

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01e s.m.i.**

CUP: J14H20000440001

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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA**

**LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST - VERONA**

**NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST**

**GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

SCALA:

-

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

I N 1 0    1 0    D    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	F. Continelli	Set. 2021	M. Sciarra	Set. 2021	C. Mazzocchi	Set. 2021	M. Comedini Settembre 2021



File: IN01 10 D69 RG GE0001 001 A

n. Elab.:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO E NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE .....</b>	<b>12</b>
4.1	CAMPAGNE INDAGINI ITALFERR 1998-2021 .....	12
4.1.1	<i>Campagna indagini geognostiche ITALFERR 1998.....</i>	12
4.1.2	<i>Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2003.....</i>	12
4.1.3	<i>Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2014.....</i>	13
4.1.4	<i>Campagna indagini geofisiche ITALFERR 2014.....</i>	13
4.1.5	<i>Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2016.....</i>	14
4.1.6	<i>Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2019.....</i>	14
4.2	CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITALFERR 2020-2021 – VERONA OVEST .....	15
4.2.1	<i>Prove di laboratorio ITALFERR 2020-2021 .....</i>	16
4.3	CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITALFERR 2020-2021 .....	16
4.3.1	<i>Prove sismiche di tipo M.A.S.W./Re.Mi. ....</i>	17
4.3.2	<i>Prove sismiche passive di tipo H.V.S.R. ....</i>	17
4.3.3	<i>Prove Down-Hole .....</i>	18
4.4	CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITALFERR 2021 – VERONA EST .....	18
4.5	SONDAGGI BIBLIOGRAFICI.....	19
<b>5</b>	<b>GEOLOGIA .....</b>	<b>21</b>
5.1	ASSETTO STRATIGRAFICO DELL' AREA IN ESAME.....	29
5.1.1	<i>Depositi quaternari.....</i>	30
<b>6</b>	<b>ASSETTO STRUTTURALE .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>41</b>
7.1	ANALISI MULTITEMPORALE E MULTISCALARE .....	43
<b>8</b>	<b>PROVE DI LABORATORIO E PROVE IN SITU (DEPOSITI QUATERNARI).....</b>	<b>45</b>
8.1	ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI (FG <sup>R2</sup> ) .....	47
8.2	ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI (FG <sup>R3</sup> ) .....	49
8.3	MATERIALE RIMANEGGIATO E/O DI RIPORTO ANTROPICO (H).....	50
<b>9</b>	<b>INTERPRETAZIONE DEGLI ESITI DELLE PROVE IN SITO DIRETTE E INDIRETTE .....</b>	<b>52</b>
<b>10</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>53</b>
10.1	CARTOGRAFIA GEOLOGICA .....	53
10.2	PROFILO IN ASSE AL PROGETTO .....	54
10.3	SEZIONI GEOLOGICHE TRASVERSALI AL TRACCIATO.....	56
<b>11</b>	<b>IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>60</b>
11.1	IDROGRAFIA .....	60

11.2	BACINO IDROGEOLOGICO DELL'ALTA PIANURA VERONESE (VRA).....	62
11.3	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE .....	66
11.3.1	<i>Dati idrogeologici di base.....</i>	66
11.3.2	<i>Prove di permeabilità in foro tipo Lefranc .....</i>	66
11.3.3	<i>Complessi idrogeologici .....</i>	71
11.4	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO .....	75
11.4.1	<i>Piezometri ITALFERR 2020-2021 .....</i>	75
11.4.2	<i>Piezometri ITALFERR 2016 .....</i>	75
11.4.1	<i>Piezometri ITALFERR 2014 .....</i>	76
11.4.2	<i>Piezometri ITALFERR 2003 .....</i>	76
11.4.3	<i>Risultati del monitoraggio piezometrico .....</i>	76
11.4.4	<i>Opere di captazione ed emergenze sorgentizie .....</i>	79
11.5	ELABORATI IDROGEOLOGICI.....	81
11.5.1	<i>Cartografia idrogeologica .....</i>	82
11.5.2	<i>Profilo idrogeologico in asse al progetto .....</i>	82
11.6	SEZIONI IDROGEOLOGICHE TRASVERSALI AL TRACCIATO.....	85
11.7	DEFINIZIONE DELLA PIEZOMETRICA .....	88
11.8	INTERFERENZE CON POZZI .....	88
<b>12</b>	<b>SISMICITÀ DELL'AREA DI STUDIO.....</b>	<b>89</b>
12.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	89
12.2	SISMICITÀ STORICA .....	91
12.3	SORGENTI SISMOGENETICHE .....	96
12.4	FAGLIE CAPACI.....	103
12.5	MAGNITUDO DI RIFERIMENTO .....	105
12.6	PERICOLOSITÀ SISMICA .....	108
12.7	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	111
12.7.1	<i>Indagini sismiche pregresse.....</i>	111
12.7.1	<i>Indagini sismiche ITALFERR 2020-2021 .....</i>	111
12.8	ANALISI PRELIMINARE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE .....	112
12.9	AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	114
12.9.1	<i>Categoria di sottosuolo.....</i>	114
12.9.2	<i>Condizioni topografiche.....</i>	114
12.10	MICROZONAZIONE SISMICA (LIVELLO 1) .....	115
<b>13</b>	<b>SINTESI E CONCLUSIONI .....</b>	<b>116</b>
<b>14</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>119</b>

## ELENCO DELLE TABELLE

TABELLA 1.	ELABORATI PRODOTTI NELL'AMBITO DELLE PRECEDENTI FASI PROGETTUALI .....	7
TABELLA 2.	ELENCO ELABORATI E DOCUMENTAZIONE A CORREDO PER LO SVILUPPO DELLO STUDIO GEOLOGICO .....	9
TABELLA 3.	CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 1998.....	12
TABELLA 4.	CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2003.....	13
TABELLA 5.	CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2014.....	13
TABELLA 6.	CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2016.....	14
TABELLA 7.	CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2019.....	14
TABELLA 8.	CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2020-2021 .....	15

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

TABELLA 9. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITALFERR 2021; VALORI DI $V_{Seq}$ (M/s) E RELATIVA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DELLE PROVE SISMICHE DI TIPO M.A.S.W./RE.MI. ....	17
TABELLA 10. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITALFERR 2021; FFREQUENZE FONDAMENTALI DI VIBRAZIONE DEL SITO ( $f_0$ ) RELATIVE A PICCHI SPETTRALI DI POSSIBILE SIGNIFICATO STRATIGRAFICO .....	17
TABELLA 11. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITALFERR 2021; VALORI DI $V_{Seq}$ (M/s) E RELATIVA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DELLE N.5 PROVE SISMICHE DI TIPO DOWN-HOLE .....	18
TABELLA 12. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2021 – VERONA EST .....	18
TABELLA 13. DETTAGLIO SONDAZZI E POZZI BIBLIOGRAFICI RECUPERATI DAGLI ENTI.....	19
TABELLA 14. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL'AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2020-2021. ....	66
TABELLA 15. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL'AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2019. ....	69
TABELLA 16. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL'AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2016. ....	69
TABELLA 17. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL'AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2014. ....	69
TABELLA 18. PROVE DI PERMEABILITÀ REALIZZATE NELL'AMBITO DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2003. ....	69
TABELLA 19. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2020-2021 .....	75
TABELLA 20. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2016.....	75
TABELLA 21. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2014.....	76
TABELLA 22. CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2003.....	76
TABELLA 23. RISULTATI DELLE LETTURE PIEZOMETRICHE ESEGUITE CONTEMPORANEAMENTE ALLE FASI DI PERFORAZIONE DEI SONDAZZI (OTTOBRE 2020-FEBBRAIO 2021) .....	76
TABELLA 24. RISULTATI DEL MONITORAGGIO PIEZOMETRICO DEL PERIODO MARZO-AGOSTO 2021 .....	77
TABELLA 25. DATI PIEZOMETRICI DI ALCUNI POZZI DEL PAT (PIANO DI ASSETTO DEL TERRITORIO) DEL COMUNE DI VERONA.....	80
TABELLA 26. STORIA SISMICA DI VERONA [45.438, 10.994] NUMERO DI EVENTI: 151 .....	92
TABELLA 27 - PARAMETRI DI RIFERIMENTO DEL MOTO SISMICO SU SUOLO RIGIDO PER UN PERIODO DI RITORNO $T_r$ PARI A 475 ANNI .....	110
TABELLA 28. INDAGINI GEOFISICHE ITALFERR 2014 E 2016 .....	111
TABELLA 29. CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITALFERR 2021; VALORI DI $V_{Seq}$ (M/s) E RELATIVA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	112

## ELENCO DELLE FIGURE

FIGURA 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GENERALE. SI RIPORTA IN ROSSO IL TRACCIATO FERROVIARIO (DA GOOGLE EARTH) .....	11
FIGURA 2. CARTA GEOLOGICA D'ITALIA SCALA 1:100.000 FOGLIO N. 49 VERONA (STRALCIO NON IN SCALA), (S.G.I. 1967).....	23
FIGURA 3. LEGENDA DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA SCALA 1:100.000 FOGLIO N. 49 VERONA, (S.G.I. 1967).....	24
FIGURA 4. CARTA GEOLOGICA D'ITALIA SCALA 1:100.000 FOGLIO N. 48 - PESCHIERA DEL GARDA E SEZIONE GEOLOGICA I (STRALCI NON IN SCALA), (S.G.I. 1969).....	25
FIGURA 5. LEGENDA DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA SCALA 1:100.000 FOGLIO N. 48 PESCHIERA DEL GARDA (S.G.I. 1969) .....	26
FIGURA 6. DA FONTANA ET AL, 2014 "SEDIMENTARY GEOLOGY". SISTEMI DI MEGAFAN FLUVIOGLACIALI (12 ADIGE, 13 MINCIO, 14 CHIESE). .....	28
FIGURA 7. DA FONTANA ET AL, 2014 "SEDIMENTARY GEOLOGY". SISTEMI DI MEGAFAN FLUVIOGLACIALI (12 ADIGE, 13 MINCIO, 14 CHIESE); PARTICOLARE DELLA FIGURA PRECEDENTE.....	29
FIGURA 8. SBANCAMENTO IN $Fg^{R2}1$ . ....	31
FIGURA 9. SBANCAMENTO IN $Fg^{R2}1$ , PARTICOLARE DEI CLASTI DI NATURA CALCAREA, METAMORFICA, VULCANICA (PORFIDI) E PLUTONICA (GRANITI). ....	32
FIGURA 10. SBANCAMENTO IN $Fg^{R2}1$ . ....	33
FIGURA 11. SONDAZZIO S1, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2020-2021, UNITÀ $Fg^{R2}1$ .....	33
FIGURA 12. SONDAZZIO S1, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2020-2021, UNITÀ $Fg^{R2}2$ , 35.00÷37.20 M .....	34
FIGURA 13. SONDAZZIO S10, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2020-2021, UNITÀ $Fg^{R3}1$ , 10.00÷15.00 M .....	35
FIGURA 14. SONDAZZIO S19, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2020-2021, UNITÀ $Fg^{R3}2$ , 26.00-29.00 .....	35
FIGURA 15. SONDAZZIO S15, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2020-2021, UNITÀ $Fg^{R3}3$ , 35.30-36.30 M .....	36
FIGURA 16. SONDAZZIO S9, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2020-2021, UNITÀ $Fg^{R3}4$ , 28.50-30.00 M .....	36
FIGURA 17. SONDAZZIO S19, CAMPAGNA GEOGNOSTICA ITALFERR 2020-2021, UNITÀ $Fg^{R3}4$ , 31.10-34.30 .....	37

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

FIGURA 18. PRINCIPALI CARATTERISTICHE STRUTTURALI E TETTONICHE DELLE ALPI CENTRO-MERIDIONALI (A SUD DELLA LINEA PERIADRIATICA).	39
FIGURA 19. PRINCIPALI CARATTERISTICHE STRUTTURALI E TETTONICHE DEGLI APPENNINI CENTRO-SETTENTRIONALI E DELLE ALPI CENTRO-MERIDIONALI (A SUD DELLA LINEA PERIADRIATICA).	40
FIGURA 20. MAPPA DELLE UNITÀ DEPOSIZIONALI DEL VENETO (ARPAV, 2010). L'AREA DI INTERESSE È CARATTERIZZATA DALL'UNITÀ DEPOSIZIONALE A=ADIGE.	42
FIGURA 21. STRALCIO FOTO AEREA 1955 ( <a href="https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1955/pdf_2400_dpi_autenticato/fotogramma-1605281014.19">https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1955/pdf_2400_dpi_autenticato/fotogramma-1605281014.19</a> ), IN ROSSO TRATTEGGIATO L'AREA IN ESAME.	43
FIGURA 22. STRALCIO FOTO AEREA 1986 ( <a href="https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1986/pdf_2400_dpi_autenticato/fotogramma-1605286851.93">https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1986/pdf_2400_dpi_autenticato/fotogramma-1605286851.93</a> ), IN ROSSO TRATTEGGIATO L'AREA IN ESAME.	44
FIGURA 23. STRALCIO ORTOFOTO 2021 ( <a href="http://sinva.minambiente.it/mapviewer/index.html?collection=http://sinva.minambiente.it/wmc/collection/va/e07e11e8-559e-439a-8e12-dde1a3d18b67&amp;l=it">http://sinva.minambiente.it/mapviewer/index.html?collection=http://sinva.minambiente.it/wmc/collection/va/e07e11e8-559e-439a-8e12-dde1a3d18b67&amp;l=it</a> ), IN ROSSO IN ESAME.	44
FIGURA 24. DISTRIBUZIONE DELLE FRAZIONI GRANULOMETRICHE (CLASSIFICAZIONE AGI) PER LE UNITÀ QUATERNARIE	45
FIGURA 25. DISTRIBUZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE (SPT) IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ.	46
FIGURA 26. DISTRIBUZIONE DELLE FRAZIONI GRANULOMETRICHE (CLASSIFICAZIONE AGI) PER LE ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI (FGR2)	47
FIGURA 27. DISTRIBUZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE (SPT) IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ PER LE ALLUVIONI PLEISTOCENICHE (FGR2).	48
FIGURA 28. DISTRIBUZIONE DELLE FRAZIONI GRANULOMETRICHE (CLASSIFICAZIONE AGI) PER LE ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI (FGR3)	49
FIGURA 29. DISTRIBUZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE (SPT) IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ PER LE ALLUVIONI PLEISTOCENICHE (FGR3)	50
FIGURA 30. DISTRIBUZIONE DELLE FRAZIONI GRANULOMETRICHE (CLASSIFICAZIONE AGI) PER L'UNITÀ COSTITUITA DA MATERIALE RIMANEGGIATO E/O DI RIPORTO ANTROPICO (H)	51
FIGURA 31. DISTRIBUZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PENETRAZIONE (SPT) IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ PER IL MATERIALE DI RIPORTO (H)	51
FIGURA 32. STRALCIO CARTA GEOLOGICA IN SCALA 1:25.000 DELL'AREALE DI VERONA OVEST. IN CORSIVO IN GRASSETTO LE SIGLE DELLE LITOLOGIE: FGR2 E FGR3 DEPOSITI FLUVIO-GLACIALI DELL'ADIGE; BN I DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI E BB I DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI. LA POLILINEA GIALLA INDICA IL TRACCIATO FERROVIARIO E-O BRESCIA-VERONA-VICENZA-PADOVA.	53
FIGURA 33. STRALCIO DEL PROFILO GEOLOGICO DELLA TAVOLA 1/4, SI NOTA CHE IL TRATTO IN ESAME È CARATTERIZZATO DA GHIAIE DELL'UNITÀ FG <sup>R2</sup>	54
FIGURA 34. STRALCIO DEL PROFILO GEOLOGICO DELLA TAVOLA 2/4, IN CUI SI PUÒ NOTARE IL PASSAGGIO ALL'UNITÀ PIÙ ANTICA FG <sup>R3</sup> IN PROFONDITÀ A CIRCA 28/30M CIRCA, LATERALMENTE IL PASSAGGIO IPOTIZZATO È STATO DESUNTO DALLE SCARPATE MORFOLOGICHE CHE SI NOTANO NELL'AREA SETTENTRIONALE.	55
FIGURA 35. STRALCIO DEL PROFILO GEOLOGICO DELLA TAVOLA 3/4, IN CUI SI EVIDENZIA OLTRE ALL'INCREMENTO DELLO SPESSORE DEI DEPOSITI ANTROPICI, MA ANCHE UN AUMENTO DEGLI SPESSORI ARGILLOSI IN PROFONDITÀ CONTRAPPOSTA TRA LE DUE UNITÀ GHIAIOSE.	55
FIGURA 36. SEZIONE GEOLOGICA TRASVERSALE A-A'. STRALCIO NON IN SCALA.	56
FIGURA 37. SEZIONE GEOLOGICA TRASVERSALE B-B'. STRALCIO NON IN SCALA.	57
FIGURA 38. SEZIONE GEOLOGICA TRASVERSALE C-C'. STRALCIO NON IN SCALA.	58
FIGURA 39. SEZIONE GEOLOGICA TRASVERSALE D-D'. STRALCIO NON IN SCALA.	59
FIGURA 40. LIMITE IDROGRAFICO E CONFINI AMMINISTRATIVI DEL FIUME ADIGE (PIANO DI GESTIONE DEI BACINI IDROGRAFICI DELLE ALPI ORIENTALI, 2009). NEL RIQUADRO ROSSO È INDICATA L'AREA DI STUDIO.	61
FIGURA 41. BACINO IDROGEOLOGICO DELL'ALTA PIANURA VERONESE (VRA), DIVISO DALLA MEDIA VALLE PADANA (MPV) DAL LIMITE SETTENTRIONALE DELLA FASCIA DELLE RISORGIVE (PIANO DI GESTIONE DEI BACINI IDROGRAFICI DELLE ALPI ORIENTALI, 2009).	63
FIGURA 42. MODELLO IDROGEOLOGICO DELLA PIANURA VENETA (PROV. VE SERV. GEOLOGICO, 2011). SEZIONE TIPO DELLA PIANURA CON DIREZIONE N-S. SI DISTINGUE LA ZONA DELL'ALTA PIANURA DOVE AVVIENE LA RICARICA DELL'ACQUIFERO, LA ZONA DI MEDIA PIANURA DOVE INIZIA A SVILUPPARI IL SISTEMA MULTI-FALDE IN PRESSIONE E IN CUI LE ACQUE FREATICHE VENGONO A GIORNO (FASCIA DELLE RISORGIVE), ED INFINE LA ZONA DI BASSA PIANURA.	64
FIGURA 43. CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA DELL'ADIGE SCALA 1:30000 (A. DAL PRÀ E P. DE ROSSI, 1989);STRALCIO NON IN SCALA	65
FIGURA 44 - VARIAZIONE DEI VALORI DI PERMEABILITÀ PER LE UNITÀ GEOLOGICHE E PER IL RIPORTO.	70

FIGURA 45. VALORE MASSIMO, MINIMO E MEDIO DI PERMEABILITÀ PER LE UNITÀ GEOLOGICHE E PER IL RIPORTO. ....	71
FIGURA 46. VARIAZIONE DEI VALORI DI PERMEABILITÀ DEL COMPLESSO GHIAIOSO-SABBIOSO - CGS.....	73
FIGURA 47. VALORE MASSIMO, MINIMO E MEDIO DI PERMEABILITÀ PER IL COMPLESSO GHIAIOSO-SABBIOSO - CGS.....	74
FIGURA 48. GRAFICO DELL'ANDAMENTO DEI LIVELLI DI FALDA MISURATI DA MARZO 2021 AD AGOSTO 2021. PER I GRAFICI E LE LETTURE DI DETTAGLIO SI RIMANDA AL "REPORT MONITORAGGIO PIEZOMETRICO" (COD. IN1010D69RHGE0002001A) ELABORATO NELL'AMBITO DEL PRESENTE STUDIO. ....	78
FIGURA 48. COMPLESSI IDROGEOLOGICI DI PERTINENZA PER OGNUNA DELLE UNITÀ GEOLOGICHE.....	81
FIGURA 49. PROFILO IDROGEOLOGICO TAVOLA 1/4, PK 150+600 ÷ 152+300 CIRCA. STRALCIO NON IN SCALA. ....	83
FIGURA 50. PROFILO IDROGEOLOGICO TAVOLA 2/4, PK 152+300 ÷ 154+000 CIRCA. STRALCIO NON IN SCALA. ....	83
FIGURA 51. PROFILO IDROGEOLOGICO TAVOLA 3/4, PK 154+000 ÷ 155+600 CIRCA. STRALCIO NON IN SCALA. ....	84
FIGURA 52. PROFILO IDROGEOLOGICO TAVOLA 4/4, PK 155+600 ÷ 157+000 CIRCA. STRALCIO NON IN SCALA.....	84
FIGURA 53. SEZIONE IDROGEOLOGICA TRASVERSALE A-A'. STRALCIO NON IN SCALA. ....	85
FIGURA 54. SEZIONE IDROGEOLOGICA TRASVERSALE B-B'. STRALCIO NON IN SCALA. ....	86
FIGURA 55. SEZIONE IDROGEOLOGICA TRASVERSALE C-C'. STRALCIO NON IN SCALA.....	86
FIGURA 56. SEZIONE IDROGEOLOGICA TRASVERSALE D-D'. STRALCIO NON IN SCALA. ....	87
FIGURA 57. MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE - ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (INGV)....	90
FIGURA 58. EPICENTRI E MAGNITUDO DEI PRINCIPALI TERREMOTI STORICI (CPTI15) CHE HANNO INTERESSATO LA ZONA DI VERONA . IN COLORE ROSSO SI RIPORTA L'AREA OGGETTO DI STUDIO.....	91
FIGURA 59. STORIA SISMICA DI VERONA .....	96
FIGURA 60. SORGENTI SISMOGENETICHE CONTENUTE NELLA NUOVA VERSIONE DEL "DATABASE OF INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES (DISS)", VERSION 3.2.1.....	97
FIGURA 61. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA ITCS076 .....	98
FIGURA 62. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA ITIS140 .....	99
FIGURA 63. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA ITCS114 .....	100
FIGURA 64. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA ITCS073 .....	101
FIGURA 65. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA INCERTA ITDS075 .....	102
FIGURA 66. QUADRO RIASSUNTIVO DELLA SORGENTE SISMOGENETICA INCERTA ITDS074 .....	103
FIGURA 67. ITHACA; STRALCIO CARTOGRAFICO DELL'AREA DI INTERESSE CON INDICAZIONE SCHEMATICA DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO (RETTANGOLO NERO) E DELLA FAGLIA CAPACE S. AMBROGIO VALPOLICELLA.....	104
FIGURA 68. ITHACA; PARAMETRI DESCRITTIVI DELLA FAGLIA CAPACE S. AMBROGIO VALPOLICELLA (SCARDIA, G., FESTA, A., MONEGATO, G., PINI, R., ROGLEDI, S., TREMOLADA, F., & GALADINI, F.EVIDENCE FOR LATE ALPINE TECTONICS IN THE LAKE GARDA AREA (NORTHERN ITALY) AND SEISMOGENIC IMPLICATIONS.GSA BULLETIN, 127(1-2), 113-130.2015 .....	104
FIGURA 69. ZONE SISMOGENETICHE ZS9 DEL NORD ITALIA (MELETTI E VALENSISE, 2004) .....	106
FIGURA 70. VALORI DI MWMAX PER LE ZONE SISMOGENETICHE ZS9 .....	106
FIGURA 71. VALORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO REGIONALE (PARTICOLARE DELLA REGIONE VENETO). FONTE: ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (INGV).....	107
FIGURA 72. VALORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'AREA DI VERONA. FONTE: ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (INGV).....	109
FIGURA 73. CARTA DELLE MOPS DEL COMUNE DI VERONA E RELATIVA LEGENDA. ....	115

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 1 PREMESSA

Il presente studio è stato redatto con lo scopo di fornire il quadro dei caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici nell'ambito della progettazione della linea AV/AC Milano-Venezia, tratta AV/AC Brescia Est – Verona, Nodo AV/AC di Verona Ingresso Ovest.

In questo studio sono stati sviluppati i seguenti punti:

- inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico generale dell'area;
- redazione di una cartografia geologica, geomorfologica e idrogeologica di riferimento;
- interpretazione ed elaborazione delle indagini geognostiche e geofisiche disponibili al fine della ricostruzione del profilo in asse al tracciato di progetto e dell'individuazione delle unità geologiche che caratterizzano l'area.

Nel presente studio si fa inoltre riferimento ai documenti elencati in Tabella 1, redatti per le precedenti fasi progettuali del Nodo di Verona.

*Tabella 1. Elaborati prodotti nell'ambito delle precedenti fasi progettuali*

<b>“Nodo AV/AC di Verona” PROGETTO PRELIMINARE -1998/2003</b>		
<i>Codifica elaborato</i>	<i>Descrizione elaborato</i>	<i>Scala</i>
<i>L28100R69SGGE0005001A</i>	<i>Stratigrafie sondaggi geognostici e prove in foro, Campagna d'indagini geognostiche 2003</i>	--
<i>L28100R69SGGE0005002A</i>	<i>Stratigrafie sondaggi geognostici e prove in foro, Campagna d'indagini geognostiche 2003</i>	--
<b>“Nodo AV/AC di Verona: Ingresso Ovest” Progetto preliminare - 2014</b>		
<i>IN0910R69RGGE0001001A</i>	<i>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</i>	--
<i>IN0910R69G6GE0001001A</i>	<i>Carta geologica Tav. 1/2</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0910R69G6GE0001002A</i>	<i>Carta geologica Tav. 2/2</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0910R69G6GE0002001A</i>	<i>Carta idrogeologica Tav. 1/2</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0910R69G6GE0002002A</i>	<i>Carta idrogeologica Tav. 2/2</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0910R69F6GE0001001A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 1/2</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0910R69F6GE0001002A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 2/2</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0910R69F6GE0002001A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 2/2</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0910R00F6GE0002002A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 2/2</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0910R69RHGE0001001A</i>	<i>Relazione tecnica: esiti indagini e prove in sito</i>	--
<i>IN0910R69RHGE0005001A</i>	<i>Relazione tecnica, esiti di campagna geofisica, tomografia elettrica e Down-Hole</i>	--
<i>IN0910R69SHGE0005001A</i>	<i>Schede tecniche: esiti di prove di laboratorio</i>	--

**“Nodo AV/AC di Verona: Ingresso Est” Progetto preliminare - 2016**

<i>IN0F20R69RGGE0001001A</i>	<i>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</i>	--
<i>IN0F20R69G6GE0001001A</i>	<i>Carta geologica Tav. 1/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69G6GE0001002A</i>	<i>Carta geologica Tav. 2/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69G6GE0001003A</i>	<i>Carta geologica Tav. 3/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69G6GE0002001A</i>	<i>Carta idrogeologica Tav. 1/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69G6GE0002002A</i>	<i>Carta idrogeologica Tav. 2/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69G6GE0002003A</i>	<i>Carta idrogeologica Tav. 2/3</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001001A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 1/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001002A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 2/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001003A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 3/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001004A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 4/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001005A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 5/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0001006A</i>	<i>Profilo geologico tecnico Tav. 6/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F8GE0001001A</i>	<i>Sezioni geologico tecniche trasversali</i>	<i>1:500/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002001A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 1/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002002A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 2/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002003A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 32/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002004A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 4/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002005A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 5/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F6GE0002006A</i>	<i>Profilo idrogeologico Tav. 6/6</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN0F20R69F8GE0002001A</i>	<i>Sezioni idrogeologiche trasversali</i>	<i>1:500/200</i>
<i>IN0F20R69SGGE0005001A</i>	<i>Esiti indagini e prove in sito</i>	--
<i>IN0F20R69IGGE0001001B</i>	<i>Esiti geofisica</i>	--
<i>IN0F20R69PRGE0005001B</i>	<i>Prove di laboratorio</i>	--

**“Nodo AV/AC di Verona: Centralizzazione delle cabine IS di Verona Porta Nuova”  
 Progetto Definitivo - 2019**

<i>IN0V00D69SGGE0005001A</i>	<i>Indagini Geognostiche: sondaggi, stratigrafie e prove in sito</i>	--
------------------------------	--	----

Gli elaborati prodotti ai fini dell'attuale fase progettuale sono riportati in Tabella 2.

Tabella 2. Elenco elaborati e documentazione a corredo per lo sviluppo dello studio geologico

<b>“Nodo AV/AC di Verona: Ingresso Ovest”</b>		
<b>PROGETTO DEFINITIVO - 2021</b>		
<b>Codifica elaborato</b>	<b>Descrizione elaborato</b>	<b>Scala</b>
<i>IN1010D69RGGE0001001A</i>	<i>Relazione geologica</i>	--
<i>IN1010D69G6GE0005001A</i>	<i>Carta ubicazione indagini (tav. 1/2)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D69G6GE0005002A</i>	<i>Carta ubicazione indagini (tav. 2/2)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D69N6GE0001001A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 1/4)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D6N6GE0001002A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 2/4)</i>	<i>1:2.000</i>
<i>IN1010D69N6GE0001003A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 3/4)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN1010D69N6GE0001004A</i>	<i>Carta geologica e profilo geologico (tav. 4/4)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN1010D69W7GE0001001A</i>	<i>Sezioni geologiche trasversali</i>	<i>1:1.000</i>
<i>IN1010D69N6GE0002001A</i>	<i>Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 1/4)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN1010D69N6GE0002002A</i>	<i>Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 2/4)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN1010D69N6GE0002003A</i>	<i>Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 3/4)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN1010D6N6GE0002004A</i>	<i>Carta idrogeologica e profilo idrogeologico (tav. 4/4)</i>	<i>1:2.000/200</i>
<i>IN1010D69W7GE0002001A</i>	<i>Sezioni idrogeologiche trasversali</i>	<i>1:1.000</i>
<i>IN1010D69SGGE0005001A</i>	<i>Report tecnico: stratigrafie e prove in sito</i>	-
<i>IN1010D69SGGE0005002A</i>	<i>Report campagna indagini 2021 Verona Est</i>	-
<i>IN1010D69SGGE0005003A</i>	<i>Indagini pregresse fabbricato IS di Verona 2019</i>	-
<i>IN1010D69SGGE0005004A</i>	<i>Indagini pregresse Nodo Verona Ingresso Est e Ovest PP 2014-2016</i>	-
<i>IN1010D69SGGE0005005A</i>	<i>Indagini pregresse Nodo Verona PP 1998-2003</i>	-
<i>IN1010D69SGGE0005006A</i>	<i>Stratigrafie e pozzi bibliografici</i>	-
<i>IN1010D69IGGE0005001A</i>	<i>Indagini geofisiche - Planimetria indagini</i>	-
<i>IN1010D69IGGE0005002A</i>	<i>Report indagini geofisiche</i>	-
<i>IN1010D69IGGE0005003A</i>	<i>Report indagini campagne geofisiche pregresse</i>	-
<i>IN1010D69PRGE0005001A</i>	<i>Prove di laboratorio</i>	-
<i>IN1010D69PRGE0005002A</i>	<i>Prove di laboratorio campagne pregresse</i>	-
<i>IN1010D69RHGE0001001A</i>	<i>Report di monitoraggio piezometrico</i>	-

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

Il modello geologico applicativo proposto, in riferimento ad un volume geologico significativo (*sensu* NTC 2018) in cui sia possibile cogliere interrelazioni dinamiche tra la componente geologica s.l. e quella antropica, pone particolare attenzione alla caratterizzazione litotecnica dei terreni investigati attraverso una puntuale ricostruzione dell'assetto e delle caratteristiche litotecniche nei settori di territorio interessati dalle opere in progetto.

Gli elaborati cartografici e le relative note di riferimento sono stati redatti secondo gli standard metodologici più diffusi in ambito scientifico, quali le linee guida del Servizio Geologico d'Italia alla rappresentazione cartografica della Carta Geologica d'Italia (SGN, 1992 e integrazioni 1994; ISPRA 2007 e 2009).

Dal punto di vista normativo, si riporta una sintesi della normativa nazionale di riferimento per il presente studio:

- D.M. LL.PP. del 16/01/1996 "Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche";
- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo;
- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni;
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- L.R. n.33 del 12/10/2015 “Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”;
- D.M. 17/01/2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21/01/2019, n. 7 recante “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al D.M. 17/01/2018”.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

### 3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio si colloca al limite settentrionale della Pianura Veneta e interessa il territorio a nord-ovest di Verona (Figura 1). Dal punto di vista amministrativo interessa il territorio del comune Verona. Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa a partire dalla stazione ferroviaria di Verona Porta Nuova per circa 6,4 km in direzione ovest, in affiancamento alla linea esistente.

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studio è individuabile all'interno dei Fogli 48 "Peschiera del Garda" e 49 "Verona" in scala 1:100.000, nelle Tavole 48 II NE (Pescantina) e 49 III NO (Verona) in scala 1:25.000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Veneto, nelle sezioni 124150, 124160 in scala 1:10.000 e negli elementi 123151, 123164, 123163, 123161 e 123162 in scala 1:5.000.



Figura 1. Inquadramento geografico generale. Si riporta in rosso il tracciato ferroviario (da Google Earth)

Le quote topografiche variano da 80-85 m s.l.m. in corrispondenza dell'innesto con l'asse ferroviario esistente, nei pressi dell'asse dell'autostrada del Brennero, a 65-68 m s.l.m. nei pressi della stazione di Verona Porta Nuova. Dal punto di vista idrografico, l'elemento più significativo è il fiume Adige che tuttavia non scorre in prossimità delle opere di progetto.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 4 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

Per la definizione dell'assetto geologico di sottosuolo sono state raccolte e analizzate le indagini geognostiche disponibili già realizzate nell'area interessata dagli interventi in progetto, sia da ITALFERR sia da enti esterni alla società (Comune di Verona, Autostrada del Brennero S.p.A., RFI S.p.A). L'intero set di dati ha permesso una ricostruzione adeguata alla presente fase progettuale dell'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale delle unità di sottosuolo. Pertanto, preliminarmente e congiuntamente alle attività di campagna è stata condotta anche una ricerca bibliografica finalizzata alla raccolta di studi di letteratura e cartografie tematiche riguardanti l'area di interesse.

### 4.1 CAMPAGNE INDAGINI ITALFERR 1998-2021

Come già detto, per la definizione delle caratteristiche stratigrafiche di sottosuolo dell'area di studio, sono stati utilizzati anche i dati delle diverse campagne indagini realizzate da ITALFERR a partire dal 1998. I dati utilizzati per la costruzione del profilo geologico di sottosuolo sono di seguito descritti.

#### 4.1.1 Campagna indagini geognostiche ITALFERR 1998

Durante la campagna indagini ITALFERR 1998, nei mesi di luglio e agosto 1998, sulla linea Brescia-Verona, Nodo di Verona, sono stati realizzati n. 5 sondaggi a carotaggio continuo. Dei 5 fori solo 3 ricadono nella tratta in esame. Durante l'esecuzione dei fori sono state realizzate prove SPT (*Standard Penetration Test*).

In Tabella 3 sono elencati i sondaggi realizzati e l'indicazione relativa alla strumentazione installata.

Tabella 3. Campagna geognostica ITALFERR 1998

Sondaggio	Profondità (m)	Nspt	Piezometro (m)
SL281BG06	30	9	-
SL281BG07	30	9	-
SL281BG08	20	6	-

Per i certificati stratigrafici si rimanda al report IN0110D69SGGE0005005A "Indagini pregresse Nodo Verona PP 1998-2003".

#### 4.1.2 Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2003

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2003, nei mesi di maggio e giugno 2003, sulla linea Brescia-Verona, Nodo di Verona AV/AC, sono stati realizzati n. 5 sondaggi a carotaggio continuo con installazione di piezometri a tubo aperto tipo Norton, prelievo di campioni, prove di permeabilità Lefranc e prove SPT (*Standard Penetration Test*). Dei carotaggi eseguiti sono stati presi in considerazione per il presente studio n. 3 sondaggi.

In Tabella 4 sono elencati i sondaggi realizzati e l'indicazione relativa alla strumentazione installata.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

Tabella 4. Campagna geognostica ITALFERR 2003

Sondaggio	Profondità [m]	Campioni		S.P.T.	Prove di permeabilità Lefranc	Piezometro (m)
		Ind.	Rim.			
XL281OG03	40	1	4	12	1	40
XL281RG04	35	1	3	9	1	35
XL281RG05	30		2	9	1	30

Per i certificati stratigrafici si rimanda al report IN0110D69SGGE0005005A “Indagini pregresse Nodo Verona PP 1998-2003”.

#### 4.1.3 Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2014.

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2014, nei mesi di maggio e giugno 2014, sulla linea Brescia-Verona, Nodo di Verona AV/AC Ingresso Ovest, sono stati realizzati n. 5 sondaggi a carotaggio continuo con installazione di strumentazione in foro (piezometri e tubazione per prove sismiche tipo Down Hole), prelievo di campioni, prove di permeabilità Lefranc e prove SPT (*Standard Penetration Test*).

In Tabella 5 sono elencati i sondaggi realizzati e l’indicazione relativa alla strumentazione installata.

Tabella 5. Campagna geognostica ITALFERR 2014

Sondaggio	UTM	UTM	Strumentazione	Profondità (m)
DHL281R01	45°25,635’	10°57,202’	Tubazione per Down-Hole	30
PNL281R02	45°25,630’	10°56,910’	Piezometro Norton 3”	30
SCL281R03	45°25,635’	10°56,156’	Piezometro Norton 3”	30
PNL281R04	45°25,641’	10°55,821’	Piezometro Norton 3”	30
DHL281O05	45°25,647’	10°54,704’	Tubazione per Down-Hole	30

Per i certificati delle indagini geognostiche si rimanda al documento IN0110D69SGGE0005004A “Indagini pregresse Nodo Verona Ingresso Est e Ovest PP 2014-2016” del settembre 2014.

I certificati delle prove di laboratorio sono riportati nella documentazione tecnica IN0110D69PRGE0005002A “Prove di laboratorio campagne pregresse”

#### 4.1.4 Campagna indagini geofisiche ITALFERR 2014

Durante la campagna geofisica ITALFERR 2014, sulla linea Brescia-Verona, Nodo di Verona AV/AC Ingresso Ovest, sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- analisi elettromagnetiche in corrispondenza delle piazzole di perforazione per l’identificazione di eventuali anomalie metalliche;
- prove *Down-Hole* in foro (DHL281R01 e DHL281O05) per la definizione dei moduli dinamici dei terreni carotati;

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

- profili tomografici elettrici per la ricostruzione dei rapporti geostratigrafici tra le unità litostratigrafiche individuate.

Per i certificati si rimanda al report IN0110D69IGGE0005003A “Report indagini campagne geofisiche pregresse”.

#### 4.1.5 Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2016

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2016, nel mese di agosto 2016, sulla linea Brescia-Verona, Nodo di Verona Ingresso Est, sono stati realizzati n. 5 sondaggi a carotaggio continuo con installazione di strumentazione in foro (piezometri e tubazione per prove sismiche tipo *Down Hole*), prelievo di campioni, prove di permeabilità Lefranc e prove SPT (*Standard Penetration Test*).

In Tabella 6 sono elencati i sondaggi realizzati ed indicata la strumentazione installata.

Tabella 6. Campagna geognostica ITALFERR 2016

Sondaggio	Gauss Boaga X	Gauss Boaga Y	Quota (m s.l.m.)	Strumentazione
S 01	1653500.263	5031990.88	64.854	Piezometro Norton 3”
S 02	1654883.606	5032502.454	67.087	Piezometro Norton 3”

Per i certificati delle indagini geognostiche si rimanda al documento IN0110D69SGGE0005004A “Indagini pregresse Nodo Verona Ingresso Est e Ovest PP 2014-2016” del settembre 2016.

#### 4.1.6 Campagna indagini geognostiche ITALFERR 2019

Nell’ambito del Progetto Definitivo “Centralizzazione delle cabine IS di Verona Porta Nuova con predisposizione degli impianti di gestione della circolazione per la prevista penetrazione della linea AV/AC” sono stati realizzati n. 2 sondaggi a carotaggio continuo con installazione di piezometri a tubo aperto tipo Norton, prelievo di campioni, prove di permeabilità Lefranc e prove SPT (*Standard Penetration Test*).

In Tabella 7 sono elencati i sondaggi realizzati ed indicata la strumentazione installata.

Tabella 7. Campagna geognostica ITALFERR 2019

Sondaggio	Gauss Boaga X	Gauss Boaga Y	Quota	SPT	Campioni	Prove di permeabilità Lefranc	Strumentazione
BH1	1655351.007	5032474.621	67.0	7	3	2	Piezometro Norton 3”
BH2	1655117.780	5032346.305	65.0	8	3	2	Piezometro Norton 3”

Per i certificati stratigrafici si rimanda al report IN0110D69SGGE0005003A “Indagini pregresse fabbricato IS di Verona 2019” del giugno 2019, per i certificati di laboratorio si rimanda al report IN0110D69SGGE0005003A “Indagini pregresse fabbricato IS di Verona 2019”.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

#### 4.2 CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITALFERR 2020-2021 – VERONA OVEST

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, nel periodo compreso tra ottobre 2020 e febbraio 2021, per il progetto “Esecuzione di indagini geognostiche per la progettazione definitiva dell'ingresso Ovest di Verona”, sono stati eseguiti in totale n. 25 sondaggi geognostici (Tabella 8). In particolare, sono stati realizzati:

- n. 21 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove in foro, di tipo S.P.T., prove di permeabilità tipo Lefranc ed installazione di strumentazione per il monitoraggio geotecnico (piezometri Tubo Aperto tipo Norton) e geofisico (tubazione *Down-Hole*).
- n. 4 sondaggi a distruzione di nucleo con esecuzione di prove di permeabilità tipo Lefranc e installazione di strumentazione per il monitoraggio geofisico (tubazione *Down-Hole*).

Tutte le lavorazioni sono state precedute dal rilievo di masse metalliche in superficie e in foro.

Tabella 8. Campagna geognostica ITALFERR 2020-2021

Sondaggio	Perforazione	Profondità (m)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Prove S.P.T.	Prove di permeabilità Lefranc	Strumentazione
S1	Carotaggio	40	-	14	12	3	Piezometro Tubo Aperto 2”
S1-bis	Carotaggio+ distruzione	40	-	-	-	-	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole
S2	Carotaggio	50	-	13	11	4	Piezometro Tubo Aperto 2”
S2-bis	Carotaggio+ distruzione	50	-	-	-	1	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole
S3	Carotaggio	40	-	5	12	5	Foro Ritombato
S4	Carotaggio	40	-	4	12	4	Piezometro Tubo Aperto 2”
S5	Carotaggio	40	-	11	10	3	Piezometro Tubo Aperto 2”
S6	Carotaggio	40	-	9	12	3	Piezometro Tubo Aperto 2”
S7	Carotaggio	40	-	7	10	3	Piezometro Tubo Aperto 2”
S7-bis	Carotaggio+ distruzione	40	-	-	-	1	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole
S8	Carotaggio	40	-	10	11	4	Piezometro Tubo Aperto 2”
S9	Carotaggio	40	-	9	14	3	Piezometro Tubo Aperto 2”
S10	Carotaggio	40	-	4	13	5	Foro Ritombato
S11	Carotaggio	40	-	7	9	2	Piezometro Tubo Aperto 2”
S12	Carotaggio	42	1	1	10	2	Piezometro Tubo Aperto 2”
S13	Carotaggio	50	-	7	13	5	Piezometro Tubo Aperto 2”
S14	Carotaggio	42	-	10	9	4	Piezometro Tubo Aperto 2”
S15	Carotaggio	40	1	5	10	3	Piezometro Tubo Aperto 2”
S16	Carotaggio	40	-	3	9	5	Piezometro Tubo Aperto 2”
S16-bis	Carotaggio+ distruzione	40	-	-	-	-	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole
S19	Carotaggio	40	1	7	13	5	Piezometro Tubo Aperto 2”
S20	Carotaggio	40	-	7	10	3	Piezometro Tubo Aperto 2”
S21	Carotaggio	40	-	8	13	4	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

S22	Carotaggio	40	-	8	13	4	Tubo P.V.C. 3” Down-Hole
S23	Carotaggio	40	1	7	10	3	Piezometro Tubo Aperto 2”

Per i certificati delle indagini geognostiche si rimanda al report IN1010D69SGGE0005001A “REPORT TECNICO: STRATIGRAFIE E PROVE IN SITO” del marzo 2021.

#### 4.2.1 Prove di laboratorio ITALFERR 2020-2021

Nel corso della campagna geognostica sono stati prelevati campioni da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico. Vista la natura incoerente delle unità litologiche sono stati prelevati, principalmente, campioni rimaneggiati.

Sui campioni sono state effettuate le seguenti prove:

- Apertura campione (ASTM D 2488/93);
- Analisi Granulometrica (ASTM D422/63 – Class. AGI 1977);
- Classificazione terreno USCS (ASTM D 2487/93);
- Classificazione terreno CNR-UNI 10006 (in accordo con AASHTO).

Per i certificati delle prove si rimanda al report IN1010D69PRGE0005001A “PROVE DI LABORATORIO” consegnato ad aprile 2021.

#### 4.3 CAMPAGNA INDAGINI GEOFISICHE ITALFERR 2020-2021

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, per il progetto “Esecuzione di indagini geognostiche per la progettazione definitiva dell’ingresso Ovest di Verona”, sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- n. 8 acquisizioni sismiche di tipo M.A.S.W./Re.Mi., identificate con sigle da M1/R1 a M8/R8, finalizzate alla determinazione dei parametri  $V_{seq}$  e alla definizione delle categorie sismiche dei suoli di fondazione, ai sensi delle N.T.C. 2018. Le prove sono state caratterizzate da stendimenti di n. 24 geofoni posizionati ad intervalli regolari di 3.0 m (da M2/R2 a M8/R8) e 5.0 m (M1/R1).
- n. 8 prove sismiche passive di tipo H.V.S.R. denominate da HV1 a HV8, finalizzate alla definizione delle frequenze di risonanza di sito nonché alla verifica congiunta degli eventuali contrasti di impedenza sismica osservati nelle rispettive prove di tipo M.A.S.W./Re.Mi. per la ricostruzione del modello sismo-stratigrafico in termini di velocità  $V_s$ ;
- n. 5 prove sismiche di tipo *Down-Hole*, denominate DH1, DH2, DH7, DH16 e DH21, realizzate rispettivamente nei fori di sondaggio opportunamente attrezzati S1bis, S2bis, S7bis, S16bis e S21 terebrati fino alle profondità di 40.0 m (S1bis, S7bis, S16bis e S21) e 50.0 m (S2bis), finalizzati alla definizione dei profili di velocità  $V_p$ ,  $V_s$  e alla determinazione dei parametri  $V_{seq}$  ai sensi delle N.T.C. 2018, nonché dei moduli dinamici dei terreni carotati.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

Per i certificati delle indagini geofisiche ITALFERR 2020-2021 si rimanda al report IN1010D69IGGE0005001A “REPORT PROVE SISMICHE: DOWN HOLE, M.A.S.W./Re.Mi. E H.V.S.R.” dell’aprile 2021.

#### 4.3.1 Prove sismiche di tipo M.A.S.W./Re.Mi.

In riferimento alle prove MASW la Tabella 9 sintetizza, per ognuna delle prove eseguite, il valore di  $V_{seq}$  calcolato con relativa profondità di misura e conseguente categoria di suolo sismico.

Tabella 9. Campagna Indagini geofisiche ITALFERR 2021; valori di  $V_{seq}$  (m/s) e relativa categoria di sottosuolo delle prove sismiche di tipo M.A.S.W./Re.Mi.

Sigla Prova	$V_{seq}$ (m/sec)	Profondità di riferimento (m)	Categoria suolo
M1/R1	507	30	B
M2/R2	524	30	B
M3/R3	561	30	B
M4/R4	452	30	B
M5/R5	476	30	B
M6/R6	492	30	B
M7/R7	333	30	C
M8/R8	538	30	B

#### 4.3.2 Prove sismiche passive di tipo H.V.S.R.

Le misure H.V.S.R. eseguite hanno permesso di evidenziare, in alcune prove, dei picchi significativi di rapporto spettrale con possibile significato stratigrafico (nel range di frequenze di interesse ingegneristico 1-20 Hz). Tali picchi hanno consentito di determinare le frequenze fondamentali di vibrazione di sito  $f_0$  riassunte in Tabella 10.

Tabella 10. Campagna Indagini geofisiche ITALFERR 2021; frequenze fondamentali di vibrazione del sito ( $f_0$ ) relative a picchi spettrali di possibile significato stratigrafico

Sigla Prova	$f_0$
HV1	18.63 Hz
HV2	13.69 Hz
HV3	-
HV4	14.84 Hz
HV5	-
HV6	16.56 Hz
HV7	6.56 Hz
HV8	-

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

### 4.3.3 Prove Down-Hole

L'analisi dei dati relativi alle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) ha consentito di definire le categorie sismiche dei suoli come indicato in Tabella 11.

Tabella 11. Campagna Indagini geofisiche ITALFERR 2021; Valori di  $V_{seq}$  (m/s) e relativa categoria di sottosuolo delle n.5 prove sismiche di tipo Down-Hole

Sigla Prova	$V_{seq}$ (m/sec)	Profondità di calcolo (m dal p.c.)	Categoria suolo
DH-S1	500	0-30	B
DH-S2	508	0-30	B
DH-S7	490	0-30	B
DH-S16	498	0-30	B
DH-S21	520	0-30	B

## 4.4 CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE ITALFERR 2021 – VERONA EST

Durante la campagna geognostica ITALFERR 2021, nel periodo compreso tra febbraio e maggio, per il progetto “Esecuzione di indagini geognostiche per la progettazione definitiva dell'ingresso Est di Verona”, sono stati eseguiti in totale n. 13 sondaggi geognostici a carotaggio continuo. Tuttavia, ai fini del presente studio, sono stati utilizzati i soli dati dei tre sondaggi descritti in Tabella 12.

Tabella 12. Campagna geognostica ITALFERR 2021 – Verona Est

Sondaggio	Perforazione	Profondità (m)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Prove SPT	Prove di permeabilità Lefranc	Strumentazione
SD2	Carotaggio	40	-	8	14	4	Piezometro Tubo Aperto 2”
SD3	Carotaggio	40	1	4	12	5	Piezometro Tubo Aperto 2”
SD4	Carotaggio	40	1	7	14	5	Piezometro Tubo Aperto 2”

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

#### 4.5 SONDAGGI BIBLIOGRAFICI

Ai fini della ricostruzione stratigrafica di sottosuolo dell'area di studio, come premesso, sono stati utilizzati anche i dati derivanti da campagne indagini realizzate da società esterne a ITAFERR, ovvero stratigrafie derivanti da perforazione di pozzi e stratigrafie dedotte da sondaggi a carotaggio continuo. In dettaglio, sono stati utilizzati i seguenti dati:

- n. 4 sondaggi di Autostrada del Brennero S.p.A.;
- n. 6 pozzi PAT del Comune di Verona;
- n. 2 pozzi del Comune di Verona (con misura piezometrica);
- n. 2 campi pozzi ad uso acquedottistico di Acque Veronesi;
- n. 15 stratigrafie di pozzi della Regione Veneto;
- n. 1 stratigrafia di sondaggio della Regione Veneto.

In Tabella 13 si riporta il dettaglio delle stratigrafie sopra elencate.

*Tabella 13. Dettaglio sondaggi e pozzi bibliografici recuperati dagli enti*

Codice sondaggio o pozzo	Tipologia di indagine	Profondità (m)	Campioni rimaneggiati	SPT	Strumentazione	Stratigrafia	Ente
VR-SC6	Carotaggio continuo	20	-	6		SI	Autostrada del Brennero S.p.A.
VR-SC7	Carotaggio continuo	20	-	6	-	SI	Autostrada del Brennero S.p.A.
VR-SC8-DH	Carotaggio continuo	35	1	11	Tube per DH	SI	Autostrada del Brennero S.p.A.
VR-SC9	Carotaggio continuo	20	1	6	-	SI	Autostrada del Brennero S.p.A.
131	pozzo freatico					NO	Pozzi PAT Comune di Verona
132	pozzo freatico					NO	Pozzi PAT Comune di Verona
133	pozzo freatico					NO	Pozzi PAT Comune di Verona
212	pozzo freatico					NO	Pozzi PAT Comune di Verona
213	pozzo freatico					NO	Pozzi PAT Comune di Verona
214	pozzo					NO	Pozzi PAT

Codice sondaggio o pozzo	Tipologia di indagine	Profondità (m)	Campioni rimaneggiati	SPT	Strumentazione	Stratigrafia	Ente
	freatico						Comune di Verona
86	sondaggio per pozzi	51				SI	Pozzi Comune di Verona
416	sondaggio per pozzi	52				SI	Pozzi Comune di Verona
71558	sondaggio per pozzi	122				SI	Regione Veneto
71556	sondaggio per pozzi	95				SI	Regione Veneto
71557	sondaggio per pozzi	114				SI	Regione Veneto
71559	sondaggio per pozzi	130				SI	Regione Veneto
165691	sondaggio per pozzi	130				SI	Regione Veneto
71555	sondaggio per pozzi	68				SI	Regione Veneto
71554	sondaggio per pozzi	66				SI	Regione Veneto
71187	sondaggio per pozzi	26				SI	Regione Veneto
71947	sondaggio per pozzi	87				SI	Regione Veneto
70785	Sondaggio per pozzi	32				SI	Regione Veneto
71306	Sondaggio per pozzi	60				SI	Regione Veneto
71309	Sondaggio per pozzi	29				SI	Regione Veneto
71842	Sondaggio per pozzi	49				SI	Regione Veneto
70955	Sondaggio per pozzi	90.9				SI	Regione Veneto
123160002	Carotaggio continuo	70				SI	Regione Veneto
Santa Lucia	Campi pozzi					NO	Pozzi Acque Veronesi
Basso Acquar	Campi pozzi					NO	Pozzi Acque Veronesi

Per i certificati stratigrafici e tabelle di sintesi si rimanda al documento di progetto IN0110D69SGGE0005006A “Stratigrafie e pozzi bibliografici”.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 5 GEOLOGIA

Dal punto di vista geologico generale, l'area di progetto si inserisce nell'ambito dell'Alta Pianura Veronese, al piede dei Monti Lessini, in corrispondenza delle propaggini meridionali delle Prealpi Vicentine (appartenenti alla Prealpi Venete). L'assetto geologico attuale è direttamente connesso non solo alle fasi deformative compressive del Tardo Cretaceo che hanno interessato l'arco alpino, ma anche alla sua evoluzione geomorfologica recente, guidata in larga misura dalle fasi glaciali quaternarie.

In questo settore si osservano essenzialmente tre distinti elementi geologico-strutturali: la Catena Alpina, il Bacino del Po e la Catena Appenninica. Le principali unità stratigrafico-strutturali che costituiscono il settore in esame corrispondono alle formazioni rocciose delle Alpi Meridionali e ai depositi di materiali sciolti quaternari della Pianura padano-veneta.

Più in dettaglio, il territorio della Provincia di Verona può essere distinto in due differenti settori:

1. settore collinare-montuoso: è caratterizzato dalla presenza dei Monti Lessini, rilievi prevalentemente calcarei degradanti verso le zone di pianura e immergenti verso sud al di sotto dei depositi alluvionali dell'Alta Pianura. L'altopiano lessineo, costituito da una successione litoide di età compresa fra il Triassico Superiore e il Paleocene-Eocene, è solcato longitudinalmente da estese e strette incisioni vallive disposte a ventaglio aperto verso sud confluenti nell'Alta Pianura dell'Adige, il cui orientamento sembra coincidere con quello delle direttrici tettoniche della regione (ISPRA, 1967);
2. pianura alluvionale del fiume Adige: l'evoluzione geomorfologica e geologica della pianura veronese è legata principalmente all'interazione fra agenti e fattori morfogenetici: il fiume Adige, le oscillazioni climatiche del Quaternario e le conseguenti variazioni di portata del corso d'acqua a carattere fluvioglaciale. L'alternanza di fasi di espansione e di ritiro del ghiacciaio che occupava il Lago di Garda e la Val d'Adige, con le conseguenti variazioni del flusso idrico e del trasporto solido, hanno determinato la costruzione dello spesso materasso alluvionale denominato Antica Conoide dell'Adige, che si estende, con tipica forma a ventaglio, dallo sbocco della Val d'Adige fino a Legnago. Fra la parte apicale del conoide, caratterizzata da granulometrie prevalentemente grossolane (Alta Pianura), e la parte più distale (Media e Bassa Pianura) si osserva una progressiva diminuzione granulometrica dei depositi. La stessa variazione granulometrica è osservabile anche tra le porzioni assiali e periferiche del conoide (ISPRA, 1967). Il conoide è inoltre diviso da una profonda incisione, nota come "piano di divagazione dell'Adige", che assume una notevole ampiezza proprio a partire dalla città di Verona (Sorbini et al., 1984).

Pertanto, l'area di studio ricadente nell'Alta Pianura Veronese è costituita da una vasta piattaforma alluvionale solcata dal fiume Adige, caratterizzata dalla presenza di depositi fluviali e fluvioglaciali antichi e recenti, prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi disposti in ampie conoidi.

Le caratteristiche delle unità geologiche presenti nell'area sono intimamente legate agli elementi geomorfologici riconosciuti in superficie e, complessivamente, sono il prodotto dei processi deposizionali ed erosivi avvenuti tra le fasi finali del Pleistocene e l'Attuale, ovvero negli ultimi 150.000 anni circa.

Dall'analisi della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 49 - Verona (Figura 2 - Figura 3) e Foglio 48 - Peschiera del Garda (Figura 4 - Figura 5) il cui è collocato la quasi totalità del tracciato ferroviario in progetto, il sottosuolo dell'area di studio è costituito da sedimenti alluvionali fluvioglaciali e fluviali

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

deposti dall'antico fiume Adige al termine del percorso montano. In dettaglio, da ovest verso est, nei Fogli sopra citati affiorano:

- $fg^{R2}$ : alluvioni fluvioglaciali e fluviali, da molto grossolane a ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo-rossiccio, di ridotto spessore. Terrazze, sospese sui 30 metri, costituiscono l'alta pianura, generalmente a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda. RISS;
- $fg^{R3}$ : alluvioni fluvioglaciali e fluviali, ghiaiose, con terreno argilloso rossastro di alterazione superficiale. Terrazze e sospese sui 25 metri, si raccordano con le cerchie più interne del morenico Riss. RISS RECENTE;
- $a^2$ : alluvioni sabbioso, ghiaiose, terrazze, antiche;
- $a^3$ : alluvioni prevalentemente sabbiose, attuali e recenti dell'Adige.

Nel Foglio 48 - Peschiera del Garda, a nord dell'area di interesse, nei pressi dell'abitato di Pescantina, è ubicata la sezione stratigrafica I (riportata in stralcio in Figura 4); interessante è il passaggio tra le alluvioni fluvioglaciali del RISS ( $fg^{R2}$ ) e le alluvioni fluvioglaciali del RISS RECENTE ( $fg^{R3}$ ).

Le informazioni riportate nella cartografia geologica disponibile sono state confermate dai dati geognostici derivanti dalle indagini realizzate a supporto delle varie fasi di progettazione. Tali dati hanno evidenziato la presenza di un potente materasso alluvionale costituito in gran parte da depositi di notevole spessore di ghiaie e ghiaie sabbiose, intercalate, subordinatamente, a sabbie e rari livelli limosi e argillosi.

Più a sud dell'area di interesse, nella media e bassa pianura, le ampie conoidi ghiaiose dell'Adige si intercalano con i depositi sabbiosi, limosi e argillosi dando luogo alla "fascia delle risorgive".

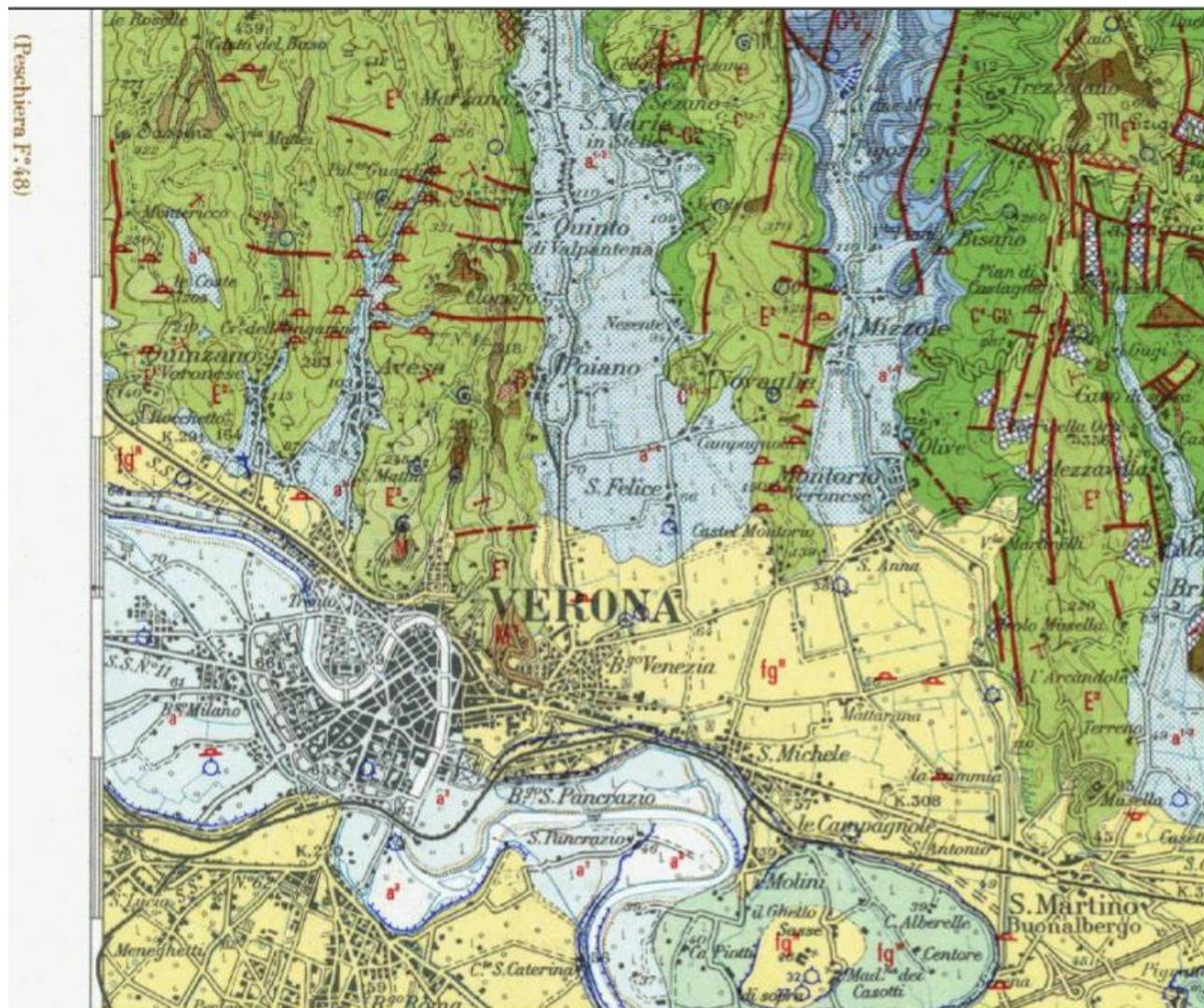


Figura 2. Carta Geologica d'Italia Scala 1:100.000 Foglio n. 49 Verona (stralcio non in scala), (S.G.I. 1967)

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

### OLOCENE

**a<sup>3</sup>**



Alluvioni prevalentemente sabbiose, attuali e recenti, dell'Adige.

**a<sup>2</sup>**



Alluvioni sabbioso-ghiaiose, terrazzate, antiche.

### PLEISTOCENE

**fg<sup>R</sup>**



Alluvioni fluvio-gleciali e fluviali, da ciottolose a ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo-rossiccio, di ridotto spessore; terrazzate e sospese sui 30 m; costituiscono l'alta pianura a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda. Alluvioni dell'antica conoide dell'Adige, prevalentemente cementate, arrossate e terrazzate. **RISS.**

### Simbologia convenzionale

	Orlo e scarpata di terrazzo di costruzione fluviale.
	Cordone morenico.
	Pozzo per acqua (profondità in metri).
	Cava.

Figura 3. Legenda della Carta Geologica d'Italia Scala 1:100.000 Foglio n. 49 Verona, (S.G.I. 1967)

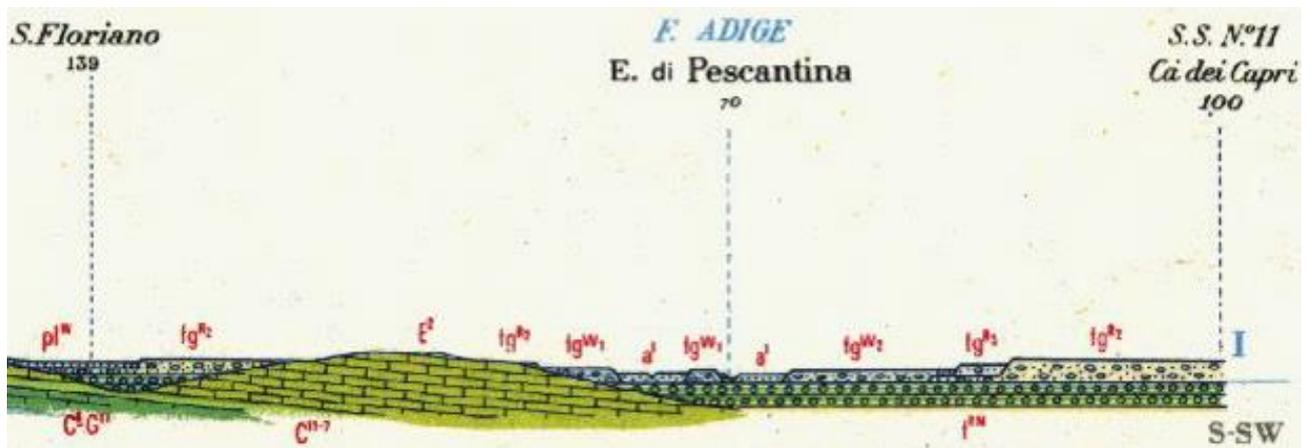


Figura 4. Carta Geologica d'Italia Scala 1:100.000 Foglio n. 48 - Peschiera del Garda e sezione geologica I (stralci non in scala), (S.G.I. 1969)

## OLOCENE

a<sup>2</sup>



Alluvioni prevalentemente sabbiose, attuali e recenti.

a<sup>1</sup>



Alluvioni sabbiose-ghiaiose, terrazzate, talora esondabili, antiche; conoidi fissati.

## PLEISTOCENE

fg<sup>R3</sup>



Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, ghiaiose, con terreno argilloso rossastro di alterazione superficiale. Terrazzate e sospese sui 25 metri, si raccordano con le cerchie più interne del morenico Riss (Salionze, ecc.). **RISS RECENTE.**

fg<sup>R2</sup>



Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, da molto grossolane a ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo-rossiccio, di ridotto spessore. Terrazzate, sospese sui 30 metri, costituiscono l'alta pianura generalmente a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda (Lonato-Esenta, Castiglione delle Stiviere, ecc.). **RISS.**

fg<sup>R1</sup>



Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, prevalentemente ghiaiose, alterate per oltre un metro in argille rossastre. Terrazzate e sospese di 40 e più metri, si raccordano con le cerchie moreniche risiane più esterne dell'anfiteatro del Garda e di quello atesino di Rivoli Veronese. **RISS ANTICO.**

fg<sup>W2</sup>



Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, a ghiaie grossolane con ciottoli porfirici, terrazzate e raccordate con stadi tardowürmiani (Val d'Adige, Mincio). All'interno delle cerchie moreniche, sono comprensive della fase di ritiro tardo-würmiano, a sabbie e ghiaie e, talora, con morenico fangoso di fondo. **WÜRM RECENTE.**

fg<sup>W11</sup>



Alluvioni fluvio-glaciali e pluvio-fluviali, prevalentemente sabbiose, con strato di alterazione brunostrato, di spessore limitato. Pluviale würmiano (pl<sup>W</sup>) esterno all'ambito glaciale con conoidi (Pesina-Caprino). Costituiscono la media pianura generalmente a valle della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche del massimo würmiano. **WÜRM.**

## EOCENE

E<sup>2</sup>



Calcareni giallastre, a: *Pentacrinus gastaldii* MICHT. (Fenil dei Coltri, Gaòn, Pizzone); calcari compatti, a: *Nummulites complanatus* LMK., *N. perforatus* (MONTF.) e nullipore; calcari marnosi, tufacei, a *Discocyclina* spp.; calcari terrosi giallognoli («Pietra Gallina di Avesa»); Luteziano medio. Calcari marnosi ad *Harpatocarinus punctulatus* DESM.; calcari nulliporici e coralligeni, a: *Nummulites atacicus* LEYM., alveoline e molluschi. Luteziano inferiore. **LUTEZIANO.**

## Simbologia convenzionale

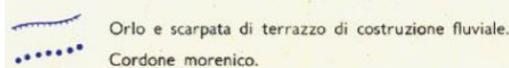


Figura 5. Legenda della Carta Geologica d'Italia Scala 1:100.000 Foglio n. 48 Peschiera del Garda (S.G.I. 1969)

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

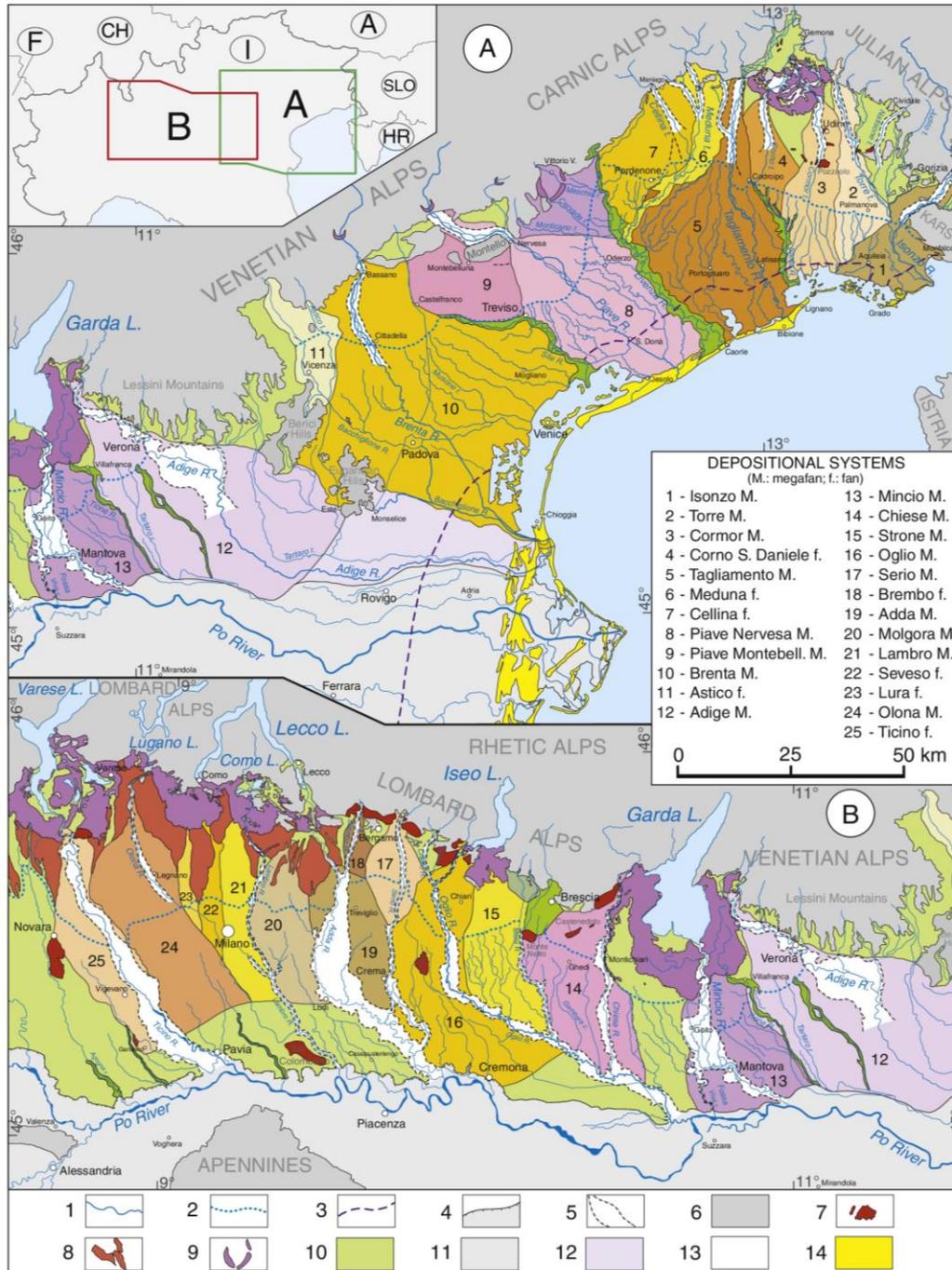
Si segnala che recenti studi indicano che i depositi fluvioglaciali affioranti sono più recenti di quanto indicato nella legenda della Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, per la quale i depositi fluvioglaciali sono databili Riss e Riss Recente (Fontana et al., 2014). Infatti, i sedimenti più antichi, datati mediante analisi pollinica, risalgono al Riss-Würm e si trovano ad una quota inferiore a 78 m al di sotto del livello del mare. Ciò testimonia l'esistenza di un fenomeno di subsidenza posteriore a tale fase interglaciale. L'analisi pollinica ha evidenziato poi la presenza di vari livelli, riferibili sia a vari stadi del Würm che a interstadi. La cronologia è confermata dall'esecuzione di datazioni con il metodo del 14C. Questi sedimenti sono costituiti principalmente da ghiaie e sabbie, che verso SE passano gradualmente a sedimenti più fini (Sorbini et al., 1984).

La fase finale di costruzione del conoide è sicuramente posteriore a 25.000 anni B.P. e forse collocabile in corrispondenza della massima espansione dei ghiacciai würmiani. Successivamente, il conoide è stato inciso dall'Adige, che ha formato un ampio solco all'interno del quale è rimasto poi confinato. Nella zona di Verona l'entità dell'erosione verticale è pari a circa 25 m. A causa di successive variazioni delle sue caratteristiche idrologiche, l'Adige ha poi assunto andamento meandriforme (Sorbini et al., 1984).

I sedimenti fini affioranti a SE di Verona testimoniano i più recenti episodi di esondazione dell'Adige, datati sia con il 14C che con l'individuazione di livelli archeologici (Sorbini et al., 1984).

In riferimento al lavoro di Fontana et al., 2014, si rimanda alla Figura 7 in cui sono indicate in viola le morene, in violetto la superficie fluvioglaciale LGM (=Würm) e in verde il tardoglaciale/Olocene.

Tutte le morene datate Riss nella Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 48 - Peschiera del Garda, sono in realtà riferibili all'Ultimo Massimo Glaciale.



**Fig. 3.** Scheme of the large alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps. Symbols: (1) river, (2) upper limit of the spring belt, (3) fluvial scarp, (4) inner limit of Holocene lagoon deposits, (5) mountains and hills, (6) tectonic terraces, (7) middle and lower Pleistocene alluvial deposits ("ferretto" *Auctorum*), (8) moraine amphitheater, (9) undifferentiated LGM deposits, (10) post-LGM fluvial incision, (11) Po Plain, (12) Adige alluvial plain, (13) alluvial unit related to major groundwater-fed rivers, (14) Holocene coastal deposits.

**Figura 6.** Da Fontana et al, 2014 "Sedimentary Geology". Sistemi di megafan fluvio-glaciali (12 Adige, 13 Mincio, 14 Chiese).

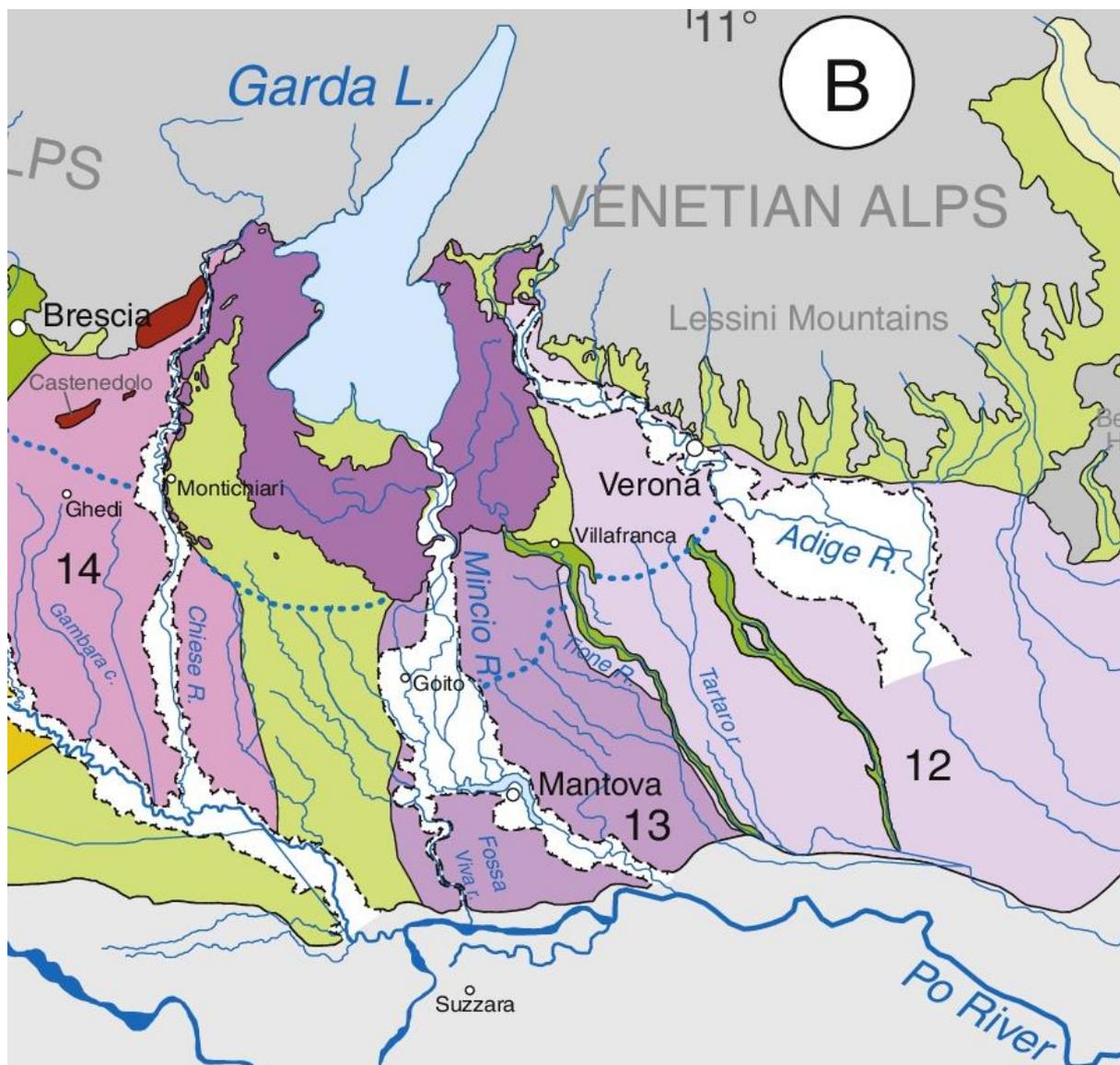


Figura 7. Da Fontana et al, 2014 "Sedimentary Geology". Sistemi di megafan fluvio-glaciali (12 Adige, 13 Mincio, 14 Chiese); particolare della figura precedente.

## 5.1 ASSETTO STRATIGRAFICO DELL'AREA IN ESAME

Con riferimento agli elaborati di cartografia geologica in scala 1:2000, la stratigrafia dei termini affioranti e/o rinvenuti nei sondaggi, è rappresentata dalle seguenti unità, descritte dalle più vecchie alle più recenti.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

### 5.1.1 Depositi quaternari

Il Quaternario comprende unità derivanti da fenomeni glaciali e da fenomeni trattivi (depositi fluviali, fluvioglaciali, terrazzi alluvionali). La distinzione della provenienza dei sedimenti è stata condotta mediante l'analisi petrografica della componente ghiaiosa. I depositi di provenienza dal bacino del fiume Adige presentano abbondanti clasti calcareo-dolomitici provenienti dall'erosione delle Dolomiti nord-occidentali. Per la caratterizzazione delle diverse unità è stato adottato un criterio morfo-litostratigrafico, in accordo con i principali dati di letteratura (S.G.I., 1967 e 1969), considerando i relativi processi morfogenetici predominanti (fluviali/alluvionali e di versante).

Le unità che interessano l'area di interesse sono di seguito elencate dalla più antica alla più recente.

- Depositi fluvioglaciali – Fg<sup>R2</sup>:
  - *litofacies* ghiaioso-sabbiosa (Fg<sup>R2</sup>1)
  - *litofacies* sabbiosa (Fg<sup>R2</sup>2)
- Depositi fluvioglaciali – Fg<sup>R3</sup>:
  - *litofacies* ghiaioso sabbiosa (Fg<sup>R3</sup>1)
  - *litofacies* sabbiosa (Fg<sup>R3</sup>2)
  - *litofacies* limoso-sabbiosa (Fg<sup>R3</sup>3)
  - *litofacies* argillosa-limosa (Fg<sup>R3</sup>4)
- Depositi alluvionali terrazzati – bn:
  - *litofacies* ghiaioso-sabbiosa (bn1)
  - *litofacies* sabbioso-limosa (bn2)
- Depositi alluvionali recenti – bb
  - *litofacies* ghiaioso-sabbiosa (bb1)
- Depositi alluvionali attuali – ba1
- Depositi di riporto antropico – h.

Le caratteristiche litostratigrafiche delle citate unità sono di seguito descritte.

#### Unità Fg<sup>R2</sup> – Depositi fluvioglaciali del Würm recente (Pleniglaciale)

Si tratta di un'unità costituita da ghiaie medie/grossolane, poligeniche ed eterometriche ( $\emptyset$  max > 6 cm), da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana, beige, nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli ( $\emptyset$  max > 10 cm) e a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi. La natura dei ciottoli è prevalentemente carbonatica, ma si rinvengono anche clasti di natura metamorfica, vulcanica (porfidi) e plutonica (graniti). Nella parte basale, a circa 32 m, sono stati rinvenuti livelli limoso-sabbiosa (Fg<sup>R2</sup>2), che presentano un buon grado di addensamento. Questa *litofacies* è stata intercettata unicamente nel sondaggio S1 (campagna ITALFERR, 2020-2021).



Figura 8. Sbancamento in Fg<sup>R2</sup>1.



Figura 9. Sbancamento in Fg<sup>R2</sup>1, particolare dei clasti di natura calcarea, metamorfica, vulcanica (porfidi) e plutonica (graniti).



Figura 10. Sbancamento in Fg<sup>R2</sup>1.



Figura 11. Sondaggio S1, Campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, unità Fg<sup>R2</sup>1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A



Figura 12. Sondaggio S1, Campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, unità Fg<sup>R2</sup>, 35.00÷37.20 m

### Unità Fg<sup>R3</sup> – Depositi fluvioglaciali del Würm Recente

L'unità è costituita da depositi ghiaiosi medio/grossolani (Fg<sup>R31</sup>), con matrice sabbiosa-limosa e clasti da sub-arrotondati ad arrotondati di dimensione superiore ai 10 cm. La composizione litologica dei clasti è poligenica: sono essenzialmente di natura calcarea, ma sono presenti anche ciottoli di natura ignea e metamorfica. Nella parte basale, a profondità superiori di 30 m, sono presenti intercalazioni sabbiose (Fg<sup>R32</sup>), limoso-sabbiose (Fg<sup>R33</sup>) e livelli argilloso-limosi (Fg<sup>R34</sup>). L'unità è databile dalla fase di arretramento glaciale alla fine del Würm recente.

I livelli sabbiosi (Fg<sup>R32</sup>) sono generalmente moderatamente addensati sono di colore avana. Questa *litofacies* è stata intercettata nel sondaggio S15 (campagna ITALFERR 2020-21).

Le intercalazioni limose-sabbiose (Fg<sup>R33</sup>) sono meno frequenti delle altre unità, hanno spessore limitato e ridotta estensione areale. Si intercettano nei sondaggi S15 e S19 (campagna ITALFERR 2020-21).

Gli orizzonti argillosi-limosi (Fg<sup>R34</sup>) sono quelli maggiormente diffusi all'interno della *litofacies* ghiaiosa e sono particolarmente ricchi di materia organica. Tale *litofacies* potrebbe essere riconducibile alla parte basale dell'unità Fg<sup>R3</sup>, poiché si intercetta laddove i vecchi fogli geologici delimitavano il passaggio tra le due unità Fg<sup>R2</sup> e Fg<sup>R3</sup>, sebbene il passaggio netto sia individuabile a nord della tratta in località Bussolengo.



Figura 13. Sondaggio S10, Campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, unità Fg<sup>R31</sup>, 10.00-15.00 m



Figura 14. Sondaggio S19, Campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, unità Fg<sup>R32</sup>, 26.00-29.00

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A



Figura 15. Sondaggio S15, Campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, unità Fg<sup>R33</sup>, 35.30-36.30 m



Figura 16. Sondaggio S9, Campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, unità Fg<sup>R34</sup>, 28.50-30.00 m

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A



Figura 17. Sondaggio S19, Campagna geognostica ITAFERR 2020-2021, unità Fg<sup>R34</sup>, 31.10-34.30

### Unità bn – depositi alluvionali terrazzati

Depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, lago di meandro e canale in fase di abbandono, costituiti da tre differenti *litofacies* a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. Possono essere distinte due litofacies:

- (bn1) Ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore avana, nocciola, marrone, grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli e blocchi da angolosi a sub-angolosi; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, ocre e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose ad arrotondate e rari blocchi angolosi.
- (bn2) Sabbie e sabbie limose a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche, da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi sabbiosi e limi sabbioso-argillosi a struttura indistinta o debolmente laminata, con frequenti resti vegetali e rare ghiaie poligeniche, da angolose ad arrotondate.

Durante le perforazioni tali unità non sono state intercettate. Si ritiene che l'età di formazione corrisponda alla fine del Pleistocene superiore-Olocene.

 <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA          LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA          NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</p>					
<p>RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA IN01</p>	<p>LOTTO 10</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 0001 001</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 38 di 120</p>

### Unità bb – depositi alluvionali recenti

Depositi continentali di canale fluviale, argine e piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, costituiti da tre differenti *litofacies* a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche.

La *litofacies* bb1 è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche da sub-angolose a sub-arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli e blocchi da angolosi a sub-angolosi e lenti di sabbie ghiaiose; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi.

Durante le perforazioni tali unità non sono state intercettate. L'età di formazione è probabilmente riferibile alla fine dell'Olocene.

### Depositi antropici (h)

Si tratta di depositi eterogenei ed eterometrici riconducibili ad attività antropiche (riporti, riempimenti); sono costituiti da ghiaie di natura poligenica in matrice sabbiosa, come evidenza il sondaggio S19 (campagna ITALFERR, 2020-21).

## 6 ASSETTO STRUTTURALE

Relativamente all'assetto strutturale, i Monti Lessini e l'Alta Pianura veronese sono riferibili all'unità tettonica delle Alpi Meridionali o Dominio Sudalpino al passaggio con l'unità del Bacino Padano (Figura 18).

La pianura veneta costituisce la superficie di riempimento, di età terziaria e quaternaria, di un bacino deposizionale che è situato all'estremità nord-occidentale della microplacca adriatica (Figura 19). Si tratta dell'avampaese condiviso fra il settore occidentale delle Alpi meridionali e gli Appennini settentrionali. Le Alpi sono una catena a *thrust* con vergenza sud e sud-orientale sviluppatesi a partire dal Paleogene, mentre gli Appennini sono una catena a *thrust* con vergenza nord-orientale formatesi a partire dal Neogene.

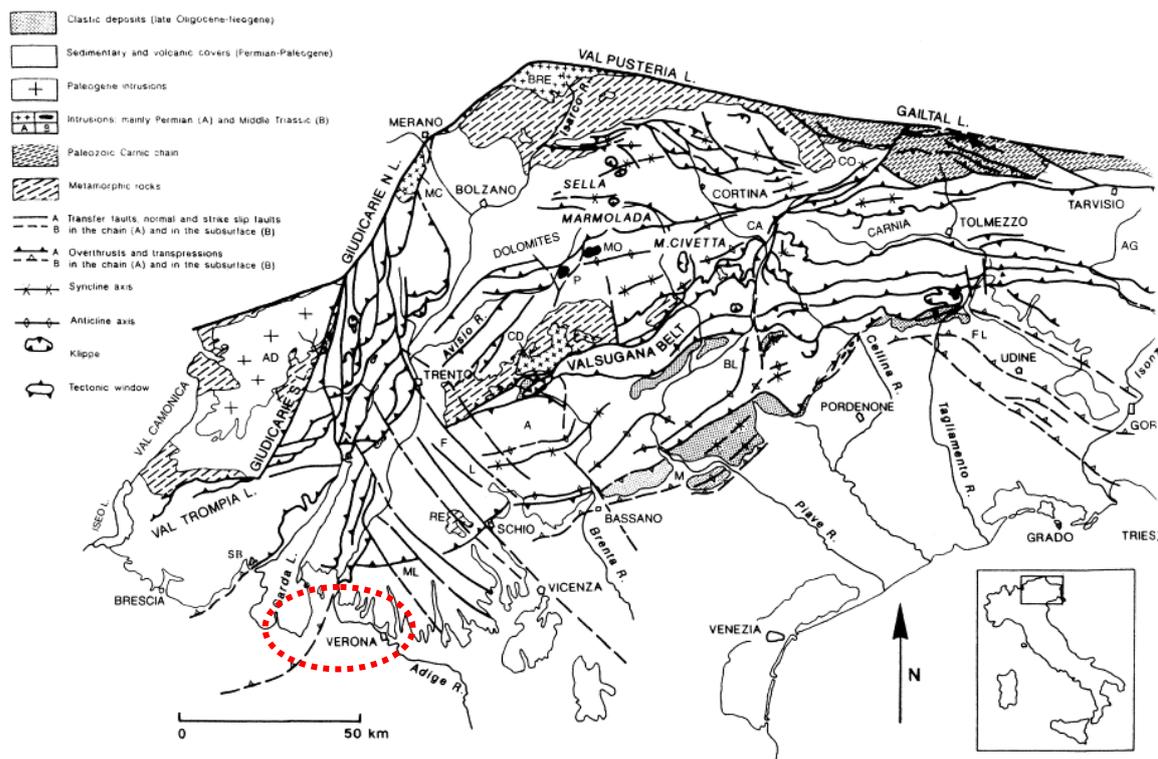


Figura 18. Principali caratteristiche strutturali e tettoniche delle Alpi Centro-Meridionali (a sud della Linea Periadriatica).

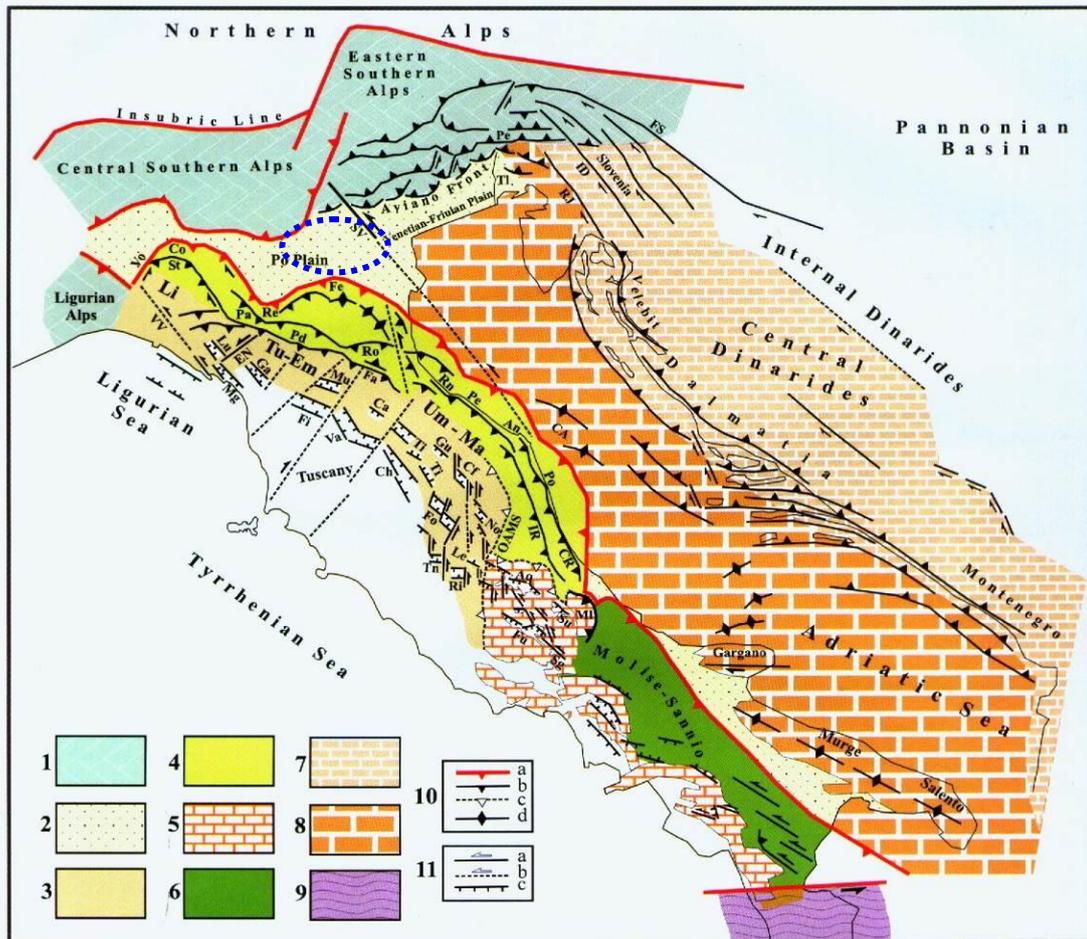


Fig. 4 - Main structural and tectonic features in the Central-Northern Apennines and the northern peri-Adriatic zones. 1) Ligurian and Southern Alps; 2) Foredeep basins; 3, 4) Axial and outer belts of the Northern Apennines; 5) Latium-Abruzzi and Southern Apennines carbonate platforms; 6) Outer belt of the Southern Apennines; 7) Dinarides carbonate platforms; 8) Adriatic foreland; 9) Calabrian Arc; 10) Compressional features: a = outer front of the Alps and Apennines; b, c = active and inactive thrusts, d = fold axes; 11) Transcurrent and extensional features: a, b = active and presumably active strike-slip faults; c = normal faults. Main compressional features: CA = central Adriatic folds; Co = San Colombano-Cremona; CR = Coastal Ridge; Fa = Faenza; Fe = Ferrara; IR = Internal Ridge; OAMS = Olevano-Antrodoco-Monti Sibillini lineament; Pa = Parma; Pd = Pedeaennino; Pe = Periadiatico; Po = Porto S. Giorgio, Re = Reggio Emilia; Ro = Romagna; Rn-Pe-An = Rimini-Pesaro-Ancona; St = Stradella-Fiorenzuola d'Arda; Vo = Voghera-Pavia. Main strike-slip features: EN = Enza; FS = Fella-Sava; ID = Idrja; RJ = Rijeka; SV = Schio-Vicenza; VV = Villalvernia-Varzi. Main extensional/transensional basins: Aq = Aquila; Ca = Casentino; Ch = Chiana; Cf = Colfiorito; Fi = Firenze-Pistoia; Fo = Foligno-Spoleto; Fu = Fucino; Ga = Garfagnana; Gu = Gubbio; Le = Leonessa; Lu = Lunigiana; Mg = Magra; Mu = Mugello; No = Norcia; Ri = Rieti; Sg = Upper Sangro; Su = Sulmona; Ti = Tiber; Tn = Terni; Va = Valdarno; Li = Ligurian Apennines; MI = Maiella; TI = Tagliamento river; Tu-Em = Tuscany-Emilia Apennines; Um-Ma = Umbria-Marche Apennines. Details on tectonic features in the Southern Apennines are given in Figs 1 and 3. See text for explanations.

- Principali caratteristiche strutturali e tettoniche nell'Appennino centro settentrionale e nelle zone periAdriatiche settentrionali. 1) Alpi liguri e meridionali; 2) Avansosse; 3, 4) Parti assiali ed esterne dell'Appennino settentrionale; 5) Unità di piattaforma carbonatica dell'Appennino centrale e meridionale; 6) Parte esterna dell'Appennino meridionale; 7) Unità di piattaforma carbonatica delle Dinaridi; 8) Avampaese adriatico; 9) Arco Calabro; 10) Strutture compressive: a = fronte esterno delle Alpi e dell'Appennino, b, c = raccordi attivi ed inattivi, d = assi di pieghe; 11) Faglie trascorrenti e normali: a, b = faglie trascorrenti attive e probabilmente attive; c = faglie normali. Principali strutture compressive: CA = pieghe nell'Adriatico centrale; Co = San Colombano-Cremona; CR = Ridge Costiero; Fa = Faenza; Fe = Ferrara; IR = Ridge interno; OAMS = lineamento Olevano-Antrodoco-Monti Sibillini; Pa = Parma; Pd = Pedeaennino; Pe = Periadiatico; Po = Porto S. Giorgio, Re = Reggio Emilia; Ro = Romagna; Rn-Pe-An = Rimini-Pesaro-Ancona; St = Stradella-Fiorenzuola d'Arda; Vo = Voghera-Pavia. Principali strutture trascorrenti: EN = Enza; FS = Fella-Sava; ID = Idrja; RJ = Rijeka; SV = Schio-Vicenza; VV = Villalvernia-Varzi. Principali bacini estensionali/transensionali: Aq = Aquila; Ca = Casentino; Ch = Chiana; Cf = Colfiorito; Fi = Firenze-Pistoia; Fo = Foligno-Spoleto; Fu = Fucino; Ga = Garfagnana; Gu = Gubbio; Le = Leonessa; Lu = Lunigiana; Mg = Magra; Mu = Mugello; No = Norcia; Ri = Rieti; Sg = Alto Sangro; Su = Sulmona; Ti = Tevere; Tn = Terni; Va = Valdarno. CA = pieghe Centro Adriatiche; Li = Appennino Ligure; MI = Maiella; TI = Tagliamento; Tu-Em = Appennino Tosco-Emiliano; Um-Ma = Appennino Umbro-Marchigiano. Dettagli sulle caratteristiche tettoniche nell'Appennino meridionale sono riportati nelle figg. 1 e 3. Vedi testo per spiegazioni.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 7 GEOMORFOLOGIA

Il tracciato ferroviario in progetto attraversa un territorio caratterizzato da morfologie regolari, sub-pianeggiante debolmente degradante verso est.

Le quote topografiche variano da 80-85 m circa s.l.m. in corrispondenza dell'innesto con l'asse ferroviario esistente nei pressi dell'asse dell'autostrada del Brennero, a circa 65-68 m s.l.m. nei pressi della stazione di Verona Porta Nuova.

L'aspetto morfologico attuale della pianura veneta è fortemente legato all'evoluzione tardo pleistocenica e olocenica dei fiumi alpini Adige, Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta. Essi hanno ripetutamente cambiato percorso a valle del loro sbocco montano, interessando aree molto ampie. Si sono così formati sistemi sedimentari di notevole estensione areale allungati fino al mare (Figura 20), caratterizzati da una notevole selezione granulometrica dei sedimenti da monte a valle (più grossolani nelle zone di monte e più fini a valle). Infatti, da letteratura, le valli nell'ultima glaciazione erano occupate da un'ingente massa glaciale che defluiva fino alla Pianura Padana seguendo tracciati non necessariamente coincidenti con l'idrografia attuale. Il ritiro tardoglaciale lasciò le valli libere dai ghiacci, aprendo una fase di grandi trasformazioni che porterà fino alla situazione attuale, con un accavallarsi di processi diversi e di attori differenziati (Angelucci, 2016). L'area di studio è, inoltre, caratterizzata dall'unità deposizionale del fiume Adige (Figura 20). Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa all'interno del grande conoide dell'Adige, sovrainciso e terrazzato per l'azione erosiva degli alvei würmiani ed attuali del fiume.

Esso si inserisce in un contesto fortemente urbanizzato, in cui le evidenze morfologiche naturali sono state in parte o completamente obliterate dalle attività antropiche. In particolare, il tracciato è in affiancamento all'attuale linea dove non si evidenziano forme, processi e depositi particolarmente significativi e che possano rappresentare una criticità.

Mappa delle unità deposizionali del Veneto.  
 Elaborazione 2010

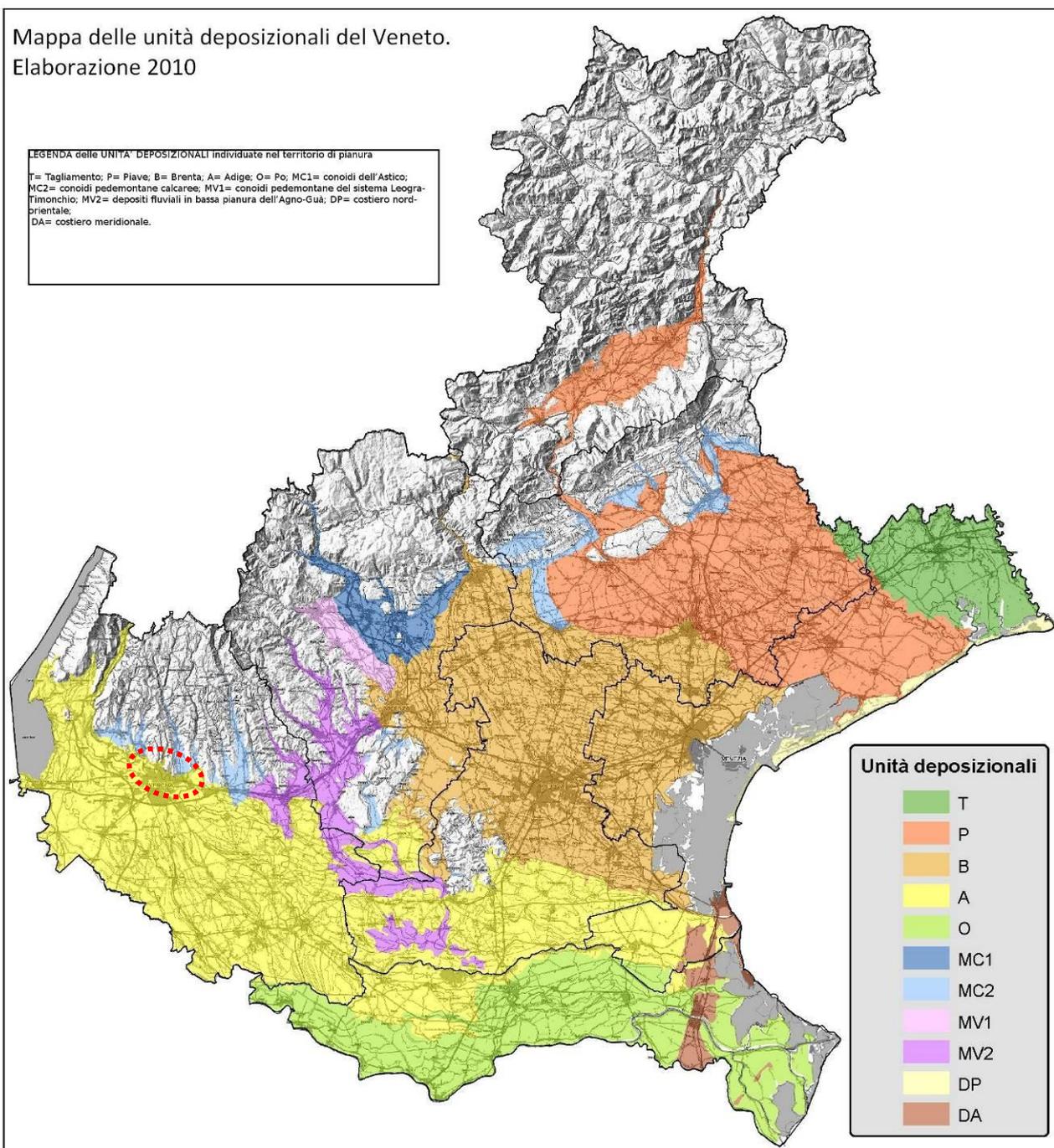


Figura 20. Mappa delle unità deposizionali del Veneto (ARPAV, 2010). L'area di interesse è caratterizzata dall'unità deposizionale A=Adige.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 7.1 ANALISI MULTITEMPORALE E MULTISCALARE

L'analisi dell'evoluzione del territorio in esame, negli ultimi decenni ed in particolare a partire dal 1955 ad oggi, è possibile delinearla attraverso una lettura, multitemporale e multiscalare delle foto aeree disponibili sul Portale dell'IGM ([https://www.igmi.org/it/geoprodotti#b\\_start=0](https://www.igmi.org/it/geoprodotti#b_start=0)), ortofoto degli ultimi 20 anni e immagini da Google Earth. L'analisi foto-interpretativa è stata condotta su fotografie aeree riferibili a 4 differenti voli ripresi da diverse quote di volo e con diversa scala media; questo ha consentito di coprire un intervallo temporale molto esteso (oltre 50 anni), come riportato in tabella.

RIPRESA	STRISCIATA (n)	DATA	QUOTA VOLO (m)	SCALA
Volo IGM	62	1955	6.000	1:33.000
Volo IGM	48	1962	4.600	1:29.000
Volo IGM	116	1986	5.040	1:34.000
Volo IGM	48	2010	6.700	1:107.000
Immagine maps	-	2020	-	-

A partire dal 1955, si osservano sia il centro abitato di Verona sud-occidentale (in arancio), sia la frazione Casone (in blu), localizzati in un perimetro molto ristretto. Nella zona “Quadrante Europa” non ci sono tracce di sviluppo industriale e si osservano soltanto vie di comunicazione principali, tra cui le principali linee ferroviarie provenienti da Milano, Bologna e Brennero (Figura 19).

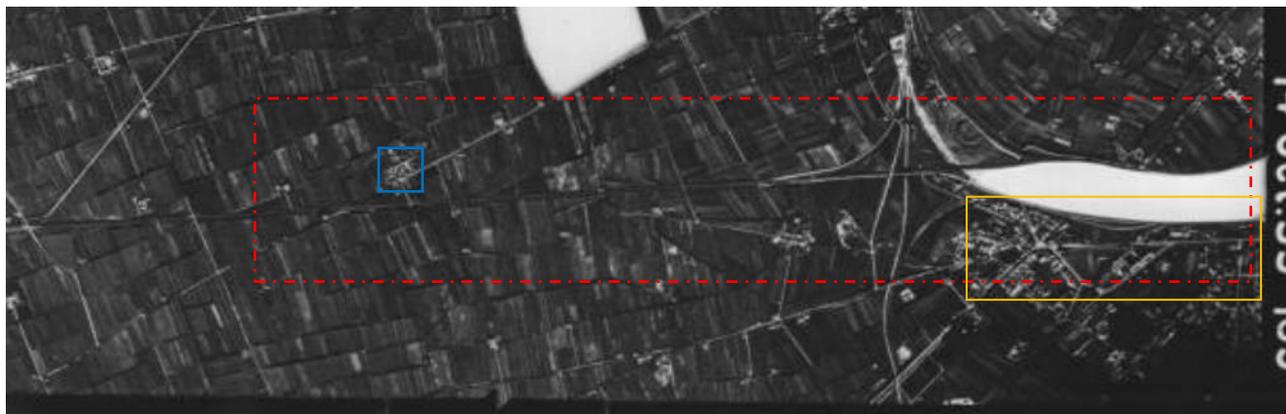


Figura 21. Stralcio foto aerea 1955 ([https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1955/pdf\\_2400\\_dpi\\_autenticato/fotogramma-1605281014.19](https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1955/pdf_2400_dpi_autenticato/fotogramma-1605281014.19)), in rosso tratteggiato l'area in esame.

Nel 1962 non si osservano particolari variazioni lungo il tracciato, ma sono ben visibili le attività estrattive. Invece, per quanto riguarda l'analisi delle foto aeree del 1986, si osserva l'ampliamento della zona “Quadrante Europa” con nuove arterie ferroviarie (colore blu) in Via Cason, oltre a nuove attività estrattive (arancio). Inoltre, si può osservare uno sviluppo edilizio alle porte di Verona e nelle frazioni.

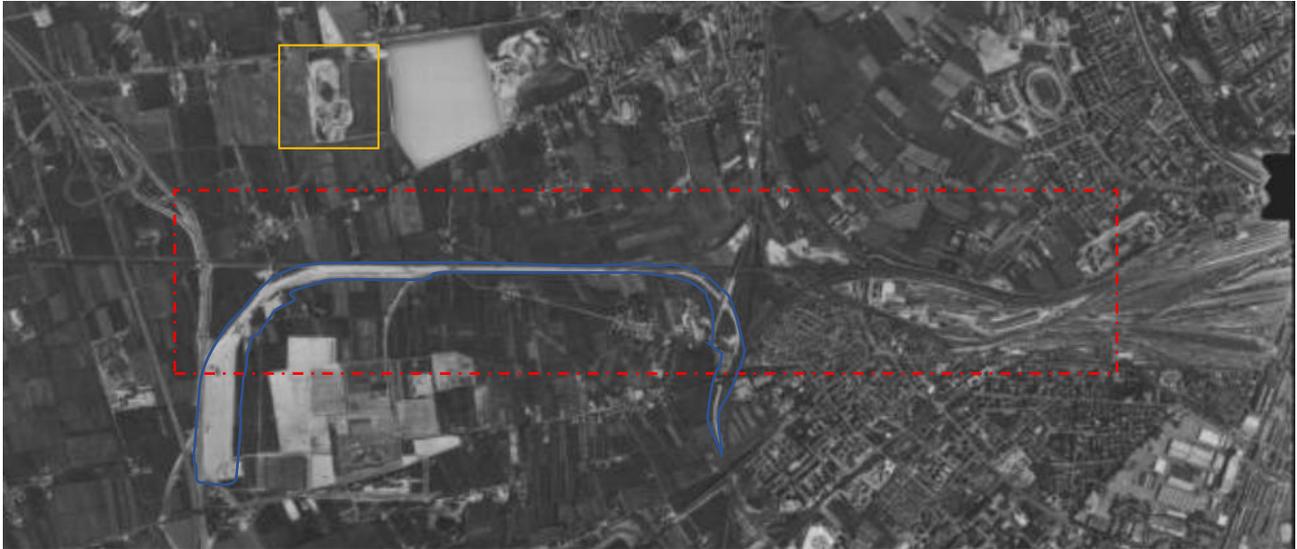


Figura 22. Stralcio foto aerea 1986 ([https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1986/pdf\\_2400\\_dpi\\_autenticato/fotogramma-1605286851.93](https://www.igmi.org/it/geoprodotti/foto-aeree/1986/pdf_2400_dpi_autenticato/fotogramma-1605286851.93)), in rosso tratteggiato l'area in esame.

Infine, analizzando le foto aeree più recenti, quelle del 2000-2020, si osserva una situazione generalmente molto vicina a quella presente oggi, dovuta all'aumento della edificazione di case e di viabilità stradali e ferroviarie che hanno portato allo sviluppo di tutte le frazioni in cui il territorio comunale di Verona si compone oggi. Grandi cambiamenti si hanno per la zona industriale, dove è avvenuto il maggiore sviluppo con l'ampliamento del "Quadrante Europa".



Figura 23. Stralcio ortofoto 2021

(<http://sinva.minambiente.it/mapviewer/index.html?collection=http://sinva.minambiente.it/WMC/Collection/VA/E07E11E8-559E-439A-8E12-DDE1A3D18B67&l=it>), in rosso in esame.

## 8 PROVE DI LABORATORIO E PROVE IN SITU (DEPOSITI QUATERNARI)

Come descritto nei capitoli precedenti e come osservabile negli elaborati cartografici e nella sezione geologica, nell'area in esame affiorano diffusamente depositi alluvionali olocenici e pleistocenici. Data la tipologia dei terreni presenti nell'area di studio, è stato possibile prelevare campioni rimaneggiati e localmente indisturbati da sottoporre a prove granulometriche di laboratorio; relativamente alle prove in foro di sondaggio, sono state eseguite:

- n. 234 prove SPT (Standard Penetration Test);
- n. 78 prove di permeabilità tipo Lefranc.

La Figura 24 illustra la distribuzione delle frazioni granulometriche (secondo classificazione AGI) risultante dalle prove granulometriche di laboratorio condotte su 96 campioni (4 campioni indisturbati e 92 rimaneggiati), da cui ben si nota la netta prevalenza della componente ghiaiosa dei depositi alluvionali affioranti nell'area.

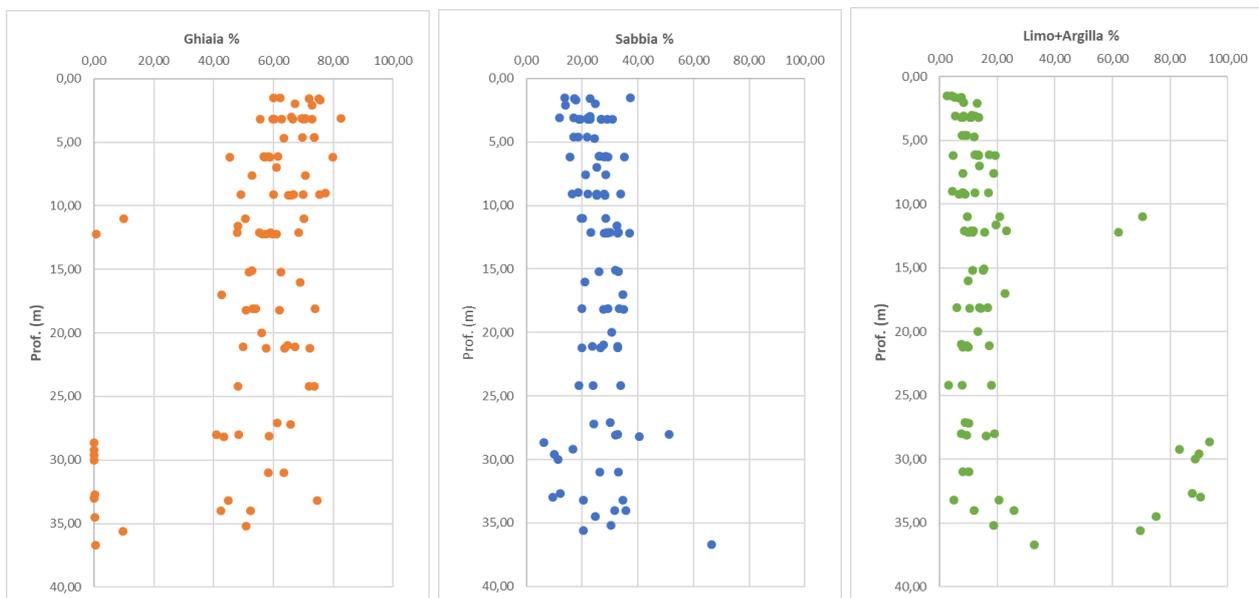


Figura 24. Distribuzione delle frazioni granulometriche (classificazione AGI) per le unità quaternarie

Dalle prove granulometriche risulta che i depositi alluvionali in esame sono costituiti fino all'80% da ghiaie e quasi nel totale dei campioni la componente ghiaiosa presenta valori compresi tra il 40% e l'80%. Del totale dei campioni analizzati, solo l'11% ha un contenuto in ghiaia inferiore al 40%. Secondo il sistema di classificazione dei terreni AASHTO (CNR-UNI 10006) e in base a quanto sopra descritto, i campioni ricadono per la maggior parte nei sottogruppi A-1-a e A-1-b (terreni aventi una frazione passante al setaccio 0,075  $UNI\ 2332 \leq 35\%$ ). Secondo la classificazione USCS invece, il 25% dei campioni ricade nel gruppo GW-GM (ghiaia ben assortita con limo).

Nei 21 sondaggi geognostici qui analizzati sono state eseguite n. 234 prove SPT, che restituiscono valori di  $N_{spt}$  generalmente elevati già nei primi metri da p.c.; questi valori di  $N_{spt}$  sono funzione sia della litologia dei terreni (principalmente ghiaie, come detto in precedenza) sia del loro stato di addensamento: secondo quanto stabilito dalle Raccomandazioni AGI 1977, valori di  $N_{spt}$  maggiori di 30 identificano terreni incoerenti da addensati a molto addensati.

In Figura 25 si riporta una sintesi dei risultati delle prove SPT in funzione della profondità di esecuzione delle singole prove; si consideri che dal grafico sono stati esclusi i valori “a rifiuto” (ovvero il 59% del totale). Su un totale di n. 234 prove SPT eseguite, i valori non nulli (e quindi le prove SPT non “a rifiuto”) sono 96.

Il raggiungimento del “rifiuto” e, quindi, la fine della prova si determinano nei seguenti casi:

- un numero di colpi superiore a 50 per l'infissione nei primi 15 cm;
- un numero di colpi superiore a 100 per l'infissione nel secondo e nel terzo tratto (ultimi 30 cm).

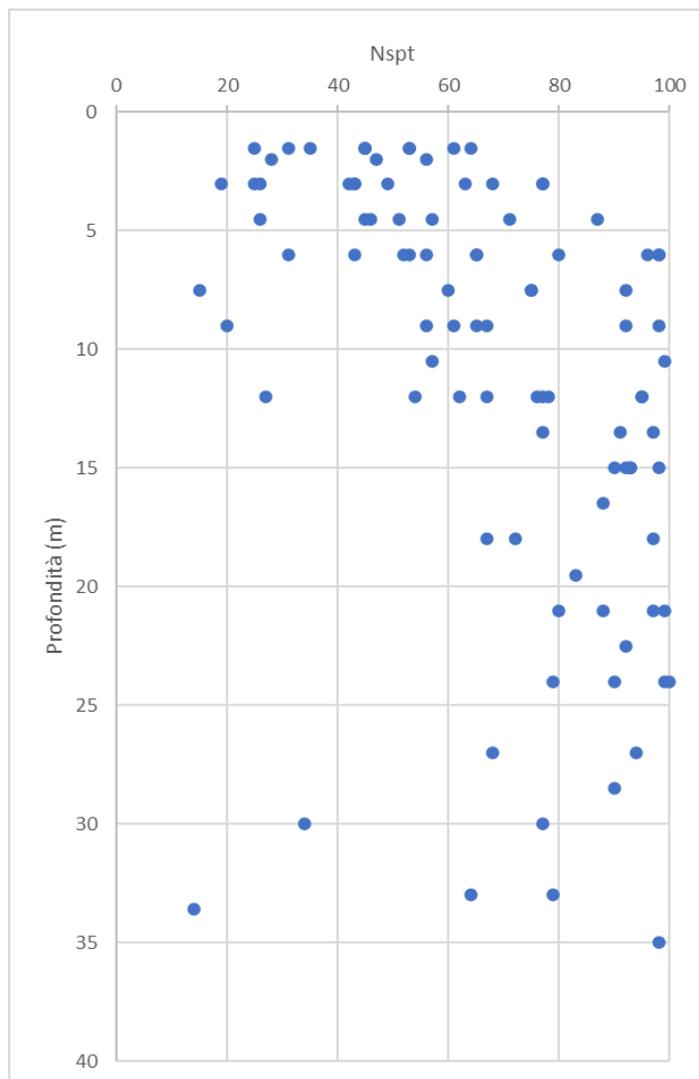


Figura 25. Distribuzione della resistenza alla penetrazione (SPT) in funzione della profondità

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

Nell'area interessata dal tracciato ferroviario, le litologie affioranti sono le alluvioni fluvio-glaciali e fluviali pleistoceniche  $fg^{R2}$  e  $fg^{R3}$ , come descritte nel foglio 48 "Peschiera del Garda" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Nella porzione più superficiale affiora invece uno strato di spessore variabile di materiale rimaneggiato e/o di riporto antropico (per la descrizione si veda il paragrafo 4.1). Di seguito si riporta la descrizione delle caratteristiche granulometriche delle alluvioni pleistoceniche e del riporto.

### 8.1 ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI ( $fg^{R2}$ )

In Figura 26 è riportata la distribuzione delle frazioni granulometriche (secondo classificazione AGI) risultante dalle prove granulometriche di laboratorio condotte su 38 campioni rimaneggiati classificabili come alluvioni  $fg^{R2}$ . Dalla distribuzione delle abbondanze granulometriche si nota come gran parte del materiale sia materiale grossolano, con contenuto in ghiaie variabile tra il 40% e l'80%.

Secondo il sistema di classificazione dei terreni AASHTO (CNR-UNI 10006), i campioni ricadono per la maggior parte nei sottogruppi A-1-a e A-1-b (terreni aventi una frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332  $\leq 35\%$ ). Secondo la classificazione USCS invece, il 34% dei campioni ricade nel gruppo GW-GM (ghiaia ben assortita con limo).

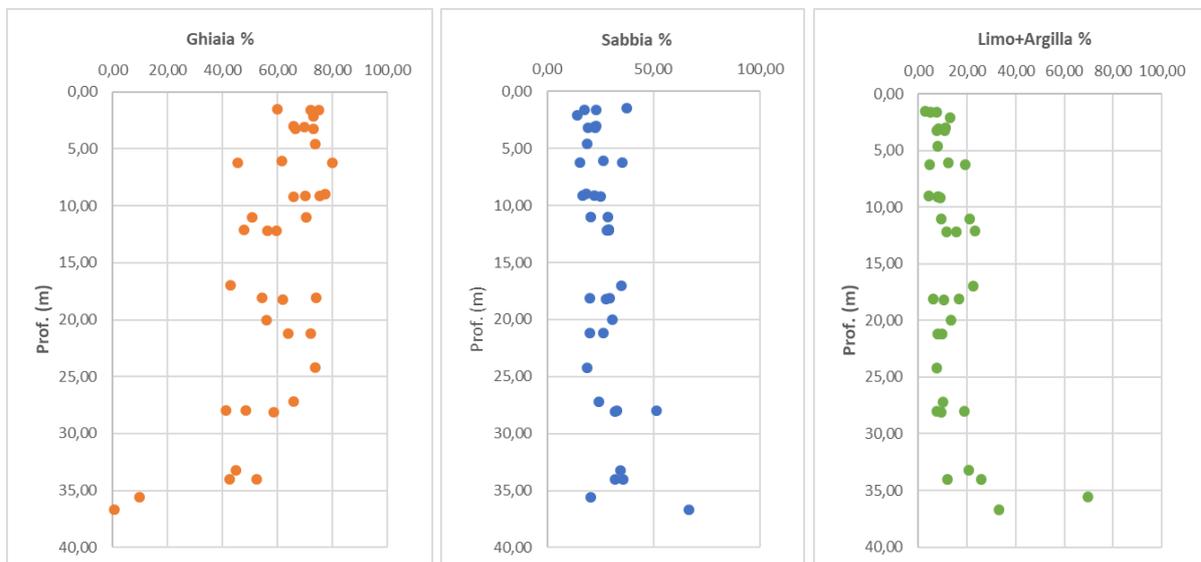


Figura 26. Distribuzione delle frazioni granulometriche (classificazione AGI) per le alluvioni fluvio-glaciali e fluviali ( $fg^{R2}$ )

In Figura 27 si riporta una sintesi dei risultati delle prove SPT eseguite nelle alluvioni pleistoceniche  $fg^{R2}$ . In questo caso le prove SPT raggiungono una profondità massima di 33 metri da p.c. con valori nel complesso superiori a 40, anche nei primi metri di sondaggio.

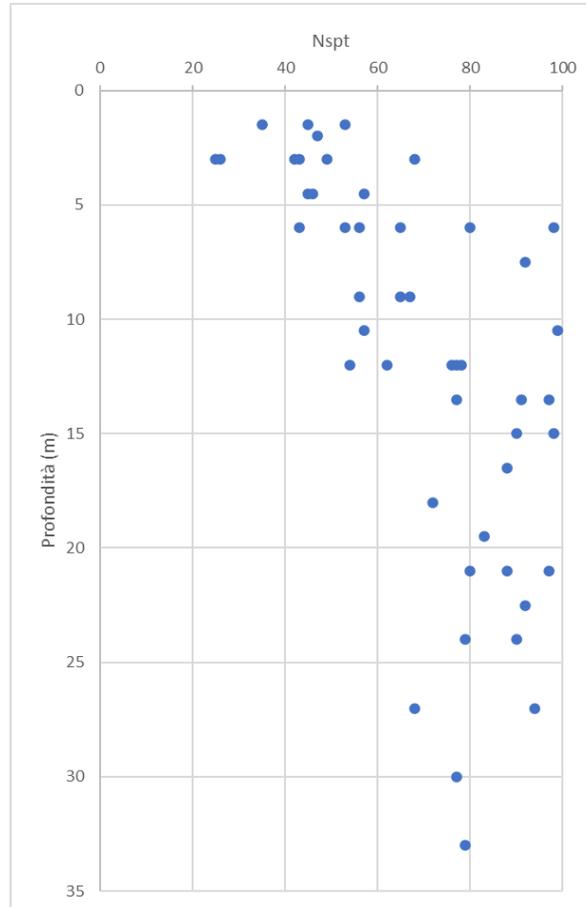


Figura 27. Distribuzione della resistenza alla penetrazione (SPT) in funzione della profondità per le alluvioni pleistoceniche (fgR2).

## 8.2 ALLUVIONI FLUVIOGLACIALI E FLUVIALI (FG<sup>R3</sup>)

In Figura 28 è riportata la distribuzione delle frazioni granulometriche (secondo classificazione AGI) risultante dalle prove granulometriche di laboratorio condotte su 55 campioni (51 campioni rimaneggiati e 4 campioni indisturbati) classificabili come alluvioni fg<sup>R3</sup>. Dalla distribuzione delle abbondanze granulometriche si nota come gran parte del materiale sia materiale grossolano, con contenuto in ghiaie variabile tra il 40% e l'80%.

Secondo il sistema di classificazione dei terreni AASHTO (CNR-UNI 10006), i campioni ricadono per la maggior parte nei sottogruppi A-1-a e A-1-b (terreni aventi una frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332  $\leq$  35%). Secondo la classificazione USCS invece, il 54% dei campioni è classificabile come GM (ghiaia limosa).

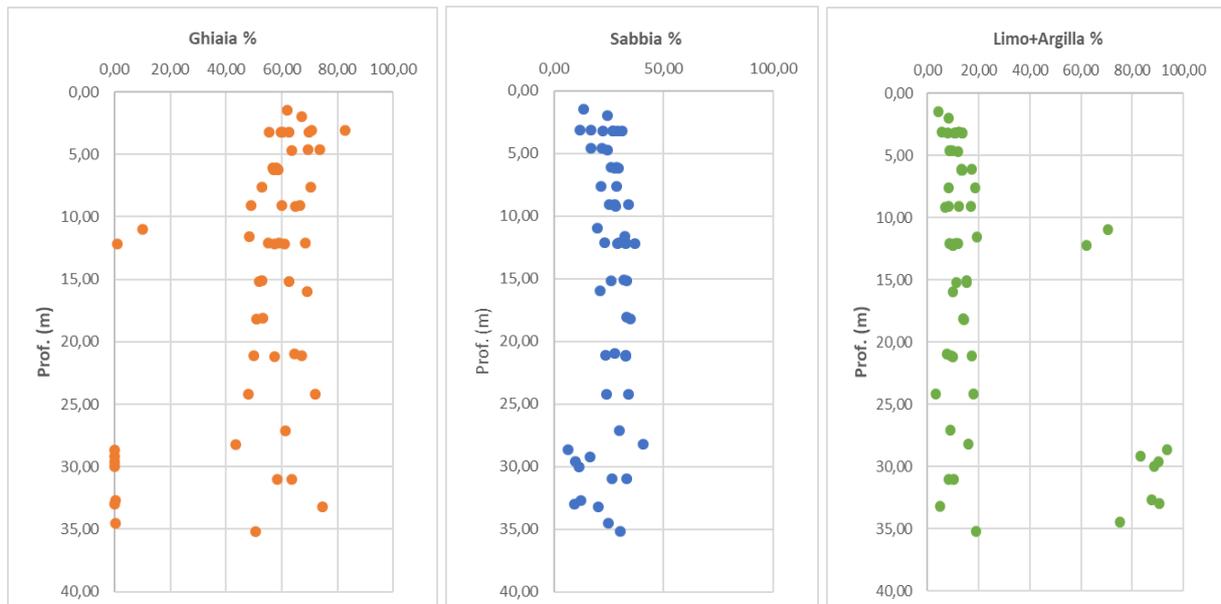


Figura 28. Distribuzione delle frazioni granulometriche (classificazione AGI) per le alluvioni fluvio-glaciali e fluviali (fg<sup>R3</sup>)

In Figura 29 si riporta una sintesi dei risultati delle prove SPT eseguite nelle alluvioni pleistoceniche fg<sup>R3</sup>. Le prove SPT raggiungono una profondità massima di 35 metri da p.c. con valori nel complesso superiori a 40, anche nei primi metri di sondaggio.

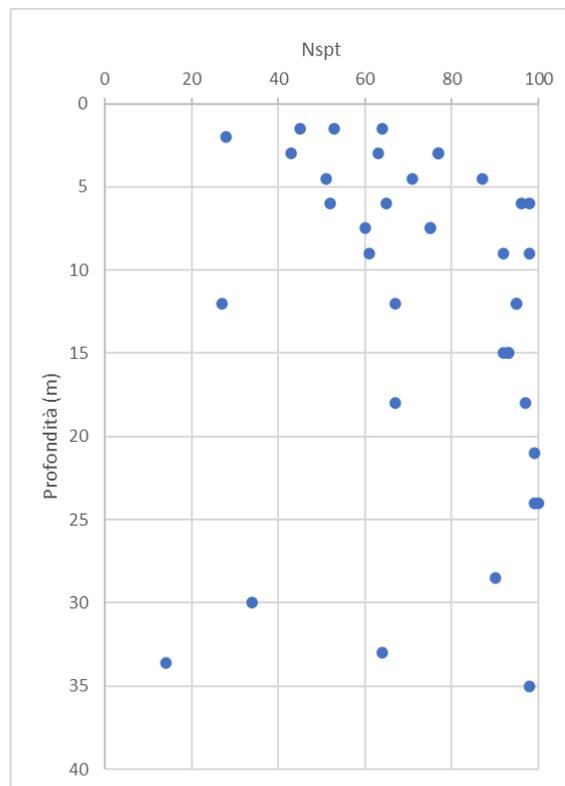


Figura 29. Distribuzione della resistenza alla penetrazione (SPT) in funzione della profondità per le alluvioni pleistoceniche (fgR3)

### 8.3 MATERIALE RIMANEGGIATO E/O DI RIPORTO ANTROPICO (H)

In Figura 30 riportata la distribuzione delle frazioni granulometriche (secondo classificazione AGI) risultante dalle prove granulometriche di laboratorio condotte su 3 campioni rimaneggiati classificabili come materiale rimaneggiato e/o riporto. Dalla distribuzione delle abbondanze granulometriche si nota come gran parte del materiale sia materiale grossolano, con contenuto in ghiaie variabile tra il 60% e l'80%.

Secondo il sistema di classificazione dei terreni AASHTO (CNR-UNI 10006), i campioni ricadono nel sottogruppo A-1-a (terreni aventi una frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332  $\leq$  35%). Secondo la classificazione USCS invece, tutti i campioni sono classificabili come ghiaie.

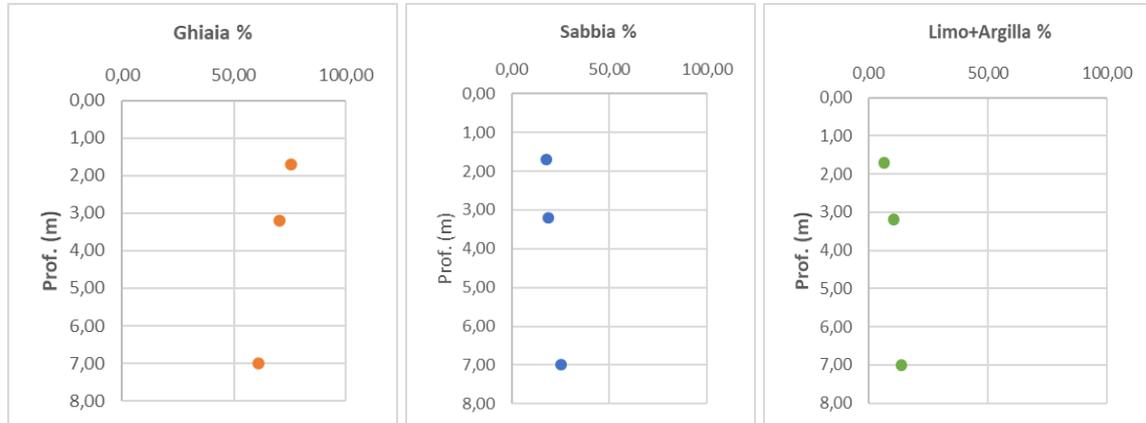


Figura 30. Distribuzione delle frazioni granulometriche (classificazione AGI) per l'unità costituita da materiale rimaneggiato e/o di riporto antropico (h)

In Figura 31 si riporta una sintesi dei risultati delle 10 prove SPT eseguite all'interno del materiale di riporto. In questo caso le prove SPT raggiungono una profondità massima di 9 metri da p.c. Si noti come in tre campioni i valori d N<sub>spt</sub> siano già superiori a 40 nei primi 2 metri di sondaggio.

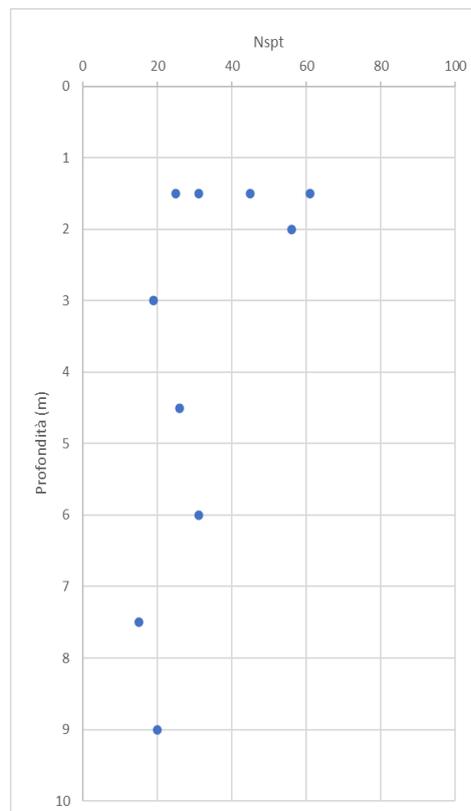


Figura 31. Distribuzione della resistenza alla penetrazione (SPT) in funzione della profondità per il materiale di riporto (h)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## **9 INTERPRETAZIONE DEGLI ESITI DELLE PROVE IN SITO DIRETTE E INDIRETTE**

Come descritto nei paragrafi precedenti, nell'area si sono susseguite diverse campagne geognostiche dal 1998 fino ad inizio 2021.

In riferimento all'interpretazione dei dati acquisiti, i materiali che interessano l'area risultano prettamente ghiaiosi nel settore occidentale - indicativamente tra l'autostrada del Brennero (A22) e l'area dello Scalo Cason (pk 150+780 a 153+200) - dove tutti i sondaggi intercettano prevalentemente ghiaie con sabbia (nei primi metri) rielaborata dalle attività antropiche. Nel tratto intermedio e finale (da pk 153+200 a 157 circa), nei sondaggi eseguiti nell'ultima campagna geognostica (ITALFERR 2021) si sono intercettate, a profondità maggiori di 28 m circa, anche livelli sabbiosi e, localmente, livelli di torba.

Per i dettagli si rimanda al capitolo seguente, in cui sono descritti il profilo e le sezioni trasversali realizzate nell'ambito del presente studio, oppure ai certificati stratigrafici delle indagini emesse dalle imprese esecutrici.

Per quanto riguarda le campagne geofisiche (2014 e 2021), le tomografie elettriche registrano una resistività medio-alta, confermando la natura granulare dei terreni; infatti, analizzando le sezioni delle campagne pregresse, si notano elementi resistivi (ghiaie) con intercalazioni medio resistive (ghiaie e sabbie) e con una struttura basale sabbioso-ghiaioso probabilmente sature. Relativamente alle prove Down-Hole e MASW, le velocità aumentano con la profondità, confermando anche quanto osservato durante le prove in sito (aumento dei valori di  $N_{spt}$  con la profondità). I valori di  $V_s$  nei primi 5 metri di sottosuolo sono superiori a 400 m/s. Infine, per quanto riguarda le misure HVSR, non tutte registrano picchi e, laddove siano registrati, risultano piuttosto superficiali (per i dettagli si rimanda alla relazione specialistica IN1010D69IGGE0005002A)

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 10 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Ai fini della rappresentazione del modello geologico dell'area in esame è stato sviluppato, lungo l'asse di progetto, il profilo geologico riportato nei documenti "Carta geologica e profilo geologico (tav. dalla 1 alla 4) -cod. doc. IN1010D69N6GE0001001/4A. Il profilo geologico costituisce una ricostruzione interpretativa basata sulle informazioni di terreno, integrate dai risultati delle indagini geognostiche condotte nelle varie fasi di progettazione o eseguite all'interno dell'areale di progetto. I dati raccolti ed acquisiti fanno sì che esso costituisca una rappresentazione previsionale delle condizioni geologiche lungo il tracciato adeguata al livello progettuale, ed una raffigurazione del sottosuolo che ne esprima in maniera attendibile, in relazione ai dati a disposizione, le caratteristiche litostratigrafiche. Inoltre, con lo stesso scopo, sono stati sviluppati profili geologici trasversali in prossimità delle maggiori opere d'arte.

### 10.1 CARTOGRAFIA GEOLOGICA

La cartografia geologica allegata (scala 1:2.000) è stata elaborata facendo riferimento ai seguenti dati di base:

- Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 48 Peschiera del Garda;
- Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio 49 Verona;
- Carta litostratigrafica del P.A.T. - Piano di Assetto del Territorio del Comune di Verona alla scala 1:15.000 ([https://www.comune.verona.it/nqcontent.cfm?a\\_id=4347&tt=verona\\_agid](https://www.comune.verona.it/nqcontent.cfm?a_id=4347&tt=verona_agid)).

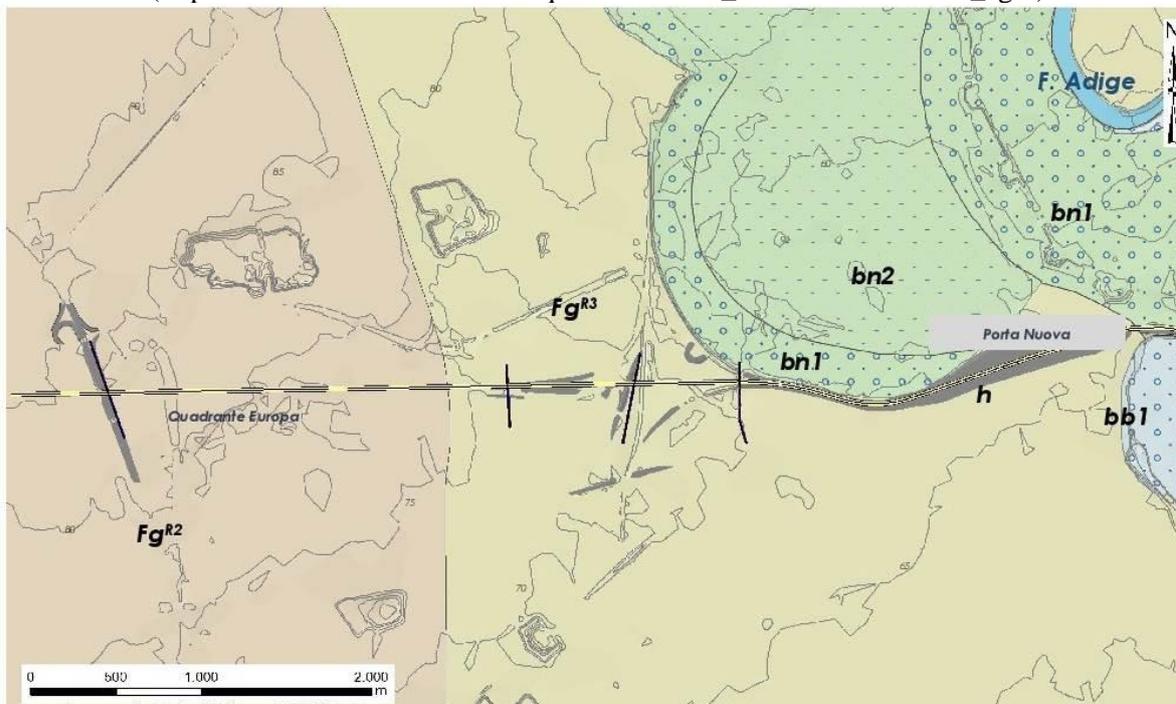


Figura 32. Stralcio Carta geologica in scala 1:25.000 dell'areale di Verona Ovest. In corsivo in grassetto le sigle delle litologie: *FgR2* e *FgR3* depositi fluvio-glaciali dell'Adige; *bn1* e *bn2* depositi alluvionali terrazzati e *bb1* depositi alluvionali attuali. La polilinea gialla indica il tracciato ferroviario E-O Brescia-Verona-Vicenza-Padova.

## 10.2 PROFILO IN ASSE AL PROGETTO

Di seguito si riporta una descrizione del profilo geologico in asse al progetto.

Il tracciato si sviluppa all'aperto, su depositi sciolti di natura prevalentemente grossolana, essenzialmente ghiaiosa. In particolare, su tutto il tratto, i primi metri risultano rimaneggiati in riferimento a pratiche agricole ed attività antropiche.

Nel primo tratto dalla pk 150+780 alla pk 152+850 circa, vengono interessate completamente, fino a fondo foro, le ghiaie poligeniche ed eterometriche ( $\emptyset$  max > 6 cm), da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa di colore avana, afferenti ai depositi fluvioglaciali (Fg<sup>R31</sup>) del Würm.

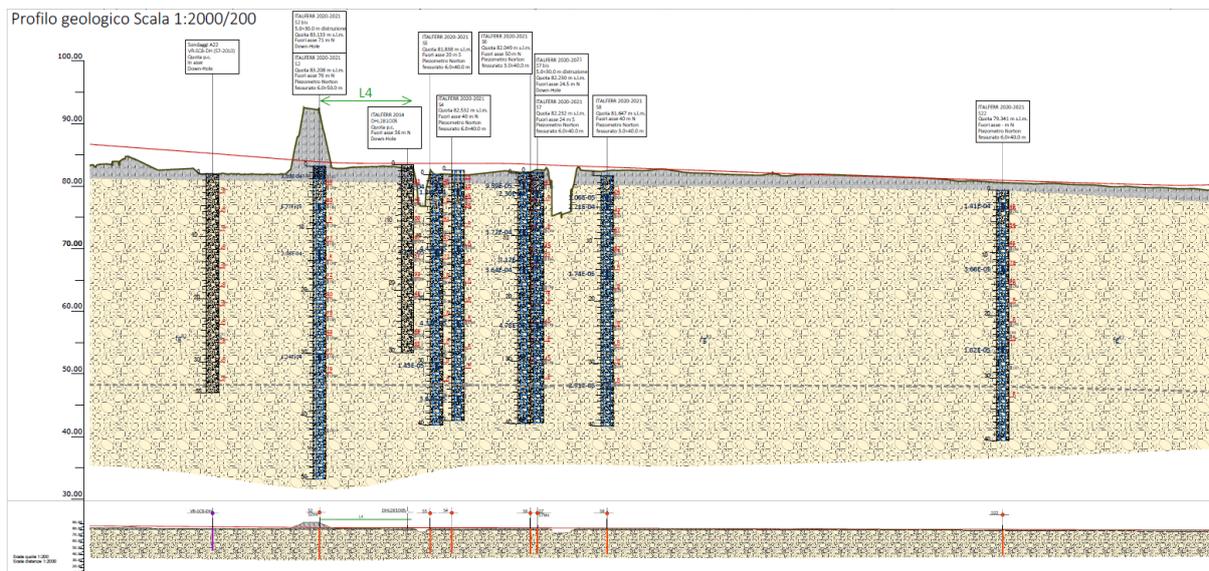


Figura 33. Stralcio del profilo geologico della Tavola 1/4, si nota che il tratto in esame è caratterizzato da ghiaie dell'Unità Fg<sup>R2</sup>

Oltre la progressiva 153+850, come evidenzia il sondaggio S11, l'unità fluvioglaciale più recente Fg<sup>R3</sup> (Würm recente) si appoggia fino a fine intervento sull'unità Fg<sup>R2</sup>, costituita anch'essa da ghiaie poligeniche eterometriche addensate in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana; localmente possono essere presenti livelli centimetrici sabbiosi. Il limite tra le due unità fluvioglaciali è stato assunto alla quota in cui si rinvenivano, alternati alle ghiaie, livelli pelitici costituiti da argille limose grigio-nerastre, riferibili all'unità Fg<sup>R2</sup>. Inoltre, come si nota in sezione, la porzione più pelitica, si intercetta quasi in tutti i fori tranne nei sondaggi S10 e S20, e il suo spessore aumenta, passando da pochi centimetri a spessori metrici verso fine intervento.

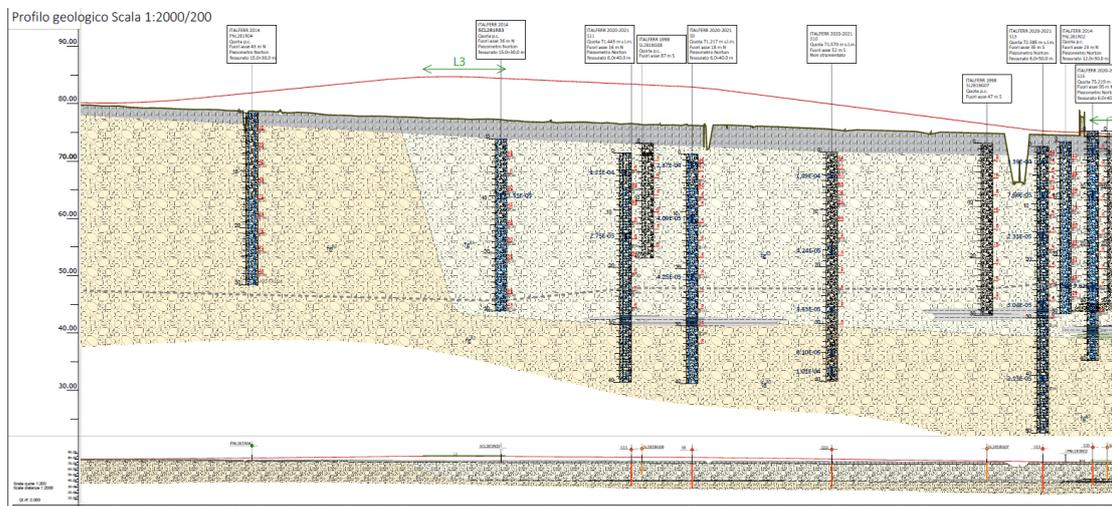


Figura 34. Stralcio del profilo geologico della Tavola 2/4, in cui si può notare il passaggio all'unità più antica Fg<sup>R3</sup> in profondità a circa 28/30m circa, lateralmente il passaggio ipotizzato è stato desunto dalle scarpate morfologiche che si notano nell'area settentrionale.

Dalla progressiva 154+348 circa aumentano gli spessori di riporto antropico che arrivano fino a 10 m circa in prossimità della stazione di Porta Nuova, il deposito antropico è costituito da ghiaie in matrice sabbiosa, tale aspetto rispecchia il contesto geologico in cui si trova l'opera. Al di sotto dei depositi antropici si intercettano i depositi fluvio-glaciali del Würm recente che poggiano sull'unità fluvio-glaciale più antica.

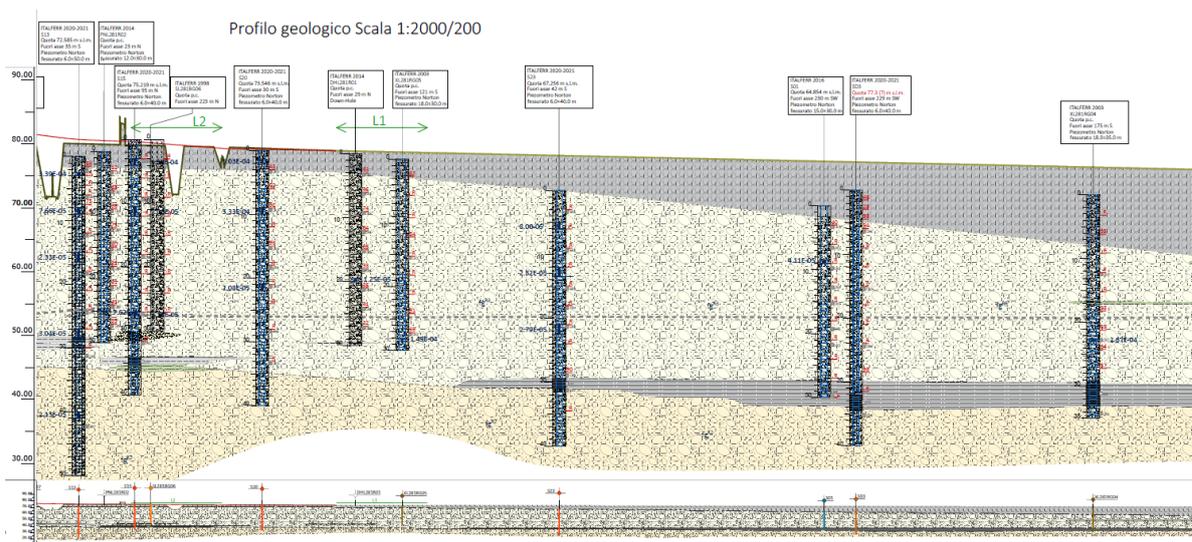


Figura 35. Stralcio del profilo geologico della Tavola 3 / 4, in cui si evidenzia oltre all'incremento dello spessore dei depositi antropici, ma anche un aumento degli spessori argillosi in profondità contrapposta tra le due unità ghiaiose.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

### 10.3 SEZIONI GEOLOGICHE TRASVERSALI AL TRACCIATO

Nel seguente paragrafo vengono descritte le sezioni geologiche trasversali all'asse del progetto. Le stesse sono state ubicate in corrispondenza delle maggiori opere che interessano il progetto e dove si avevano indicazioni stratigrafiche fuori asse di tracciato. Tutte le sezioni hanno un orientamento N-S.

#### Sezione A-A'

La sezione A-A' illustra l'assetto geologico della porzione occidentale dell'areale studiato; essa si sviluppa secondo una direzione circa NNO-SSE. Per lo sviluppo di tale profilo sono stati utilizzati sondaggi bibliografici realizzati per l'Autostrada del Brennero (A22), un sondaggio relativo alla campagna geognostica ITALFERR 2014 ed alcuni sondaggi realizzati appositamente nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2021-2021.

La sezione geologica, nella sua totalità, interessa le alluvioni fluvio-glaciali del Würm  $fg^{R2}$ , ovvero ghiaie poligeniche ed eterometriche ( $\varnothing$  max > 6 cm) da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana, beige, nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli ( $\varnothing$  max > 10 cm) e locali passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi ( $fg^{R21}$ ). All'interno di tale unità ghiaiosa, il sondaggio S1, alla profondità di 35.00÷37.00 m circa da piano campagna, intercetta una lente ascrivibile alla *litofacies* sabbiosa di tale unità fluvio-glaciale ( $fg^{R22}$ ).

Su tutto il tratto, i primi metri risultano rimaneggiati in riferimento a pratiche agricole ed attività antropiche.

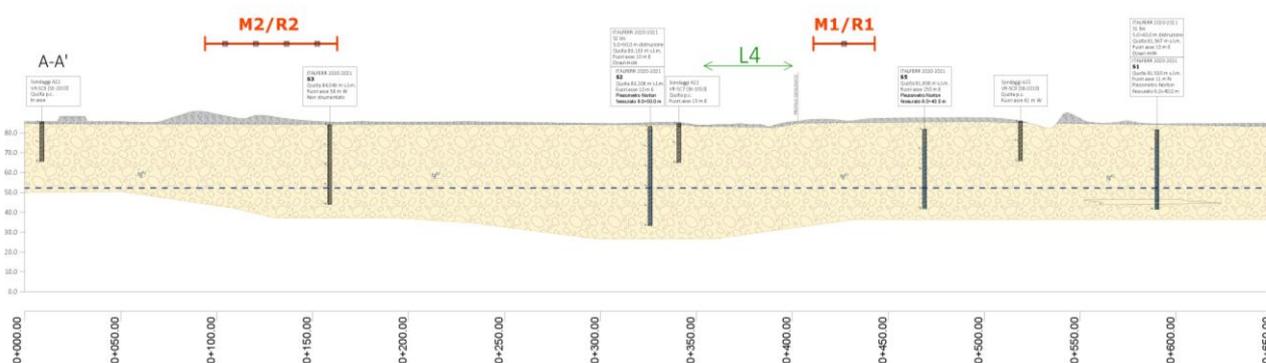


Figura 36. Sezione geologica trasversale A-A'. Stralcio non in scala.

#### Sezione B-B'

La sezione B-B' interessa il profilo lungo linea alla pk 153+310 circa e si sviluppa in direzione N-S. Per lo sviluppo di tale profilo è stato utilizzato un sondaggio della campagna geognostica ITALFERR 1998 ed alcuni sondaggi realizzati appositamente nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2021-2021.

La sezione geologica, alle maggiori profondità, è caratterizzata dalle alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose del Würm ( $fg^{R21}$ ) fino a circa 30 m da piano campagna. Al di sopra si rinvengono depositi ascrivibili alle alluvioni fluvio-glaciali del Würm recente ( $fg^{R3}$ ). Per entrambe le unità fluvio-glaciali, la *litofacies* è quella ghiaiosa, ovvero costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche ( $\varnothing$  max > 6 cm), da angolari ad arrotondate,

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana, beige, nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora con ciottoli ( $\varnothing$  max >10 cm) e locali passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi. Alla base di tale unità ghiaiosa (fg<sup>R31</sup>), i sondaggi S9 e S12, alla profondità comprese tra 28.00÷34.00 m circa da piano campagna, individuano una lente ascrivibile alla *litofacies* argillosa di tale unità fluvioglaciale (fg<sup>R34</sup>). L'orizzonte argilloso limoso (Fg<sup>R34</sup>) si presenta di colore nerastro in quanto è ricco di materiale organico.

Su tutto il tratto, i primi metri risultano rimaneggiati in riferimento a pratiche agricole ed attività antropiche.

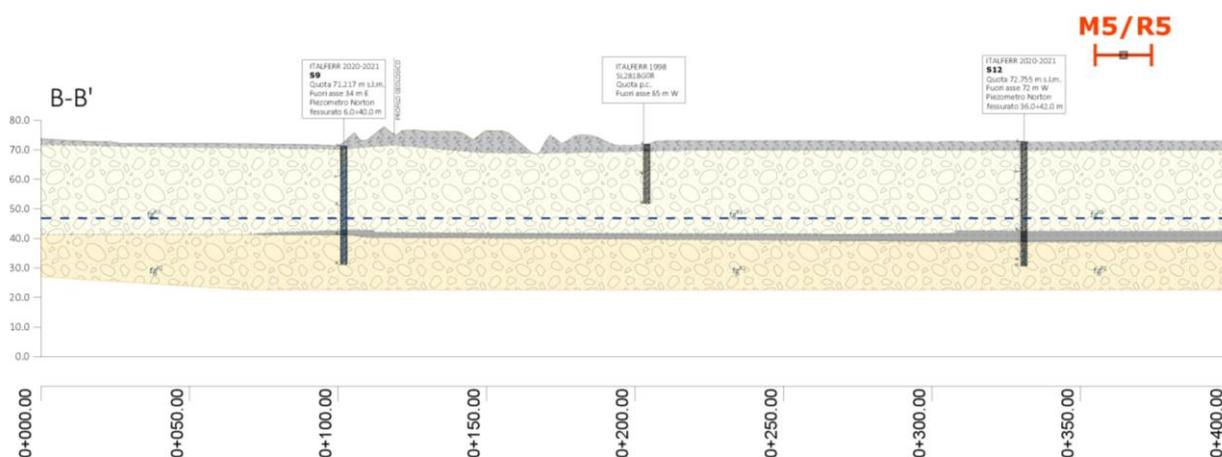


Figura 37. Sezione geologica trasversale B-B'. Stralcio non in scala.

### Sezione C-C'

La sezione C-C' interessa il profilo lungo linea alla pk 154+056 circa e si sviluppa in direzione N-S. Per lo sviluppo di tale profilo è stato utilizzato un sondaggio della campagna geognostica ITALFERR 1998, un sondaggio della campagna geognostica ITALFERR 2014 ed alcuni sondaggi realizzati appositamente nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2021-2021.

La sezione geologica, alle maggiori profondità, è caratterizzata dalle alluvioni fluvioglaciali ghiaiose del Würm, fg<sup>R21</sup> fino a circa 30-36 m da piano campagna. Al di sopra si rinvengono depositi ascrivibili alle alluvioni fluvioglaciali del Würm recente (fg<sup>R3</sup>). La *litofacies* è quella ghiaiosa, ovvero costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche ( $\varnothing$  max > 6 cm), da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana, beige, nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora con ciottoli ( $\varnothing$  max >10 cm) e locali passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi (fg<sup>R31</sup>). Nella porzione basale di tale unità ghiaiosa, i sondaggi S15, S16 e S13, individuano lenti ascrivibili alle *litofacies* sabbiosa (fg<sup>R32</sup>), limosa (fg<sup>R33</sup>) e argillosa (fg<sup>R34</sup>). Gli spessori di tali orizzonti sono dell'ordine del metro o poco più e, fatta eccezione per l'unità argillosa, di scarsa continuità laterale.

Su tutto il tratto, i primi metri risultano rimaneggiati in riferimento a pratiche agricole ed attività antropiche.

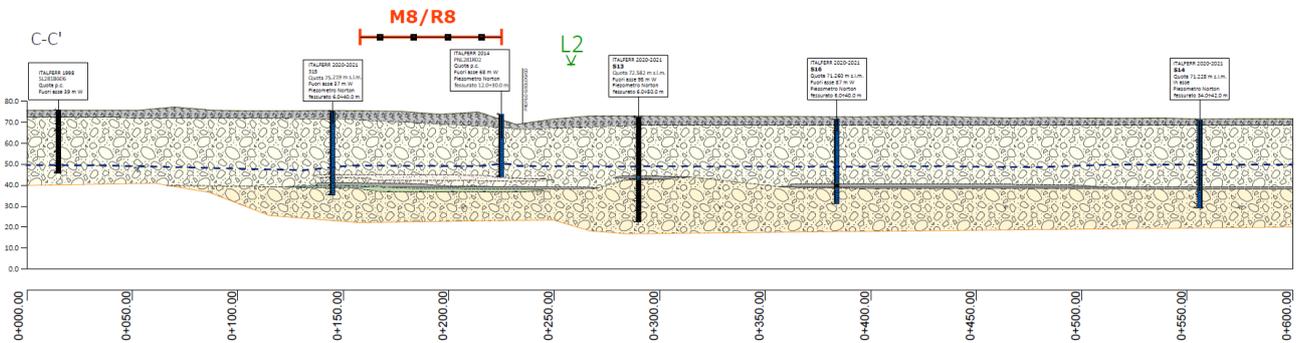


Figura 38. Sezione geologica trasversale C-C'. Stralcio non in scala.

### Sezione D-D'

La sezione D-D' interessa il profilo lungo linea alla pk 154+670 circa e si sviluppa in direzione N-S. Per lo sviluppo di tale profilo sono stati utilizzati alcuni sondaggi realizzati appositamente nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2021-2021.

La sezione geologica, alle maggiori profondità, è caratterizzata dalle alluvioni fluvio-glaciali ghiaiose del Würm, (fg<sup>R21</sup>) fino a circa 30 m da piano campagna. Al di sopra si rinvencono depositi ascrivibili alle alluvioni fluvio-glaciali del Würm recente (fg<sup>R3</sup>). Per entrambe le unità fluvio-glaciali, la *litofacies* è quella ghiaiosa, ovvero costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche ( $\varnothing$  max > 6 cm), da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore avana, beige, nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora con ciottoli ( $\varnothing$  max >10 cm) e locali passaggi di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e rari blocchi angolosi. Alla base dell'unità ghiaiosa (fg<sup>R31</sup>), i sondaggi S23 e S21, alla profondità comprese tra 29.00÷31.00 m circa da piano campagna, individuano una lente ascrivibile alla *litofacies* argillosa di tale unità fluvio-glaciali (fg<sup>R34</sup>). L'orizzonte argilloso limoso (Fg<sup>R34</sup>) si presenta di colore nerastro e risulta particolarmente ricco di materiale organico.

La porzione più a Nord della sezione interessa, fino alla pk 0+052 circa, interessa i depositi alluvionali terrazzati ovvero depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, lago di meandro e canale in fase di abbandono, nella sua *litofacies* ghiaiosa (bn1).

Su tutto il tratto, i primi metri risultano rimaneggiati in riferimento a pratiche agricole ed attività antropiche.

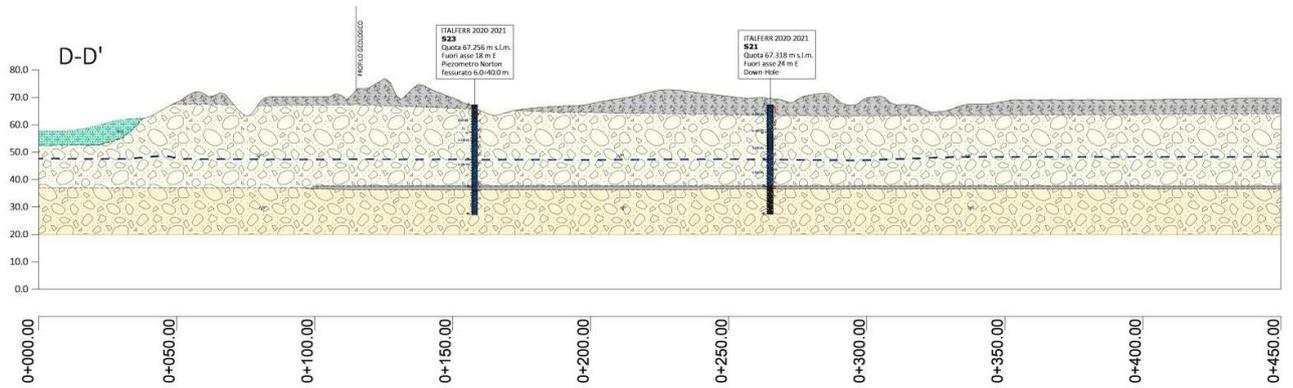


Figura 39. Sezione geologica trasversale D-D'. Stralcio non in scala.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 11 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

Nel seguente capitolo vengono riportati gli aspetti idrografici e idrogeologici dell'area.

### 11.1 IDROGRAFIA

Dal punto di vista idrografico, il principale corso d'acqua dell'area in esame è il fiume Adige (Figura 40). L'Adige nasce presso il Passo Resia (*Reschenpass*) in Alta Val Venosta (*Obervinschgau*), ad una quota di 1586 m s.l.m., ha un bacino imbrifero di circa 12.100 km<sup>2</sup> e sfocia nel mare Adriatico, tra la foce del Brenta e il delta del Po, dopo aver percorso circa 409 km. A Verona la portata media nel periodo storico 2004-2018 è stata pari a 123 m<sup>3</sup>/s, con una portata minima di 36 m<sup>3</sup>/s e massima di 1254 m<sup>3</sup>/s.

Il reticolo idrografico superficiale è generalmente semplice, con solchi vallivi unitari ramificati solo verso le testate delle valli. In provincia di Verona, l'Adige ha un solo affluente rilevante: il torrente Tasso, che nasce dalle pendici meridionali del Monte Baldo e sfocia in destra idrografica dell'Adige in località Ragano di Rivoli Veronese.

Complessivamente la superficie occupata dal bacino è di 70 km<sup>2</sup>, con uno sviluppo del reticolo idrografico di circa 20km. Tutti gli altri affluenti veronesi sono in sinistra idrografica e si originano nell'area montana dei Lessini; hanno caratteristiche fisiche e idrologiche simili con regime delle portate irregolari poiché scorrono, soprattutto nei tratti inferiori, su spesse successioni alluvionali, motivo per cui le portate significative sono solo in corrispondenza di eventi meteorici di forte intensità. Sono corsi d'acqua caratterizzati da sviluppo planimetrico generalmente rettilineo e tra loro parallelo e che, talvolta, confluiscono in unico collettore prima di confluire nell'Adige (Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali, 2009).



*Figura 40. Limite idrografico e confini amministrativi del fiume Adige (Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali, 2009). Nel riquadro rosso è indicata l'area di studio*

Il reticolo idrografico è organizzato secondo alcune direzioni preferenziali. La valle dell'Adige, nel tratto compreso tra Bolzano e lo sbocco in pianura, si dispone secondo un asse circa NNE-SSO. Questa direzione corrisponde a una estesa fascia di deformazione tettonica organizzata intorno ad un lineamento principale, la cosiddetta Linea delle Giudicarie (Castellarin, 2005; Castellarin et al., 2006; Avanzini, 2010), che ha controllato la genesi e lo sviluppo di numerosi elementi morfologici quali valli principali e secondarie, creste montuose e linee di spartiacque. Ai lineamenti giudicariensi si associano, nella zona in esame, altre famiglie di lineamenti tettonici disposti secondo direzioni ricorrenti, nello specifico: un sistema disposto in direzione prevalente NO-SE, che segue la Linea Schio-Vicenza e interessa le valli orientali dell'altopiano dei Lessini; una seconda famiglia con asse circa ONO-ENE, impostata lungo la Linea della Valsugana; infine, una serie di elementi grossomodo paralleli allo spartiacque alpino, che hanno controllato la direzione di numerose valli (Sauro, 1997; Castellarin, 2005; Castellarin et al., 2006; Avanzini, 2010). Il reticolo idrografico si è quindi impostato preferenzialmente lungo queste linee tettoniche che hanno agito come zone di debolezza in cui si sono concentrati i processi superficiali di alterazione, erosione e trasporto. La configurazione attuale del reticolo idrografico principale di questo settore delle Alpi si deve soprattutto agli eventi di deformazione

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

succedutisi a partire dal Miocene, ma anche alla crisi di salinità del Messiniano che ha prodotto intensi processi erosivi e sovra-escavazione delle valli fluviali (Angelucci, 2016).

Il territorio oggetto di studio è inoltre interessato da numerosi scoli e canali i cui alvei sono stati spesso modificati e rettificati sia per esigenze di sviluppo urbanistico sia per l'uso agricolo.

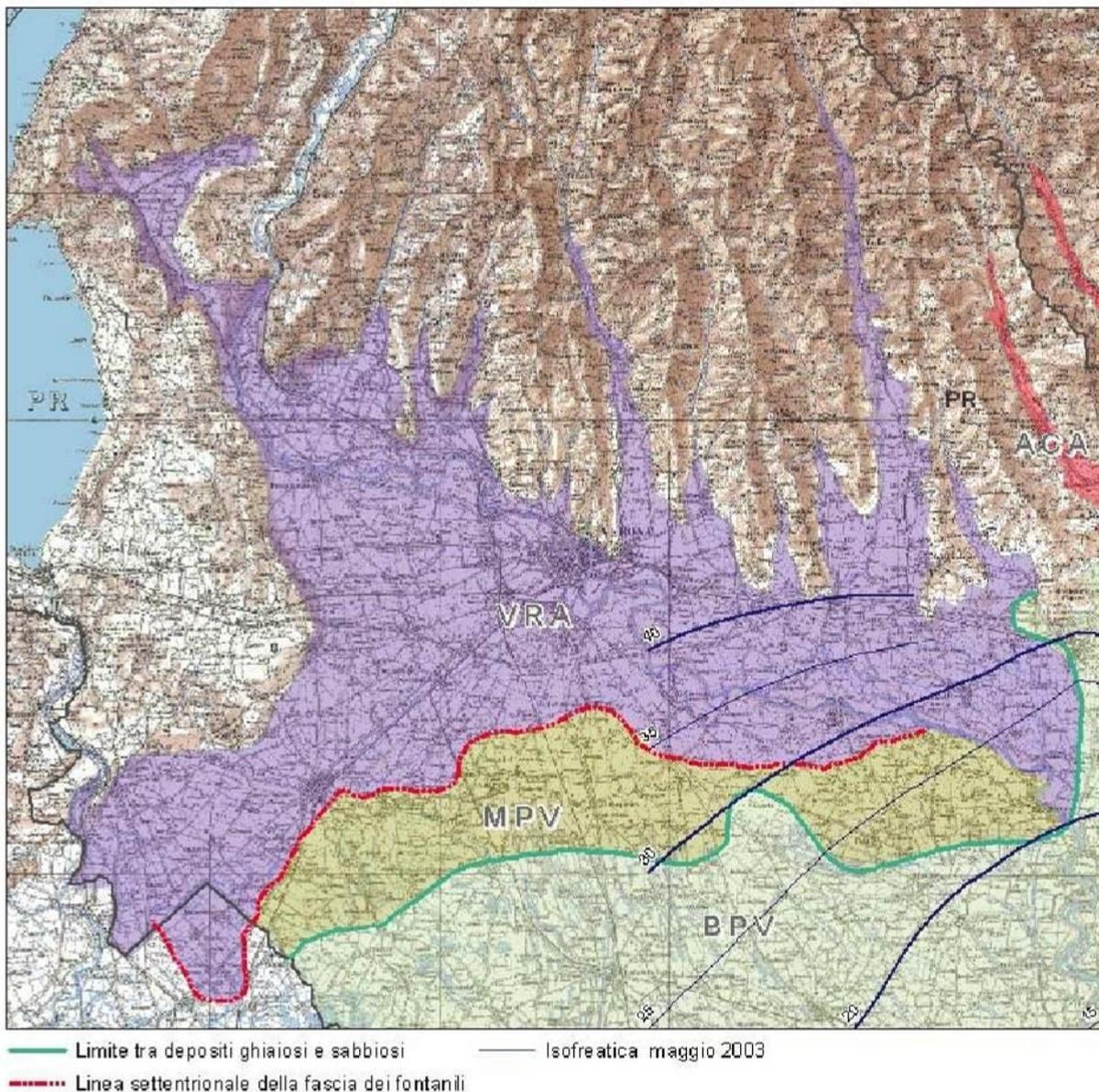
## 11.2 BACINO IDROGEOLOGICO DELL'ALTA PIANURA VERONESE (VRA)

L'Alta Pianura Veronese è solcata da una fitta rete di paleoalvei disposti con andamento prevalentemente N-S o leggermente NO-SE e costituisce la parte più elevata del conoide pleistocenico atesino-gardesano. La porzione nord del conoide, a ridosso del rilievo prealpino lessineo, ospita la valle olocenica del fiume Adige, profondamente scavata e delimitata da netti orli di terrazzo (Boscolo e Mion, 2008).

Il sottosuolo dell'Alta Pianura Veronese è costituito prevalentemente da materiali sciolti a granulometria grossolana, ghiaioso-sabbiosi, di origine fluvioglaciale, depositati dal fiume Adige e dai corsi d'acqua provenienti dalle valli dei Monti Lessini, che hanno costruito grandi conoidi sovrapposte con spessori che raggiungono i 200 metri (Figura 41). Questo materasso ghiaioso con permeabilità media elevata, è caratterizzato dalla presenza di un unico grande acquifero freatico indifferenziato e ospita una potente falda freatica, con profondità che variano da circa 50 metri da p.c. nella zona NO di Verona, a circa 1 metro da p.c. nella porzione immediatamente a monte della fascia delle risorgive. Procedendo verso SE si suddivide progressivamente in sistemi di più acquiferi sovrapposti e separati tra loro da livelli di sedimenti fini praticamente impermeabili. Questi livelli a minor permeabilità, assumono notevole importanza nel settore delle risorgive, consentendo nel sottosuolo la strutturazione tipica del sistema multifalde in pressione e l'emergenza dei fontanili (Figura 42) (Boscolo e Mion, 2008).

La Pianura Veneta può essere suddivisa in tre fasce, con andamento SO-NE, circa parallele tra loro che delimitano Alta, Media e Bassa pianura, utilizzando il limite superiore delle risorgive come delimitazione tra Alta e Media pianura, ed il limite tra acquiferi a componente prevalentemente ghiaiosa e acquiferi a componente prevalentemente sabbiosa, come passaggio tra la Media e la Bassa pianura. L'Alta Pianura è sede dell'area di ricarica degli acquiferi alluvionali di tutta la Pianura Veneta. Tra l'Alta e la Bassa Pianura si osserva una differenziazione granulometrica degli orizzonti stratigrafici del substrato; questa variazione determina strutture idrogeologiche non omogenee e disuniformi, variabili soprattutto da monte verso valle: l'Alta Pianura ospita un unico acquifero freatico indifferenziato che, procedendo verso S-E, si differenzia in sistemi di acquiferi confinati sovrapposti, separati da livelli di sedimenti fini a bassa permeabilità (Boscolo e Mion, 2008).

Come si evince dalla Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige - Scala 1:30.000 (Figura 43), che interessa una parte dell'area di interesse, la direzione media del deflusso idrico sotterraneo è NNW-SSE quindi subparallela alla direzione di deflusso del Fiume Adige.



*Figura 41. Bacino idrogeologico dell'Alta Pianura Veronese (VRA), diviso dalla Media Valle Padana (MPV) dal limite settentrionale della fascia delle risorgive (Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali, 2009)*

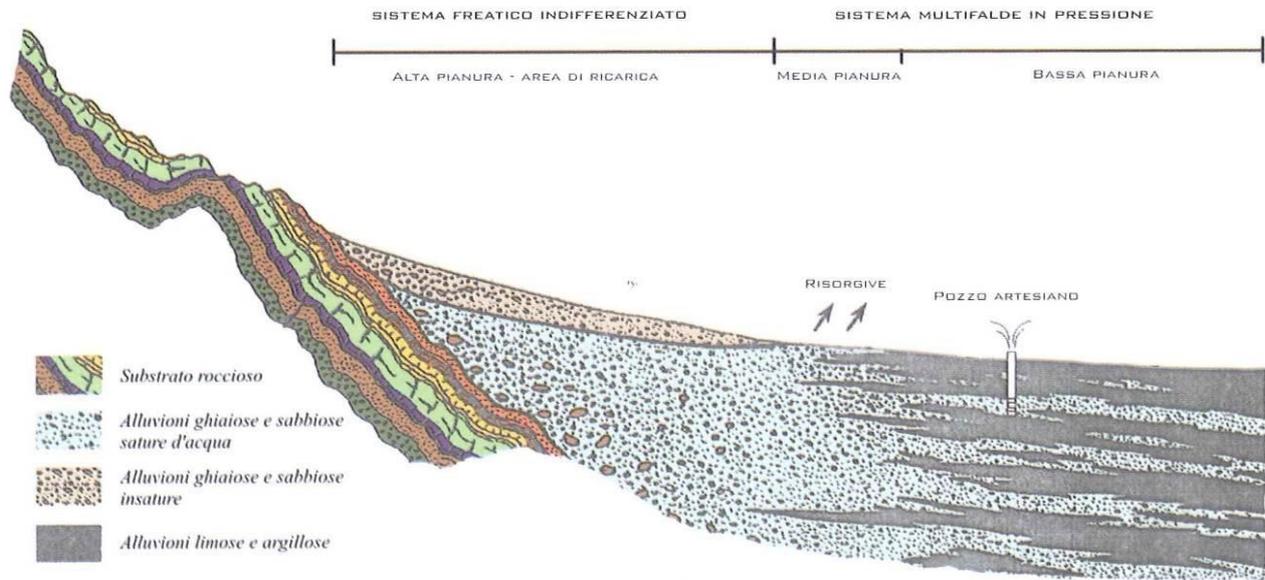


Figura 42. Modello idrogeologico della Pianura Veneta (Prov. VE Serv. Geologico, 2011). Sezione tipo della pianura con direzione N-S. Si distingue la zona dell'Alta Pianura dove avviene la ricarica dell'acquifero, la zona di Media Pianura dove inizia a svilupparsi il sistema multi-falदे in pressione e in cui le acque freatiche vengono a giorno (fascia delle risorgive), ed infine la zona di Bassa Pianura.

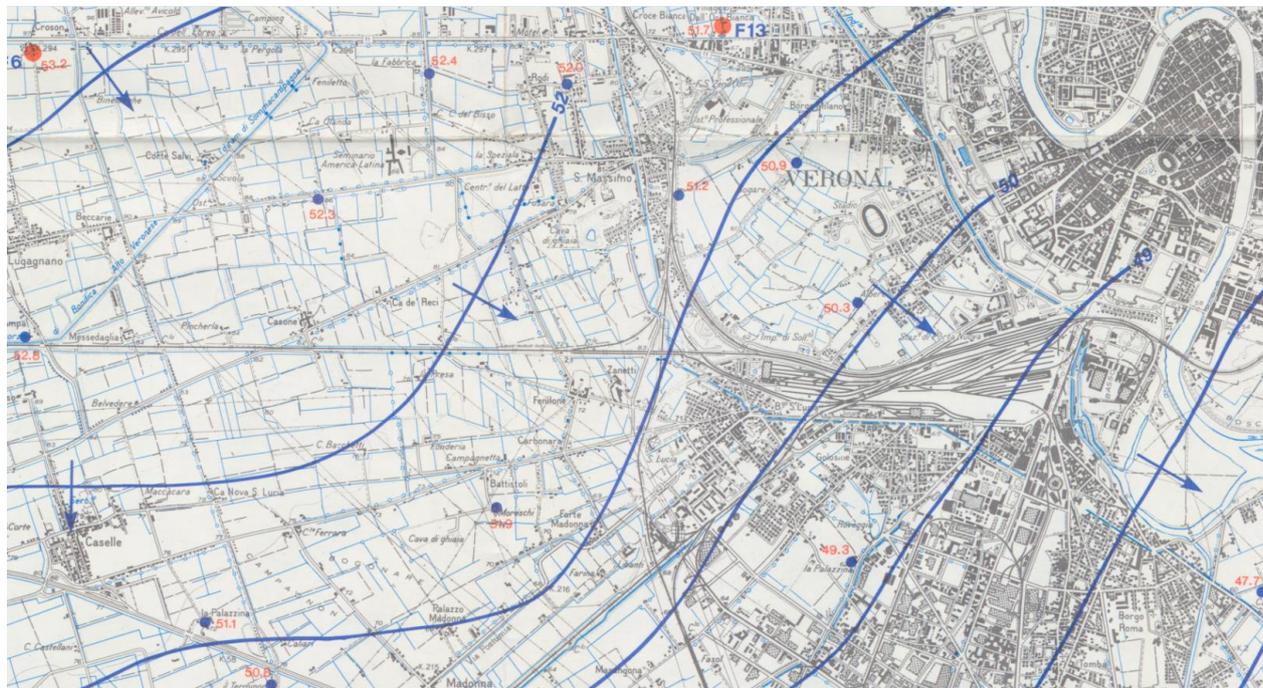


Figura 43. Carta Idrogeologica dell'Alta Pianura dell'Adige scala 1:30000 (A. Dal Prà e P. De Rossi, 1989); stralcio non in scala

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

### 11.3 ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

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

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre si è fatto riferimento ai dati piezometrici e alle informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti.

Infine, lo studio geologico condotto, ha permesso di meglio comprendere le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area.

#### 11.3.1 Dati idrogeologici di base

Nell'ambito delle campagne di indagine che hanno interessato l'area, descritte nel capitolo 4, in particolare campagna geognostica ITALFERR 2020-2021 (paragrafo 4.2), ITALFERR 2019 (paragrafo 4.1.6), ITALFERR 2016 (paragrafo 4.1.5), ITALFERR 2014 (paragrafo 4.1.3) e ITALFERR 2003 (paragrafo 4.1.2), sono state effettuate prove di permeabilità in foro tipo Lefranc per la definizione della permeabilità delle unità geologiche. Inoltre, allo scopo di indagare l'effettiva presenza di falde idriche sotterranee ed il relativo andamento della superficie piezometrica, è stata effettuata, ed è a tutt'oggi in essere, una campagna di monitoraggio nei tubi piezometrici installati nei fori di sondaggio di nuova realizzazione ed in alcuni di quelli esistenti.

#### 11.3.2 Prove di permeabilità in foro tipo Lefranc

Per poter definire le caratteristiche di permeabilità dei principali corpi idrogeologici presenti nell'area di intervento, sono state analizzate le prove di permeabilità condotte nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, ITALFERR 2019, ITALFERR 2016, ITALFERR 2014 ed ITALFERR 2003. Nelle tabelle seguenti (Tabella 14, Tabella 15, Tabella 16, Tabella 17 e Tabella 18) sono riportate le caratteristiche delle suddette prove ed i valori di permeabilità che ne sono risultati. Gli stessi valori sono graficati nelle seguenti figure; Figura 44 e Figura 45.

Tabella 14. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2020-2021.

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
S1	1.8	8.45E-04	Lefranc	fgR2_1
S1	3.5	9.60E-05	Lefranc	fgR2_1
S1	18.5	2.82E-05	Lefranc	fgR2_1
S2	1.8	3.09E-04	Lefranc	fgR2_1
S2	6.5	5.77E-05	Lefranc	fgR2_1

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
S2	14.2	2.08E-04	Lefranc	fgR2_1
S2	30.5	1.24E-04	Lefranc	fgR2_1
S3	3.5	3.31E-04	Lefranc	fgR2_1
S3	8.3	5.59E-05	Lefranc	fgR2_1
S3	14.3	2.42E-05	Lefranc	fgR2_1
S3	24.5	2.58E-05	Lefranc	fgR2_1
S3	35.0	1.21E-04	Lefranc	fgR2_1
S4	3.5	1.26E-04	Lefranc	fgR2_1
S4	12.5	4.47E-05	Lefranc	fgR2_1
S4	24.5	4.31E-05	Lefranc	fgR2_1
S4	36.5	3.62E-05	Lefranc	fgR2_1
S5	2.0	2.74E-04	Lefranc	fgR2_1
S5	12.5	3.23E-05	Lefranc	fgR2_1
S5	30.5	1.43E-05	Lefranc	fgR2_1
S6	2.0	9.39E-05	Lefranc	fgR2_1
S6	9.5	3.72E-04	Lefranc	fgR2_1
S6	15.5	3.64E-04	Lefranc	fgR2_1
S7	3.5	2.30E-04	Lefranc	fgR2_1
S7	14.0	7.12E-05	Lefranc	fgR2_1
S7	24.5	4.78E-05	Lefranc	fgR2_1
S7bis	34.0	4.86E-05	Lefranc	fgR2_1
S8	3.5	3.06E-05	Lefranc	fgR2_1
S8	5.0	2.21E-04	Lefranc	fgR2_1
S8	15.8	1.74E-05	Lefranc	fgR2_1
S8	33.5	2.71E-05	Lefranc	fgR2_1
S9	2.0	2.37E-04	Lefranc	fgR3_1
S9	11.3	4.09E-05	Lefranc	fgR3_1
S9	21.5	4.25E-05	Lefranc	fgR3_1
S10	4.3	1.89E-04	Lefranc	fgR3_1
S10	17.3	4.24E-05	Lefranc	fgR3_1
S10	27.5	3.53E-05	Lefranc	fgR3_1
S10	35.0	6.10E-05	Lefranc	fgR2_1
S10	38.3	1.01E-04	Lefranc	fgR2_1
S11	3.5	1.21E-04	Lefranc	fgR3_1
S11	14.5	2.75E-05	Lefranc	fgR3_1
S12	2.0	2.41E-04	Lefranc	fgR3_1
S12	11.0	6.99E-05	Lefranc	fgR3_1
S13	2.8	3.39E-04	Lefranc	fgR3_1
S13	8.5	7.66E-05	Lefranc	fgR3_1
S13	15.8	2.33E-05	Lefranc	fgR3_1
S13	27.8	3.04E-05	Lefranc	fgR3_1

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
S13	40.5	2.13E-05	Lefranc	fgR2_1
S14	4.3	2.07E-04	Lefranc	fgR3_1
S14	15.5	6.43E-05	Lefranc	fgR3_1
S14	24.5	4.87E-05	Lefranc	fgR3_1
S14	33.8	7.10E-05	Lefranc	fgR2_1
S15	3.5	1.38E-04	Lefranc	fgR3_1
S15	11.3	7.08E-05	Lefranc	fgR3_1
S15	27.5	3.15E-05	Lefranc	fgR3_1
S16	1.8	5.93E-04	Lefranc	fgR3_1
S16	3.5	1.60E-04	Lefranc	fgR3_1
S16	14.3	5.03E-05	Lefranc	fgR3_1
S16	23.3	3.13E-05	Lefranc	fgR3_1
S16	35.3	1.55E-05	Lefranc	fgR2_1
S19	2.3	3.90E-04	Lefranc	R
S19	6.8	6.84E-05	Lefranc	R
S19	12.8	3.98E-05	Lefranc	fgR3_1
S19	18.8	2.46E-05	Lefranc	fgR3_1
S19	29.3	2.12E-05	Lefranc	fgR3_1
S20	1.8	5.03E-04	Lefranc	fgR3_1
S20	9.5	5.33E-04	Lefranc	fgR3_1
S20	21.5	2.08E-05	Lefranc	fgR3_1
S21	3.5	3.22E-04	Lefranc	fgR3_1
S21	9.5	6.36E-05	Lefranc	fgR3_1
S21	15.8	1.81E-05	Lefranc	fgR3_1
S21	24.8	1.90E-05	Lefranc	fgR3_1
S22	2.5	1.41E-04	Lefranc	fgR2_1
S22	12.5	3.66E-05	Lefranc	fgR2_1
S22	25.5	1.82E-05	Lefranc	fgR2_1
S23	5.5	8.00E-05	Lefranc	fgR3_1
S23	12.8	2.32E-05	Lefranc	fgR3_1
S23	21.8	2.79E-05	Lefranc	fgR3_1

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

Tabella 15. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2019.

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
BH1	1.5	4.34E-05	Lefranc	R
BH1	9.5	3.83E-05	Lefranc	fgR3_1
BH2	1.5	1.21E-04	Lefranc	R
BH2	11.3	3.95E-05	Lefranc	fgR3_1

Tabella 16. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2016.

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
S01	8.8	4.11E-05	Lefranc	fgR3_1
S03	14.3	1.72E-05	Lefranc	fgR3_1

Tabella 17. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2014.

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
SCL281R03	10.0	1.55E-05	Lefranc	fgR3_1
PNL281R02	25.3	7.62E-06	Lefranc	fgR3_1
DHL281R01	19.8	1.25E-05	Lefranc	fgR3_1

Tabella 18. Prove di permeabilità realizzate nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2003.

Sigla	Profondità media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Unità geologica di riferimento
XL281RG05	28.4	1.49E-04	Lefranc	fgR3_1
XL281RG04	22.8	2.67E-04	Lefranc	fgR3_1

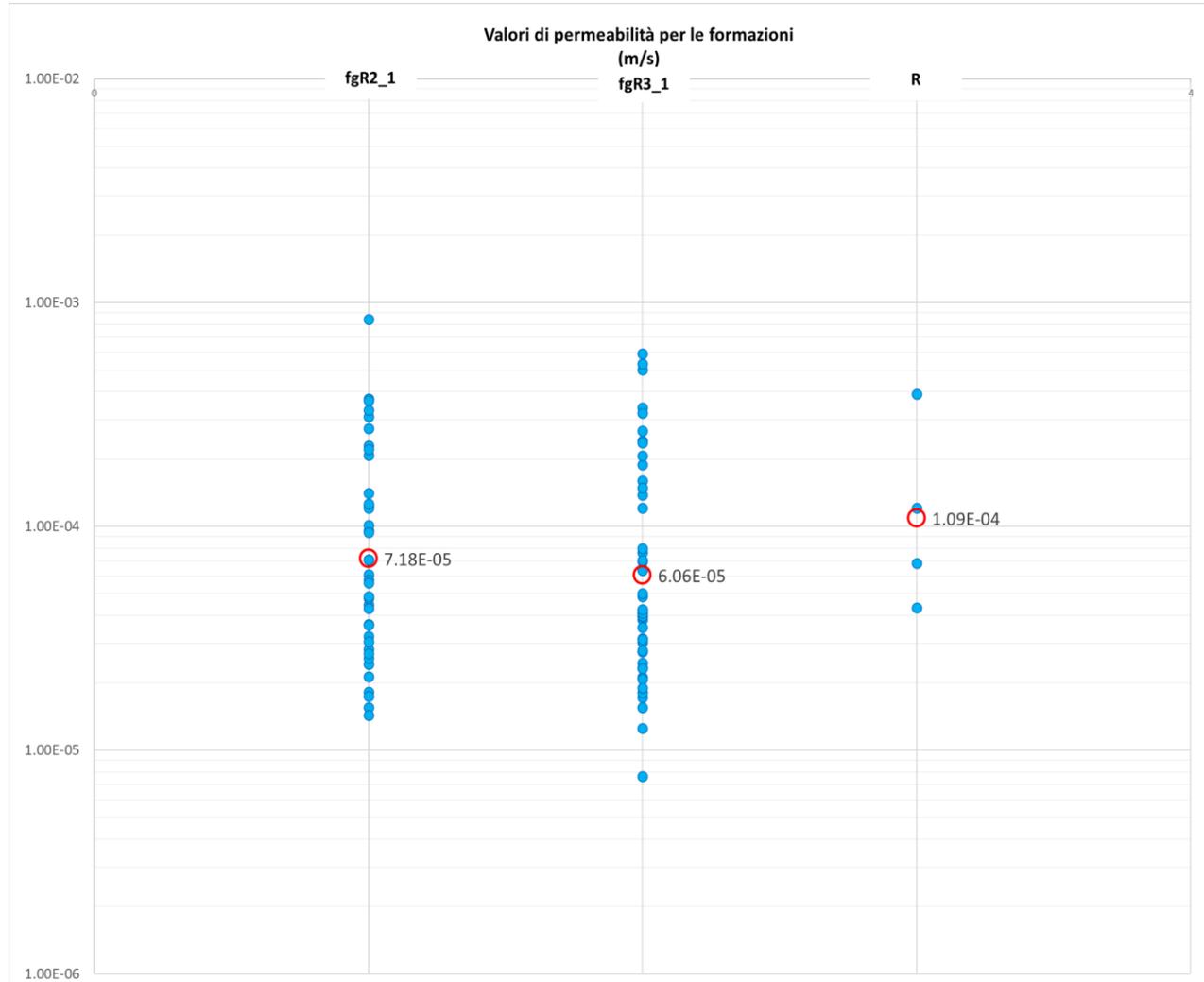


Figura 44 - Variazione dei valori di permeabilità per le unità geologiche e per il riporto.

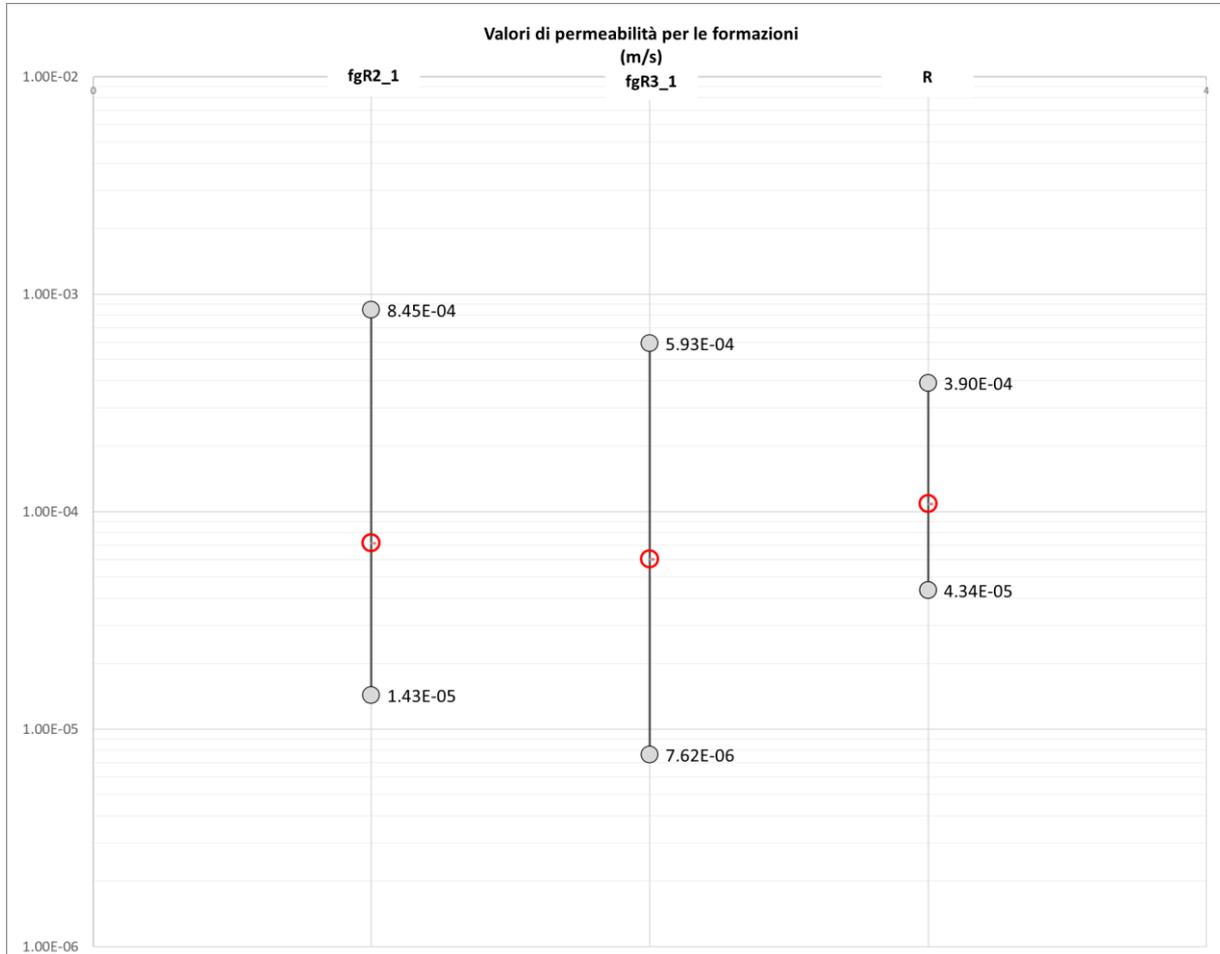


Figura 45. Valore massimo, minimo e medio di permeabilità per le unità geologiche e per il riporto.

### 11.3.3 Complessi idrogeologici

In riferimento alle prove di permeabilità realizzate nei fori di sondaggio nel corso delle diverse campagne di indagine, nell'area sono stati individuati i seguenti complessi idrogeologici.

#### Complesso ghiaioso-sabbioso (CGS)

Ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli e blocchi da angolosi a sub-angolosi e lenti di sabbie e sabbie ghiaiose; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose ad arrotondate e rari blocchi angolosi.

Costituiscono un acquifero poroso di buona trasmissività ed è sede di una falda idrica di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è generalmente media.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

Le unità geologiche che costituiscono il complesso ghiaioso-sabbioso sono depositi fluvioglaciali fgR3\_1 e fgR2\_1.

Nell'area il Complesso Ghiaioso Sabbioso è localmente caratterizzato dalla presenza di lenti di spessore generalmente metrico o decimetrico materiali prettamente sabbiosi, limosi e argilloso limosi. Nei tratti ove le lenti sono di spessore limitato e scarsa estensione laterale, gli stessi non possono essere considerati un complesso idrogeologico, ma, quando le lenti diventano continue e di spessore plurimetrico, le stesse possono essere considerati veri e propri complessi idrogeologici. Si riconoscono pertanto:

#### **Complesso sabbioso-limoso (CSL)**

Sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie e ciottoli poligenici, da angolosi ad arrotondati; a luoghi si rinvencono passaggi di argille, limi argillosi, limi sabbioso-argillosi e sabbie argilloso limose a struttura indistinta o debolmente laminata, con frequenti resti vegetali e rare ghiaie e ciottoli poligenici, da angolose ad arrotondate.

Costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. Anche se in corrispondenza di tali orizzonti non sono state effettuate prove di permeabilità, la stessa, esclusivamente per porosità, è assunta variabile da bassa a media.

Le unità geologiche che costituiscono il complesso sabbioso-limoso sono depositi fluvioglaciali fg<sup>R3</sup>2 e fg<sup>R2</sup>2.

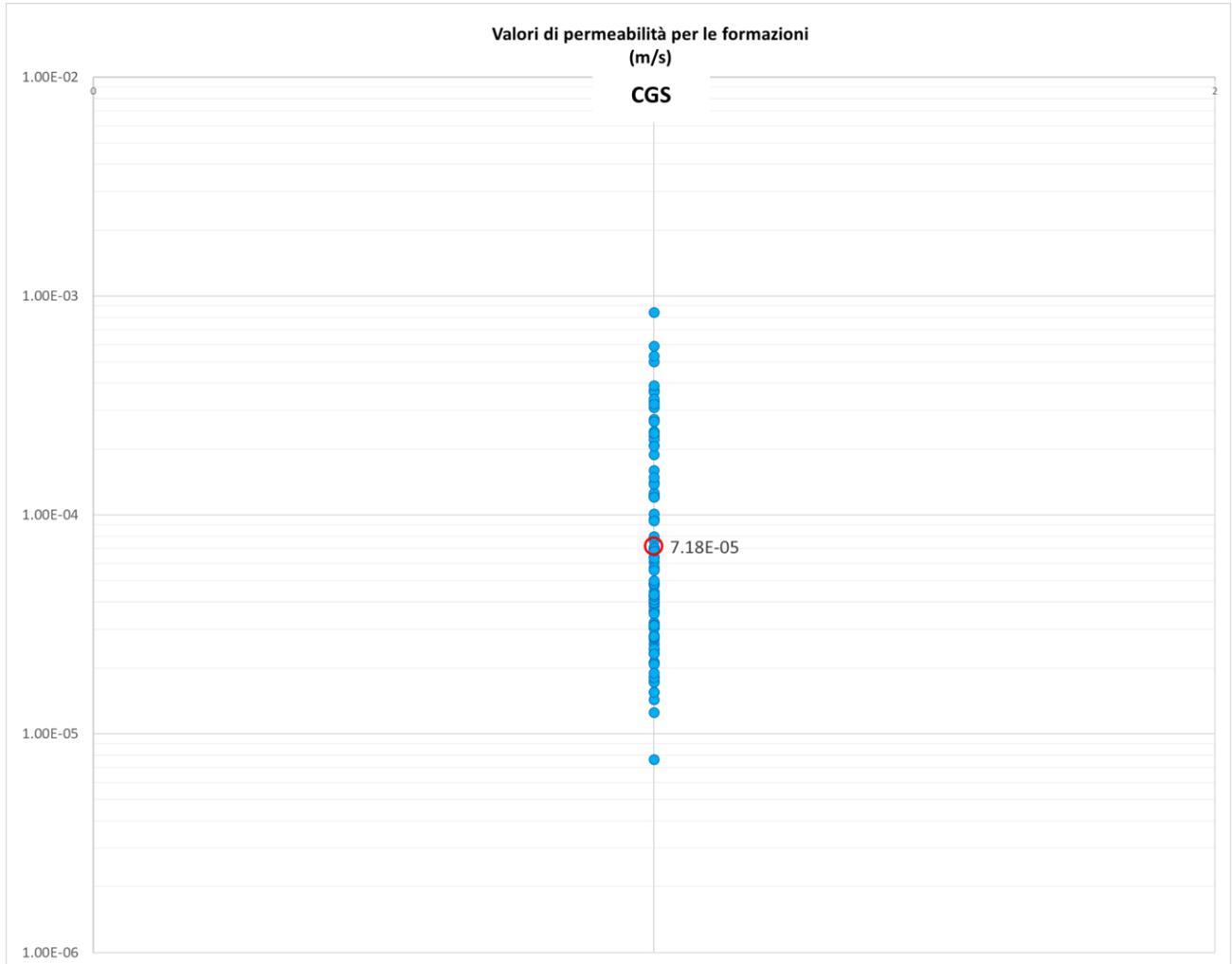
#### **Complesso argilloso-limoso (CAL)**

Argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, a luoghi stratificata, con frequenti intercalazioni di argille limoso-sabbiose e limi argilloso-sabbiosi; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbioso-argillosi e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose ad arrotondate; talora sono presenti livelli di torbe e terreni organici, con incluse concrezioni e patine di ossidazione.

Costituiscono dei limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli aquicludi di importanza variabile in relazione allo spessore dei depositi; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde stagionali all'interno degli orizzonti sabbioso-ghiaiosi più spessi. Anche se in corrispondenza di tali orizzonti non sono state effettuate prove di permeabilità, la stessa, esclusivamente per porosità, è assunta da molto bassa a bassa.

Le unità geologiche che costituiscono il complesso argilloso-limoso sono depositi fluvioglaciali fg<sup>R3</sup>3 e fg<sup>R2</sup>3.

In riferimento alle prove di permeabilità eseguite per il Complesso ghiaioso-sabbioso (CGS) nelle seguenti figure sono graficati i valori di permeabilità ottenuti (Figura 46) ed indicati i valori, massimo, minimo e medio di permeabilità per tale complesso (Figura 47).



*Figura 46. Variazione dei valori di permeabilità del complesso ghiaioso-sabbioso - CGS.*

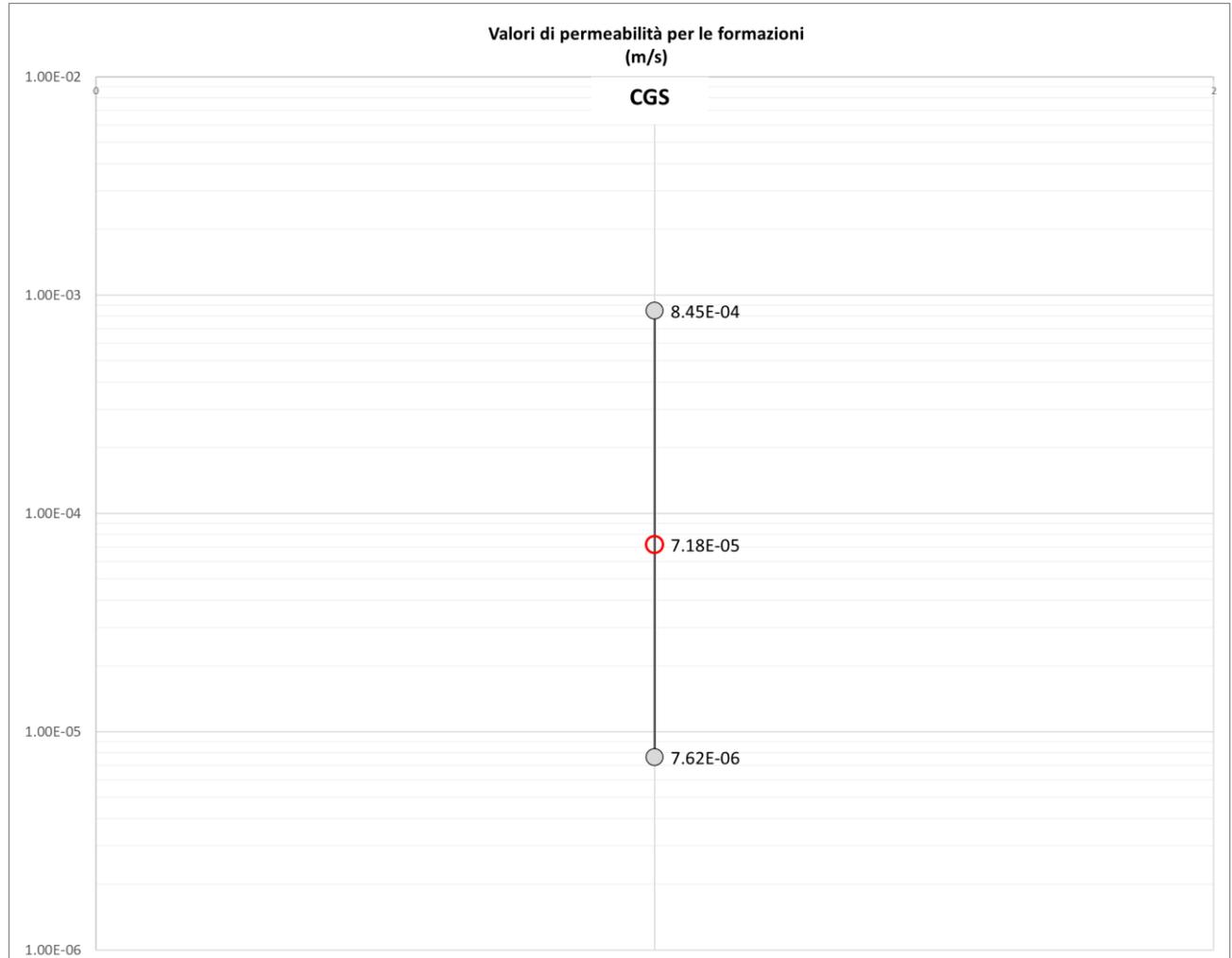


Figura 47. Valore massimo, minimo e medio di permeabilità per il complesso ghiaioso-sabbioso - CGS.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 11.4 MONITORAGGIO PIEZOMETRICO

Il monitoraggio piezometrico della nuova campagna indagini è iniziato a marzo 2021 ed è tutt'ora in corso. Tuttavia, sono ancora in corso i monitoraggi delle precedenti campagne indagini ITALFERR.

### 11.4.1 Piezometri ITALFERR 2020-2021

I piezometri installati nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2020-2021 sono indicati in Tabella 16.

*Tabella 19. Campagna geognostica ITALFERR 2020-2021*

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
S1	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S2	50	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷50.0
S4	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S5	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S6	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	3.0÷40.0
S7	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S8	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	3.0÷40.0
S9	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S11	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S12	42	Piezometro Tubo Aperto 2"	36.0÷42.0
S13	50	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷50.0
S14	42	Piezometro Tubo Aperto 2"	34.0÷42.0
S15	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S16	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S19	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	9.0÷30.0
S20	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S22	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0
S23	40	Piezometro Tubo Aperto 2"	6.0÷40.0

### 11.4.2 Piezometri ITALFERR 2016

I piezometri installati nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2016 sono indicati in Tabella 20.

*Tabella 20. Campagna geognostica ITALFERR 2016*

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
S01	30	Piezometro Tubo Aperto 3"	15.0÷30.0
S02	30	Piezometro Tubo Aperto 3"	15.0÷30.0

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

### 11.4.1 Piezometri ITALFERR 2014

I piezometri installati nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2014 sono indicati in Tabella 21.

*Tabella 21. Campagna geognostica ITALFERR 2014*

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
PNL281R02	30	Piezometro Tubo Aperto 3"	12.0÷30.0
SCL281R03	30	Piezometro Tubo Aperto 3"	15.0÷30.0
PNL281R04	30	Piezometro Tubo Aperto 3"	15.0÷30.0

### 11.4.2 Piezometri ITALFERR 2003

I piezometri installati nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2003 sono indicati in Tabella 22.

*Tabella 22. Campagna geognostica ITALFERR 2003*

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione	Tratto fenestrato (m)
XL281PG01	50	Piezometro Tubo Aperto 1.5"	24.0÷50.0
XL281RG04	35	Piezometro Tubo Aperto 1.5"	18.0÷35.0
XL281RG05	30	Piezometro Tubo Aperto 1.5"	18.0÷30.0

### 11.4.3 Risultati del monitoraggio piezometrico

In Tabella 23 si riportano invece le letture piezometriche eseguite contemporaneamente alle fasi di perforazione dei sondaggi della campagna indagini 2020-2021 (ottobre 2020-febbraio 2021).

*Tabella 23. Risultati delle letture piezometriche eseguite contemporaneamente alle fasi di perforazione dei sondaggi (ottobre 2020-febbraio 2021)*

SONDAGGIO	Prof. (m da p.c.)	Tratto microfessurato (m)	Data di installazione	ott-20	nov-20	dic-20	gen-21	feb-21
S1	40.00	6.00/40.00	14.11.2020		32.32			33.18
S2	50.00	6.00/40.00	03.11.2020		33.69			34.72
S4	40.00	6.00/40.00	18.12.2020			33.92	33.74	34.10
S5	40.00	6.00/40.00	19.11.2020		32.56			33.43
S6	40.00	3.00/40.00	27.10.2020	25.02	32.37			33.63
S7	40.00	6.00/40.00	01.12.2020			26.37		33.88
S8	40.00	3.00/40.00	02.11.2020		32.34			33.22
S9	40.00	6.00/40.00	01.12.2020			22.75		23.21
S11	40.00	6.00/40.00	27.11.2020		22.79	22.92		23.40
S12	42.00	36.00/40.00	01.12.2020			24.42		24.85
S13	50.00	6.00/50.00	15.01.2021				33.74	24.78
S14	42.00	34.00/40.00	14.12.2020			23.00		23.56
S16	40.00	6.00/40.00	05.02.2021					23.47
S15	40.00	6.00/40.00	12.01.2021				27.05	27.40
S19	30.00	9.00/40.00	14.01.2021				19.30	19.66

SONDAGGIO	Prof. (m da p.c.)	Tratto microfessurato (m)	Data di installazione	ott-20	nov-20	dic-20	gen-21	feb-21
S20	40.00	6.00/40.00	27.11.2020		21.28			25.83
S22	40.00	6.00/40.00	18.11.2020		30.36			31.10
S23	40.00	6.00/40.00	26.01.2021				19.35	19.57

In Tabella 24 sono riportati i livelli di falda registrati nel corso della campagna di monitoraggio piezometrico tra marzo e agosto 2021. Si segnala che il monitoraggio è tutt'oggi in corso.

Tabella 24. Risultati del monitoraggio piezometrico del periodo marzo-agosto 2021

Campagna geognostica	Sondaggio	Livello piezometrico											
		mar-21	data	apr-21	data	mag-21	data	lug-21	data	lug -21	data	ago-21	data
2003	XL281PG01	<b>7.47</b>	18/3	<b>7.75</b>	28/4	<b>7.50</b>	26/5	<b>7.20</b>	6/7	<b>6.90</b>	28/7	<b>6.65</b>	25/8
	XL281RG04	<b>19.30</b>	19/3	<b>19.62</b>	27/4	<b>19.50</b>	26/5	<b>19.20</b>	6/7	<b>18.80</b>	28/7	<b>18.40</b>	25/8
	XL281RG05	<b>24.80</b>	19/3	<b>25.12</b>	27/4	<b>25.00</b>	25/5	<b>24.50</b>	6/7	<b>24.10</b>	27/7	<b>23.70</b>	24/8
2013	PNIB01C01	<b>secco</b>	19/3	<b>secco</b>	28/4	<b>secco</b>	26/5	<b>secco</b>	6/7	<b>secco</b>	28/7	<b>secco</b>	24/8
	PNIB01C03	<b>secco</b>	19/3	<b>secco</b>	28/4	<b>secco</b>	26/5	<b>secco</b>	6/7	<b>secco</b>	28/7	<b>secco</b>	24/8
	PNIB01O04	<b>26.90</b>	19/3	<b>28.00</b>	28/4	<b>27.75</b>	26/5	<b>27.25</b>	6/7	<b>27.10</b>	28/7	<b>26.70</b>	24/8
	PNIB01G09	<b>secco</b>	19/3	<b>secco</b>	28/4	<b>secco</b>	26/5	<b>29.65</b>	6/7	<b>29.35</b>	28/7	<b>28.75</b>	24/8
	PNIB01G10	<b>secco</b>	19/3	<b>secco</b>	28/4	<b>secco</b>	26/5	<b>secco</b>	6/7	<b>secco</b>	28/7	<b>secco</b>	24/8
2014	PNL281R02	<b>24.77</b>	17/3	<b>25.10</b>	27/4	<b>24.90</b>	25/5	<b>24.40</b>	5/7	<b>23.95</b>	27/7	<b>23.50</b>	24/8
	SCL281R03	<b>28.25</b>	17/3	<b>28.70</b>	27/4	<b>28.45</b>	25/5	<b>27.80</b>	6/7	<b>27.25</b>	27/7	<b>26.85</b>	24/8
	PNL281R04	<b>secco</b>	17/3	<b>secco</b>	27/4	<b>secco</b>	25/5	<b>29.70</b>	6/7	<b>29.20</b>	27/7	<b>28.70</b>	24/8
2016	S01	<b>20.15</b>	18/3	<b>20.50</b>	27/4	<b>20.35</b>	25/5	<b>20</b>	6/7	<b>19.55</b>	27/7	<b>19.20</b>	24/8
	S02	<b>20.02</b>	18/3	<b>20.37</b>	27/4	<b>20.18</b>	26/5	<b>19.95</b>	6/7	<b>19.80</b>	28/7	<b>19.40</b>	24/8
Sondaggi 2020-2021 – Verona ingresso Ovest	S1	<b>33.40</b>	17/3	<b>33.67</b>	27/4	<b>33.55</b>	25/5	<b>32.85</b>	5/7	<b>32.25</b>	27/7	<b>31.75</b>	24/8
	S2	<b>34.93</b>	19/3	<b>35.30</b>	27/4	<b>35.10</b>	25/5	<b>34.50</b>	5/7	<b>33.85</b>	27/7	<b>33.40</b>	24/8
	S4	<b>34.33</b>	17/3	<b>34.66</b>	27/4	<b>34.47</b>	25/5	<b>33.80</b>	5/7	<b>33.25</b>	27/7	<b>32.75</b>	24/8
	S5	<b>33.62</b>	17/3	<b>15.02</b>	27/4	<b>27.80</b>	25/5	<b>32.80</b>	5/7	<b>32.10</b>	27/7	<b>32.20</b>	24/8
	S6	<b>33.80</b>	17/3	<b>34.22</b>	27/4	<b>34.00</b>	25/5	<b>33.35</b>	5/7	<b>32.80</b>	27/7	<b>32.40</b>	24/8
	S7	<b>34.10</b>	17/3	<b>21.00</b>	27/4	<b>24.20</b>	25/5	<b>22.45</b>	5/7	<b>23.60</b>	27/7	<b>22.40</b>	24/8
	S8	<b>33.43</b>	17/3	<b>33.80</b>	27/4	<b>33.62</b>	25/5	<b>32.95</b>	5/7	<b>32.45</b>	27/7	<b>31.95</b>	24/8
	S9	<b>23.40</b>	17/3	<b>23.80</b>	27/4	<b>23.63</b>	25/5	<b>23.00</b>	5/7	<b>22.55</b>	27/7	<b>22.10</b>	24/8
	S11	<b>23.57</b>	17/3	<b>24.00</b>	27/4	<b>23.80</b>	25/5	<b>23.15</b>	5/7	<b>22.70</b>	27/7	<b>22.20</b>	24/8
	S12	<b>25.05</b>	17/3	<b>25.43</b>	27/4	<b>25.25</b>	25/5	<b>24.70</b>	5/7	<b>24.20</b>	27/7	<b>23.70</b>	24/8
	S13	<b>24.95</b>	17/3	<b>25.30</b>	27/4	<b>25.15</b>	25/5	<b>24.60</b>	5/7	<b>24.20</b>	27/7	<b>23.75</b>	24/8
	S14	<b>23.80</b>	17/3	<b>24.13</b>	27/4	<b>23.93</b>	25/5	<b>23.45</b>	5/7	<b>23.00</b>	27/7	<b>22.50</b>	24/8
	S15	<b>27.55</b>	17/3	<b>27.90</b>	27/4	<b>27.70</b>	25/5	<b>27.20</b>	5/7	<b>26.80</b>	27/7	<b>26.30</b>	24/8
S16	<b>23.73</b>	17/3	<b>24.00</b>	27/4	<b>23.83</b>	25/5	<b>23.30</b>	5/7	<b>22.85</b>	27/7	<b>22.40</b>	24/8	

Campagna geognostica	Sondaggio	Livello piezometrico											
		mar-21	data	apr-21	data	mag-21	data	lug-21	data	lug -21	data	ago-21	data
	S19	19.87	17/3	20.20	27/4	20.15	26/5	19.90	5/7	19.65	28/7	19.20	25/8
	S20	26.00	17/3	26.35	27/4	26.20	25/5	25.70	5/7	25.25	27/7	24.80	24/8
	S22	31.35	17/3	31.70	27/4	31.50	25/5	30.85	5/7	30.30	27/7	29.85	24/8
	S23	19.75	17/3	20.17	27/4	20.00	25/5	19.55	5/7	19.20	27/7	18.75	24/8
	SD2_est	20.93	17/3	21.25	27/4	21.15	25/5	20.70	6/7	20.30	27/7	19.90	24/8
	SD3_est	19.85	17/3	20.20	27/4	20.05	25/5	19.70	6/7	19.30	27/7	18.80	24/8
	SD4_est	18.75	17/3	19.00	27/4	-	25/5	18.65	6/7	18.50	28/7	18.15	25/8

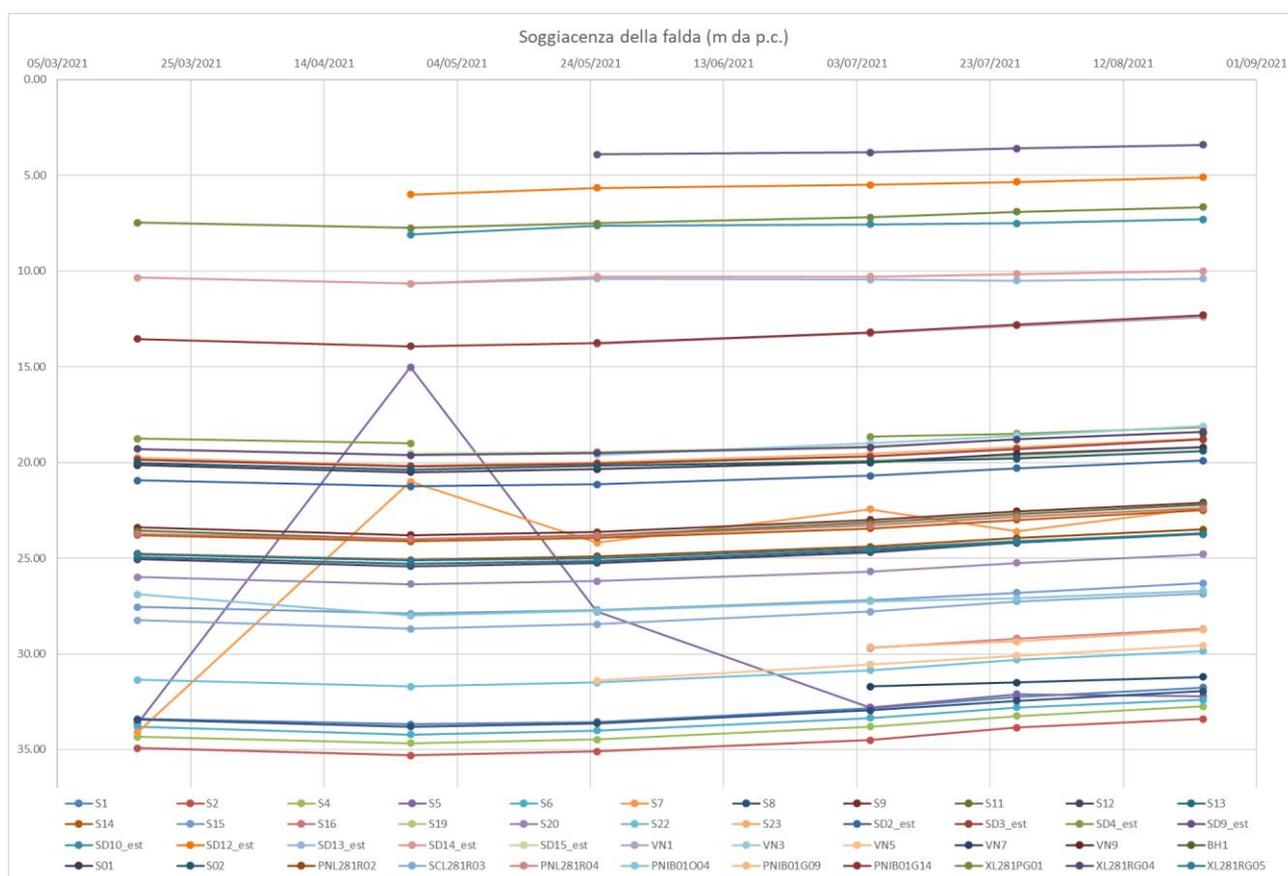


Figura 48. Grafico dell'andamento dei livelli di falda misurati da marzo 2021 ad agosto 2021. Per i grafici e le letture di dettaglio si rimanda al "Report monitoraggio piezometrico" (Cod. IN1010D69RHGE0002001A) elaborato nell'ambito del presente studio.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 79 di 120

#### **11.4.4 Opere di captazione ed emergenze sorgentizie**

Per poter ricostruire con maggior dettaglio l'andamento della falda nel corso dello studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili relativamente ai pozzi presenti nei settori di intervento. In particolare, sono stati acquisiti i seguenti dati bibliografici:

- pozzi PAT (Piano di Assetto del Territorio) del Comune di Verona (vedi ubicazione nelle cartografie di riferimento);
- pozzi del Comune di Verona con misura piezometrica (Tabella 25).
- Pozzi ad uso acquedottistico di Acque Veronesi.

Tabella 25. Dati piezometrici di alcuni pozzi del PAT (Piano di Assetto del Territorio) del Comune di Verona.

CODICE	NORD	EST	QUOTA_SLM_	FREATIMETR	POTENZIALE	TIPO
36	5036130.08	1658816.77	68.35	18.28	50.07	VALPANTENA
35	5035249.92	1658247.42	67.04	20.65	46.39	VALPANTENA
10	5034196.7	1648169.26	96.38	45.18	51.2	PIANURA
9	5034314.92	1647324.77	101	50.61	50.39	PIANURA
65	5033253.85	1650182	86.04	35.72	50.32	PIANURA
61	5035392.52	1660880.33	58.99	9.59	49.4	VALSQUARANTO
47	5036060.8	1652950.32	67.78	17.16	50.62	PIANURA
37	5036641.21	1647601.57	86.15	34.93	51.22	PIANURA
gozzo	5032813.46	1658252.49	47.94	2.9	45.04	PIANURA
catermini	5027180.1	1650807.02	56.53	9.85	46.68	PIANURA
casotti	5030692.05	1661092.19	44.77	5.63	39.14	PIANURA
campagnetta	5032368.29	1662118.52	52.1	9.03	43.07	PIANURA
spezzapietra	5029703.65	1660201.04	39.56	1.7	37.86	PIANURA
soprinten.	5033600.57	1656421.01	56.71	12.3	44.41	possibile errore
sabbioni	5036962.24	1649648.61	74.64	20.65	53.99	PIANURA
monitorio	5036759.42	1661472.37	67.06	17.8	49.26	VALSQUARANTO
284	5040399.15	1660977.55	130.77	36.82	93.95	VALSQUARANTO
237	5034765.52	1660534.41	60.31	12.8	47.51	VALSQUARANTO
231	5033362.61	1662435.33	55.04	10.05	44.99	PIANURA
218	5025833.71	1657902.13	44.61	5.13	39.48	PIANURA
ca del pozzo	5037049.71	1658323.51	74.35	23.34	51.01	VALPANTENA
belloni	5031999.07	1657885.75	53.58	8.38	45.2	PIANURA
bastioni	5034091.77	1654547.39	62.27	14.1	48.17	PIANURA
416	5032693.02	1654572.25	56.77	8.03	48.74	PIANURA
108	5031127.43	1659185.16	46.45	9.1	37.35	nascosto
105	5030731.41	1656750.37	59.32	12.79	46.53	PIANURA
95	5032555.73	1660078.07	48.76	4.8	43.96	PIANURA
86	5031964.89	1652008.31	72.73	23.31	49.42	PIANURA
159	5026653.14	1655537.13	46.96	4.4	42.56	PIANURA
135	5028336.2	1657166.34	51.07	6.68	44.39	PIANURA
123	5029742.78	1656321.33	57.99	11.95	46.04	PIANURA
116	5029305.69	1651507.26	64.58	16.01	48.57	PIANURA

### 11.5 ELABORATI IDROGEOLOGICI

Le unità geologiche descritte nei capitoli precedenti sono state distinte negli elaborati idrogeologici, cartografia (scala 1:2000) e profilo (scala 1:2.000/1:200) raggruppando le stesse in complessi idrogeologici, caratterizzati da una tipologia ed un grado di permeabilità. Per approfondimenti si rimanda al capitolo dedicato, per la descrizione schematica dei complessi idrogeologici, delle unità geologiche associate agli stessi, del tipo e grado di permeabilità si rimanda alla Figura 49.

COMPLESSI DEI DEPOSITI ALLUVIONALI, FLUVIOGLACIALI E DEL RIPORTO ANTROPICO												
DESCRIZIONE	UNITÀ GEOLOGICA	TIPO DI PERMEABILITÀ			GRADO DI PERMEABILITÀ (m/s)							
		Porosità	Fessurazione	Carsismo								
					10 <sup>-9</sup> Impermeabile	10 <sup>-7</sup> Molto basso		10 <sup>-5</sup> Basso		10 <sup>-3</sup> Medio		Alto
<p><b>Complesso ghiaioso-sabbioso</b> Ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli e blocchi angolosi a sub-angolosi e lenti di sabbie ghiaiose; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da angolose ad arrotondate e rari blocchi angolosi. Costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di discreta rilevanza, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è generalmente media.</p>	<p>ba1 bb1 bn1 h fg<sup>R2</sup>1 fg<sup>R3</sup>1</p>	<p>CSG</p>										
<p><b>Complesso sabbioso-limoso</b> Sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie e ciottoli poligenici, da angolosi ad arrotondati; a luoghi si rinvengono passaggi di argille, limi argillosi, limi sabbioso-argillosi e sabbie argilloso limose a struttura indistinta o debolmente laminata, con resti vegetali e rare ghiaie e ciottoli poligenici, da angolose ad arrotondate. Costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media.</p>	<p>bn2 fg<sup>R3</sup>2</p>	<p>CSL</p>										
<p><b>Complesso argilloso-limoso</b> Argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, a luoghi stratificata, con frequenti intercalazioni di argille limoso-sabbiose e limi argilloso-sabbiosi; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbioso-argillosi e lenti di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da angolose ad arrotondate; talora sono presenti livelli di torbe e terreni organici, con incluse concrezioni e patine di ossidazione. Costituiscono dei limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli <i>acquiclude</i> di importanza variabile in relazione allo spessore dei depositi; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, a meno di piccole falde stagionali all'interno degli orizzonti sabbioso-ghiaiosi più spessi. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a bassa.</p>	<p>fg<sup>R3</sup>3 fg<sup>R3</sup>4</p>	<p>CAL</p>										

Figura 49. Complessi idrogeologici di pertinenza per ognuna delle unità geologiche

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

### 11.5.1 Cartografia idrogeologica

Il tracciato si sviluppa all'aperto, su depositi sciolti di natura sostanzialmente ghiaiosa.

Per la totalità del suo sviluppo, in riferimento al modello geologico precedentemente descritto, l'opera in progetto si colloca nell'ambito di depositi fluvioglaciali di spessore di decine di metri e natura quasi esclusivamente ghiaiosa che costituisce un unico grande Complesso Ghiaioso Sabbioso (CGS).

### 11.5.2 Profilo idrogeologico in asse al progetto

Il tracciato si sviluppa all'aperto, su depositi sciolti di natura sostanzialmente ghiaiosa. Su tutta la tratta i primi metri risultano rimaneggiati in riferimento a pratiche agricole ed attività antropiche.

Da inizio tracciato, fino alla pk 154+500 circa, in riferimento al modello geologico precedentemente descritto, l'opera in progetto si colloca nell'ambito di depositi fluvioglaciali di spessore di decine di metri e natura quasi esclusivamente ghiaiosa. All'interno delle ghiaie, a profondità generalmente superiori ai 30 m si rinvencono locali e sporadiche lenti di sabbie limose, limi sabbiosi e argille limose. Tali lenti sono di spessore ridotto (1 - 2 metri) e presentano scarsa o scarsissima continuità laterale. Pertanto, fino alla pk 154+500 si può parlare di un importante e significativo complesso idrogeologico ghiaioso sabbioso (CGS) con all'interno materiali ascrivibili a complessi idrogeologici a permeabilità inferiore ovvero Complesso Sabbioso Limoso (CSL) e Complesso Argilloso Limoso (CAL). Chiaramente, sulla base dei presupposti sopra, tali complessi hanno importanza limitata o nulla, si segnalano però livelli caratterizzati da valori di permeabilità spiccatamente inferiori.

A partire dalla pk 154+500 fino a fine tracciato, 157+000, il modello geologico cambia significativamente e di conseguenza anche quello idrogeologico. Infatti, i depositi fluvioglaciali essenzialmente ghiaiosi vengono interrotti, a partire da circa 29 – 32 m da piano campagna da una lente di argille limose continua fino a fine tracciato (2+500 km circa), con spessori variabili da 1 a 4 m circa. Dal punto di vista idrogeologico la stessa costituisce una barriera impermeabile (*aquiclude*) in senso verticale. Inoltre, i materiali ghiaiosi sovrastanti sono interrotti da lenti sabbiose e subordinatamente limose. Le lenti sabbiose raggiungono talora spessori di oltre 10 m.

Pertanto in termini di complessi idrogeologici si rinviene come per la prima un importante e significativo complesso idrogeologico ghiaioso sabbioso (CGS) che però è interrotto da complessi idrogeologici a permeabilità inferiore ovvero Complesso Sabbioso Limoso (CSL) e Complesso Argilloso Limoso (CAL) che in questo tratto risultano di importanza significativa in quanto le lenti dei materiali che li costituiscono diventano di notevole spessore e continuità laterale significativa.

Nelle figure seguenti (Figura 50, Figura 51, Figura 52, Figura 53) si riportano stralci non in scala delle tavole del profilo idrogeologico che costituiscono parte integrante del presente studio.



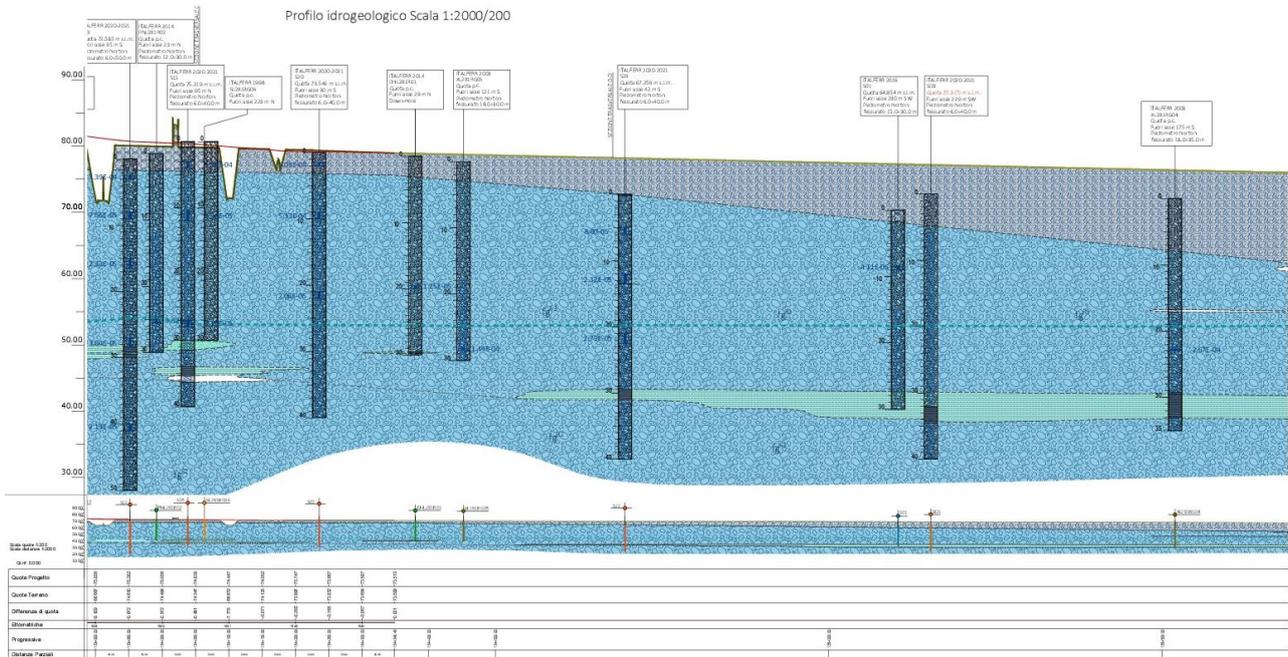


Figura 52. Profilo idrogeologico Tavola 3/4, pk 154+000 ÷ 155+600 circa. Stralcio non in scala.

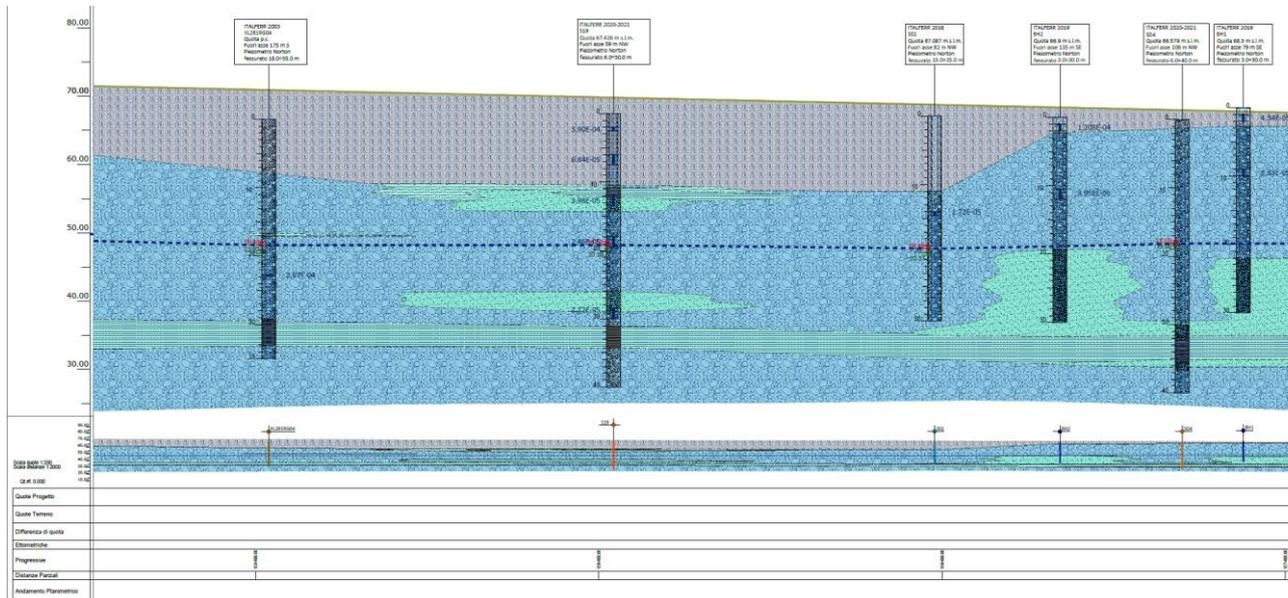


Figura 53. Profilo idrogeologico Tavola 4/4, pk 155+600 ÷ 157+000 circa. Stralcio non in scala.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 11.6 SEZIONI IDROGEOLOGICHE TRASVERSALI AL TRACCIATO

Nel seguente paragrafo vengono descritte le sezioni idrogeologiche trasversali all'asse del progetto. Le stesse sono state ubicate in corrispondenza delle maggiori opere che interessano il progetto e dove si avevano indicazioni stratigrafiche fuori asse di tracciato. Tutte le sezioni hanno un orientamento N-S.

### Sezione A-A'

La sezione A-A' illustra l'assetto idrogeologico della porzione occidentale dell'areale studiato; essa si sviluppa secondo una direzione circa NNO-SSE. Per lo sviluppo di tale profilo sono stati utilizzati sondaggi bibliografici realizzati per l'Autostrada del Brennero (A22), un sondaggio relativo alla campagna geognostica ITALFERR 2014 ed alcuni sondaggi realizzati appositamente nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2021-2021.

In riferimento all'assetto geologico dell'area, caratterizzato dalla facies ghiaiosa delle alluvioni fluvio-glaciali del Würm, fg<sup>R2</sup> e del Würm Recente fg<sup>R3</sup>, dal punto di vista idrogeologico l'area è interessata un unico importante e significativo complesso idrogeologico ghiaioso sabbioso (CGS).

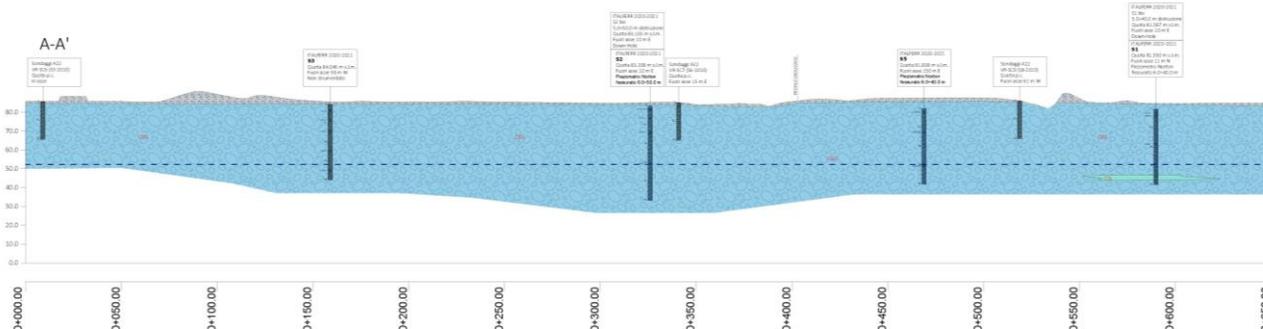


Figura 54. Sezione idrogeologica trasversale A-A'. Stralcio non in scala.

### Sezione B-B'

La sezione B-B' interessa il profilo lungo linea alla pk 153+310 circa e si sviluppa in direzione N-S. Per lo sviluppo di tale profilo è stato utilizzato un sondaggio della campagna geognostica ITALFERR 1998 ed alcuni sondaggi realizzati appositamente nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2021-2021.

Il modello geologico è caratterizzato dalla facies ghiaiosa delle alluvioni fluvio-glaciali del Würm (fg<sup>R2</sup>) e del Würm Recente (fg<sup>R3</sup>), interrotta alla profondità comprese tra 28.00÷34.00 m circa da piano campagna da una lente ascrivibile alla *litofacies* argillosa di tale unità fluvio-glaciale. Dal punto di vista idrogeologico la stessa costituisce una barriera impermeabile (*aquiclude*) in senso verticale.

Pertanto in termini di complessi idrogeologici si rinviene un importante e significativo complesso idrogeologico ghiaioso sabbioso (CGS) interrotto, alla profondità comprese tra 28.00÷34.00 m circa da piano campagna, da un complesso idrogeologico a permeabilità notevolmente inferiore ovvero il Complesso Argilloso Limoso (CAL).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

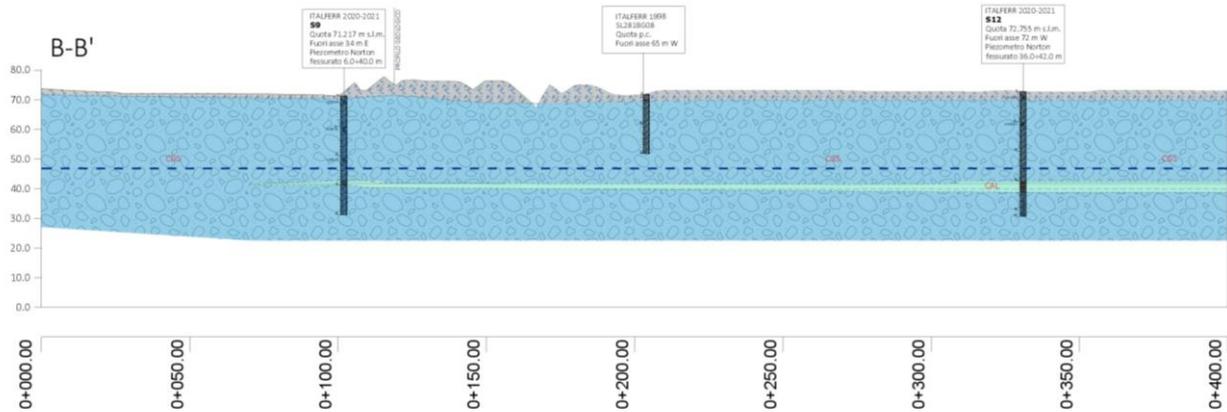


Figura 55. Sezione idrogeologica trasversale B-B'. Stralcio non in scala.

### Sezione C-C'

La sezione C-C' interessa il profilo lungo linea alla pk 154+056 circa e si sviluppa in direzione N-S. Per lo sviluppo di tale profilo è stato utilizzato un sondaggio della campagna geognostica ITALFERR 1998, un sondaggio della campagna geognostica ITALFERR 2014 ed alcuni sondaggi realizzati appositamente nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2021-2021.

Il modello geologico è caratterizzato dalla facies ghiaiosa delle alluvioni fluvio-glaciali del Würm ( $fg^{R2}$ ) e del Würm Recente ( $fg^{R3}$ ), interrotta da lenti ascrivibili alle *litofacies* sabbiosa ( $fg^{R32}$ ), limosa ( $fg^{R33}$ ) e argillosa ( $fg^{R34}$ ). Gli spessori di tali orizzonti sono dell'ordine del metro o poco più e, fatta eccezione per l'unità argillosa, di scarsa continuità laterale.

Pertanto, in termini di complessi idrogeologici, si può parlare di un importante e significativo complesso idrogeologico ghiaioso sabbioso (CGS) con all'interno materiali ascrivibili a complessi idrogeologici a permeabilità inferiore ovvero Complesso Sabbioso Limoso (CSL) e Complesso Argilloso Limoso (CAL). Chiaramente, sulla base dei presupposti sopra, tali complessi hanno importanza limitata o nulla, si segnalano però livelli caratterizzati da valori di permeabilità spiccatamente inferiori.

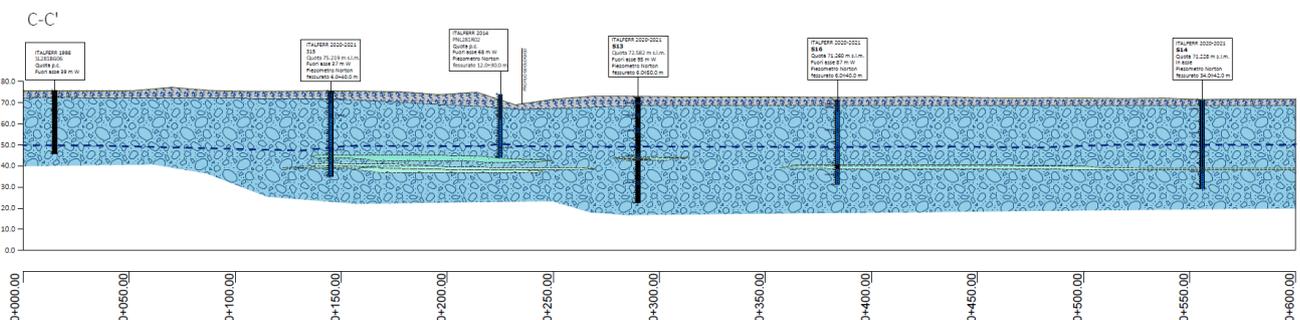


Figura 56. Sezione idrogeologica trasversale C-C'. Stralcio non in scala.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

### Sezione D-D'

La sezione D-D' interessa il profilo lungo linea alla pk 154+670 circa e si sviluppa in direzione N-S. Per lo sviluppo di tale profilo sono stati utilizzati alcuni sondaggi realizzati appositamente nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2021-2021.

Il modello geologico è caratterizzato dalla facies ghiaiosa dei depositi alluvionali terrazzati (bn1), delle alluvioni fluvioglaciali del Würm (fg<sup>R2</sup>) e del Würm Recente (fg<sup>R3</sup>), interrotta alla profondità comprese tra 29.00÷31.00 m circa da piano campagna da una lente ascrivibile alla *litofacies* argillosa di tale unità fluvioglaciale. Dal punto di vista idrogeologico la stessa costituisce una barriera impermeabile (*aquiclude*) in senso verticale.

Pertanto in termini di complessi idrogeologici si rinviene un importante e significativo complesso idrogeologico ghiaioso sabbioso (CGS) interrotto, alla profondità comprese tra 29.00÷31.00 m circa da piano campagna, da un complesso idrogeologico a permeabilità notevolmente inferiore ovvero il Complesso Argilloso Limoso (CAL).

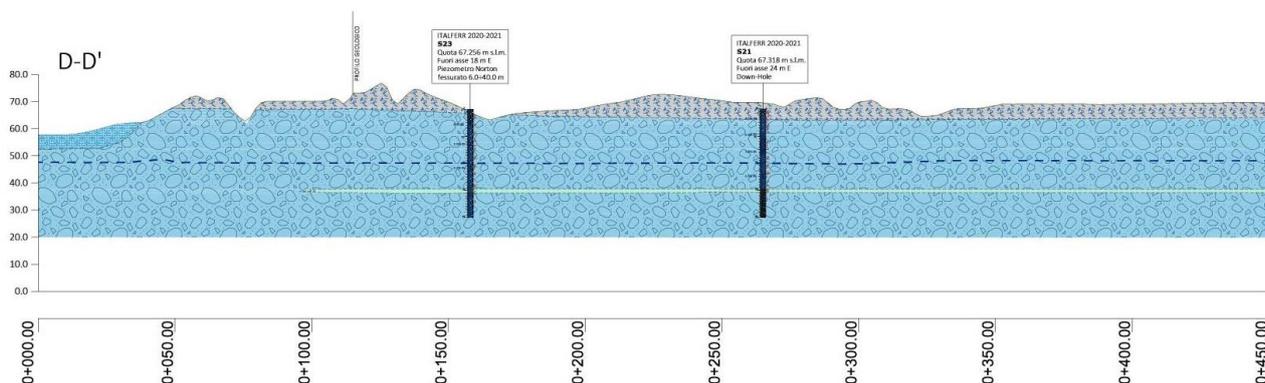


Figura 57. Sezione idrogeologica trasversale D-D'. Stralcio non in scala.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	<b>COMMESSA</b> IN01	<b>LOTTO</b> 10	<b>CODIFICA</b> D 69 RG	<b>DOCUMENTO</b> GE 0001 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 88 di 120

## 11.7 Definizione della piezometrica

In riferimento al rilevamento piezometrico effettuato dagli scriventi nel marzo 2021, le cui risultanze appaiono sostanzialmente in accordo con le misurazioni disponibili per gli anni pregressi e con la cartografia idrogeologica disponibile; la falda freatica si colloca alla quota di circa 50 m s.l.m. ed il livello risulta sostanzialmente inalterato per tutto lo sviluppo dell'opera in oggetto (7 km circa).

In riferimento al piano campagna la stessa si rinviene a circa 34 m di profondità nella porzione più ad ovest dell'area in corrispondenza dell'autostrada del Brennero e a circa 20 m di profondità nei pressi della stazione ferroviaria Verona Porta Nuova.

La direzione media del deflusso idrico sotterraneo è NNW-SSE quindi subparallela alla direzione di deflusso del Fiume Adige; i gradienti piezometrici sono mediamente piuttosto bassi, anche se localmente possono risultare più marcati in corrispondenza di evidenti variazioni granulometriche dei terreni costituenti l'acquifero.

## 11.8 Interferenze con pozzi

Le potenziali interferenze tra il tracciato di progetto e le fasce di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile (dataset Acque Veronesi), sono state valutate con metodo geometrico assumendo l'area di influenza pari ad un raggio pari a 200 m rispetto al pozzo. Il più vicino al tracciato di progetto tra i pozzi idropotabili di Acque Veronesi lambisce la parte terminale del tracciato di progetto in corrispondenza della Stazione di Verona Porta Nuova.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 12 SISMICITÀ DELL'AREA DI STUDIO

### 12.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il comune di Verona, ai sensi della carta di classificazione sismica aggiornata al 30 novembre 2020 con Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 e dell'O.P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519, risulta **classificato in “zona 3”**.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione [ag], con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi o pianeggianti caratterizzati da Vs30 > 800 m/s (ovvero di categoria A ai sensi del D.M. 17/01/2018 - NTC 2018), da attribuire alle 4 zone sismiche, come da tabella di seguito riportata:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, ag/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

Le zone 1, 2 e 3 possono essere a loro volta suddivise in sottozone caratterizzate da valori di ag intermedi rispetto a quelli riportati in tabella e intervallati da valori non minori di 0,025 g.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, e quindi territorio comunale, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento “propria” individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

L'azione sismica viene valutata in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti), su sito di riferimento rigido (di categoria A), a superficie orizzontale (superficie topografica di categoria T1), riferendosi alla definizione di “pericolosità sismica di base”, fornita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Figura 72).

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica “probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR”:

- $a_g$ : accelerazione massima su suolo tipo A (allegato B alle NTC);
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (allegato B alle NTC);
- $T_{C*}$ : periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo  $T_c$  corrispondente all’inizio del tratto a velocità costante dello spettro (Allegato B alle NTC).

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

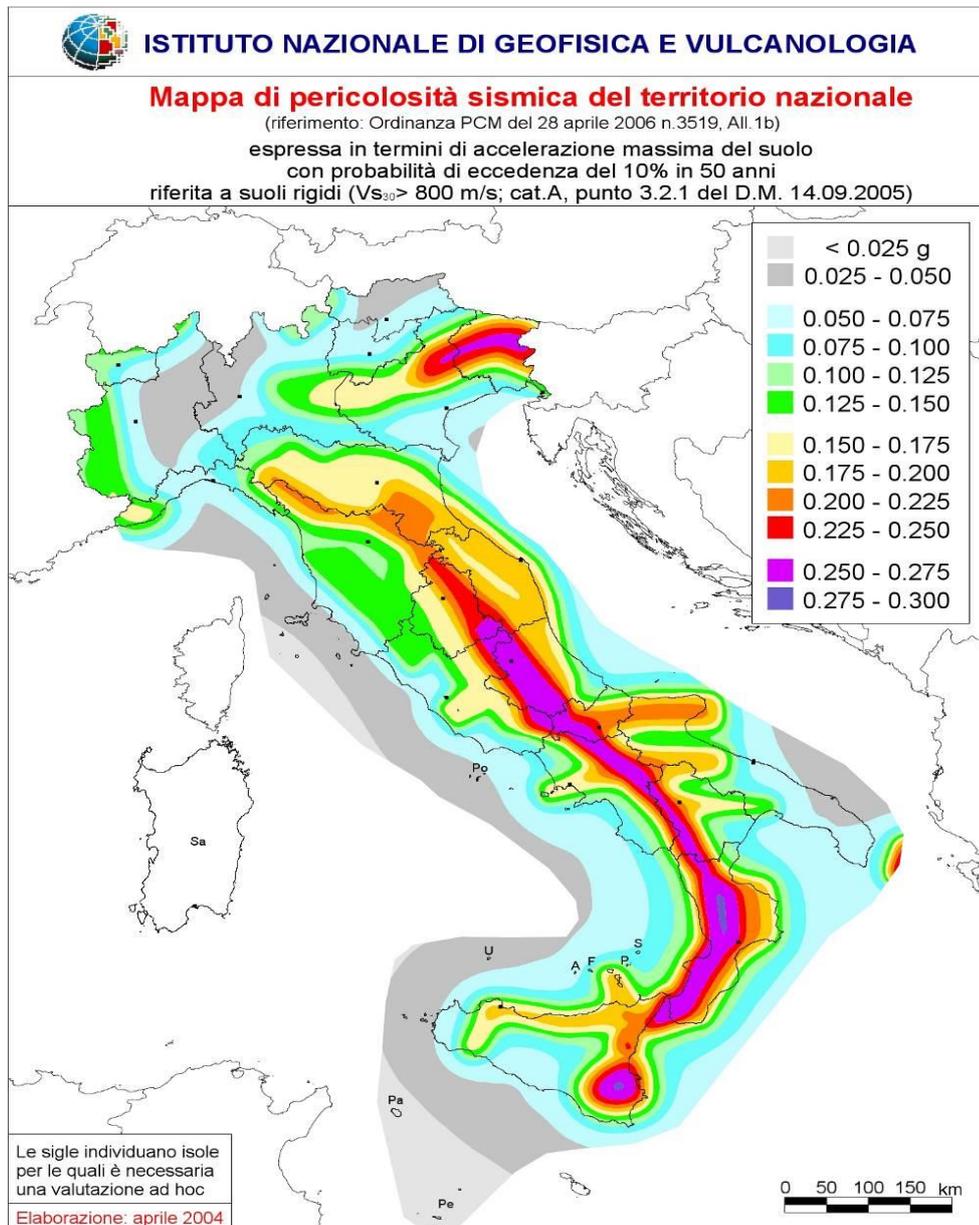


Figura 58. Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 12.2 SISMICITÀ STORICA

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame si riporta di seguito uno stralcio della cartografia del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), con indicazione degli epicentri e delle relative magnitudo dei principali terremoti storici.

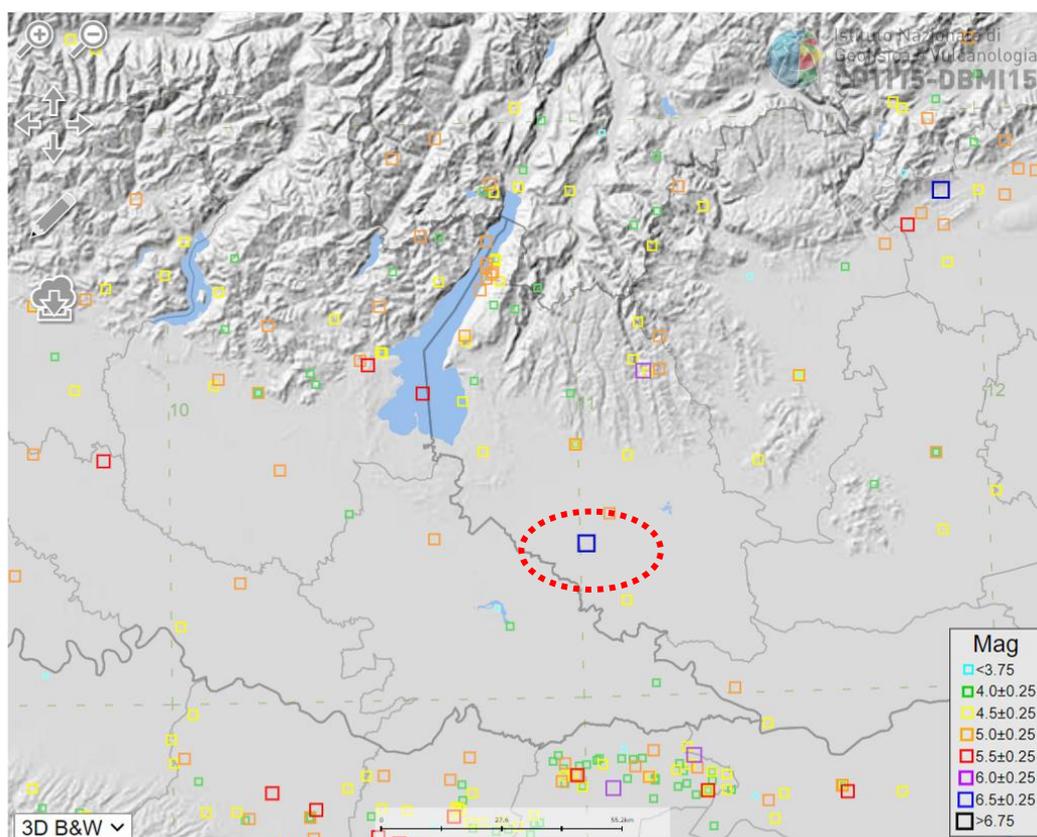


Figura 59. Epicentri e magnitudo dei principali terremoti storici (CPTI15) che hanno interessato la zona di Verona. In colore rosso si riporta l'area oggetto di studio.

In Tabella 26 si riporta un breve riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il comune di Verona.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15, il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15[1]. Pertanto, nella successiva tabella si intende:

<sup>1</sup> Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2021. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>

Int.	Intensità al sito (scala MCS)
Anno	Tempo origine: anno
Me	Tempo origine: mese
Gi	Tempo origine: giorno
Ho	Tempo origine: ora
Mi	Tempo origine: minuti
Se	Tempo origine: secondi
NMDP	Numero di Macroseismic Data Point
Io	Intensità epicentrale nella scala MCS
Mw	Magnitudo momento

*Tabella 26. Storia sismica di Verona [45.438, 10.994] Numero di eventi: 151*

9	1117 01 03 15 15	Veronese	55	9 6.52
6-7	1183 12	Verona	1	6-7 4.86
NC	1276 07 29 18 30	Monferrato	9	5 4.81
6	1295 09 03	Grigioni, Churwalden	17	8 6.20
6-7	1334 12 04	Verona	1	6-7 4.86
5	1348 01 25	Alpi Giulie	89	9 6.63
5-6	1365 09 21 05 45	Verona	2	5-6 4.40
6	1402	Verona	1	6 4.63
5-6	1410 06 10 21	Verona	5	
5-6	1445 03 21 13 30	Verona	1	5-6 4.40
5-6	1465 04 07 15 30	Pianura emiliana	5	5-6 4.40
F	1487 01 11 15 40	Ferrara	2	4 3.70
NC	1501 06 05 10	Modenese	17	9 6.05
5	1504 12 31 04	Bolognese	15	6 5.02
5	1505 01 03 02	Bolognese	31	8 5.62
4	1505 01 20 23 50	Bolognese	11	5-6 4.76
6	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9 6.32
3-4	1515 10 25 12 35	Pianura Padana	5	
3-4	1516 05 20 23	Pianura Padana	4	
4	1520 02 18 04 30	Bresciano-Veronese	2	
5	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	8	7 5.27
F	1690 12 04 14	Carinthia, Villach	60	8-9 6.16
4	1693 07 06 09 15	Mantovano	13	7 5.23
6	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10 6.40
3	1719 01 07	Italia nord-orientale	11	5-6 4.94
3	1732 02 04 18 20	Parma	9	5-6 4.65
5	1738 11 05 00 30	Emilia occidentale	10	7 5.10

F	1774 03 04	Parma	2	5	4.16
4	1774 03 31 14 49	Bresciano	6	5-6	4.40
F	1780 02 06 04	Bolognese	9	6-7	5.06
F	1785 07 19 22 30	Val Lagarina	5	4	3.70
3	1789 08 04	Prealpi Friulane	5	4-5	3.93
4	1794 06 07 00 45	Prealpi Friulane	19	8-9	5.96
4	1794 06 30 04 45	Prealpi Friulane	8	7-8	5.40
5	1796 10 22 04	Emilia orientale	27	7	5.45
3	1799 05 29 19	Bresciano	12	6-7	5.04
4	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	94	8	5.60
3-4	1806 02 12	Reggiano	28	7	5.21
5	1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6	5.06
4	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	19	6-7	5.13
5	1812 10 25 07	Pordenonese	34	7-8	5.62
F	1818 12 09 18 55	Parmense	26	7	5.24
4	1826 06 24 12 15	Garda occidentale	20	5	4.62
3	1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	110	8	5.72
2	1828 10 10 01 30	Oltrepò Pavese	18		
F	1830 01 26 04 30	Alto Reno	11	5	4.53
3	1831 07 14 15 30	Reggiano	8	5-6	4.60
3	1832 03 11 06 45	Carpi	14	5	4.51
3	1832 03 11 08 45	Parmense	14		
3	1832 03 12 02 30	Parmense	4		
5	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
2	1832 03 14 04 40	Reggiano	5		
3	1832 03 14 07 41	Reggiano	7		
4	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	24	6-7	5.08
4-5	1836 06 12 02 30	Asolano	26	8	5.53
2-3	1850 09 18 06 20	Modenese	7	5	4.16
3	1851 02 05 09 50	Valtellina	30	5	4.72
3	1851 08 03	Valli Giudicarie	15	6	4.92
2-3	1854 12 29 01 45	Liguria occidentale	86	7-8	5.72
F	1857 02 01	Parmense-Reggiano	22	6-7	5.11
F	1859 01 20 07 55	Prealpi Trevigiane	36	6	4.80
3	1860 07 19	Prealpi Trevigiane	10	6-7	4.92
NF	1866 08 11 23	Monte Baldo	33	7	4.96
4	1868 05 22 21 15	Garda settentrionale	11	5	4.40
3	1869 12 13 02 53	Sassuolo	13	5	4.57

3	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
6	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
F	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
F	1876 04 29 10 49	Monte Baldo	25	7	5.07
5-6	1876 05 01 10 50	Verona	2	4-5	3.93
F	1876 05 29 10 45	Monte Baldo	5	6-7	4.86
3	1879 02 14	Garda occidentale	13	5	4.62
3	1881 01 24 16 14	Bolognese	38	7	5.22
2	1881 01 25 07 06	Bolognese	18	5	4.59
3	1881 02 14 09 00 3	Appennino bolognese	21	6	4.77
5	1882 09 18 19 25	Monte Baldo	7	7	5.08
3	1884 09 12 07 23	Pianura lombarda	34	6	4.70
5	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6	5.01
3	1885 12 29	Alpago Cansiglio	47	6	4.96
3-4	1886 10 15 02 20	Collecchio	44	6	4.70
4	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	1889 03 08 02 57 0	Bolognese	38	5	4.53
3-4	1890 03 26 20 10	Bellunese	48	6	4.82
6	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
F	1891 06 15	Peschiera	35	6	4.69
4-5	1892 01 05	Garda occidentale	93	6-7	4.96
3	1892 06 23 23 20	Dolomiti Friulane	71	5-6	4.58
5	1892 08 09 07 58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
4-5	1893 10 27 16 31	Bellunese	54	5	4.42
5	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
F	1895 06 10 01 47	Prealpi Trevigiane	73	6	4.85
4-5	1895 10 12 02 45	Monte Baldo	3	5	4.16
4	1895 11 02 07 30	Valle de' Signori	11	5	4.33
2-3	1897 01 27 01 35	Prealpi Vicentine	16	4-5	4.11
3-4	1898 01 16 13 10	Romagna settentrionale	110	6	4.59
4	1898 03 04 21 05	Parmense	313	7-8	5.37
5	1899 11 15 23 40	Pianura Veneta	25	5	4.25
4	1900 03 04 16 55	Asolano	98	6-7	5.05
5	1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
3	1902 06 19 09 23	Alpi Retiche	184	6-7	4.96
3	1904 03 10 04 23 0	Slovenia nord-occidentale	57		
6	1907 04 25 04 52	Veronese	122	6	4.79

**RELAZIONE GEOLOGICA**

COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A	FOGLIO 95 di 120
------------------	-------------	---------------------	--------------------------	-----------	---------------------

3	1908 02 03 13 36 2	Valle d'Illasi	34	5-6	4.32
3	1908 03 15 07 38 3	Valle d'Illasi	28	5-6	4.91
4	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
2-3	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
2-3	1916 08 16 07 06 1	Riminese	257	8	5.82
3-4	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
3	1920 10 06 22 47	Mantovano	19	4-5	4.14
4-5	1928 03 27 08 32	Carnia	359	9	6.02
2-3	1928 06 13 08	Carpì	35	6	4.67
4	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
4	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
4	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
3-4	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20
4	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
2-3	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
3	1932 02 19 12 57 1	Garda orientale	21	7-8	5.16
4	1936 06 21 19 25 2	Garda orientale	13	5	4.15
4	1936 06 22 03 44 5	Garda orientale	20	5-6	4.46
5	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
3	1940 01 24 23 32 1	Appennino emiliano	6		
4	1948 07 19 18 11 2	Garda settentrionale	16	5	4.87
3	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
4	1961 11 23 01 12 0	Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86
5	1963 03 04 22 30	Veronese	6	5	4.41
F	1963 07 19 05 46 0	Mar Ligure	412		5.95
2-3	1963 11 04 15 46	Bassa modenese	5	5	4.16
4-5	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05
4-5	1968 06 22 12 21 3	Val Lagarina	27	6-7	4.74
3	1970 04 19 18 16 3	Garda occidentale	65	5	4.55
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
F	1975 03 24 02 33 3	Carnia	24	5-6	4.51
5-6	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
4	1976 09 11 16 35 0	Friuli	40	7-8	5.60
3	1976 12 13 05 24	Garda settentrionale	128	7	4.90
F	1977 04 03 03 18 1	Friuli	25	5	4.51
5	1977 09 16 23 48 0	Friuli	94	6-7	5.26

3	1978 12 05 15 39 0	Romagna	34	4-5	4.61
4	1979 02 09 14 44	Bergamasco	73	6	4.78
4	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1989 09 13 21 54 0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
NF	1995 12 31 21 29 4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
3	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
5	2004 11 24 22 59 3	Garda occidentale	176	7-8	4.99
4	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

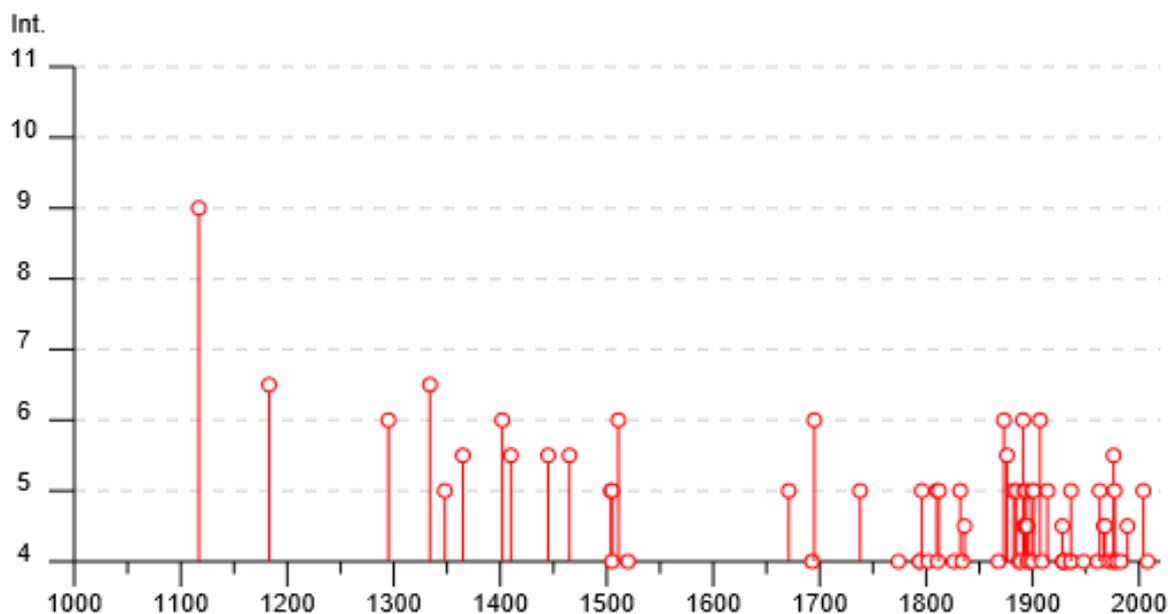


Figura 60. Storia sismica di Verona

### 12.3 SORGENTI SISMOGENETICHE

Dalla consultazione del DISS (*Database of Individual Seismogenic Sources, versione 3.2.1, INGV*) (Figura 61) si nota la presenza di due sorgenti sismogenetiche composite, di una sorgente sismogenetica individuale e di due sorgenti sismogenetiche individuali incerte in prossimità dell'area di studio:

- Sorgente sismogenetica composta ITCS076 - Pianura Adige, a Sud (Figura 62);
- Sorgente sismogenetica individuale ITIS140 - Veronese, a Sud (Figura 63);
- Sorgente sismogenetica composta ITCS114 - Solferino, a NO (Figura 64);

- Sorgente sismogenetica composta ITCS073 – Monte Baldo, a Nord (Figura 65);
- Sorgente sismogenetica individuale incerta ITDS075 – Sant’Ambrogio che attraversa il territorio oggetto di studio (direzione NO- SE) (Figura 66);
- Sorgente sismogenetica individuale incerta ITDS074 – Nogara ubicata a sud ovest (direzione NO- SE) (Figura 67).

Le principali informazioni di riferimento di ciascuna sorgente sono riportate nelle seguenti figure.

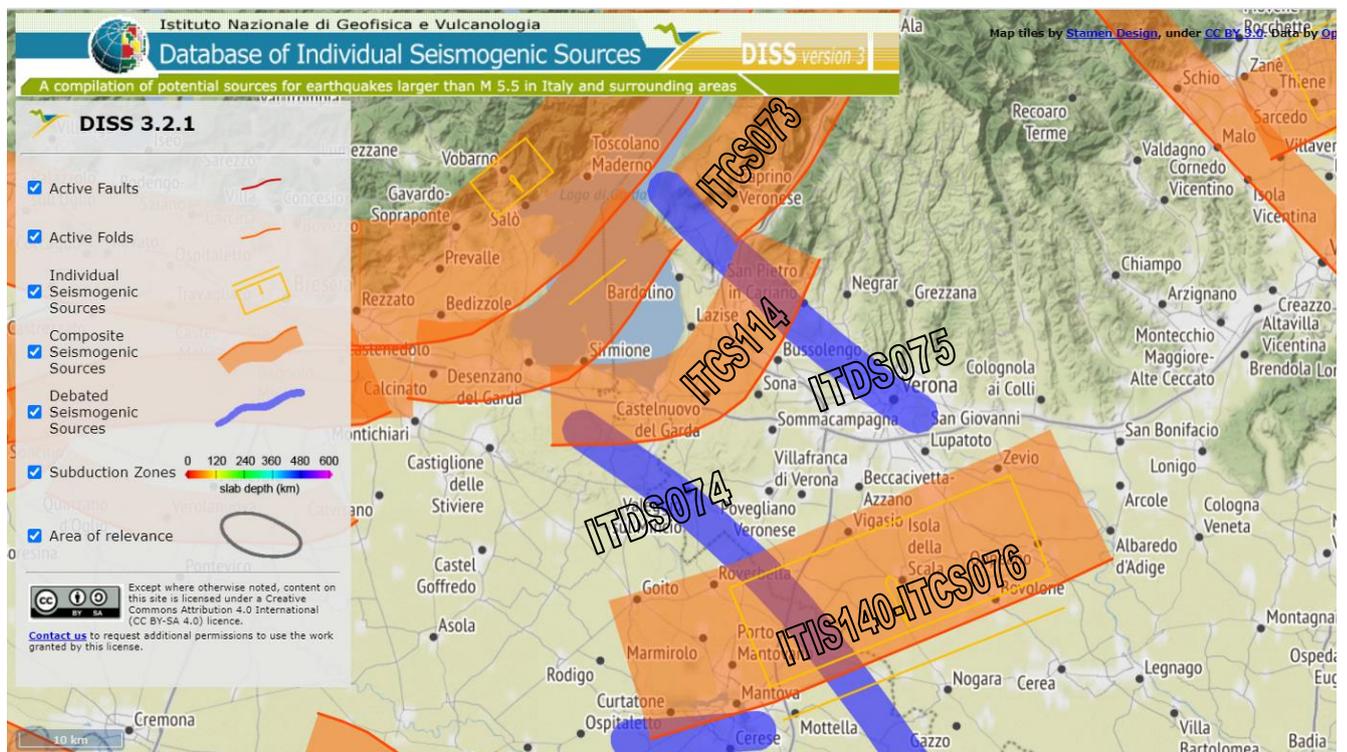


Figura 61. Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del “Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)”, Version 3.2.1.

30/3/2021

DISS - Composite Seismogenic Sources [Cadm v3.1444 page=pSASources\_d]



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

**Database of Individual Seismogenic Sources**

DISS version 3

User: Guest | [LOGIN](#)

[HOME](#) | [MAP](#) | [SEARCH](#) | [HELP](#)

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

**GEOLOGICAL GEOPHYSICAL SOURCES**

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES

DEBATED SEISMOGENIC SOURCES

SUBDUCTION ZONES

USER COMMENTS

[COMMENTARY](#)
[PICTURES](#)
[REFERENCES](#)
[USER COMMENTS](#)

**GENERAL INFORMATION**

**DISS-ID** ITCS076

**Name** Adige Plain

**Compiler(s)** Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)

**Contributor(s)** Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)

**Affiliation(s)** 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy

**Created** 20-Apr-2010

**Updated** 01-Apr-2015

**Display map ...** 

**Related sources** [ITIS140](#)

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
<b>Min depth [km]</b>	3.0	OD
<b>Max depth [km]</b>	14.0	OD
<b>Strike [deg] min... max</b>	240...260	OD
<b>Dip [deg] min... max</b>	30...50	OD
<b>Rake [deg] min... max</b>	80...100	EJ
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.1...0.5	EJ
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	6.7	OD

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

**ACTIVE FAULTS**

**ACTIVE FOLDS**

Figura 62. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica ITCS076

30/3/2021

DISS - Individual Seismogenic Sources [Cadmio v3.1444 page=pGGSources\_d]



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**

**Database of Individual Seismogenic Sources**

DISS version 3

HOME | MAP | SEARCH | HELP

User: Guest | [LOGIN](#)

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES ?

**GEOLOGICAL  
GEOPHYSICAL  
SOURCES**

INDIVIDUAL  
SEISMOGENIC  
SOURCES

COMPOSITE  
SEISMOGENIC  
SOURCES

DEBATED  
SEISMOGENIC  
SOURCES

SUBDUCTION  
ZONES

USER  
COMMENTS

[COMMENTARY](#) ▾
[PICTURES](#) ▾
[REFERENCES](#) ▾
[USER COMMENTS](#) ▾

### GENERAL INFORMATION

**DISS-ID** ITIS140  
**Name** Veronese  
**Compiler(s)** Burrato P.(1)  
**Contributor(s)** Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)  
**Affiliation(s)** 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy  
**Created** 04-Feb-2014  
**Updated** 04-Feb-2014

**Display map ...** 

**Related sources** [ITCS076](#)

### PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
<b>Location [Lat/Lon]</b>	45.27 / 10.99	LD	Based on modeling of geological data from Vannoli et al. (2015).
<b>Length [km]</b>	30.0	LD	Based on modeling of drainage anomalies from Vannoli et al. (2015).
<b>Width [km]</b>	14.0	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
<b>Min depth [km]</b>	3.0	LD	Based on geophysical profiles from Vannoli et al. (2015).
<b>Max depth [km]</b>	12.0	AR	Derived from dip, width and min depth.
<b>Strike [deg]</b>	248	LD	Based on geophysical profiles and modeling of geological data.
<b>Dip [deg]</b>	40	LD	Based on modeling of geological data from Vannoli et al. (2015).
<b>Rake [deg]</b>	90	EJ	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
<b>Slip Per Event [m]</b>	1.0	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
<b>Slip rate [mm/y] min... max</b>	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Recurrence [y] min... max</b>	2000...10000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
<b>Magnitude [Mw]</b>	6.7	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI11.

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

### INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

<b>Latest Earthquake</b>	03 Jan 1117	CPTI11.
<b>Penultimate Earthquake</b>	Unknown	See "Commentary" for information.

### ACTIVE FAULTS

Figura 63. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica ITIS140

30/3/2021

DISS - Composite Seismogenic Sources [Cadmo v3.1444 page=pSASources\_d]



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

**Database of Individual Seismogenic Sources**

DISS version 3

User: Guest | [LOGIN](#)

[HOME](#) | [MAP](#) | [SEARCH](#) | [HELP](#)

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#)
[PICTURES](#)
[REFERENCES](#)
[USER COMMENTS](#)

**GENERAL INFORMATION**

**DISS-ID** ITCS114

**Name** Solferino

**Compiler(s)** Burrato P.(1)

**Contributor(s)** Burrato P.(1), D'Ambrogio C.(2), Maesano F.E.(1)

**Affiliation(s)** 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy  
2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy

**Created** 01-Apr-2015

**Updated** 01-Apr-2015

**Display map ...** 

**Related sources**

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
<b>Min depth [km]</b>	3.0	OD Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
<b>Max depth [km]</b>	8.0	OD Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
<b>Strike [deg] min... max</b>	215...270	OD Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
<b>Dip [deg] min... max</b>	25...45	OD Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
<b>Rake [deg] min... max</b>	70...100	EJ Inferred from geological and active stress data.
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.1...0.5	EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	6.0	EJ Assumed from regional seismological data.

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

**ACTIVE FAULTS**

**ACTIVE FOLDS**

**GEOLOGICAL  
GEOPHYSICAL  
SOURCES**

INDIVIDUAL  
SEISMOGENIC  
SOURCES

COMPOSITE  
SEISMOGENIC  
SOURCES

DEBATED  
SEISMOGENIC  
SOURCES

SUBDUCTION  
ZONES

USER  
COMMENTS



Figura 64. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica ITCS114

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

31/3/2021

DISS - Composite Seismogenic Sources [Cadm v3.1444 page=pSASources\_d]



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**

**Database of Individual Seismogenic Sources**

DISS version 3

HOME | MAP | SEARCH | HELP

User: Guest | [LOGIN](#)

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

**GEOLOGICAL  
GEOPHYSICAL  
SOURCES**

INDIVIDUAL  
SEISMOGENIC  
SOURCES

COMPOSITE  
SEISMOGENIC  
SOURCES

DEBATED  
SEISMOGENIC  
SOURCES

SUBDUCTION  
ZONES

USER  
COMMENTS

[COMMENTARY](#)
[PICTURES](#)
[REFERENCES](#)
[USER COMMENTS](#)

**GENERAL INFORMATION**

**DISS-ID** ITCS073

**Name** Monte Baldo

**Compiler(s)** Burrato P.(1)

**Contributor(s)** Burrato P.(1), D'Ambrogi C.(2), Maesano F.E.(1)

**Affiliation(s)** 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy  
2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy

**Created** 19-Apr-2010

**Updated** 01-Apr-2015

**Display map ...** 

**Related sources**

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
<b>Min depth [km]</b>	3.0	OD
<b>Max depth [km]</b>	9.0	OD
<b>Strike [deg] min... max</b>	200...250	OD
<b>Dip [deg] min... max</b>	25...45	OD
<b>Rake [deg] min... max</b>	70...100	EJ
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.1...0.5	EJ
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	5.5	OD

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

**ACTIVE FAULTS**

**ACTIVE FOLDS**

Figura 65. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica ITCS073

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

30/3/2021

DISS - Debated Seismogenic Sources [Cadmo v3.1444 page=pDASources\_d]



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**

**Database of Individual Seismogenic Sources**

DISS version 3

HOME | MAP | SEARCH | HELP

User: Guest | [LOGIN](#)

**DEBATED SEISMOGENIC SOURCES** ?

[COMMENTARY](#) ▼ | 
 [PICTURES](#) ▼ | 
 [REFERENCES](#) ▼ | 
 [USER COMMENTS](#) ▼

---

**GENERAL INFORMATION**

**DISS-ID** ITDS075

**Name** Sant'Ambrogio

**Compiler(s)** Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)

**Contributor(s)** Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)

**Affiliation(s)** 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy

**Created** 26-Jun-2015

**Updated** 26-Jun-2015

**Display map**  

...

---

**COMMENTARY**

---

This seismogenic source was first proposed by Scardia et al. (2014) based on subsurface geophysical data and surface geological evidence.

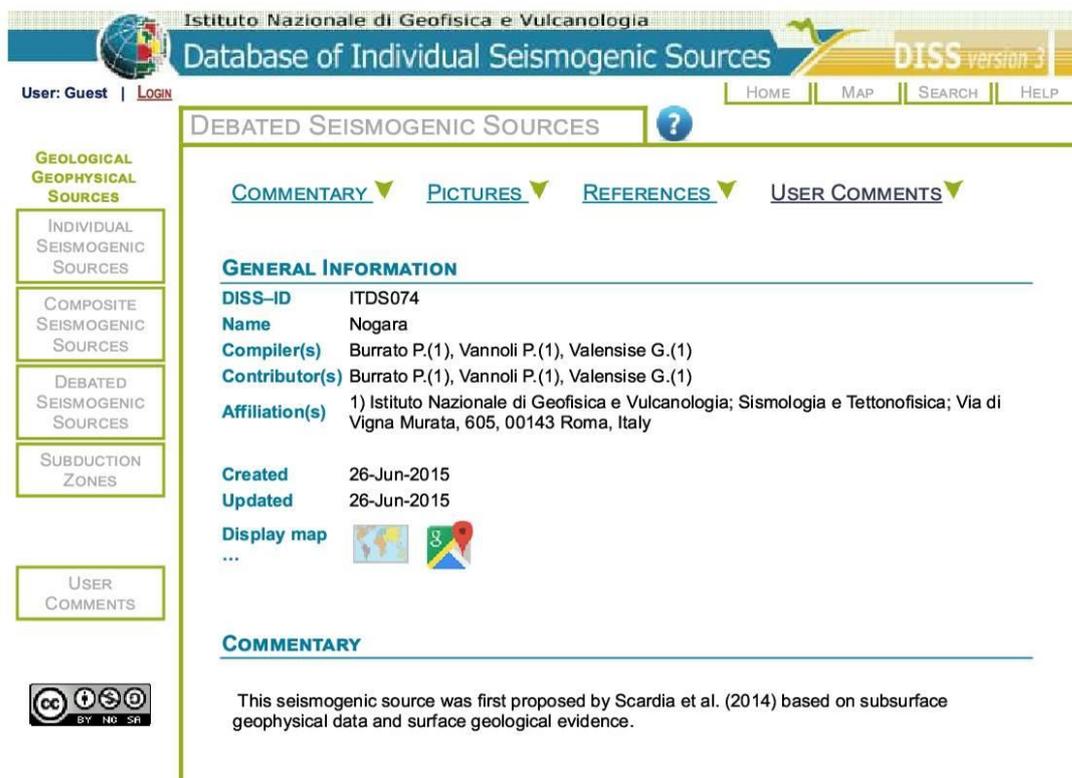


Figura 66. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica incerta ITDS075

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

30/3/2021

DISS - Debated Seismogenic Sources [Cadmo v3.1444 page=pDASources\_d]



The screenshot shows the website interface for the Database of Individual Seismogenic Sources (DISS). The header includes the logo of the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia and the text 'Database of Individual Seismogenic Sources DISS version 3'. The user is identified as 'Guest' with a 'LOGIN' link. Navigation links for 'HOME', 'MAP', 'SEARCH', and 'HELP' are present. The main content area is titled 'DEBATED SEISMOGENIC SOURCES' and features a sidebar with categories: 'GEOLOGICAL GEOPHYSICAL SOURCES', 'INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES', 'COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES', 'DEBATED SEISMOGENIC SOURCES', 'SUBDUCTION ZONES', and 'USER COMMENTS'. The main content displays the details for source ITDS074 under the heading 'GENERAL INFORMATION'. The details include: DISS-ID: ITDS074; Name: Nogara; Compiler(s): Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1); Contributor(s): Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1); Affiliation(s): 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy; Created: 26-Jun-2015; Updated: 26-Jun-2015; and a 'Display map' button with a globe icon. Below this, a 'COMMENTARY' section contains the text: 'This seismogenic source was first proposed by Scardia et al. (2014) based on subsurface geophysical data and surface geological evidence.' A Creative Commons license icon (CC BY-NC-SA) is visible at the bottom left of the page.

Figura 67. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica incerta ITDS074

## 12.4 FAGLIE CAPACI

Il database del progetto ITHACA (*Italy Hazard from Capable faults*) non mostra, nell'area progettuale, l'esistenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. Tuttavia, dall'analisi del database si rileva la presenza, a circa 1 km dalla stazione Verona Porta Nuova in direzione N-E, la faglia S. Ambrogio Valpolicella.

Sebbene la faglia in questione non interferisca direttamente con il tracciato di progetto, potrebbe ugualmente produrre eventi sismici significativi, con sicuro risentimento per le opere nei settori di stretto interesse progettuale.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

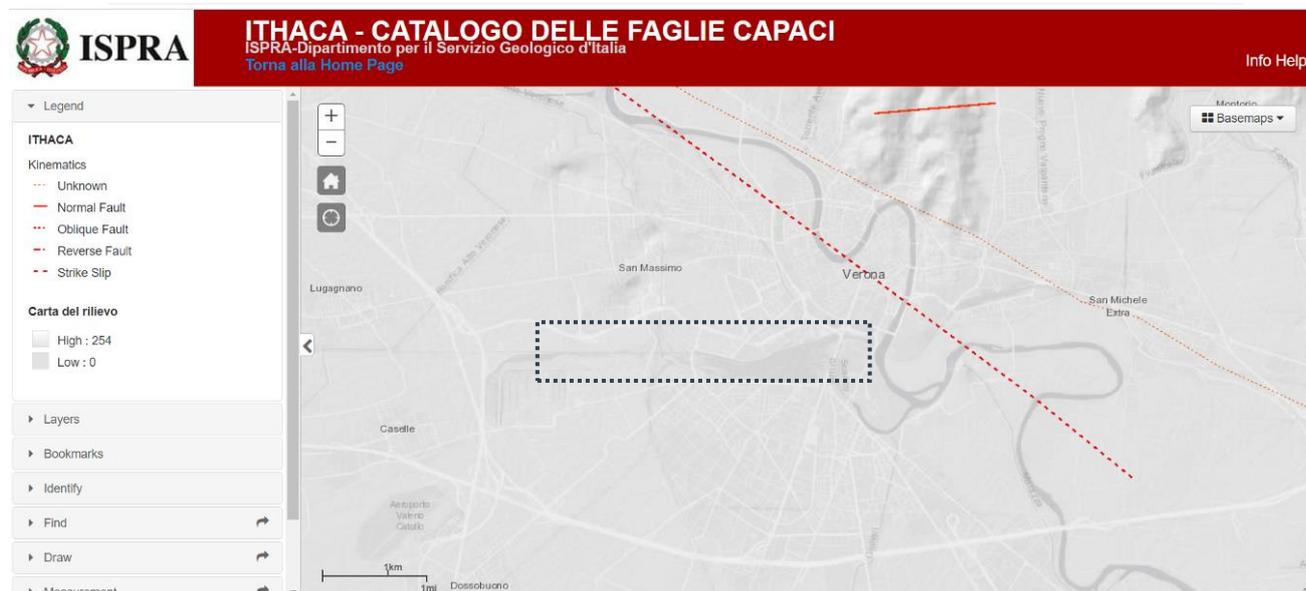


Figura 68. ITHACA; Stralcio cartografico dell'area di interesse con indicazione schematica dell'area oggetto di studio (rettangolo nero) e della faglia capace S. Ambrogio Valpolicella.

Fault description	
<b>GENERAL IDENTIFICATION</b>	
Fault Code	80201
Fault Name	S. Ambrogio Valpolicella
Region Name	Veneto
Tectonic Environment	PLATE BOUNDARY
System Name	S. Ambrogio Valpolicella
Synopsis	
Rank	Secondary
<b>GEOMETRY AND KINEMATICS</b>	
Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	320
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	NE
Fault Length (km)	39.4
Mapping Scale	1:50000
Fault Depth (m)	
Kinematics	Strike Slip DX
<b>ACTIVITY</b>	
Surface Evidence	inferred
Last Activity	Pleistocene generic

Figura 69. ITHACA; Parametri descrittivi della faglia capace S. Ambrogio Valpolicella (Scardia, G., Festa, A., Monegato, G., Pini, R., Rogledi, S., Tremolada, F., & Galadini, F. Evidence for late Alpine tectonics in the Lake Garda area (northern Italy) and seismogenic implications. GSA Bulletin, 127(1-2), 113-130.2015

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 12.5 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Gli studi sulla pericolosità sismica condotti dall'INGV hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9 (Meletti e Valensise, 2004). Secondo questa zonazione il territorio nazionale è stato diviso in 36 zone-sorgente, individuate mediante l'osservazione delle caratteristiche della sismicità storica/attuale (massima magnitudo, frequenza degli eventi in catalogo, distribuzione nelle classi di magnitudo) e dallo studio delle geometrie delle sorgenti sismotettoniche. Ciascuna area sorgente è divisa dalle adiacenti da limiti di colore diverso: il nero separa aree con differenti caratteristiche tettoniche o geologico strutturali, il blu separa invece zone con stesso stile deformativo ma con differenti caratteristiche di sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, etc.). A ciascuna delle 36 zone è associata una legge di ricorrenza della magnitudo espressa in termini di magnitudo momento  $M_w$  (Figura 70 e Figura 71).

L'area ferroviaria in esame ricade totalmente in corrispondenza della zona sismogenetica 906 Garda-Veronese, che include terremoti di media magnitudo legati alle spinte della cintura sub-alpina dal Veneto centrale al Lago di Garda. Questa zona include terremoti originati nella Pianura Padana i cui dati sono scarsi e di affidabilità incerta, come ad esempio l'evento del Veronese del 1117 di  $M_w \sim 6.5$  e del Bresciano del 1222,  $M_w \sim 6.$ , il quale ha interessato una porzione della provincia di Brescia in cui è presente un sistema di faglie inverse. In questa zona le zone epicentrali sono localizzate a profondità comprese tra 5 e 8 km; sono previsti, sulla base dei meccanismi focali, valori di magnitudo massima pari a  $M_{w_{max}} = 6.60$  (Figura 71).

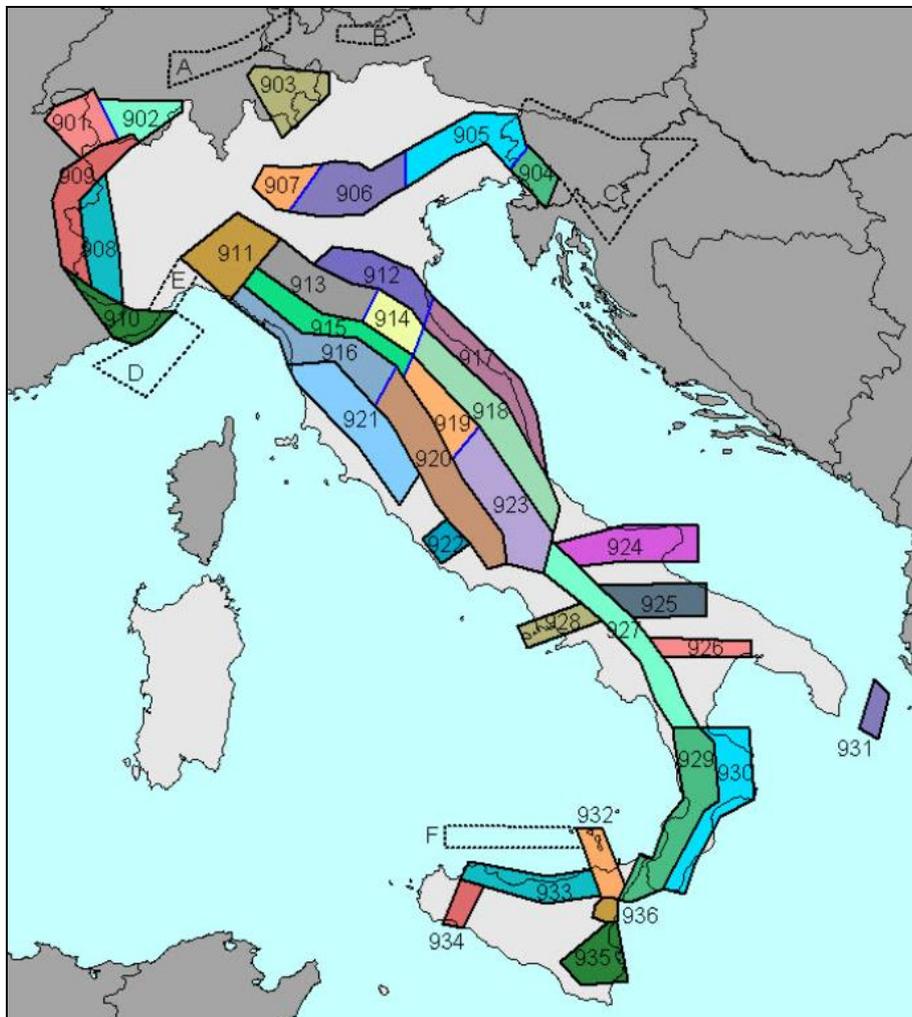


Figura 70. Zone sismogenetiche ZS9 del nord Italia (Meletti e Valensise, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M <sub>wmax</sub>
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 71. Valori di Mwmax per le zone sismogenetiche ZS9

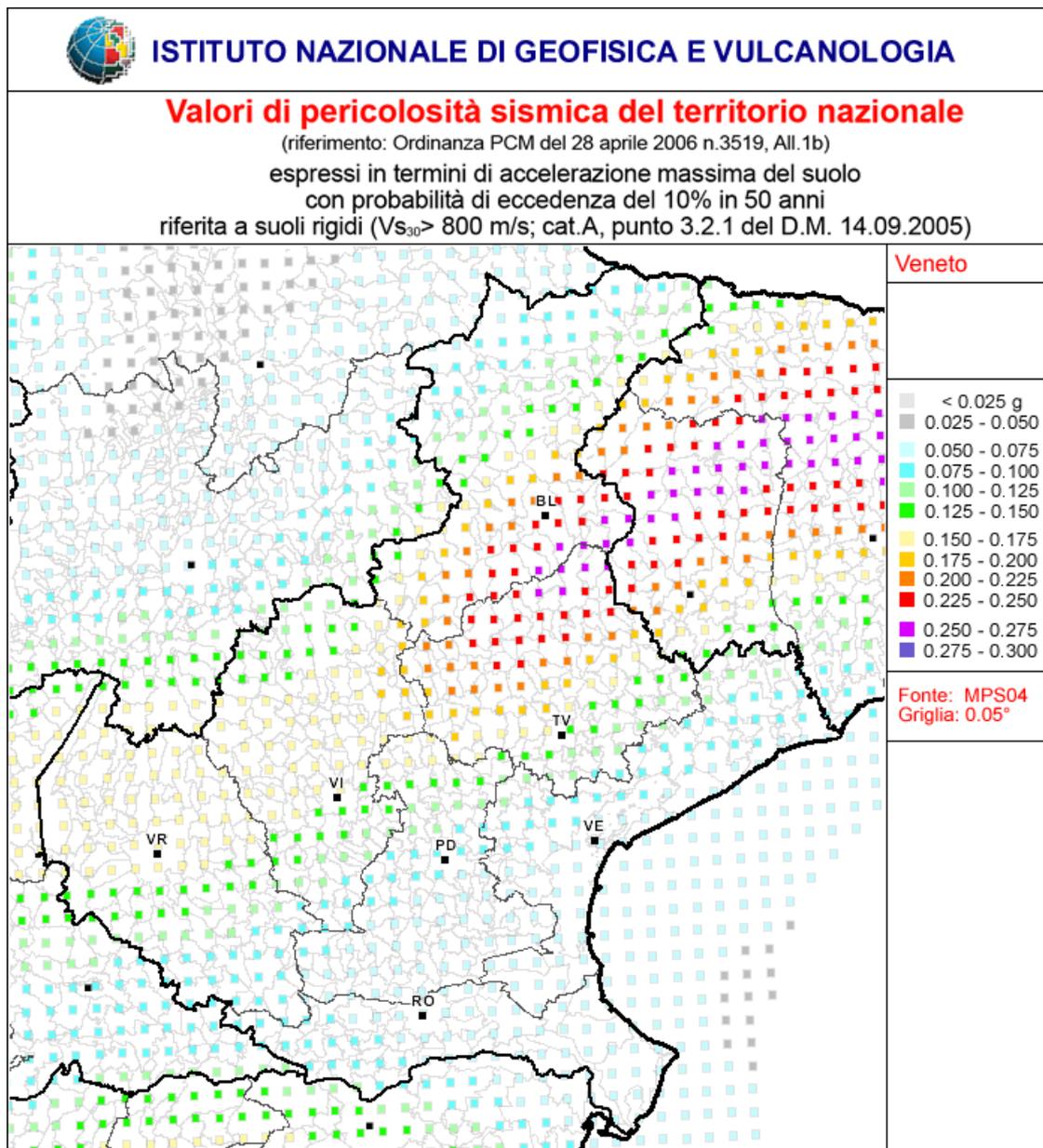


Figura 72. Valori di pericolosità sismica del territorio regionale (particolare della regione Veneto). Fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 12.6 PERICOLOSITÀ SISMICA

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

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'input sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame (Figura 73).

### Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

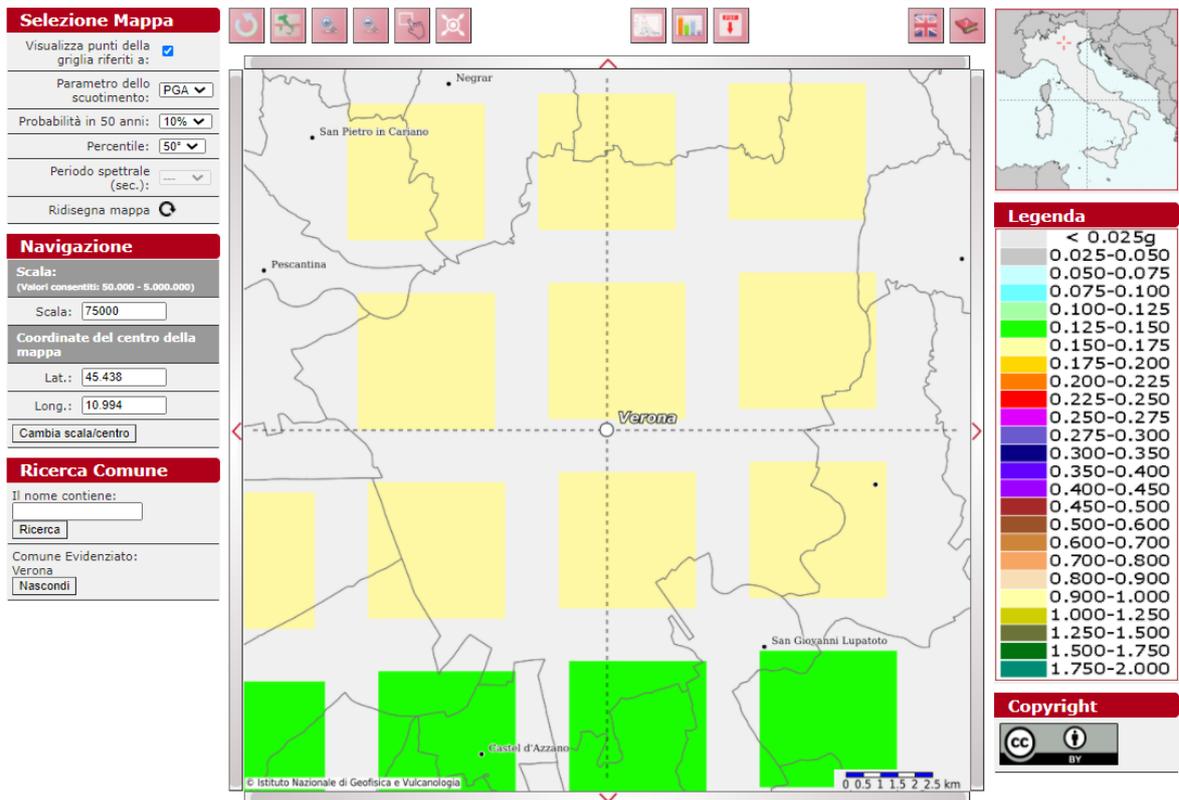


Figura 73. Valori di pericolosità sismica dell'area di Verona. Fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno  $T_r$  pari a 475. Per i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_{c^*}$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (come previsto dalle NTC 2018 paragrafo 3.2).

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica “probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR”:

- $a_g$ : accelerazione massima su suolo tipo A;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_{c^*}$ : periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo TC corrispondente all’inizio del tratto a velocità costante dello spettro. La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

I parametri forniti possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

In Tabella 27 vengono forniti, per il Comune di Verona, per periodi di ritorno  $T_R$  475 anni i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_{c^*}$  da utilizzare per definire l’azione sismica.

Tabella 27 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno  $T_r$  pari a 475 anni

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_{c^*}$ [s]
475	0.157	2.431	0.276

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 12.7 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Per la determinazione della categoria di sottosuolo possono essere utilizzati i dati derivanti dalle indagini geofisiche eseguite in foro e in superficie (prove Down-Hole e prove MASW/Re.Mi.) per conto di ITALFERR tra il 2014 e il 2021.

### 12.7.1 Indagini sismiche pregresse

Nell'ambito delle campagne geofisiche ITALFERR 2014 (linea Brescia Verona, Nodo di Verona AV/AC Ingresso Ovest) e 2016 (linea Brescia Verona, Nodo di Verona, Ingresso Est) sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche, utili ai fini della determinazione della categoria di sottosuolo (Tabella 28):

- n. 2 prove *Down-Hole* in foro nei fori di sondaggio DHL281R01 e DHL281O05 (campagna indagini 2014);
- n. 1 prova *Down-Hole* nel foro del sondaggio S03 (campagna indagini 2016).

Tabella 28. Indagini geofisiche ITALFERR 2014 e 2016

Sigla	Tipologia	Anno	prof. (m)	V <sub>s,eq</sub> (m/s)	H (m)	Categoria di sottosuolo
DHL281R01	Down-Hole	2014	30.0	670	30	B
DHL281O05	Down-Hole	2014	30.0	645	30	B
S 03	Down-Hole	2016	30.0	346	30	C

Per i certificati delle indagini geognostiche si rimanda ai report IN0910R69RHGE0001001A “RELAZIONE TECNICA, ESITI CAMPAGNA GEOFISICA, TOMOGRAFIA ELETTRICA E DOWN-HOLE” del settembre 2014 e IN0F20R69IGGE0001001A “ESITI GEOFISICA” del settembre 2016.

### 12.7.1 Indagini sismiche ITALFERR 2020-2021

Nell'ambito della campagna geognostica ITALFERR 2020-2021, sulla linea Brescia Verona, Nodo di Verona AV/AC Ingresso Ovest, sono state realizzate specifiche indagini geofisiche. In particolare, per la definizione della categoria di sottosuolo sono state eseguite:

- n. 8 acquisizioni sismiche di tipo M.A.S.W./Re.Mi.;
- n. 5 prove sismiche di tipo Down-Hole.

Nella tabella seguente sono riportate, in riferimento alle prove eseguite, le V<sub>s,eq</sub> e la relativa categoria di sottosuolo.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

Tabella 29. Campagna Indagini geofisiche ITALFERR 2021; Valori di  $V_{seq}$  (m/s) e relativa categoria di sottosuolo

Sigla Prova	$V_{seq}$ (m/sec)	Profondità di calcolo (m dal p.c.)	Categoria suolo
DH-S1	500	0-30	B
DH-S2	508	0-30	B
DH-S7	490	0-30	B
DH-S16	498	0-30	B
DH-S21	520	0-30	B
M1/R1	507	30	B
M2/R2	524	30	B
M3/R3	561	30	B
M4/R4	452	30	B
M5/R5	476	30	B
M6/R6	492	30	B
M7/R7	333	30	C
M8/R8	538	30	B

Per i certificati delle indagini geofisiche ITALFERR 2020-2021 si rimanda al report IN1010D69IGGE0005001A “REPORT PROVE SISMICHE: DOWN HOLE, M.A.S.W./Re.Mi. E H.V.S.R.” dell’aprile 2021.

## 12.8 ANALISI PRELIMINARE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga, 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L’incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

L’attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2018) prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$ , dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche

(SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e  $qc_{1N}$  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  $U_c > 3.5$ .

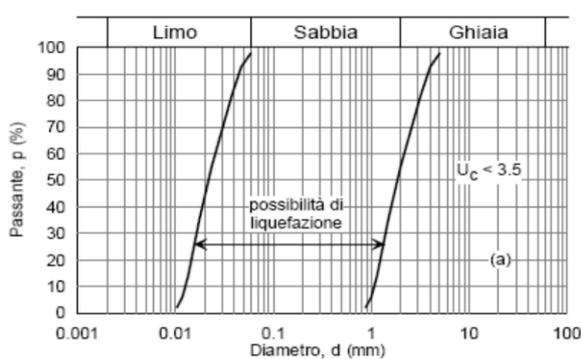


Fig. 7.11.1(a) - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

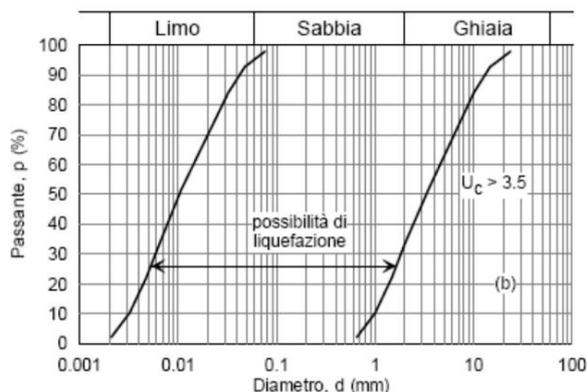


Fig. 7.11.1(b) - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nell'area in oggetto, sulla base dei dati ad oggi disponibili, la falda si colloca a profondità maggiori di 15 m dal piano campagna; per tale ragione, nel caso di adozione per le strutture in progetto di fondazioni superficiali, in riferimento alla normativa vigente, la verifica di liquefazione potrebbe essere omessa.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 12.9 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.

### 12.9.1 Categoria di sottosuolo

L'azione sismica nel 17/01/2018 viene valutata in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti), su sito di riferimento rigido (di categoria A), a superficie orizzontale (superficie topografica di categoria T1), riferendosi alla definizione di "pericolosità sismica di base", fornita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

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 suolo nonché le condizioni topografiche del sito di interesse. La determinazione della classificazione del sottosuolo 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).

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $VS_{30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m dall'espressione riportata di seguito e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

In relazione alle specifiche indagini eseguite nell'area è possibile classificare i terreni in sito come suolo di tipo "B", ovvero "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente ( $V_{s,eq}$ ) compresi tra 360 m/s e 360 m/s*".

### 12.9.2 Condizioni topografiche

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, essendo l'area in oggetto localizzata in ambito di pianura e non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, la morfologia dell'area può essere ricondotta ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.IV.

In particolare, l'area in oggetto può essere classificata di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ", caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica  $ST = 1,0$ .

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 12.10 MICROZONAZIONE SISMICA (LIVELLO 1)

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) deriva dall'analisi degli elementi ritenuti necessari per la valutazione degli effetti locali e di sito in relazione all'obiettivo della riduzione del rischio sismico. Tali elementi dovranno essere tenuti in considerazione nelle successive fasi di caratterizzazione sismica dei terreni e di parametrizzazione dinamica, al momento della realizzazione delle strutture. A tal fine, oltre all'acquisizione delle informazioni esistenti finalizzate alla conoscenza del territorio sotto il profilo geologico e geomorfologico, vengono valutati gli elementi utili per una ricostruzione e successiva rappresentazione, del modello geologico-tecnico di sottosuolo, sia in termini di geometrie sepolte che di spessori delle litologie presenti. Lo scopo di tale elaborato è quello di suddividere l'area investigata in aree omogenee (microzone) ove è possibile prevedere l'occorrenza di diversi effetti superficiali indotti dall'azione sismica.

Di seguito è riportata un'immagine in cui sono rappresentate le Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica del Comune di Verona.

Dall'osservazione della carta delle M.O.P.S. (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) del comune di Verona, emerge che parte del sito in esame è inserito nelle Zone Stabili Suscettibili di Amplificazione Locale: "Zona 2005", ovvero caratterizzata da depositi fluvio-glaciali dell'antico conoide dell'Adige con spessori superiori di 100m. In aggiunta, come si può notare dal profilo geologico di dettaglio del tracciato i livelli sabbiosi e limosi si riscontrano a profondità maggiori di 20m.

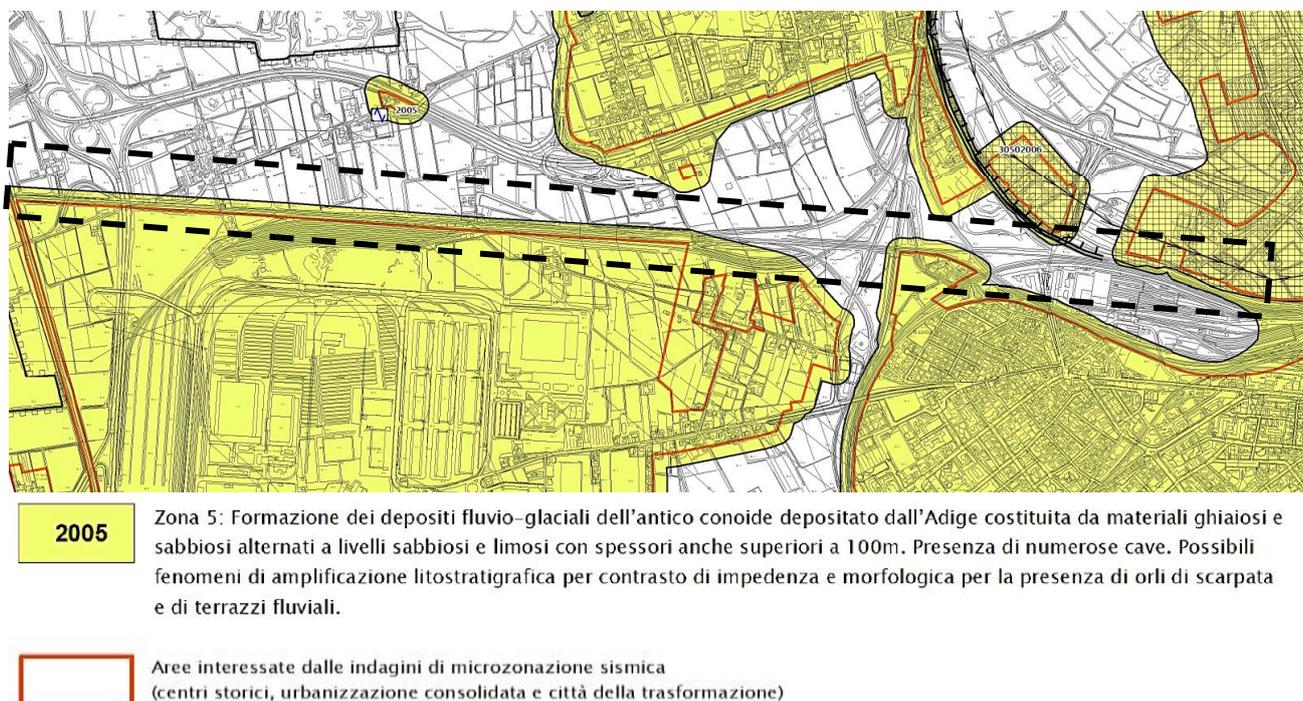


Figura 74. Carta delle M.O.P.S. del Comune di Verona e relativa legenda. In tratteggio nero l'area di progetto.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

### 13 SINTESI E CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto con lo scopo di fornire il quadro dei caratteri geologici, geomorfologici e idrogeologici nell'ambito della progettazione della linea AV/AC Milano-Venezia, tratta AV/AC Brescia Est – Verona, Nodo AV/AC di Verona Ingresso Ovest. L'intervento si colloca al limite settentrionale della Pianura Veneta e interessa il territorio a nord ovest di Verona. Dal punto di vista amministrativo interessa il territorio del comune Verona. Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa a partire dalla stazione ferroviaria di Verona Porta Nuova per circa 6,4 km in direzione ovest, in affiancamento alla linea esistente.

Dal punto di vista morfologico, il tracciato attraversa un territorio caratterizzato da morfologie regolari, sub-pianeggiante debolmente degradante verso est. Le quote topografiche variano da 80-85 m circa s.l.m. in corrispondenza dell'innesto con l'asse ferroviario esistente nei pressi dell'asse dell'autostrada del Brennero, ai 65-68 m s.l.m. circa nei pressi della stazione di Verona Porta Nuova.

Dal punto di vista geologico e geomorfologico regionale, l'intervento ricade nell'Alta Pianura Veronese, costituita da un dolce rilievo tabulare solcato dal fiume Adige, caratterizzato dalla presenza di depositi fluviali e fluvioglaciali antichi e recenti, prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi con intercalate, subordinatamente, sabbie e rari livelli limosi e argillosi disposti in ampie conoidi che, complessivamente, sono il prodotto dei processi deposizionali ed erosivi sviluppatisi negli ultimi 150.000 anni circa (fasi finali del Pleistocene-Attuale). Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa all'interno del grande conoide dell'Adige, sovrainciso e terrazzato per l'azione erosiva degli alvei würmiani e attuali del fiume. Per la definizione dell'assetto geologico di sottosuolo sono state raccolte e analizzate le indagini geognostiche disponibili già realizzate nell'area interessata dagli interventi in progetto, sia da ITALFERR sia da enti esterni alla società (Comune di Verona, Autostrada del Brennero S.p.A., RFI S.p.A). L'intero *set* di dati, integrato con la campagna geognostica 2020-21, ha permesso una ricostruzione adeguata alla presente fase progettuale dell'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale delle unità di sottosuolo. La campagna indagine del Progetto Definitivo 2020/21 ha previsto:

- n. 21 sondaggi a carotaggio continuo, fatta eccezione per il sondaggio S3, attrezzati a foro sismico o piezometro (di tipo Norton) spinti tra i 40 a 50 metri di profondità, con esecuzione di prove in foro tipo S.P.T., prove di permeabilità e prelievo di campioni. Per i certificati stratigrafici, foto e prove si demanda al report IN1010D69SGGE0005001A e per i certificati delle prove geotecniche al documento IN1010D69PRGE0005001A;
- n. 8 acquisizioni sismiche di tipo M.A.S.W./Re.Mi., identificate con sigle da M1/R1 a M8/R8, sovrapposte con n. 8 prove sismiche passive di tipo H.V.S.R. (denominate da HV1 a HV8);
- n. 5 prove sismiche di tipo Down-Hole, denominate DH1, DH2, DH7, DH16 e DH21, realizzate rispettivamente nei fori di sondaggio opportunamente attrezzati S1bis, S2bis, S7bis, S16bis e S21 terebrati fino alle profondità di 40.0 m (S1bis, S7bis, S16bis e S21) e 50.0 m (S2bis), finalizzati alla definizione dei profili di velocità  $V_p$ ,  $V_s$  e alla determinazione dei parametri  $V_{seq}$  (ai sensi delle N.T.C. 2018), nonché dei moduli dinamici dei terreni carotati. Per le indagini geofisiche si rimanda al report IN1010D69IGGE0005002A.

Dal punto di vista geo-litologico di dettaglio, il tracciato intercetta ghiaie poligeniche ed eterometriche ( $\emptyset$  max < 6 cm) da angolari ad arrotondate, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-limosa, di colore

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

avana, beige, nocciola, grigio, marrone, rossastro e giallastro, da scarsa ad abbondante; talora sono presenti ciottoli ( $\varnothing$  max >10 cm) e locali passaggi, a profondità maggiori di 20 m e di spessori ridotti (max. 2-3 m), di sabbie, sabbie limose debolmente argillose e limi sabbiosi di colore nocciola, marrone, grigio e giallastro; tali unità sono ascrivibili in letteratura a depositi del Würm e Würm recente.

L'area di progetto si inserisce in un contesto fortemente urbanizzato, in cui le evidenze morfologiche naturali sono state in parte o completamente obliterate dalle attività antropiche. In particolare, il tracciato di progetto è in affiancamento all'attuale linea dove non si evidenziano forme, processi e depositi particolarmente significativi e che possano rappresentare una criticità.

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologici e idrogeologici acquisiti durante le attività di perforazione e sulle informazioni idrogeologiche disponibili da letteratura. Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato con i dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni installate nei fori di sondaggio e dalle prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre si è fatto riferimento ai dati piezometrici e alle informazioni idrogeologiche provenienti da studi di letteratura.

Lo studio geologico ha permesso di comprendere le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area.

In riferimento alla natura dei terreni e alle prove di permeabilità realizzate nei fori di sondaggio nel corso delle diverse campagne di indagine, nell'area sono stati individuati tre distinti complessi idrogeologici principali, di cui quello ghiaioso-sabbioso è quello che prevale in tutto il settore. Il **Complesso ghiaioso-sabbioso (CGS) ascrivibile a depositi prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi**, che costituiscono un acquifero poroso di buona trasmissività ed è sede di una falda idrica di discreta rilevanza. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è generalmente media. Le unità geologiche che costituiscono il complesso ghiaioso-sabbioso sono depositi fluvioglaciali fgR<sup>31</sup> e fgR<sup>21</sup>.

Il **Complesso sabbioso-limoso (CSL) ascrivibile a depositi prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi** che costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi, sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, localmente autonome, ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. Anche se in corrispondenza di tali orizzonti non sono state effettuate prove di permeabilità, la stessa, esclusivamente per porosità, è assunta variabile da bassa a media. Le unità geologiche che costituiscono il complesso sabbioso – limoso sono depositi fluvioglaciali fgR<sup>32</sup> e fgR<sup>22</sup>.

Il **Complesso argilloso-limoso (CAL) ascrivibile a depositi prevalentemente argillosi e limosi**, che costituiscono dei limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli aquicludi di importanza variabile in relazione allo spessore dei depositi; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. Anche se in corrispondenza di tali orizzonti, visto anche l'estensione, non sono state effettuate prove di permeabilità, la stessa, esclusivamente per porosità, è assunta da molto bassa a bassa. Le unità geologiche che costituiscono il complesso argilloso-limoso sono depositi fluvioglaciali fgR<sup>33</sup> fgR<sup>34</sup>.

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

Dal rilevamento piezometrico effettuato da marzo 2021, in aggiunta alle letture avvenute nei periodi dell'esecuzione dei sondaggi (Ottobre 2020-Febbraio 2021), è emerso che i dati ottenuti sono sostanzialmente in accordo con le misurazioni disponibili per gli anni pregressi e con la cartografia idrogeologica disponibile; la falda freatica si colloca alla quota di circa 50 m s.l.m. e il livello risulta sostanzialmente inalterato per tutto lo sviluppo dell'opera in oggetto. In riferimento al piano campagna, la falda soggiace a circa 34 m di profondità nella porzione più ad ovest dell'area (in corrispondenza dell'autostrada del Brennero) e a circa 20 m di profondità nei pressi della stazione ferroviaria Verona Porta Nuova.

La direzione media del deflusso idrico sotterraneo è NNW-SSE quindi subparallela alla direzione di deflusso del fiume Adige; i gradienti piezometrici sono in media piuttosto bassi, anche se localmente possono risultare più marcati in corrispondenza di evidenti variazioni granulometriche dei terreni costituenti l'acquifero.

Le potenziali interferenze tra il tracciato di progetto e le fasce di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile (*dataset* Acque Veronesi) sono state valutate con metodo geometrico, assumendo l'area di influenza pari ad un raggio di 200 m dal pozzo (D. lgs. 152/2006). Tuttavia, non si individuano interferenze tra tracciato e opere di captazione; i più vicini sono i pozzi idropotabili di Acque Veronesi nella parte terminale del tracciato di progetto in corrispondenza della Stazione di Verona Porta Nuova.

Il comune di Verona, ai sensi della carta di classificazione sismica aggiornata al 30 novembre 2020 con Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'O.P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 e dell'O.P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519, risulta classificato in **“zona 3”**.

L'area ferroviaria in esame ricade totalmente in corrispondenza della zona sismogenetica 906 Garda-Veronese, che include terremoti di media magnitudo legati alle spinte della cintura sub-alpina dal Veneto centrale al Lago di Garda. Questa zona include terremoti originati nella Pianura Padana i cui dati sono scarsi e di affidabilità incerta, come ad esempio l'evento del Veronese del 1117 di  $M_w \sim 6.5$  e del Bresciano del 1222 ( $M_w \sim 6$ ) che ha interessato una porzione della provincia di Brescia in cui è presente un sistema di faglie inverse. In questa zona le zone epicentrali sono localizzate a profondità comprese tra 5 e 8 km; sulla base dei meccanismi focali, i valori di magnitudo massima attesi sono pari a  $M_{w_{max}} = 6.60$ .

Ai sensi del D.M. 17.01.2018, sulla base dei risultati derivanti dalle indagini eseguite nell'area, è possibile classificare i terreni in sito come suoli di tipo “B”, ovvero *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente ( $V_{s,eq}$ ) compresi tra 360 m/s e 360 m/s”*.

In riferimento alla categoria topografica l'area in oggetto può essere classificata di categoria T1 *“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ”*, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica  $ST = 1,0$ .

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

## 14 BIBLIOGRAFIA

- Antonelli D. E. 2016. *La valle dell'Adige: genesi e modificazione di una grande valle alpina come interazione tra dinamiche naturali e fattori antropici*. Memorie della Accademia Roveretana degli Agiati. Atti del Convegno Rovereto, 21-22 febbraio 2013
- Antonelli R., Campagnoni A., Marcolongo B., Surian N., Zambrano R., 1994. *Una ricerca integrata tra l'alta pianura veronese e l'anfiteatro morenico del Garda per il riconoscimento di risorse idriche alternative e della loro vulnerabilità. Primi risultati e prospettive di sviluppo*. Quaderni Geologia Applicata, 2, pp. 57-76.
- ARPAV, 2010. *Mappa unità deposizionali*. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto.
- Bosellini A., Carraro F., Corsi M., De Vecchi G.P., Gatto G.O., Malaroda R., Sturani C., Ungaro S., Zanettin B., 1967. *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 49, "Verona"*. Serv. Geol. It., Roma.
- Boscolo C., Mion F., 2008. *Le acque sotterranee della pianura veneta. I risultati del Progetto SAMPAS*. Agenzia regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV).
- Carraro F., Malaroda R., Piccoli G., Sturani C., Venzo S., 1969. *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 48, "Peschiera del Garda"*. Serv. Geol. It., Roma.
- Dal Prà A., De Rossi P., 1989. *Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige, rilievi del settembre 1986. Scala 1:30.000*. Università di Padova - Dipartimento di Geologia.
- Fontana A., Mozzi P., Marchetti M., 2014. *Alluvial fans and megafans along the southern side of the Alps*. *Sedimentary Geology* 301, 150-171.
- ISPRA, 2007. *Guida alla rappresentazione cartografica della Carta geomorfologica d'Italia, 1:50.000*. Quaderni Serie III del Servizio Geologico Nazionale, 10: pp. 48, Roma.
- ISPRA, 2009. *Guida alla rappresentazione cartografica della Carta geologica d'Italia, 1:50.000*. Quaderni Serie III del Servizio Geologico Nazionale, 12: pp. 126, Roma.
- Meletti, C., Valensise G., Azzaro R., Basili R., Barba S., Galadini F., Gasperini P., Stucchi M., Vannucci G., 2004. *Zonazione sismogenetica ZS9. App. 2 al Rapporto Conclusivo sulla redazione della Mappa di Pericolosità Sismica*, pp. 38, (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>).
- Panizza M., Slejko D., Bartolomei G., Carton A., Castaldini D., Demartin M., Nicolich R., Sauro U., Semenza E., Sorbini L., 1981. *Modello Sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa*. *Rend. Soc. Geol. It.*, 3, 587-603.
- Piano Stralcio per la tutela dal Rischio Idrogeologico Bacino dell'Adige, Regione Veneto, presa d'atto del Comitato Istituzionale Permanente con delibera n. 5/2018 del 27 dicembre 2018 del parere favorevole del decreto segretariale n.100 del 7 dicembre 2018 (avviso di presa d'atto del progetto di variante e adozione delle misure di salvaguardia, per estratto, nella Gazz. Uff. n. 124 del 29/05/2019) (<http://www.bacino-adige.it/>)

	<b>LINEA AV/AC MILANO – VENEZIA</b> <b>LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC BRESCIA EST – VERONA</b> <b>NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO OVEST</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IN01	LOTTO 10	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. A

Regione Veneto, Direzione Geologia e Georisorse - Venezia (VE). Indagini geognostiche.

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>

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A., 2021. *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>

Scardia, G., Festa, A., Monegato, G., Pini, R., Rogledi, S., Tremolada, F., Galadini, F., 2015. *Evidence for late Alpine tectonics in the Lake Garda area (northern Italy) and seismogenic implications*. GSA Bulletin, 127(1-2), 113-130.

Servizio Geologico d'Italia, 1967. Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 foglio 49 "Verona". Serv. Geol. It., Roma.

Servizio Geologico d'Italia, 1969. Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000 foglio 48 "Peschiera del Garda". Serv. Geol. It., Roma.

Servizio Geologico d'Italia, 1992. *Guida al rilevamento della Carta geologica d'Italia 1:50.000*. Quaderni Serie III del Servizio Geologico Nazionale, 1: pp. 203, Roma.

Servizio Geologico d'Italia, 1994. *Guida al rilevamento della Carta geomorfologica d'Italia, 1:50.000*. Quaderni Serie III del Servizio Geologico Nazionale, 4: pp. 42, Roma.

Toscano A., 2017. *Studio di Microzonazione Sismica di Livello I del Comune di Verona. Relazione illustrativa e cartografie tematiche* (Carta Indagini, Carta Geologico Tecnica, Carta MOPS). Regione Veneto, DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE n. 1664 del 21 ottobre 2016.

Valensise G., Pantosti D., 2001. *Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy*. Annali di Geofisica, Suppl. vol. 44, 4, pp. 180, con CD-ROM.

Viti M., Mantovani E., Babbucci D., Tamburelli C., 2006. *Quaternary geodynamics deformation pattern in the southern Appennines*. Boll. S.G.Ital. 125, fasc. 3, 273-291, 6 ff.