenomeni carsici, dunque, il peso del parametro sarà totalmente a carico di IF. Al contrario in presenza di formazioni inclini allo sviluppo di fenomeni carsici FD assume un valore pari a 0.25 (carsismo poco sviluppato) o 0.5 (carsismo sviluppato con possibili importanti fenomeni di dissoluzione) e va a sommarsi al valore precedentemente definito per l'indice IF così da ottenere il parametro CP (Canali di Permeabilità):

$$IF+FD = CP$$

TS – Tipo di sorgente

La definizione dei sistemi di flusso di alimentazione di una sorgente risulta di primaria importanza nell'analisi del suo rischio di impatto. Sorgenti alimentate da flussi superficiali, prevalentemente impostati nei depositi

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	124 di 220

quaternari, potranno risentire in maniera lieve o nulla degli effetti provocati dallo scavo di una galleria scavata in profondità nel substrato roccioso.

Al contrario sorgenti che presentano flussi alimentatori più complessi e profondi potrebbero essere maggiormente interferite dallo scavo di un'opera in sotterraneo.

Sono inoltre identificabili sistemi di flusso misti la cui alimentazione risulta essere in parte profonda ed in parte superficiale, senza la possibilità di definire con precisione le porzioni tra le due aliquote.

La definizione del tipo di sorgente è stata fatta basandosi sui dati di monitoraggio, ove disponibili, considerando alcuni parametri fondamentali dei flussi campionati:

- Portata e sua variazione nel tempo (portate costanti nel tempo possono indicare alimentazioni più profonde, meno influenzate dal regime delle precipitazioni);
- Temperatura e sua variazione nel tempo, anche in funzione di quella dell'aria esterna (le temperature dei flussi profondi risultano molto meno influenzate dalle variazioni ambientali esterne);
- Conducibilità e sua variazione nel tempo (flussi con conducibilità costanti nel tempo possono indicare sistemi idrogeologici più sviluppati);
- Analisi isotopica tramite i parametri di $\delta^{18}O$ e D per la definizione delle quote di ricarica di alcuni punti d'acqua (maggiore è il dislivello tra la quota di infiltrazione e quella di emergenza dei flussi, tendenzialmente maggiore risulterà il grado di maturità e sviluppo del circuito idrogeologico di alimentazione);
- Ubicazione della sorgente rispetto ai limiti del bacino idrogeologico (sorgenti poste in prossimità delle creste dei bacini risultano forzatamente appartenere alle classi più superficiali di flusso).

L'incrocio di tutti questi fattori ha permesso di stimare, in prima battuta, la probabile origine dei flussi alimentatori, così come descritto al par. 9.6.3.

Alle sorgenti senza dato di portata, in virtù della loro minore significatività, si è deciso di associare un valore di TS pari a 1, ossia un carattere prettamente superficiale.

DT – Distanza dal tunnel

La variabile indica la minor distanza intercorrente tra il punto d'acqua e il tracciato. Per valutare questo parametro si è eseguito un calcolo in ambiente GIS tenendo in considerazione sia la variazione planimetrica che altimetrica al fine di calcolare la minima distanza reale tra punto d'acqua e tracciato.

ET – Effetto topografico

Questa variabile considera l'ubicazione del punto d'acqua lungo il versante (medesimo o opposto) rispetto alla posizione dell'opera. L'analisi di questo parametro prevede molteplici casi derivanti dalle reciproche variazioni di quota o versante tra il punto d'acqua e il tunnel così come mostrato in Figura 48.

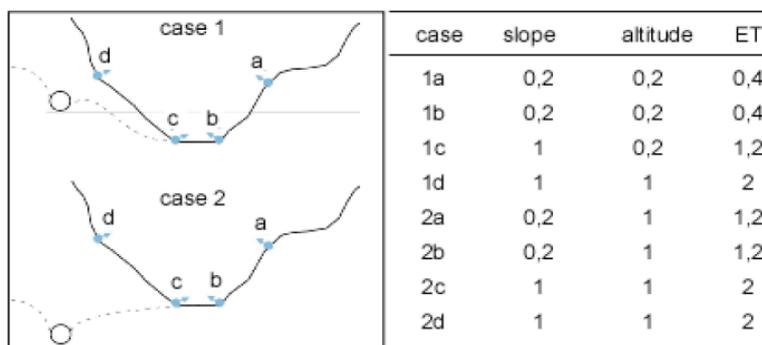


Figura 48. Schema concettuale relativo al parametro ET.

9.7.1.2 Fattori fondamentali

FF – Frequenza di fratturazione

La presenza di fratture e/o zone di ammasso indebolite a causa della presenza di lineamenti tettonici che intersecano la galleria può condizionare in maniera importante le capacità drenanti dell'opera sul massiccio.

Ciò si verifica poiché una maggior fratturazione determina una maggior permeabilità andando quindi a modificare un'altra variabile MK ovvero la permeabilità dell'ammasso. Nel caso in studio la presenza di faglie e associate zone di fratturazione certe ha portato ad attribuire alla variabile FF il valore più alto (1), mentre in presenza di faglie incerte e conseguenti zone di fratturazione si è assegnato un valore intermedio (0.6). Stesso discorso vale per quelle porzioni di tracciato, indagate mediante prove dirette, che hanno mostrato caratteristiche fessurative spinte.

MK – Permeabilità dell'ammasso

Questa variabile definisce il grado di permeabilità assegnato ai diversi complessi litologici che caratterizzano l'ammasso roccioso. In questo caso si considera sia la permeabilità legata alla fratturazione sia quella legata alle caratteristiche della matrice roccia.

OV – Spessore della copertura

Lo spessore influenza l'effetto drenante della galleria, sia nell'intorno del cavo, sia nel massiccio dove si tende ad avere una progressiva chiusura delle fratture in profondità a causa del maggior carico litostatico.

PZ – Ampiezza della zona plastica

La zona plastica che si forma nell'intorno dello scavo per effetto della perturbazione del campo locale di stress corrisponde ad una fascia più intensamente fratturata e quindi di permeabilità maggiore, di ampiezza variabile fra 0 e 2-3 volte il diametro del cavo. L'estensione della zona plastica è funzione del diametro della galleria, dello spessore della copertura, delle tecniche di scavo adottate e, più in generale, delle caratteristiche geomeccaniche del massiccio.

I parametri relativi alla galleria vengono moltiplicati tra loro tramite un sistema statistico a pesi, mostrato in Figura 49 (in modo che la somma di tutti i pesi sia uguale a 100) per ottenere il parametro PI ovvero il Potential Inflow o potenziale di drenaggio secondo la seguente formulazione:

$$PI = (41 \cdot FF + 22 \cdot MK + 17 \cdot OV + 20 \cdot PZ) / 100$$

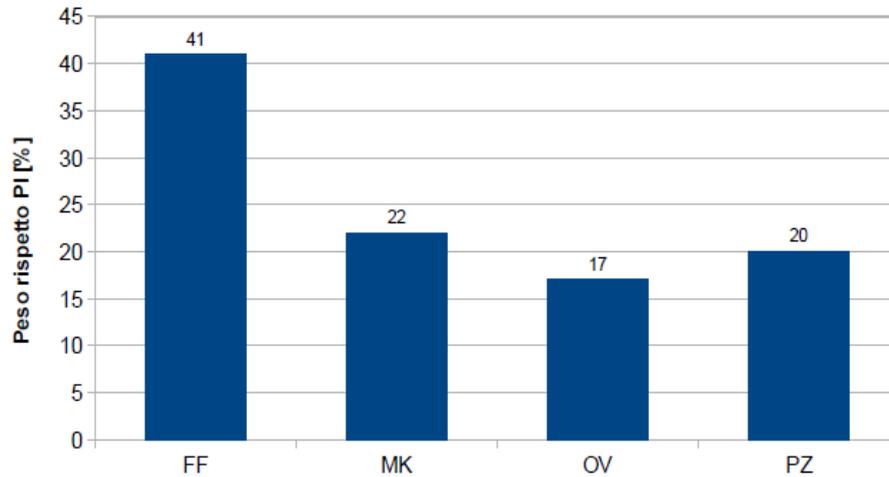


Figura 49. Grafico dei pesi da attribuire alle variabili del DHI.

L'espressione utilizzata per il calcolo finale del Drawdown Hazard Index (DHI), derivata da Torri et al. (2007) è la seguente:

$$DHI = (PI*DT*CP*TS*ET*100)/DHI_{max}$$

Tenendo conto della situazione peggiore possibile il valore di DHI_{max} considerando la sua moltiplicazione per un fattore 100 risulta uguale a 1461.

9.7.2 Valori da attribuire alle variabili

Nella seguente tabella si esplicitano i valori assegnati alle singole variabili in funzione delle diverse condizioni.

Tabella 12. Valori delle singole classi per le variabili del DHI. Da Torri et al. (2007).

Parametro	Descrizione	Classe	Valore	
PI	FF	Frequenza di fratturazione	Alta	1
		Bassa	0.6	
		Nulla	0.1	
	MK	Permeabilità della roccia	Molto alta	0.9
			Alta	0.8
			Medio-alta	0.7
			Media	0.5
			Medio-bassa	0.4
			Bassa	0.2
			Molto bassa	0.1
			OV	Spessore copertura
	50 m ÷ 100 m	0.5		
	100 m ÷ 500 m	0.2		
	> 500 m	0.1		
	PZ	Ampiezza zona plastica	> 2 volte "r" tunnel	1
			< 2 volte "r" tunnel	0
DT	Distanza dal tunnel	< 200 m	1.9	
		200 m ÷ 500 m	1.5	
		500 m ÷ 1000 m	1.2	
		1000 m ÷ 5000 m	1.1	
		> 5000 m	0	
CP	IF	Intersezione con faglie	Si	1.5
		No	1	
	FD	Carsismo	Nessun fenomeno	0
			Fenomeno carsico poco probabile o limitato	0.25
			Fenomeno carsico probabile	0.5
TS	Tipo di sorgente	Profonda	2	
		Mista	1.5	
		Superficiale	1	
ET	Effetto topografico	Stesso versante, quota maggiore	2	
		Stesso versante, quota minore. Altro versante, quota maggiore	1.2	
		Altro versante, quota minore	0.4	

9.7.3 Risultati

Alla luce dei calcoli descritti è stato possibile definire un valore di DHI (Drawdown Hazard Index) per le 196 sorgenti ricadenti nell'areale considerato attorno al tracciato in progetto.

Le classi di rischio definite si basano sul lavoro di Torri *et al.* (2007) con una modifica relativa all'introduzione di una quarta classe derivata dallo sdoppiamento dell'intervallo più basso, compreso tra 0 e 0.16. Si è ritenuto opportuno eseguire questa variazione al fine di definire 4 classi attraverso cui qualificare più in dettaglio i livelli di rischio minori. Le classi non vengono separate seguendo un criterio lineare, ma viene scelto un range più ampio per la classe di rischio più alta.

Di seguito la classificazione proposta da Torri *et al.* (2007):

Indice DHI	Rischio
$0 < \text{DHI} \leq 0.16$	Trascurabile
$0.16 < \text{DHI} \leq 0.24$	Basso
$\text{DHI} > 0.24$	Alto

Di seguito la classificazione modificata per il presente lavoro:

Indice DHI	Rischio
$\text{DHI} < 0.10$	Molto basso
$0.10 \leq \text{DHI} < 0.16$	Basso
$0.16 \leq \text{DHI} < 0.24$	Medio
$\text{DHI} \geq 0.24$	Alto

In Tabella 13 sono mostrati i risultati ottenuti.

Tabella 13. Valori di DHI per le sorgenti analizzate.

CODSOR	Nome	TS	DT	ET	IF	FD	FF	MK	OV	PZ	PI	CP	DHI	Rischio
63	pralungo	1.5	1.1	0.4	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.04	molto basso
64	cortesano	1	1.1	0.4	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.03	molto basso
482	ponte alto origine	1	1.2	2	1.5	0.25	0.1	0.5	0.9	1	0.504	1.75	0.14	basso
520	celva fontana	1	1.1	2	1	0	1	0.4	0.2	1	0.732	1	0.11	basso
530	loc.ronzesco	1	1.1	0.4	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.02	molto basso
531	ronzesco	1	1.1	0.4	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.02	molto basso
532	casare	1	1.1	0.4	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.01	molto basso
535	dos lungo	1	1.1	0.4	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.02	molto basso
536	marocche	1	1.1	0.4	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.01	molto basso
735	ca' de neza	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
736	loc.ca' de nera	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
737	loc.brenz baracca	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
738	loc.piana nova	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
739	loc.moronar alta	1	1.1	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.09	molto basso

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	129 di 220

CODSOR	Nome	TS	DT	ET	IF	FD	FF	MK	OV	PZ	PI	CP	DHI	Rischio
740	val cannelle	1.5	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.09	molto basso
741	stellar	1	1.1	2	1	0.5	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.09	molto basso
742	rio slavina bassa	1.5	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1	0.10	molto basso
743	foll	2	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1	0.18	medio
744	galleria gabbiolo	1.5	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.09	molto basso
745	gabbiolo ex salvadori	1	1.2	2	1	0	0.1	0.4	0.2	1	0.363	1	0.06	molto basso
746	ancona	1	1.2	2	1	0	0.1	0.4	0.2	1	0.363	1	0.06	molto basso
747	camina	1.5	1.2	2	1	0	0.1	0.4	0.2	1	0.363	1	0.09	molto basso
748	benvenuti	1	1.5	2	1	0	0.1	0.4	0.2	1	0.363	1	0.07	molto basso
749	tre fontane	1.5	1.5	2	1	0	0.1	0.4	0.2	1	0.363	1	0.11	basso
750	casotti di gabbiolo alta	1	1.1	2	1	0.25	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.25	0.07	molto basso
1291	stavo alta	1	1.1	0.4	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.01	molto basso
1292	stavo bassa	1	1.1	0.4	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.01	molto basso
1293	strada sbrion	1	1.1	0.4	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.01	molto basso
1334	mughi	1	1.1	0.4	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.01	molto basso
3626	fontana dei gai	1	1.1	2	1	0.25	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.25	0.07	molto basso
3627	fontanelle	1	1.1	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.09	molto basso
3628	valdacole	1.5	1.2	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.14	basso
3629	node	1.5	1.2	2	1	0	1	0.5	0.2	1	0.754	1	0.19	medio
3630	maso alberti	1.5	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.12	basso
3631	bernabè	1	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.08	molto basso
3632	ex istituto suore	1.5	1.9	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.15	basso
3633	fontanazzi (grisenti)	1	1.2	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
3634	fontanazzi sx (furlani)	1	1.2	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
3635	loc.s.rocco	1	1.5	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.12	basso
3636	pianizza	1	1.5	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.12	basso
3637	margoni	1	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.08	molto basso
3638	fontanelle	1.5	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.12	basso
3639	val del bis	1	1.5	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.12	basso
3640	albi	1	1.1	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.09	molto basso
3641	masi pianizza	1	1.1	2	1	0.25	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1.25	0.11	basso
3642	al maso	1.5	1.9	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.15	basso
3643	regole deanesi	1	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.08	molto basso
3644	regole bridi	1.5	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.12	basso
3645	alle regole	1	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1	0.09	molto basso
4257	loc.palustei	1	1.2	2	1.5	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1.5	0.11	basso
4258	loc.rio stangheti	1	1.2	2	1.5	0	0.1	0.4	0.5	1	0.414	1.5	0.10	basso
4259	fonte dell'orso	1	1.1	2	1	0	1	0.5	0.5	1	0.805	1	0.12	basso
4260	slavinai	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	130 di 220

CODSOR	Nome	TS	DT	ET	IF	FD	FF	MK	OV	PZ	PI	CP	DHI	Rischio
4261	sbrion (maso ginepro)	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4262	fontanelle	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4263	val mazor	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4264	rivalta	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4265	grezzati ovest	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4266	grezzati est	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4267	grezzi 2	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4268	grezzi strada	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4269	grezzi bassi	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4270	maso da fin	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4271	pozze nord	1	1.1	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.09	molto basso
4272	pozze sud	1	1.1	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.09	molto basso
4273	pozze w	1	1.1	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.09	molto basso
4274	maso pollini	1	1.1	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.09	molto basso
4275	ca' da ronc	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4276	ai fovi	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4277	molini	1	1.1	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.09	molto basso
4278	fontana porcil	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4279	maso conte est	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4280	maso conte w	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4281	valsorda vecchia	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4282	valsorda bassa	2	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.12	basso
4283	brusaferro (ducati)	1	1.2	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.09	molto basso
4284	brusaferro	1	1.2	2	1.5	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1.5	0.15	basso
4285	brusaferro (scotoni)	1	1.5	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.12	basso
4286	brusaferro bassa	1.5	1.5	2	1	0.25	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1.25	0.23	medio
4287	loc.novalina	1	1.9	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.10	basso
4288	loc.novalina	1	1.9	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.10	basso
4289	loc.busatte	1	1.9	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.15	basso
4291	maso s. andrea	1	1.5	2	1.5	0	0.1	0.4	0.5	1	0.414	1.5	0.13	basso
4292	laste bassa	1.5	1.5	2	1.5	0	0.1	0.4	0.5	1	0.414	1.5	0.19	medio
4293	loc.casarote	1	1.2	2	1.5	0	0.1	0.4	0.5	1	0.414	1.5	0.10	basso
4294	loc. maso bellavista (pinara)	1	1.5	2	1.5	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1.5	0.13	basso
4295	piani lunghi	1.5	1.5	2	1.5	0.25	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1.75	0.24	medio
4296	fontanon	1.5	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.09	molto basso
4297	zugolini sx	1	1.1	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.09	molto basso
4298	zugolini dx	1	1.1	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.09	molto basso
4299	malghet	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
4300	ziola alta	1	1.1	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.09	molto basso

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	131 di 220

CODSOR	Nome	TS	DT	ET	IF	FD	FF	MK	OV	PZ	PI	CP	DHI	Rischio
4301	ziola bassa	1	1.1	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.09	molto basso
4303	molini	1.5	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.09	molto basso
4320	bedol	1	1.1	0.4	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.03	molto basso
8573	marez bassa (vecchia)	1	1.1	0.4	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.03	molto basso
9032	paludei	1	1.1	2	1	0	0.1	0.4	0.9	1	0.482	1	0.07	molto basso
9403	valcalda cicolini	1	1.1	0.4	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.03	molto basso
9404	valcalda bortolotti	1	1.1	0.4	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.03	molto basso
9405	marez alta (nuova)	1	1.1	0.4	1.5	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1.5	0.04	molto basso
9430	maso colleva	1	1.2	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9431	san bartolomeo	1	1.2	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9432	galleria s. rocco	1	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.08	molto basso
9433	camina bassa	1	1.5	2	1	0	0.1	0.4	0.2	1	0.363	1	0.07	molto basso
9435	castagnari	1.5	1.2	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.09	molto basso
9436	ripartitore	1	1.2	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.10	molto basso
9437	chistè	1	1.2	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.10	molto basso
9438	bolognani	1	1.2	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.10	molto basso
9442	regole giovanetti	1	1.5	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.12	basso
9443	regole ilario	1	1.5	2	1.5	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1.5	0.13	basso
9445	valsorda anas	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9446	valsorda antincendio	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9447	ai fovi bassa	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9448	valli	1	1.2	2	1.5	0.25	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.75	0.11	basso
9449	martina	1	1.2	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9541	galleria cantanghel origine	1	1.1	2	1.5	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1.5	0.10	molto basso
9542	valle dell'acqua	1	1.1	0.4	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.02	molto basso
9548	rio slavina alta	1.5	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1	0.10	molto basso
9573	moggioli	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9575	oltrecastello	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9577	pante' 2	1	1.2	2	1.5	0	1	0.4	0.2	1	0.732	1.5	0.18	medio
9579	cestari	1	1.2	2	1	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1	0.07	molto basso
9580	broilo	1	1.2	2	1	0	1	0.5	0.5	1	0.805	1	0.13	basso
9582	beneficio san leonardo	1	1.5	2	1	0.25	1	0.7	0.2	1	0.798	1.25	0.20	medio
9583	fontana santa	1	1.2	2	1.5	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1.5	0.11	basso
9584	pradiscola	1	1.1	2	1.5	0.25	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1.75	0.11	basso
9585	beghel 1	1	1.1	2	1	0	1	0.5	0.2	1	0.754	1	0.11	basso
9586	beghel 2	1	1.1	2	1	0	1	0.7	0.2	1	0.798	1	0.12	basso
9588	benefizi	1.5	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1	0.10	molto basso
9589	tavernaro	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1	0.07	molto basso
9590	villamontagna	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1	0.07	molto basso

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	132 di 220

CODSOR	Nome	TS	DT	ET	IF	FD	FF	MK	OV	PZ	PI	CP	DHI	Rischio
9591	maderno	1	1.1	2	1	0	0.1	0.7	0.5	1	0.480	1	0.07	molto basso
9592	piazzine	1	1.1	2	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.13	basso
9593	martignano	1	1.1	2	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.13	basso
9594	videsott	1	1.1	2	1.5	0	0.1	0.7	0.5	1	0.480	1.5	0.11	basso
9595	maso martis	1	1.1	2	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.13	basso
9746	ca' de neza	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9747	loc.ca' de nera	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9748	loc.ca' de nera	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9749	loc.ca' de nera	1	1.1	2	1	0	1	0.5	0.2	1	0.754	1	0.11	basso
9750	ca' de neza	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
9751	loc.ca' de nera	1	1.1	2	1.5	0	1	0.4	0.2	1	0.732	1.5	0.17	medio
9959	pegoretti	1	1.2	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.09	molto basso
9971	grezzi - ca' da ronc	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10127	cortesano sud	1	1.1	0.4	1.5	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1.5	0.04	molto basso
10140	non denominata	1	1.1	0.4	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.03	molto basso
10141	non denominata	1	1.1	0.4	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.03	molto basso
10142	presa 1914	1	1.1	0.4	1.5	0	0.1	0.7	0.9	1	0.548	1.5	0.02	molto basso
10144	maso specchio	1	1.1	0.4	1.5	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1.5	0.04	molto basso
10145	non denominata	1	1.1	0.4	1	0.25	1	0.4	0.9	1	0.851	1.25	0.03	molto basso
10146	pra' bona	1	1.1	0.4	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.03	molto basso
10147	non denominata	1	1.1	0.4	1.5	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1.5	0.04	molto basso
10148	non denominata	1	1.1	0.4	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.03	molto basso
10149	non denominata	1	1.1	0.4	1	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1	0.03	molto basso
10150	crozi	1	1.1	0.4	1.5	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1.5	0.04	molto basso
10151	non denominata	1	1.1	0.4	1.5	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1.5	0.04	molto basso
10153	non denominata	1	1.1	0.4	1.5	0	1	0.4	0.9	1	0.851	1.5	0.04	molto basso
10165	non denominata	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1	0.07	molto basso
10166	non denominata	1	1.1	2	1	0	1	0.7	0.2	1	0.798	1	0.12	basso
10167	non denominata	1	1.1	2	1	0.5	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1.5	0.10	molto basso
10188	gabbio	1.5	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.09	molto basso
10189	casotti di gabbio bassa	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10191	non denominata	1	1.1	0.4	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.02	molto basso
10192	conci stelar	1	1.1	2	1	0.5	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.09	molto basso
10193	val delle mole	1	1.1	2	1	0.25	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1.25	0.08	molto basso
10194	non denominata	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10195	non denominata	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10201	fontanazzi dx (furlani)	1	1.2	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10205	non denominata	1	1.2	2	1	0	0.1	0.4	0.9	1	0.482	1	0.08	molto basso
10207	laste dx	1.5	1.5	2	1.5	0	0.1	0.4	0.5	1	0.414	1.5	0.19	medio

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	133 di 220

CODSOR	Nome	TS	DT	ET	IF	FD	FF	MK	OV	PZ	PI	CP	DHI	Rischio
10208	laste sx	1	1.5	2	1.5	0	0.1	0.4	0.5	1	0.414	1.5	0.13	basso
10314	maso cantanghel	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1	0.07	molto basso
10541	fontanelle (val mazor)	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10618	moia'	1	1.1	2	1	0	1	0.5	0.5	1	0.805	1	0.12	basso
10621	casare bassa	1	1.1	0.4	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.01	molto basso
10625	valdacole bassa	1	1.2	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.09	molto basso
10667	tamanini	1	1.1	2	1	0	0.6	0.5	0.2	1	0.590	1	0.09	molto basso
10670	fontanazzi centrale (furlani)	1	1.2	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10743	acqua bianca	1	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.08	molto basso
10812	novaline	1	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.08	molto basso
10813	brusaferro (ianeselli)	1	1.2	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.09	molto basso
10818	selva	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10819	gabbio basso (ripartitore)	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10824	ex maso bellavista	1	1.5	2	1.5	0	0.1	0.4	0.5	1	0.414	1.5	0.13	basso
10825	mosè	1	1.1	2	1	0	0.1	0.4	0.2	1	0.363	1	0.05	molto basso
10826	maso celva	1	1.1	0.4	1.5	0.25	1	0.5	0.2	1	0.754	1.75	0.04	molto basso
10831	elvira	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10854	maestranzi - tomasi	1.5	1.5	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.12	basso
10856	bernardi	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10857	bazzanella	1	1.2	2	1	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1	0.06	molto basso
10858	barcatta	1	1.1	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.09	molto basso
10859	ossena	1	1.1	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.09	molto basso
10860	regole università	1	1.5	2	1.5	0	0.1	0.5	0.5	1	0.436	1.5	0.13	basso
10861	regole toresela	1	1.5	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.12	basso
10862	atzwanger	1	1.2	2	1.5	0	0.1	0.5	0.2	1	0.385	1.5	0.09	molto basso
10891	valsorda bassa pozzetto	1	1.1	2	1	0	0.1	0.5	0	1	0.351	1	0.05	molto basso

Dal punto di vista della distribuzione entro le classi definite sopra si può notare, in Figura 50, come la classe a rischio molto basso sia di gran lunga la più rappresentata (con 142 sorgenti, ossia il 72% del totale); nella classe a rischio basso ricadono invece 45 sorgenti (23% del totale), nella classe media si trovano 9 emergenze (5%) e nessun punto ricade nella classe alta.

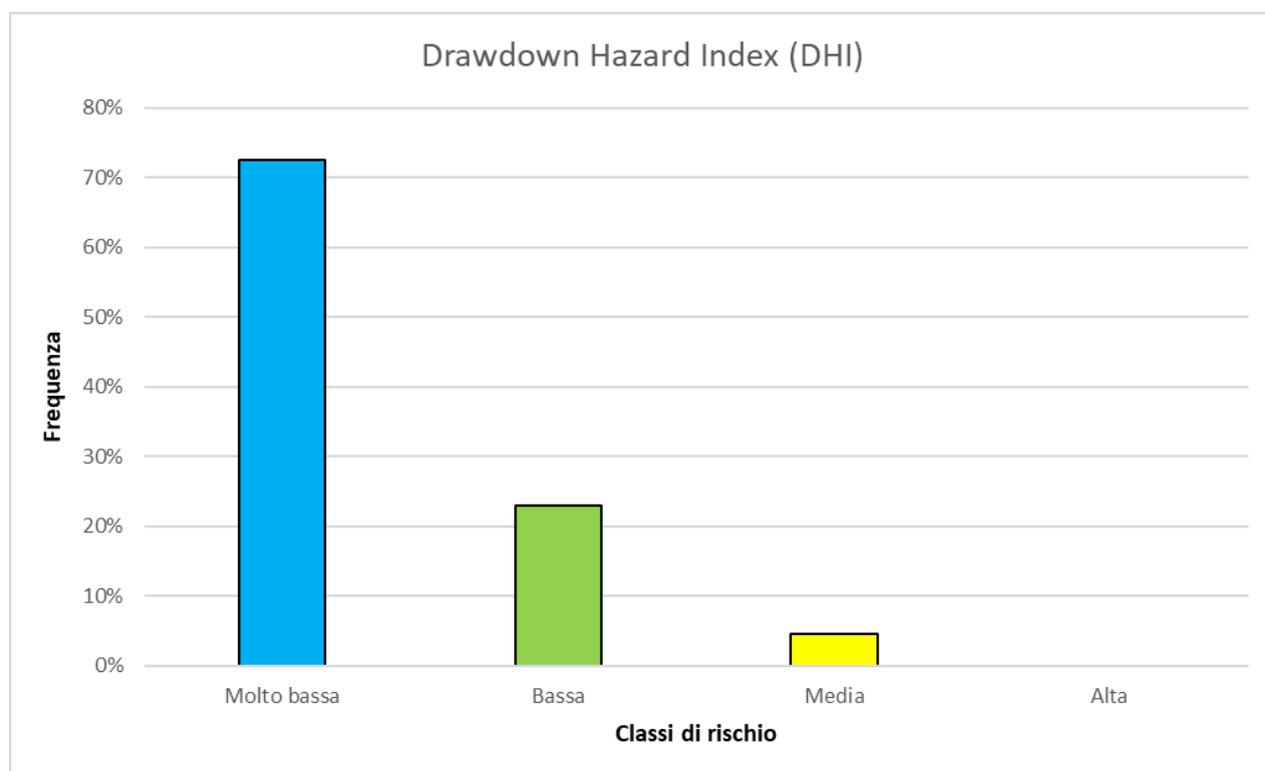


Figura 50. Grafico di frequenza delle classi DHI identificate per le sorgenti in esame.

In Figura 51, si mostra la localizzazione delle sorgenti analizzate, rispetto al tracciato in progetto. Questo dato viene anche riportato nell'apposita tavola in scala 1:25.000, Carta del DHI (IB0Q3AR69G3GE0002002A). Nella figura le sorgenti etichettate sono quelle che hanno mostrato probabilità di interferenza media, nelle proporzioni e quantità indicate in precedenza.

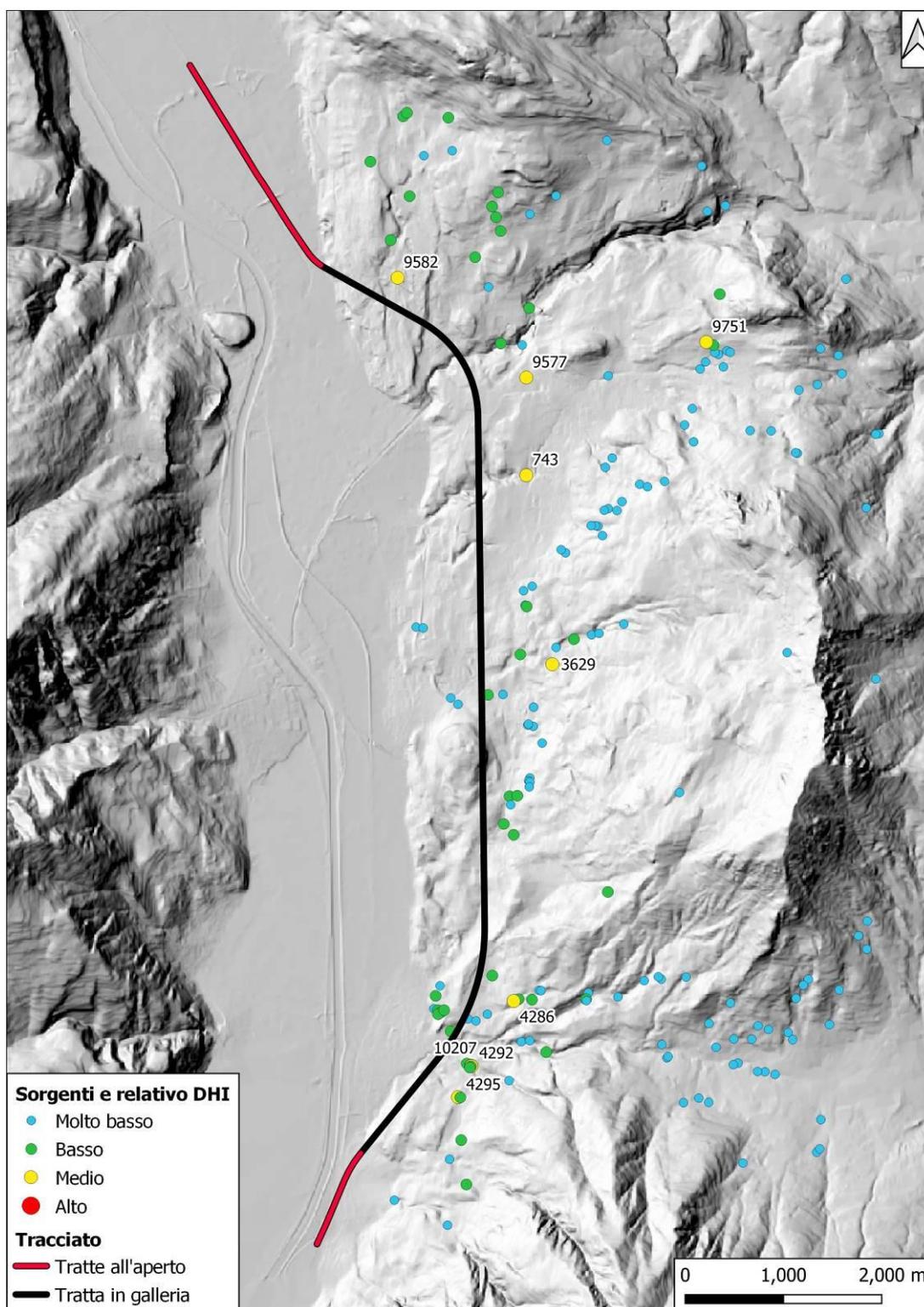


Figura 51. Localizzazione delle sorgenti interessate dall'analisi DHI con il relativo grado di rischio.

La somma delle portate delle sorgenti ricadenti entro la classe di rischio medio si aggira attorno ai 40 L/s (Tabella 14). Di questi, circa 3/4 sono ascrivibili alla sorgente Foll (743). Da segnalare, inoltre, come la sorgente 10207 (Laste dx) sia identificata nel DB della P.A.T. come abbandonata, mentre la sorgente 4292 (Laste bassa) è indicata come opera di presa demolita per cessazione della concessione di sfruttamento nel 2017. La sorgente 9751 (Loc. Ca' de Nera), seppur indicata ad uso potabile, viene dichiarata come inesistente nel medesimo DB della Provincia Autonoma di Trento.

Tabella 14. Dati principali delle sorgenti a rischio DHI medio

CODSOR	Nome	Uso	DHI	Portata media (L/s)
743	foll	potabile	medio	29.2
3629	node	potabile	medio	3.5
4286	brusaferrò bassa	sconosciuto	medio	2.5
4292	laste bassa	potabile (demolita opera di presa nel 2017)	medio	2.0
4295	piani lunghi	Irriguo/potabile/domestico	medio	1.7
9577	Pantè 2	Irriguo	medio	n.d.
9582	beneficio San Leonardo	potabile/domestico/abbeveraggio	medio	n.d.
9751	Loc. Ca' de Nera	Potabile	medio	n.d.
10207	laste dx	abbandonato	medio	2.1
Somma portate				41.0

9.7.3.1 Stima delle venute attese in galleria sulla base del PI

Lungo il profilo idrogeologico è stata riportata una fincatura che rappresenta l'andamento del Potential Inflow (PI). Il calcolo di PI costituisce un passaggio intermedio per valutare il DHI e per questa rappresentazione è stato valutato su tratti di 100 metri lineari. Esso rappresenta una indicazione qualitativa della portata attesa in galleria. Posto infatti che PI e DHI sono i risultati di un metodo parametrico, i valori attesi non possono essere direttamente correlati ad una portata numerica, ma sono da intendere come una indicazione comparativa, nel senso che maggiore risulta il valore di PI maggiore è la portata attesa.

A livello generale si osserva che il valore di PI aumenta in corrispondenza delle discontinuità essendo, queste, vie preferenziali di ingressione d'acqua in galleria. Escludendo i picchi in corrispondenza delle discontinuità si osserva in generale che a parità di litologia il PI tende ad aumentare al diminuire della copertura, e questo fatto deriva dalla parametrizzazione del parametro OV (overburden) il cui valore risulta inversamente proporzionale allo spessore della copertura sopra il cavo.

Un'altra osservazione valida a livello generale su tutto il profilo è la variazione netta del valore di PI al passaggio fra formazioni a diverso grado di carsificabilità (conseguentemente di permeabilità) e grado di fratturazione. Tali parametri sono espressi rispettivamente dalle variabili MK e FF. All'aumentare della classe di MK aumenta infatti la trasmissività attesa della roccia a causa della presenza di possibili vie preferenziali di circolazione idrica (condotti carsici) e quindi aumenta la portata attesa in galleria. Questa situazione si genera in corrispondenza dell'attraversamento dei membri della successione dei calcari grigi (RTZ) nella porzione terminale del tracciato. Stessa considerazione vale per l'incremento del fattore FF che tende ad aumentare in corrispondenza delle zone di faglia.

Per la fascia tettonizzata che caratterizza la Linea Trento-Roncogno al momento si è tuttavia valutato di definire un valore di MK più basso rispetto a quanto indicato pocanzi (vedi Tabella 12). La scelta è stata fatta

in funzione delle prove di permeabilità eseguite nel sondaggio TN4 e presentate in Tabella 8, le quali mostrano valori di conducibilità idraulica nell'ordine di 10^{-8} m/s. Comunque, nell'area il valore di PI rientra nella classe medio-alta (> 0.6) in virtù della fratturazione più spinta del materiale, definita dal parametro FF.

A livello generale e del tutto indicativo per le tratte con PI inferiore a 0.6 si possono stimare venute idriche da modeste a medie, per i tratti con PI compreso fra 0.6 e 0.8 venute idriche da medie a elevate mentre per i tratti con PI superiore a 0.8 venute idriche elevate. Occorre infatti, come accennato, considerare che il risultato deriva da un metodo parametrico a pesi e quindi non è collegabile ad un valore di portata che possa essere quantificata in termini di litri/s.

In Figura 52 è mostrata una rappresentazione planimetrica dell'indice PI lungo la galleria naturale Trento.

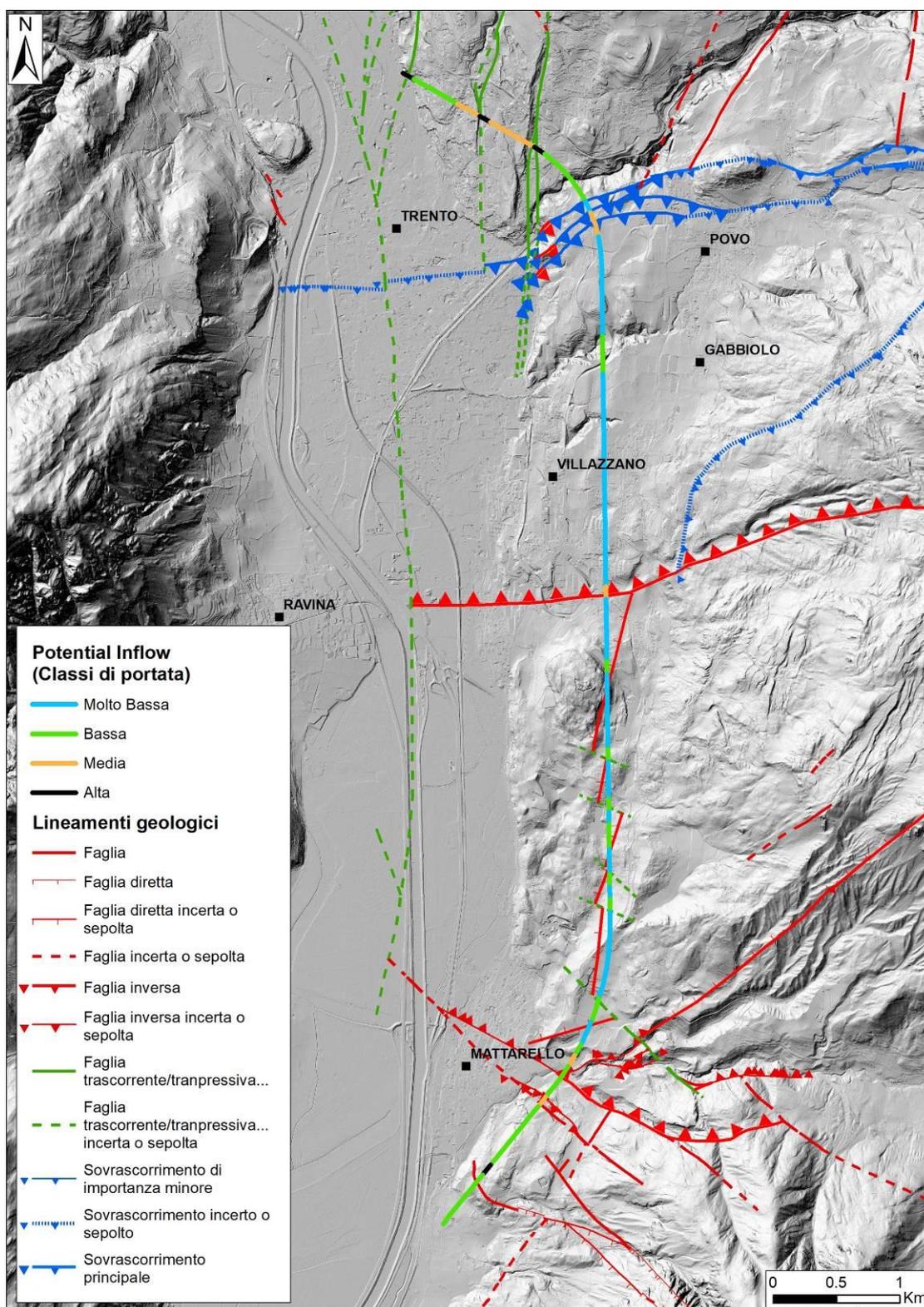


Figura 52. Rappresentazione spaziale del PI lungo la galleria naturale Trento.



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	139 di 220

9.8 Profilo idrogeologico in asse al tracciato

Il profilo idrogeologico in asse al tracciato è riportato nel documento IB0Q30R69F4GE0002001A. Ad ogni formazione geologica, o deposito quaternario, è stata associata la propria classe di permeabilità utilizzando il medesimo cromatismo impiegato nella cartografia idrogeologica prodotta. Lungo il profilo sono state proiettate le sorgenti prossime al tracciato (entro i 500 m e che non risultassero abbandonate) distinguendo con **M** e **V** quelle che ricadono rispettivamente a **Monte** e a **Valle** del tracciato indicando, inoltre, la loro distanza dallo stesso. In particolare, entro i 200 m dal tracciato si sono proiettate tutte le sorgenti presenti, indipendentemente dal loro valore di portata media. Nella fascia compresa tra 200 m e 500 m, sono state invece proiettate solo le sorgenti con portata media maggiore o uguale a 1 l/s. Per il grado di rischio di interferenza relativo ad ogni sorgente si rimanda all'elaborato Carta del DHI (IB0Q30R69G3GE0002003A).

Con un'apposita finca è infine rappresentata la classe di Potential Inflow (PI), dato parametrico derivato dall'applicazione del metodo DHI, che fornisce un'indicazione qualitativa dei potenziali afflussi in galleria. Come visto, si sono definite quattro classi corrispondenti a probabilità crescenti di avere maggiori portate affluenti in galleria durante lo scavo, intese con accezione qualitativa.

Di seguito viene illustrato il profilo idrogeologico in asse al tracciato lungo il binario pari in progetto (lato Adige), suddiviso per tratte.

9.8.1.1 Tratta da pk 0+000 a pk 1+090 circa - Tratta all'aperto zona Acquaviva

Il tracciato corre per i primi 750 metri all'aperto, poi, in galleria artificiale e alla pk 0+840 circa entra in galleria, interessando sempre terreni prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi di origine alluvionale.

L'imbocco sud della Galleria Trento è localizzato in depositi grossolani a permeabilità stimata elevata, riferibili a un conoide alluvionale torrentizio, nei quali l'opera permane fino alla pk 1+090 circa, ove si ipotizza di intercettare il substrato litoide.

Per questa tratta è stato prodotto l'elaborato di riferimento "IB0Q3AR69F5GE0002002A - Profilo idrogeologico Imbocco sud (zona Acquaviva)". Il livello della falda tracciato nell'elaborato, che evidenzia quote della stessa nella piana dell'Adige intorno ai 178-180 m s.l.m., è desunto dalle ricostruzioni piezometriche reperibili in bibliografia (nello specifico si è fatto riferimento alla ricostruzione disponibile nel progetto P.A.T.-RFI, 2008) e appare di qualche metro più basso del piano ferro.

9.8.1.2 Tratta da pk 1+090 a pk 2+565 circa

La tratta abbandona il complesso Alluvionale ed entra nel substrato roccioso caratterizzato da litotipi a permeabilità da bassa a media: esso è dapprima rappresentato dal complesso idrogeologico Pre-Dolomia Principale (gruppo dello Zwischenbildungen (ZW) e, successivamente, Formazione di Travenanzes (TVZ)) e successivamente, dalla pk 1+230 circa dal complesso della Dolomia Principale (DPR). Alla pk 1+480 circa si prevede l'attraversamento di una faglia inversa oltrepassata la quale è presente nuovamente la successione, con contatti stratigrafici e/o tettonici, delle rocce a bassa e media permeabilità dello Zwischenbildungen e del Travenanzes. Ulteriori lineamenti vengono intercettati alle pk 2+180, 2+210, 2+550, 2+565 circa.

Il valore di PI, in questo tratto, risulta entro la classe Bassa, con l'eccezione dei tratti di attraversamento dei lineamenti tettonici, ove è possibile un locale incremento dello stato di fratturazione, con possibili effetti in termini di venute localizzate all'intersezione con le discontinuità.

	ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO					
	Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	140 di 220

9.8.1.3 Tratta da pk 2+565 a pk 6+400 circa

La tratta attraversa ancora formazioni rocciose appartenenti al complesso idrogeologico Pre Dolomia Principale, qui rappresentate dai litotipi del Gruppo dello Zwischenbildungen (ZW), del Werfen (WER) e del Giovo (GIV3). I valori di permeabilità si stimano medi per fratturazione, tranne nel caso dell'attraversamento dello ZW (tra le pk 4+425 e 4+655) caratterizzato da una permeabilità inferiore.

L'assetto tettonico della tratta è dominato da una componente normale orientata NNE-SSW, segmentata da diverse faglie circa NW-SE a prevalente componente trascorrente.

Tale assetto determina un possibile modello di circolazione sotterranea legata alle condizioni di fratturazione dell'ammasso, con valori di PI stimati non superiori alla classe bassa, che tendono a diventare più alti nei tratti caratterizzati da fagliazione, sino a portarsi al limite della classe media.

In superficie risulta presente un esteso corpo di frana, non interferente con l'opera, che funge da serbatoio per le acque di infiltrazione superficiale.

9.8.1.4 Tratta da pk 6+400 a pk 7+800 circa

In questa tratta la galleria continua ad interessare formazioni appartenenti al complesso idrogeologico Pre Dolomia Principale. Attorno alla pk 6+400 si registra l'intersezione con una faglia inversa che potrebbe costituire una zona di attenzione in termini di possibili venute idriche in galleria. Ciò è rimarcato dal localizzato aumento dell'indice di Potential Inflow (PI). Altrove non appaiono ipotizzabili particolari criticità idrogeologiche.

9.8.1.5 Tratta da pk 7+800 a pk 9+215 circa

La tratta entra ora nel dominio delle formazioni vulcaniche permiane (ICT, ICTc, LUB) e successivamente delle filladi quarzifere (VFS) del Basamento metamorfico. Queste formazioni presentando caratteristiche di permeabilità medio-basse, e non si ritiene possano rappresentare un particolare problema in termini di potenziali afflussi in galleria. Un possibile elemento di attenzione può essere rappresentato dal sottoattraversamento, alla pk 8+300 circa, del Rio Salè in conseguenza della riduzione delle coperture (circa 60 m).

Nella porzione terminale del tratto viene invece avvicinato un importante lineamento tettonico, costituito dalla Linea Trento-Roncogno che, costituisce un elemento da attenzionare in virtù di un possibile incremento dello stato di fratturazione dei materiali coinvolti.

9.8.1.6 Tratta da pk 9+215 a pk 11+315 circa

Ad inizio tratta viene attraversata la linea Trento Roncogno, precedentemente citata, una struttura legata al sistema tettonico valsuganense, a sud della quale sono presenti litotipi a permeabilità limitata (Filladi e arenarie di Val Gardena). Si tratta di una zona deformata e tettonizzata nella quale, come rappresentato sul profilo, è ipotizzabile un aumento del grado di fratturazione. Da notare come le prove di permeabilità eseguite nel sondaggio TN4 abbiano comunque indicato caratteristiche di conducibilità idraulica modeste (con valori attorno a 10^{-8} m/s). Nonostante i bassi valori di permeabilità si registra comunque un aumento del valore di PI legato alle caratteristiche di fratturazione del materiale attraversato.

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	141 di 220

Superata la discontinuità il tracciato entra nella formazione del Rosso Ammonitico ove non si prevedono condizioni di venute in galleria importanti in virtù della permeabilità della formazione e della sua modesta attitudine allo sviluppo di fenomeni carsici.

A seguire, il tracciato entra invece nel complesso dei Calcari Grigi (Membro di Rotzo – RTZ) dove permane fino circa alla pk 10+800.

Il complesso calcareo, permeabile per fratturazione e carsismo, è inoltre interessato da alcune faglie a direzione circa N-S, NNE-SSW (pk 10+095, 10+130 e 10+600) che sono identificabili come zone di concentrazione di flussi a genesi tettono-carsica in corrispondenza delle quali potrebbero verificarsi venute concentrate (rispecchiate dagli alti valori di PI calcolati).

Il sottoattraversamento del T. Fersina alla pk 9+625 è caratterizzato da una copertura dell'ordine dei 50 metri, tuttavia in formazioni come la Scaglia Rossa (SAA) a minore permeabilità rispetto ai Calcari Grigi e in condizioni giacitureali (strati suborizzontali) sfavorevoli al drenaggio verticale.

Dalla pk 10+800 alla pk 11+315 circa vengono attraversate in sequenza le formazioni del Rosso Ammonitico (ARV), della Maiolica (MAI), della Scaglia Rossa (SAA) a permeabilità media ed infine la formazione di Chiusole (CHI), a più bassa permeabilità, che chiude lateralmente l'acquifero. Una zona di faglia, a pk 11+270 costituisce l'unico elemento di attenzione di questa porzione terminale della tratta.

9.8.1.7 Tratta da pk 11+315 a fine progetto - Tratta all'aperto zona Scalo Filzi

Per questa tratta è stato prodotto l'elaborato di riferimento "IB0Q3AR69F5GE0002001A - Profilo idrogeologico zona Scalo Filzi". Il livello della falda tracciato nell'elaborato, ove si rappresenta una quota di falda nella zona dello Scalo Filzi intorno ai 188-189 m s.l.m., è desunto dalle ricostruzioni piezometriche reperibili in bibliografia (nello specifico si è fatto riferimento alla ricostruzione mostrata nel documento ISER, 2013).

Alla pk 11+315 termina la galleria naturale e, una ventina di metri dopo, l'opera abbandona il substrato roccioso ed interessa i depositi alluvionali dell'Adige. Gli scavi della galleria artificiale interesseranno un orizzonte superficiale di depositi limoso-argillosi a bassa permeabilità sotto al quale sono presenti terreni prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi a permeabilità stimata da alta a media per porosità, sottofalda, con modesti battenti idraulici rispetto al piano ferro. Procedendo verso nord il battente tende a diminuire, contestualmente all'innalzamento del piano ferro, fino ad arrivare alla pk 12+850 circa in cui il piano ferro diviene più alto della falda.

10 ELEMENTI DI SISMICITÀ

10.1 Principali sorgenti sismogenetiche

Come già precedentemente accennato, i principali sistemi di faglia riconosciuti nell'area trentina sono afferenti alle seguenti strutture (Figura 53):

1. Linea Schio-Vicenza (orientazione NW-SE);
2. Linea delle Giudicarie (orientazione NNE-SSW);
3. Linea della Valsugana (orientazione ENE-WSW).

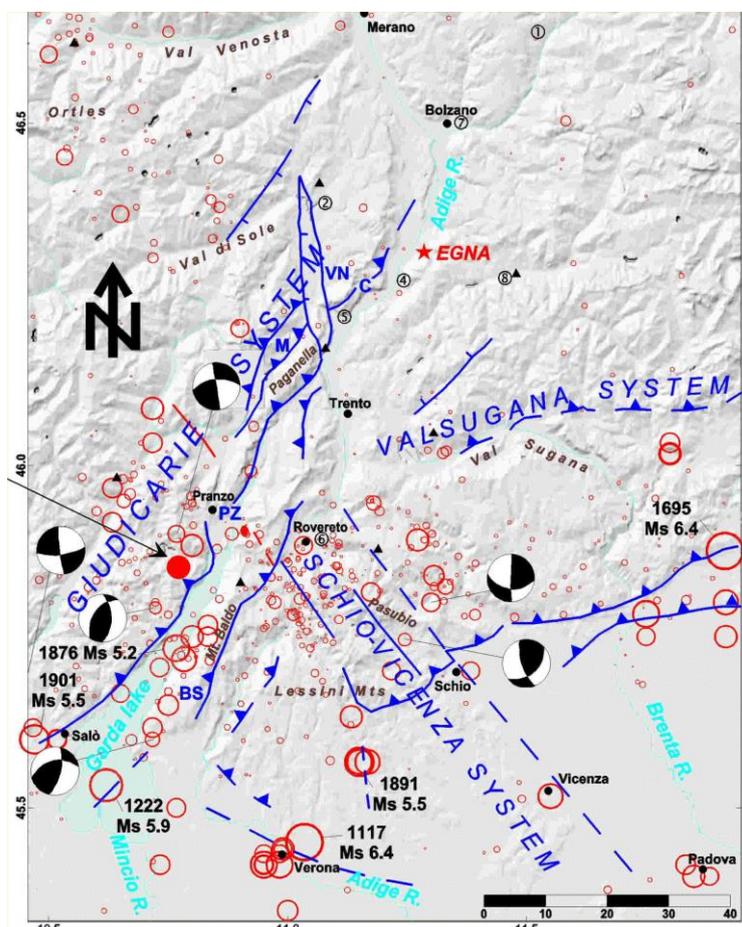


Figura 53. Principali sistemi tettonici presenti nell'area trentina.

Per l'individuazione delle principali strutture sismogenetiche nell'area è stata utilizzata la versione 3.2.1 del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy" (DISS INGV, 2018. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>), che contiene le sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti.

L'assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull'andamento dei maggiori sistemi di faglie attive. Ad un esame dei dati si nota la presenza di un'area sismogenetica nella zona a sud ed est dell'asse Rovereto-Trento (ITCS048 - Linea delle Giudicarie), potenzialmente in grado di generare sismi con Mw 5.7, un'area nella zona sud-ovest di Rovereto (ITCS073 - Linea di Monte Baldo) potenzialmente in grado di generare sismi con Mw 5.5, un'area nella zona delle Prealpi vicentine (ITCS175 - Porzione della linea Schio-Vicenza), potenzialmente in grado di generare sismi con Mw 5.5, due aree adiacenti a quest'ultima (ITCS007 - Thiene-Corunda e ITCS105 - Bassano - Vittorio Veneto) in grado di generare sismi con Mw 6.6 e 6.5 rispettivamente.

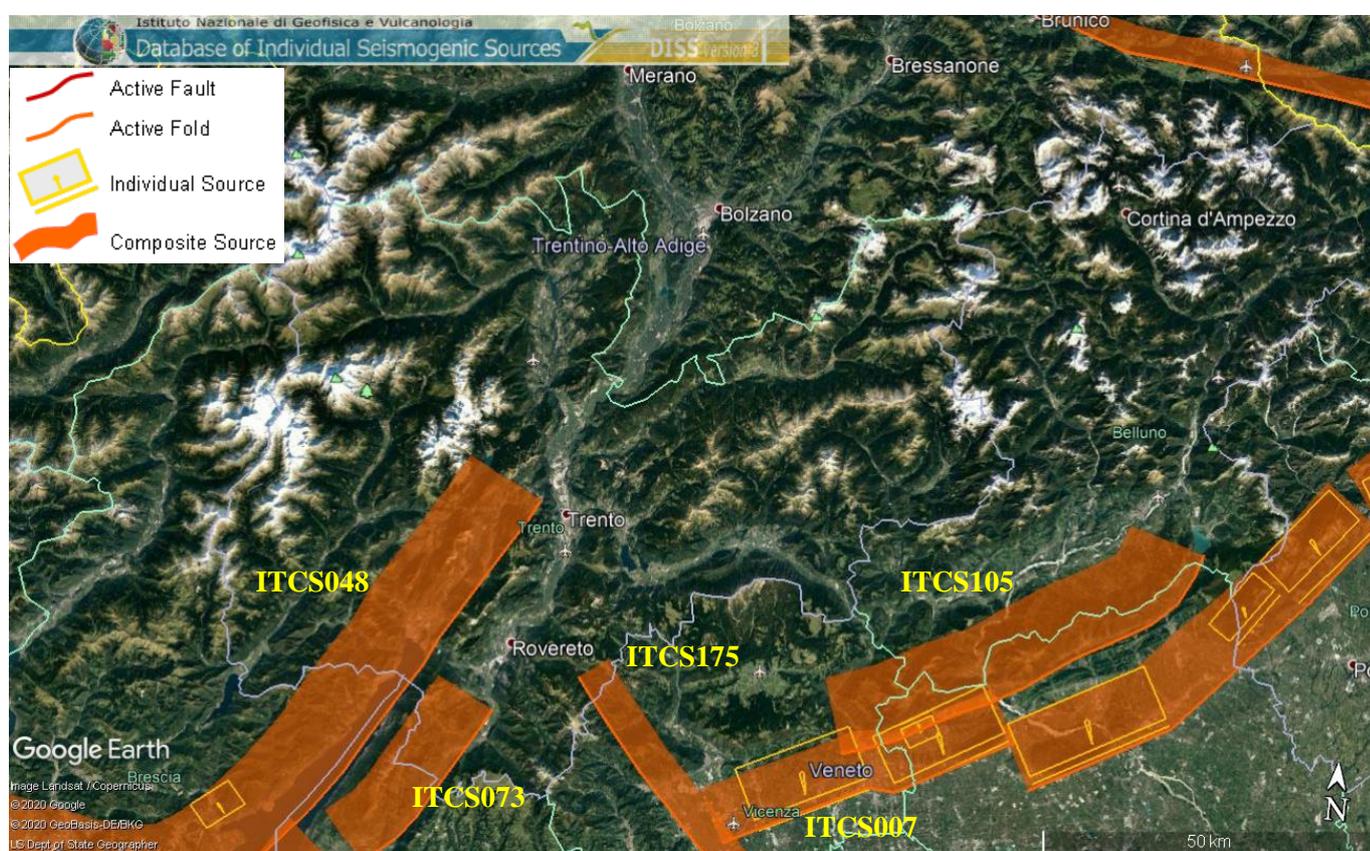


Figura 54. Sorgenti sismogenetiche contenute nella versione 3.2.1 del “Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy” per l’area trentina.

L’attività sismica di questo settore è principalmente concentrata lungo i lineamenti tettonici orientati NNE-SSW, appartenenti dunque al sistema tettonico delle Giudicarie, caratterizzati da un cinematismo di tipo compressivo-transpressivo avente stress massimo con orientamento in senso E-W, circa perpendicolare al fronte della catena delle Giudicarie.

La sismicità che si manifesta con maggiore concentrazione in corrispondenza della giunzione tra quest’ultimo sistema strutturale e quello della faglia Schio-Vicenza, diminuisce velocemente sia per frequenza che per magnitudo, spostandosi lateralmente. Così come indicato dal Catalogo Sismico della Rete Sismometrica ed Accelerometrica della P.A.T., l’area meridionale della Provincia di Trento risulta quella maggiormente attiva dal punto di vista sismico. In Figura 55 si evidenzia la sismicità strumentale nel periodo 1994-2012. Si nota come l’attività sismica sia concentrata soprattutto nell’area del Lago di Garda, nella bassa valle dell’Adige, nei Lessini, nel Bellunese-Feltrino e nell’Alta Valtellina.

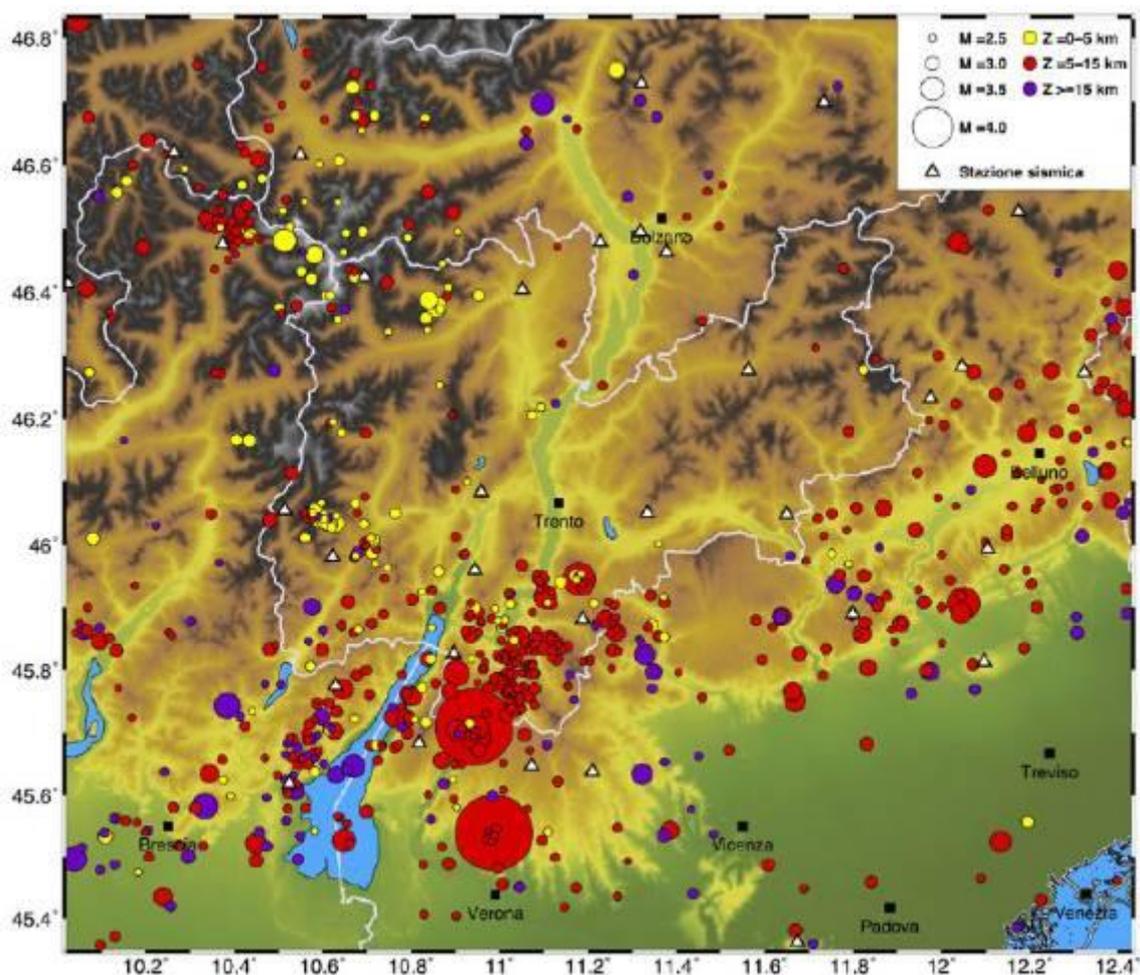


Figura 55. Sismicità Strumentale del Trentino nel periodo 1994-2012 (Tratto dal sito della Protezione Civile della P.A.T.).

In accordo con i dati finora analizzati anche la distribuzione della magnitudo calcolata e del momento sismico scalare M_0 (la grandezza più utilizzata in campo sismologico per misurare la dimensione di un terremoto) basati sulle rilevazioni della Rete Sismica Provinciale tra il 1994 e il 2013, mostra come l'area del Trentino meridionale (inclusa all'interno dell'ampia fascia alpina meridionale) risulti quella col maggior rilascio di momento sismico (Figura 56).

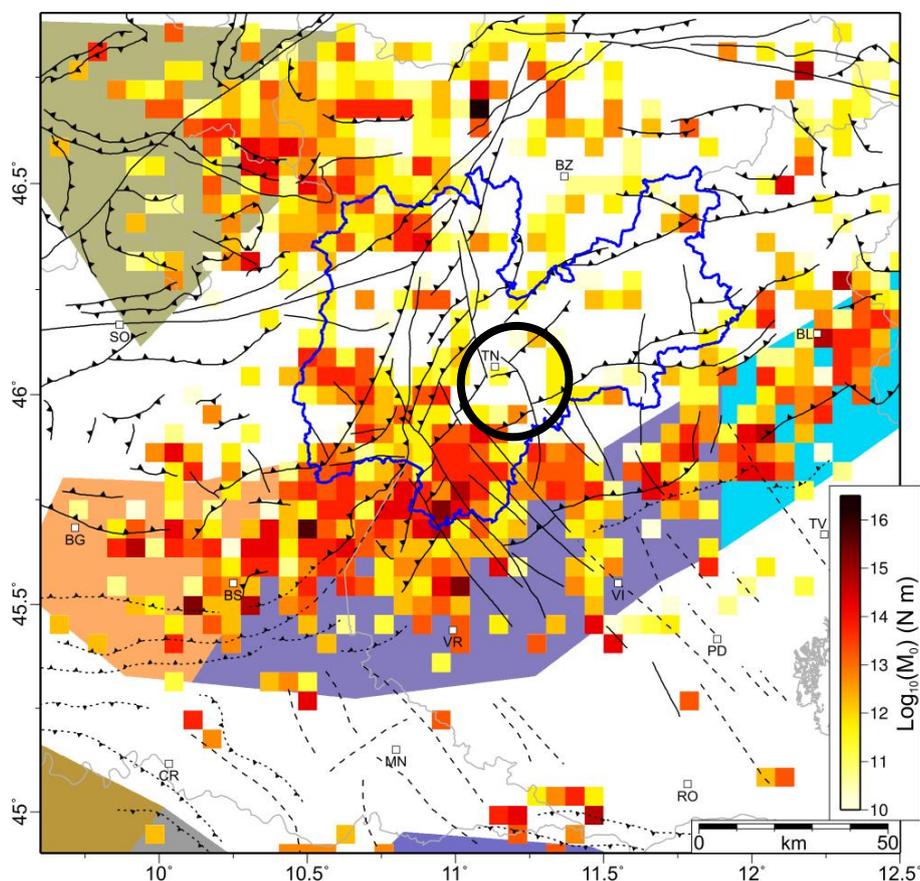


Figura 56. Mappa del Momento Sismico in Trentino – (da http://www.protezionecivile.tn.it/binary/pat_protezione_civile/primop_territorio/Momento_sismico1000.1418374266.jpg). All'interno dell'ovale in nero la zona interessata dal progetto.

10.2 Classificazione sismica del territorio

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per la definizione delle zone sismiche, inizialmente inseriti nell'allegato 1 dell'O.P.C.M. 3274/03 e successivamente aggiornati con l'O.P.C.M. 3519/06, con la deliberazione della G.P. n. 2919 del 27 dicembre 2012 è stata approvata la zonazione sismica del territorio provinciale.

In seguito all'entrata in vigore della nuova classificazione sismica della Provincia Autonoma di Trento il territorio risulta diviso in due aree principali (Figura 57), una considerata debolmente sismica (zona 3), l'altra a bassa sismicità (zona 4).

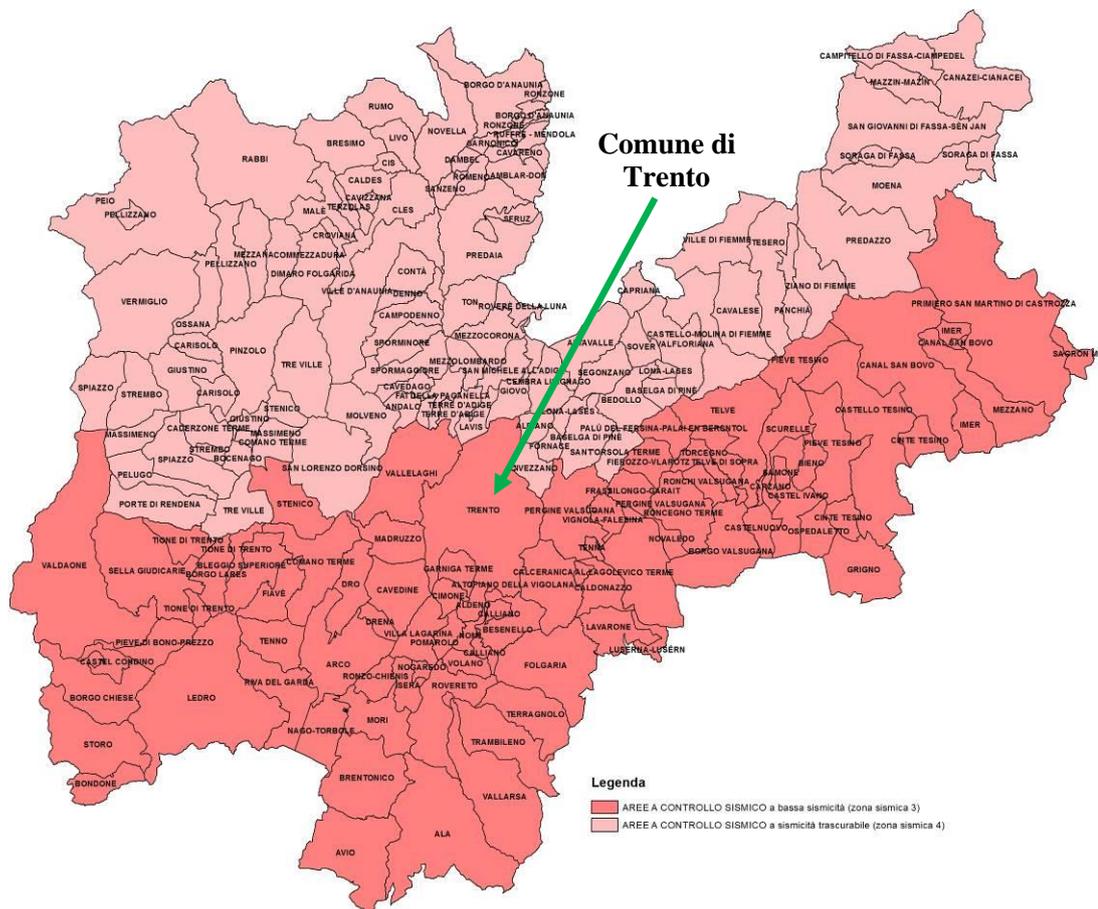


Figura 57. Classificazione sismica del territorio provinciale (da <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Sismologia/-Classificazioni/pagina8.html>)

Con riferimento alla suddetta deliberazione della G.P. n. 2919, il comune di Trento, l'unico attraversato dall'opera in progetto, risulta classificato in zona sismica 3.

Rispetto alla classificazione sismica del comune di Trento ed in base alla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. 28/04/2006 n.3519), il range di accelerazione massima del suolo, con probabile eccedenza del 10% in 50 anni, nell'area in studio è compresa tra 0.05 e 0.15 g (Tabella 15).

Tabella 15. Valori di accelerazione massima del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, a_g/g)
1	>0.25	0.35
2	0.15 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	<0.05	0.05

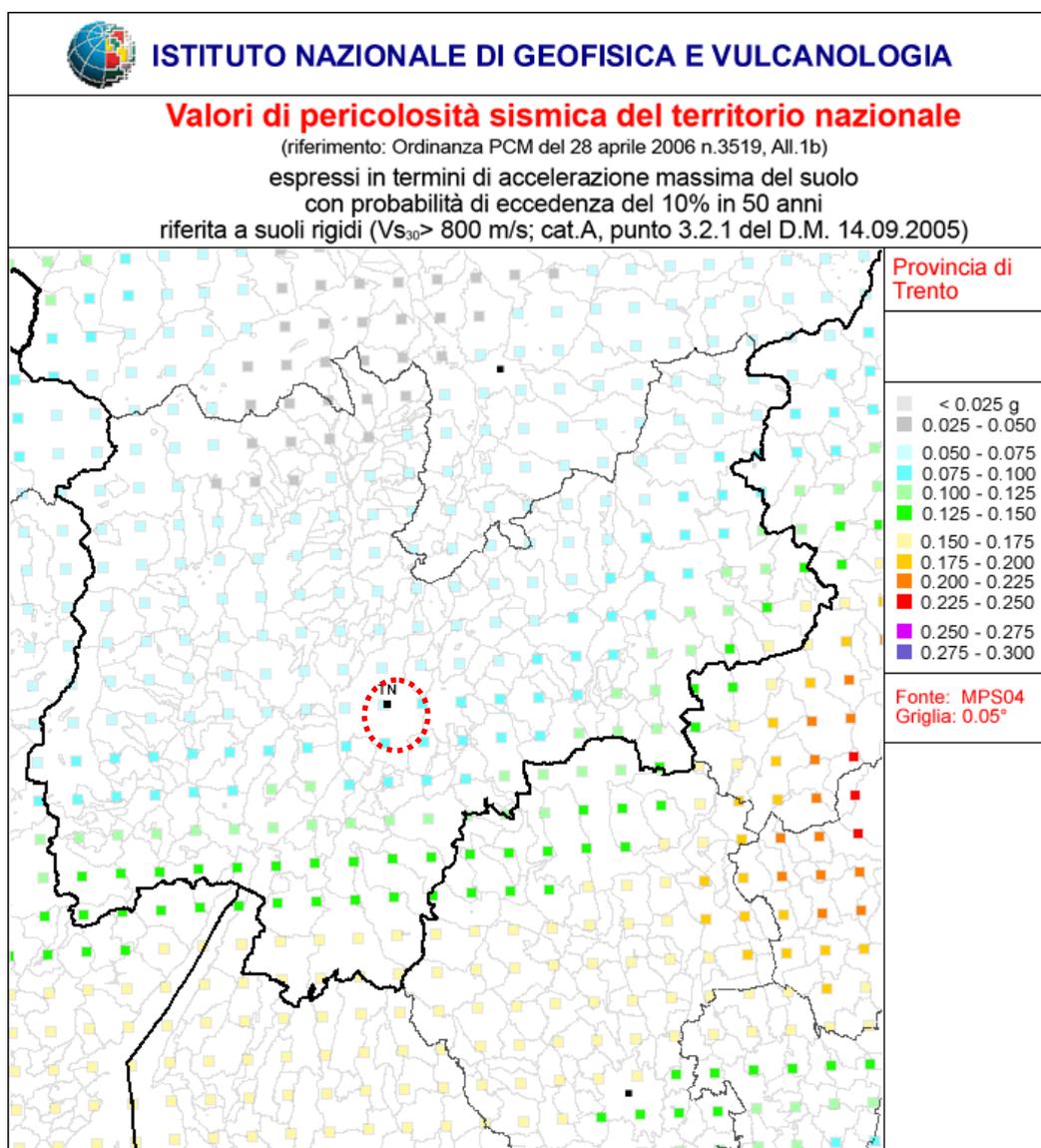


Figura 58. Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800\text{ m/s}$) (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

In Tabella 16 vengono forniti, per il Comune di Trento e per periodi di ritorno T_R di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri a_g , F_0 e T_{C^*} da utilizzare per definire l'azione sismica nei diversi stati limite considerati.

Nel dettaglio:

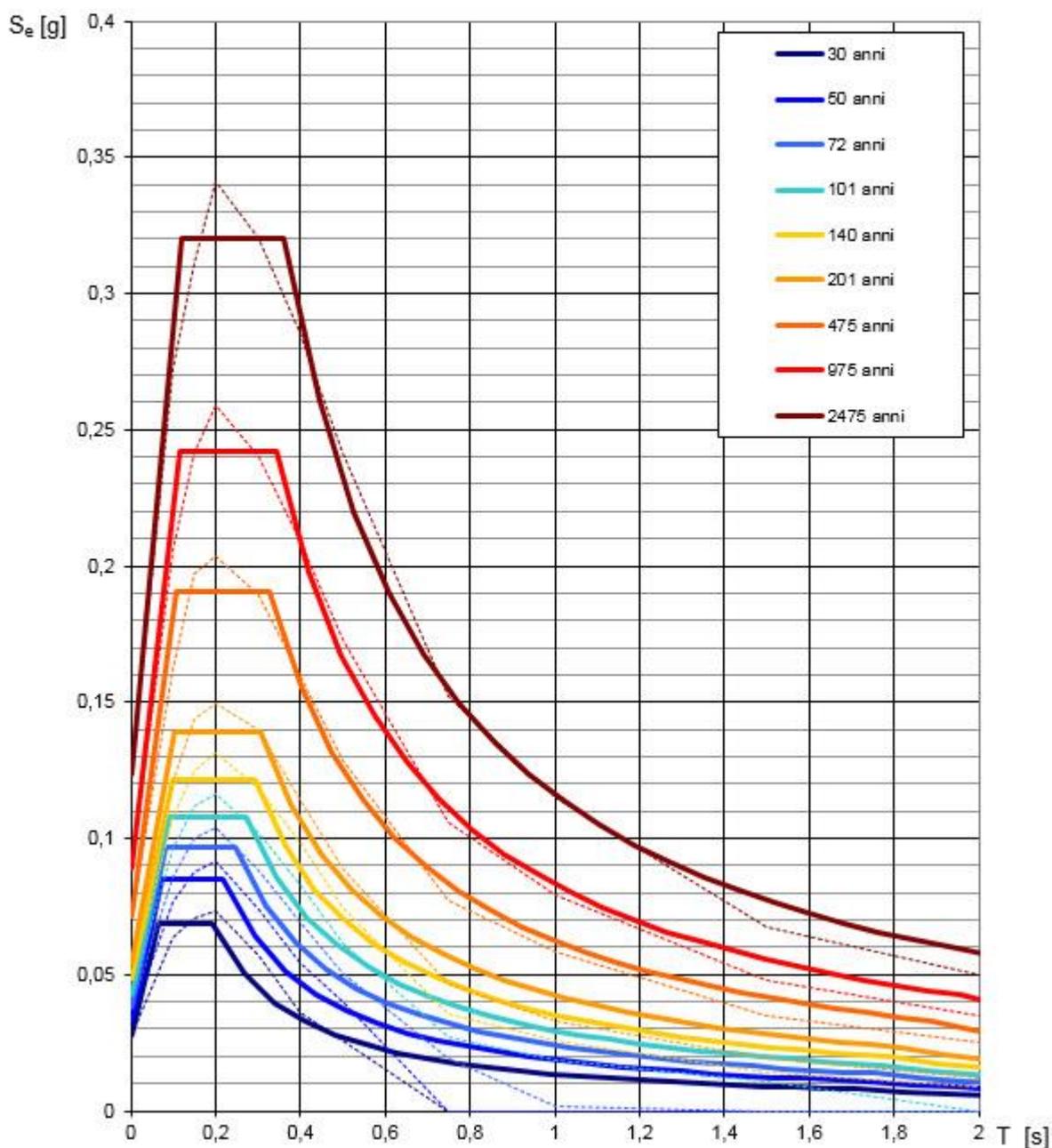
a_g = accelerazione orizzontale massima al sito su suolo tipo A;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{C^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tabella 16 Valori dei parametri di a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento.

TR [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^*
30	0,027	2,509	0,194
50	0,034	2,533	0,219
72	0,038	2,546	0,248
101	0,043	2,516	0,273
140	0,049	2,498	0,291
201	0,054	2,548	0,305
475	0,072	2,663	0,327
975	0,089	2,712	0,344
2475	0,123	2,595	0,362



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 59. Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento.

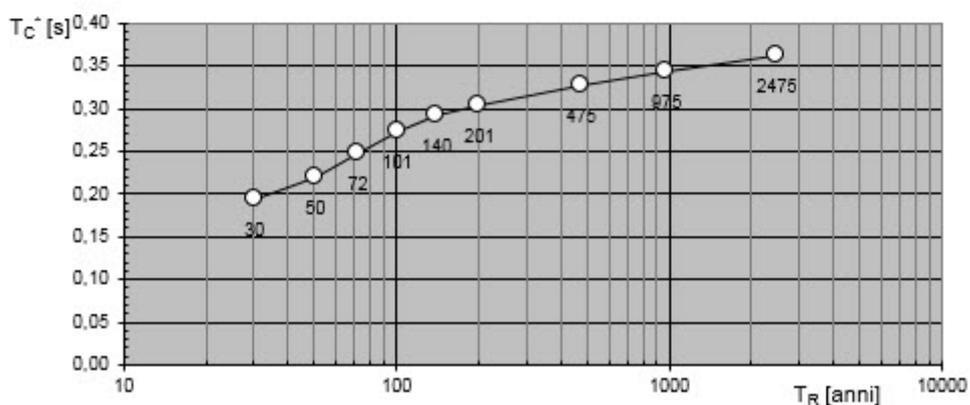
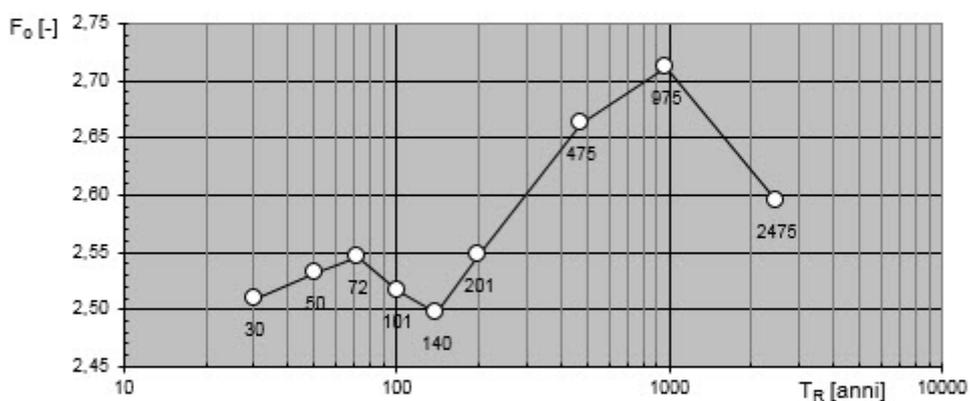
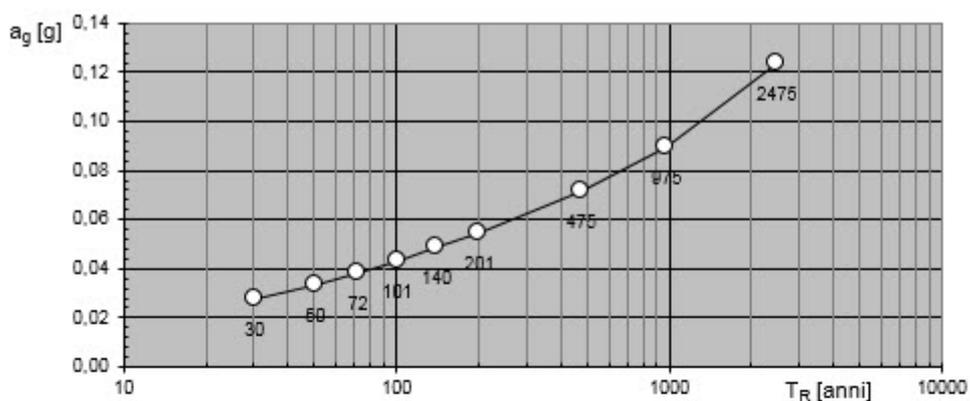


Figura 60. Valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* col periodo di ritorno T_R .

10.3 Sismicità storica

In base alla consultazione del “Database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno” (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>), e del “Catalogo dei Forti Terremoti 760 a.C.-1997 | CFTI” (<http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>), come è stato evidenziato da Viganò (2009), il comparto giudicario-lessineo, risulta caratterizzato da eventi sismici moderati ($M_w < 5$).

Nel seguito si riporta un breve riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il comune attraversato dall’infrastruttura in progetto (Tabella 17), laddove disponibili, al fine di meglio inquadrare la sismicità il territorio attraversato.

Le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15, il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15, realizzato con il contributo parziale del progetto INGV-DPC S1.

Pertanto, nelle successive tabelle si intende:

- I: Intensità al sito (scala MCS);
- Ax: area epicentrale;
- Np: numero complessivo delle località per le quali è fornita la valutazione dell’intensità nei rispettivi database;
- Io: Intensità epicentrale nella scala MCS;
- Mw: Magnitudo momento.

Tabella 17. Storia sismica di Trento (TN) [46.064, 11.124].

Effetti	In occasione del terremoto del:	Ax	Np	Io	Mw
I[MCS]	Data				
7	1348 01 25	Alpi Giulie	89	9	6.63
G	1410 06 10 21	Verona	5		
2	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92
2	1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese	22		
6	1719 12 12 19	Valli Giudicarie	2	5	4.16
F	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6.68
3	1756 02 26	Valle del Brenta	3	4	3.70
4-5	1776 07 10	Prealpi Friulane	19	8-9	5.82
4	1785 07 19 22 30	Val Lagarina	5	4	3.70
4-5	1812 10 25 07	Pordenonese	34	7-8	5.62
F	1826 06 24 12 15	Garda occidentale	20	5	4.62
4-5	1827 04 02 00 20	Bassa Engadina, Ardez	10	6	5.00
3-4	1836 06 12 02 30	Asolano	26	8	5.53
3-4	1851 08 03	Valli Giudicarie	15	6	4.92

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	152 di 220

4-5	1859 01 20 07 55	Prealpi Trevigiane	36	6	4.80
3-4	1868 05 22 21 15	Garda settentrionale	11	5	4.40
6	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
4	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
5	1885 12 29	Alpago Cansiglio	47	6	4.96
4	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
F	1890 03 26 20 10	Bellunese	48	6	4.82
4	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4	1892 01 05	Garda occidentale	93	6-7	4.96
3	1892 08 09 07 58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
3	1894 02 09 12 48 0	Valle d'Illasi	116	6	4.74
4-5	1894 11 27 05 07	Bresciano	183	6	4.89
4	1895 04 14 20 17 3	Ljubljana	810	8-9	5.98
3-4	1895 06 10 01 47	Prealpi Trevigiane	73	6	4.85
4	1897 01 27 01 35	Prealpi Vicentine	16	4-5	4.11
5	1900 03 04 16 55	Asolano	98	6-7	5.05
4	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
2-3	1904 03 10 04 23 0	Slovenia nord-occidentale	57		
2-3	1908 07 10 02 13 3	Carnia	119	7-8	5.31
4-5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
3-4	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
4	1924 12 12 03 29	Carnia	78	7	5.42
4	1926 01 01 18 04 0	Carniola interna	63	7-8	5.72
3	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
4-5	1931 04 14 22 13	Valli Giudicarie	160	6	4.77
NF	1934 05 04 13 56	Carnia	80	6	4.69
5	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
F	1942 06 20 14 42	Garda settentrionale	2	5	4.16
4	1943 07 24 01 44	Feltrino	29	7	5.07
3	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
NF	1952 01 18 01 36	Pordenonese	108	5	4.44
3-4	1959 04 26 14 45	Carnia	122	7-8	5.21
5	1960 02 19 02 30	Valli Giudicarie	50	6	4.81
4	1961 11 23 01 12 0	Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86
4-5	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	153 di 220

5-6	1968 06 22 12 21 3	Val Lagarina	27	6-7	4.74
3-4	1970 04 19 18 16 3	Garda occidentale	65	5	4.55
4	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1975 01 11 15 54	Monte Baldo	13	5-6	4.42
6	1976 05 06 20 00 1	Friuli	770	9-10	6.45
6	1976 09 11 16 35 0	Friuli	40	7-8	5.60
6	1976 09 15 09 21 1	Friuli	54	8-9	5.95
4	1976 12 13 05 24	Garda settentrionale	128	7	4.90
F	1977 04 03 03 18 1	Friuli	25	5	4.51
4-5	1977 09 16 23 48 0	Friuli	94	6-7	5.26
3-4	1978 12 05 15 39 0	Romagna	34	4-5	4.61
3-4	1978 12 12 15 14 4	Dolomiti Friulane	56	5-6	4.35
3	1979 02 09 14 44	Bergamasco	73	6	4.78
F	1979 04 18 15 19 1	Friuli	72	6-7	4.66
3	1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7	4.57
3-4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
5-6	1989 09 13 21 54 0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
5	1994 10 24 23 22 4	Val Lagarina	75	5	4.15
3	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3-4	2001 07 17 15 06 1	Val Venosta	657	5-6	4.78
4	2002 02 14 03 18 0	Carnia	338	5-6	4.67
F	2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7	5.36
3	2011 07 17 18 30 2	Pianura lombardo-veneta	73	5	4.79

10.4 Microzonazione Sismica della Provincia Autonoma di Trento

Come noto la Microzonazione Sismica indaga i possibili effetti di sito dovuti allo scuotimento generato da un terremoto in profondità. Tali effetti possono essere infatti amplificati alla superficie in funzione delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche. Può essere suddivisa in tre livelli di approfondimento (Primo, Secondo e Terzo Livello), progressivamente implementati, a partire da una descrizione qualitativa o semi-quantitativa dei fenomeni sino ad una loro specifica e dettagliata definizione quantitativa.

Negli anni recenti, per l'intero territorio Trentino è stata redatta dal Servizio Geologico della Provincia la "Carta della Microzonazione Sismica di Primo Livello" (vedi Figura 61) che individua in modo qualitativo settori omogenei dal punto di vista del comportamento sismico, valutando possibili amplificazioni di tipo stratigrafico o topografico. Nell'elaborato cartografico sono identificate come zone stabili prive di amplificazioni locali, quelle caratterizzate da substrato roccioso affiorante o sub-affiorante in presenza di topografia con acclività inferiore ai 15°. Le zone suscettibili di amplificazioni locali di tipo topografico sono

quelle ove il substrato presenta acclività maggiore di 15°. Le amplificazioni stratigrafiche locali si individuano invece in corrispondenza delle aree con depositi di versante e quelle lungo le vallate con depositi a granulometria grossolana o medio-fine. In presenza di depositi medio-fini si attendono i massimi effetti di amplificazione locale. Le zone suscettibili di instabilità sono infine quelle caratterizzate da movimenti gravitativi soggetti a potenziale innesco a seguito del sisma. In Figura 62 è riportato un estratto di tale cartografia riferito all'area di progetto.

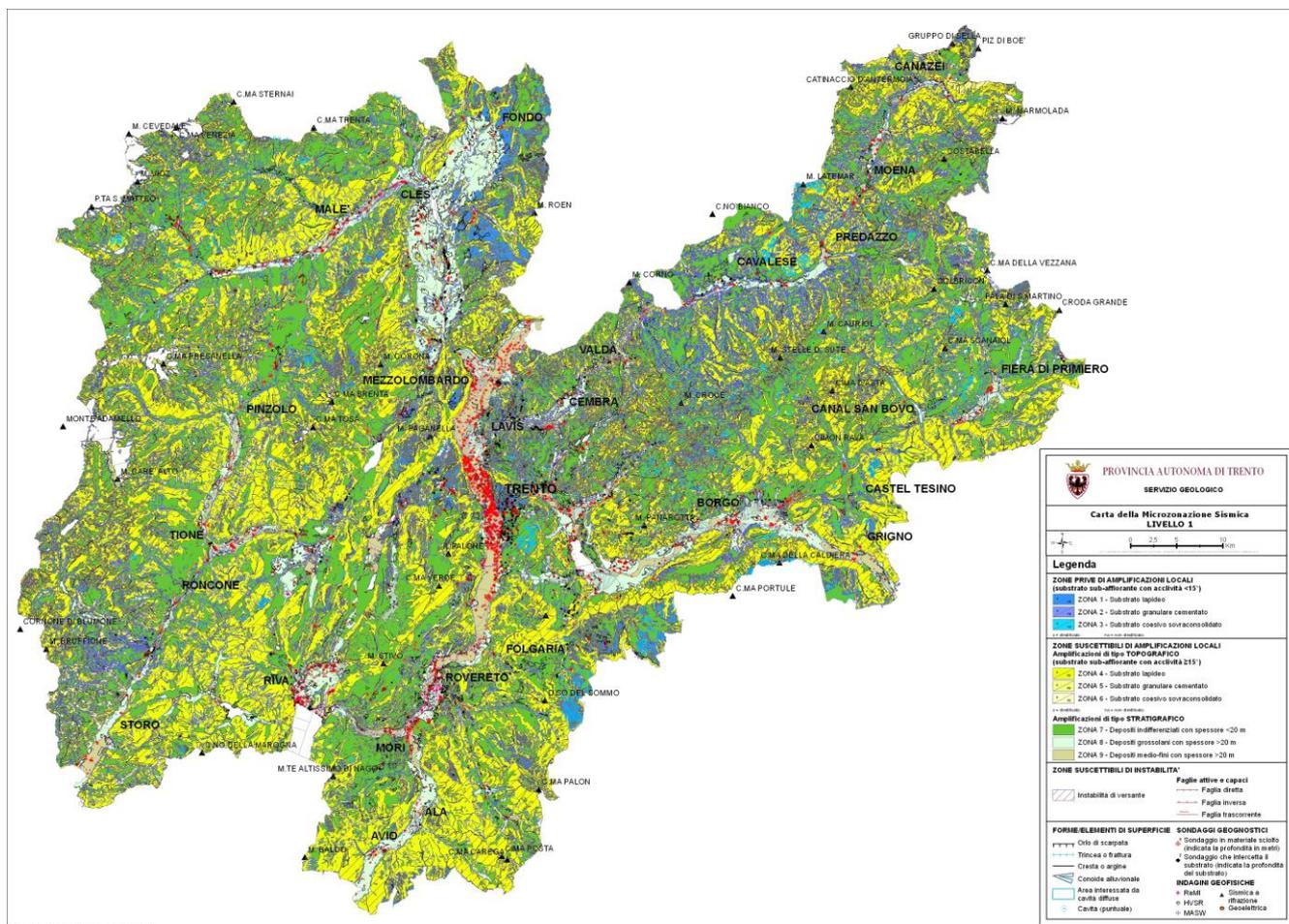


Figura 61. Carta di Microzonazione sismica di 1° livello (estratto da http://www.protezionecivile.tn.it/binary/pat_protezione_civile/primop_territorio/mzs_A4.1330431791.jpg).

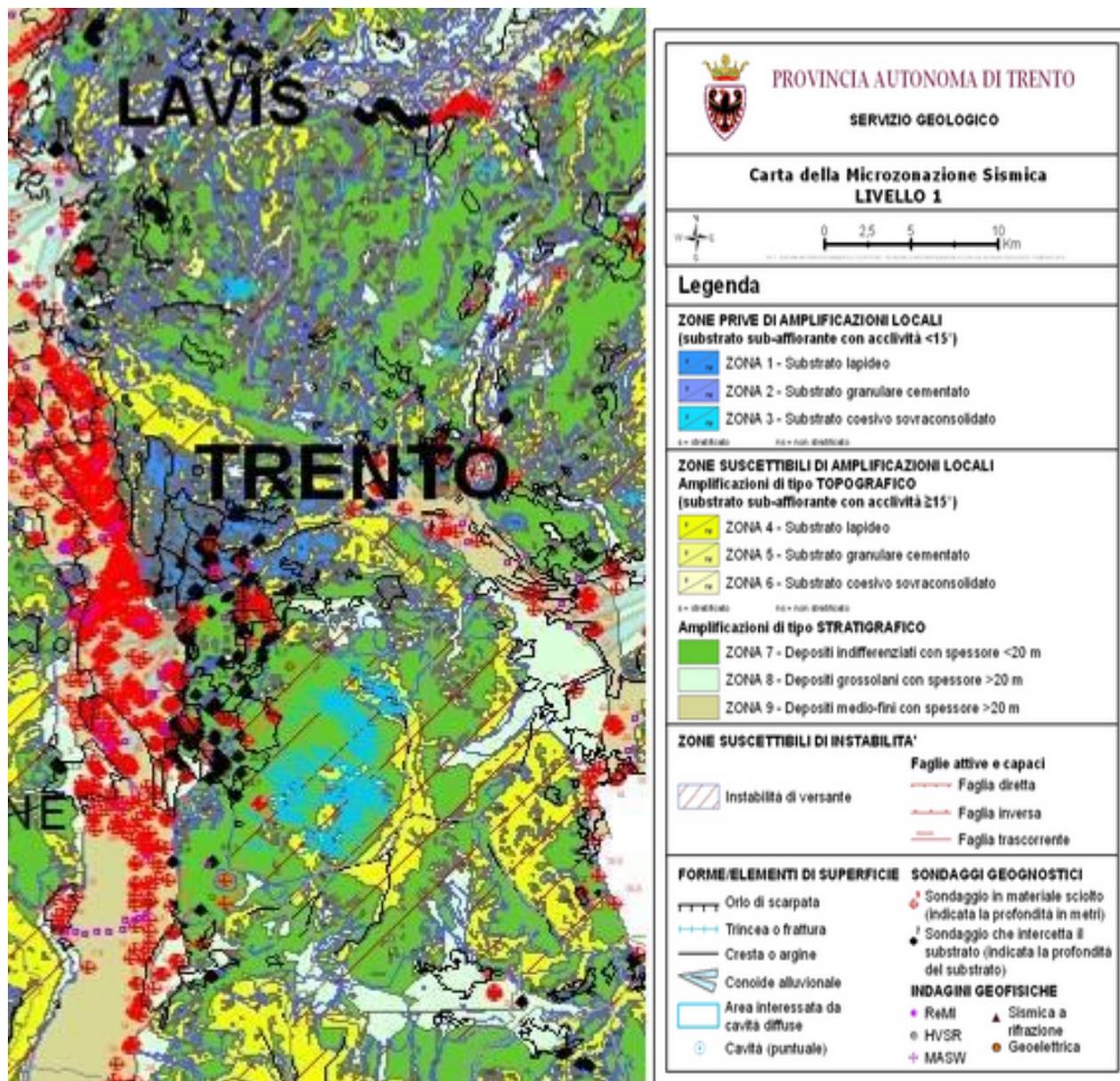


Figura 62. Stralcio della carta di microzonazione sismica di 1° livello per l'area di sviluppo del tracciato ferroviario.

10.5 Magnitudo di riferimento

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS 2.0-2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di potenziali futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i rate di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica (Figura 63) è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale, la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento Mw.

Nel caso di siti che ricadono al di fuori di tali zone si dovrà eseguire un'analisi accoppiata magnitudo distanza per il calcolo del valore di magnitudo in relazione alla distanza minima di ogni sito dalle zone sismogenetiche circostanti.

Il territorio in oggetto non ricade all'interno di nessuna zona sismogenetica, ma risulta essere ubicato a 60 km dalla zona sismogenetica 905 "Friuli – Veneto orientale" (Mw=6.60), a 22 km dalla zona sismogenetica 906 "Garda Veronese" (Mw=6.60) ed a 46 km dalla zona sismogenetica 907 "Bergamasco" (Mw=6.14); pertanto risulta necessaria l'analisi magnitudo-distanza in riferimento a tali zone sismogenetiche. In particolare, si verifica per ciascuna zona se la magnitudo della zona sismogenetica Mw(i) è inferiore o superiore alla magnitudo Ms(i) fornita dalla seguente relazione:

$$Ms_{(i)} = 1 + 3 \cdot \log(Ri) \quad (\text{Aiello E., 2014})$$

dove Ri è la minima distanza del sito dalla zona sismogenetica i.

Nel caso in oggetto, i due valori di Ms(i) così definiti risultano:

$$Ms_{(905)} = 1 + 3 \cdot \log(60) = 6.33$$

$$Ms_{(906)} = 1 + 3 \cdot \log(22) = 5.03$$

$$Ms_{(907)} = 1 + 3 \cdot \log(46) = 5.99$$

Nel caso in cui almeno una Ms(i) calcolata per le zone sismogenetiche circostanti è inferiore alla Mw(i) della stessa zona per la quale è stata calcolata Ms(i), si assume come Mw il valore di Magnitudo più alto tra le zone sismogenetiche circostanti; se invece tutte le Ms(i) calcolate sono superiori alle Mw(i), si determina la magnitudo con il metodo della disaggregazione (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Nel caso in oggetto, tutte le Ms(i) calcolate sono inferiori alle Mw delle sorgenti sismogenetiche; pertanto può essere definita la seguente magnitudo di riferimento M = 6,60.

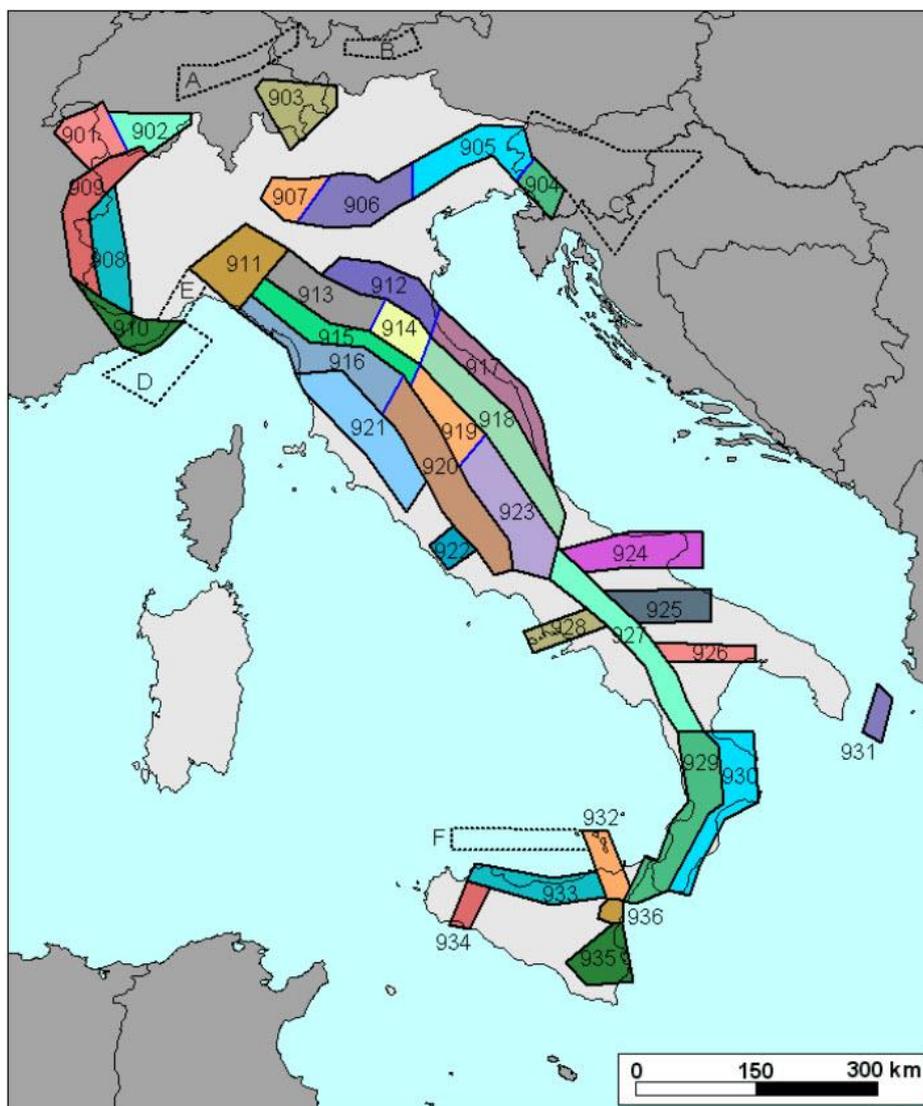


Figura 63. Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento.

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Figura 64. Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9.

Relazione geologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	158 di 220

10.6 Parametri per la determinazione dell'azione sismica di riferimento

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di sottosuolo nonché le condizioni topografiche del sito di interesse.

10.6.1 Categoria di sottosuolo

La determinazione del tipo di sottosuolo, secondo normativa, si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

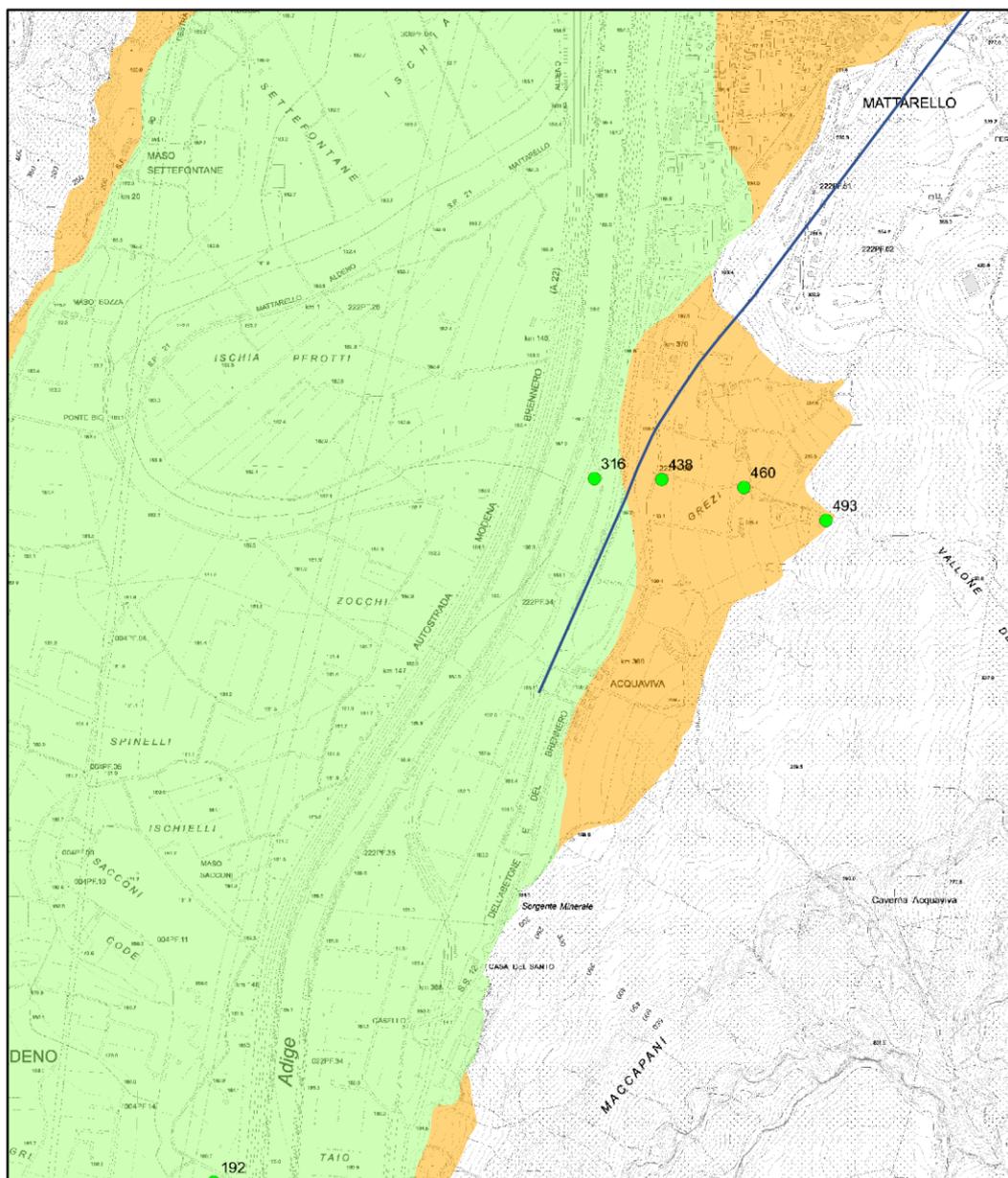
$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

- h_i : spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$: velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N : numero di strati;
- H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità (NTC 2018).

Il Dipartimento di Protezione Civile della Provincia Autonoma di Trento ha recentemente prodotto una cartografia delle caratteristiche sismiche dei suoli consultabile on-line (ultimo aggiornamento relativo a gennaio 2020 - <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/cartografiatematica/-Cartografiasismica/pagina9.html>). Tale cartografia individua la classificazione sismica dei suoli di fondazione, in particolare per le aree coperte da depositi detritici e/o depositi alluvionali. Come espressamente dichiarato, la cartografia in questione è stata realizzata dall'analisi di dati distribuiti non omogeneamente nel territorio, e, pertanto, non deve essere considerata come una classificazione univoca e definitiva. In Figura 65 e Figura 66 si riportano degli stralci cartografici, con relative indagini sismiche realizzate e valori di $V_{S,30}$ associati, attinenti alle tratte all'aperto di Acquaviva e dello Scalo Filzi. Relativamente alla zona sud (Acquaviva), si può osservare che le aree di fondovalle, afferenti ai depositi alluvionali dell'Adige, sono classificate come suoli di tipo C mentre le aree afferenti ai conoidi laterali alla valle sono classificate come suoli di tipo B. Per quanto concerne la parte a nord del tracciato, in prossimità di Scalo Filzi, ove tutti i terreni afferiscono ai depositi alluvionali dell'Adige, il territorio è classificato come suolo di tipo C ad esclusione di un'area, tra Canova e Via dei C. di Nassiriya, classificata come suolo di tipo D.



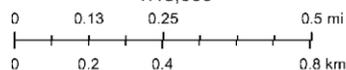
1/12/2020, 11:13:00

● VS30

Classificazione sismica suoli di fondazione (agg.11/2020)

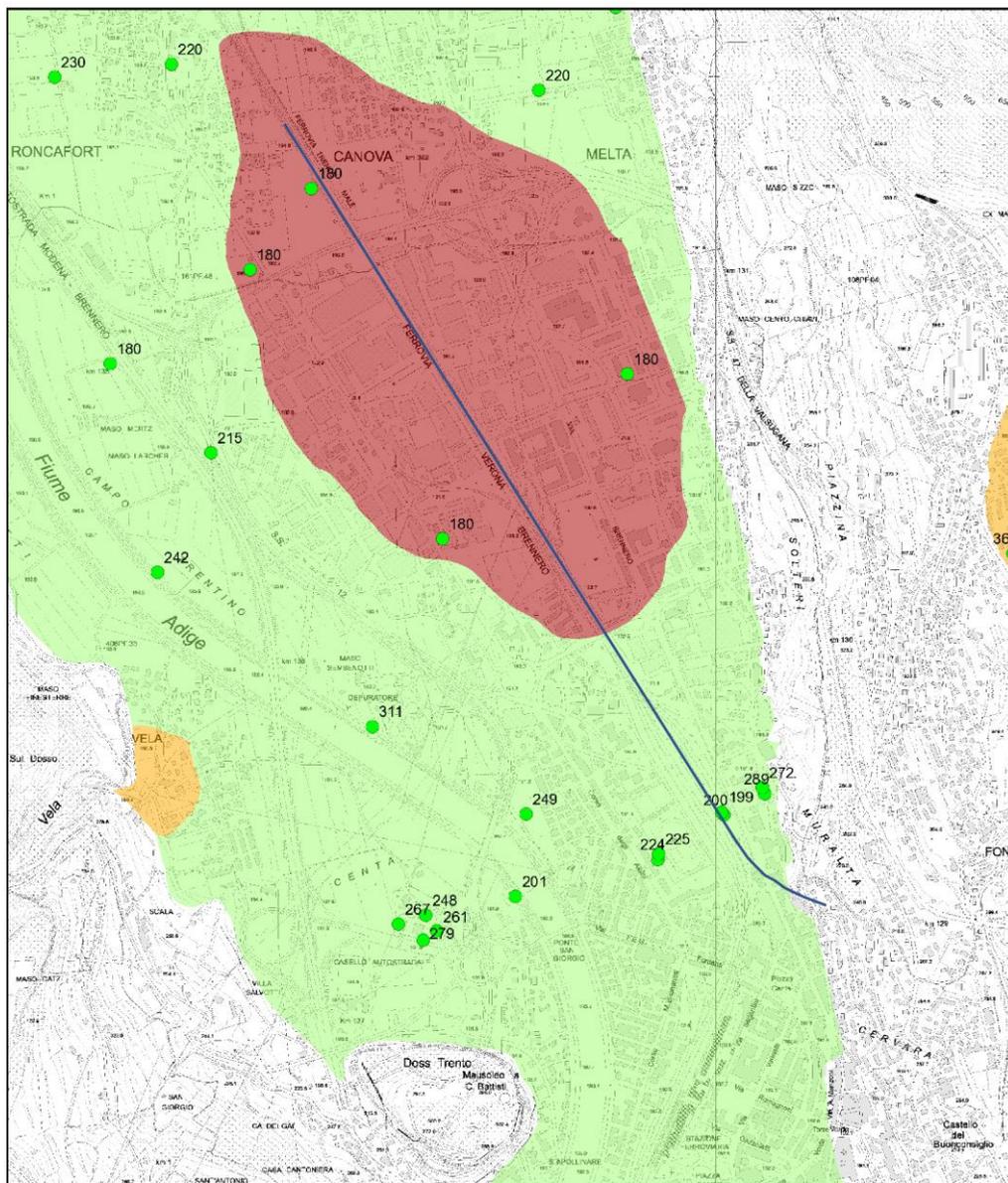
- A: > 800 m/s ----- prof < 3 m
- B: 360 m/s < VS30 < 800 m/s
- C: 180 m/s < VS30 < 360 m/s
- D: 100 m/s < VS30 < 180 m/s
- E: Terreni C o D con spessore < 30m

1:15,000



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Figura 65. Carta di classificazione sismica dei suoli di fondazione – zona sud, Acquaviva (estratto da <https://patn.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a57e8327199f4db6acdb2f15d3048615>). In blu il tracciato in progetto.



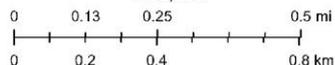
1/12/2020, 11:08:20

● VS30

Classificazione sismica suoli di fondazione (agg. 11/2020)

- A: > 800 m/s ----- prof < 3 m
- B: 360 m/s < VS30 < 800 m/s
- C: 180 m/s < VS30 < 360 m/s
- D: 100 m/s < VS30 < 180 m/s
- E: Terreni C o D con spessore < 30m

1:15,000



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Figura 66. Carta di classificazione sismica dei suoli di fondazione, zona nord, Scalo Filzi (estratto da <https://patn.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=a57e8327199f4db6acdb2f15d3048615>). In blu il tracciato in progetto.

Ai fini della individuazione della categoria di sottosuolo nelle tratte all'aperto sono state eseguite da Italferr alcune prove M.A.S.W. in prossimità delle aree in questione (IB0Q3AR69IGGE0005003A) i cui risultati sono di seguito riportati.

10.6.1.1 Zona sud Acquaviva

L'analisi dell'assetto stratigrafico e dei valori di $V_{s,eq}$ derivanti da una prove sismica M.A.S.W. (eseguita a sud del tracciato, Figura 67) riportati in Tabella 18, ha permesso di definire la categoria di sottosuolo come "C", ovvero "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Tabella 18 Risultati delle prove M.A.S.W. in termini di $V_{s,eq}$ (zona sud).

Sigla prova	Tipo prova	$V_{s,eq}$ (m/s)
M03	MASW	221

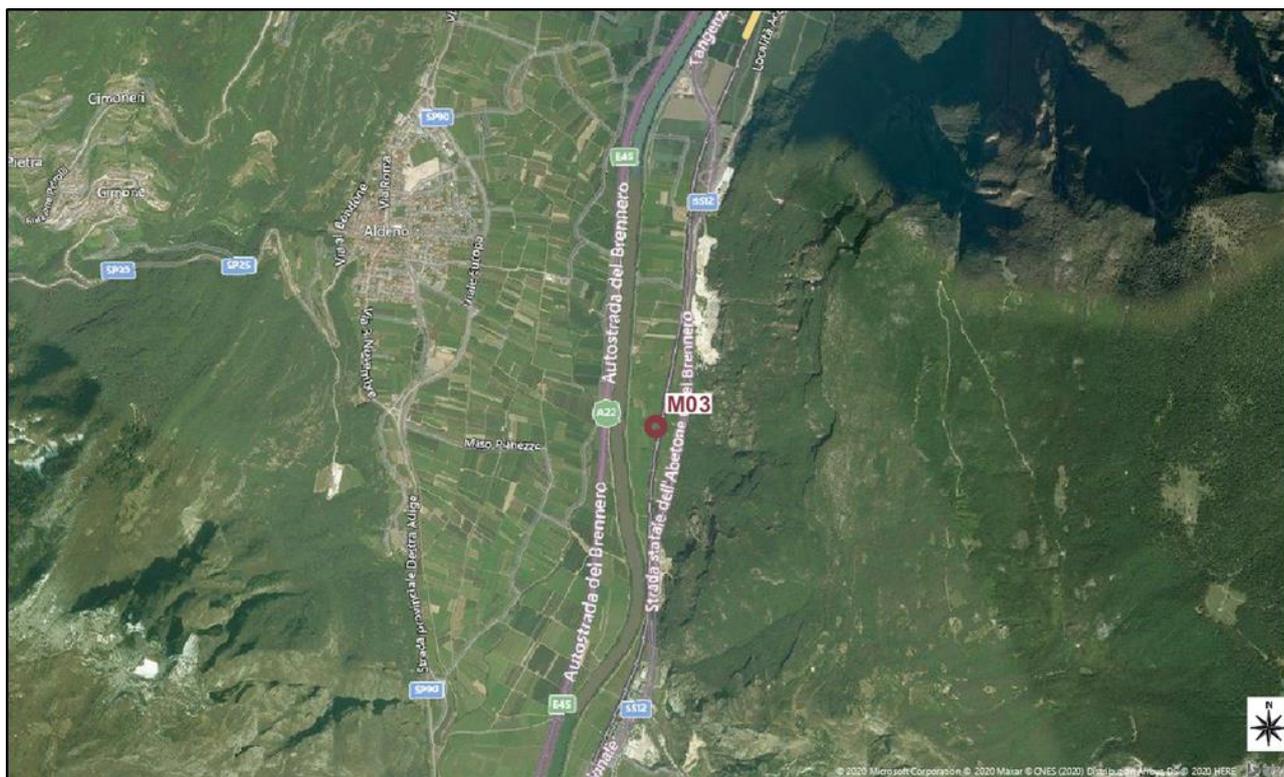


Figura 67. Ubicazione M.A.S.W. zona Acquaviva.

10.6.1.2 Zona nord scalo Filzi

L'analisi dell'assetto stratigrafico e dei valori di $V_{s,eq}$ derivanti dalle prove sismiche M.A.S.W. riportati in Tabella 19, ha permesso di definire la categoria di sottosuolo come "C", ovvero "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato

superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.

Tabella 19 Risultati e ubicazione delle prove M.A.S.W. delle prove M.A.S.W. in termini di $V_{s,eq}$ (zona nord).

Sigla prova	Tipo prova	$V_{s,eq}$ (m/s)
M01	MASW	200
M02	MASW	214
R1	MASW	221
R2	MASW	234

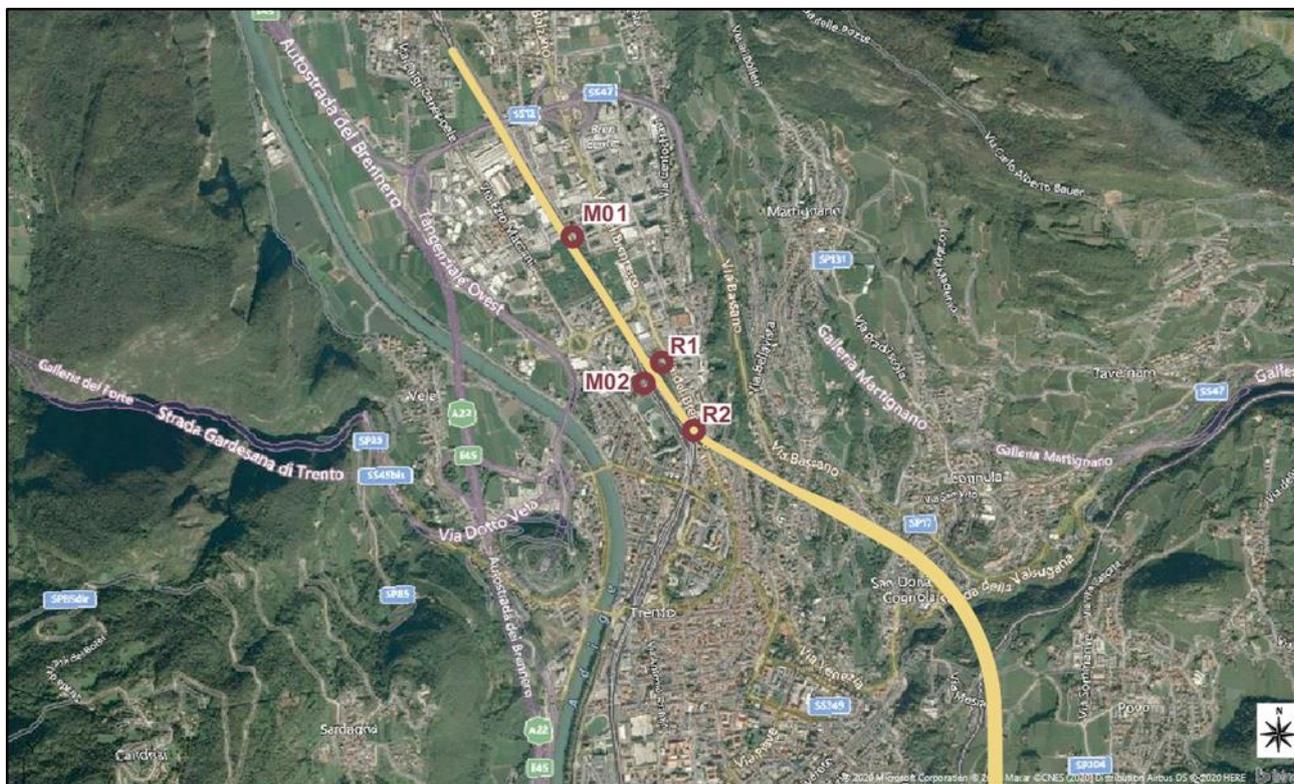


Figura 68. Ubicazioni M.A.S.W. zona scalo Filzi.

10.6.2 Condizioni topografiche

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, essendo le aree in oggetto localizzate in ambito di pianura e non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, le morfologie possono essere ricondotte ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.III.

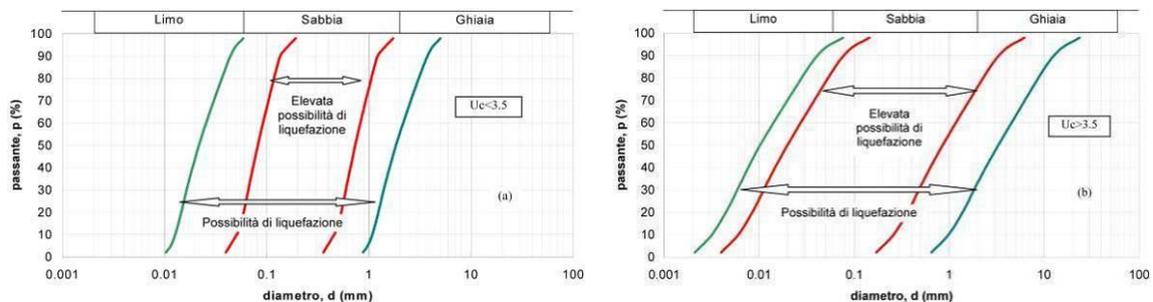
In particolare, i siti in oggetto possono essere classificati di categoria T1, “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,0$.

Considerazioni preliminari sulla liquefazione

In terreni saturi sabbiosi sollecitati, in condizioni non drenate, da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

In base ad D.M. 17/01/2018, la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanza:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e q_{c1N} è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.



a)

b)

Per il raffronto puntuale agli aspetti richiesti da normativa si rimanda alle verifiche geotecniche specialistiche: in questa sede, in via preliminare, si segnala che le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, risultano essere al limite definito da normativa, riscontrandosi un valore a_g compreso tra l'0.050-0.100 a_g (Figura 58), e che per quanto concerne la falda, nelle aree sopra menzionate, essa risulta al di sopra del limite di 15 m da p.c..

BIBLIOGRAFIA

Dati di base

1. Provincia Autonoma di Trento - RFI (2008), "Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona, Linea di accesso sud Fortezza-Verona, Lotto 3 - Circonvallazione di Trento e Rovereto - Progetto Preliminare- RELAZIONI e TAVOLE.
2. Crosta (2002), "Convenzione per lo Studio dei fenomeni di instabilità di versante del Monte Marzola (prov. Trento) - RELAZIONE FINALE e allegati".
3. Provincia Autonoma di Trento, "Database dei dati geologici in scala 1:10.000".
4. Portale Geocartografico Trentino e Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento, "Sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo - Database online <http://www.territorio.provincia.tn.it/portal/server.pt/community/sondaggi/771/sondaggi/21171>".
5. Italferr (2016) - Progetto Preliminare del Lotto 3 – Circonvallazione di Trento e Rovereto, Accesso Sud alla Galleria di Base del Brennero, Quadruplicamento della linea Fortezza – Verona.
6. Provincia Autonoma di Trento, "Mappatura ambientale ex scalo Filzi - Relazione Tecnica." 2007.
7. Provincia Autonoma di Trento – "Campagna di sismica a riflessione per studi idrogeologici nel Trentino centro-meridionale." 1996

Letteratura

- Avanzini M., Bargossi G.M., Borsato A., Castiglioni G.B., Cucato M., Morelli C., Prosser G. & Sapelza A. (2007) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 026.
- Bargossi G.M., Bondi M., Landini F. & Morten L. (1981) - Il Granodiorite di Monte Croce (Alto Adige, Nord Italia). Rend. Soc. Ital. Miner. Petrol., 38 (1): 155-162.
- Barton N., Lien R., Lunde J. (1974) Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. Rock Mechanics. Springer Verlag Vol. 6 pp. 189-236.
- Bazzoli G. and Visintainer M. (2006) - "Arsenic in rocks and groundwaters in Trentino (Italy). Arsenic removal from water for human consumption: state of compliance activities. Presentazione a convegno: 'Die ARGE Alp und die Qualitätssicherung des Trinkwassers im Alpenraum', Innsbruck, giugno."
- Bieniawski R.T. (1989), Engineering Rock Mass Classification Wiley p.251.
- Bosellini A. (1968) - Paleogeologia pre-anisica delle Dolomiti centro-settentrionali. Mem. Acc. Naz. Lincei, s. 8, 9: 3-32.
- Borsato A., (2000) "Acquiferi carsici in Trentino, caratteristiche chimico fisiche, idrogeologia, vulnerabilità e inquinamento. Museo Tridentino di Scienze naturali, rapporto inedito".
- Borsato A., (2009) "Studio isotopico sulle acque delle sorgenti presenti sul fianco vallivo sinistro della Val d'Adige,".
- Broglio Loriga C., Goczan F., Haas J., Lenner K., Neri C., Oravec Scheff er A., Posenato R., Szabo I. & Toth Makk A. (1990) - The Lower Triassic sequence of the Dolomites (Italy) and Transdanubian Mid-Mountains (Hungary) and their correlation. Mem. Sc. Geol., 42: 41-103.
- Broglio Loriga C., Masetti D. & Neri C. (1983) - La Formazione di Werfen nelle Dolomiti occidentali: sedimentologia e biostratigrafia. Riv. Ital. Paleont. Strat., 88 (1982): 501-598.

Castellarin A., Fesce A.M., Picotti V., Pini G.A., Prosser G., Sartori R., Selli L., Cantelli L. & Ricci R. (1988) - Structural and kinematic analysis of the Giudicarie deformation belt. Implications for compressional tectonics of Southern Alps. *Min. Petr. Acta*, v. 30: 287-310, Bologna.

Cirilli S. (2010) - Upper Triassic-lowermost Jurassic palynology and palynostratigraphy: a review. Geological Society London Special Publication.

Civita M. (1973) "Proposte operative per la legenda delle carte idrogeologiche," *Boll. Soc. Naturalisti in Napoli*, 1973.

Comune di Trento (2003), "Studio per la delimitazione preliminare di aree di rispetto di pozzi d'acqua per consumo umano. Gruppo Trentino Servizi, Servizio Ambiente."

Comune di Trento (2003), "Sezioni geologiche del fondovalle cittadino."

Cristofolini T. e Trener G. B., "L'acquedotto della Città di Trento – Relazione tecnica e studio geologico. *Mem. Mus. St. Nat. Ven. Trid.*, Trento." 1926.

Dematteis A., Kalamaras G., and Eusebio A., (2001) "A systems approach for evaluating spring drawdown due to tunneling," in *AITES-ITA World Tullen Congress*, Vol1, Session 1-4.

Davis S.N. and DE WIEST R.J.M. (1966). *Hydrogeology*. (New York: John Wiley & Sons).

De Zanche V., Mietto P. (1986), *Stratigrafia delle "Zwischenbildungen" (Triassico Medio) nei dintorni di Trento*. *Mem. Di Scienze Geologiche già Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova*, Vol. XXXVIII, pagg. 479-488.

Di Battistini G., Bargossi G.M., Spotti G. & Toscani L. (1988) - Andesites of the Late Hercynian volcanic sequence in Trentino-Alto Adige (northern Italy). *Rend. Soc. Ital. Miner. Petrol.*, 43: 1087-1100.

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](https://doi.org/10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1)

Farabegoli E., Pisa G. & Ott E. (1977) - Risultati preliminari sull'Anisico della conca di Agordo e dell'alta Val di Zoldo (Dolomiti sudorientali). *Boll. Soc. Geol. It.*, 95: 659-703

Felber et al. (2000), "Indagini sismiche e geognostiche nelle valli del Trentino meridionale (Val d'Adige, Valsugana, Valle del Sacra, Valle delle Chiese), Italia".

Freeze R.A. and Cherry J.A. (1979) *Groundwater*. (Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall)

Fuganti, F. Defrancesco, and G. Bollettinari (1994) - "La circolazione idrica sotterranea nel massiccio della Vigolana (Trento) con considerazioni sulla geochemica del Magnesio," *Atti Acc. Rov. Agiati*, vol. a. 243, VI, pp. 295 – 346.

Fuganti A., Bazzoli G., and Morteani G., (1997) "The Quaternary evolution of the Adige Valley near the city of Trento (Northern Italy) as deduced from wells and radiocarbon dating. Preliminary results," *Stud. Trentini di Sci. Nat.*, vol. 73, pp. 93–97.

Geoalp Studio Geologico Associato, (2004) "Indagini idrogeologiche nel Comune di Vigolo Vattaro. Valutazione della situazione delle captazioni esistenti e della possibilità di incremento della loro portata. Comune di Vigolo Vattaro, rapporto inedito"

Ghetti & Neri (1983) - "La Formazione di Werfen (Trias inferiore) della Valsugana (Trento)".

Giovannini S. (1999), “Studio dell’interazione fra impianti domestici di dispersione delle acque reflue e gli acquiferi del versante occidentale della Marzola. Tesi di diploma inedita. Università degli Studi di Trento, Dip. Ingegneria dell’Ambiente e delle Risorse.”.

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G., Valensise G. (2018) - CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell’area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5>

Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G., Valensise G. (2019), CFTI5Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area, Scientific Data 6, Article number: 80 (2019). doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>

ICMS (2008) – Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica. Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province autonome; 3 voll e 1 DVD.

ISER, “Mappatura ambientale della città di Trento, Carta delle isofreatiche, 6-8 Novembre 2012.” 2013.

ISER, “Mappatura ambientale della città di Trento, Carta delle isofreatiche, 5-6 Febbraio 2013.” 2013.

ISER, “Mappatura ambientale della città di Trento, Carta delle isofreatiche, 7-9 Maggio 2013.” 2013.

ISER, “Mappatura ambientale della città di Trento, Carta delle isofreatiche, 1 Agosto 2013.” 2013.

ISER, “Mappatura ambientale della città di Trento, Carta delle isofreatiche, Confronto campagne freatimetriche.” 2013.

ISER, “Mappatura ambientale della falda del fondovalle della città di Trento, Relazione Tecnica.” 2013.

ISPRA (2010), "Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000 - Foglio 60 Trento".

ISPRA (2012), "Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia, scala 1:50.000 - Foglio 43 Mezzolombardo".

Kennessey B. (1930), “Lefolyasi tényszok és retencick. Vizugy, Kuziemények.”.

Longinelli A., Selmo E. (2003). Isotopic composition of precipitation in Italy: a first overall map. Journal of Hydrology, vol. 270, pp. 75–88.

Mather J. R. (1978), “The climatic water balance in environmental analysis: Lexington, Mass., D.C. Heath and Company.” p. 239, 1978.

Mather J. R. (1979), “Use of the climatic water budget to estimate streamflow, in Mather, J.R., ed., Use of the climatic water budget in selected environmental water problems: Elmer, N.J., C.W. Thornthwaite Associates, Laboratory of Climatology, Publications in Climatology, v.” pp. 1–52.

McCabe G. J. and Markstrom S. L. (2007) “A Monthly Water-Balance Model Driven By a Graphical User Interface”.

Meletti C. & Valensise G. (2004). Zonazione sismogenetica ZS9, appendice 2 al Rapporto conclusivo, in: Gruppo di lavoro (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusive per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

Mietto P., Andretta R., Broglio Loriga C., Buratti N., Cirilli S., De Zanche V., Furin S., Gianolla P., Manfrin S., Muttoni G., Neri C., Nicora A., Posenato R., Preto N., Rigo M., Roghi G., Spötl C. - A Candidate Of The Global Boundary Stratotype Section And Point For The Base Of The Carnian Stage (Upper Triassic): GSSP at the base of the canadensis Subzone (FAD of Daxatina) in the Prati di Stuores/Stuores Wiesen section (Southern Alps, NE Italy) – Albertiniana, v.36, pp. 78-97.

Mietto Paolo, Stefano Manfrin, Nereo Preto, Manuel Rigo, Guido Roghi, Stefano Furin, Piero Gianolla, Renato Posenato, Giovanni Muttoni, Alda Nicora, Nicoletta Buratti, Simonetta Cirilli, Christoph Spötl, Jahandar Ramezani and Samuel A. Bowring - The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Carnian Stage (Late Triassic) at Prati di Stuores/Stuores Wiesen Section (Southern Alps, NE Italy) – on-line

Neri C. & Posenato R. (1988) - New biostratigraphical data on uppermost Werfen Formation of Western Dolomites (Trento, Italy). Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 14/3 (1985): 83-107

Pisa G., Farabegoli E. & Ott E. (1978) - Stratigrafia e paleogeografia dei terreni anisici della conca di Agordo e dell'alta Val di Zoldo (Dolomiti sudorientali). Mem. Soc. Geol. It., 18 (1978): 63-92

Provincia Autonoma di Trento - Servizio Geologico - Marco Avanzini (2006), "Fogli Trento e Mezzolombardo - Le unità sedimentarie: nomenclatura, proposte, problemi"

P.A.T.-RFI, "Relazione Idrogeologica - [ACTP-10.01.01-08V1RO] - Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona, Linea di accesso SUD, Fortezza Verona, Lotto 3, Circonvallazione di Trento Rovereto, Progetto preliminare," 2008.

P.A.T.-RFI, "10.01.02a - Allegato 1 - Censimento generale risorse e schede monitoraggio, parte prima." 2008.

P.A.T.-RFI, "10.01.02b - Allegato 1 - Censimento generale risorse e schede monitoraggio, Parte seconda." 2008.

Provincia Autonoma di Trento, "Relazione Idrologica - Linea ferroviaria del Brennero - Quadruplicamento della tratta Verona Fortezza nel territorio della Provincia di Trento, Soluzioni in sinistra Adige, Progetto preliminare," 2003.

PAT-RFI, "Relazione Idrologica - [ACTP-10.04.00-08V0RO] - Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona, Linea di accesso SUD, Fortezza Verona, Lotto 3, Circonvallazione di Trento Rovereto, Progetto preliminare," 2008

Provincia Autonoma di Trento, "Relazione Idrogeologica - Progetto preliminare del nuovo lotto 3 - Circonvallazione di Trento Rovereto e studio di fattibilità delle tratte di completamento ricadenti nel territorio della Prov. di Trento," 2008.

P.A.T.-RFI, "10.01.03 - Relazione idrogeologica e idrologica, Allegato 2 alla relazione, risorse monitorate." 2008.

P.A.T.-RFI, "10.01.04a - Allegato 3 alla relazione analisi chimiche - parte a." 2008.

P.A.T.-RFI, "10.01.04b - Allegato 3 alla relazione, analisi chimiche - parte b." 2008.

Paternoster S. (2010), "Assistenza geologica nelle prove di pozzo e nei cantieri di dewatering. Corso COPGAI, Ottobre 2010: assistenza geologica in corso d'opera nell'ambito della direzione lavori."

Progetto RIASPAT (2009), "Prima caratterizzazione idrochimica delle sorgenti ad uso potabile della provincia di Trento" <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/geologia/idrogeologia/pagina5.html> .

Quaranta N. (2000) - "Protezione delle risorse idriche sotterranee per uso idropotabile nel fondovalle atesino: l'acquifero del conoide del Torrente Avisio (TN)," IGEA, vol. 15,.

Rettori R. (1995) - Foraminiferi del Trias inferiore e medio della Tetide: revisione tassonomica, stratigrafia ed interpretazione filogenetica. Pub. du Départ. de Géol. et Paléont. Genève, 18.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2019). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>

Salaj J., Borza K. & Samuel O. (1983) – Triassic Foraminifera of the West Carpathians. *Geolog. Ustav. Dinyza Stura*, 213 pp.

R. Torri, A. Dematteis, and L. Delle Piane, “Drawdown hazard of springs and wells in tunneling: predictive model and verification,” in *Proc. XXXV IAH Congress, Groundwater and Ecosystems, Lisbon 17-21 Sept., 2007*, pp. 1–10.

Turc L. (1954), “Calcul du bilan de l’eau: evaluation en fonction des precipitation et des temperatures,” *IAHS*, vol. 37.

Thornthwaite C. W. (1948), “An approach toward a rational classification of climate,” *Geogr. Rev.*, vol. 38, pp. 55–94.

Santoro M. (1970), “Sulla applicabilità della formula di Turc per il calcolo dell’evapotraspirazione effettiva in Sicilia,” in *Atti I Conv. Intern. Acque Sott., I.A.H., Palermo*.

Valensise G. e Pantosti D. (2001), "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy".

Viganò A. (2009), "Crustal deformation of a sector of the Southern Alps adjacent to the Po plain (Northern Italy): an integrated study. PHD thesis, dottorato di ricerca in Scienze ambientali XXI ciclo Università degli studi dell’Insubria"

Visintainer P., “Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell’acquifero di fondovalle compreso nel territorio del Comune di Trento – Comune di Trento, Ufficio Geologico”.



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	169 di 220

Appendice 1 - Analisi Palinologiche

PREMESSA

Le tecniche di laboratorio utilizzate per l'estrazione della sostanza organica possono essere schematizzate come segue:

Pestaggio del campione: ogni campione è stato pestato all'interno di un mortaio di ceramica fino alla riduzione dello stesso in polvere.

Distruzione della componente carbonatica: la componente carbonatica di ogni campione è stata distrutta attaccando a secco il campione con una soluzione di acido cloridrico (HCl 37%). In seguito il campione è stato lasciato in soluzione per almeno 24 ore e successivamente la soluzione acida è stata neutralizzata attraverso varie fasi di lavaggio e decantazione. Una volta neutralizzata tutta l'acqua è stata aspirata e il rimanente residuo sottoposto al trattamento successivo.

Rimozione della componente silicatica: la componente silicatica è stata rimossa facendo reagire il sedimento residuo con una soluzione di acido fluoridrico (HF 50 %), per almeno due giorni e sotto cappa. Si è quindi passati alla neutralizzazione della soluzione con le modalità descritte per la fase precedente.

Prima setacciatura e concentrazione del residuo: il residuo è stato setacciato con un setaccio a maglie di 200 µm; la porzione di residuo passante è stato centrifugato in provetta per 5 minuti ad una velocità di 3000 giri al minuto in modo da concentrarlo.

Setacciatura agli ultrasuoni: Il residuo è stato ulteriormente setacciato con un setaccio di stoffa a maglie di 10 µm e il trattenuto raccolto di nuovo centrifugato in provetta per 5 minuti a 3000 giri al minuto per essere concentrato.

Preparazione dei vetrini: Il residuo è stato posizionato su un portaoggetti di plastica e posto su una piastra riscaldante per favorire l'evaporazione totale dell'acqua e l'essiccamento dello stesso. Il portaoggetti con residuo è stato quindi incollato su un vetrino e lasciato asciugare per circa 24 ore.

La sostanza organica può essere presente in percentuali diverse all'interno delle rocce sedimentarie fino a diventare un costituente principale nel caso di rocce madri.

Con il termine palinofacies si intende l'insieme degli elementi microscopici di detrito organico presenti all'interno di una roccia ottenuti dopo macerazione del campione, concentrazione del residuo e montaggio su vetrino per la successiva analisi al microscopio (Combaz, 1964; Tyson 1995).

Il contenuto palinologico (l'insieme di spore, pollini, fitoplancton etc) all'interno di una roccia sedimentaria fornisce, quando ben preservato, utili informazioni per la datazione del corpo roccioso. Analogamente, lo studio dell'insieme di detrito organico (palinofacies), la sua abbondanza, tipologia, origine e stato di preservazione può fornire indicazioni importanti a livello paleoambientale e paleoecologico (Demaison and Moore, 1980; Whitaker, 1984; van der Zwan, 1990; Steffen and Gorin, 1993; Hart et al., 1995; Tyson, 1995; 200; Jaramillo & Oboh-Ikuenobe, 1999; Batten, 2002; Batten and Stead, 2007; Traverse, 2008).

Di seguito verranno brevemente descritte alcune delle tipologie più comuni di detrito organico trovate all'interno delle palinofacies esaminate.

Vitrinite: si tratta di un palinomacereale (componente organico di una palinofacies ottenuto dopo macerazione della roccia) che deriva dalla parete lignino – cellulosa di piante superiori. Al microscopio in luce trasmessa si presenta in frammenti traslucidi di colore dal marrone chiaro al marrone scuro. Generalmente l'abbondanza e lo stato di preservazione della vitrinite diminuiscono all'aumentare della distalità dalla linea di costa.

Inertinite. Questo palinomacereale ha in genere la stessa origine della vitrinite ma a differenza di questa ha subito una maggiore ossidazione; per questo si presenta, al microscopio, in frammenti di colore nero e opachi. L'inertinite può indicare un alto livello di ossigenazione dell'ambiente deposizionale, un trasporto lungo o un'elevata distanza dell'area sorgente e un elevato tasso di rimaneggiamento.

PALINOMORFI

Con il termine generico di palinomorfi si intendono sia gli elementi di piante terrestri (sporomorfi) che il detrito di derivazione marina (acritarchi, alghe, fitoplancton in generale)

Sporomorfi: gli sporomorfi comprendono i **pollini** (elementi germinali delle piante più evolute) e le **spore** (elementi atti alla riproduzione degli organismi vegetali minori come alghe, muschi, licheni ecc.). Quando ben conservati e soprattutto se presenti in associazioni contenenti specie indice significative vengono utilizzati per datare il corpo roccioso. Nei campioni esaminati il contenuto in palinomorfi dei campioni CP 3 e CP 10 ne ha permesso la datazione.

Acritarchi: gli acritarchi sono microrganismi di origine marina, probabilmente alghe unicellulari, planctoniche. Sono indicatori di ambienti marini sia marginali che distali, e di ambienti salmastri.

Sostanza organica amorfa (AOM): si presenta solitamente in fiocchi o chiazze di materiale organico dai contorni sfumati. La sua origine è per la maggior parte dovuta alla degradazione di materiale organico da parte di batteri, cianobatteri e funghi. La sua preservazione all'interno delle palinofacies è possibile solo in ambienti scarsamente ossigenati da subossici ad anossici. In ambienti marini relativamente profondi la AOM può essere presente in grumi, attribuibile a prodotti fecali di organismi. Solo in queste condizioni infatti può raggiungere e depositarsi sui fondali marini senza essere ossidata.

Descrizione dei campioni analizzati

CP1 (ENSER): prelevato a -59.3 m. Il contenuto totale di materia organica è basso; la palynofacies è costituita prevalentemente da inertinite di piccole dimensioni associate a pirite (Tav. I.1).

CP2 (ENSER): prelevato a - 64.5. La palynofacies è dominata da sostanza organica amorfa (AOM: circa 70%) e da subordinati palinomacerali quali inertinite (20%) e vitrinite (10%). Data l'abbondanza di AOM il residuo è stato artificialmente ossidato per poter mettere in evidenza la eventuale presenza di altra tipologia di detrito organico. Nel residuo, dopo l'ossidazione, sono presenti solo palinomacerali ma non sono stati trovati palinomorfi (Tav. I.2).

La presenza di molta AOM suggerisce un originale ambiente di sedimentazione scarsamente ossigenato.

CP3 (ENSER): prelevato a - 69.9. Il campione è caratterizzato da un abbondante e ben preservato contenuto organico che ha permesso di individuare un'associazione palinologica utile per datare il livello e per osservazioni sulla palinofacies.

La palinofacies è caratterizzata da un'elevata percentuale di sostanza organica amorfa (circa il 50%), tanto da rendere necessaria un' ossidazione artificiale per poter meglio esaminare i palinomorfi. Il restante contenuto organico è rappresentato da palinomorfi (circa il 30%), e da palinomacerali quali vitrinite (15%) ed inertinite (5%) (Tav. I.3).

Il contenuto palinologico è stato osservato sia sul vetrino non ossidato che su quello artificialmente ossidato. In quest'ultimo la percentuale di palinomorfi è di circa il 60% del totale di detrito organico.

L'associazione palinologica è dominata dalla presenza di *Praecirculina granifer* e *Enzonasporites vigens* in associazione con *Paracirculina quadruplicis*, *Pseudoenzonasporites summus*, *Reticulatisporites dolomiticus*, *Todisporites minor*, *Uvaesporites gadensis*.

Comuni sono anche pollini bisaccati quali: abbondanti *Alisporites* spp., e subordinati *Lunatisporites acutus*, *Chordasporites chinleanus*, *Infernopollenites sulcatus*, *Striatoabieites ayugii*, *Protodiploxypinus* spp., e rare *Triadisporea* sp.

Sulla base dell'associazione rinvenuta il campione è riferibile al passaggio Ladinico superiore-Carnico inferiore. Questa attribuzione è suggerita anche dall'assenza della specie indice *Patinasporites densus* che, nella serie tipo definita per il limite Ladinico-Carnico compare qualche metro dopo il passaggio (Mietto et al. 2007; 2012; Cirilli 2010).

4

L'elevata percentuale di AOM e la buona preservazione del detrito organico indica un ambiente di sedimentazione scarsamente ossigenato, peraltro confermato dalla litologia costituita da calcari scuri dolomitizzati.

CP4 (ENSER): prelevato a -90.5 Il campione contiene una bassa percentuale di detrito organico. Per questa ragione è stato trattato una seconda volta con metodi specifici per concentrare il residuo organico. Il poco detrito organico presente è rappresentato soprattutto da inertinite di piccolo taglia (Tav. I.4).

La scarsità di detrito organico e principalmente di tipo inertinitico potrebbe essere messa in relazione con l'intensa fratturazione che interessa questo intervallo.

CP5 (ENSER): prelevato a -113.5. Il campione contiene una bassa percentuale di detrito organico. Per questa ragione è stato trattato una seconda volta con metodi specifici per concentrare il residuo organico ma il risultato è stato analogo. Il poco detrito organico presente è costituito principalmente da inertinite di piccola taglia; sono inoltre presenti in percentuale elevate (60%) pirite e possibili minerali pesanti (es. tormalina) (Tav. I.5).

Data la litologia descritta come calcari neri bituminosi ci si sarebbe aspettati una palinofacies più ricca di detrito organico. Tuttavia la presenza abbondante di pirite e di inertinite potrebbero giustificare il colore scuro dei calcari.

CP6 (ENSER): prelevato a - 114.5. Il campione contiene una bassa percentuale di detrito organico. Per questa ragione è stato trattato una seconda volta con metodi specifici per concentrare il residuo organico ma con analogo risultato.

Il poco detrito organico presente è costituito principalmente da inertinite di piccolo taglia (55%); sono inoltre presenti in percentuale elevate (40%) pirite e possibili minerali pesanti (es. tormalina) (Tav. I.6) .

L'alterazione delle marne giustifica la bassa percentuale di materia organica preservata.

L'abbondante presenza di minerali pesanti e ossidi suggerisce la possibilità che sia un livello cineritico alterato.

CP7 (IF): prelevato a - 120.3. Il campione contiene una bassa percentuale di detrito organico. E' stato trattato una seconda volta con metodi specifici per concentrare il residuo organico ma con analogo risultato. Il poco detrito organico presente è rappresentato soprattutto da inertinite di piccola taglia. Il resto del residuo ottenuto è costituito da pirite e possibili minerali pesanti (es. tormalina) (Tav. II.1).

CP8 (IF): prelevato a - 121.3. La palinofacies è dominata da sostanza organica amorfa (AOM: circa 70%) e da inertinite (30%). Data l'abbondanza di AOM il residuo è stato artificialmente ossidato per poter mettere in evidenza la eventuale presenza di altra tipologia di detrito organico. Nel residuo, dopo l'ossidazione, è presente solo inertinite, fitoclasti e sporomorfi completamente amorfizzati e pertanto impossibili da determinare. L'elevata percentuale di AOM e la buona preservazione del detrito organico indica un ambiente di sedimentazione scarsamente ossigenato (Tav. II.2).

CP9 (IF): prelevato a - 125.6. La palinofacies è dominata da inertinite (70%). Sono presenti anche grani di vitrinite amorfizzata (25%) e minerali pesanti (5%) (Tav. II.3).

CP10 (IF): prelevato a - 130.5. La palinofacies contiene molti acritarchi (phytoplankton marino) (45%) in associazione con sporomorfi (30%) e rare alghe verdi (Prasinophyta). Il restante detrito organico è costituito da inertinite (20%) e vitrinite in piccola taglia (Tav. II.4).

Gli Acritarchi sono rappresentati da: *Micrystidium* spp., *Veryhachium* spp. e le Prasinophyta da *Cymatiosphaera* sp.

Gli sporomorfi riconosciuti sono: *Nevesisporites vallatus*, *Praecirculina granifer*, *Densosporites granulatus*, *Calamospora mesozoica*, *Deltoidospora* sp., *Reticulatisporites dolomiticus*.

La presenza di *N. vallatus*, che scompare nel soprastante livello produttivo (CP3) suggerisce un'età leggermente più vecchia, attribuibile al Ladinico superiore (Mietto et al., 2007; 2012; Cirilli, 2010).

La presenza di alghe verdi suggerisce un ambiente lagunare all'interno della zona fotica.

CP11 (IF): prelevato a - 131.3. Il campione contiene una bassa percentuale di detrito organico. Per questa ragione è stato trattato una seconda volta con metodi specifici per concentrare il residuo organico ma il risultato è stato analogo. Il poco detrito organico presente è rappresentato soprattutto da inertinite di piccola taglia (Tav. II.5).

CP12 (IF): prelevato a - 133.5. Il campione contiene una bassa percentuale di detrito organico. Per questa ragione è stato trattato una seconda volta con metodi specifici per concentrare il residuo organico che comunque risulta costituito solamente da sostanza organica amorfa di tipo pellettifero e inertinite (Tav. II.6).

Questa tipo di palinofacies è solitamente caratteristica di ambiente marino profondo, dove la poca sostanza organica che può sedimentare è quella intrappolata all'interno dei prodotti fecali di zooplancton;

CP13 (IF): prelevato a - 134.5. Il campione contiene una bassa percentuale di detrito organico. Per questa ragione è stato trattato una seconda volta con metodi specifici per concentrare il residuo organico che risulta costituito solamente da inertinite di piccola taglia (Tav. II.7).

CP14 (IF): prelevato a - 148.6. Il campione contiene una bassa percentuale di detrito organico. Per questa ragione è stato trattato una seconda volta con metodi specifici per concentrare il residuo organico che risulta costituito solamente da inertinite di piccolo taglia (Tav. II.8).

Bibliografia

- Batten, D.J., 2002. Palynofacies and Petroleum Potential. In: Jansonius, J., McGregor, D.C. (Eds.), 2nd edition Palynology: Principles and Applications. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation 3, pp. 1065–1084.
- Batten, D.J., Stead, D.T., 2007. Palynofacies Analysis and Its Stratigraphic Application. In: Koutsoukos, E.A.M. (Ed.), Applied Stratigraphy. Springer Dordrecht, Netherlands, pp. 203–226.
- Cirilli S. (2010) Upper Triassic-lowermost Jurassic palynology and palynostratigraphy: a review, From: LUCAS, S. G. (ed.) The Triassic Timescale. Geological Society, London, Special Publications, 334, 285–314. DOI: 10.1144/SP334.12 0305-8719/10/\$15.00 # The Geological Society of London 2010
- Combaz, A., 1964. Les palynofaciés. Rev. Micropal. 7, 205–218.
- Demaison, G.J., Moore, G.T., 1980. Anoxic environments and oil source bed genesis. Am. Assoc. Pet. Geol. Bull. 64, 1179–1209.
- Hart, G.F., Palsey, M.A., Gregory, W.A., 1995. Particulate Organic Matter, Facies Models and Applications to Sequence Stratigraphy. In: Traverse, A. (Ed.), Sedimentation of Organic Particles. Cambridge University Press, pp. 337–390.
- Jaramillo, C.A., Oboh-Ikuenobe F.E., 1999. Sequence stratigraphic interpretations from palynofacies, dinocyst and lithological data of Upper Eocene–Lower Oligocene strata in southern Mississippi and Alabama, U.S. Gulf Coast. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 259 - 302.
- Mietto P., Buratti N., Cirilli S., De Zanche V., Gianolla P., Manfrin S., Nicora A., Preto N., Rigo M., Roghi G. (2007) - New constraints for the Ladinian-Carnian boundary in the Southern Alps: Suggestion for global correlations. In: Lucas S.G. and Spielmann J.A., (eds.), The Global Triassic, New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin, v. 41, pp. 275-281.
- Mietto P., Manfrin S., Preto N., Rigo M., Roghi G., Furin S., Gianolla P., Posenato R., Muttoni G., Nicora A., Buratti N., Cirilli S., Spötl C., Bowring S.A., Ramezani J. (2012): "The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Carnian Stage (Late Triassic) at Prati di Stuares/Stuares Wiesen Section (Southern Alps, NE Italy)". Episodes, v. 35, 3, p. 414-430.
- Steffen, D. and Gorin, G.E. (1993b) Sedimentology of organic matter in Upper Tithonian-Berriasian deep-sea carbonates of southeast France: evidence of eustatic control. In: Source Rocks in a Sequence Stratigraphic Framework (Ed. by B. Katz and L. Pratt). AAPG Studies in Geology, 37, 49-65.
- Traverse, A., 2008. Paleopalynology. In: Landman, N.H., Jones, D.S. (Eds.), Topics in Geobiology 28. Springer, Dordrecht, pp. 1–813.

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	176 di 220

7

- Tyson, R.V., 1995. Sedimentary Organic Matter — Organic Facies and Palynofacies. Chapman and Hall, London 1–615.
- Tyson, R.V., 2001. Sedimentation rate, dilution, preservation and total organic carbon; some results of a modeling study. *Org. Geochem.* 32, 333–339.
- van der Zwan, C.J., 1990. Palynostratigraphy and palynofacies reconstruction of the Upper Jurassic to lowermost Cretaceous of the Draugen field, offshore mid Norway. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 62, 157–186
- Whitaker, M.F., 1984. The Usage of Palynology in Definition of Troll Field Geology, Reduction of Uncertainties. Innovative reservoir geomodelling, 6th Offshore Northern Seas Conference and Exhibition, Stavanger, Norsk Petroleums-forening, Paper G6, pp. 1–44.

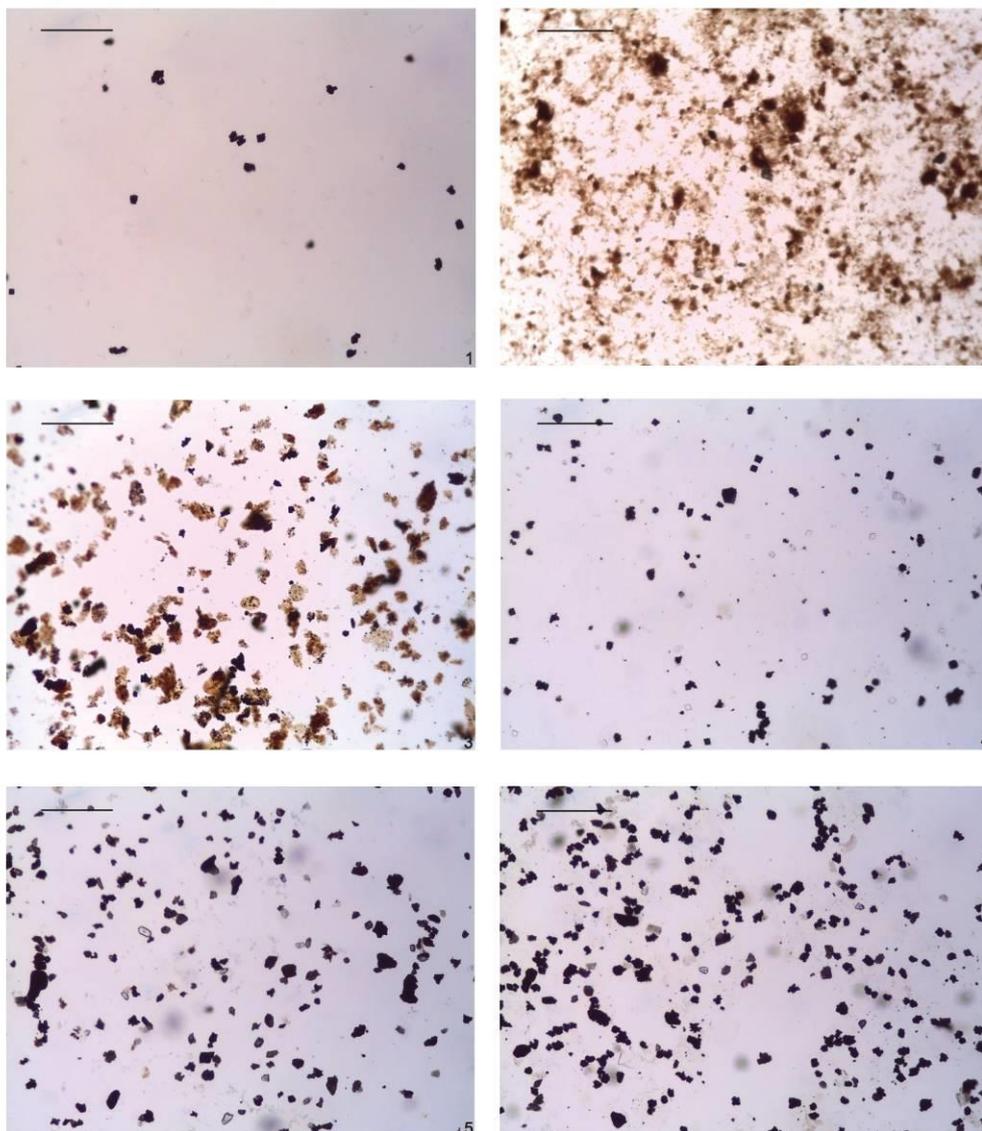


Tavola 1: Palinofacies restituite dai campioni analizzati. La barra micrometrica indica 200 μ m
1: CP1; 2: CP2; 3: CP3; 4: CP4; 5: CP5; 6: CP6

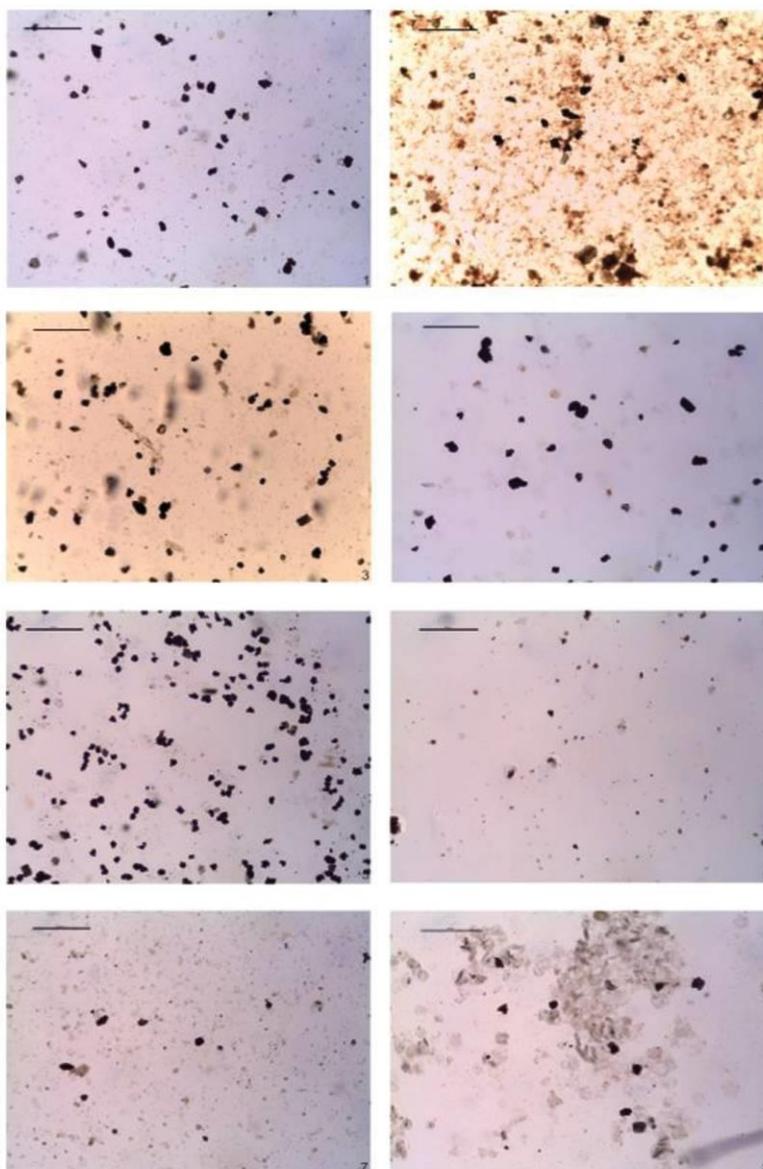


Tavola 2: Palinofacies restituite dai campioni analizzati. La barra micrometrica indica 200 μ m.; 1: CP7; 2: CP8; 3: CP9; 4: CP10; 5: CP11; 6: CP12; 7: CP13; 8: CP14

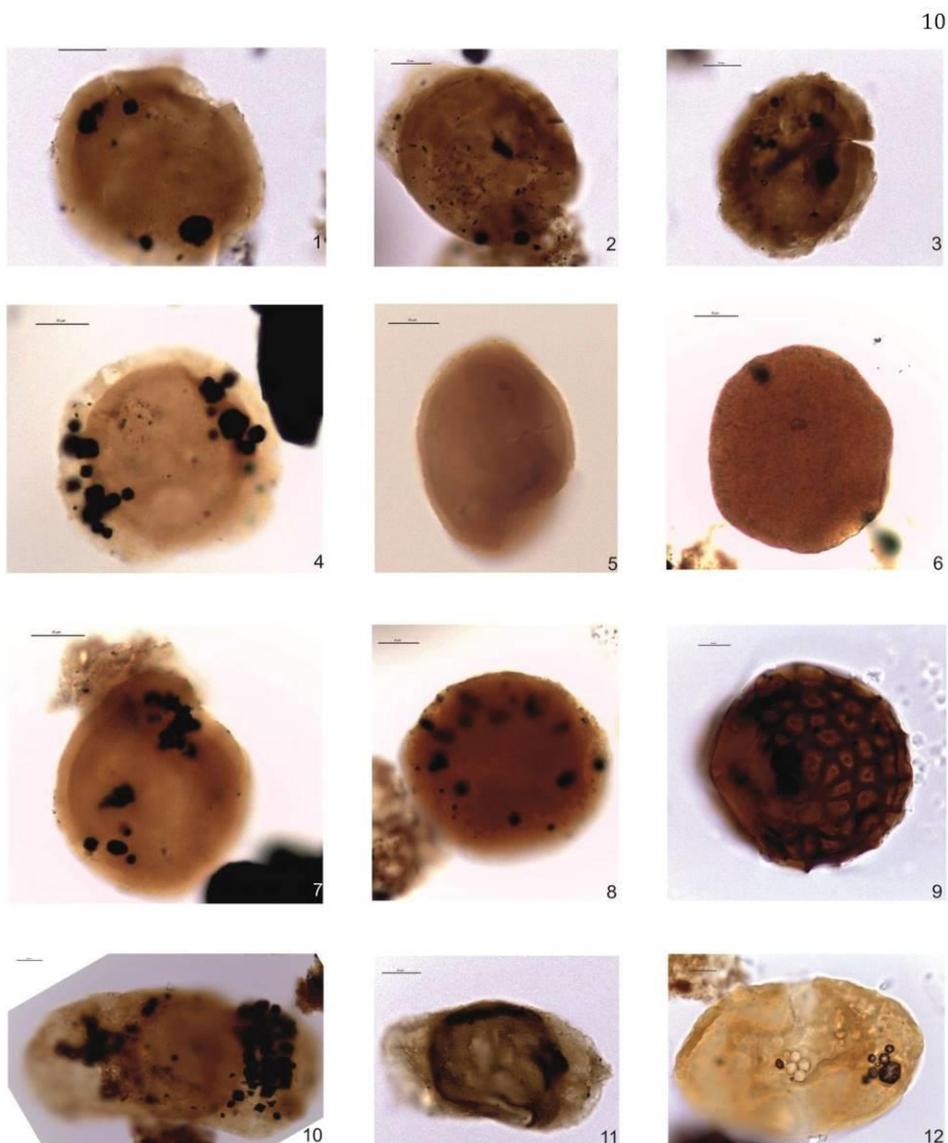


Tavola 3: Palinomorfi restituiti dai campioni produttivi. La barra micrometrica indica 10 µm;

Tutti gli esemplari provengono da CP3;

1-4: *Enzonasporites vigens*

5-7: *Praecirculina granifer*

8: *Pseudoenzonasporites summus*

9: *Reticulatisporites dolomiticus*.

10: *Alisporites* sp.,

11: *Chordasporites chinleanus*,

12: *Striatoabeites aytugii*

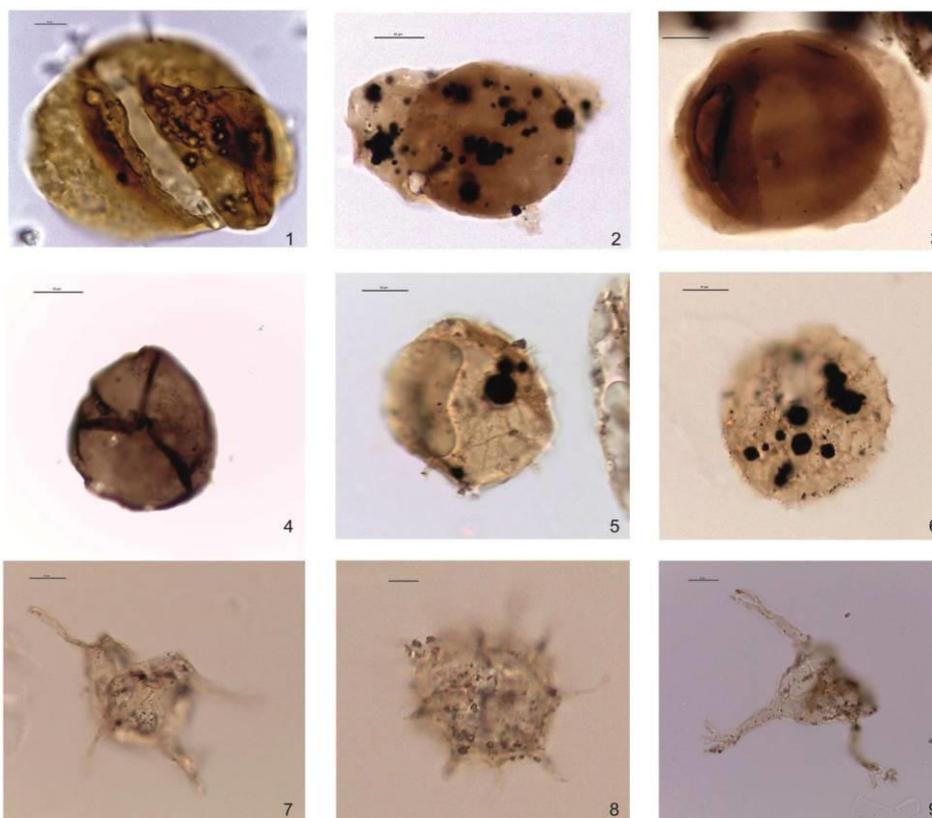


Tavola 4: Palinomorfi restituiti dai campioni produttivi. La barra micrometrica indica 10 µm; gli esemplari raffigurati da 1 a 3 provengono dal campione CP3; gli esemplari da 4-9 provengono dal campione CP10

- 1: *Alisporites* sp.
- 2: *Protodiploxypinus* sp.
- 3: *Lunatisporites acutus*
- 4: *Nevesisporites vallatus*
- 5-6: *Cymatiosphaera* sp.
- 7-8: *Micrystridium* spp.
- 9: *Veryhachium* sp.

Il responsabile scientifico del laboratorio
Sedimentary Organic Matter

Prof. Simonetta Cirilli

Simonetta Cirilli



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	181 di 220

Appendice 2 - Analisi dei dati di base relativi alla zona di Trento e dello Scalo Filzi

In questa appendice viene riportato un focus relativamente alle caratteristiche idrogeologiche dell'area di Trento e scalo Filzi, derivato da un esame della bibliografia e dei dati di base.

Il documento sulla mappatura ambientale dello Scalo Filzi (P.A.T., 2007) fornisce un inquadramento idrogeologico del sito con particolare riguardo alle tematiche ambientali. A nord dello scalo Filzi è presente un sito inquinato di interesse nazionale ubicato in corrispondenza di vecchi stabilimenti Sloi e Carbochimica. Inoltre, a Est sono presenti due aree occupate da distributori di carburante (Figura 69).

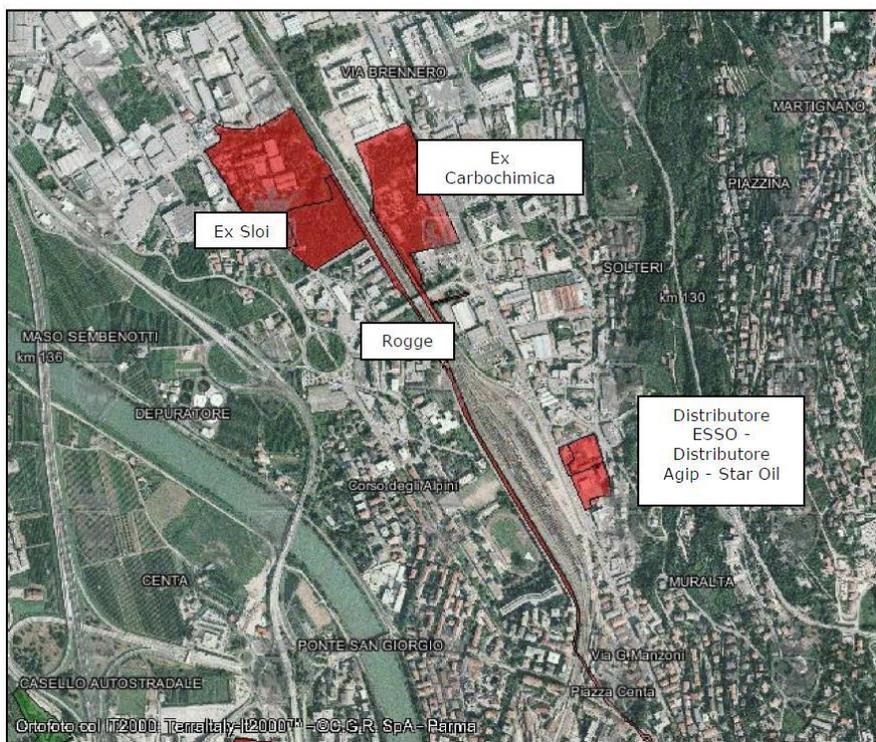


Figura 69. Ubicazione dei siti in prossimità dello scalo Filzi (da PAT, 2007).

Nell'ambito dello studio suddetto sono state eseguite due mappature dell'andamento della falda in data 01 ottobre e 09 novembre 2007. Tali rappresentazioni, che fotografano una situazione di minimo piezometrico, sono riportate in Figura 70 e in Figura 71.

La rappresentazione mostra un'importante componente di alimentazione proveniente da nord ovest presumibilmente legata alla presenza del fiume Adige. Tale spinta pare diminuire all'altezza della rotatoria di via Maccani incontrando, nella zona dell'ex scalo Filzi, una zona di stagnazione, nella quale confluisce una componente di falda in direzione nord sud (particolarmente evidente nella piezometria di novembre). È evidente in quel momento l'influenza della barriera idraulica attiva presso il sito dell'ex Carbochimica (emungimento di circa 5 l/s), nella parte nord della mappa, particolarmente evidente a causa del basso livello della falda (si veda a riguardo l'andamento delle idroisipse relativamente alla barriera idraulica riportate in Figura 72).

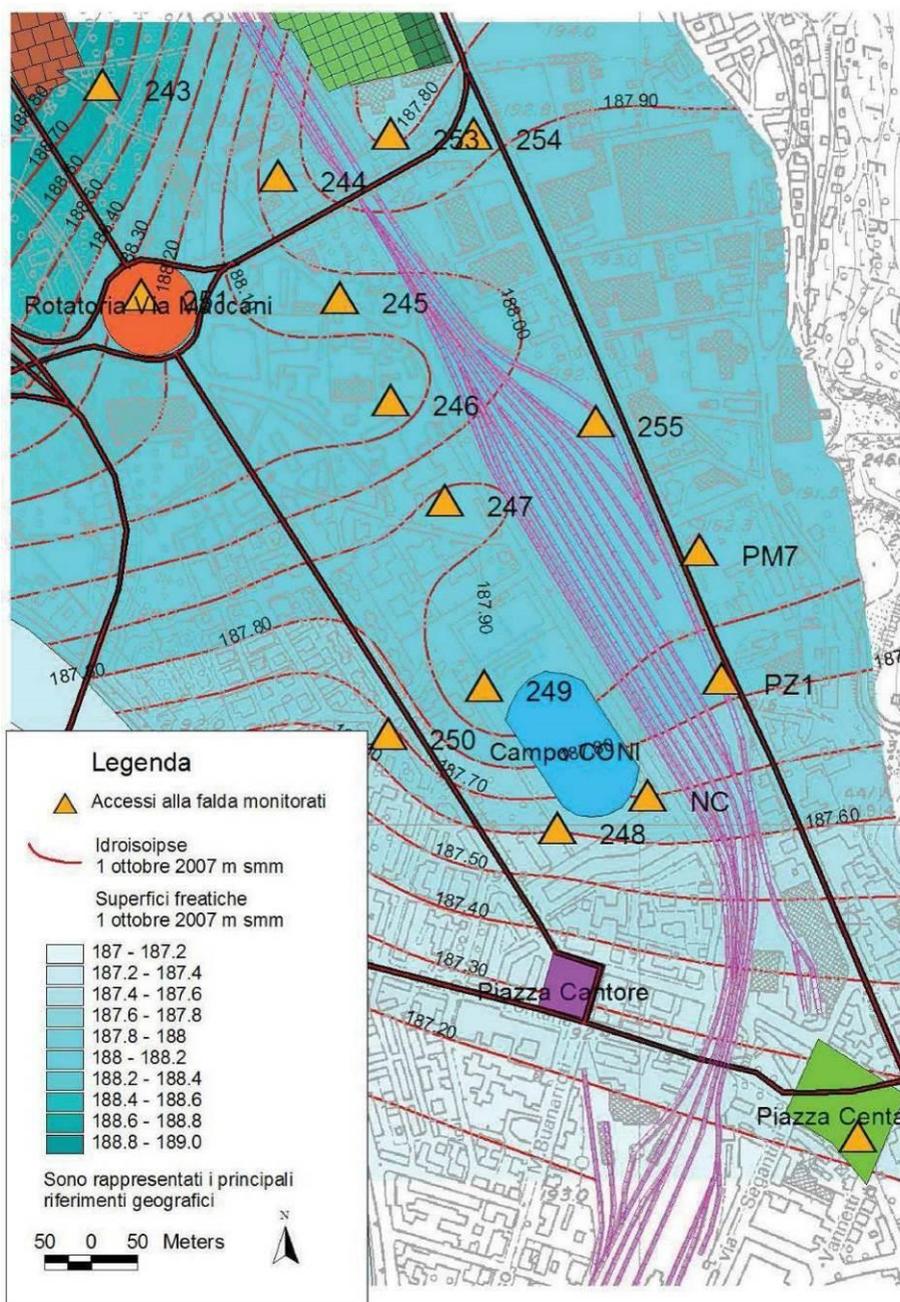


Figura 70, Idroisipse 1 ottobre 2007 (da P.A.T., 2007),

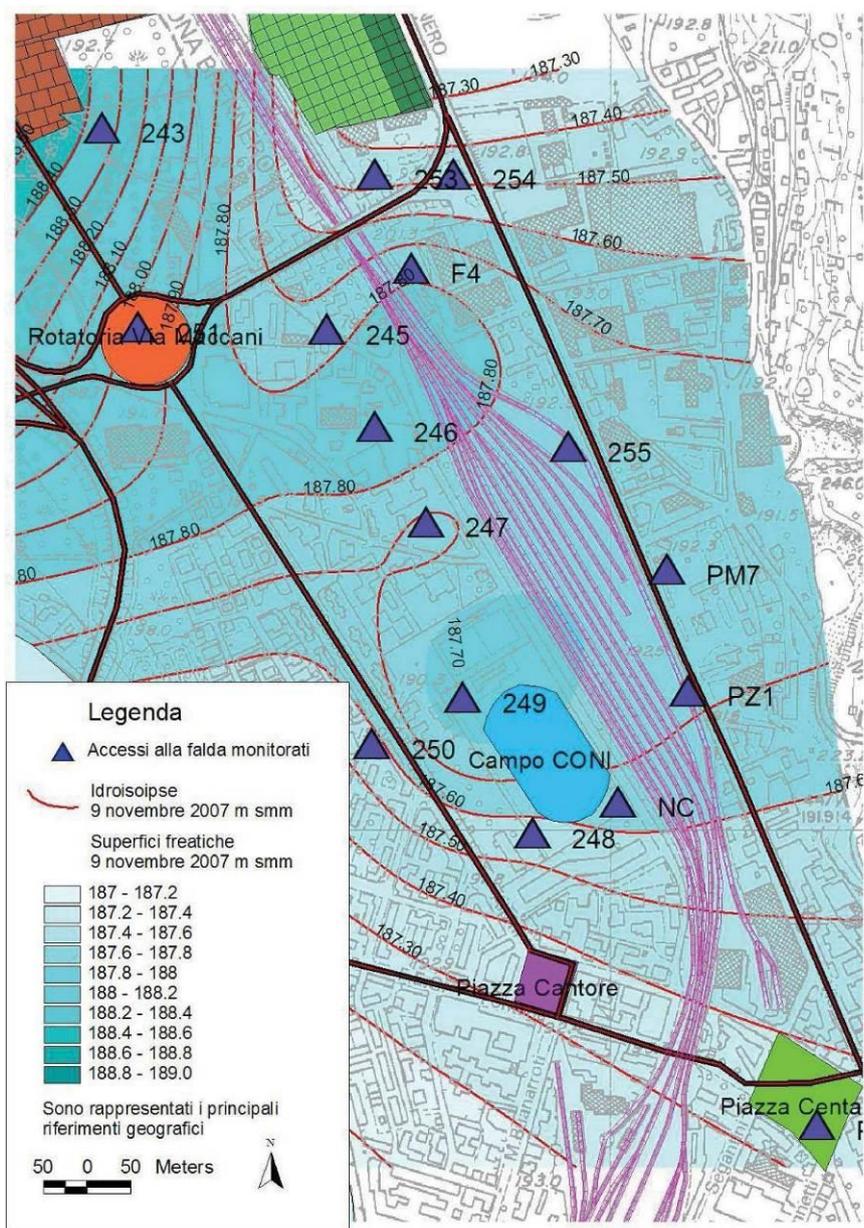


Figura 71. Idroisopse 9 novembre 2007 (da P.A.T., 2007).

Il calcolo del gradiente idraulico medio in direzione nord sud relativo alle due campagne di monitoraggio produce un valore pari a 0,09 %, coerente con il periodo di minimo dei livelli.

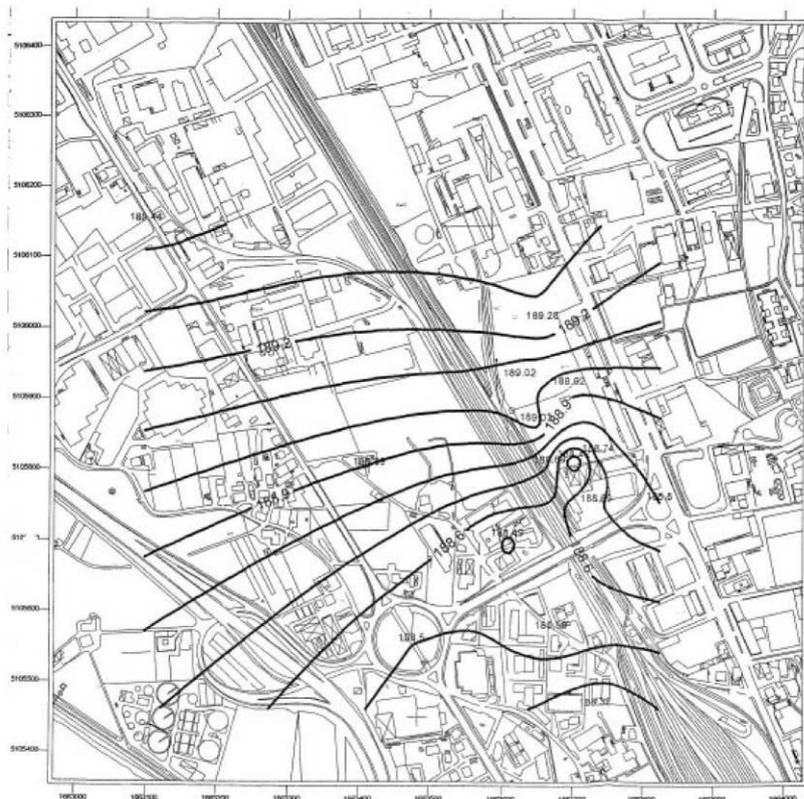


FIG. 3.1 - TRENTO NORD
BARRIERA IDRAULICA EX CARBOCHIMICA
Piezometria della falda al 27 novembre 2001

Figura 72. Idroisopse che mostrano gli effetti della barriera idraulica attiva nell'area della ex Carbonchimica (da P.A.T., 2007).

Una ricerca bibliografica ha permesso di individuare i principali parametri idraulici relativamente alla falda. Tali parametri sono stati estratti dallo “Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell’acquifero di fondovalle compreso nel territorio del Comune di Trento” condotta da Visintainer, e sono relativi alla caratterizzazione di Trento Nord e alla conoide del Fersina.

SCHEDA N° 3: AREA TRENTO NORD

Ubicazione: con area Trento Nord si intende la porzione di fondovalle compresa tra lo scalo Filzi a Sud e la circonvallazione a Nord.

Morfologia: area pianeggiante situata nella piana alluvionale del Fiume Adige, in sinistra idrografica.

Modello idrogeologico: sulla base delle caratteristiche litologico-stratigrafiche l'acquifero presente corrisponde al livello ghiaioso-sabbioso superficiale, mentre gli altri livelli presentano caratteristiche di acquitard o acquiclude; l'acquifero è direttamente connesso con l'Adige ad Ovest e con l'Avisio a Nord. La falda mostra una ridotta salienza ed è pertanto semiconfinata (o confinata). Considerata la superficialità della piezometrica è possibile che parte dei terreni di riporto posizionati sotto il suolo vegetale o a riempimento di possibili avvallamenti siano sede di falde freatiche; tali acque non sono in comunicazione diretta con l'acquifero, da cui sono separate dall'orizzonte limoso sottostante. Per quanto riguarda i rapporti tra le acque sotterranee e l'Adige, sembra esserci un modesto drenaggio della falda nella zona posta a monte del ponte della circonvallazione S.S. 12 e un rapporto di equilibrio-ricarica più a valle.

Piezometria: la superficie piezometrica (settembre 1996) presenta una direzione di flusso complessivamente da Nord a Sud con alcune modificazioni locali:

- alimentazione nella porzione Sud-orientale da corsi d'acqua minori o dal versante montuoso;
- zona di alto piezometrico, che funge da spartiacque sotterraneo, circa a Nord-Ovest dell'area Sloi (porzione di falda a linee di flusso divergenti);
- settore con basso gradiente idraulico a Nord-Est dell'area ex Carbochimica ed ex OET per probabili prelievi idrici dal sottosuolo (modulo di spaziatura massimo); depressione piezometrica posta ad Ovest del Campo Coni.

Per quanto riguarda i rapporti tra le acque sotterranee e l'Adige, sembra esserci un modesto drenaggio della falda nella zona posta a monte del ponte della circonvallazione S.S. 12 e un rapporto di equilibrio-ricarica più a valle.

I dati relativi alle oscillazioni portano a stimare l'oscillazione annuale minima in 1 metro, e quella massima (valutata in un periodo quinquennale) pari a 1.7 metri; (con tempi di ritorno più lunghi il valore può essere verosimilmente superato).

Figura 73. Caratterizzazione idrogeologica area Trento Nord, descrizione. (Da Visintainer).

	Riporti	Non saturo	Saturo soprastante l'acquifero	Acquifero principale	Primo livello sottostante l'acquifero principale	Secondo livello sottostante l'acquifero
Granulometria	Porfirci (nuovi) Eterogenei (antichi)	Limi da argillosi a sabbiosi passanti a sabbie fini +/- limose. ⁽¹⁾		Sabbie ghiaiose, ghiaie sabbiose talora debolmente limose	Sabbie +/- limose con lenti di sabbia +/- ghiaia e lenti di limi +/- argillosi	Sequenza indistinta di limi variamente sabbiosi ed argillosi
Permeabilità (k) (m/sec)		$K_0 = 3 \times 10^{-6(2)}$ $10^{-2} < k_v < 10^{-8(4)}$		$K_0 = 3 \times 10^{-3(3)}$ $K_v = 10^{-4(4)}$	$K_0 = 5 \times 10^{-5(2)}$ $K_v = \sim 5 \times 10^{-6(4)}$	$K_0 = \sim 5 \times 10^{-7(2)}$ $K_v = \sim 5 \times 10^{-6(4)}$
Trasmittività (T) (m ² /sec)				$1.8 \times 10^{-2} < T < 2.1 \times 10^{-2}$	1×10^{-3}	
Porosità efficace (n _e) (%)		Da 1 a 7.5, con 4,5 valore medio ⁽⁵⁾		$(15)^{(7)} + 20^{(5)}$	$7.5^{(5)}$	$1 + 5^{(5)}$
Coefficiente di immagazzinamento (S)				$(2.2 \times 10^{-3})^{(7)}$ $3.5 \times 10^{-4(3)}$		
Spessore (H) (m)	0+2	(0) 0.5 + 1.5 ⁽⁷⁾ 3.5 + 5.5 5 + 6		6 + 7	20	
Soggiacenza acquifero (m)				5 + 7		

Gradiente (i) %	0.1 + 0.15 (0.2) ⁽⁷⁾
Velocità reale (Vr) m/g	1.2 + 2.2
Soggiacenza falda (m)	0.5 + 3 ⁽⁶⁾ (2+3 m nell'area ex Carbochimica)

NOTE:

- (1) Le sabbie aumentano progressivamente sia procedendo in profondità, sia da Nord a Sud.
- (2) Il valore è stato stimato sulla base di prove di permeabilità tipo Lefranc e della granulometria dei terreni.
- (3) Il valore è stato ottenuto attraverso prove di pompaggio.
- (4) Si stima il coefficiente di permeabilità verticale di circa un ordine di grandezza inferiore rispetto a quello orizzontale.
- (5) Valore stimato sulla base della granulometria.
- (6) Tale parametro può essere influenzato dalla presenza e dallo spessore dei riporti.
- (7) In parentesi sono indicati i valori meno rappresentati.

Figura 74. Caratterizzazione idrogeologica area Trento Nord, descrizione. (Da Visintainer).

Un ulteriore approfondimento è contenuto nel documento "Mappatura ambientale della falda del fondovalle della città di Trento, Relazione Tecnica" di ISER (2013). In particolare, lo studio è consistito nel prelievo di campioni per analisi chimiche e in campagne freatimetriche in pozzi e piezometri superficiali (da alcuni metri di profondità fino a qualche decina di metri) allo scopo di ricostruire la freatimetria e la facies geochemica delle acque della falda superficiale. In totale sono stati raccolti dati su 130 punti di misura come riportato in Figura 75.

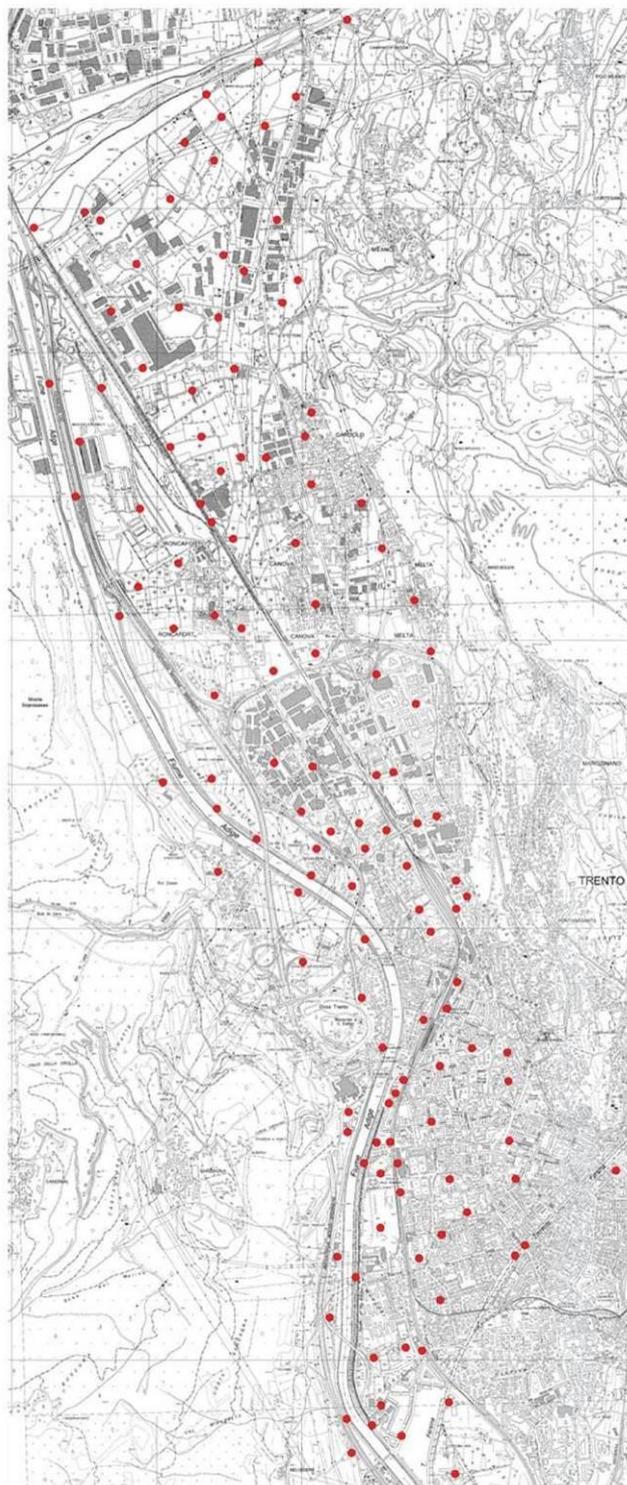


Figura 75. Distribuzione dei punti di monitoraggio del fondovalle di Trento (da ISER, 2013).



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	189 di 220

Il monitoraggio con prelievo di campioni è stato eseguito il 6-8 novembre 2012, il 5-6 febbraio 2013, il 7-9 maggio 2013 e l'1 agosto 2013.

L'andamento delle isofreatiche è riportato nei documenti nel documento "Mappatura ambientale della città di Trento, Carta delle isofreatiche, Confronto campagne freaticometriche" prodotto da ISER nel 2013 e riportato in Figura 76.

Per quello che riguarda la campagna freaticometrica del 6-8 novembre si osserva che l'area con valori di gradiente idraulico più elevati è corrispondente al conoide dell'Avisio.

Inoltre è attiva la barriera idraulica dello stabilimento Glacier Vandervell (ex Dana) in località Roncafert, nei pressi del piezometro EW2.

Nella campagna del 5-6 febbraio 2013 la situazione è simile a quella rilevata in novembre se si eccettua un incremento di gradiente localizzato in corrispondenza del pozzo ad uso agricolo 853, nella zona di Ravina. È attiva la barriera idraulica dello stabilimento Glacier Vandervell (piezometro EW2). Per quanto riguarda la soggiacenza, i valori del mese di febbraio sono simili a quelli del mese di novembre eccetto la fascia centrale dell'area indagata, corrispondente alla zona di Trento nord, nella quale in occasione della campagna freaticometrica intermedia sono stati rilevati valori di soggiacenza leggermente superiori rispetto a quelli della campagna precedente.

Nella campagna del 7-9 maggio si osserva che sono in funzione alcuni pozzi di emungimento, che mostrano la loro influenza nell'areale circostante. In particolare si osserva che sono attivi i pozzi 3015 (Calcestruzzi Atesini) e 1420 (Grafiche Saturnia). È attiva la barriera idraulica dello stabilimento Glacier Vandervell (piezometro EW2). I valori di soggiacenza della falda sono generalmente inferiori di circa 1.5-2 m rispetto ai valori rilevati in occasione delle campagne precedenti. La misura è stata effettuata in un periodo particolarmente piovoso che ha determinato una fase di piena anche della falda acquifera superficiale.

L'ultima campagna è stata eseguita il giorno 1 Agosto 2013.

I valori di soggiacenza della falda, nel corso di questa campagna, hanno mostrato i valori rilevati in novembre e in febbraio. In questa occasione si nota un emungimento dal pozzo 1420 (Grafiche Saturnia) mentre risulta inattivo l'emungimento dal pozzo 3015 (Calcestruzzi Atesini). Inoltre, risulta attivo il pozzo ad uso agricolo c107259. Come in tutti i casi precedenti si osserva che è attiva la barriera idraulica dello stabilimento Glacier Vandervell (ex Dana) in località Roncafert, nei pressi del piezometro EW2.

Una sintesi del modello concettuale per l'area di fondovalle compresa fra l'Avisio (a Nord) e il Fersina (a Sud) basata sui dati di monitoraggio e su dati bibliografici si ritrova in ISER, 2013.

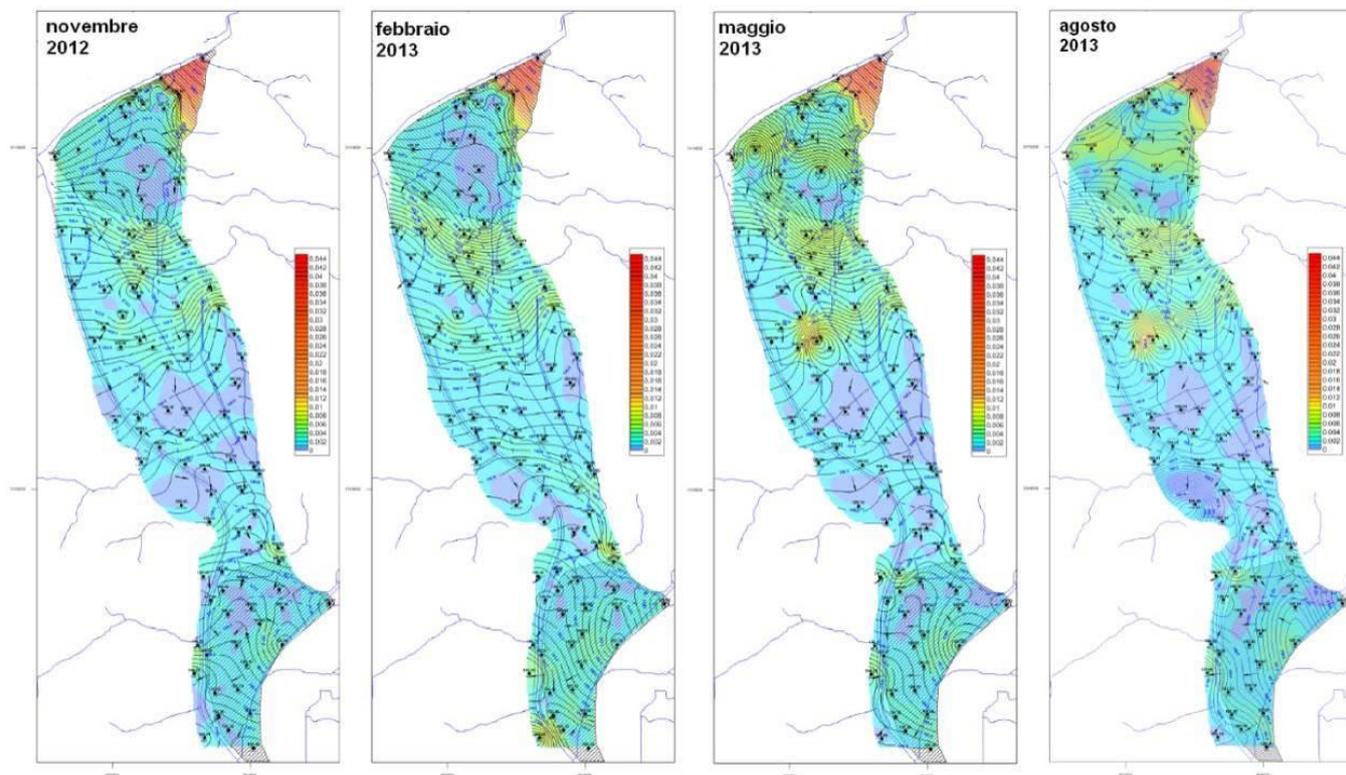


Figura 76. Piezometria dell'area in esame in diversi periodi. La scala a colori definisce il gradiente idraulico. Per una migliore lettura si rimanda alla tavola contenuta in ISER, 2013.

Procedendo da Nord verso Sud è possibile individuare tre diversi sottosistemi (corpi) acquiferi.

- l'acquifero del conoide del torrente Avisio;
- l'acquifero atesino di fondovalle nella zona interconoide tra l'Avisio e il Fersina, corrispondente di fatto alla zona di Trento Nord;
- l'acquifero di conoide del torrente Fersina.

Il conoide del torrente Fersina

Il conoide del Torrente Fersina si estende per tutta l'ampiezza della valle ed ha una pendenza media della superficie topografica vicina all'1 %, da Est verso Ovest. Nella zona di Trento Sud "Ghiaie" il corso d'acqua, che è pensile rispetto al territorio circostante, si immette nell'Adige.

Le alluvioni che costituiscono la porzione apicale del conoide del Torrente Fersina sono date prevalentemente da ghiaia con ciottoli e sabbia, alternate a strati più francamente sabbiosi. Al di sotto dei 15 m dal piano campagna talvolta si incontrano strati con frazione limosa e argillosa nettamente più abbondante. Nel settore distale del conoide, per effetto dell'interdigitazione con le alluvioni del fiume Adige, i letti di ghiaia si riducono in frequenza e spessore, mentre diventano preminenti i depositi sabbiosi; in questa zona sono presenti in profondità spessi orizzonti di argille e limi (Figura 77).

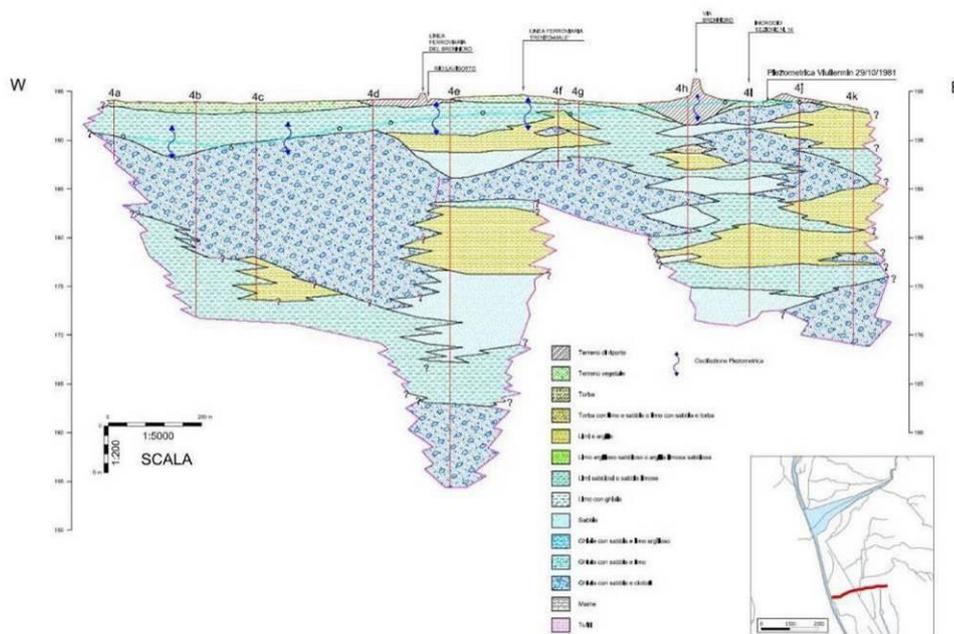


Figura 77. Sezione geologica del conoide del torrente Fersina (da ISER, 2013).

La forma torrentizia è limitata a nord da un paleoalveo del fiume Adige. Alla confluenza tra il Fersina e l'Adige, gli strati del deposito di conoide del torrente si interdigitano con quelli del più piccolo conoide del Rio Gola, su cui sorge l'abitato di Ravina.

Indagini geognostiche profonde sono state eseguite nella zona Ghiaie e a Ravina, al fine di investigare orizzonti acquiferi profondi. Il sondaggio eseguito alle Ghiaie ha evidenziato al di sotto dei primi 20 – 22 m di ghiaie e sabbie con ghiaia, una consistente sequenza caratterizzata da alternanze di strati più fini con argille limose e sabbie limose. Intorno alla profondità di 150 m dal piano campagna si riscontrano nuovamente banchi di depositi grossolani (ghiaie e ghiaie sabbiose), che si estendono fino a circa 180 m, intercalati da poche lenti argillose. La stratigrafia di un pozzo profondo dell'acquedotto a Ravina permette di riconoscere un'abbondante presenza di sedimenti fini, argillosi e limosi al di sotto dei primi 15 metri (di ghiaie con sabbie e ciottoli, sabbie e ghiaie); solo occasionalmente questi depositi sono intervallati da importanti letti di materiali grossolani. Questa perforazione ha intercettato il substrato roccioso (arenarie vulcaniche) a 225 m di profondità.

L'acquifero freatico presente nell'area di conoide del torrente Fersina, che nella zona apicale e mediana ha uno spessore di almeno 15 – 20 metri, è costituito prevalentemente da ghiaie grossolane che si alternano, procedendo verso la parte distale, sempre più frequentemente a sabbie e sabbie limose. La conducibilità idraulica media di questo acquifero è dell'ordine di $K = 10^{-3}$ m/s.

Prove condotte per il dewatering dell'area ex Michelin (Paternoster, 2010) hanno permesso di individuare per l'area di Via Verdi a Trento un valore di K variabile tra 1.5 e 1.7×10^{-3} m/s per uno spessore di acquifero libero pari a 15 – 16 m. Per un sito più a Sud (area Ghiaie), alcuni dati (Comune di Trento, 2003) hanno fornito per le alluvioni superficiali del Fersina $K = 3.2 \times 10^{-3}$ m/s. Nella stessa area, prove di pompaggio a portata costante su di un pozzo profondo 190 m e filtrato tra 156 e 183 m dal piano campagna davano un valore di $K = 9.1 \times 10^{-4}$ m/s.

Le carte freaticimetriche riferite al 2008 mostrano sia per il periodo di magra che per quello di piena un deflusso con direzione principale Nord – Sud (Figura 78).

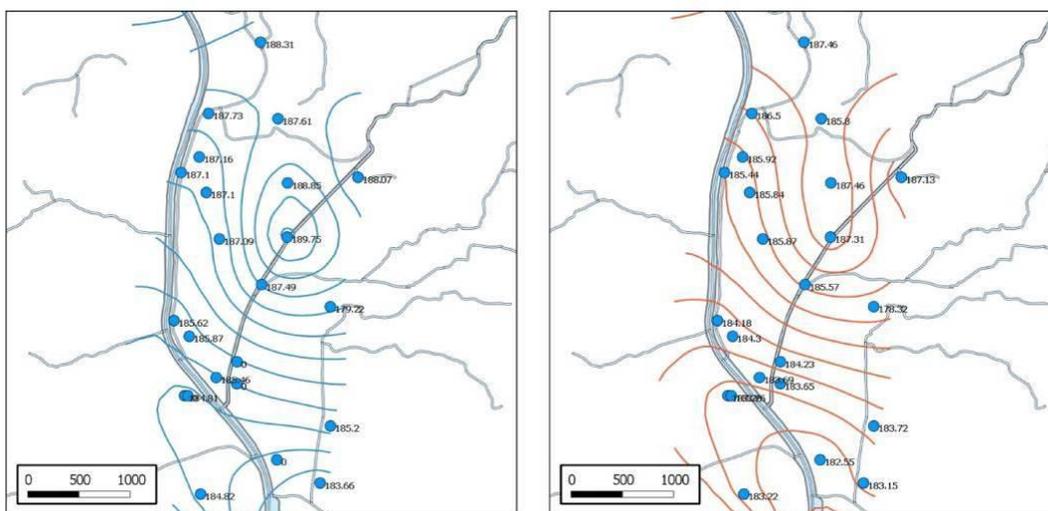


Figura 78. Curve freaticimetriche per i mesi di giugno (azzurro) e ottobre (rosso) 2008 nell'area del conoide del torrente Fersina (da ISER, 2013).

Soprattutto nella mappatura riferita al periodo di magra (ottobre 2008) risulta importante un'alimentazione da Nord dell'acquifero e quindi un deflusso parallelo a quello del fiume Adige, preponderante rispetto l'alimentazione da Est. Le direzioni di flusso della falda non appaiono, nei due momenti esaminati, direttamente influenzate da apporti di subalveo del torrente Fersina. Il gradiente idraulico risulta di 0,27 % e di 0,23 % rispettivamente a giugno a ottobre 2008.

Per l'acquifero del conoide del Fersina questa zona sono disponibili anche carte piezometriche realizzate dal Servizio Geologico P.A.T., relative a sette periodi (aprile 2004, gennaio, marzo e luglio 2005, luglio 2006, aprile 2007 e febbraio 2009 - <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/cartografiatematica/-Cartografiaidrogeologia/pagina7.html>). Queste piezometrie mostrano in generale una più consistente alimentazione dal versante Est, e dal torrente Fersina (Figura 79).

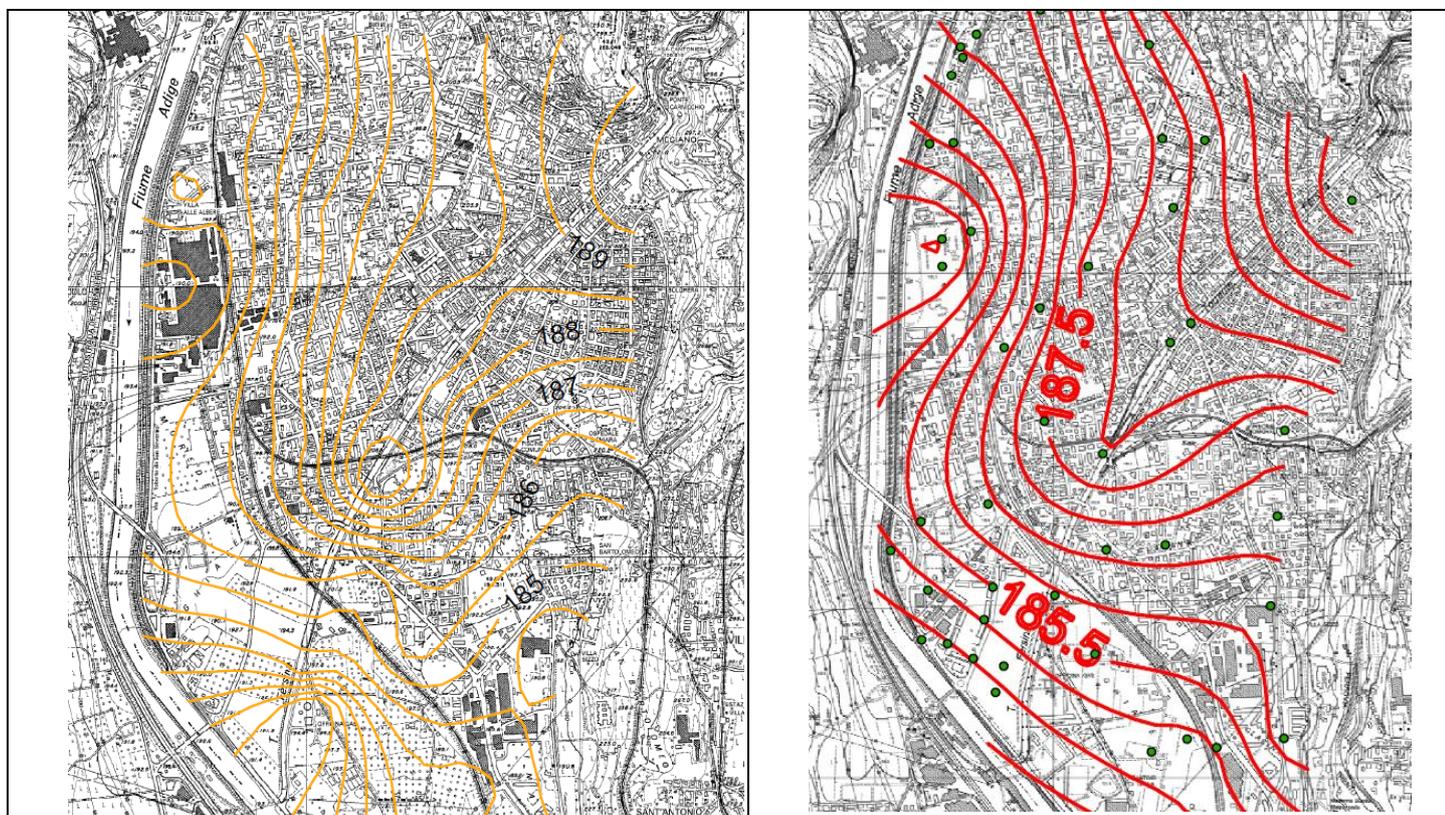


Figura 79. Carta piezometrica riferita ad aprile 2004 (a) e febbraio 2009 (b) (da Servizio Geologico P.A.T. - <http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/cartografiatematica/-Cartografiaidrogeologia/pagina7.html>).

La variazione nella direzione di flusso della falda è verosimilmente da imputare al regime stagionale delle precipitazioni e all'influsso dello scioglimento nivale primaverile. Sono inoltre evidenti le depressioni della falda provocate dai pompaggi, sia del campo pozzi Ghiaie che, nel febbraio 2009, del dewatering per l'area ex Michelin.



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	194 di 220

Appendice 3 - Esame delle permeabilità da database

Il database geologico provinciale disponibile contiene per ogni affioramento o gruppo di affioramenti una classificazione idrogeologica distinguendo fra permeabilità alta, media e bassa per fratturazione o per porosità. Per le formazioni carsificabili viene anche indicata la possibilità di permeabilità per carsismo.

Per poter applicare il metodo DHI all'area di studio è risultato necessario poter caratterizzare in modo univoco la formazione con la classe di permeabilità. Per questa ragione è stata eseguita una analisi dei dati per creare in modo quanto più possibile oggettivo questa associazione.

I criteri utilizzati sono risultati i seguenti:

- La classe CM (carsismo medio) non viene considerata. infatti, se compare in associazione con FCM (Fratturazione e Carsismo) risulta sempre $FCM \gg CM$; se compare non in associazione con FCM risulta sempre $CM \ll$ [numero totale affioramenti rilevati].
- Se esistono degli affioramenti classificati FCM la litologia viene classificata FCM.
- Se la permeabilità risulta sempre media (oppure sempre alta oppure sempre bassa) ma in alcuni casi per porosità e in altri per fratturazione la formazione viene classificata permeabile per fratturazione, cioè nel dubbio fra FM e PM viene scelto FM. Nel caso in cui la stragrande maggioranza degli affioramenti risulti permeabile per porosità la formazione viene considerata permeabile per porosità, cioè se $PB \gg FB$ si considera PB.
- Se esistono affioramenti classificati FM e altri classificati FA, se $FM/FA > 2$ la formazione viene classificata FM.
- Analogamente se $FB/FM > 2$ la formazione viene classificata FB.
- Se $FB/FA = 2$ si considera FM.
- Se esistono affioramenti classificati PM e altri classificati PA; se $PM/PA > 2$ la formazione viene classificata PM.
- Se $PB/PM > 2$, la formazione viene classificata PB.
- Se $PB/PA = 2$ si considera PM.

Nei restanti casi vince la classe di permeabilità maggiore, cioè alta vince su media e bassa e media vince su bassa.

Dopo aver applicato in modo sistematico il procedimento descritto sono state apportate alcune correzioni ai risultati sulla base delle osservazioni eseguite in campagna, di esperienze pregresse su litotipi simili e dei risultati di alcune prove di permeabilità in foro.

Utilizzando questi criteri è stata creata l'associazione fra litologia (SIGLA_CARG) e classe di permeabilità (E_CLASSE_K) riportata nella Tabella 7.



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	196 di 220

Appendice 4 - Elenco dei punti d'acqua rappresentati nelle cartografie idrogeologiche

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	197 di 220

La tabella seguente riporta l'elenco dei pozzi (969) rappresentati nella carta idrogeologica.

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663586	5099090	1	C/1792
1663633	5099681	3	C/1791
1663634	5099680	4	C/1791
1663917	5099797	5	C/0856
1663964	5099587	6	C/0856
1663575	5100804	7	C/2819
1663820	5096329	14	C/8144-2
1662325	5105751	15	C/11929
1664511	5095686	26	C/3979
1663467	5101256	31	C/3136
1663754	5100544	32	C/3136
1664011	5101372	33	C/3136
1664491	5096224	34	C/3136
1663502	5101194	39	C/3136
1663527	5101195	40	C/3136
1664929	5100924	41	C/3136
1663997	5101511	48	C/3136
1664917	5100859	50	C/3136
1663995	5101570	53	C/3136
1662302	5106324	60	C/3635
1663143	5107919	63	C/3902
1663506	5102042	65	C/3991
1666806	5100941	84	C/6293
1663493	5101218	86	C/5096
1663242	5096977	87	C/3887
1663173	5097104	89	C/3869
1664192	5101013	98	C/3924
1664398	5100567	99	C/3924
1663506	5095438	105	C/12616
1665270	5098169	106	C/12715
1662779	5095996	110	C/11059-1
1663718	5101850	123	C/4395
1663917	5106982	124	C/4802
1664289	5101479	125	C/8674
1665544	5102770	126	C/11984
1665970	5104794	127	C/8747
1665669	5105028	133	C/8012

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663939	5107108	138	C/9482
1662669	5105142	139	C/4965
1662995	5105276	140	C/11968
1662656	5105227	143	C/11991
1663590	5098166	149	C/10454
1662823	5108030	150	C/4914
1663052	5107368	153	C/9492
1663053	5107741	155	C/9458
1664615	5096334	156	C/10486
1661982	5108709	162	C/9427
1662536	5108336	163	C/9494
1666446	5104039	165	C/8751
1663361	5107113	169	C/9466
1663448	5107597	170	C/9397
1663408	5108039	172	C/9418
1663422	5108056	173	C/9406
1663347	5107695	176	C/4800
1663607	5107903	177	C/5012
1665117	5097345	179	C/10466
1665710	5096896	180	C/10423
1664282	5101895	181	C/11994
1663114	5106173	186	C/11932
1663531	5100554	195	C/10941
1664573	5102524	202	C/11940
1663705	5107134	204	C/11787
1663073	5107695	205	C/9469
1662922	5107258	208	C/9425
1663132	5108222	211	C/9389
1662400	5108251	212	C/9413
1662485	5107197	213	C/9462
1663200	5107203	219	C/9464
1664718	5097290	221	C/10449
1664998	5098251	222	C/8150
1662554	5108337	225	C/4996
1662530	5107317	226	C/9467
1665083	5097079	228	C/6232
1664744	5097329	229	C/10428

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	198 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1662625	5105369	242	C/11949
1663374	5108106	245	C/4426
1663306	5097647	248	C/12411-2
1664061	5097409	249	C/10014
1663325	5101335	250	C/8478-1
1662679	5107865	255	C/8181-5
1662428	5106660	256	C/8115-1
1663155	5107208	257	C/9439
1665440	5099782	258	C/8676
1662982	5107695	268	C/12005
1664111	5095950	272	C/10489
1661905	5106217	275	C/11980
1663245	5096979	283	C/11079
1661954	5108612	284	C/8093-2
1664994	5097466	285	C/10468
1663945	5107073	286	C/4699
1663461	5098420	297	C/8065-5
1662529	5107526	298	C/12016
1662556	5106902	299	C/8104-3
1662486	5107040	300	C/8175
1664800	5099540	302	C/11958
1662448	5095156	305	C/7395
1662983	5107531	306	C/4584
1663197	5107807	307	C/4599
1662337	5108212	308	C/9410
1661967	5108590	309	C/8165-1
1664854	5097039	311	C/4923
1663582	5105218	312	C/11939
1662966	5107488	313	C/4585
1663118	5108121	316	C/9447
1662398	5107120	321	C/11985
1664387	5101129	322	C/11943
1662568	5108365	324	C/4111
1667843	5104714	326	C/8755
1662939	5107524	330	C/9450
1663034	5106975	331	C/9390
1662896	5108289	338	C/9432
1662820	5105624	341	C/4499
1663084	5097600	343	C/11082

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663102	5097575	344	C/11083
1663153	5097535	345	C/11084
1663668	5100498	346	C/10925
1663739	5100758	347	C/10926
1664409	5101370	349	C/11926
1663787	5102209	351	C/11970
1665028	5099787	353	C/4403
1662632	5105514	360	C/11934
1662742	5106707	363	C/9430
1665087	5100182	364	C/3942
1663754	5102382	366	C/11971
1664893	5096870	374	C/10440
1668024	5103714	378	C/11358
1662951	5097871	379	C/9307
1662992	5101979	383	C/10935
1662746	5106136	386	C/12020
1664840	5099557	391	C/12008
1662568	5099434	392	C/9506
1663665	5107301	393	C/9395
1665064	5097368	396	C/10427
1662447	5107194	397	C/9460
1662062	5107430	398	C/10153
1664578	5103052	399	C/4706
1663403	5105008	400	C/12023
1663589	5108004	401	C/9497
1666495	5104747	429	C/3095
1666421	5104547	430	C/3095
1666427	5104729	431	C/3095
1662526	5107284	437	C/9405
1663939	5107108	438	C/9482
1663509	5094711	443	C/8311
1661798	5107636	445	C/9499
1663786	5099545	447	C/6378
1664242	5099805	448	C/10946
1664325	5095636	450	C/6381
1664520	5100312	451	C/1002
1662211	5106319	452	C/0804
1664132	5099219	453	C/0619
1661667	5107805	477	C/11360

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	199 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663739	5100759	484	C/8030
1664467	5099899	488	C/6113
1665786	5097317	490	C/12596
1666084	5102541	491	C/12718
1666522	5098807	492	C/6344
1667515	5105591	493	C/5098
1662362	5108046	505	C/3237
1662367	5107578	521	C/8801-2
1664678	5099620	530	C/8127-3
1664118	5097080	531	C/8057-2
1663328	5094896	533	C/8306-2
1664104	5096131	534	C/8134-4
1664111	5095819	535	C/8134-3
1663812	5096183	537	C/8134-2
1663949	5099607	543	C/12458-3
1662502	5095195	545	C/8482-1
1663545	5098927	547	C/8477-3
1663894	5097492	551	C/12458-2
1663376	5098064	552	C/12404-3
1663612	5098876	553	C/8477-5
1663593	5099964	563	C/8477-1
1663541	5098489	568	C/12404-2
1664321	5097016	575	C/8057-6
1663860	5095482	577	C/12458-1
1663285	5095457	586	C/8306-3
1663178	5095482	587	C/8305-4
1663725	5096144	588	C/8308-2
1663341	5095916	589	C/8305-3
1663270	5095605	590	C/8134-5
1663442	5097918	595	C/8477-6
1663644	5099623	596	C/8480
1664139	5097172	599	C/8057
1662764	5095983	600	C/11059-2
1662889	5095971	601	C/11059-2
1662139	5108689	606	C/8101-1
1663163	5095081	627	C/12565-5
1664224	5099804	628	C/8477-2
1664465	5100672	629	C/8116
1664384	5101049	630	C/8112

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663009	5097818	633	C/12404-1
1662703	5105170	638	C/8127-2
1663597	5094693	639	C/8306-1
1663569	5094870	640	C/6230-2
1664140	5097175	685	C/8057-1
1664769	5098070	694	C/3529
1664775	5098108	695	C/3529
1664828	5098034	696	C/3529
1664844	5098041	697	C/3529
1664847	5098587	698	C/3529
1664865	5099218	699	C/3529
1664872	5098061	700	C/3529
1664875	5098577	701	C/3529
1664881	5099216	702	C/3529
1664978	5099149	703	C/3529
1664985	5099112	704	C/3529
1665035	5098798	705	C/3529
1664833	5101713	706	C/3255
1664880	5101707	707	C/3255
1664799	5101711	708	C/3255
1663400	5099535	709	C/1478
1663459	5099995	726	C/2053
1663677	5100806	733	C/1870
1663624	5100883	743	C/1870
1663249	5101450	748	C/2014
1663813	5106301	761	C/3053
1663856	5106303	762	C/3053
1663576	5106777	774	C/2455
1663538	5101155	776	C/2392
1664813	5101116	779	C/2271
1664837	5101129	780	C/2271
1664045	5105762	782	C/2245
1664228	5102260	792	C/0299
1664492	5097040	796	C/3881
1664132	5104448	802	C/3081
1663843	5103623	803	C/3139
1666729	5104466	804	C/3733
1665753	5106325	805	C/3574
1665847	5105862	810	C/3574

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	200 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663296	5103770	813	C/3659
1668884	5105550	814	C/3435
1664022	5097460	823	C/2149
1664065	5097447	824	C/2149
1664299	5097356	828	C/2149
1664493	5097299	829	C/2149
1663890	5102843	837	C/3096
1666206	5105749	843	C/3530
1663279	5101411	853	C/3236
1663369	5101015	856	C/2814
1662174	5105776	861	C/3971
1663763	5097723	866	C/3960
1663905	5097913	867	C/3960
1663887	5097878	868	C/3960
1663517	5097881	869	C/3960
1663448	5097714	870	C/3960
1663509	5097715	871	C/3960
1663733	5107174	872	C/2636
1666495	5104747	873	C/3095
1666421	5104547	874	C/3095
1666427	5104729	875	C/3095
1663094	5102832	878	C/3388
1663339	5101197	885	C/3243
1662701	5108389	898	C/8183-1
1663069	5096523	900	C/6461
1663108	5094957	901	C/6644
1663139	5094912	902	C/6644
1663496	5098185	903	C/6459
1664169	5101372	905	C/6483
1664999	5097862	906	C/6407
1665103	5097934	907	C/10475
1665253	5097990	908	C/10488
1661867	5106497	926	C/11928
1662450	5108343	929	C/9487
1662619	5105494	930	C/4990
1662911	5107781	932	C/11972
1664053	5096668	936	C/7258
1664297	5097838	937	C/11072
1664373	5095901	938	C/10435

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1664598	5100690	939	C/11975
1665904	5104717	940	C/8748
1665945	5104582	941	C/8749
1666414	5103786	942	C/8752
1662971	5096359	944	C/4917
1662488	5105507	949	C/11998
1662474	5105407	959	C/12000
1662719	5105342	962	C/12001
1662395	5108467	967	C/6239
1662611	5105083	968	C/4293
1663299	5101503	971	C/6487
1663389	5097509	972	C/6460
1662395	5105472	978	C/11937
1664200	5096882	979	C/11064
1662717	5107859	982	C/9468
1662578	5095454	992	C/11073
1662042	5108420	1005	C/4343
1662113	5106396	1006	C/11976
1662567	5106616	1009	C/12018
1663460	5107737	1014	C/6479
1664187	5096438	1016	C/4860
1664341	5101118	1017	C/11964
1664471	5097219	1018	C/10044
1664478	5101092	1020	C/6490
1663892	5096283	1031	C/10462
1663852	5100379	1037	C/4688
1663928	5095666	1038	C/10473
1664864	5098511	1050	C/10479
1663584	5097463	1054	C/11070
1664042	5097891	1056	C/10425
1664450	5095829	1058	C/10480
1663046	5101926	1067	C/10937
1664321	5100502	1079	C/12013
1663347	5108046	1099	C/4551
1663531	5098719	1101	C/4594
1663542	5107549	1102	C/5884
1663915	5106951	1107	C/4855
1663980	5107004	1108	C/4854
1664717	5097319	1111	C/10487

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	201 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1664913	5102056	1113	C/4303
1663917	5096165	1121	C/7104
1664811	5100230	1123	C/11936
1664499	5099602	1134	C/11982
1662325	5105691	1141	C/11942
1663428	5108092	1145	C/9454
1662579	5107683	1155	C/9473
1665048	5098956	1162	C/10433
1662960	5106750	1165	C/4456
1666183	5102281	1181	C/4009
1664132	5105595	1186	C/6486
1662891	5108277	1196	C/9702
1662750	5107592	1201	C/6488
1663681	5095215	1203	C/11053
1663726	5095857	1204	C/10447
1663851	5102087	1205	C/4011
1664028	5098290	1206	C/6412
1664326	5105462	1208	C/11979
1663145	5105837	1219	C/8679
1663148	5105838	1220	C/8679
1663917	5095904	1223	C/10451
1668143	5104208	1225	C/8750
1662748	5107957	1238	C/6897
1663354	5108092	1241	C/9435
1663863	5102855	1242	C/8678
1662551	5105502	1254	C/11967
1662731	5107765	1267	C/9474
1662784	5108244	1268	C/9403
1662881	5108355	1270	C/4877
1662625	5108259	1304	C/9398
1663001	5098135	1306	C/4069
1664482	5101330	1308	C/4653
1662983	5107654	1314	C/4496
1662868	5107572	1318	C/9483
1663206	5107848	1320	C/6485
1663353	5096692	1321	C/10009
1664847	5097253	1324	C/4686
1665740	5097600	1325	C/10445
1663187	5102242	1326	C/10940

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1665904	5104560	1329	C/6489
1662652	5107796	1334	C/9419
1662865	5105334	1335	C/11951
1663484	5094715	1337	C/9996
1664294	5094877	1343	C/6408
1662925	5108163	1359	C/4904
1663920	5098382	1363	C/10471
1664445	5095981	1383	C/10458
1662830	5095980	1390	C/6595
1664640	5100830	1393	C/11959
1663126	5106890	1399	C/9417
1664822	5099472	1401	C/12025
1662034	5106073	1407	C/8675
1662917	5107828	1408	C/9465
1664827	5097562	1410	C/10422
1669550	5105346	1411	C/5072
1662243	5107491	1414	C/9440
1664333	5101131	1417	C/8681
1664546	5101094	1426	C/12017
1666582	5105522	1429	C/8836
1663806	5099978	1433	C/12010
1662749	5107594	1445	C/9414
1663770	5100563	1446	C/10089
1664071	5105865	1451	C/11962
1663531	5099298	1456	C/12407
1662882	5107689	1457	C/8168-2
1663247	5107504	1458	C/8168-1
1663869	5099233	1460	C/10457
1664845	5097962	1461	C/12350
1662089	5108756	1463	C/8177-1
1662498	5108169	1467	C/9402
1662700	5107799	1468	C/8176-3
1662711	5107661	1469	C/8176-2
1663089	5097715	1474	C/8140-2
1663106	5097714	1475	C/8140-2
1663126	5097715	1476	C/8140-2
1661919	5108794	1479	C/8177-2
1662634	5105025	1483	C/4301
1663567	5107975	1485	C/9476

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	202 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1662601	5107882	1486	C/9388-1
1662570	5107228	1487	C/9388-2
1664393	5100169	1488	C/3389
1664177	5096415	1489	C/8154
1662885	5095310	1493	C/8048
1662893	5095274	1494	C/8048
1663999	5105938	1501	C/4969
1663986	5096159	1505	C/6589
1665269	5097714	1506	C/10472
1663493	5099875	1508	C/10923
1663410	5096356	1512	C/11058
1662387	5106054	1513	C/8128
1664500	5097989	1517	C/10469
1663191	5096308	1518	C/11062
1662756	5107449	1521	C/8170-2
1661904	5106847	1550	C/8099
1665118	5098495	1556	C/4953
1662771	5106798	1560	C/8102
1663362	5101367	1566	C/8478-2
1663530	5094619	1567	C/9652-2
1664453	5097362	1575	C/10049
1663177	5094791	1579	C/7416
1662626	5107727	1583	C/8173
1662177	5108539	1588	C/4342
1661995	5108662	1590	C/8180
1664190	5098610	1597	C/8064-2
1662673	5095737	1602	C/8059-2
1664443	5099314	1617	C/8158-3
1664720	5095591	1631	C/12456-2
1664931	5099543	1640	C/6481-2
1663420	5099932	1641	C/10936
1664963	5098615	1647	C/10437
1664244	5094488	1654	C/7572
1663883	5095222	1661	C/8063
1664519	5098005	1681	C/10041
1663086	5096816	1688	C/8146-2
1662402	5108465	1689	C/9438
1664432	5096642	1694	C/8152
1662921	5098368	1696	C/5011

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1662722	5108224	1713	C/4849
1663819	5098647	1719	C/10415
1662446	5107994	1720	C/6476
1664945	5099595	1722	C/11961
1664030	5094845	1724	C/6410
1664411	5095605	1725	C/6409
1663978	5095424	1734	C/10163
1663469	5095042	1753	C/7419
1663424	5098499	1754	C/8799-1
1662896	5096246	1761	C/12402-2
1663592	5098740	1763	C/8047-2
1663595	5098898	1764	C/12402-3
1663520	5098184	1765	C/10470
1663506	5098658	1766	C/8068-2
1664021	5096939	1767	C/8049-2
1663620	5098456	1768	C/8799-2
1664681	5099175	1771	C/8147-1
1663240	5108249	1772	C/8166-2
1663226	5101589	1785	C/8810
1663159	5102755	1786	C/8481-1
1662687	5095807	1797	C/12402-1
1664449	5097792	1802	C/10424
1663168	5096742	1820	C/8796-3
1663055	5096655	1821	C/8065-1
1663303	5096733	1822	C/8050-2
1662192	5107231	1837	C/12460-1
1662908	5094923	1838	C/7412
1662755	5107807	1839	C/12009
1662676	5107985	1840	C/8181-4
1662733	5107736	1841	C/8181-3
1662812	5107766	1842	C/8181-2
1662334	5106834	1843	C/9399-1
1662968	5105562	1844	C/8109-2
1663104	5105823	1845	C/8119
1663113	5105590	1846	C/8109-1
1663039	5105842	1847	C/11941
1662970	5105690	1848	C/8122
1662338	5106678	1849	C/8115-2
1662837	5106171	1850	C/8124-1

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	203 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1662716	5107622	1852	C/9495
1662717	5107383	1853	C/9470
1662908	5107303	1854	C/8172
1663090	5106925	1855	C/8095
1664863	5097623	1868	C/8139-2
1663173	5095312	1872	C/8042
1662948	5105191	1875	C/8108-1
1662958	5105197	1876	C/8108-1
1662981	5105201	1877	C/8108-1
1663442	5104860	1878	C/12456-1
1663543	5095370	1899	C/11056
1663704	5095283	1900	C/8067-1
1664466	5101949	1901	C/11931
1663348	5094842	1903	C/7393
1663255	5094877	1905	C/9997
1664714	5097720	1913	C/6414
1662973	5097545	1925	C/8054
1663274	5097985	1927	C/8798-2
1663292	5096481	1931	C/6463
1664612	5096492	1935	C/5033
1666350	5102360	1943	C/8497
1662577	5108246	1951	C/9488
1662765	5107540	1952	C/6238
1664223	5100948	1953	C/11915
1664396	5100822	1954	C/7191
1664036	5101733	1955	C/11957
1663283	5097364	1967	C/12400
1663163	5097911	1973	C/8068-3
1664504	5095288	1976	C/8133
1663862	5097231	1986	C/8058-1
1664034	5096856	1987	C/8060-3
1663902	5097223	1988	C/8058-2
1664128	5096850	1989	C/8798-3
1663663	5097335	1990	C/8813-2
1663586	5097320	1991	C/8800
1664228	5097166	1992	C/8140-4
1663748	5096404	1993	C/8160-3
1663809	5097301	1998	C/12403-1
1663810	5097330	1999	C/12403-1

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663885	5097102	2000	C/8060-4
1663515	5097426	2001	C/8068-5
1663533	5098277	2002	C/8049-1
1663212	5095419	2041	C/10032
1663113	5095973	2042	C/8056-5
1663625	5095966	2043	C/8135-1
1664024	5095603	2044	C/8135-4
1664239	5095917	2045	C/8149
1663993	5096355	2046	C/8162
1663164	5095812	2047	C/8050-7
1662989	5095806	2048	C/8052
1663530	5096065	2049	C/8811-2
1664080	5096397	2050	C/8140-5
1663918	5095791	2051	C/12457-1
1664086	5096511	2052	C/8813-4
1663703	5095655	2053	C/8157-3
1664140	5096442	2054	C/8144-1
1663939	5096282	2055	C/8117
1663931	5095638	2056	C/8151-2
1664155	5096324	2057	C/8160-4
1664004	5096318	2058	C/8157-2
1663553	5095942	2059	C/4997
1663488	5095563	2060	C/8158-1
1663981	5095916	2061	C/12457-2
1663861	5095951	2062	C/6309
1664148	5095953	2063	C/6308
1664207	5096763	2064	C/8060-2
1663295	5095445	2065	C/8067-2
1663375	5095475	2066	C/8151-1
1663469	5095477	2067	C/6458
1663623	5096116	2068	C/8798-1
1663727	5095748	2069	C/8135-2
1663688	5096235	2070	C/10426
1663370	5095368	2071	C/8045
1663441	5095718	2072	C/6380
1663562	5096103	2073	C/8811-1
1663028	5095602	2074	C/8155
1664028	5096227	2075	C/8157-1
1663361	5095895	2076	C/8313-2

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	204 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663059	5095683	2077	C/10467
1663246	5095807	2078	C/8159-1
1663436	5095882	2079	C/8055-2
1664015	5095827	2080	C/8135-3
1663315	5095577	2081	C/8132-1
1663976	5096531	2082	C/8310-2
1663059	5095932	2083	C/8056-1
1663257	5095447	2084	C/8310-3
1663852	5095890	2085	C/10043
1663257	5096038	2086	C/8809-3
1663382	5095751	2087	C/8136
1663365	5096610	2101	C/8060-5
1663377	5096713	2102	C/8798-4
1663323	5096443	2103	C/8060-7
1663509	5094711	2107	C/8311
1663391	5094623	2108	C/8304-2
1663051	5094918	2110	C/8159-3
1663422	5094734	2112	C/8310-4
1662921	5097955	2131	C/8684
1664548	5099906	2157	c/8130-1
1664173	5097684	2158	C/8131
1663697	5099167	2159	C/8145
1664611	5099119	2160	C/8161
1664196	5097583	2161	C/8140-1
1664143	5098839	2162	C/8479-2
1663858	5098128	2163	C/8058-3
1664107	5098099	2164	C/10478
1663590	5097759	2165	C/8066-4
1664156	5098097	2166	C/8046-2
1664229	5098162	2167	C/8046-3
1663931	5097957	2168	C/8146-1
1664046	5097782	2169	C/8140-3
1664079	5097739	2170	C/8160-1
1663570	5098796	2171	C/11071
1663703	5098532	2172	C/8142
1663832	5098979	2173	C/8158-2
1664293	5097609	2174	C/8060-8
1663836	5098209	2175	C/8046-4
1664070	5097821	2176	C/8120

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1664641	5099198	2177	C/10456
1663924	5097911	2178	C/8068-4
1663681	5099161	2179	C/8145
1664642	5099892	2180	C/8809-5
1663588	5098787	2181	C/12345-1
1663974	5097979	2182	C/8148
1663893	5099246	2183	C/10438
1663980	5097427	2184	C/8813-1
1664053	5098939	2185	C/10441
1664800	5099774	2186	C/8118
1664300	5097714	2187	C/8813-3
1664154	5098199	2188	C/8046-5
1663650	5098285	2189	C/10483
1663751	5097669	2190	C/3960
1663454	5097891	2191	C/3960
1663739	5098387	2192	C/10485
1663562	5099000	2193	C/8475-2
1663520	5099361	2194	C/12406-2
1663535	5099404	2195	C/12406-1
1663233	5102278	2208	C/6400
1664832	5100541	2210	C/8121
1663444	5097244	2211	C/8050-4
1663533	5096978	2212	C/8064-1
1663076	5099306	2216	C/10939
1664564	5096219	2224	C/4284
1664630	5096379	2225	C/10477
1663481	5099326	2230	C/8475-1
1663494	5099765	2232	C/6363
1663449	5097070	2250	C/12403-3
1663343	5097026	2251	C/8171-2
1662681	5108303	2252	C/8176-1
1662208	5108482	2253	C/8176-4
1662063	5108711	2254	C/8093-1
1663801	5107477	2262	C/4571
1663924	5107116	2263	C/4951
1663888	5107133	2264	C/4217
1663437	5107290	2265	C/4801
1663587	5107681	2266	C/9394
1663656	5099193	2289	C/10439

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	205 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1666671	5104574	2293	C/8756
1662947	5097918	2298	C/8065-4
1664643	5098210	2303	C/8139-1
1662277	5108426	2307	C/8163-1
1662414	5108348	2309	C/8164
1662428	5108581	2310	C/8163-2
1662480	5108452	2312	C/8170-1
1662316	5108554	2317	C/9486
1664550	5097359	2321	C/10450
1664787	5097981	2323	C/12459-3
1664861	5098004	2324	C/12459-1
1664906	5098011	2325	C/12459-1
1664458	5097530	2326	C/12345-2
1664470	5097449	2327	C/10431
1663218	5101601	2338	C/8810
1664362	5105037	2344	C/8746
1666034	5102357	2345	C/8672
1663018	5095666	2404	C/8132-2
1663128	5096323	2419	C/8796-2
1663427	5097433	2420	C/8160-2
1663370	5097447	2421	C/8050-1
1663861	5097088	2422	C/8068-1
1663686	5100505	2447	C/6362
1665271	5098068	2449	C/8147-2
1663802	5096112	2459	C/8050-8
1664077	5096339	2460	C/8050-3
1663341	5098200	2462	C/8065-3
1663055	5098008	2464	C/8061
1663458	5098240	2466	C/11076
1663111	5096219	2476	C/8050-5
1663151	5096214	2477	C/8050-6
1663836	5097369	2478	C/8066-3
1663544	5097340	2479	C/8066-2
1663278	5097302	2480	C/8066-1
1663255	5097550	2482	C/8060-1
1662550	5106717	2483	C/8097-1
1661798	5107636	2484	C/9499
1662177	5107566	2485	C/9411-2
1661855	5107417	2486	C/8171-3

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1661886	5107402	2487	C/8103
1662810	5106777	2488	C/9479
1662213	5107016	2489	C/8167-1
1661961	5106880	2490	C/8094-1
1662427	5106829	2491	C/8098
1662622	5107301	2492	C/8170-3
1662038	5107405	2493	C/8104-1
1661943	5107198	2494	C/8094-2
1662570	5106801	2495	C/9399-3
1662030	5107326	2496	C/9399-2
1662174	5107066	2497	C/9449
1662374	5107046	2498	C/8171-1
1662689	5107120	2499	C/8097-2
1662124	5108368	2500	C/8167-2
1662281	5107481	2501	C/8094-4
1662287	5107232	2502	C/8094-3
1662718	5107163	2503	C/8167-3
1662438	5106882	2504	C/9445
1662132	5107314	2505	C/9446
1662184	5106993	2506	C/8092-1
1662354	5106922	2507	C/8092-2
1662192	5107079	2508	C/9456
1662533	5106825	2509	C/9443
1662535	5107180	2510	C/11969
1662077	5107125	2511	C/8091
1662447	5107576	2512	C/9490
1665020	5097859	2514	C/10432
1662789	5096068	2515	C/8475-3
1664993	5098273	2518	C/4676
1662593	5108043	2519	C/9412
1665111	5098868	2529	C/8141
1664539	5102349	2530	C/11914
1664551	5102361	2531	C/5038
1664964	5098506	2533	C/10460
1664967	5099002	2549	C/8137
1664471	5099383	2550	C/10429
1663692	5099604	2555	C/8481-2
1663438	5096957	2558	C/6462
1663442	5096945	2559	C/11069

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	206 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663072	5096279	2560	C/11085
1662978	5096246	2561	C/8065-2
1662733	5095996	2562	C/8043-1
1663232	5096485	2563	C/8796-1
1663016	5096278	2564	C/10013
1663368	5099962	2588	C/8476-1
1663053	5094838	2594	C/10021
1663429	5095237	2595	C/11055
1663301	5095148	2596	C/8484-1
1663441	5094965	2597	C/8302-1
1663430	5095106	2598	C/8307-1
1663008	5095466	2599	C/8798-5
1663322	5095130	2600	C/12453-3
1663884	5099731	2603	C/8809-1
1663890	5099759	2604	C/8809-1
1664141	5100387	2605	C/8476-2
1664188	5100284	2606	C/8479-1
1663704	5099393	2607	C/8047-1
1663791	5099899	2608	C/10947
1664028	5099981	2609	C/8059-1
1664790	5100014	2610	C/8809-4
1664051	5099914	2611	C/10929
1663565	5099851	2612	C/10931
1664532	5101188	2613	C/8129
1664616	5101031	2614	C/8114
1664485	5100874	2615	C/8123
1664488	5100690	2616	C/11948
1664976	5099723	2617	C/11950
1663746	5095548	2619	C/10418
1662585	5095731	2623	C/8799-3
1662550	5095326	2624	C/8053
1662579	5095323	2625	C/8053
1662460	5095047	2626	C/8811-3
1663122	5097644	2644	C/8046-1
1666094	5102528	2645	C/8496
1662707	5095966	2646	C/10031
1662568	5105581	2652	C/8113
1662693	5105330	2653	C/8127-1
1662287	5105620	2654	C/11987

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1662292	5105613	2655	C/8060-9
1662787	5105008	2656	C/8108-2
1662649	5105496	2657	C/11992
1663595	5107513	2659	C/9496
1663091	5108108	2661	C/9451
1662786	5108115	2662	C/9478
1662046	5108740	2663	C/8165-2
1662720	5108473	2665	C/9409
1664477	5100981	2671	C/8110
1662672	5107679	2672	C/9484
1662807	5107688	2673	C/8124-2
1662711	5108023	2674	C/8184
1664594	5099591	2676	C/11993
1663638	5094941	2713	C/7410
1663624	5095157	2714	C/11054
1663679	5095143	2715	C/8055-1
1663572	5095209	2716	C/12453-2
1663218	5094705	2717	C/8302-3
1663921	5107159	2722	C/4579
1667475	5104454	2725	C/8753
1662853	5097787	2731	C/11065
1662689	5108172	2732	C/6473
1662699	5106902	2733	C/9431
1662723	5107186	2736	C/9452
1663731	5098116	2743	C/4065
1663109	5095778	2748	C/4929
1664232	5094906	2756	C/6405
1664828	5100465	2761	C/11960
1662611	5107107	2766	C/9477
1662853	5105645	2771	C/11966
1662968	5105047	2777	C/11997
1664773	5098912	2778	C/10446
1662704	5105391	2780	C/12015
1663894	5095579	2781	C/10463
1664168	5096189	2782	C/6404
1668442	5103840	2790	C/8754
1665112	5099112	2794	C/12011
1663548	5100947	2795	C/10928
1661905	5105157	2796	C/11953

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	207 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1662487	5095295	2797	C/11048
1662593	5108070	2798	C/9489
1663915	5096004	2799	C/10046
1662937	5097687	2800	C/11066
1663128	5104901	2803	C/11938
1662360	5108045	2817	C/8029
1663047	5108307	2825	C/4875
1663165	5104883	2827	C/12304
1664376	5100217	2829	C/8682
1664058	5097499	2835	C/6481-1
1663956	5107140	2838	C/4876
1663070	5105125	2846	C/12024
1664897	5100984	2847	C/5006
1663303	5097698	2853	C/12411-1
1664317	5101662	2854	C/11918
1662426	5105394	2861	C/12002
1663539	5102055	2862	C/11965
1663685	5098663	2863	C/10484
1664167	5097589	2864	C/10443
1663588	5098551	2866	C/11052
1663839	5102091	2867	C/11986
1664131	5097332	2868	C/10455
1664094	5097112	2870	C/11057
1663103	5097949	2871	C/11078
1663490	5098193	2872	C/11051
1663730	5099768	2874	C/10933
1662141	5106536	2876	C/11978
1662196	5106372	2877	C/11977
1664086	5097583	2881	C/4085
1661964	5106789	2882	C/11963
1663323	5100086	2883	C/10943
1663345	5100106	2884	C/10942
1663028	5104781	2885	C/11925
1663163	5095457	2891	C/10039
1663175	5096808	2892	C/11086
1663926	5095519	2893	C/10459
1664017	5100048	2894	C/10944
1664354	5101372	2895	C/11927
1663596	5100464	2896	C/10927

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663553	5094781	2901	C/7421
1664627	5098967	2903	C/10461
1664197	5097787	2917	C/10436
1664822	5099585	2918	C/11944
1664907	5098345	2923	C/10448
1664375	5102424	2927	C/11956
1663786	5099545	2936	C/6378
1663607	5099257	2940	C/10932
1664242	5099805	2941	C/10946
1662982	5096437	2943	C/4368
1664792	5100260	2944	C/4848
1664572	5097534	2945	C/10045
1663838	5098895	2946	C/10442
1664216	5099983	2947	C/10938
1665007	5099918	2950	C/11916
1663976	5104069	2951	C/6480
1662944	5106748	2954	C/4568
1663573	5097472	2955	C/10482
1663741	5102124	2956	C/11917
1664564	5096805	2958	C/10476
1664940	5101174	2960	C/11919
1663581	5104196	2961	C/11921
1663530	5096902	2965	C/6464
1664024	5099138	2966	C/10416
1664027	5098529	2967	C/6454
1664063	5098604	2968	C/10421
1662699	5106758	2969	C/9455
1663587	5099099	2970	C/10419
1666405	5103803	2973	C/6306
1662598	5108236	2982	C/9485
1663685	5103396	2984	C/6482
1662514	5105553	2985	C/11999
1663360	5097492	2988	C/11049
1664636	5103136	2992	C/4948
1664697	5097456	2996	C/3450
1664523	5099654	3000	C/11947
1663497	5100575	3004	C/4552
1663575	5100802	3005	C/10934
1663600	5098406	3007	C/11081

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	208 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663649	5101715	3011	C/4690
1663618	5101613	3012	C/4691
1664714	5097373	3014	C/10434
1662560	5107738	3018	C/9481
1664843	5099010	3019	C/10444
1663863	5095524	3020	C/11050
1662458	5108200	3028	C/10151
1663364	5098091	3032	C/11075
1663607	5099526	3038	C/4548
1663095	5105482	3039	C/8683
1664616	5095902	3040	C/4898
1662950	5095693	3044	C/11080
1661784	5108902	3048	C/4095
1663304	5106515	3050	C/11974
1662633	5095645	3053	C/9480
1664840	5097092	3054	C/6413
1664972	5098170	3058	C/10417
1662623	5108344	3059	C/9391
1662417	5107194	3061	C/3287
1664223	5095212	3064	C/10464
1663459	5107958	3065	C/9421
1664160	5099122	3067	C/6450
1664065	5094923	3071	C/6410
1663733	5094467	3072	C/10042
1663744	5094484	3073	C/10042
1663327	5098134	3074	C/10011
1662431	5095135	3078	C/7418
1663377	5098029	3081	C/11061
1664325	5095636	3085	C/6381
1663113	5102547	3086	C/4339
1664899	5102392	3088	C/11955
1667375	5103556	3090	C/8757
1665488	5105422	3097	C/4922
1662678	5107888	3099	C/11995
1662590	5105855	3100	C/11983
1663100	5107298	3102	C/9422
1662876	5105228	3104	C/4302
1663809	5105217	3109	C/11924
1664396	5100214	3113	C/8682

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663699	5097303	3124	C/11063
1664092	5096710	3127	C/10017
1663919	5096340	3131	C/10047
1663421	5095737	3132	C/6380
1661887	5106375	3133	C/11981
1661921	5106283	3134	C/11933
1663646	5098168	3138	C/10474
1664567	5099914	3139	c/8130-1
1663706	5098558	3140	C/10465
1663426	5099074	3141	C/10945
1663898	5098518	3142	C/6453
1664867	5100121	3144	C/11996
1663323	5097399	3147	C/11047
1663916	5107098	3148	C/4216
1664218	5099028	3150	C/6455
1664037	5099005	3151	C/10420
1663651	5098969	3152	C/6451
1663822	5099040	3153	C/6448
1663977	5099012	3154	C/6452
1667530	5104789	3156	C/4928
1665024	5098582	3158	C/10430
1664725	5097512	3159	C/3450
1664641	5097421	3160	C/10048
1664519	5097527	3161	C/10481
1664234	5104663	3169	C/11923
1662914	5095363	3175	C/11077
1663286	5098262	3176	C/4117
1663659	5100440	3181	C/10091
1663305	5098086	3184	C/10015
1662845	5096154	3186	C/11060
1661833	5107483	3187	C/9411-1
1662495	5107594	3188	C/4291
1661891	5107015	3189	C/9424
1662990	5106969	3190	C/4292
1663831	5102732	3191	C/11930
1664574	5099522	3195	C/8130-2
1663122	5095288	3201	C/11074
1662918	5095209	3202	C/8295
1663569	5103319	3204	C/11920

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	209 di 220

X_GB	Y_GB	Codice Progressivo	Num_prat
1663786	5104141	3205	C/11990
1664159	5099532	3206	C/6447
1664467	5100250	3207	C/11946
1663970	5099684	3208	C/10930
1664146	5099346	3209	C/6449
1665033	5099656	3210	C/11945
1663122	5097636	3219	C/11935
1662085	5105973	3222	C/12003
1662068	5106047	3223	C/7094
1662829	5107417	3225	C/9436
1664666	5101155	3226	C/3248
1664613	5101284	3227	C/3248
1664625	5101263	3228	C/3248
1663981	5102444	3229	C/11922
1664194	5104154	3235	C/6242
1663744	5095139	3238	C/10016
1663811	5095244	3239	C/6415
1664720	5096314	3247	C/3226
1664402	5103922	3253	C/2975
1664690	5096463	3254	C/3226
1665031	5098018	3264	C/4006
1662562	5105384	3267	C/3883
1663233	5095095	3269	C/4005
1663181	5097083	3273	C/3357
1662606	5105273	3282	C/4462
1663617	5100644	3286	C/3204
1663663	5100693	3287	C/3204
1663589	5100634	3288	C/3204
1663598	5100711	3289	C/3204
1663058	5105482	3290	C/3643
1662482	5106387	3291	C/3132
1663681	5103403	3292	C/3582
1663126	5095294	3293	C/11067
1662672	5106968	3294	C/9441
1664857	5100563	3296	C/4475
1662526	5107284	3298	C/9405
1662849	5104490	3300	C/3695

La tabella seguente riporta l'elenco delle sorgenti rappresentate nella carta idrogeologica. Viene indicato il codice sorgente, il nome della sorgente, la quota, le portate massime, minime, medie e il numero di misure disponibili.

Codice	Nome	Quota (m. s.l.m.)	Qmax	Qmin	Qmed	Misure
482	ponte alto origine	310	-	-	-	-
520	celva fontana	643	0.1	0.1	0.1	1
528	moretta	475	-	-	-	-
529	slavini	640	2.2	0.83	1.34	3
530	loc.ronzesco	700	0.1	0.1	0.1	1
531	ronzesco	670	0.3	0.2	0.25	2
532	casare	775	0.02	0	0.01	3
533	mazzon	648	2	0.11	1.03	6
534	tof	593	0.4	0.1	0.23	3
535	dos lungo	640	3	0.99	1.56	5
536	marocche	890	2	0.13	0.81	3
537	valgrande alta	815	1.1	0.46	0.85	3
538	loc.malga tomba	970	0.2	0	0.1	2
735	ca' de neza	620	0.11	0.11	0.11	1
736	loc.ca' de nera	620	0.9	0.9	0.9	1
737	loc.brenz baracca	625	0.18	0.18	0.18	1
738	loc.piana nova	690	0.25	0.25	0.25	1
739	loc.moronar alta	830	0.14	0.14	0.14	1
740	val cannelle	818	5.28	1.4	2.58	18
741	stellar	960	0.3	0.06	0.16	3
742	rio slavina bassa	662	2.37	1.56	1.97	2
743	foll	346	40.75	12	29.21	17
744	galleria gabbiolo	638	7	0.32	1.43	18
745	gabbiolo ex salvadori	486	3.02	0.48	1.36	16
746	ancona	463	3.4	1.01	2.4	4
747	camina	424	10	0.55	3.92	3
748	benvenuti	405	2	0.93	1.53	4
749	tre fontane	407	16.98	3.83	8.67	15

Codice	Nome	Quota (m. s.l.m.)	Qmax	Qmin	Qmed	Misure
750	casotti di gabbiolo alta	552	0.2	0.2	0.2	1
942	maso lunz	880	0.4	0.4	0.4	1
943	loc.pra'grand	900	0.1	0.1	0.1	1
944	loc.pra' grand	925	0.1	0	0.05	2
945	loc. le ave	890	0.02	0.02	0.02	1
946	tomaselli	945	0.3	0.04	0.14	3
947	soda	950	0.5	0.07	0.29	2
948	loc. le ave	875	0.08	0.08	0.08	1
949	boscatti bassa	835	0.01	0.01	0.01	3
950	toldo	825	-	-	-	-
962	loc.val del pintarel	735	-	-	-	-
963	loc.maso pusterl	890	0	0	0	1
964	loc. rifugio alpino	1090	0.1	0	0.05	2
965	laghetti nord	1145	0.4	0.4	0.4	1
1280	vasca della filanda	810	-	-	-	-
1283	prai malga vivaio	980	0.7	0.7	0.7	1
1284	strada prai malga	1000	0.1	0.1	0.1	1
1285	laghetti sud	1140	0.2	0.2	0.2	1
1286	frain nord	1110	0.2	0.2	0.2	1
1287	frain sud	1100	0.3	0.3	0.3	1
1288	colare'	1015	0.5	0.5	0.5	1
1289	strada colare'	1005	0.4	0.4	0.4	1
1290	colare' bassa	1000	0.6	0.6	0.6	1
1291	stavo alta	985	1.5	0.5	0.86	5
1292	stavo bassa	960	2.5	0.1	1.33	5
1293	strada sbrion	930	0.2	0.03	0.12	2
1294	riai	820	0.3	0.03	0.17	2
1295	costa destra rombonos	790	0	0	0	1
1296	sabbionara	788	3.7	0.04	1.28	4
1297	mala (monte strada)	785	1	0.36	0.68	2

Codice	Nome	Quota (m. s.l.m.)	Qmax	Qmin	Qmed	Misure
1298	riserva mala a monte	770	-	-	-	-
1299	sotto s.lucia	785	0.1	0.1	0.1	1
1322	loc. maso ungherle	770	0	0	0	1
1323	loc. maso ungherle	810	0	0	0	1
1324	loc. maso poper	720	0.03	0.03	0.03	1
1325	loc. maso poper	685	0.01	0.01	0.01	1
1326	loc.sopra maso kronst	613	0.06	0.06	0.06	2
1328	fontana maso sercer	620	0.16	0.15	0.16	2
1329	loc. maso pergher	530	0.3	0.01	0.16	2
1330	fontanelle	560	0.2	0.04	0.12	2
1331	prà della casara	705	0.25	0.18	0.22	2
1332	fontana santa	995	4.4	1.23	2.59	6
1333	pragonal	947	4.9	0.38	1.48	6
1334	mughi	1065	0.1	0.1	0.1	1
1335	benefizi	910	0.4	0.2	0.3	2
1336	acqua fagota	1130	0.1	0.1	0.1	1
1337	loc.sotte sorg.predagrana	1080	0.1	0.1	0.1	1
3620	loc. acquaviva	181	10	0	2.5	4
3621	loc. acquaviva	185	10	10	10	1
3622	loc. acquaviva	190	6	1	3.5	2
3623	acquaviva	188	10	10	10	1
3624	acquaviva	184	170	10	84.8	5
3626	fontana dei gai	1230	0.2	0.2	0.2	1
3627	fontanelle	686	2.5	0.64	1.34	4
3628	valdacole	512	10	4.21	7.25	4
3629	node	489	6.84	2.38	3.54	19
3630	maso alberti	390	3	2	2.6	3
3631	bernabè	333	2	1	1.5	2
3632	ex istituto suore	314	3.2	3	3.1	2
3633	fontanazzi (grisenti)	457	0.4	0.3	0.35	2

Codice	Nome	Quota (m. s.l.m.)	Qmax	Qmin	Qmed	Misure
3634	fontanazzi sx (furlani)	460	1	0.61	0.76	3
3635	loc.s.rocco	388	0.05	0.01	0.03	2
3636	pianizza	425	0.3	0.1	0.2	2
3637	margoni	396	0.3	0.11	0.21	2
3638	fontanelle	363	2.5	1.4	1.95	2
3639	val del bis	396	2	1	1.43	3
3640	albi	1140	0.5	0.3	0.4	2
3641	masi pianizza	750	0.2	0.01	0.11	3
3642	al maso	345	7	6.5	6.75	2
3643	regole deanesi	241	1.5	0.13	0.34	15
3644	regole bridi	237	5	2.8	3.9	2
3645	alle regole	230	2.5	0.11	0.78	14
4257	loc.palustei	460	-	-	-	-
4258	loc.rio stangheti	420	-	-	-	-
4259	fonte dell'orso	490	0.2	0.2	0.2	1
4260	slavinai	915	0.7	0.33	0.52	2
4261	sbrion (maso ginepro)	885	0.2	0	0.1	2
4262	fontanelle	747	7	0.25	3	11
4263	val mazor	815	1.5	0.15	0.94	4
4264	rivalta	806	8	0.5	2.5	6
4265	grezzati ovest	680	0.98	0.8	0.89	2
4266	grezzati est	685	0.8	0.8	0.8	1
4267	grezzi 2	743	5	1.75	2.98	3
4268	grezzi strada	730	0.4	0.4	0.4	1
4269	grezzi bassi	710	0.5	0.25	0.38	2
4270	maso da fin	720	0.1	0.1	0.1	1
4271	pozze nord	650	0.26	0.26	0.26	1
4272	pozze sud	640	1.05	1.05	1.05	1
4273	pozze w	640	3.28	1	2.14	2
4274	maso pollini	630	10	10	10	1

Codice	Nome	Quota (m. s.l.m.)	Qmax	Qmin	Qmed	Misure
4275	ca' da ronc	640	0.44	0.3	0.37	2
4276	ai fovi	610	5.72	0.08	1.21	17
4277	molini	602	0.2	0.2	0.2	1
4278	fontana porcil	790	1.39	1.3	1.35	2
4279	maso conte est	720	0.1	0.1	0.1	1
4280	maso conte w	740	0.52	0.5	0.51	2
4281	valsorda vecchia	575	3.96	0.33	0.85	14
4282	valsorda bassa	514	24.22	6.95	12.47	30
4283	brusaferro (ducati)	475	0.65	0.27	0.46	2
4284	brusaferro	450	0.45	0.03	0.24	2
4285	brusaferro (scotoni)	424	4.5	0.2	1.04	30
4286	brusaferro bassa	408	2.5	2.5	2.5	1
4287	loc.novalina	308	0.2	0.2	0.2	1
4288	loc.novalina	310	0.2	0.2	0.2	1
4289	loc.busatte	280	0.3	0.3	0.3	1
4291	maso s. andrea	290	3.5	0.05	1.78	2
4292	laste bassa	300	2.6	1.57	1.99	4
4293	loc.casarote	405	1.7	1.7	1.7	1
4294	loc. maso bellavista (pinara)	370	0.2	0.2	0.2	1
4295	piani lunghi	363	6.5	0.13	1.74	15
4296	fontanon	685	4	3.28	3.64	2
4297	zugolini sx	660	3.6	1.22	2.41	2
4298	zugolini dx	665	2.55	1.1	1.83	2
4299	malghet	826	2.5	0.6	1.58	5
4300	ziola alta	760	1.12	0.2	0.77	3
4301	ziola bassa	752	2	0.2	1.25	4
4302	dos mort bassa	720	1	0.62	0.81	2
4303	molini	695	13	3	7.99	3
4304	doss mort alta	734	0.7	0.15	0.43	2
4305	bersaglio	755	0.4	0.4	0.4	1

Codice	Nome	Quota (m. s.l.m.)	Qmax	Qmin	Qmed	Misure
4308	fontana dell'orso	785	1.71	0.3	0.92	7
4309	maso franzoi	765	1	0.7	0.85	2
4310	palustela alta	835	0.3	0.01	0.14	4
4311	palustela bassa	820	0.7	0.25	0.45	5
4312	scudellari inferiore dx	816	2	0.25	0.68	6
4313	scudellari inferiore sx	805	12	3	7.05	7
4314	scudellari bassa	818	6	2.15	3.71	4
4315	scudellari media	819	3.1	0.01	0.65	6
4316	scudellari alta	826	5	0.5	2.38	6
9032	paludei	475	-	-	-	-
9430	maso colleva	240	-	-	-	-
9431	san bartolomeo	250	0.2	0.2	0.2	1
9432	galleria s. rocco	263	0.5	0.5	0.5	1
9433	camina bassa	405	2	2	2	1
9435	castagnari	408	3	3	3	1
9436	ripartitore	396	2	2	2	1
9437	chistè	410	1.5	1.5	1.5	1
9438	bolognani	396	0.5	0.5	0.5	1
9442	regole giovanetti	248	3	3	3	1
9443	regole ilario	263	3	3	3	1
9445	valsorda anas	536	2.04	0.83	1.12	15
9446	valsorda antincendio	642	3.7	3.7	3.7	1
9447	ai fovi bassa	603	2.25	2.25	2.25	1
9448	valli	415	0.2	0.2	0.2	1
9449	martina	363	0.13	0.13	0.13	1
9541	galleria cantanghel origine	360	-	-	-	-
9542	valle dell'acqua	645	1.26	0.28	0.68	3
9543	fontana prudela bassa	815	3.2	0.5	1.22	6
9544	fontana prudela alta	855	0.8	0.28	0.46	3
9547	acqua dei tamarisi	430	-	-	-	-

Codice	Nome	Quota (m. s.l.m.)	Qmax	Qmin	Qmed	Misure
9548	rio slavina alta	695	4.5	2.46	3.48	2
9573	moggioli	505	2.5	2.5	2.5	1
9575	oltrecastello	455	2.5	2	2.25	2
9577	pante' 2	378	-	-	-	-
9578	ponte alto uscita	280	65	38.7	44.69	18
9579	cestari	370	0.23	0.2	0.22	2
9580	broilo	398	0.21	0.21	0.21	1
9581	galleria cantanghel	338	99	72.34	83.23	32
9582	beneficio san leonardo	320	-	-	-	-
9583	fontana santa	332	-	-	-	-
9584	pradiscola	390	-	-	-	-
9585	beghel 1	490	0.7	0.41	0.56	2
9586	beghel 2	515	0.18	0.18	0.18	1
9588	benefizi	435	3	0.2	1.6	2
9589	tavernaro	505	0.07	0.05	0.06	2
9590	villamontagna	641	0.55	0.55	0.55	1
9591	maderno	490	0.05	0.01	0.03	2
9592	piazzone	375	-	-	-	-
9593	martignano	410	0.2	0.2	0.2	1
9594	videsott	528	0.05	0.05	0.05	1
9595	maso martis	420	0.7	0.7	0.7	1
9746	ca' de neza	610	0.01	0.01	0.01	1
9747	loc.ca' de nera	635	-	-	-	-
9748	loc.ca' de nera	635	-	-	-	-
9749	loc.ca' de nera	635	-	-	-	-
9750	ca' de neza	585	0.09	0.09	0.09	1
9751	loc.ca' de nera	635	-	-	-	-
9959	pegoretti	282	4	4	4	1
9971	grezzi - ca' da ronc	690	1	0.1	0.55	2
9972	rombonos	775	3	0.2	1.6	2

Codice	Nome	Quota (m. s.l.m.)	Qmax	Qmin	Qmed	Misure
10069	ave	960	0.5	0.12	0.31	2
10165	non denominata	555	-	-	-	-
10166	non denominata	510	-	-	-	-
10167	non denominata	610	-	-	-	-
10188	gabbio	590	2.5	1.48	1.99	2
10189	casotti di gabbio bassa	540	0.5	0.5	0.5	1
10191	non denominata	720	-	-	-	-
10192	conci stelar	950	-	-	-	-
10193	val delle mole	790	-	-	-	-
10194	non denominata	610	-	-	-	-
10195	non denominata	590	-	-	-	-
10201	fontanazzi dx (furlani)	454	1	0.5	0.75	2
10205	non denominata	270	-	-	-	-
10207	laste dx	302	4.35	0.05	2.09	14
10208	laste sx	303	0.1	0.1	0.1	1
10314	maso cantanghel	475	-	-	-	-
10320	boscatti alta	848	0.1	0.05	0.08	2
10540	Fontana Malga Tomba	970	0.08	0.08	0.08	1
10541	fontanelle (val mazor)	885	0.49	0.05	0.2	3
10618	moia'	460	1	1	1	1
10621	casare bassa	730	0.03	0.02	0.03	2
10625	valdacole bassa	495	1.15	1.15	1.15	1
10667	tamanini	640	5	5	5	1
10670	fontanazzi centrale (furlani)	457	1	0.08	0.41	4
10732	valgrande bassa	805	0.12	0.01	0.07	2
10743	acqua bianca	288	0.5	0.5	0.5	2
10812	novaline	328	0.5	0.5	0.5	1
10813	brusaferro (ianeselli)	477	0.18	0.11	0.15	2
10818	selva	647	0.18	0.18	0.18	1
10819	gabbio bassa (ripartitore)	581	1.58	0.13	0.91	3

Codice	Nome	Quota (m. s.l.m.)	Qmax	Qmin	Qmed	Misure
10824	ex maso bellavista	306	0.19	0.19	0.19	1
10825	mosè	600	0.15	0.15	0.15	1
10826	maso celva	512	0.2	0.2	0.2	1
10831	elvira	510	0.3	0.3	0.3	1
10854	maestranzi - tomasi	275	4	4	4	1
10856	bernardi	530	0.3	0.3	0.3	1
10857	bazzanella	480	1.5	1.5	1.5	1
10858	barcatta	554	0.5	0.5	0.5	1
10859	ossena	596	1	1	1	1
10860	regole università	250	1	1	1	2
10861	regole toresela	280	0.1	0.1	0.1	1
10862	atzwanger	380	0.08	0.08	0.08	1
10891	valsorda bassa pozzetto	513	0.64	0.64	0.64	1



ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	219 di 220

Appendice 5 - Informazioni sul monitoraggio idrogeologico pregresso

**ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA****ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA****LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO**

Relazione geologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R69RG	GE 00 01 001	A	220 di 220

Nell'ambito degli studi precedenti (P.A.T.-RFI, 2008) è stato eseguito, nel periodo giugno 2007 e giugno 2008, un monitoraggio di risorse idriche selezionate presenti sul versante sinistro della valle dell'Adige: ciò con l'intento di acquisire informazioni per affinare l'inquadramento idrogeologico del settore.

Il monitoraggio, esteso a tutta l'area compresa tra Rovereto e Trento ove si sviluppava l'originale progetto in studio, è stato effettuato con definizione mensile dei valori di portata e dei principali parametri chimico-fisici su 72 sorgenti, 5 pozzi, e 7 corsi d'acqua, con l'esecuzione di due campagne di campionamento chimico e di analisi isotopiche su campioni raccolti nell'arco di 7 mesi su 30 punti selezionati.

I dati ottenuti da tale monitoraggio sono stati utilizzati nel presente lavoro e sono stati integrati nel database fornito dal Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento al fine di produrre una caratterizzazione idrochimica delle acque (par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Complessivamente attraverso le operazioni di update sono stati inserite 1880 ulteriori misure di portata e 1021 ulteriori analisi chimiche.