

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



COMUNE DI TORINO



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto generale: Politecnico - Rebaudengo**

PROGETTO DEFINITIVO		 INFRATRASPORTI S.r.l. FRATRASO												
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA													
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S	Ing. P. De Martini Ugolotti Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 8227Y	GEOTECNICA E SISMICA MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1 RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA												
		ELABORATO					REV.		SCALA	DATA				
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi		MT	L2	T1	A0	D	GEO	GEN	R	003	0	1	-	31/03/2023

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	31/10/22	VPe	PDM	PDM	R. Crova
1	RECEPIMENTO ISTRUTTORIA	31/03/23	MPe	PDM	PDM	R. Crova
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 0</td> <td>CARTELLA</td> <td>4.11</td> <td>36</td> <td>MTL2T1A0D</td> <td>GEOGENR003</td> </tr> </table>	LOTTO 0	CARTELLA	4.11	36	MTL2T1A0D	GEOGENR003	<p align="center">STAZIONE APPALTANTE</p> <p align="center">DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p align="center">RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro</p>
LOTTO 0	CARTELLA	4.11	36	MTL2T1A0D	GEOGENR003		

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

INDICE

1.	INTRODUZIONE	5
1.1	GENERALITÀ	5
1.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
2.	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	8
2.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	8
2.2	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	8
2.3	CATEGORIA SISMICA DEL SOTTOSUOLO	14
3.	ASSETTO GEOMORFOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	17
3.1	ASSETTO MORFOLOGICO	17
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	18
3.3	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	20
3.3.1	SUCCESSIONE MIOCENICA	20
3.3.2	SUCCESSIONE PLIOCENICA MARINA	22
3.3.3	SUCCESSIONE PLIOCENICO-PLEISTOCENICA CONTINENTALE	22
3.3.4	SUCCESSIONE PLEISTOCENICO-OLOCENICA FLUVIOGLACIALE E FLUVIALE	22
4.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	23
5.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	25
5.1	UNITÀ GEOLOGICHE	25
5.1.1	STRATO ANTROPICO	25
5.1.2	DEPOSITI FLUVIALI	25
5.1.3	DEPOSITI FLUVIO GLACIALI	26
5.1.4	DEPOSITI INCERTAE SEDIS	26
5.1.5	SABBIE DI FERRERE - VILLAFRANCHIANO AUCT. (SFR)	26
5.1.6	ARGILLE AZZURRE DI LUGAGNANO (UNITÀ GEOLOGICA FAA)	26
5.1.7	MARNE DI SANT'AGATA FOSSILI (UNITÀ GEOLOGICA SAF)	27
5.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO	27
6.	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	31
6.1	LIQUEFAZIONE	31
6.2	FAGLIE ATTIVE E CAPACI	41

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

6.2.1	FAGLIA DEL MONTE DEI CAPUCCINI	43
6.2.2	FAGLIA DI TORINO	45
6.2.3	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	46
7.	ELABORATI CARTOGRAFICI	48
7.1	CARTA DELLE INDAGINI	48
7.2	CARTA GEOLOGICO TECNICA	48
7.3	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SIMICA	50
8.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	52

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1	Valori di V_{seq} determinati in corrispondenza degli stendimenti MASW	15
Tabella 2	Ubicazione degli stendimenti MASW con valori di V_{seq} corrispondenti alla categoria di suolo C	16

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Key-plan della linea 2 – Tratta funzionale Politecnico-Rebaudengo	6
Figura 2.	Modello di pericolosità sismica MPS04-S1 (da http://esse1-gis.mi.ingv.it/)	9
Figura 3.	Sorgenti sismogenetiche segnalate nell'area di Torino	10
Figura 4.	Eventi sismici registrati Cataloghi INGV	14
Figura 5.	Categorie di sottosuolo, definite dalle NTC del DM 17/1/2018	14
Figura 6.	Estratto del Foglio CARG relativo alla zona dell'attraversamento della Dora Riparia.	18
Figura 7.	Estratto dei Fogli n. 155 (Torino Ovest) e 156 (Torino Est) della cartografia CARG 1:50.000 .	19
Figura 8.	Estratto della cartografia geologica del Piemonte in scala 1:250.000 (da Piana et al., 2017)	20
Figura 9.	Profilo schematico dell'area in cui è edificata la città di Torino (da Forno & Lucchesi, 2014)	20
Figura 10.	Schema strutturale estratto dal Foglio CARG Torino Est.	21
Figura 11.	Schema della circolazione sotterranea nell'area di Torino (da De Luca & Ossella, 2014).	28
Figura 12.	Andamento della superficie della falda interpolato sulla base dei dati di soggiacenza raccolti nella campagna di ottobre 2021	30

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

Figura 13. Gruppo n. 1 dei fusi granulometrici (Depositi fluviali)	32
Figura 14. Gruppo n. 2 dei fusi granulometrici (Depositi fluvio glaciali)	32
Figura 15. Liquefazione da VS (cross hole) zona Politecnico	34
Figura 16. Liquefazione da VS (Masw) zona Stazione Bologna	35
Figura 17. Liquefazione da VS (Masw) zona Stazione Mole-Giardini	36
Figura 18. Liquefazione da VS (Masw) zona Stazione Giulio Cesare	37
Figura 19. Criterio per il calcolo del pericolo della liquefazione	38
Figura 20. Criterio semiempirico per la definizione del pericolo della liquefazione	38
Figura 21. Ithaca - Catalogo delle faglie capaci, con riportato il tracciato dell'opera	43
Figura 22. Foglio Carg 156 "Torino Est" - Schema strutturale	45

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

1. INTRODUZIONE

1.1 Generalità

La presente relazione s’inserisce nell’ambito dell’affidamento dei servizi di ingegneria relativi alla Progettazione Definitiva della Tratta Politecnico-Rebaudengo della Linea 2 della Metropolitana, disciplinato dal contratto tra la Città di Torino e la società Infratrasporti.TO s.r.l., e ha per oggetto lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 a corredo della Variante n. 333 al P.R.G.C..

Il 1° lotto funzionale della Linea 2 della Metropolitana di Torino (**Figura 1**), incluso tra le stazioni Rebaudengo e Politecnico, si colloca interamente nel territorio comunale di Torino, presenta una lunghezza di circa 9,7 km, e, procedendo da nord verso sud, si sviluppa a partire dalla stazione di corrispondenza con la stazione F.S. Rebaudengo-Fossata, proseguendo poi lungo la ex trincea ferroviaria posta tra via Gottardo e via Sempione. Il tracciato, a partire dalla fermata Corelli passa lungo via Bologna, al fine di servire meglio gli insediamenti dell’area interessata esistenti e futuri con le fermate intermedie Cimarosa-Tabacchi, Bologna e Novara. Dopo la fermata Novara, il tracciato si allontana dall’asse di Via Bologna mediante una curva in direzione sud-est e si immette sotto l’asse di Corso Verona fino alla Stazione Verona ubicata in Largo Verona. Dopo la fermata Verona, sotto attraversato il fiume Dora e Corso Regina Margherita, la linea entra nel centro storico della città con le fermate Mole/Giardini Reali e Carlo Alberto, portandosi poi in corrispondenza di via Lagrange, sino ad arrivare alla stazione Porta Nuova, posta lungo via Nizza, che sarà di corrispondenza sia con la linea F.S. che con la Linea 1 della metropolitana di Torino.

Dalla fermata Porta Nuova il tracciato prosegue lungo l’allineamento di via Pastrengo, per poi portarsi su corso Duca degli Abruzzi fino alla fermata Politecnico.

Lo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stato compiuto sul territorio interessato dal percorso dalla Linea 2 tratta Rebaudengo - Politecnico, esteso a un intorno significativo, sulla base degli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica - Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Commissione Protezione Civile Sottocommissione 8 Attuazione della normativa sismica - Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile, (2008)”.

L’organizzazione delle informazioni è stata effettuata per quanto possibile sulla base degli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica”, versione 4.2, elaborati dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica e datati dicembre 2020.

I citati indirizzi prevedono che gli studi di Microzonazione Sismica siano effettuati a vari livelli di approfondimento, passando da un livello 1 fino al livello 3:

- il livello 1 è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee;



- il livello 2 introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando allo scopo ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce la Carta di microzonazione sismica;
- il livello 3 restituisce una Carta di Microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Il **livello 1**, oggetto del lavoro, rappresenta quindi un livello propedeutico agli studi successivi ed è finalizzato alla individuazione di aree omogenee (microzone) dal punto di vista sismico che mostrano caratteristiche tali da poter generare fenomeni di amplificazione sismica o fenomeni di instabilità indotti (liquefazione, cedimenti differenziali, franosità).

Le attività fondamentali dello studio sono consistite nella raccolta e organizzazione di tutti i dati geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, stratigrafici, indagini geofisiche, relativi al territorio oggetto di studio, a partire dai risultati delle attività di indagine e studio effettuate a corredo del Progetto di Fattibilità e del Progetto Definitivo dell'opera.

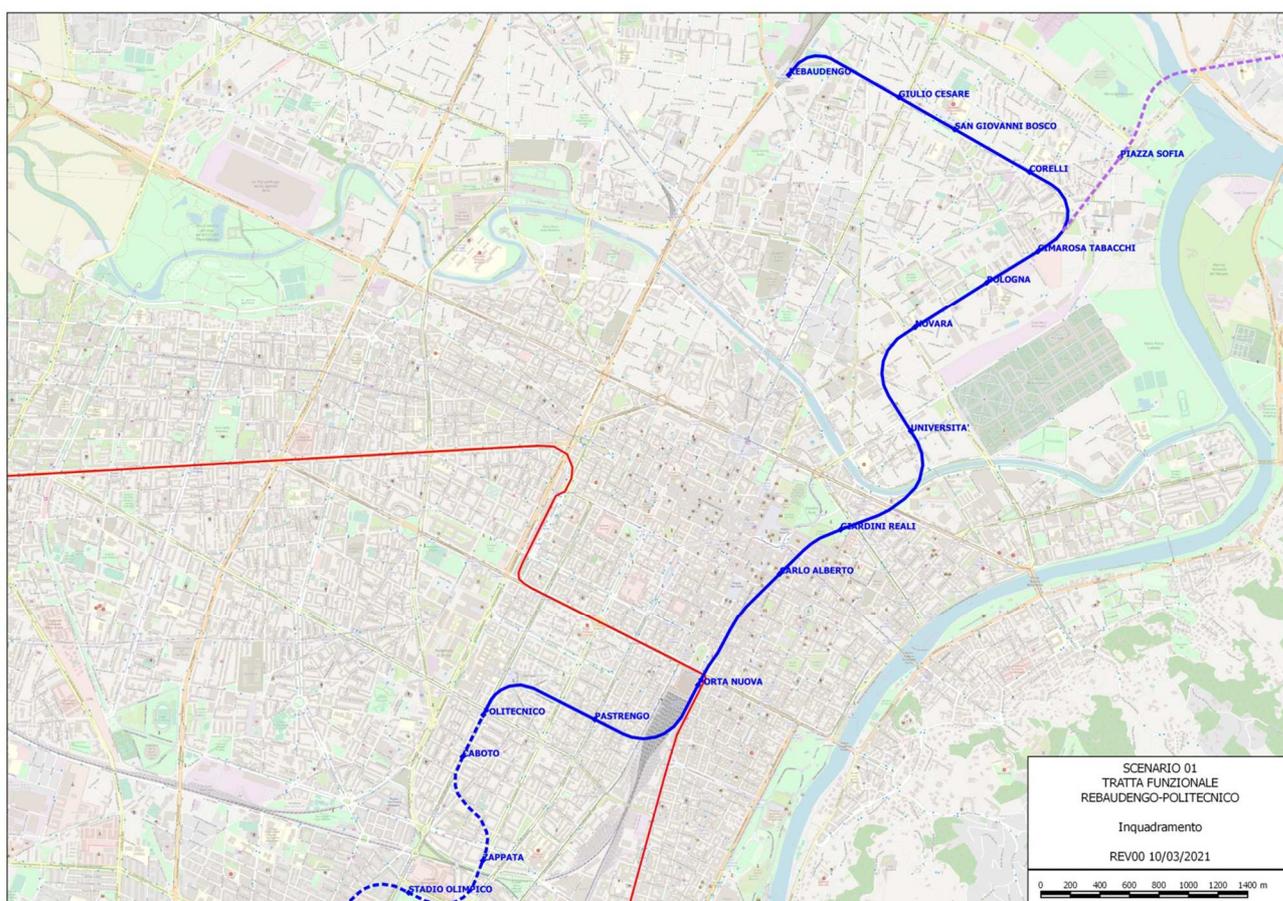


Figura 1. Key-plan della linea 2 – Tratta funzionale Politecnico-Rebaudengo

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

1.2 Documenti di riferimento

Il lavoro è basato essenzialmente su quanto contenuto nei seguenti documenti di riferimento:

- Rapporti ed elaborati tecnici del progetto di fattibilità tecnica ed economica (Relazione geologica, monitoraggio piezometrico, planimetrie e profili associati, planimetrie e profili geologici, rilievi ambientali, sondaggi e prove in sito, prove di laboratorio, piezometrie):
 - MTO2PFTCGEOCOMR003 Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica
 - MTO2PFTCGEOCOMR004 Esiti monitoraggio piezometrico
 - MTO2PFTCGEOCOMT005 Planimetria e profilo geologico - Tav da 1 a 8
 - MTO2PFTCGEOCOMT006 Planimetria e profilo idrologico - Tav da 1 a 8
 - MTO2PFTCGEOCOMR005 Sondaggi geognostici - Risultati prove di laboratorio
 - MTO2PFTCGEOCOMR006 Relazione geotecnica
 - MTO2PFTCGEOCOMT007 Profilo geotecnico - Tav da 1 a 12
 - MTO2PFTCGEOCOMT008 Planimetria con indicazione dei sondaggi - Tav da 1 a 12
 - MTO2PFTCGEOCOMR002 Relazione tecnica - Esiti indagini e prove in situ
 - MTO2PFTCGEOCOMR005 Sondaggi geognostici – Risultati prove di laboratorio

- Rapporti ed elaborati tecnici del progetto definitivo (Relazioni sulle indagini geologiche - geotecniche, risultati delle prove in sito, risultati delle prove sismiche, Relazione geologica, Carte e profili geologici, Relazione geotecnica e sismica):
 - MTL2T1A0DINDGENR002 - Indagini geognostiche - Relazione tecnica-descrittiva delle indagini geognostiche eseguite
 - MTL2T1A0DINDGENT002.1 - MTL2T1A0DINDGENT002.6 Relazione tecnica-descrittiva delle indagini geognostiche eseguite - Tavole da 1 a 6
 - MTL2T1A0DGEOGENR001 Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica
 - MTL2T1A0DGEOGENT001.1 - MTL2T1A0DGEOGENT001.6 Carta e sezione geologica– Tavole da 1 a 6
 - MTL2T1A0DGEOGENT002.1 - MTL2T1A0DGEOGENT002.6 Carta e sezione idrogeologica – Tavole da 1 a 6
 - MTL2T1A0DGEOGENT003.1 - MTL2T1A0DGEOGENT003.6 Profilo geotecnico - Tavole da 1 a 6
 - MTL2T1A0DGEOGENR002 Relazione geotecnica e sismica

Gli elaborati su menzionati riportano l'inquadramento cartografico del tracciato di progetto, l'ubicazione delle indagini geognostiche e le sezioni geologico-tecniche, oltre a tutti i risultati delle indagini in sito e di laboratorio per ciascuna delle due fasi progettuali.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

2. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

2.1 Classificazione sismica del territorio

La classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte è stata aggiornata nel 2019 mediante la D.G.R. n.6-887 (30 dicembre 2019).

Sulla base di tale norma, il comune di Torino, in cui ricade interamente l'area di intervento, è classificato in Zona 3.

La D.G.R. n.6-887 stabilisce che, fino all'aggiornamento delle procedure per la gestione e il controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico (tramite uno specifico provvedimento), continueranno a valere le disposizioni vigenti, stabilite dalla D.G.R. 21 maggio 2014, n. 65-7656 che definisce su base comunale le procedure autorizzative da seguire sulla base della sismicità attesa, come definita ed integrata dalla precedente OPCM 3274 del 2003.

2.2 Pericolosità sismica di base

In base alla normativa vigente (D.M. 17/01/2018) la pericolosità sismica di un'area è esprimibile in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800\text{m/s}$). In **Figura 2** si riporta uno stralcio del Modello di pericolosità sismica MPS04-S1, estratto dal sito dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), relativo alle aree interessate dall'opera in progetto.

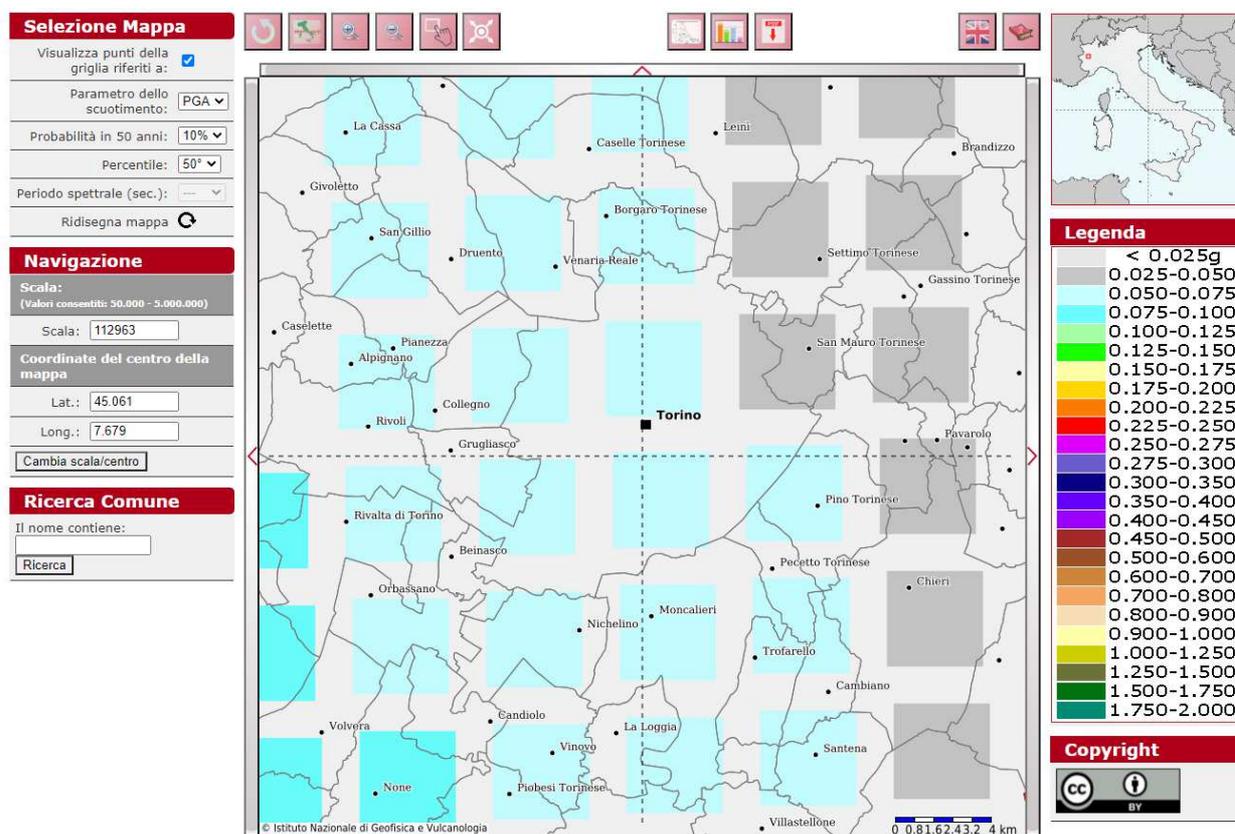


Figura 2 Modello di pericolosità sismica MPS04-S1 (da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

Lo stralcio sopra riportato illustra la distribuzione dei valori di PGA¹ (Peak Ground Acceleration) calcolati per una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Alla porzione del territorio in cui ricade l'opera, il suddetto modello attribuisce un valore di PGA compreso tra 0.050 e 0.075 g.

Per quanto riguarda le sorgenti sismogenetiche, secondo il database DISS – Database of Individual Seismogenic Sources realizzato a cura dell'INGV (<http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>), l'area di Torino è interessata da una sorgente sismogenetica codificata con il codice ITCS023, ubicata a una profondità compresa tra 1 e 8 km. A questo elemento, riportato in **Figura 3**, è associata una Magnitudo massima pari a 5,7, definita sulla base dei terremoti più intensi avvenuti nell'area (evento del 1808).

¹ Picco di accelerazione orizzontale del suolo, definita anche come a(g) dall'OPCM 3519/2006

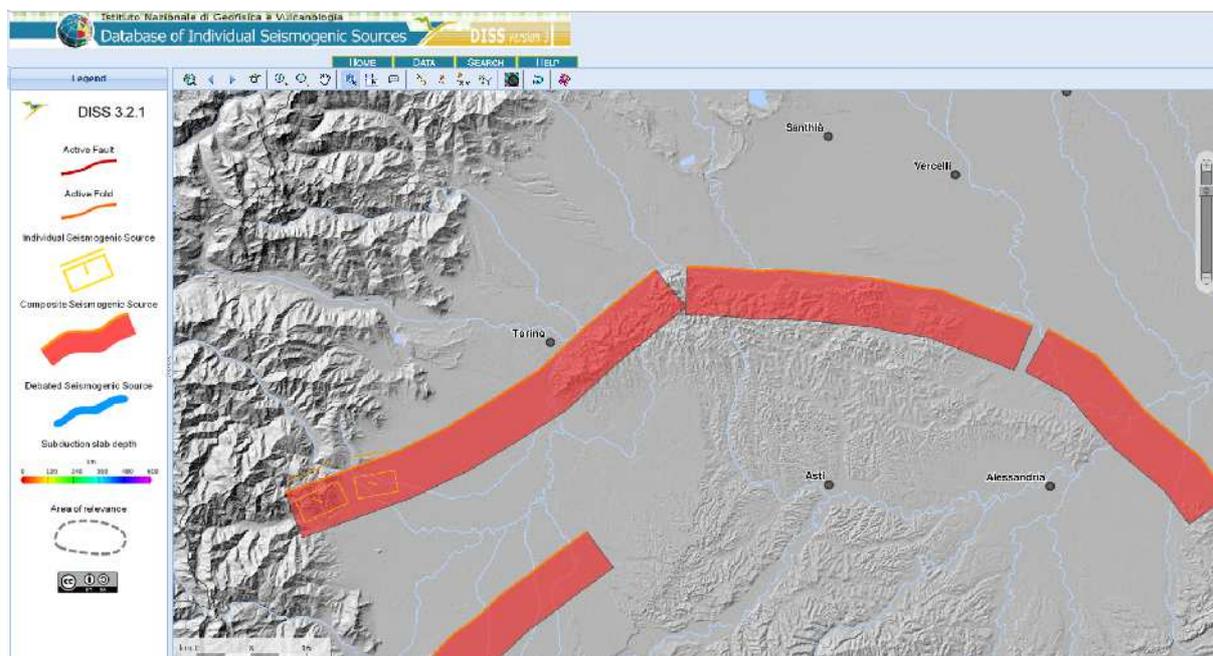


Figura 3 Sorgenti sismogenetiche (linee rosse) segnalate nell'area di Torino (immagine estratta da <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>)

La sismicità storica dell'area in esame è stata analizzata consultando presso INGV i seguenti cataloghi:

- Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani CPTI15
- Database Macrosismico Italiano DBMI15.

Dalla consultazione dei database risultano, nel periodo 1753 - 2022, per la zona in studio n. 75 eventi, riportati in **Figura 4**.

Int.		area epicentrale	NMDP	Io Mw
5	1753 03 09 13 15	Val Chisone	16	6-7 5.16
4-5	1759 05 26 22 15	Pavese	4	5 4.16
F	1767 02 07 03 45	Genovese	10	6 4.98
F	1767 05 26 18 24	Valli di Lanzo	3	7 5.10

**CITTA' DI TORINO****Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto
Generale: Politecnico – Rebaudengo**

Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa

36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

3		1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	94	8 5.60
6		1808 04 02 16 43	Val Pellice	105	8 5.64
F		1808 04 02 20 15	Val Pellice	15	7 5.02
5		1808 04 16 01 15	Val Pellice	21	7 5.34
4		1810 12 25 00 45	Pianura emiliana	33	6 5.06
3		1818 02 23 18 10	Liguria occidentale	45	7 5.32
5		1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	110	8 5.72
4		1828 10 10 01 30	Oltrepò Pavese	18	
F		1830 01 26 04 30	Alto Reno	11	5 4.53
F		1831 05 26 10 30	Liguria occidentale	33	8 5.56
3		1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8 5.48
3		1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8 5.51
4		1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	112	9 5.96
4-5		1854 12 29 01 45	Liguria occidentale	86	7-8 5.72
3		1866 09 22 14 40	Piemonte centro-meridionale	13	4-5 4.38
3		1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10 6.29
3		1873 09 17	Appennino tosco-ligure	64	6-7 5.26
F		1881 07 22 02 45	Belledonne-Pelvoux	145	7 5.39
NF		1884 09 12 07 23	Pianura lombarda	34	6 4.70
F		1884 11 23 16 15	Queyras	20	5 4.60
5		1884 11 27 22 15	Alpi Cozie	63	6-7 5.17
5		1886 09 05	Torinese	101	7 5.22
6		1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	1511	9 6.27



4		1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
3		1892 03 05	Valle d'Aosta	86	7	4.98
4		1901 05 25 03 59 2	Piemonte centro-meridionale	35	5	4.50
4		1901 10 30 14 49 5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
4		1905 04 29 01 46 4	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10
3		1905 05 30 04 55	Cuneese	121	5-6	4.65
NF		1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
6		1914 10 26 03 43 2	Torinese	63	7	5.24
3		1914 10 26 16 22	Torinese	4	3	4.46
4		1914 10 27 01 12	Torinese	5	4	4.74
NF		1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
F		1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
2		1918 09 28 17 34	Val di Susa	4	4-5	3.93
F		1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
3-4		1927 12 11 15 49	Val di Susa	13	5	4.36
3		1935 03 19 07 27 1	Embrunais	254	7	5.25
2-3		1938 12 23 17 37 4	Canavese	28	5	4.22
F		1941 02 23 20 12 4	Cuneese	5		
3		1943 05 22 19 03	Val di Susa	3	4	3.70
2-3		1945 06 14 05 03 4	Oltrepò Pavese	6	6-7	4.78
3-4		1945 06 29 15 37 1	Oltrepò Pavese	31	7-8	5.10
3		1945 12 15 05 27	Oltrepò Pavese	12	6	4.72
4		1947 02 17 00 12 3	Alpi Cozie	283	5-6	4.74



3-4		1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7 5.17
2		1955 05 12 14 15	Cuneese	39	6-7 4.66
3		1955 06 20 04 47	Cuneese	104	6 4.77
4		1960 03 23 23 10	Vallese	178	7 5.00
2		1966 04 07 19 38 5	Cuneese	101	6 4.51
3		1968 04 18 19 38 1	Liguria occidentale	51	7-8 4.93
4		1968 06 18 05 27	Valle d'Aosta	60	6 4.86
4		1969 10 09 03 31 3	Val di Susa	36	5 4.25
2-3		1970 12 31 22 04 4	Liguria occidentale	79	6 4.62
3		1972 01 18 23 26	Liguria occidentale	41	6-7 4.60
3		1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5 4.87
3		1976 05 06 20 00 1	Friuli	770	9-10 6.45
3		1976 09 15 09 21 1	Friuli	54	8-9 5.95
4		1979 02 09 14 44	Bergamasco	73	6 4.78
5-6		1980 01 05 14 32 2	Torinese	120	6-7 4.82
2		1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7 4.57
3		1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7 5.04
5		1990 02 11 07 00 3	Torinese	201	6 4.69
3		1995 11 21 04 04 3	Torinese	64	5-6 4.07
3-4		2003 04 11 09 26 5	Valle Scrivia	78	6-7 4.81
3-4		2004 11 24 22 59 3	Garda occidentale	176	7-8 4.99
NF		2005 06 12 21 16 1	Val di Susa	102	5 3.79
F		2008 12 23 15 24 2	Parmense	291	6-7 5.36

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

4		2011 07 25 12 31 2	Torinese	105	5 4.67
NF		2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379	6.61

Figura 4 Eventi sismici registrati Cataloghi INGV

2.3 Categoria sismica del sottosuolo

Per la definizione delle condizioni sismiche locali a fini progettuali, è necessario classificare il sottosuolo dell'area di intervento mediante le categorie di sottosuolo definite dalla normativa vigente (**Figura 5**).

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Figura 5 Categorie di sottosuolo, definite dalle NTC del DM 17/1/2018

Lungo il tracciato dell'opera in progetto, la categoria di sottosuolo è stata determinata mediante indagini geofisiche eseguite nel quadro delle campagne di indagine del PFTE² e del Progetto Definitivo³.

Le prove MASW eseguite nel quadro del PFTE (MASW 1 ÷ MASW6) hanno permesso di calcolare valori di V_{seq} compresi tra 374 m/s e 573 m/s, corrispondenti a una categoria di suolo di tipo B, definita come *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

² Per la descrizione di dettaglio delle indagini si faccia riferimento all'elaborato MTO2PFTCGEOCOMR002 del PFTE.

³ Per la descrizione di dettaglio delle indagini si faccia riferimento all'elaborato MTL2T1A0DINDGENR002.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

Nella porzione di tracciato in progetto, nel quadro del PFTE sono inoltre state eseguite 3 indagini Down Hole (DIA14, DIA15 e DIA23) e 1 indagine Cross Hole (SP11/DIA24).

La campagna d'indagini eseguita a supporto del Progetto Definitivo ha previsto l'esecuzione delle seguenti indagini geofisiche:

- 14 indagini MASW-2D (MA2D-01 ÷ MA2D-14);
- 3 indagini Down Hole (DH-DIA_D03, DH-DIA_D09 e DH-DIA_D20);
- 1 indagine Cross Hole (CH-DIA_D20 / SA_D22).

Alcune delle 14 indagini MASW sopra descritte sono state suddivise in due stendimenti, per motivi di carattere logistico e operativo in ambiente urbano. Nel complesso sono stati eseguiti 20 stendimenti distinti, per ciascuno dei quali è stato determinato un valore di V_{seq} . La Tabella 1 illustra le coordinate dei punti centrali degli stendimenti, i valori di V_{seq} determinati e le corrispondenti categorie di suolo. I valori di V_{seq} determinati variano da 328 m/s a 549 m/s; in corrispondenza di 16 stendimenti corrispondono alla categoria di suolo B, mentre in 4 stendimenti corrispondono alla categoria C ma con valore di V_{seq} prossimi alla categoria di sottosuolo B.

Tabella 1 Valori di V_{seq} determinati in corrispondenza degli stendimenti MASW

ID Sezione	V_{seq} (m/s)	Categoria di suolo	Coordinata X	Coordinata Y
MA2D-1a	506	B	394533	4990388
MA2D-1b	549	B	394648	4990605
MA2D-2	437	B	395320	4990427
MA2D-3a	420	B	395264	4990467
MA2D-3b	439	B	395401	4990399
MA2D-4a	368	B	397046	4991795
MA2D-4b	352	C	397127	4991677
MA2D-5a	356	C	397052	4991673
MA2D-5b	395	B	397137	4991839
MA2D-6	533	B	397468	4992454
MA2D-7a	401	B	397393	4992986
MA2D-7b	469	B	397593	4993102
MA2D-8a	357	C	397439	4993108
MA2D-8b	526	B	397532	4992957

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

MA2D-9	470	B	398040	4993371
MA2D-10	439	B	398447	4993623
MA2D-11	380	B	398334	4994120
MA2D-12	401	B	397784	4994411
MA2D-13	328	C	397361	4994664
MA2D-14	424	B	396403	4994410

Le indagini Down Hole hanno permesso di calcolare i seguenti valori di V_{seq} :

- DH-DIA_D03: 390 m/s;
- DH-DIA_D09: 447 m/s;
- DH-DIA_D20: 392 m/s.

Nel complesso, i valori di V_{seq} definiti sulla base delle prove geofisiche eseguite permettono di attribuire i volumi di terreno indagati in prevalenza alla categoria di suolo di tipo B e localmente alla categoria C.

Le indagini che hanno determinato valori di V_{seq} corrispondenti alla categoria di suolo C sono ubicati in corrispondenza alle seguenti progressive metriche del tracciato (Tabella 2):

Tabella 2 Ubicazione degli stendimenti MASW con valori di V_{seq} corrispondenti alla categoria di suolo C

ID Sezione	V_{seq} (m/s)	Categoria di suolo	Progressiva indicativa	Descrizione
MA2D-4b	352	C	9+550	Stazione Mole/Giardini Reali
MA2D-5a	356	C	9+550	Stazione Mole/Giardini Reali
MA2D-8a	357	C	11+250	Stazione Novara
MA2D-13	328	C	14+100	Stazione Giulio Cesare

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

3. ASSETTO GEOMORFOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 Assetto morfologico

Il tracciato dell'opera in progetto s'inserisce nell'area urbana di Torino, nel contesto della stretta della pianura piemontese compresa tra la Collina di Torino a SE e le Alpi Graie a NW. Dal punto di vista geomorfologico il settore in questione si caratterizza per un assetto subpianeggiante, risultando modellato principalmente su due importanti apparati di conoide fluvio-glaciale e fluviale, quello del Torrente Stura di Lanzo, nel settore nord-orientale e quello del Fiume Dora Riparia, nel settore sud-occidentale.

Tutto il tracciato si sviluppa nella parte di pianura ubicata a ovest del Fiume Po, corrispondente alla sua sinistra idrografica. L'area è caratterizzata da un elevato grado di urbanizzazione. Il tracciato interseca il corso del Fiume Dora Riparia circa 2.5 km a monte della sua confluenza nel Fiume Po.

L'assetto geomorfologico dell'area esaminata, subpianeggiante, è il risultato delle attività di modellamento da parte dei corsi d'acqua principali che attraversano la zona urbanizzata della Città di Torino. L'attività deposizionale è la più significativa e si è manifestata principalmente con la formazione di apparati di conoide fluvio-glaciali molto ampi (T. Stura, F. Dora Riparia, T. Sangone), in età Pleistocenica-Olocenica. Attualmente si assiste alla deposizione di ampie porzioni di depositi alluvionali in prossimità dei corsi d'acqua attivi (F. Po, T. Stura, F. Dora Riparia, T. Sangone), e di localizzati fenomeni di erosione lungo le sponde degli stessi corsi d'acqua.

In generale, nell'area in cui è ubicato l'abitato di Torino le fasi erosionali hanno portato alla presenza di paleoalvei, individuati da scarpate di modesta estensione areale ed altezza, e di più continue superfici terrazzate, delimitate da scarpate di erosione con altezza di alcuni metri.

Più nello specifico dell'area esaminata nel presente progetto, l'elevata antropizzazione ha rielaborato e in parte cancellato gli elementi geomorfologici presenti. I soli elementi individuabili sono costituiti da orli di scarpata sulla sponda destra del Fiume Dora Riparia, in corrispondenza dei Giardini Reali, come riportato nella cartografia geologica ufficiale del progetto CARG (Figura 6). Si tratta di scarpate di circa 5 m di altezza, molto rimodellate e non più connesse all'alveo attivo del corso d'acqua. Poiché l'andamento di questi elementi è stato fortemente modificato, e spesso completamente obliterato, dall'attività antropica, si è scelto di non riportarli nella carta Geologico Tecnica.



Figura 6. Estratto del Foglio CARG relativo alla zona dell'attraversamento della Dora Riparia. Per la legenda si rimanda alla carta originale. La linea blu rappresenta l'opera in progetto. Le frecce bianche indicano le scarpate descritte nel testo

3.2 Inquadramento geologico

In linea generale, il settore della pianura padana in cui ricade l'area esaminata consiste in un bacino sedimentario pliocenico-olocenico costituito da depositi marini per i termini più profondi e da depositi continentali per i termini più superficiali. Tale bacino, compreso tra il rilievo della Collina di Torino a SE e le Alpi Graie a NW, presenta lo spessore massimo di depositi nella parte centrale, interposta tra i due rilievi. Ai margini del bacino, verso NE e SW, avvicinandosi al substrato pre-pliocenico affiorante, la successione si assottiglia progressivamente. Gli schemi semplificati della Figura 9. e **Figura 9** illustrano l'assetto generale dell'area.

Come si può osservare in **Figura 9**, i settori più profondi del bacino sono rappresentati dai termini marini del Pliocene inferiore (P in Figura 9.). Nel settore orientale, proprio al di sotto della città, i sedimenti pliocenici marini si sono depositi al di sopra delle successioni pre-plioceniche (successioni Mioceniche, M in Figura 9.), contro le quali terminano con rapporti di onlap ("appoggio laterale"). Tali depositi presentano oggi un'immersione verso NW, che attesta il loro coinvolgimento nel sollevamento dell'area collinare, legato allo sviluppo di una struttura antiforata a tetto del "thrust padano".



I settori più superficiali dei depositi sedimentari del bacino sono invece rappresentati da termini continentali di età pliocene medio-olocenica (V e F in **Figura 9**), tra cui i più recenti costituiscono i già citati apparati di conoide fluviale-fluvioglaciale. Infine, in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, sono presenti spessori variabili di depositi fluviali, di età Olocenico-Attuale.

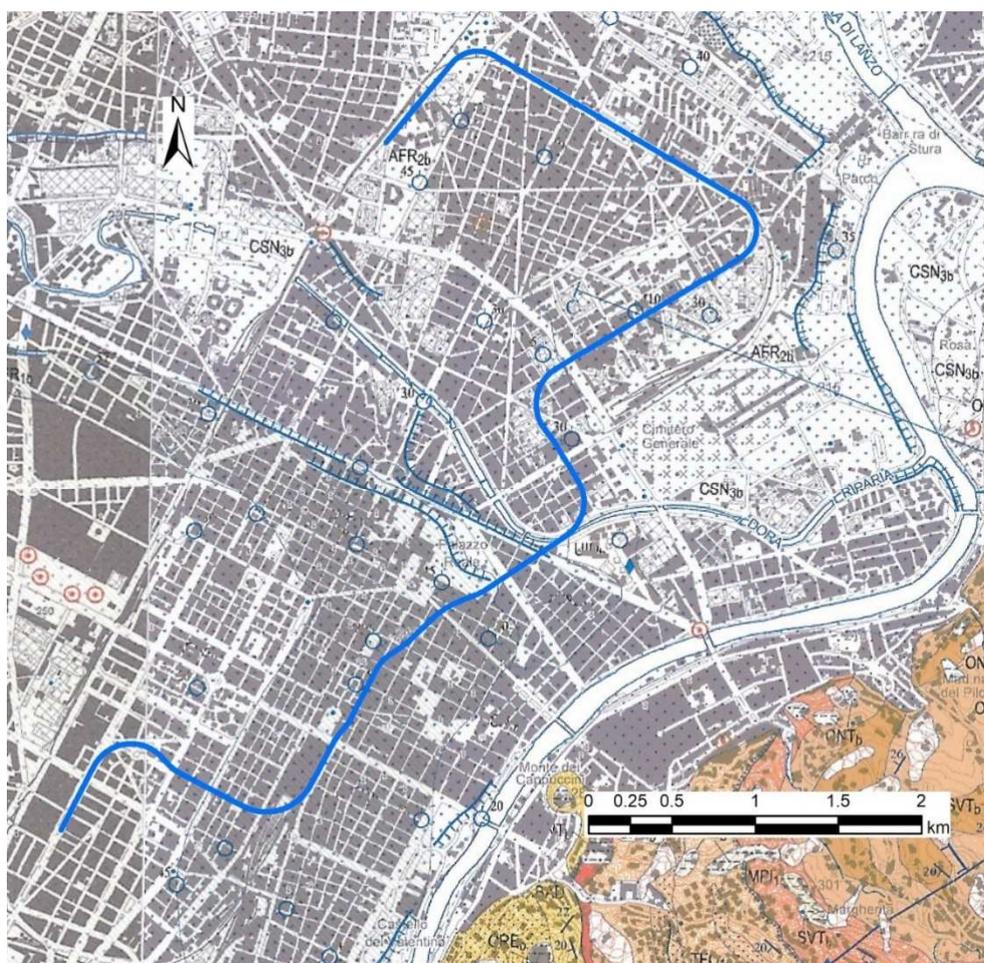


Figura 7. Estratto dei Fogli n. 155 (Torino Ovest) e 156 (Torino Est) della cartografia CARG 1:50.000 con inserimento del tracciato dell'opera in progetto (linea blu). I colori da giallo scuro a marrone indicano le Unità del substrato Mio-pliocenico della Collina di Torino; i colori azzurri indicano i depositi fluvioglaciali e fluviali. Per la legenda completa si rimanda alle pubblicazioni originali (Documenti [19] e [20])

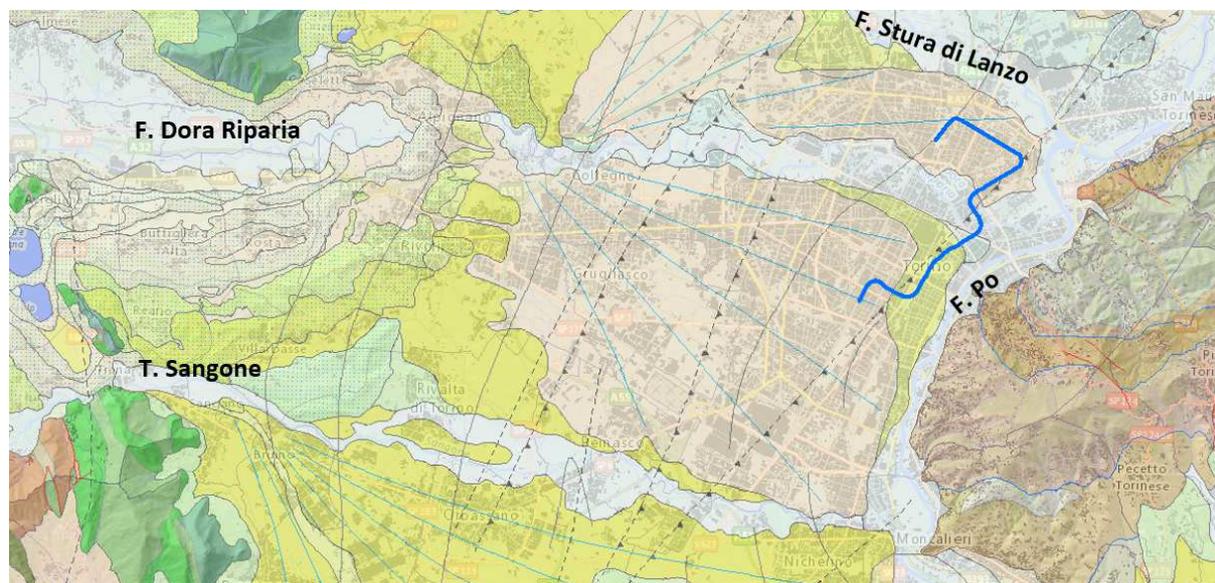


Figura 8. Estratto della cartografia geologica del Piemonte in scala 1:250.000 (da Piana et al., 2017) con inserimento del tracciato (indicativo) dell'opera in progetto (linea blu). Per la legenda si rimanda alla carta originale (Documento [28]).

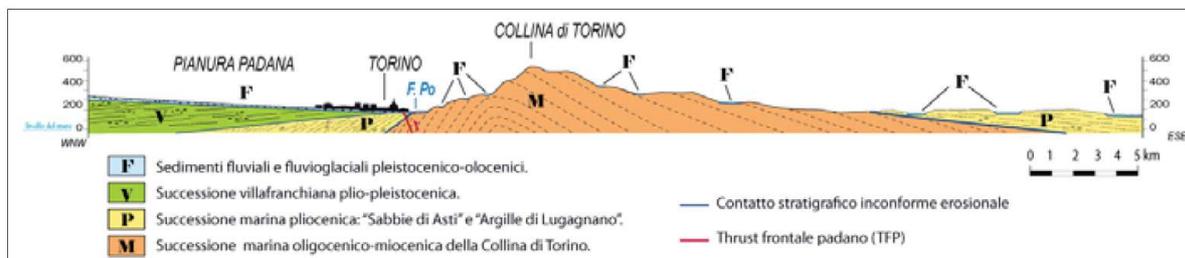


Figura 9. Profilo schematico dell'area in cui è edificata la città di Torino, con scala delle altezze esagerata di due volte (da Forno & Lucchesi, 2014, Documento [18])

3.3 Assetto litostratigrafico

Nel presente paragrafo vengono riassunti e descritti in ordine geocronologico i principali litotipi che caratterizzano l'assetto litostratigrafico del sottosuolo nell'area di interesse.

3.3.1 Successione Miocenica

I litotipi più antichi presenti nell'area in esame, rinvenibili entro le profondità di progetto, appartengono alle unità cronostratigrafiche attribuibili alle successioni Mioceniche del dominio della Collina di Torino. L'elemento più recente delle successioni mioceniche è costituito dalla



successione evaporitica di età messiniana, costituita principalmente da depositi di colore grigio-biancastro rappresentati da gessi ben mineralizzati, spesso interessati da dissoluzione successiva alla deposizione (Sintema V in **Figura 10**). Questo livello, come visibile nella stessa figura, è presente con spessori disomogenei ed è talvolta mancante per effetto della fase erosiva precedente alla deposizione dei successivi depositi pliocenici.

Di età più antica e generalmente ben rappresentati sono i litotipi marnosi attribuibili al Tortoniano (Sintema IV in **Figura 10**), di colore grigio - grigio bruno, caratterizzati da un grado di litificazione generalmente elevato, meno spinto negli strati più superficiali, ma comunque molto compatti.

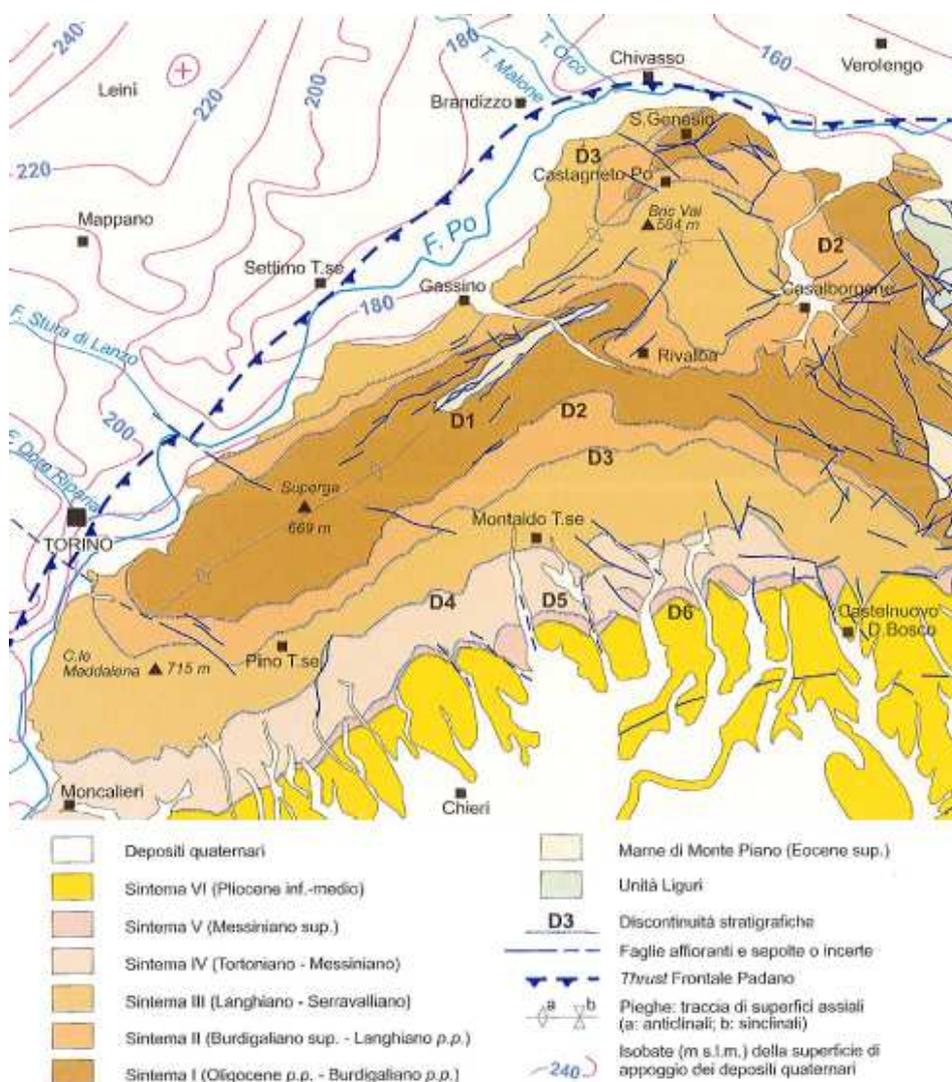


Figura 10 Schema strutturale estratto dal Foglio CARG Torino Est.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

3.3.2 Successione Pliocenica marina

I depositi del Pliocene marino inferiore (P in **Figura 9**) possono essere suddivisi in due unità. L'unità più profonda, nota come Argille Azzurre o Argille di Lugagnano, è costituita da silt argillosi e sabbie fini di colore grigio-bruno in cui solo localmente si osserva una laminazione piano parallela. Al suo interno si rinvengono livelli potenti fino a 5 m di arenarie medio-grossolane, talora conglomeratiche, di colore giallo con lamine oblique. L'unità superiore, nota come Sabbie di Asti, è costituita da sabbie fini e silt di colore giallo, con stratificazione poco evidente, elevato addensamento e locale cementazione carbonatica. Il contatto tra i depositi pliocenici e le successioni mioceniche è generalmente erosionale.

3.3.3 Successione Pliocenico-Pleistocenica continentale

Al di sopra della successione pliocenica marina si trova la successione fluvio-lacustre del Pliocene medio-Pleistocene inferiore (Villafranchiano Auct.; V in **Figura 9**). La superficie di contatto è talora di natura stratigrafica, generalmente erosionale. Anche questi termini continentali della successione sono stati verosimilmente coinvolti nella deformazione che ha originato il sollevamento della collina di Torino (Lucchesi, 2001) e risultano pertanto debolmente tiltati verso NW rispetto alla loro giacitura originaria.

Si tratta di ripetute alternanze di ghiaie sabbiose, includenti orizzonti di ghiaie predominanti o sabbie predominanti, di argille limose e di limi. I limi sono spesso ricchi in resti organici vegetali e fossili di molluschi di acqua dolce.

Come definito dal CARG (Foglio Torino Est), sono distinguibili diverse unità: nell'area indagata sono presenti le Sabbie di Ferrere, costituite da sabbie bruno-rossicce piuttosto omogenee e compatte.

3.3.4 Successione Pleistocenico-Olocenica fluvioglaciale e fluviale

Nell'area della Città di Torino, verso l'alto, i depositi continentali Villafranchiani sono sigillati, in discordanza, dalla più recente successione fluvioglaciale e fluviale legata ai grandi apparati deposizionali dei conoidi dei Torrenti Stura di Lanzo e Sangone, e del Fiume Dora Riparia (F in **Figura 9**). Questi depositi sono costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose con ciottoli, generalmente a granulometria crescente verso ovest. Nell'area del conoide fluvioglaciale della Dora Riparia sono frequenti orizzonti conglomeratici di potenza da metrica a decametrica con grado di cementazione variabile. Si passa da conglomerati molto cementati a ghiaie debolmente cementate. Tali orizzonti hanno una distribuzione difficilmente determinabile e una scarsa continuità laterale. Va anche segnalato che lo scavo delle recenti opere per la linea 1 della metropolitana, per il passante ferroviario e per la Torre San Paolo, hanno sovente messo in evidenza la presenza di grossi trovanti, all'interno dei terreni della successione fluviale-fluvioglaciale imputabile alla Dora Riparia. I blocchi possono avere dimensioni anche di ordine metrico ed essere sia isolati che organizzati in lenti in cui la loro frequenza è decisamente alta (Pelizza, 2014). Un altro aspetto litostratigrafico è la presenza di sporadiche lenti siltose all'interno delle ghiaie, che ne interrompono l'omogeneità stratigrafica (Pelizza, 2014).

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

L'assetto del sottosuolo in corrispondenza dello sviluppo del tracciato della Tratta Politecnico-Rebaudengo della Linea 2 della Metropolitana è stato indagato attraverso la campagna d'indagine geotecnica e idrogeologica condotta nel periodo da giugno a settembre del 2018, per la redazione del progetto di fattibilità dell'opera. Successivamente, in sede di progetto definitivo, tali indagini sono state integrate nel periodo giugno-agosto del 2021.

In sede di progetto di fattibilità, è stata condotta una campagna preliminare d'indagine che ha compreso:

- N° 25 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prove in foro quali SPT (Standard Penetration Test), prove pressiometriche e prove di permeabilità. Tutti i sondaggi sono stati attrezzati con piezometri (ad eccezione del sondaggio SP-09bis e nei fori in cui si sono eseguite le prove geofisiche di Cross-Hole, sondaggi SP-05 e SP-11) per rilevare la soggiacenza della falda intercettata.
- Prove geotecniche di laboratorio quali analisi granulometriche, determinazione del contenuto d'acqua, determinazione del peso di volume e del peso specifico dei grani, determinazione dei Limiti di Atterberg, prova di taglio diretto e prove triassiali di tipo consolidate drenate e consolidata non drenate). Le prove di laboratorio includono procedure per valutare anche le dimensioni e le caratteristiche di resistenza meccanica dei ciottoli/trovanti e le caratteristiche di perforabilità.
- N° 25 diagrafie (DAC Test) con il fine di correlare i parametri di perforazione dei sondaggi a distruzione di nucleo con il grado di cementazione dei depositi fluvio-glaciali.
- N° 6 indagini sismiche con esecuzione di prove per onde superficiali (MASW) al fine di valutare la velocità delle onde di taglio (V_{S30}).
- N. 4 prove geofisiche tipo Down-Hole e due di tipo Cross-Hole.

La campagna di indagine per il progetto definitivo è consistita in:

- N. 38 sondaggi (da SP-D01 a SP-D38) di tipo geotecnico, eseguiti a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese tra 15 e 40 metri. Nel corso della perforazione sono stati prelevati campioni rimaneggiati e campioni indisturbati negli strati coesivi e sono state eseguite, a quote definite, prove Standard Penetration Test (SPT),
- N. 22 fori a distruzione di nucleo, spinti a profondità variabili tra 15 metri e 41 metri circa, per la misurazione dei parametri di perforazione (Diagrafie) con la misura dei 5 parametri (velocità di avanzamento, spinta sull'utensile, coppia di rotazione, numero di giri, pressione del fluido), denominate da DIA-01 a DIA-22,
- N. 78 prove di permeabilità tipo Lefranc, sia a carico variabile sia a carico costante, per la misura del coefficiente di permeabilità del terreno, eseguite in 35 dei 37 sondaggi,
- N. 365 prove SPT eseguite a varie profondità nei 37 sondaggi geotecnici, in parte con il campionatore Raymond (a punta aperta) in parte a punta chiusa, data la presenza frequente dei ciottoli e degli strati cementati,
- N. 29 piezometri a tubo aperto di diametro interno di 4", e 6 piezometri a cella Casagrande, per il monitoraggio della falda,

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

- N. 24 sondaggi ambientali, eseguiti a carotaggio continuo, spinti fino a profondità variabili tra 15 metri e 40 metri; nel corso dei sondaggi sono stati prelevati, a scopo di indagine di tipo chimico-fisico, n. 98 campioni di materiale. Sono stati installati nei fori n. 21 tubi microfessurati per la misura della falda e n. 1 cella Casagrande.
- N. 20 prove MASW, ubicate lungo il tracciato della linea, per la misura della velocità delle onde di taglio nel terreno.

I campioni di terreno prelevati nel corso dei sondaggi sono stati impiegati per l'esecuzione delle prove di laboratorio, a partire dai campioni rimaneggiati e da quelli indisturbati. In totale sono state eseguite:

- 360 prove granulometriche,
- 20 determinazioni delle proprietà indice,
- 17 serie di prove di taglio diretto (TD),
- 36 serie di prove triassiali (TX),
- 2 prove di permeabilità,
- 19 prove edometriche (ED).

I rapporti relativi alle indagini sono riportati in nell'elaborato del Progetto Definitivo "Relazione tecnica descrittiva delle indagini geognostiche eseguite" (MTL2T1A0DINDGENR002) e nell'elaborato del Progetto di Fattibilità "Relazione tecnica - Esiti indagini e prove in situ" (MTO2PFTCGEOCOMR00200B).

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

I risultati di queste indagini in sito e di laboratorio hanno permesso di definire il modello geologico di riferimento dell'area interessata dal progetto.

5.1 Unità geologiche

Il presente paragrafo fornisce una descrizione delle caratteristiche dei litotipi presenti nell'area e dei relativi rapporti stratigrafici. Le sigle identificative delle unità litostratigrafiche, riportate tra parentesi, sono le stesse adottate nel Foglio CARG Torino Ovest. Le diverse unità della successione sono di seguito descritte dall'alto verso il basso stratigrafico, ovvero dal litotipo più recente al più antico.

5.1.1 Strato antropico

Lo strato antropico comprende, a partire dal piano campagna attuale, i materiali ed i terreni rimaneggiati dalle attività antropiche più significative che hanno interessato le aree a partire dall'espansione urbanistica della Città nella seconda metà dell'Ottocento sino agli ultimi anni.

In generale, questo strato è costituito da ciottoli, ghiaie e sabbia scarsamente addensati e non coesivi, non alterati. Molto spesso sono presenti frammenti di laterizi.

Facendo riferimento ai dati dell'indagine del progetto definitivo, nei sondaggi da SP-D01 a SP-D07 (vale a dire nel tratto compreso tra la zona Politecnico alla zona di via Sacchi), lo spessore del riporto è limitato ai primi 2 metri. A partire dal sondaggio SP-D08 (via Saluzzo) e fino al sondaggio SP-D11 (via Lagrange), lo strato antropico raggiunge lo spessore di 5 metri.

Sempre nella zona del centro storico, a partire dal sondaggio SP-D12 (via Maria Vittoria), fino al sondaggio SD-P16 lo spessore del riporto è variabile da 1.5 metri a circa 4 metri.

Nella tratta compresa tra SP-D16 (Mole Antonelliana-Giardini Reali) e SP-D18 (progr. km 10+034), lo spessore del riporto antropico è di 6 metri. Da lì, fino al termine del tratto di linea in progetto (Stazione Rebaudengo e aree adiacenti), lo spessore del riporto varia da 1 metro a 5 metri circa, con l'eccezione del sondaggio SP-D32 (progr. km 13+920), in cui lo spessore antropico è risultato pari a 8 metri.

5.1.2 Depositi Fluviali

Questi depositi sono presenti solo in corrispondenza del Fiume Dora Riparia, hanno uno spessore variabile tra 1 e 7 m. Generalmente sono di colore chiaro e costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose e sabbie siltose, con ciottoli centimetrici. Le caratteristiche tessiturali e cromatiche dei depositi fluviali sono in molti casi simili a quelle dei sottostanti depositi fluvioglaciali e quindi, sulla base dei log stratigrafici e della documentazione stratigrafica, ne risulta difficoltosa l'individuazione della superficie di base.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

5.1.3 Depositi Fluvio glaciali

I depositi fluvioglaciali sono stati osservati in tutti i sondaggi, hanno spessore variabile da 7 a più di 30 m e sono ubicati immediatamente al di sotto dei depositi antropici o dei depositi fluviali mediante contatto erosionale.

Si tratta di depositi di colore da grigio a bruno, piuttosto eterogenei, costituiti da ghiaie eterometriche da fini a grossolane, con clasti poligenici generalmente centimetrici ma localmente decimetrici e raramente metrici (trovanti), immersi in matrice sabbioso-limosa. Sono presenti intercalazioni da centimetriche a metriche (e raramente plurimetriche) di sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi. Sono inoltre stati osservati all'interno di questa unità livelli ricchi in ciottoli di spessore da decimetrico a plurimetrico. Si tratta di depositi incoerenti, sebbene localmente si osservino livelli centimetrico-decimetrici a grado di cementazione da basso a medio, raramente alto, in prevalenza correlabile alla presenza di cemento carbonatico. Nel tratto compreso tra la stazione Politecnico e la stazione Carlo Alberto, è stata individuata nei sondaggi la presenza di diffusi livelli centimetrico-decimetrici a cementazione variabile.

5.1.4 Depositi *Incertae Sedis*

Questi depositi presentano caratteristiche piuttosto simili a quelle dei soprastanti depositi fluvioglaciali, da cui si differenziano principalmente per un grado di alterazione maggiore. Si tratta di depositi di colore bruno-rossiccio, costituiti da ghiaie eterometriche da fini a grosse, con clasti poligenici generalmente centimetrici ma localmente decimetrici e raramente metrici, immersi in matrice sabbioso-limoso-argillosa. Sono presenti intercalazioni centimetriche di sabbie fini e sabbie limose, e di livelli ciottolosi. Come i depositi fluvioglaciali, sono generalmente poco coesivi, sebbene localmente si osservino livelli centimetrico-decimetrici a grado di cementazione da basso a medio, raramente alto, generati dalla presenza di matrice fine o di cemento carbonatico.

5.1.5 Sabbie di Ferrere - Villafranchiano Auct. (SFR)

Si tratta di depositi di colore da grigio a giallo-bruno, costituiti da sabbie da fini a grosse, ghiaie fini e localmente sabbie limose e limi sabbiosi. Il grado di addensamento è medio-alto, e presentano una debole coesione in ragione della presenza di matrice limosa. Sono stati rinvenuti al di sotto dei depositi *incertae sedis* nei sondaggi eseguiti per il PFTE in prossimità della Stazione Zappata ad una profondità di circa 35 m (Sp9) e 40 m (Sp9bis) dal p.c. e nei sondaggi SP-D06 e SP-D07 eseguiti tra la Stazione Pastrengo e il Pozzo Pastrengo a profondità comprese tra circa 36 e 39 m da p.c.

5.1.6 Argille azzurre di Lugagnano (Unità geologica FAA)

Questa unità è costituita da limi argillosi e argille limose grigie e grigio-azzurre, da moderatamente consistenti a consistenti, plastiche, con livelli centimetrici sabbioso - limosi e ghiaioso - limosi con rari ciottoli. Tali depositi sono stati rinvenuti direttamente al di sotto dei depositi *incertae sedis* nei sondaggi realizzati nelle seguenti porzioni del tracciato:

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

- tra Stazione Porta Nuova e Pozzo Carlo Alberto (PCA): SA-D05/SP-D11, SA-D06/SP-D14, SP-13 (PFTE), S28 (Metro 1);
- tra pozzo Verona (PVR) e Stazione Novara: SP-D21;
- presso il deposito/officina di retrostazione Rebaudengo: DIA-D18/SP-D38, SP-D36, SP-D37.

Il contatto con i soprastanti depositi è di natura erosionale, ed è talvolta caratterizzato dalla presenza di ciottoli in scarsa matrice sabbioso-ghiaiosa.

Presso il Deposito Rebaudengo (SP-D36, SP-D37) la facies prevalente è rappresentata da sabbia medio fine limosa, molto addensata, fossilifera.

5.1.7 Marne di Sant'Agata Fossili (Unità geologica SAF)

I sondaggi più profondi realizzati nella parte di tracciato più vicina al Fiume Dora Riparia hanno intercettato, a profondità di circa 25 m e direttamente al di sotto dei depositi *incertae sedis*, dei terreni costituiti da argille limose di colore grigio molto compatte, localmente litificate. Dal punto di vista cronostratigrafico, la datazione attraverso i fossili attribuisce questi depositi al Miocene superiore, più precisamente al Tortoniano, e sono state interpretate quindi come *Marne di S. Agata Fossili*.

5.2 Assetto idrogeologico

L'assetto idrogeologico del sottosuolo della Città di Torino è descritto secondo una suddivisione in complessi basata sulle suddivisioni litostratigrafiche riportate nel capitolo 3 e che viene rappresentata in **Figura 11**.

Il complesso più profondo, dove presente, è costituito dai terreni pre-pliocenici della Collina di Torino, che nell'area indagata sono rappresentati principalmente dalle Marne di Sant'Agata Fossili. Si tratta di un complesso a permeabilità molto bassa, che di fatto costituisce un *acquicluda*. Un altro complesso idrogeologicamente simile a questo è quello legato ai depositi pliocenici marini costituiti dalle Argille Azzurre. Si tratta anche in questo caso di un *acquicluda* poco permeabile, con locali aumenti di permeabilità in presenza di livelli più grossolani. I depositi marini pliocenici più recenti, costituiti dalle Sabbie di Asti, rappresentano in genere un complesso acquifero con una discreta permeabilità, solo localmente ridotta a causa della maggiore presenza di matrice fine.

Sopra questi complessi più profondi, è presente quello costituito dai depositi Villafranchiani che, per le sue caratteristiche di variabilità litologico-stratigrafica, è organizzato in alternanze di livelli permeabili e livelli a bassa permeabilità. In genere, tale complesso si traduce idrogeologicamente in un sistema acquifero multifalda, in cui le falde in pressione, ospitate nei livelli a granulometria grossolani, sono confinate o semiconfinate dai setti a bassa permeabilità.



I valori della conducibilità idraulica dei livelli acquiferi variano da un minimo di 4×10^{-5} m/s a un massimo di 4×10^{-4} m/s (De Luca & Ossella, 2014).

A tetto del complesso dei depositi Villafranchiani, si sviluppa il complesso più superficiale dell'intero sistema, costituito dai depositi pleistocenico-olocenici di origine fluvioglaciale e fluviale. Si tratta di un complesso che, seppur eterogeneo in termini di distribuzione della permeabilità, non presenta, però, evidenti elementi di compartimentazione interna, se non a scala locale. Le conducibilità idrauliche variano da 5×10^{-4} m/s a 5×10^{-3} m/s. Questo complesso ospita la falda superficiale della pianura torinese.

Sulla base della precedente suddivisione in complessi, la circolazione idrica sotterranea nel settore della Città di Torino è schematizzabile secondo quanto visualizzato in **Figura 11**. Tale schema evidenzia due sistemi di flusso principali: uno profondo e uno più superficiale.

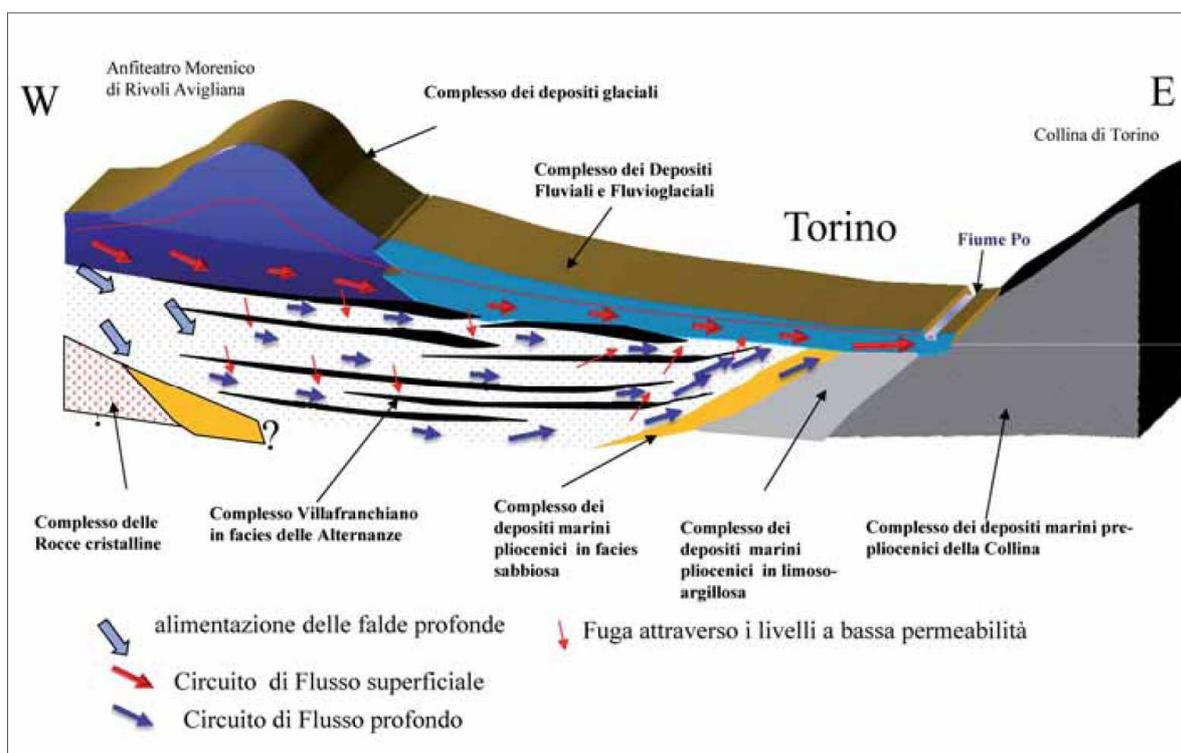


Figura 11 Schema della circolazione sotterranea nell'area di Torino (da De Luca & Ossella, 2014).

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

Il circuito superficiale fa riferimento a quella che viene definita “falda superficiale”, ovvero la falda con continuità regionale più vicina alla superficie del suolo. Esso è impostato nel complesso dei depositi fluvioglaciali e fluviali pleistocenico-olocenici. Si tratta di un sistema di flusso a superficie libera, anche se localmente possono esistere condizioni di semi-confinamento. L’alimentazione proviene principalmente dall’infiltrazione nel sottosuolo delle acque meteoriche. Il sistema presenta un equilibrio idrodinamico con i principali corsi d’acqua. Lo spessore dei depositi in cui esso si imposta è generalmente dell’ordine di 20-40 m e la soggiacenza della superficie falda è indicativamente compresa tra 10 m e 15 m da p.c.

Il sistema profondo è un sistema multifalda impostato nei depositi Villafranchiani e in parte nei depositi sabbiosi del pliocene marino. È il sistema più sfruttato per l’approvvigionamento idropotabile nell’area. La sua ricarica avviene nelle zone pedemontane, quale lo sbocco della Val di Susa.

L’andamento della superficie piezometrica della falda libera contenuta nell’acquifero superficiale è stato definito con precisione sulla base dei risultati di campagne di misura della soggiacenza eseguite nel mese di ottobre 2021 sui piezometri installati nel corso delle campagne di indagine a corredo del Progetto Definitivo e del Progetto di Fattibilità dell’opera.

Nell’area in esame la quota della falda è risultata compresa tra 226,9 e 210,2 m s.l.m. circa, con valori più elevati nella parte iniziale del tracciato, prossima alla Stazione Politecnico. L’andamento della falda, riportato in planimetria in **Figura 12**, presenta una direzione di flusso prevalente da ovest-nordovest verso est-sudest, per effetto dell’azione drenante del Fiume Po.

In generale la posizione della falda risulta più prossima alla superficie (5-10 metri, talora inferiore ai 5 metri) per i settori limitrofi alla Dora. Nella parte sudoccidentale dell’area esaminata la soggiacenza è in genere superiore ai 20 metri, mentre si attesta intorno a valori tra 10 e 20 metri nell’area centrale (Porta Nuova – centro) e nella parte più settentrionale.

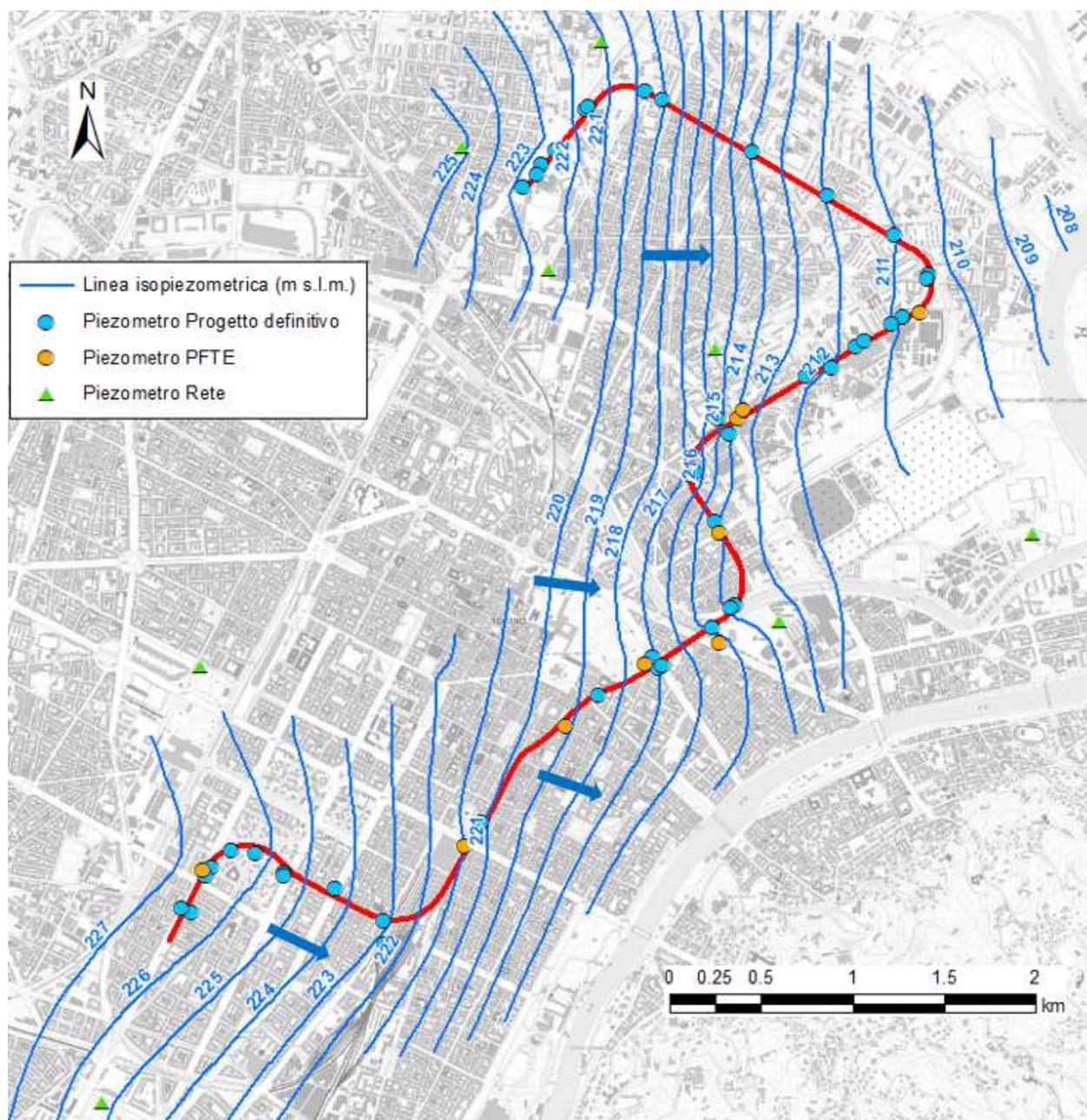


Figura 12 Andamento della superficie della falda interpolato sulla base dei dati di soggiacenza raccolti nella campagna di ottobre 2021

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

6. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

6.1 Liquefazione

La normativa vigente indica che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) 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 $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione inclusi nel paragrafo 7.11.3.4.2 della norma.

E' di seguito analizzato il problema della possibile liquefazione del terreno in presenza di sollecitazioni dinamiche causate dal sisma. Esso riguarda gli strati non coesivi superiori, appartenenti ai Depositi Fluviali e Fluvio glaciali. Uno degli aspetti che concorrono alla sua determinazione è la granulometria del terreno in esame. La **Figura 13** e **Figura 14** mostrano i fusi granulometrici determinati con le relative prove di laboratorio. Il contenuto di fine (passante al n. 200 della serie ASTM) varia da un minimo dell'8% circa a un massimo del 30% circa. Solo occasionalmente e per un ristretto numero di campioni tale frazione è minore dell'8%.

Il criterio adottato per l'analisi della liquefazione si basa sui valori della velocità delle onde di taglio, V_s , misurati con le prove Masw. Poiché la frazione di fine è uno degli elementi che concorrono a determinare il pericolo della liquefazione, si assumeranno il valore minimo e il valore massimo sopra citati. Gli altri elementi di calcolo sono il peso di volume del terreno ($\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$) e lo spessore significativo dello strato ($h = 25 \div 30$ metri). La soggiacenza della falda in condizioni statiche è posta a 17 metri dal piano campagna, mentre in presenza di sisma essa viene portata cautelativamente a 12 metri (in assenza di saturazione non si ha mai liquefazione) e a 4.5 metri (assunzione valida in esercizio).



GHIAIE CON SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE

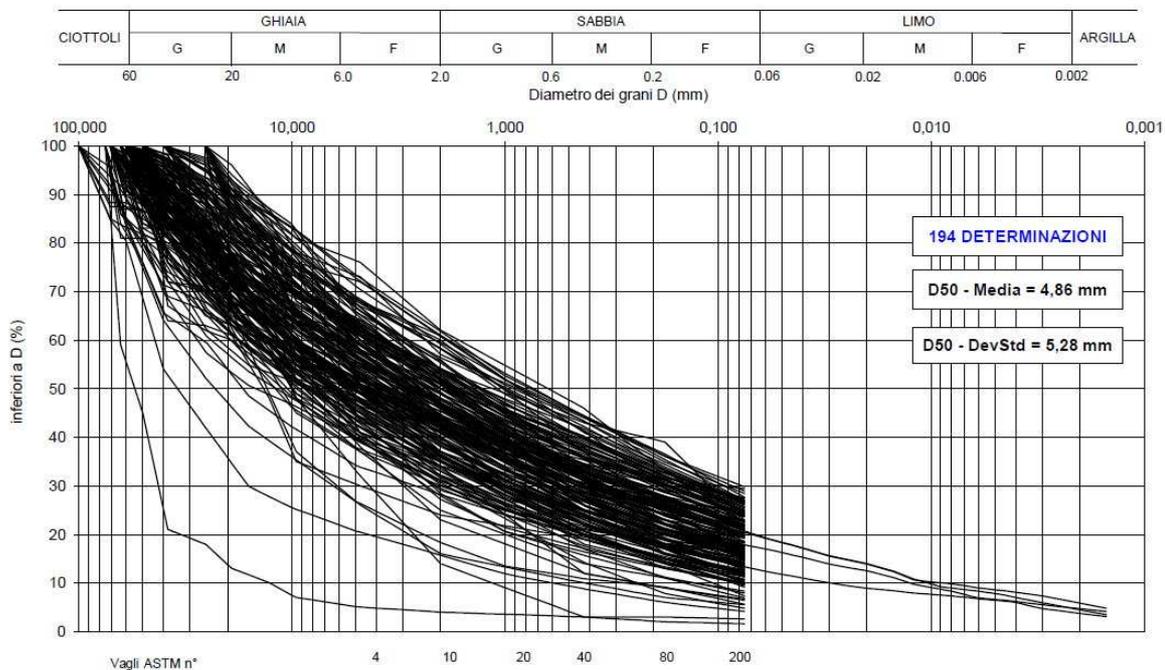


Figura 13. Gruppo n. 1 dei fusi granulometrici (Depositi fluviali)

GHIAIE CON SABBIE DEBOLMENTE LIMOSE

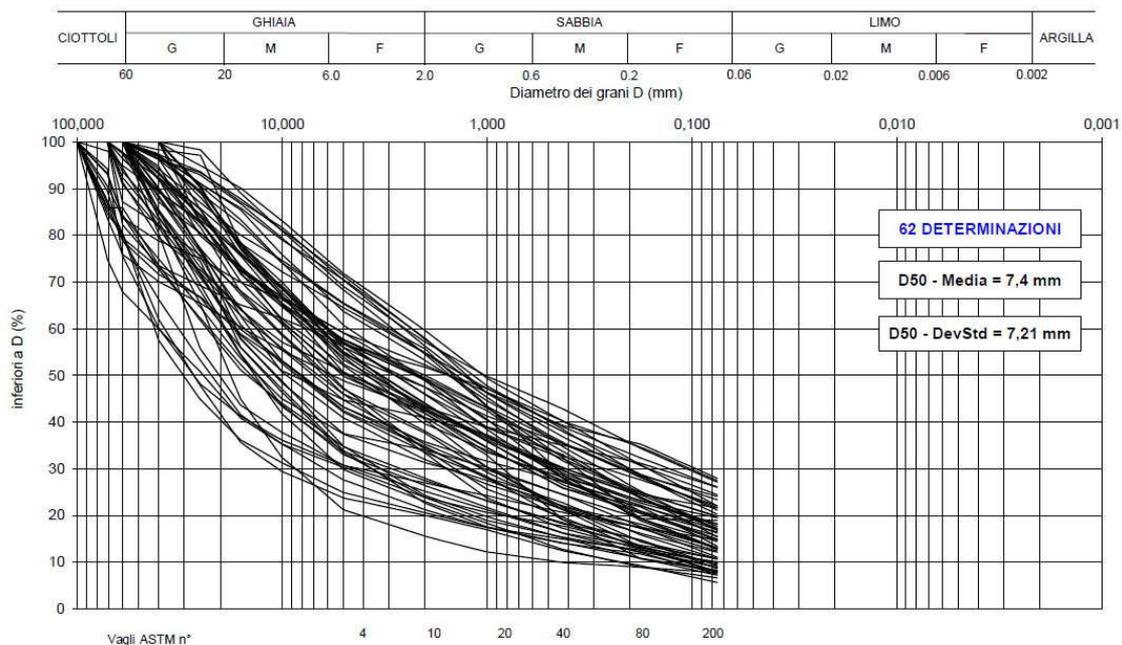


Figura 14. Gruppo n. 2 dei fusi granulometrici (Depositi fluvio glaciali)

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

Secondo la classificazione della Regione Piemonte, il suolo di Torino è classificato in categoria 3, con una PGA (Peak Ground Acceleration) pari a 0.15 volte l'accelerazione di gravità g . Si assume un valore della magnitudo momento M_w pari a 5.7 (valore massimo statistico). Ai dati sopra definiti viene associato l'andamento del valore di velocità V_s con la profondità. Esso è basato sulla interpretazione sintetica delle misure delle prove Cross-hole e MASW, individuando un andamento medio cautelativo. Questo approccio è stato ritenuto più affidabile di quello basato sui valori di N_{SPT} , stante la grande dispersione di questi ultimi e l'incertezza delle misure.

Sono stati individuati quattro andamenti significativi della velocità V_s , in quanto l'andamento di tale grandezza è notevolmente diverso da zona a zona (e anche rispetto al tipo di prova per la sua misura).

Questi sono utilizzati per la valutazione del pericolo della liquefazione; in sintesi sono stati elaborati n. 8 casi, per quattro andamenti di velocità e per due valori del contenuto di fine (8% e 30%). Qui di seguito si riportano i casi estremi ottenuti, in termini di fattore di sicurezza nei riguardi della liquefazione: il caso più favorevole è quello relativo alla prova Cross hole in zona Politecnico (indagine per il progetto di fattibilità) mentre il caso più sfavorevole è quello che si basa sui risultati della prova Masw in zona Stazione Bologna, dalla quale sono stati tratti i valori di velocità V_s inferiori. Entrambi i casi qui esposti si riferiscono a un contenuto di fine dell'8%, in quanto al suo aumentare il pericolo alla liquefazione si riduce. La **Figura 15** e **Figura 16** riportano la sintesi dei risultati.

Il fattore di sicurezza, valutato al di sotto della superficie piezometrica, è sempre maggiore di 5, anche nel caso in cui si ipotizzi un brusco innalzamento di falda fino alla soggiacenza di 12 metri.

Lo stesso tipo di analisi viene fatto, singolarmente, per i siti delle Stazioni Mole-Giardinie Stazione Giulio Cesare. I risultati sono rappresentati nella **Figura 17** e nella **Figura 18**.



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : Torino - Metro 2 Liquefazione

Project subtitle : Calcolo basato su Vs da cross hole 8 per cento

Input parameters and analysis data

In-situ data type: Shear wave velocity
Analysis type: Deterministic
Analysis method: NCEER 1998
Fines correction method: N/A

Depth to water table: 17.00 m
Earthquake magnitude M_w : 5.70
Peak ground acceleration: 0.15 g
User defined F.S.: 1.00

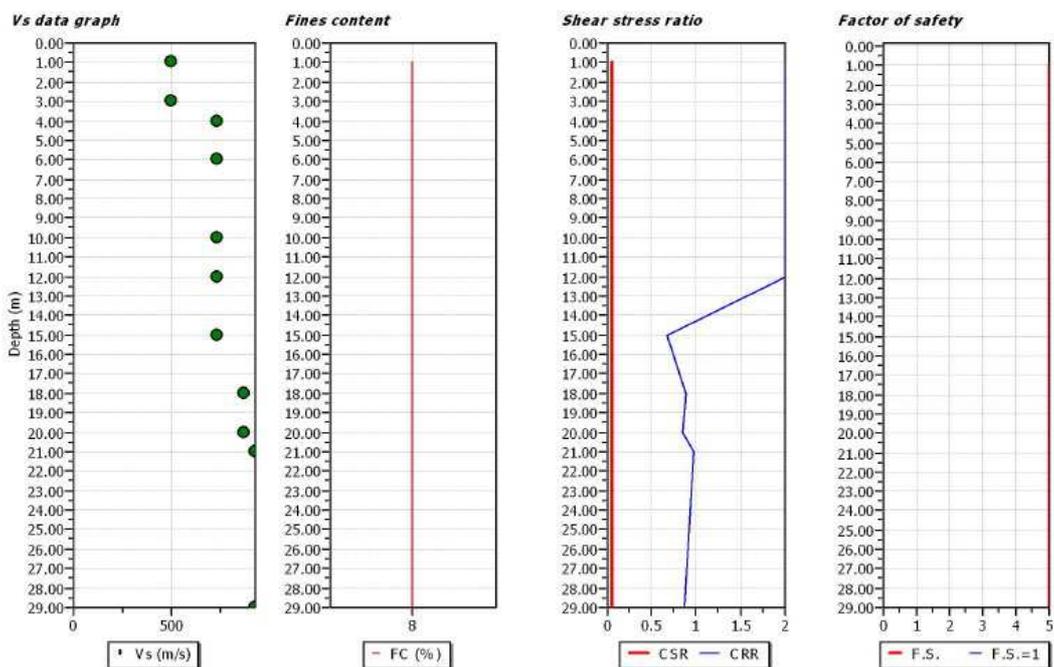


Figura 15. Liquefazione da VS (cross hole) zona Politecnico



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

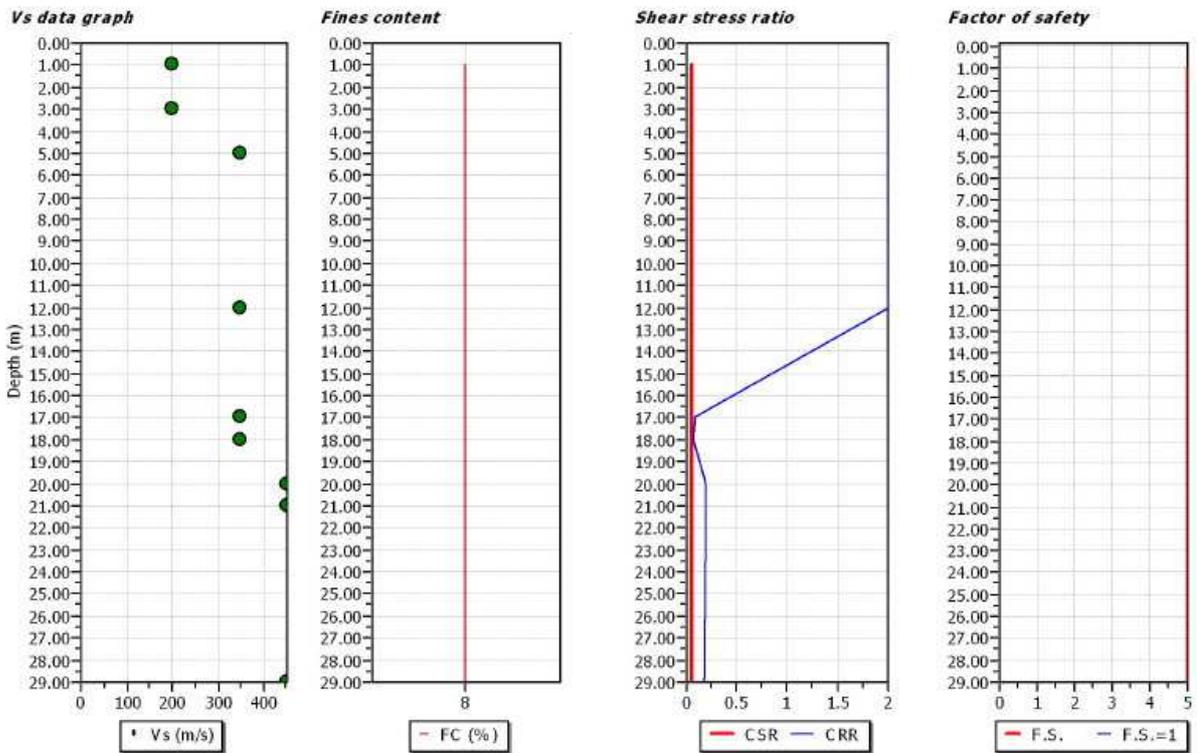
Project title : Torino - Metro 2 Liquefazione

Project subtitle : Calcolo con velocità Vs (da prove Masw) Giardini Reali

Input parameters and analysis data

In-situ data type: Shear wave velocity
 Analysis type: Deterministic
 Analysis method: NCEER 1998
 Fines correction method: N/A

Depth to water table: 17.00 m
 Earthquake magnitude M_w : 5.70
 Peak ground acceleration: 0.15 g
 User defined F.S.: 1.00



$M_w = 7^{1/2}$, $\sigma'_{vm} = 1$ atm base curve

Figura 16. Liquefazione da VS (Masw) zona Stazione Bologna



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : Torino - Metro 2 Liquefazione - Stazione Mole Giardini

Project subtitle : Calcolo basato su Vs da cross hole 8 per cento

Input parameters and analysis data

In-situ data type: Shear wave velocity
 Analysis type: Deterministic
 Analysis method: NCEER 1998
 Fines correction method: N/A

Depth to water table: 17.00 m
 Earthquake magnitude M_w : 5.70
 Peak ground acceleration: 0.15 g
 User defined F.S.: 1.00

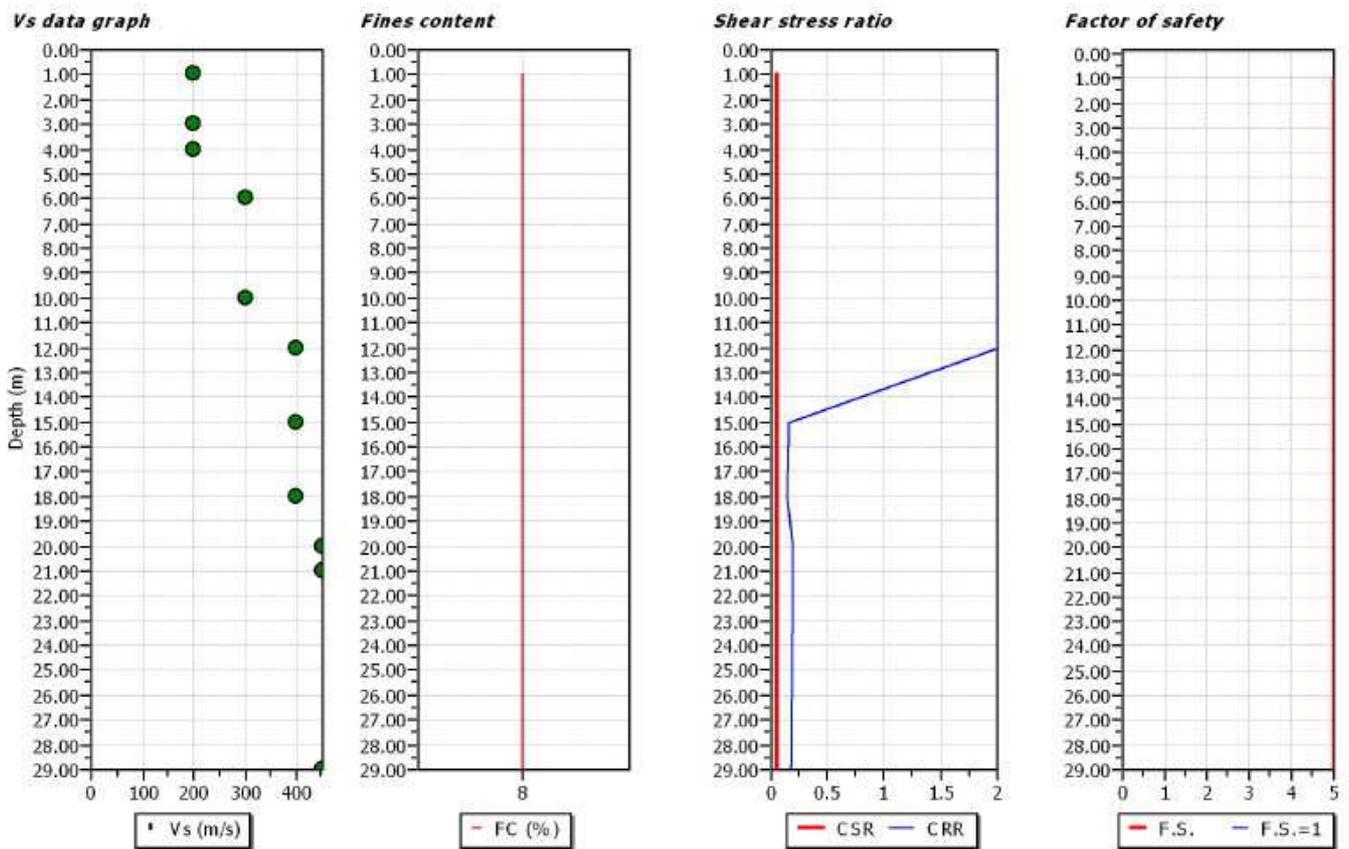


Figura 17. Liquefazione da VS (Masw) zona Stazione Mole-Giardini



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : Torino - Metro 2 Liquefazione Stazione Giulio Cesare

Project subtitle : Calcolo basato su Vs da cross hole 8 per cento

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Shear wave velocity	Depth to water table:	17.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	5.70
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.15 g
Fines correction method:	N/A	User defined F.S.:	1.00

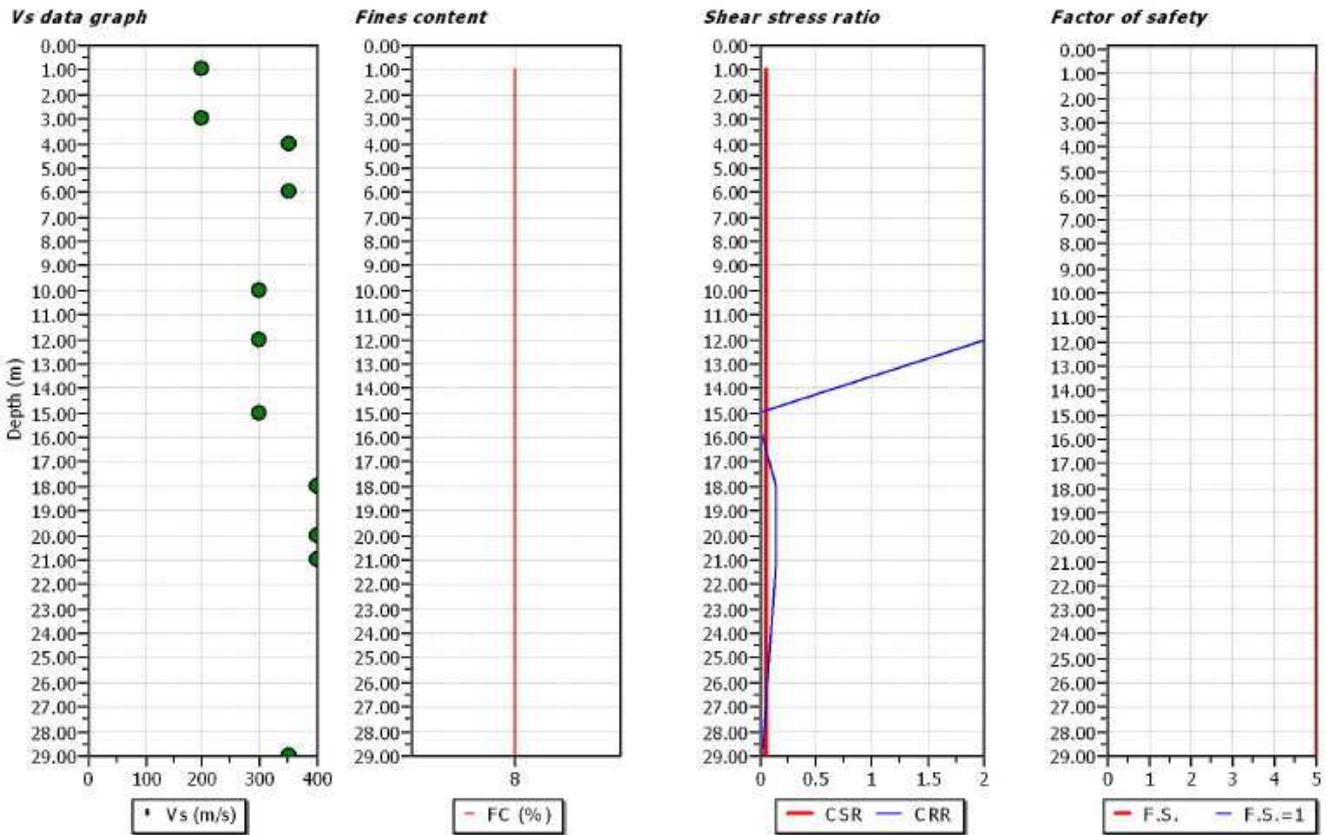


Figura 18. Liquefazione da VS (Masw) zona Stazione Giulio Cesare

Il rischio della liquefazione è stato analizzato per mezzo del metodo semiempirico o semplificato, in cui si determina il valore del fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione, definito da:

$$FS = CRR/CSR$$

dove CSR è lo sforzo di taglio indotto dal terremoto, normalizzato rispetto a σ'_{vo} , calcolato ad una data profondità alla quale si calcola la tensione verticale efficace σ'_{vo} ; CRR è la resistenza al taglio ciclica del terreno, normalizzata rispetto a σ'_{vo} , calcolata alla stessa profondità. Il calcolo a



varie profondità consente di ricavare l'andamento di FSL in base al confronto tra le due grandezze, come schematizzato in **Figura 19**.



Figura 19. Criterio per il calcolo del pericolo della liquefazione

Concettualmente si perviene a un grafico del tipo di quello mostrato in **Figura 20**, in cui viene definita la curva di resistenza alla liquefazione, che divide il piano in due parti: quello in cui si verifica il fenomeno da quello in cui esso non si verifica. In questo grafico sono riportati in ordinata i valori di CRR oppure di CSR, mentre in ascissa sono riportati i valori della grandezza da cui si calcola lo sforzo di taglio ciclico disponibile.

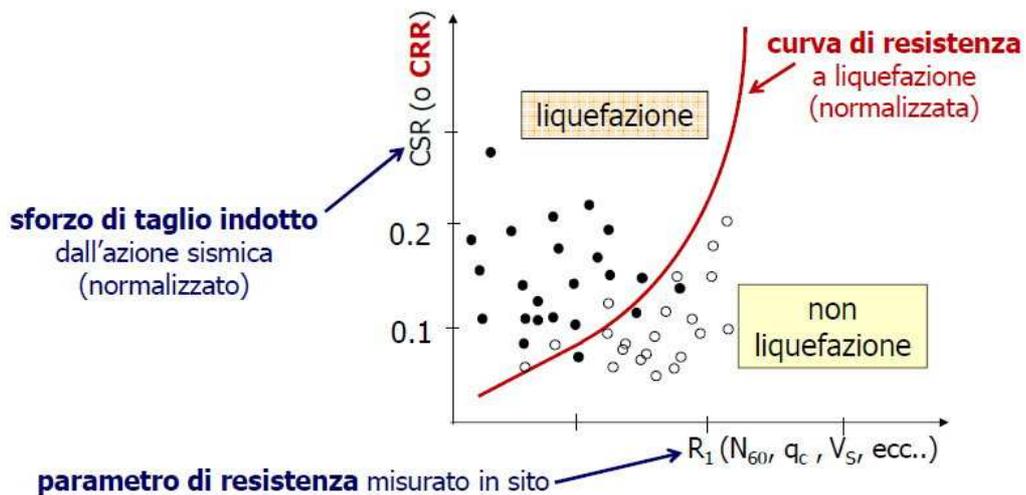


Figura 20. Criterio semiempirico per la definizione del pericolo della liquefazione

Il valore di CSR può essere calcolato attraverso diversi metodi, che dipendono tutti dal valore dell'accelerazione massima al suolo, a_{max} . Il valore di CRR può essere derivato da diverse prove sul terreno, insieme ad una serie di fattori correttivi per tener conto, ad esempio, del valore della tensione verticale efficace, del contenuto di frazione fine, e soprattutto dal valore della magnitudo M del sisma: se essa è inferiore a 7.5 (che rappresenta il valore di riferimento) si adotta un fattore correttivo di scala sul valore dell'accelerazione di picco. Nelle verifiche sopra



riportate si è preso a riferimento il valore della velocità delle onde di taglio misurato con le prove Masw. A queste è stato associato il valore della magnitudo pari a 5.70 e un valore dell'accelerazione massima pari a 0.15 g, essendo g l'accelerazione di gravità.

Lo stesso tipo di analisi è stata fatta con riferimento ad una soggiacenza di 4.5 metri della falda. Le Figura 21 e Figura 22 riportano i risultati ottenuti, lasciando inalterati tutti gli altri elementi che concorrono a definire il rischio di liquefazione del terreno.

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : Metro 2 - Stazione Mole Giardini - Falda a -4.5 metri

Project subtitle : Calcolo basato su Vs da cross hole 8 per cento

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Shear wave velocity	Depth to water table:	12.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	5.70
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.15 g
Fines correction method:	N/A	User defined F.S.:	1.00

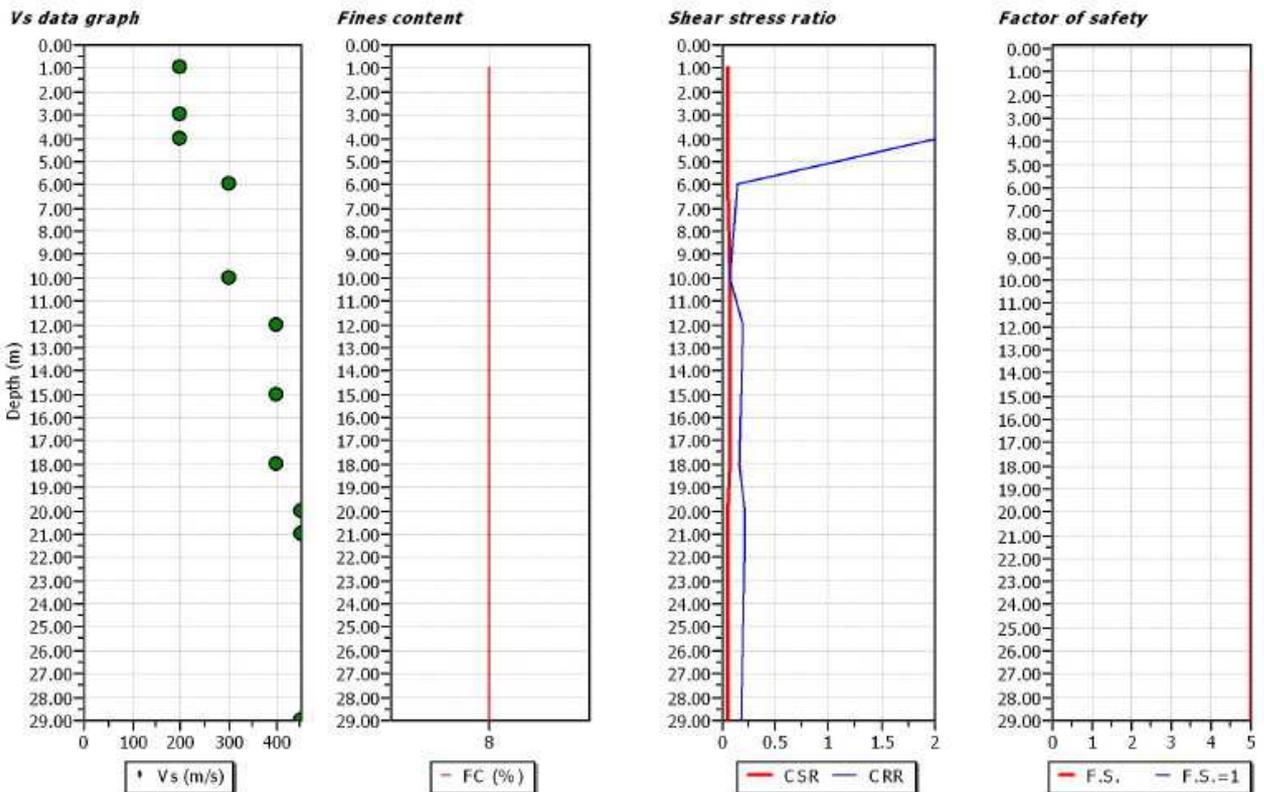


Figura 21. Liquefazione da Vs (Masw) zona Stazione Mole-Giardini (falda a – 4.5 m)



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : Metro 2 Staz. Giulio Cesare Falda a -4.5 metri

Project subtitle : Calcolo basato su Vs da cross hole 8 per cento

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Shear wave velocity	Depth to water table:	12.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	5.70
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.15 g
Fines correction method:	N/A	User defined F.S.:	1.00

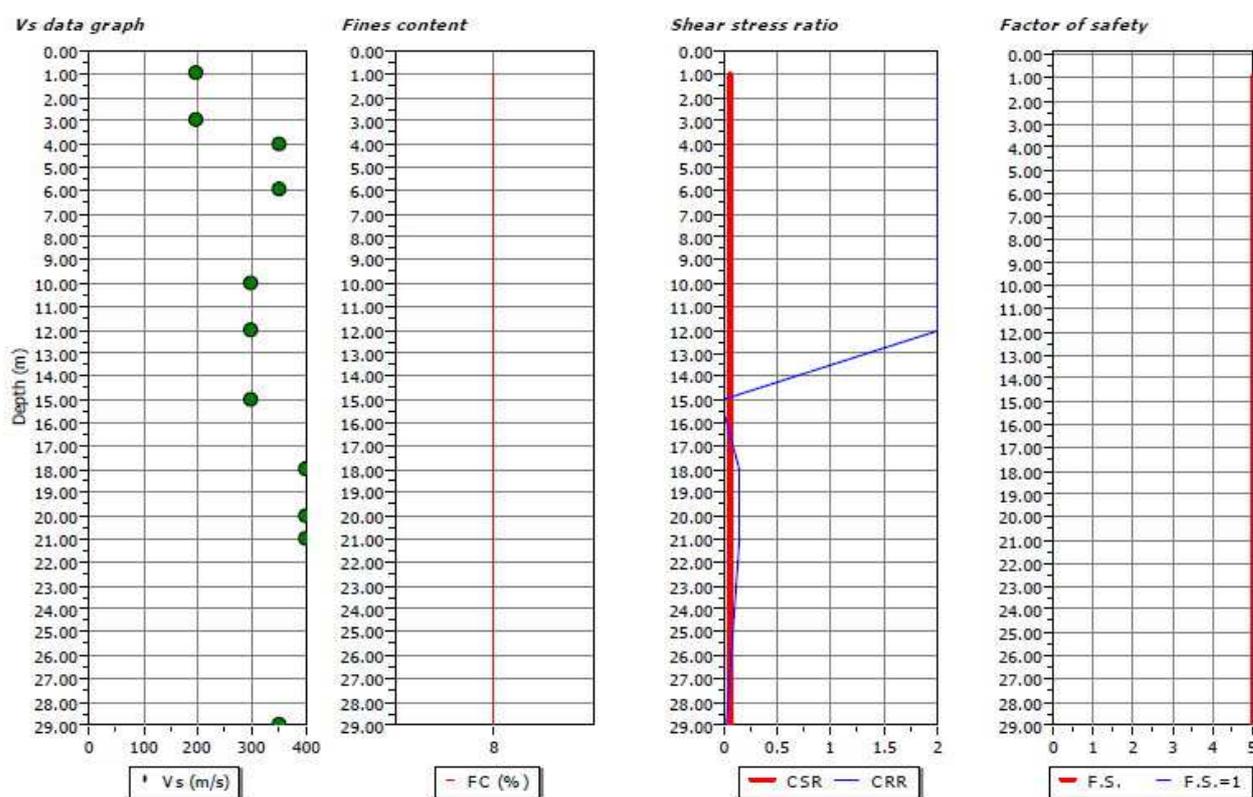


Figura 22. Liquefazione da V_s (Masw) zona Stazione Giulio Cesare (falda a - 4.5 m)

Anche con una soggiacenza portata cautelativamente 4.5 metri si ha un fattore di sicurezza nei confronti del pericolo della liquefazione pari ad almeno 5.

Avendo considerato la categoria sismica anche per le Stazioni P. Nuova e C. Alberto sulla base dei valori di V_s stimati dai risultati delle prove SPT, (categoria sottosuolo C), l'analisi sopra svolta viene fatta anche per esse, utilizzando direttamente ai fini del calcolo della liquefazione i valori di N_{SPT} , in corrispondenza di una soggiacenza della falda di 4.5 metri. I risultati ottenuti sono mostrati in Figura 23. Anche in questo caso si ottiene un valore del fattore di sicurezza almeno pari a circa 4.



LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : Metro 2 - Stazioni P. NUova e C. Alberto Falda a - 4.5 metri

Project subtitle : Calcolo basato sui valori di Nsp_t e su fine 8 per cento

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	12.00 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	5.70
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.15 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00

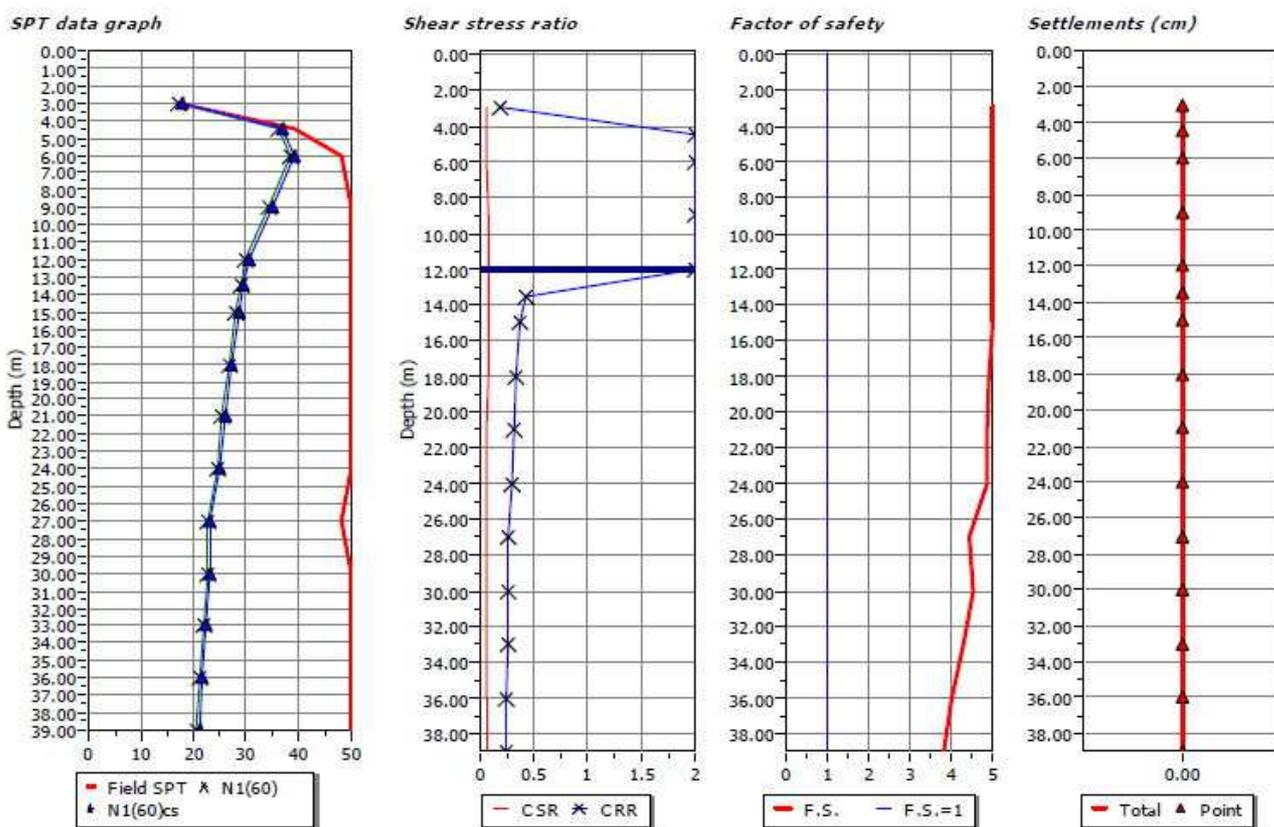


Figura 23. Liquefazione da NSPT Stazioni Porta Nuova e Carlo Alberto (falda a – 4.5 m)

6.2 Faglie attive e capaci

In accordo con quanto stabilito negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (Gruppo di lavoro MS, 2008), è considerata attiva una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-Olocene), ed è considerata capace una faglia attiva che raggiunge la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

E' stato consultato il Catalogo Ithaca - Catalogo delle faglie capaci dell'ISPRA, nel quale sono riportate le faglie capaci così definite (estratto dal sito di Ithaca <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>):

"ITHACA adotta la seguente definizione di faglia capace, che tiene conto delle definizioni riportate sopra e del contesto geodinamico italiano.

- *Una faglia è definita capace quando ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.*
- *La deformazione attesa può essere sia una dislocazione ben definita lungo un piano di rottura (fault displacement/offset) che una deformazione distribuita (warping).*
- *La riattivazione attesa viene definita in funzione del regime tettonico in atto, rispetto al quale deve essere compatibile. Elementi secondari possono però mostrare rotture "anomale", ad esempio movimenti compressivi in un ambiente distensivo, a causa di geometrie locali delle strutture riattivate.*

Intervallo temporale di riferimento

L'età dell'ultimo evento di attivazione di una faglia (last activity) è uno degli elementi discriminanti nella valutazione della "capacità" della struttura. L'analisi considera intervalli temporali di osservazione diversi, in funzione dell'ambiente tettonico (IAEA, 2010) e dei tassi di deformazione:

- *Interplacca (margini di placca)*
 - *1) < 125 ka (Pleistocene Superiore) - Faglia capace*
 - *2) 125 ka ≤ ultimo movimento accertato ≤ 2,58 Ma - Faglia da investigare con indagini appropriate*
- *Intraplacca (aree cratoniche)*
 - *1) ≤ 780 ka (Pleistocene medio) - Faglia capace*
 - *2) Quaternario (2.58 Ma) - Faglia da indagare*

Le definizioni sopra riportate considerano diverse finestre temporali a seconda che l'area di indagine sia in zona Interplacca o Intraplacca. L'intervallo temporale più ampio, e quindi più cautelativo, previsto per le zone Intraplacca (movimenti entro il Pleistocene medio) è applicabile, in Italia, al solo settore sardo, ritenuto un'area intraplacca (microcontinente), sebbene sia bordato da bacini in estensione (Bacini Balearico e Tirrenico) e quindi sia prossimo ad una situazione di interplacca.

Si evidenzia che nel Catalogo ITHACA l'intervallo considerato per le strutture capaci (< 125 ka sensu IAEA, 2010 e 2015) è più esteso di quello (40 ka) considerato negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (Dipartimento Protezione Civile, 2008) redatti dal Dipartimento di Protezione Civile (DPC) e poi nelle Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC)."

La consultazione del Catalogo Ithaca ha evidenziato che nel territorio d'interesse sono presenti due faglie definite come capaci (**Figura 24**):

- Faglia del Monte dei Cappuccini
- Faglia di Torino

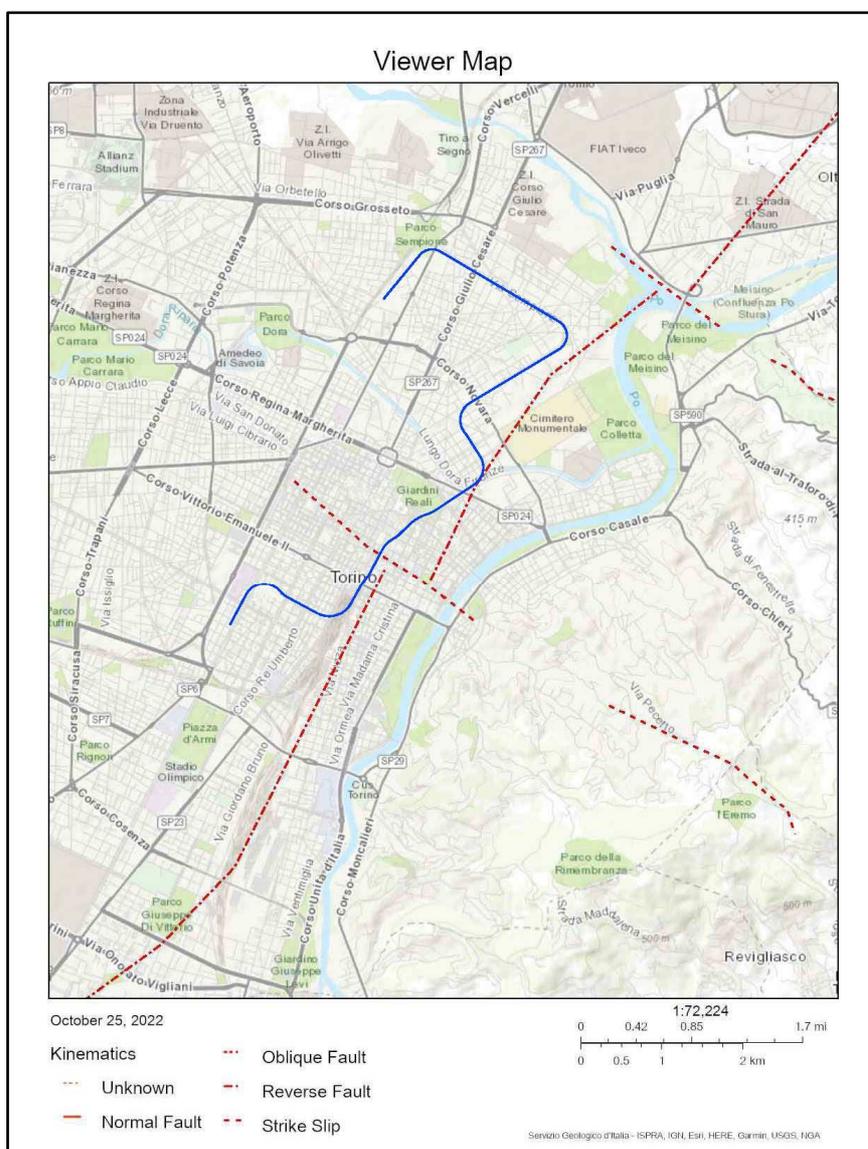


Figura 24. Ithaca - Catalogo delle faglie capaci, con riportato il tracciato dell'opera

6.2.1 Faglia del Monte dei Cappuccini

La Faglia del Monte dei Cappuccini è così descritta nella scheda associata al catalogo Ithaca:

"La Faglia del Monte dei Cappuccini è una struttura a andamento trascorrente SE-NW appartenente al Thrust Frontale Padano (PTF), un sistema tettonico a forma di arco lungo diversi chilometri, comprendente diverse faglie inverse vergenti da NW (settore occidentale) a NE (est settore). Interessa la successione del Bacino Terziario Piemontese e ne controlla la sovrapposizione con l'avanfossa Padana. La Faglia del Monte dei Cappuccini è costituita da una faglia trascorrente che segmenta la PTF come indicato nello Schema Strutturale del Foglio Carg

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

n. 156-Torino Est, dove il PTF è descritto come una struttura allungata lungo il margine esterno delle colline monferrine e torinesi, solcata da faglie trasversali. Data la mancanza di dati diretti sulla geometria e stratigrafia di questa struttura tettonica, la sua attività è stata riferita a un generico Pleistocene considerando il suo rapporto strutturale con il PTF. La limitata disponibilità di dati geologici per indagini più specifiche per valutare correttamente la capacità della faglia."

L'affidabilità del dato e la qualità degli studi sono definiti entrambi bassi.

L'inserimento nel catalogo Ithaca della faglia è legato dunque alla sua presenza nello schema strutturale riportato nel Foglio Carg 156 "Torino Est" (Figura 25), dove essa è cartografata sul versante orientale della Collina di Torino, mentre il suo prolungamento sul versante collinare occidentale e in pianura è indicato come incerto. Nelle Note Illustrative del Foglio, l'unico accenno alla faglia è al fatto che "disloca con movimenti distensivi i termini burdigaliano-langhiani della successione in corrispondenza dell'anticlinale di Superga."

Gli approfondimenti svolti non hanno fornito nuovi dati rispetto a quanto già noto, in particolare non sono stati riscontrati elementi morfologici indicativi di un'attività recente della faglia, oltre che nell'area edificata di Torino (dove sono ovviamente cancellati dall'attività antropica) nemmeno sul versante occidentale della Collina di Torino.

In conclusione, tenuto conto che:

- la faglia è riportata nel catalogo Ithaca con basso grado di affidabilità e bassa qualità dei dati a supporto;
- l'inserimento della faglia nel catalogo Ithaca è legato alla sua presenza nello schema strutturale del Foglio Carg, realizzato con criteri non attinenti alla microzonazione sismica e alla valutazione dello stato di attività delle faglie;
- nelle Note Illustrative del Foglio Carg è riportato che la faglia ha dislocato terreni miocenici (burdigaliano - langhiano) sul versante orientale della Collina di Torino con età compresa fra circa 13 - 20 milioni di anni, dunque non significativi per la valutazione di un'attività recente;
- non vi sono evidenze del proseguimento della faglia sul versante occidentale della collina torinese

si ritiene che, oltre a esserci incertezze sulla reale presenza della faglia sepolta, non vi siano evidenze né della sua attività negli ultimi 40.000 anni né del suo raggiungimento della superficie topografica, e dunque non è stata riportata in cartografia (Carta geologico tecnica e Carta delle MOPS).

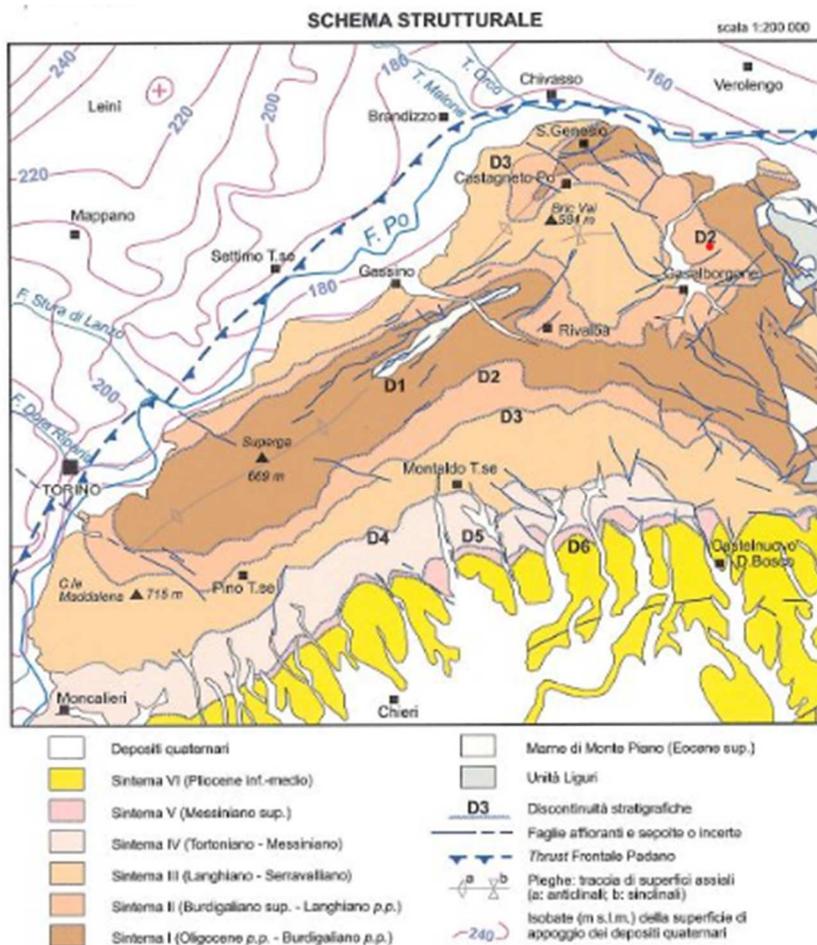


Figura 25. Foglio Carg 156 "Torino Est" - Schema strutturale

6.2.2 Faglia di Torino

La Faglia di Torino è così descritta nella scheda associata al catalogo Ithaca:

"La Faglia di Torino è una struttura inversa vergente nord-ovest appartenente al Thrust Frontale Padano (PTF), un sistema tettonico a forma di arco lungo molti chilometri, comprendente diverse faglie inverse vergenti da NW (settore occidentale) a NE (settore orientale). Interessa la successione del Bacino Terziario Piemontese e ne controlla la sovrapposizione con l'avanfossa Padana. Il PTF comprende alcune faglie inverse ben visibili dalle indagini geofisiche eseguite dall'ENEL (1984, 1985) nell'area pianeggiante prospiciente il settore centro-orientale dei rilievi monferrini. Esse consistono in faglie inverse con inclinazione da 20° fino a 55°, rilevate a una profondità massima di circa 5 km, alcune delle quali culminanti molto vicino alla superficie ad una profondità minima di 10-30 m (ENEL, 1985) . La Faglia Torino rappresenta la continuazione

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

WSW di Chivasso-San Mauro: la sua traccia deriva dallo Schema Strutturale del Foglio di Carg n. 156-Torino Est, dove il PTF è descritto come struttura segmentata distesa lungo il margine esterno delle colline monferrine e torinesi. La Faglia di Torino è costituita da un segmento minore del Thrust delimitato da due faglie trascorrenti ad andamento NW (faglie Monte dei Cappuccini e Stura). Data la mancanza di dati diretti sulla geometria e stratigrafia di questo segmento del PTF, le sue caratteristiche geometriche e l'attività sono state desunte dalle osservazioni effettuate sulle strutture più vicine a est. Il Thrust è tracciato in Festa et al. (2009) al di sotto dell'area urbana di Torino, dove la struttura si estende a ridosso della superficie topografica. L'attività di faglia è stata riferita a un Pleistocene generico in accordo con i dati di letteratura (Mosca, 2006; Festa et al., 2009). La mancata determinazione dell'età per la parte alta della sequenza stratigrafica e l'incerta chiusura sommitale della struttura non consentono di escluderne l'attivazione in tempi più recenti. La limitata disponibilità e risoluzione delle sezioni trasversali geologiche e geofisiche richiedono indagini più specifiche per valutare adeguatamente la capacità della faglia.”.

L'affidabilità del dato e la qualità degli studi sono definiti entrambi bassi.

In conclusione, tenuto conto che:

- la faglia è riportata nel catalogo Ithaca con basso grado di affidabilità e bassa qualità dei dati a supporto;
- l'inserimento della faglia nel catalogo Ithaca è legato alla sua presenza nello schema strutturale del Foglio Carg, realizzato con criteri non attinenti alla microzonazione sismica e alla valutazione dello stato di attività delle faglie

si ritiene che non vi siano evidenze né della sua attività negli ultimi 40.000 anni né del suo raggiungimento della superficie topografica, e dunque non è stata riportata in cartografia (Carta geologica tecnica e Carta delle MOPS).

6.2.3 Considerazioni conclusive

Il tracciato della Linea 2 della Metropolitana interseca due faglie (Faglia dei Monte dei Cappuccini e Faglia di Torino) inserite nel Catalogo Ithaca delle faglie capaci.

Gli studi di approfondimento hanno evidenziato l'assenza di dati sia a supporto dell'attività delle due faglie negli ultimi 40.000 anni che del loro raggiungimento della superficie topografica, come, peraltro, già ipotizzabile dalla documentazione presente nel Catalogo Ithaca dove per entrambe il dato era definito con basso grado di affidabilità e di bassa qualità.

In particolare, gli studi non hanno riscontrato elementi in superficie che possano esseri riferiti al passaggio delle due faglie, o dati stratigrafici anomali potenzialmente attribuibili al passaggio di una struttura tettonica.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

L'unico elemento che ha portato all'inserimento delle due faglie nel Catalogo Ithaca è legato dunque alla loro presenza nello schema strutturale del Foglio Carg, documento peraltro realizzato con criteri non attinenti alla microzonazione sismica e alla valutazione dello stato di attività delle faglie.

Alla luce dei dati sopra esposti, le due faglie non sono state riportate in cartografia (Carta geologico tecnica e Carta delle MOPS), in quanto non rappresentano un elemento di pericolo per il territorio indagato e per la stabilità della nuova Linea 2 della Metropolitana.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

7. ELABORATI CARTOGRAFICI

Gli elaborati cartografici derivanti dall'analisi di tutti i dati acquisiti sono i seguenti:

- TAVOLA 1 - Carta delle indagini (doc. MTL2T1A0DGEOGENT004.1 - MTL2T1A0DGEOGENT004.2)
- TAVOLA 2 - Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica (doc. MTL2T1A0DGEOGENT005.1 - MTL2T1A0DGEOGENT005.2)
- TAVOLA 3 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (doc. MTL2T1A0DGEOGENT006.1 - MTL2T1A0DGEOGENT006.2).

La cartografia è stata redatta secondo la simbologia introdotta dagli "Standard di microzonazione sismica", e l'area di indagine estesa a un intorno significativo della nuova linea della metropolitana. La base cartografica utilizzata è la Base Dati Territoriale di Riferimento (BDTRE) elaborata dalla Regione Piemonte, a scala 1 : 5.000.

7.1 Carta delle Indagini

Nella carta sono stati riportati la localizzazione e il tipo di indagine effettuata sia a corredo del Progetto di Fattibilità che del Progetto Definitivo dell'opera:

- sondaggio a carotaggio continuo
- sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
- sondaggio a distruzione di nucleo
- sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato
- sondaggio con prelievo di campioni
- sondaggio con piezometro
- prova SPT
- prova sismica in foro cross-hole
- prova sismica in foro down-hole
- prova sismica MASW

7.2 Carta geologico tecnica

Nella Carta geologico tecnica sono cartografati i litotipi affioranti, distinti in:

- RI terreni contenenti resti di attività antropica: si tratta di depositi osservati in tutti i sondaggi con spessori estremamente variabili, che passano da meno di 1 a più di 10 m, costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie scarsamente addensati, non coesivi e non alterati. Generalmente sono presenti frammenti di laterizi. Questi terreni sono stati rappresentati in carta solo laddove raggiungono gli spessori più significativi su aree estese, ovvero in corrispondenza del polo Einaudi nei pressi dell'attraversamento del Fiume Dora.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

- GWtf: ghiaie eterometriche da fini a grossolane, con clasti poligenici, in matrice sabbiosa, con intercalazioni da centimetriche a metriche di sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi. Grado di addensamento medio ($Dr = 50 - 60\%$). Corrispondono ai depositi fluviali che fasciano l'alveo del F. Dora Riparia.
- GWfg: ghiaie eterometriche da fini a grossolane, con clasti poligenici, in matrice sabbioso-limosa, con intercalazioni da centimetriche a metriche di sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi, con cementazione sparsa. Grado di addensamento medio ($Dr = 50 - 60\%$). Corrispondono ai depositi fluvio glaciali.

Inoltre sono riportati in cartografia i seguenti elementi geologici e idrogeologici:

- sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico con indicazione della profondità del tetto del substrato
- sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico con indicazione della profondità raggiunta
- presenza della falda con indicazione della profondità del tetto della falda.

Nella Tavola sono inoltre riportate tre sezioni geologico tecniche, illustrative dell'assetto del sottosuolo nei diversi settori dell'area studiata.

Nelle sezioni sono state individuate le seguenti unità litologiche, in accordo con quanto previsto dagli "Standard di microzonazione sismica":

- RI terreni contenenti resti di attività antropica: ciottoli, ghiaie e sabbie scarsamente addensati, non coesivi e non alterati, generalmente con frammenti di laterizi.
- GM: ghiaie eterometriche da fini a grossolane, con clasti poligenici, in matrice sabbioso-limosa, con intercalazioni da centimetriche a metriche di sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi, con cementazione sparsa. Corrisponde ai depositi fluviali e fluvio glaciali.
- CO substrato geologico coesivo sovraconsolidato: limi argillosi e argille limose, localmente marnose. Corrisponde ai terreni delle formazioni delle Marne di S. Agata Fossili e delle Argille Azzurre nei settori fra Stazione Porta Nuova e Pozzo Carlo Alberto e tra pozzo Verona e Stazione Novara.
- IS substrato geologico incoerente: sabbie da fini a grosse, ghiaie fini e localmente sabbie limose e limi sabbiosi. Il grado di addensamento è medio-alto. Corrisponde ai sedimenti villafranchiani della formazione delle Sabbie di Ferrere e delle Argille Azzurre nel settore presso il Deposito Rebaudengo, dove la facies prevalente è rappresentata da sabbia medio fine limosa, molto addensata, fossilifera.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

7.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, secondo quanto previsto dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", individua microzone dove, sulla base delle osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici, è prevedibile l'occorrenza di diversi effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.). Le microzone sono suddivise in tre categorie:

- zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, per effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

Le analisi delle informazioni geologiche e geomorfologiche illustrate nei capitoli precedenti, oltre che la valutazione e studio dei dati geognostici e geofisici disponibili, hanno consentito di escludere la presenza nel territorio oggetto di indagine di zone suscettibili di instabilità. Gli studi, con dettagliata ricostruzione del modello geologico del sottosuolo, hanno infatti evidenziato con chiarezza l'assenza delle tipologie di instabilità connesse al sisma, quali instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali.

Sono presenti esclusivamente "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali", nel quale l'effetto atteso è legato all'amplificazione in funzione dell'assetto stratigrafico, caratterizzato da una coltre di sedimenti che ricopre il substrato sismico. Si sottolinea che le zone individuate rientrano sempre nella categoria delle zone stabili, per le quali sono attese esclusivamente amplificazioni locali di tipo stratigrafico (considerati nella progettazione delle opere ai sensi delle Norme Tecniche), ma è da escludere il rischio, in caso di sisma, di effetti di deformazione permanente che potrebbero coinvolgere il territorio e la nuova Linea 2 della Metropolitana.

Sono state individuate tre "zone stabili suscettibili di amplificazioni locali", differenziate in base alle caratteristiche litostratigrafiche (si specifica che il livello 1 di microzonazione sismica è qualitativo, e le zone non sono pertanto associate a valutazioni quantitative dell'amplificazione):

- Zona 1: comprende i settori dove inferiormente a terreni contenenti resti di attività antropica, con spessore di 1 - 2 m, sono presenti ghiaie con matrice sabbioso limosa, con cementazione sparsa, con spessore di 30 - 35 m, seguite in profondità dal substrato geologico incoerente.
- Zona 2: comprende i settori dove inferiormente a terreni contenenti resti di attività antropica, con spessore di 2 - 7 m, sono presenti ghiaie con matrice sabbioso limosa, con cementazione sparsa, con spessore di 25 - 30 m, seguite in profondità dal substrato geologico coesivo sovraconsolidato.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

- Zona 3: comprende i settori dove inferiormente a terreni contenenti resti di attività antropica, con spessore di 2 - 3 m, sono presenti ghiaie con matrice sabbioso limosa, con cementazione sparsa, con spessore di 25 m mentre non vi sono dati sulla quota e litologia del substrato.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. ALLEGRA P. (1993) - Caratterizzazione geologico-tecnica e cartografia tematica dell'area urbana torinese. *Geologia Applicata e Idrogeologia*, 7-16.
2. AMORETTI G. (1996) – La verità storica su Pietro Micca. VII Ed. L'Artistica, Savigliano. 38 pp.
3. AMORETTI G. (1998) – Riscoperta e valorizzazione del forte torinese detto "Pastiss". *Atti Congr. Int. di Archeologia, Storia e Architettura Militare*, 31-55. Torino, 11-13 novembre 1998.
4. BARLA G., MACCHI A., CAVALLERO G.M., PEDEMONTE S. (1993) - Il Passante ferroviario di Torino. *AGI, XVIII Convegno Nazionale di Geotecnica, I*, 79-90. Rimini, 1-13 maggio 1993.
5. BARLA G., VAI L. (1999) – Indagini geotecniche per la caratterizzazione del sottosuolo di Torino lungo il tracciato del passante ferroviario. *Atti XX Convegno Nazionale di Geotecnica*, 335-342. Parma, 22-25 settembre 1999.
6. BIMA C. (1970) – L'acqua a Torino. Grafiche Jemma Ed. Moncalieri. 185 pp.
7. BORTOLAMI G., DE LUCA D., FILIPPINI G. (1990) – Le acque sotterranee della pianura di Torino. *Aspetti e problemi*. Provincia di Torino, Assessorato all'Ecologia.
8. BORTOLAMI G., MAFFEO B., MARADEI V., RICCI B., SORZANA F. (1976) - Lineamenti di litologia e geoidrologia del settore piemontese della pianura padana. *Quaderni Ist. Ricerca Acque*, 28 (1).
9. BOTTINO G., CIVITA M. (1986) - Engineering geological features and mapping of subsurfaces in the metropolitan area of Turin, North Italy. *5th Int. Ass. Eng. Geol.*, Buenos Aires 1986.
10. CASSANO E., ANELLI L., FICHERA R., CAPPELLI V. (1986) - Pianura padana. Interpretazione integrata di dati geofisici e geologici. *Pubbl. Agip. 73° Congr. Soc. Geol. It.* Roma, 27.
11. CASTIGLIA E. (1998) – Il Cisternone della Cittadella esiste ancora ? Le indagini, gli scavi, i programmi per il futuro. *Atti Congr. Int. di Archeologia, Storia e Architettura Militare*, 57-76. Torino, 11-13 novembre 1998.
12. CENTRO STUDI E RICERCHE STORICHE SULL'ARCHITETTURA MILITARE DEL PIEMONTE – Relazioni su studi e ricerche.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOPENR003-0-1

13. CLARI P., DE LA PIERRE F., NOVARETTI A., TIMPANELLI M. (1994) – La successione oligomiocenica del Monferrato occidentale: confronti e relazioni con il Monferrato orientale e la collina di Torino. Atti Tic. Sc. Terra, serie speciale I, pp. 191-203.
14. CIVITA M., PIZZO S. (2001) – L'evoluzione spazio-temporale del livello piezometrico dell'acquifero libero nel sottosuolo di Torino. Geingegneria Ambientale e Mineraria, 104, 185-287.
15. DE LUCA D.A., OSSELLA, L. (2014). Assetto idrogeologico della città di Torino e del suo hinterland. Geologia dell'Ambiente, Suppl. al n. 1/2014, 10-15.
16. FRANCERI E., BORTOLAMI G., RICCI B. (1980) – Lineamenti geoidrologici della Provincia di Torino con riferimento allo stato idrogeochimico delle falde del sottosuolo dell'area ecologica torinese. Provincia di Torino, Assessorato all'Ecologia, Servizio Protezione e Ambiente.
17. FORNO M. G., DE LUCA A., BONASERA M., BUCCI A., GIANOTTI F., LASAGNA M., LUCCHESI S., PELIZZA S., PIANA F. & TADDIA G. (2018) – Synthesis on the Turin subsoil stratigraphy and hydrogeology (NW Italy). Alpine and Mediterranean Quaternary, 31 (2), 147-170
18. FORNO M.G., LUCCHESI S. (2014). La successione pliocenico-quadernaria su cui è edificata la città di Torino e il suo significato per l'utilizzo del territorio. Geologia dell'Ambiente, Suppl. al n. 1/2014, 3-9
19. ISPRA – Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale. Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 – Foglio n. 155 Torino Ovest.
20. ISPRA – Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale. Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 – Foglio n. 156 Torino Est.
21. ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE (IGM) - Carta Topografica d'Italia a scala 1:25.000, Foglio 56 - III SE Torino. Rilievi del 1881 (ex ISTITUTO TOPOGRAFICO MILITARE) aggiornati nel 1895.
22. LUCCHESI S. (2001) – Sintesi preliminare dei dati di sottosuolo della pianura piemontese centrale. Geingegneria Ambientale e Mineraria, 103 (2-3), 115-121.
23. MACCHI A. (1993) - Passante ferroviario di Torino: note del giornale dei lavori del 1993. Gallerie e Grandi Opere Sotterranee, 41.
24. MACCHI A. (1994) - Passante ferroviario di Torino. Sfondamento dell'ultimo diaframma della galleria naturale. Geingegneria Ambientale e Mineraria, XXXI (1), 83-87.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 – Lotto Generale: Politecnico – Rebaudengo
Microzonazione Sismica Relazione tecnico illustrativa	36_MTL2T1A0DGEOGENR003-0-1

25. MILANESIO A. (1826) – Cenni storici sulla città e cittadella di Torino dal 1418 al 1826. Stamperia Favale, Torino.
26. REGIONE PIEMONTE (2007) - Rete di Monitoraggio delle Acque sotterranee. Direzione Risorse Idriche.
27. PELIZZA S. (2014). Eterogeneità geologico-tecniche del sottosuolo nell'area torinese e riflessi applicativi per gli scavi. Geologia dell'Ambiente, Suppl. al n. 1/2014, 63-68.
28. PIANA F., BARALE L., COMPAGNONI R., D'ATRI A., FIORASO G., ANDREA IRACE; MOSCA P., TALLONE S., MONEGATO G., MORELLI M. (2017) - Geological Map of Piemonte region at 1: 250,000 scale, Explanatory Notes. Memorie dell'Accademia delle Scienze di Torino, Serie V, Cl. Sci. Fis., 41, 2-148, ISSN:1120-1630
29. SACCO (1905) – Il Piacenziano sotto Torino. Boll. Soc. Geol. It., XXIII (1904), fasc. III, 497-503.
30. SACCO F. (1911-12) – Geoidrologia dei pozzi profondi della Valle Padana. Parte I. Ann. R. Acc. Agric. di Torino.
31. SACCO F. (1924) – Geoidrologia dei pozzi profondi della Valle Padana. Parte II, Appendice e bibliografia. Min. LL. PP. Serv. Idrografico, Uff. Idrografico del Po, Torino.
32. SACCO F. (1933) – Geoidrologia dei pozzi profondi della Valle Padana. Parte III. Min. LL. PP. Serv. Idrografico, Uff. Idrografico del Po, Pubbl. 9, vol. 3. Roma.
33. SACCO F. (1933) – L'Astiano sotto la pianura Torinese. Atti R. Accademia delle Scienze di Torino, LXIX, 1933-34, 11 pp.
34. SACCO F. (1941). Il terrazzamento delle fiumane padane a monte di Torino. Ann. R. Acc. Agric. di Torino, 85, 87-97.
35. SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969) - Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000. Foglio 56 -Torino, e Note illustrative. Seconda edizione. Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato.
36. ZANNONI F. (1998) – Le fonti documentarie del Cisternone della Cittadella in relazione con il dato archeologico. Atti Congresso Internazionale di Archeologia, Storia e architettura militare.. Torino, 11-13 novembre 1998, 77-133.