

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

COMMITTENTE SCR Piemonte		COMUNE Città di TORINO			
LIVELLO PROGETTUALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
CUP C14E21001220001	TITOLO INTERVENTO TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO FIUME: MEMORIA E FUTURO' REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO				
CODICE OPERA 22044D02					
ELABORATO N. 002	TITOLO ELABORATO Studio idrogeologico				
DATA Novembre 2022	SCALA -	AREA PROGETTUALE Geologia			
FORMATO DI STAMPA A4	CODICE GENERALE ELABORATO 22044D02_1_0_P_GG_00_CZ_002_0		NOME FILE D:\Programmi\Sync\ENydrion\LAVORI\2022\38_22_SCR_TO\consegna 29 10 22		
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	DIS.	CONTR	APPR.
0	Novembre 2022	Prima emissione	Quaranta	Cogo	Quaranta
PROGETTISTA INCARICATO  ENydrion STP S.r.l. Corso Duca degli Abruzzi 42 10129 Torino		TIMBRI - FIRME Dott. Geol. Elena Cogo Dott. Geol. Nicola Quaranta			
ORGANISMO DI CONTROLLO CONTECO S.p.A. Responsabile di Commessa: Ing. Daniele Baldi		SCR PIEMONTE S.p.A. Responsabile del Procedimento: Arch. Sergio Manto			



Sommario

1	Premessa.....	2
2	Riferimenti normativi.....	2
3	Ambito territoriale di riferimento.....	2
4	Lineamenti geologici e geomorfologici.....	4
4.1	Assetto geologico a scala di area vasta.....	4
4.2	Assetto geologico a scala urbana e unità stratigrafiche di interesse.....	5
4.3	Assetto geomorfologico	8
5	Caratterizzazione idrogeologica.....	12
5.1	Caratteristiche idrogeologiche generali.....	12
5.2	Base dell’acquifero superficiale	15
5.3	Parametri idrodinamici.....	17
5.3.1	Determinazioni precedenti.....	17
5.3.2	Prove sperimentali sito-specifiche.....	19
5.3.3	Rassegna di parametri idrodinamici desumibili da pozzi esistenti.....	20
6	Assetto piezometrico	21
6.1	Piezometria.....	21
6.2	Soggiacenza.....	28
6.3	Escursioni del livello di falda.....	30
6.3.1	Escursioni pluriennali.....	30
6.3.2	Escursioni stagionali.....	33
7	Caratterizzazione termica e idrochimica	35
7.1	Temperatura della falda.....	35
7.2	Caratteristiche idrochimiche della falda.....	36

INDICE DEGLI ALLEGATI

ALLEGATO 1 – SEZIONE IDROGEOLOGICA SCHEMATICA

1 Premessa

La presente relazione idrogeologica è redatta da ENydrion STP S.r.l. per incarico conferito da S.C.R. Piemonte S.p.A. in data 28.09.2022 con Protocollo nr. 7386 ed è riferita al Progetto "*Torino, il suo parco, il suo fiume: memoria e futuro*" - Realizzazione della Biblioteca Civica e riqualificazione del Teatro Nuovo (CUP C14E21001220001).

In particolare, l'elaborato costituisce allegato alla Domanda di autorizzazione alla ricerca e di concessione alla derivazione di acque sotterranee per il campo pozzi geotermico a circuito aperto, alimentante l'impianto di riscaldamento e di raffrescamento dell'opera in progetto.

2 Riferimenti normativi

Regione Piemonte L.R. n. 22 del 30 aprile 1996. Ricerca, uso e tutela delle acque sotterranee.

Regione Piemonte L.R. n. 6 del 7 aprile 2003. Disposizioni in materia di autorizzazione agli scarichi delle acque reflue domestiche e modifiche alla legge regionale 30 aprile 1996, n. 22 (Ricerca, uso e tutela delle acque sotterranee).

Regione Piemonte, Regolamento regionale 29 luglio 2003, n. 10/R: Disciplina dei procedimenti di concessione di derivazione di acqua pubblica (Legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61).

Regione Piemonte - D.G.R. 3 Giugno 2009, n. 34-11524 "Legge regionale 30 aprile 1996 n. 22, articolo 2, comma 7. Criteri tecnici per l'identificazione della base dell'acquifero superficiale e aggiornamento della cartografia contenuta nelle "Monografie delle macroaree idrogeologiche di riferimento dell'acquifero superficiale" del Piano di Tutela delle Acque, approvato con D.C.R. 117-10731 del 13/03/2007" – Testo e Allegati.

Regione Piemonte D.G.R. 2 Febbraio 2018, n. 12-6441. Aree di ricarica degli acquiferi profondi - Disciplina regionale ai sensi dell'articolo 24, comma 6 delle Norme di piano del Piano di Tutela delle Acque approvato con D.C.R. n. 117-10731 del 13 marzo 2017.

Regione Piemonte D.C.R. n. 179 - 18293, a seguito della D.G.R. n. 8-3089 del 16 aprile 2021 - Aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque (PTA 2021).

Regione Piemonte D.D. 4 Aprile 2022, n. 140. Codice A1604B. D.G.R. n. 34-11524 del 3/06/2009 - Aggiornamento della cartografia della base dell'acquifero superficiale alla scala 1:50.000 del Comune di Torino e di una porzione limitata dei Comuni di Borgaro T.se, Venaria Reale, Collegno, Rivoli, Orbassano, Beinasco e Moncalieri estesa in un intorno di cinque chilometri lungo il tracciato della Linea 2 della Metropolitana di Torino del lotto funzionale Politecnico – Rebaudengo.

3 Ambito territoriale di riferimento

In accordo con quanto prescritto nell'Allegato B del Regolamento regionale 29 luglio 2003, n. 10/R, il presente studio idrogeologico descrive l'assetto idrogeologico nel quale si inserisce il progetto in esame e fornisce indicazioni sugli aspetti geologici e geomorfologici del territorio nel quale è prevista la captazione.

Tale studio idrogeologico interessa un'area avente indicativamente il raggio di almeno un chilometro dall'opera di captazione e comunque di ampiezza tale da consentire le caratterizzazioni richieste. Nel caso di campo-

pozzi le distanze sono calcolate a partire dal perimetro del campo stesso. Nella valutazione preliminare sull'estensione dell'area da investigare, sono comunque prioritariamente considerati gli eventuali limiti idrogeologici. Gli elaborati cartografici sono presentati a scala adeguata ai tematismi rappresentati e riportati su stralci della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000.



Figura 1: ambito di studio idrogeologico di dettaglio, perimetrato entro 1 km dal sito di progetto su sfondo base cartografica BD3 2022 – Regione Piemonte. Sistema in progetto di scambio geotermico a circuito aperto: giallo = pozzi di presa, rosso = pozzi di resa.

I limiti dell'area di studio idrogeologico comprendono:

- a Nord, l'area urbana compresa tra Largo Marconi e il Castello del Valentino (Facoltà di Architettura)
- ad Est, il versante collinare in sponda destra idrografica del F. Po
- a Sud, Corso Bramante e Piazza Zara
- ad Ovest, il sedime ferroviario presso il "Bivio Crocetta", sino al limite con Corso Turati-Via Nizza.

Nell'area di studio sono ben distinguibili, demarcati dall'asse viario di C.so Massimo d'Azeglio, un settore occidentale e meridionale, ad elevato tasso di urbanizzazione, ed un settore orientale con prevalenza di aree verdi limitrofe alla regione fluviale del Po, rispetto alle aree edificate più rade.

Con riferimento all'ambito di studio rappresentato nella fig. 1, viene preso in considerazione il limite idrogeologico orientale rappresentato dall'alveo del F. Po, per i motivi meglio descritti nei capitoli dedicati all'assetto piezometrico e idrogeologico.

4 Lineamenti geologici e geomorfologici

4.1 Assetto geologico a scala di area vasta

Il sito di intervento in esame si colloca in un settore di contatto tra unità geologiche a scala regionali distintamente connotate nel quadro evolutivo orogenico e deposizionale piemontese, qui sottolineato dal rilievo orogenico della Collina di Torino (in rapporto di svincolo tettonico con l'arco del Monferrato), il cui limite Nord-Occidentale è sottolineato da un'importante direttrice di deformazione strutturale – FSP o Fronte di Sovrascorrimento Padano, a Nord e Nord-Ovest del quale si sviluppa il Bacino Pliocenico Padano, al margine orientale del quale sorge l'area metropolitana Torinese.

Oltre la prosecuzione sepolta del FSP si sviluppa a Sud il bacino Pliocenico subsidente di Savigliano, con i due depocentri di Racconigi (DR) e di Fossano (DF), separati da un altro fronte di sovrascorrimento sepolto profondo identificato come “Saluzzo - Sommariva Bosco”.

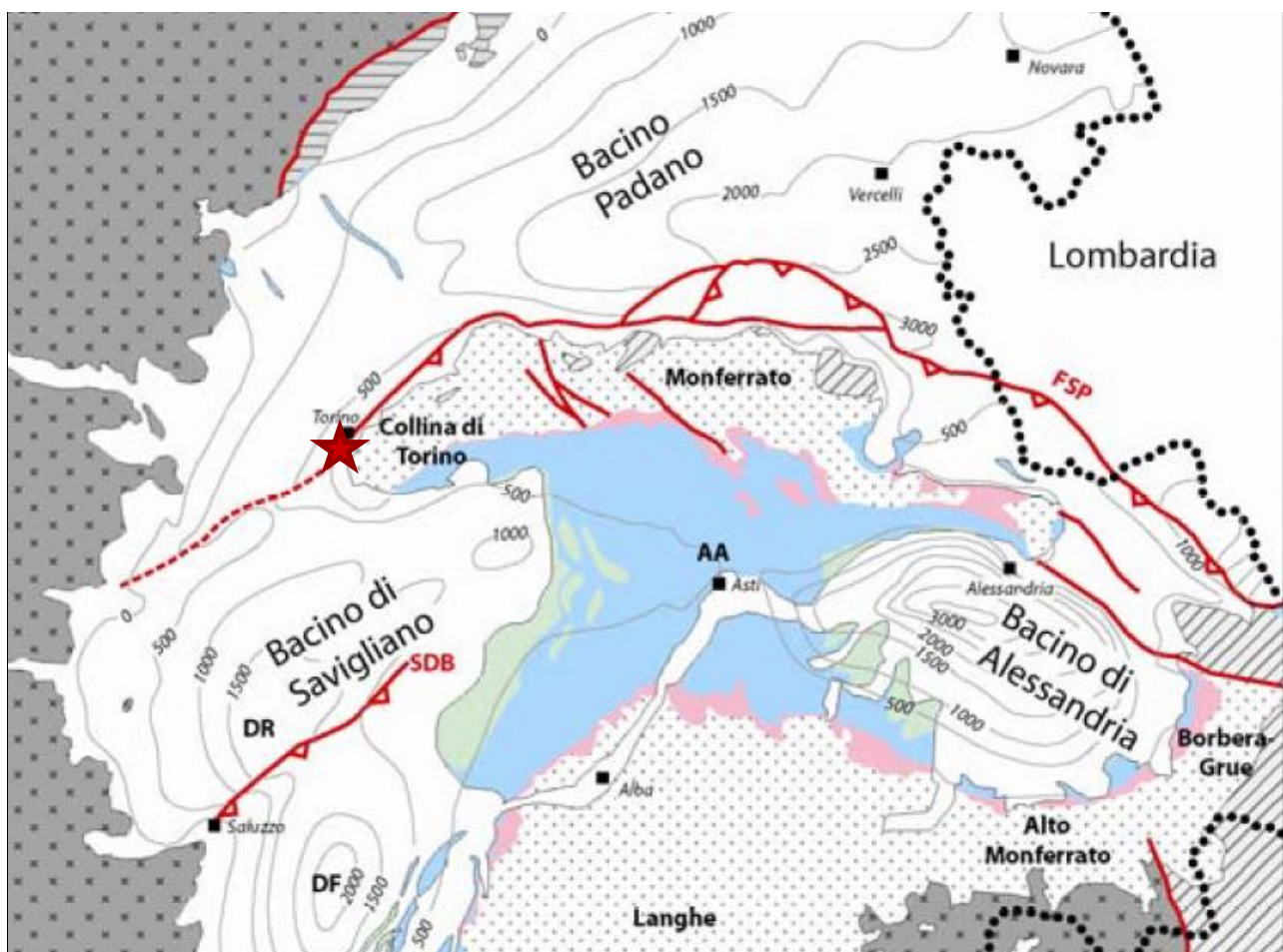


Figura 2: inquadramento del sito di intervento nel contesto geologico e deposizionale regionale. Fonte: *Irace et alii, 2009 “Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale”. “Geology and deep hydro-stratigraphic pattern of West Po Plain”*. © La Nuova LitoFirenze 2009 ISBN 978-88-904554-0-7
Le linee quotate rappresentano le isobate del bacino Pliocenico.

Nella cartografia geologica del Piemonte alla scala 1:250.000 è quindi possibile percepire la distribuzione dei diversi domini che interagiscono con la dinamica geologica del sito di Torino Esposizioni, riferibili quindi:

- Al vasto conoide di deposizione esterno all'anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana, pertinente alla serie deposizionale Pleistocenica del Bacino Padano, estesa nel tavoliere torinese e a Nord dello stesso.
- All'unità tettonico-metamorfica delle Alpi Occidentali (UTM), che ne rappresenta il substrato roccioso.
- Alla serie deposizionale Pleistocenica del Bacino Cuneese, estesa a Sud di Moncalieri.
- Alla successione deformata dei depositi del Bacino Terziario Piemontese costituenti la struttura antiforata della Collina di Torino e l'adiacente arco strutturale del Monferrato.

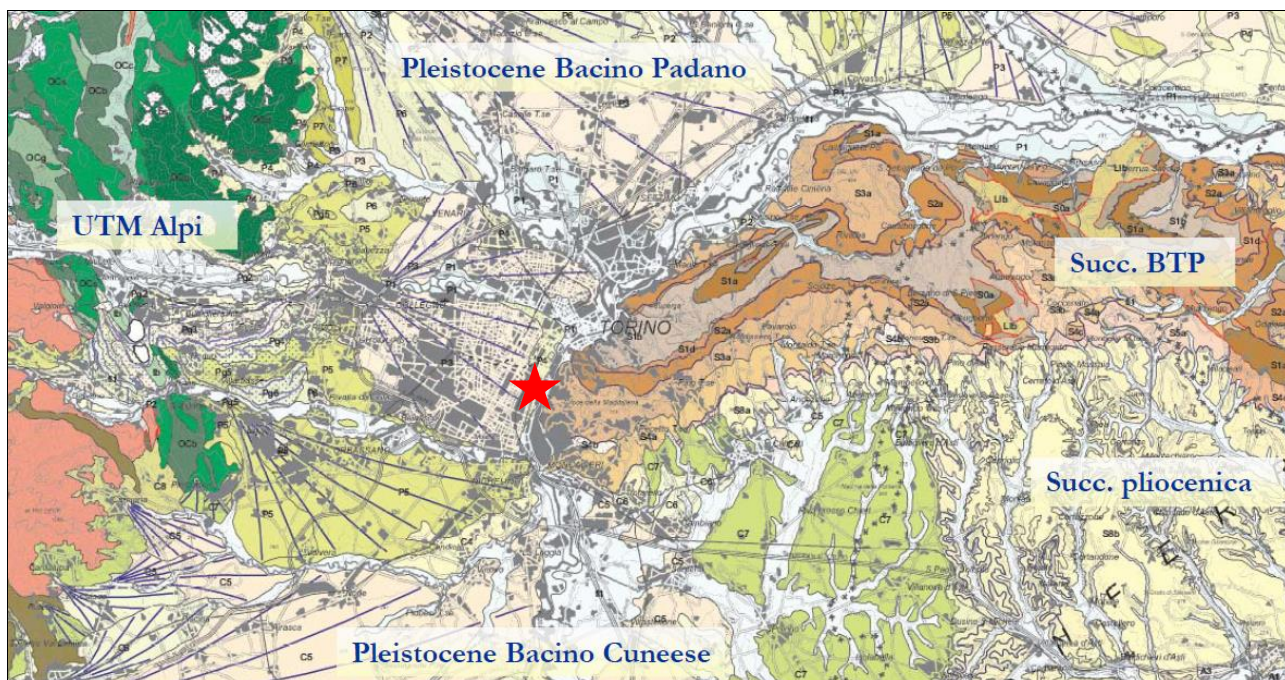


Figura 3: carta geologica del Piemonte alla scala 1:250.000. Fonte: Piana et alii, 2017: Geology of Piemonte region (NW Italy, Alps–Apennines interference zone). <https://doi.org/10.1080/17445647.2017.1316218>

4.2 Assetto geologico a scala urbana e unità stratigrafiche di interesse

Nel contesto bordiero orientale del vasto tavoliere torinese degradante verso il F. Po, il sito di intervento può essere descritto con riferimento alla Cartografia Geologica del Progetto CARG – scala 1: 50.000, Foglio Torino Est n°156, della quale viene riportato uno stralcio nel seguito.

In accordo a tale rappresentazione, la superficie deposizionale sulla quale si è accresciuta la città e più in particolare C.so Massimo d'Azeglio, risulta di pertinenza del vasto paleo-conoide della Dora Riparia e più in particolare del Sintema di Frassinere, Subsintema di Col Giansesco (AFR_{2b}), costituito da “ghiaie sabbiose grossolane debolmente alterate (7.5-10 YR) con clasti eterometrici di quarziti, serpentiniti, gneiss e subordinatamente di “pietre verdi”, calcescisti e marmi grigi; ricoperti da una sottile copertura di silt sabbiosi e loess s.l.. Questa superficie risulta terrazzata di circa 10 metri rispetto all'alveo del F.Po. Pleistocene superiore”.

Al piede della scarpata di terrazzo estesa ad Est di Corso Massimo d'Azeglio, la cui forma risulta parzialmente mascherata, ondulata e rimodellata per effetto di interventi di riconfigurazione morfologica di origine antropica, si riscontrano i depositi fluviali (non distinti in base al bacino di pertinenza) del “Sintema di

Palazzolo”, Subsistema di Ghiaia Grande (CSN₃), raccordati con l’alveo del F.Po e costituiti da “ghiaie e ghiaie sabbiose inalterate o poco alterate (2.5Y-10YR) con locali intercalazioni sabbiose e coperte in modo generalizzato da una coltre di spessore decimetrico o metrico di sabbie e sabbie siltose inalterate (2.5Y). Olocene-Attuale”.

L’edificio oggetto del presente intervento progettuale si colloca nel contesto della prima unità geologica sopra descritta, rispetto alla quale la seconda viene a trovarsi disposta a valle di Viale Boiardo, intagliato lungo la scarpata di separazione morfologica delle due unità deposizionali.

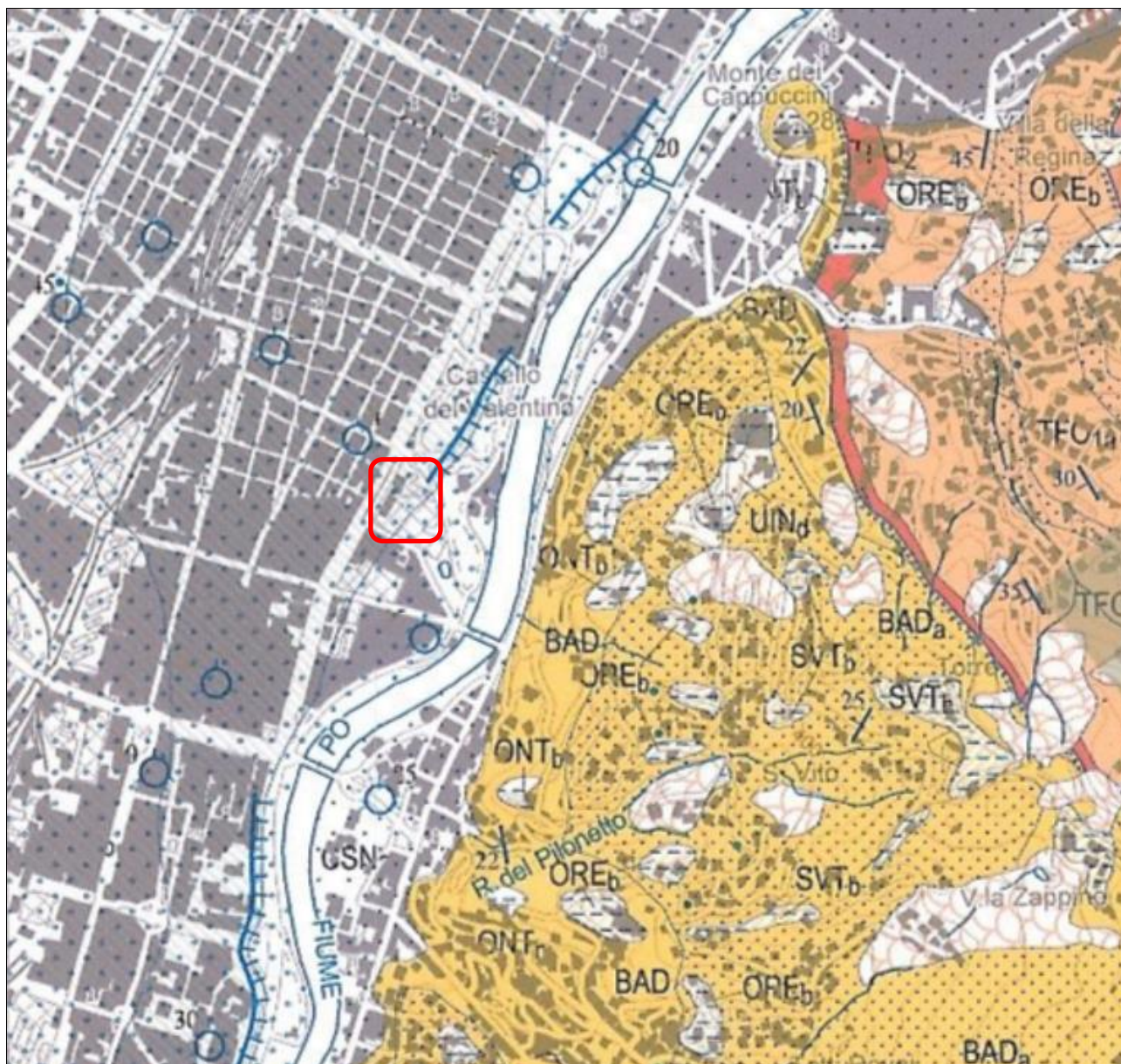


Figura 4: inquadramento geologico del sito di intervento su base Foglio 156 – Torino Est del Progetto CARG Carta Geologica d’Italia scala 1:50.000 (riproduzione fuori scala)

Assume specifico interesse idrogeologico ai fini del presente progetto l’individuazione della superficie basale di appoggio delle due unità deposizionali suddette; la sezione riportata nella figura seguente evidenzia la disposizione inclinata degli strati sedimentari riferibili alla serie del B.T.P. – Bacino Terziario Piemontese, affioranti sul lato occidentale della struttura antiforme della Collina di Torino, asimmetricamente immergenti verso Nord-Ovest (con angolo elevato) e Sud-Est (con minore inclinazione).

Particolare interesse assume l'evidenza della faglia inversa riferibile al "thrust frontale padano" (o Fronte di Sovracorrimento Padano – FSP).

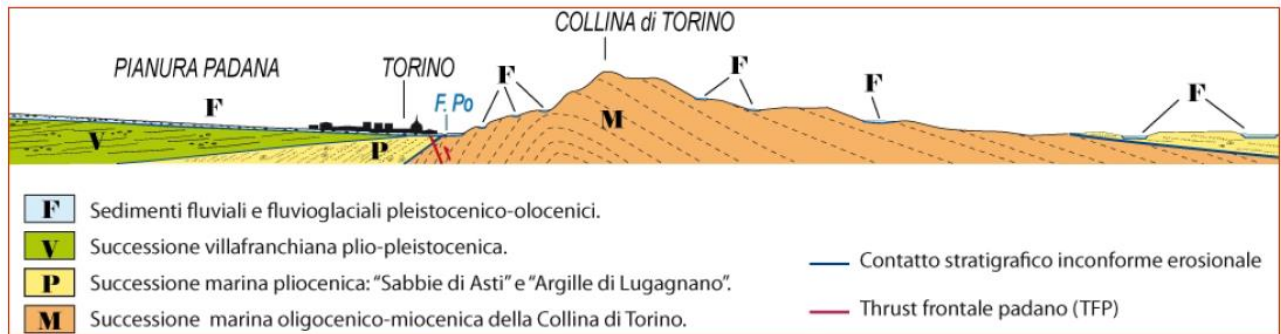


Figura 5: sezione geologica schematica collocata in corrispondenza della regione fluviale del Po a Torino; è possibile osservare la disposizione delle unità stratigrafiche del fianco occidentale dell'antiforme della Collina di Torino, immergenti verso la città, e il thrust frontale padano (TFP). Fonte: S. Lucchesi, M.G. Forno: "La successione pliocenico-quadernaria su cui è edificata la Città di Torino e il suo significato per l'utilizzo del territorio". *Geologia dell'Ambiente Supplemento al n. 1/2014*.

In linea generale, per effetto del "Thrust frontale padano", le formazioni del B.T.P. pre-Plioceniche risultano sollevate per effetto della dinamica orogenica, venendosi quindi a trovare in contatto con i termini più recenti della serie sedimentaria Pliocenica. Recenti pubblicazioni scientifiche hanno fornito un decisivo contributo alla ricostruzione del sottosuolo profondo torinese, basandosi sull'analisi di una serie di sondaggi che hanno consentito di definire la natura stratigrafica delle superfici basali nelle diverse aree della città.

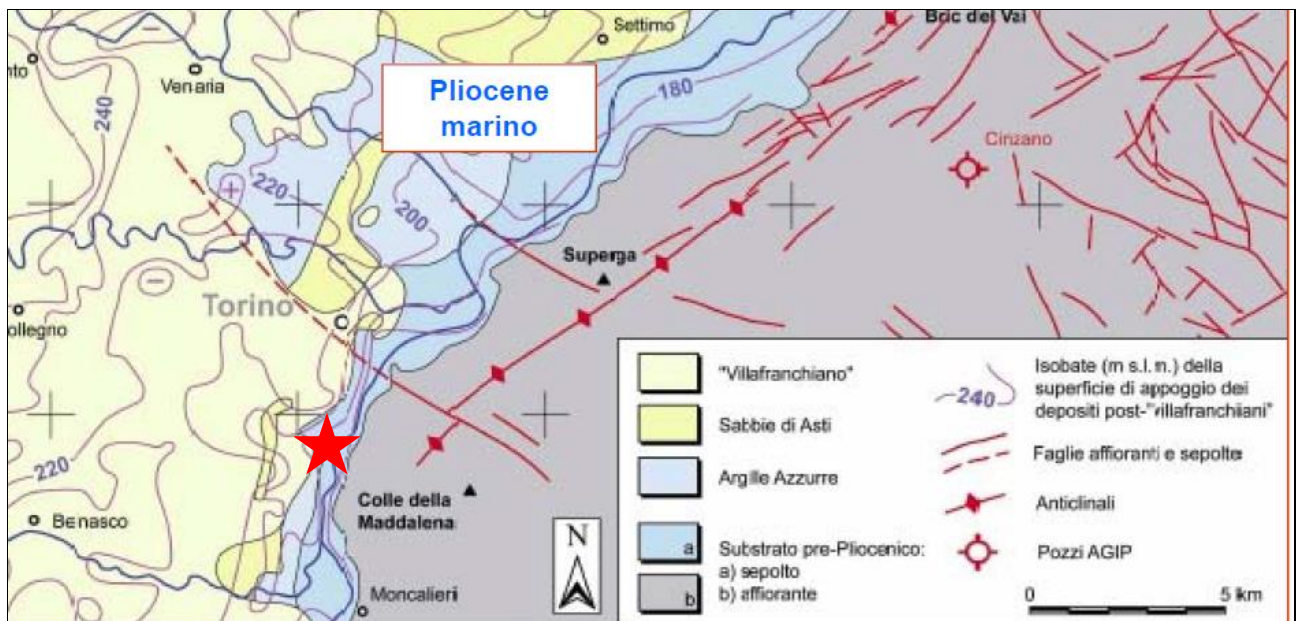


Figura 6: stratigrafia delle superfici basali dei depositi quaternari pleistocenici nell'area torinese - Fonte: Forno M.G., Lucchesi S., 2001: "La successione Pliocenico-Quaternaria su cui è edificata la città di Torino e il suo significato per l'utilizzo del territorio". *Geologia dell'Ambiente Supplemento al n. 1/2014*.

In corrispondenza del sito di intervento in progetto la superficie basale dei depositi quaternari fluviali pleistocenici sui quali è edificato Torino Esposizioni, è riferibile alle Argille Piacenziane (oppure al substrato pre-Pliocenico della Collina di Torino).

Nella più recente cartografia prodotta da ARPA Piemonte (GeoPiemonte Map 2021), vengono distinte nell'area di studio le seguenti unità (in ordine decrescente di età).

- P14a = Depositi fluviali; Depositi fluvioglaciali. Pleistocene medio - superiore
- P13 = Depositi fluviali; Depositi fluvioglaciali. Parte terminale del Pleistocene medio
- P11 = Depositi fluviali attuali. Olocene - Attuale

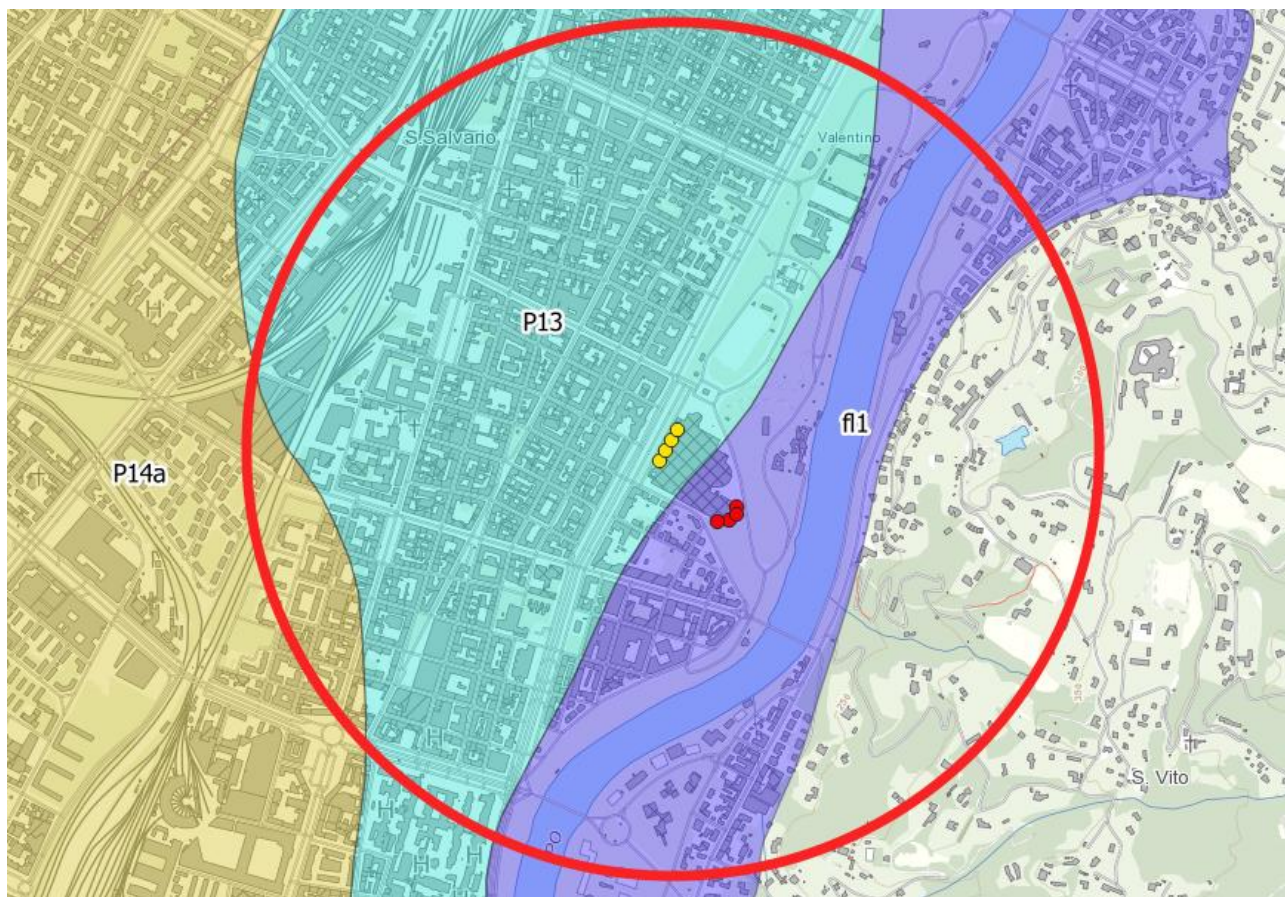


Figura 7: unità litologiche quaternarie in affioramento - Fonte: ARPA Piemonte GeoPiemonte Map 2021

In sintesi, pertanto la serie stratigrafica di riferimento locale per il sito di progetto è rappresentata da:

- un substrato argilloso Pliocenico (sepolto, non affiorante);
- i depositi alluvionali terrazzati Pleistocenici sui quali sorge il lato occidentale del Padiglione 2 di Torino Esposizioni;
- i depositi alluvionali Olocenici estesi a valle di Viale Boiardo, sino all'alveo del F. Po.

L'assetto geologico profondo del sito si caratterizza pertanto per la presenza di significative discontinuità sia di natura stratigrafica, sia per la presenza di un disturbo tettonico regionale costituito dal TFP – Thrust frontale padano (o FSP – Fronte di Sovrascorrimento padano), la cui posizione è identificata in sponda sinistra idrografica del F. Po.

4.3 Assetto geomorfologico

L'assetto geomorfologico del sito in esame è connotato dal modellamento del territorio da parte del reticolo idrografico principale, costituito dall'alveo del F. Po, nonché dalla rielaborazione antropica delle originarie e preesistenti morfologie fluviali.

L'evoluzione paleogeografica dell'alveo del F. Po nel contesto torinese è stata oggetto di recenti ed approfonditi studi basati sull'analisi degli affioramenti, della morfometria e della pedologia dei depositi alluvionali, dei lembi terrazzati nel settore collinare e delle deformazioni degli stessi per effetto del progressivo sollevamento della Collina Torinese. Ad oggi è accertata la progressiva migrazione verso Nord-Ovest del margine collinare torinese e lo spostamento del collettore fluviale del bacino meridionale piemontese ("Paleo-Po") dal settore orientale-chierese al versante occidentale-torinese della Collina, nel quadro della marcata asimmetria morfologica della Collina stessa, che presenta il fianco torinese segnatamente più acclive e corto rispetto al fianco chierese allungato e meno acclive.

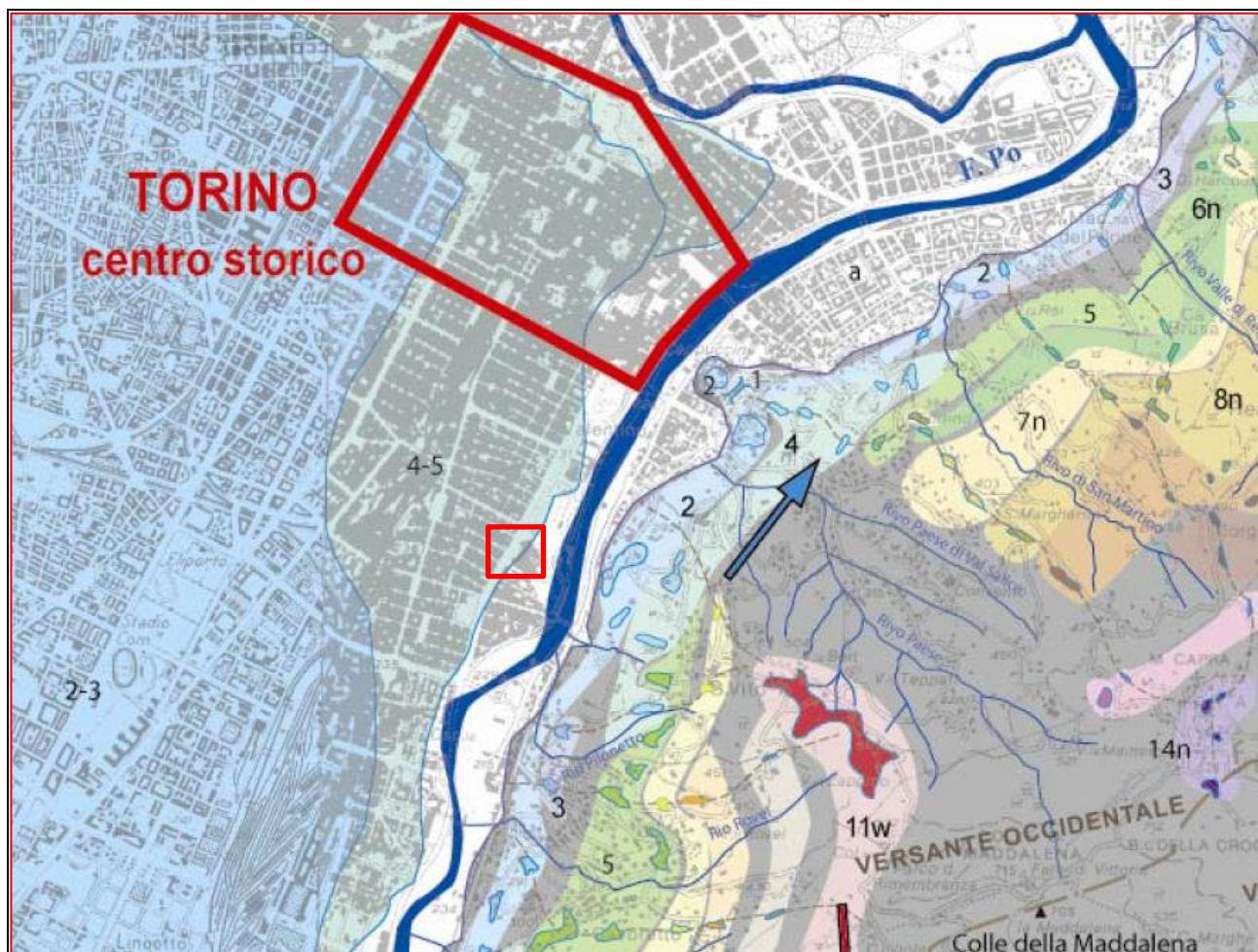


Figura 8: ricostruzioni geomorfologiche delle posizioni dell'alveo del F.Po nel settore torinese - Fonte: M.G. Forno, *La successione Pliocenico-Quaternaria su cui è edificata la Città di Torino e il suo significato per l'utilizzo del territorio. Geologia dell'Ambiente Supplemento al n. 1/2014*

Il sito di Torino Esposizioni – Padiglione 2 risulta limitrofo alle fasce di massima esondazione fluviale, definite nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) dell'Autorità di Bacino Distrettuale del F. Po vigente.



Figura 9: cartografia del PGRA – Piano di Gestione Rischio Alluvioni - Fonte: *Ministero Ambiente, GEOportale.*

Nell’ambito della ricostruzione della cartografia storica del sito, è possibile porre a confronto lo stato attuale dei luoghi con quello antecedente all’urbanizzazione dell’area del Valentino.

Le forme naturali, riprese dal modellamento antropico dell’area urbana nell’intorno del sito di progetto, si connotano per la presenza di direttrici di drenaggio superficiale, sottolineate da moderati impluvi secondari, ubicati rispettivamente a Sud e a Nord, lungo l’attuale sede di Corso Dante e Corso Marconi.

Situato poco a Nord del sito di progetto, nei primi decenni del secolo XX (da 1872 al 1933) fu realizzato un bacino lacustre di estensione pluri-ettometrica, nella depressione situata immediatamente ad Est di C.so Massimo d’Azeglio. Fonte: *Torino Storia; Valentino dimenticato: sul lago che non c’è più.*

Nessun angolo di Torino fu costruito e ricostruito tante volte nel giro di pochi decenni come il Parco del Valentino: a cavallo fra Ottocento e Novecento l’aspetto di questo grande polmone verde sulla riva del Po, fatto di prati e fontane, vide paradossalmente più cambiamenti, ravvicinati fra loro, di tutte le altre porzioni di città. Ebbero sede qui le spettacolari Esposizioni del 1884, 1898, 1902, 1911 e 1928, con fastosi allestimenti, monumenti e padiglioni che ogni volta venivano smontati, spostati, rimontati, rottamati, trasformati. Di quella stagione resta molto poco: il Borgo Medievale, la Fontana dei 12 Mesi e poco altro.

Gli archivi fotografici registrano trasformazioni di allestimenti edilizi nelle immediate adiacenze del sito dell’intervento in progetto, che inducono a ritenere probabile la presenza al suolo e nel sottosuolo di significativi spessori di terreni di riporto di origine antropica, riferibili a materiali edili. Si veda a tale proposito il caso del contesto adiacente alla Fontana dei Dodici Mesi.

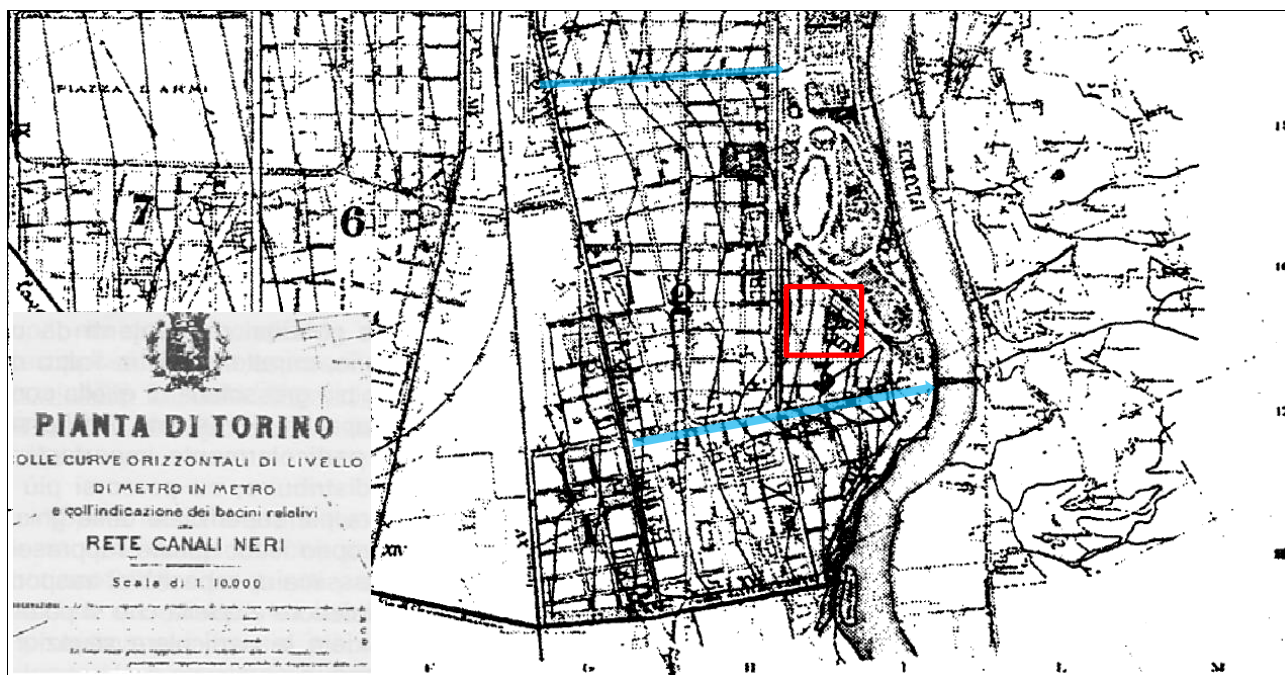


Figura 10: cartografia storica della città, 1893



Figura 11: fotografia d'epoca che ritrae il bacino lacustre artificiale a Nord del sito di progetto. Fonte: *Torino Storia (Periodico Settimanale)*



Figura 12: fotografia d'epoca che ritrae la fontana dei 12 mesi, con allestimenti architettonici. Fonte: *Torino Storia (Periodico Settimanale)*

5 Caratterizzazione idrogeologica

5.1 Caratteristiche idrogeologiche generali

Per un inquadramento del contesto idrogeologico di riferimento, è proponibile riferirsi da un punto di vista terminologico e concettuale alla schematizzazione introdotta dalla pubblicazione di Irace et alii: “Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale” (AA.VV., Firenze, La Nuova Lito, 2009). Questo testo rappresenta infatti il documento concettualmente più rigoroso da un punto di vista scientifico, ed è sintetizzato nello schema di correlazione tra elementi stratigrafico-deposizionali e sistemi acquiferi corrispondenti.

Scala cronostratigrafica		UNITA' AFFIORANTI CGI 1:100,000	UNITA' SEPOLTE	SISTEMI	GRUPPI ACQUIFERI	UNITA' IDROGEOLOGICHE DI GRUPPO ACQUIFERO
OLOCENE	0.01 Ma					
	superiore	DEPOSITI FLUVIALI E FLUVIO-GLACIALI		Q2	A	A I A II A IV
PLEISTOCENE	medio					
	inferiore 1.8 Ma	"VILLAFRANCHIANO SUPERIORE"		Q1	B	B I B II B III
PLIOCENE	superiore 2.6 Ma	"VILLAFRANCHIANO INFERIORE"		P3	C	C I C II C III
	medio 2.6 Ma	"ASTIANO"		P2	D	D I D II D III D IV
	inferiore	"VILLAFR." "ASTIANO" "PIAC."		P1	E	E I E II E III E IV
	3.3 Ma	"PIACENZIANO"	M/P	M2	F	F II F III
MIOCENE	superiore	"MESSINIANO" "CASSANO-SPINOLA" "MESSINIANO" "L. GESSOSO-GOLE"		M1	G	G IV

Figura 13: tabella di correlazione tra unità stratigrafiche e gruppi acquiferi. Fonte: Irace et alii, 2009 “Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale”. “Geology and deep hydro-stratigraphic pattern of West Po Plain”. © La Nuova Lito Firenze 2009 ISBN 978-88-904554-0-7

Tenuto conto dello stato delle conoscenze attuali, nel settore torinese si rinvencono i gruppi acquiferi da A ad E della tabella di cui sopra, residenti nei Sistemi da Q2 a P1; in particolare si sottolineano le seguenti corrispondenze idrogeologico-stratigrafiche:

- Gruppo Acquifero A, riferibile al sistema Q2 Pleistocene superiore (depositi fluvio-glaciali e fluviali)
- Gruppo Acquifero B, riferibile al sistema Q1 Villafranchiano superiore (“complesso delle alternanze”)
- Gruppo Acquifero C, riferibile al sistema P3 Villafranchiano inferiore, in eteropia con il Pliocene medio in facies di “Astiano”
- Gruppo Acquifero D, riferibile al sistema P2 Villafranchiano inferiore in eteropia con il Pliocene inferiore in facies di “Astiano” e con il “Piacenziano”
- Gruppo Acquifero E, riferibile al sistema P1 Piacenziano inferiore -> Pliocene inferiore in facies di Piacenziano.

Il sistema P1 è considerato, per le proprie caratteristiche sedimentologiche, il livello impermeabile basale locale (Pliocene inferiore in facies argillosa di “Piacenziano”, in transizione verso Ovest P2 con i depositi in facies “Astiana”).

Nel sintema Q2, che ospita il gruppo acquifero A, risiedono gli acquiferi a superficie libera direttamente alimentati dalla superficie topografica e, come tali, in grado di trasferire i flussi idrici superficiali verso i sistemi acquiferi più profondi, di tipo semi-confinato, per drenanza attraverso setti semipermeabili.

Con riferimento specifico all'area di studio, è possibile desumere che i sintemi basali sviluppati inferiormente agli acquiferi superficiali torinesi orientali (Gruppi A-B-C) sono riferibili ai P1-P2, ovvero alle serie Plioceniche in facies di "Astiano" e "Piacenziano".

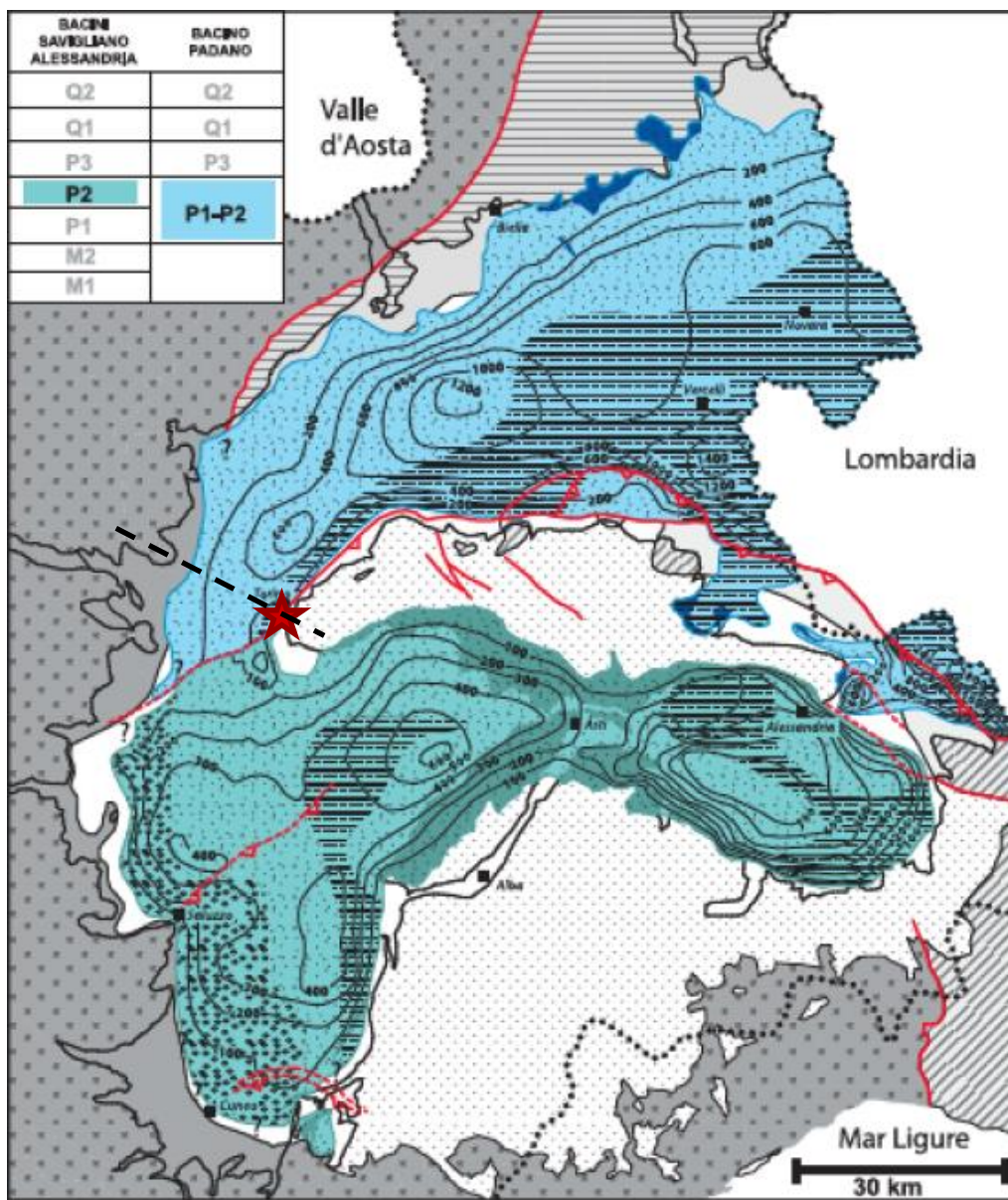


Figura 14: sintemi profondi basali, sviluppati inferiormente agli acquiferi superficiali. L'asterisco indica l'area di studio. Fonte: *Irace et alii*, 2009 "Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana occidentale". "Geology and deep hydro-stratigraphic pattern of West Po Plain". © La Nuova LitoFirenze 2009 ISBN 978-88-904554-0-7. La linea nera tratteggiata riporta la traccia della sezione schematica riportata nelle figure seguenti.

Nella sezione schematica seguente, riferita ad una traccia ortogonale al F.Po passante per l'area metropolitana, è possibile cogliere lo sviluppo in profondità e gli spessori relativi dei gruppi acquiferi A-B-C, nonché la posizione del sito di progetto in tale contesto, al margine collinare, corrispondente con la chiusura laterale del bacino.

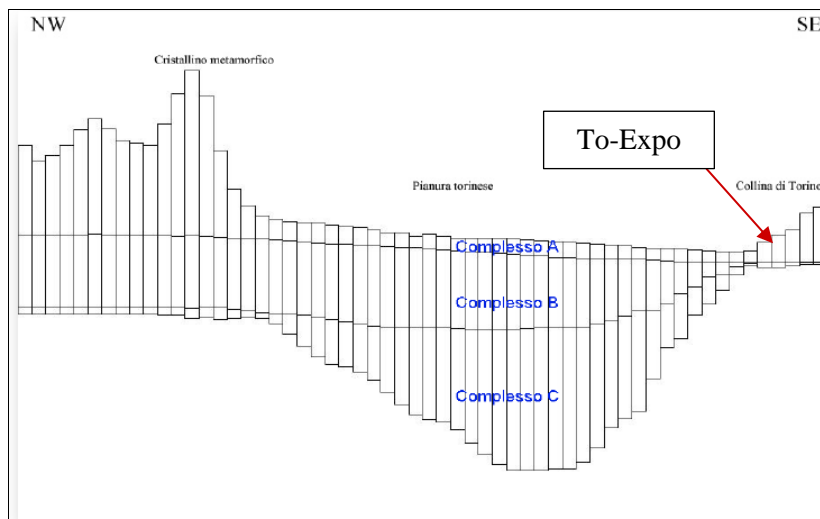


Figura 15: sezione idrogeologica profonda del tavoliere torinese, con indicazione dello sviluppo dei Gruppi Acquiferi A, B, C. Fonte: De Luca, Ossella 2012 “Assetto idrogeologico della Città di Torino e del suo hinterland”. *Geologia dell’Ambiente Supplemento al n. 1/2014*

Lo schema generale di deflusso idrico sotterraneo dell’areale metropolitano torinese rappresenta la sovrapposizione dei circuiti idrici a diversa profondità, che si sviluppano dalle aree di ricarica nell’Anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana, sino al piede dei rilievi collinari, che rappresentano la chiusura laterale del bacino idrogeologico Pliocenico.

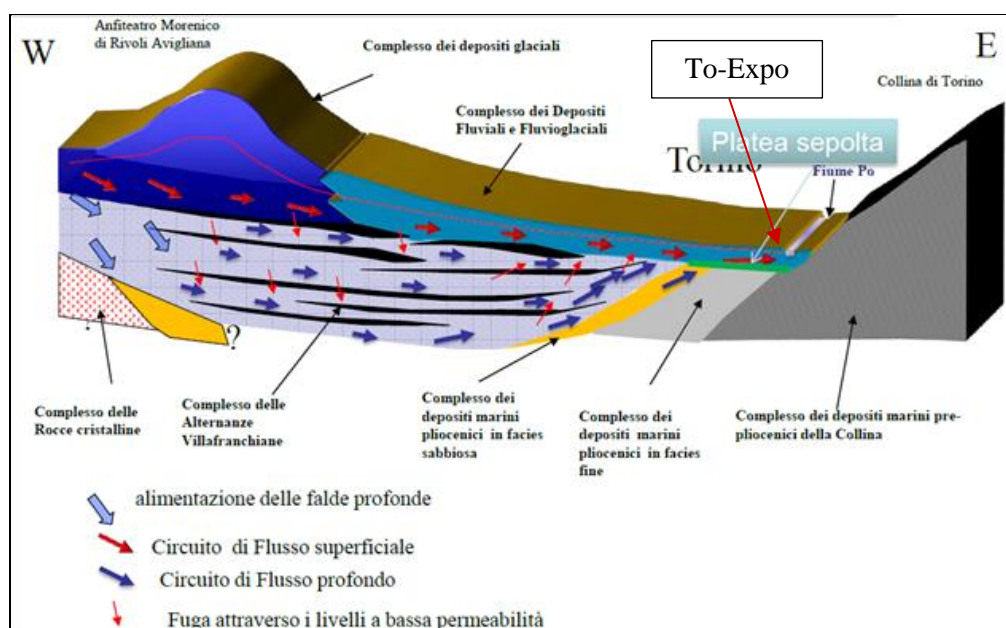


Figura 16: schema generale di deflusso idrico sotterraneo, riferito alla sezione del tavoliere torinese. Fonte: De Luca, Ossella 2012 “Assetto idrogeologico della Città di Torino e del suo hinterland”. *Geologia dell’Ambiente Supplemento al n. 1/2014*

Il flusso idrico sotterraneo nel settore di progetto si connota per un marcato gradiente idraulico verticale positivo (flusso di fuga ascendente), per effetto della chiusura laterale dell’acquifero e del drenaggio nel F. Po.

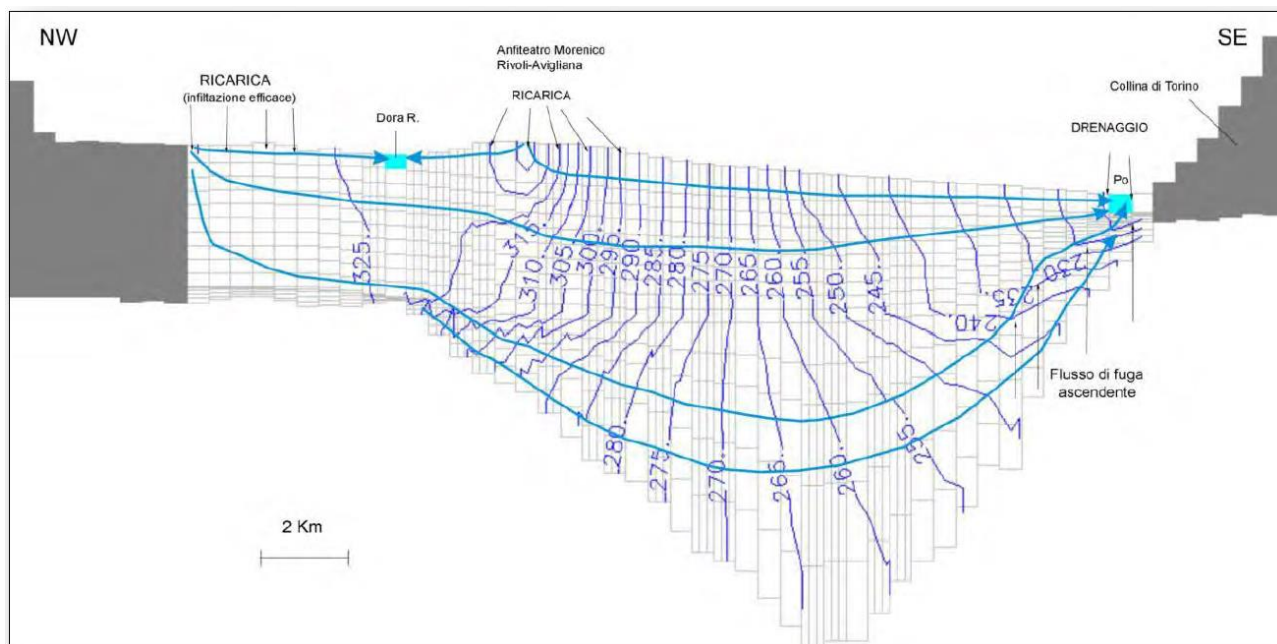


Figura 17: schema piezometrico verticale, riferito alla sezione del tavoliere torinese. Fonte: De Luca, Ossella 2012 “Assetto idrogeologico della Città di Torino e del suo hinterland”. *Geologia dell’Ambiente Supplemento al n. 1/2014*

Nel sito in esame il modello concettuale di circolazione idrica sotterranea desumibile dall’analisi idrostratigrafica è riferibile ad un acquifero a superficie libera (freatico) ospitato nei depositi alluvionali Pleistocenici ed Olocenici, con drenaggio nel F. Po.

Tale acquifero (identificato nella tassonomia regionale come Q2), poggia sull’impermeabile di base costituito dai depositi Pliocenici a bassa permeabilità (P1-P2), in rapporto di continuità idraulica con l’adiacente alveo del F. Po, che assume il livello drenante di base del reticolo idrografico.

A questo proposito si rimanda ai capitoli seguenti, dedicati all’analisi delle escursioni dei livelli di falda, per quanto attiene alle dinamiche relative alle fasi di piena fluviale.

5.2 Base dell’acquifero superficiale

La Regione Piemonte, nell’ambito degli approfondimenti successivi al Piano di Tutela delle Acque, ha predisposto uno strumento normativo di disciplina delle utenze idriche da acque sotterranee (D.G.R. n. 34-11524 del 3/06/2009 - Cartografia della base dell’acquifero superficiale – B.A.S. - alla scala 1: 50.000), successivamente aggiornato per tenere conto del miglioramento delle conoscenze relative al sottosuolo di areali specifici.

Tra questi, significativi per l’area metropolitana torinese, si cita la D.D. 4 Aprile 2022, n. 140. Codice A1604B, che ha portato all’aggiornamento della Base dell’Acquifero Superficiale estesa in un intorno di cinque chilometri lungo il tracciato della Linea 2 della Metropolitana di Torino del lotto funzionale Politecnico – Rebaudengo.

Oltre a questa infrastruttura di trasporto, l’incremento delle conoscenze stratigrafiche è derivato anche dal progetto del Collettore Mediano promosso da SMAT, il cui tracciato lambisce il sito di progetto, come è possibile evincere dalla figura seguente.

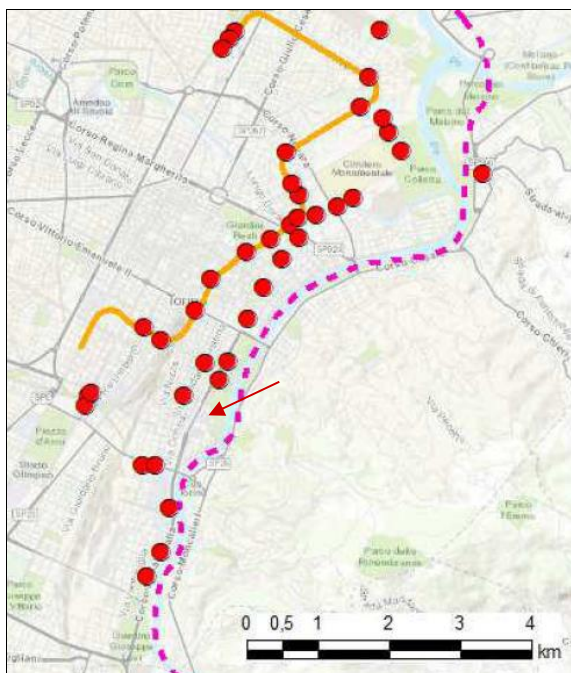


Figura 18: ubicazione dei sondaggi considerati per l’aggiornamento della cartografia della B.A.S. nel comune di Torino, presso il sito di progetto.

Nel sito di intervento, come è possibile dedurre dalla figura seguente, le quote ricostruite per tale superficie sono posizionate tra 200 e 205 metri sul livello del mare.



Figura 19: quote assolute della superficie B.A.S. – Base dell’acquifero superficiale (in metri s.l.m.). Fonte: Regione Piemonte, Geoportale

Un ulteriore contributo fornito dagli studi per l’aggiornamento della B.A.S. consiste nell’individuazione della natura litologica, stratigrafica, formazionale della medesima; i dati provenienti dai sondaggi considerati attribuiscono le unità stratigrafiche rinvenute alla base della serie alluvionale Pleistocenica in cui risiede l’acquifero superficiale alle “Marne di Sant’Agata Fossil”, nel settore compreso tra la sponda destra

idrografica del F. Po presso il ponte di C.so Dante “Principessa Isabella”, l’asse viario di Corso Unità d’Italia presso le Molinette e Corso Massimo d’Azeglio.

A breve distanza, tuttavia, sono segnalate litologie riferibili alle “Argille azzurre”, immediatamente più a Sud in Corso Unità d’Italia e nei sondaggi della linea metropolitana (2 - in progetto) compresi tra i Giardini Reali e Porta Nuova; i litotipi riferibili al “Villafranchiano” sono invece rinvenuti nel quartiere Crocetta, più ad Ovest del sedime ferroviario da Porta Nuova verso Piazza d’Armi.

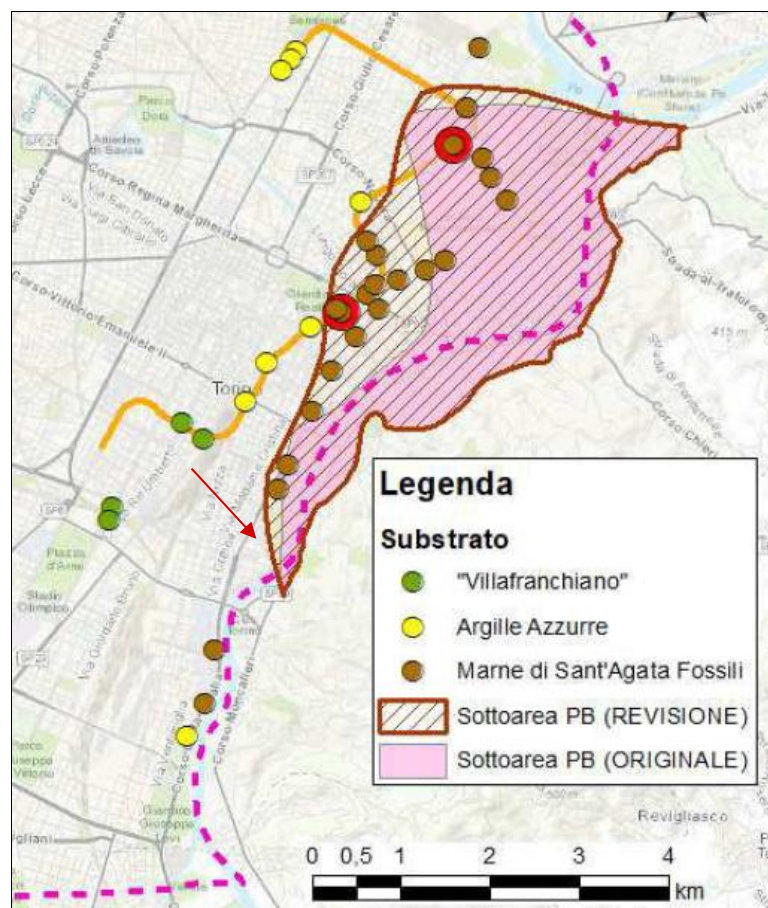


Figura 20: litologie della superficie B.A.S. – Fonte: Regione Piemonte DD 140/A1600A/2022 del 04/04/2022

5.3 Parametri idrodinamici

5.3.1 Determinazioni precedenti

Ai fini della parametrizzazione idrodinamica dell’acquifero freatico ospitato nei depositi alluvionali, è possibile riferirsi ad alcune determinazioni sperimentali affini eseguite da Autori Precedenti, nel contesto della realizzazione di importanti strutture nel sottosuolo dell’area perfluviale torinese, verificando inoltre i dati di portata specifica noti, in pozzi adiacenti perforati nel medesimo contesto idro-strutturale.

Tra queste, le più pertinenti risultano costituite da prove di pompaggio di lunga durata eseguite nel 2003 su pozzi di prova realizzati per i progetti delle Stazioni della Linea Metropolitana 1 nel tratto “Marconi” e “Spezia”, riferibili all’asse di percorrenza di Via Nizza.

In questo contesto progettuale, lungo tale asse furono eseguite anche numerose prove di assorbimento in foro, che tuttavia fornirono risultati sistematicamente inferiori anche di più di un ordine di grandezza rispetto alle prove di pompaggio (attribuito all'effetto di compattazione del terreno sulle pareti dei sondaggi in fase di avanzamento).

I risultati di queste prove sono riassunti nella tabella seguente.

Ubicazione, anno	Durata (h)	Q emunta (l/s)	K (m/s)	T (m ² /s)	n _e (%)	Sy	K _v /k _h
C.so Marconi, 2003	15	68	3E-03	0.0547	20	0.095	0.17
C.so Spezia, P. zza Bozzolo (2003)	24	56	1E-03	0.0472	15	0.258	0.01

Tabella 1: risultati delle prove di pompaggio di lunga durata e stima dei principali parametri idrodinamici

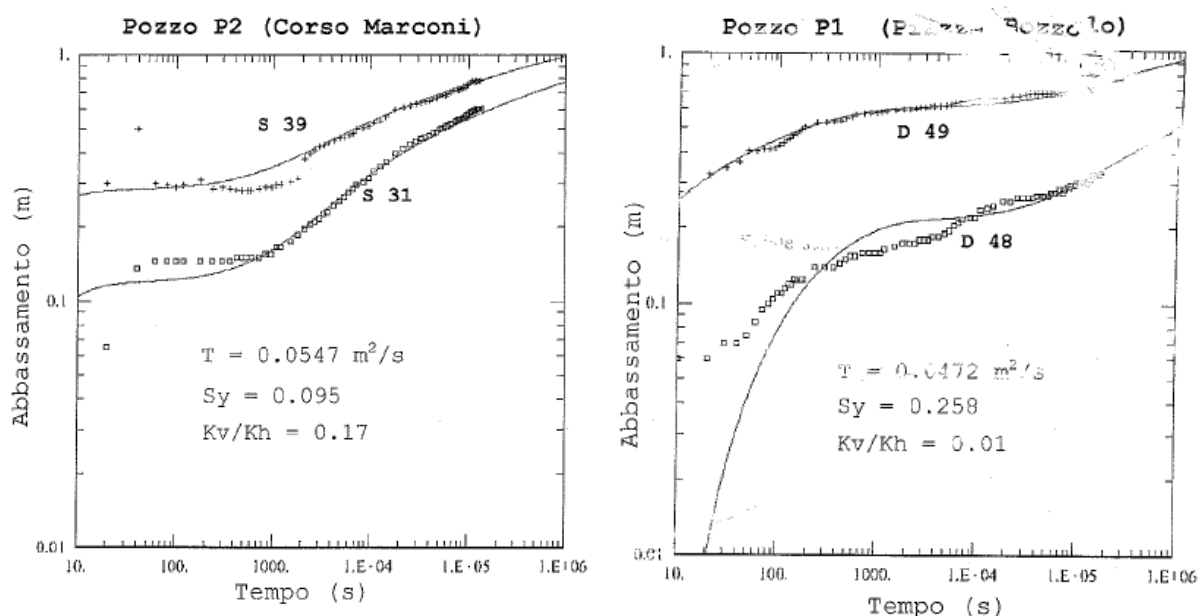


Figura 21: parametri idrodinamici definiti nel corso degli studi per la progettazione della Linea 1 della Metro tra le stazioni “Marconi” (sx.) e “Spezia” - P.za Bozzolo (dx.), e valori medi per l’unità acquifera ghiaioso-sabbiosa alluvionale, ricavati a seguito di prove di pompaggio di lunga durata. Fonte: Città di Torino, GTT-SATTI S.p.A. Tratta Porta Nuova-Lingotto, Progetto Esecutivo, Relazione Geologica e Idrogeologica, dicembre 2004.

Nell’ambito della Tesi di Laurea del Politecnico di Torino, Sannino A.R., 2020, sono state eseguite nell’intorno dell’adiacente Padiglione Morandi sia prove sperimentali di tipo “slug test” su fori attrezzati a piezometro, sia calibrazioni dei parametri idrodinamici così desunti nell’ambito di un modello di simulazione del flusso in falda in regime transitorio.

Nelle tabelle seguenti si riporta un quadro riassuntivo delle determinazioni eseguite in tale contesto, paragonato con i valori finali ottenuti al termine del processo di calibrazione in regime transitorio, risultati più elevati (i piezometri oggetto di slug test si inseriscono nella litozona 2, più prossima alla regione fluviale del F. Po).

Piezometro	Conducibilità idraulica K (m/s)			
	1	2	3	Media
P1	2.57E-04	2.80E-04	2.62E-04	2.66E-04
P2	2.04E-04	2.14E-04	2.10E-04	2.09E-04
P3	1.67E-04	2.30E-04	2.01E-04	1.99E-04
P4	2.27E-04	2.30E-04	2.26E-04	2.28E-04
P5	1.03E-03	8.15E-04	5.94E-04	8.13E-04
P6	1.70E-04	2.29E-04	1.88E-04	1.96E-04
P7	2.68E-04	2.51E-04	2.70E-04	2.63E-04
P8	3.10E-04	3.30E-04	2.71E-04	3.04E-04

Piezometro	Coefficiente di immagazzinamento specifico Ss (1/m)			
	1	2	3	Media
P5	2.84E-04	7.82E-04	1.47E-04	4.04E-04
P6	3.70E-05	1.77E-04	1.73E-05	7.71E-05
P7	1.84E-04	7.06E-05	1.30E-04	1.28E-04

Tabella 2: risultati delle prove in foro tipo “Slug Test”, 2 Maggio 2019. Fonte: *Tesi di Laurea del Politecnico di Torino, Sannino A.R., 2020*

Parametri idraulici di input		
K1	1.00E-04	[m/s]
K2	2.00E-04	[m/s]
Ss 1	1.00E-05	[1/m]
Ss 2	1.00E-06	[1/m]
n1	2.00E-01	[-]
n2	2.00E-01	[-]

Parametri stimati dalla calibrazione		
K1	5.08E-04	[m/s]
K2	9.43E-04	[m/s]
Ss 1	1.00E-05	[1/m]
Ss 2	2.26E-06	[1/m]
n1	1.11E-01	[-]
n2	1.37E-01	[-]

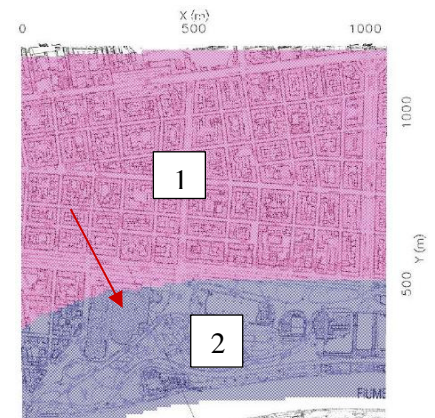


Figura 22: parametri idrodinamici introdotti nel modello di simulazione del flusso e revisione dei medesimi al termine della calibrazione in regime transitorio. 1 e 2 indicano le due litozone omogenee discretizzate nel dominio di calcolo e riportate nelle tabelle. Fonte: *Tesi di Laurea del Politecnico di Torino, Sannino A.R., 2020*

5.3.2 Prove sperimentali sito-specifiche

Nei fori di sondaggio attrezzati a piezometro durante la campagna di indagini geognostiche per il Padiglione 2 di Torino Esposizioni sono state eseguite prove idrauliche di assorbimento in foro, previa valutazione preventiva di una portata di immissione sostenibile per un intervallo di tempo sufficiente, mediante allestimento di una stazione di prova, costituita da una tubazione sotto-falda sommersa e di un sistema di misura dei livelli idrici tramite sondino centimetrato elettroacustico e delle portate emunte tramite recipiente volumetrico graduato. L’interpretazione della prova è avvenuta riferendosi ad una condizione di non-equilibrio in un acquifero freatico, nella soluzione di approssimazione logaritmica di Jacob (linearizzazione), seppur riferita ad una prova di breve durata, purtuttavia con un basso rapporto tra variazione di livello dinamico e spessore totale dell’acquifero.

Riportando sull’asse delle ordinate gli abbassamenti dinamici e in ascissa i tempi di pompaggio in scala semi-logaritmica, trascorso un intervallo di tempo di durata adeguata, i punti di misura sono estrapolabili ad una retta di cui è possibile calcolare il coefficiente angolare C, calcolabile tramite l’accrescimento piezometrico caratteristico di un ciclo logaritmico.

$$C = \tan \beta = \frac{0,183 Q}{T}$$

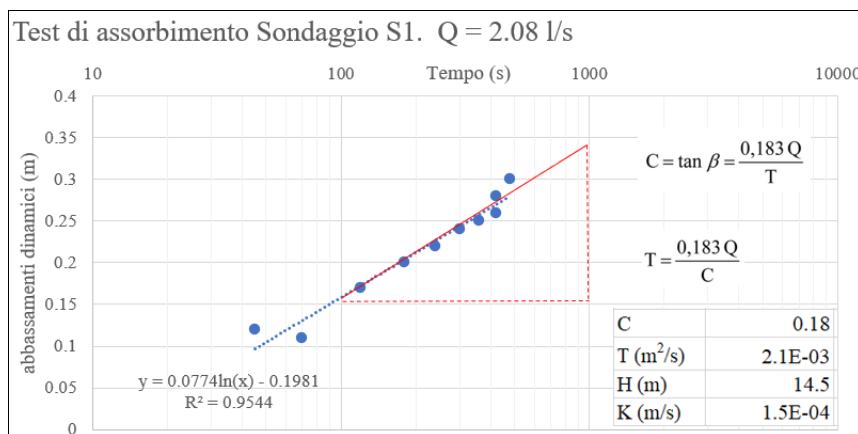


Figura 23: prova di assorbimento in foro di sondaggio attrezzato a piezometro – S1

Più specificamente, è possibile stimare la trasmissività del mezzo filtrante attraverso la relazione:

$$T = \frac{0,183 Q}{C}$$

Considerando, in un ciclo logaritmico, un valore di innalzamento di 18 centimetri riferito ad un ciclo di immissione di 1m³ a portata costante per la durata di 480", si ottiene, per la portata di prova di 2.08 l/s, una stima di trasmissività T = 2.1E-03 m²/s, che, riferita ad uno spessore saturo di 14.5 metri, fornisce una stima di permeabilità K = 1.5E-04 m/s, congruente con le determinazioni degli slug-test svolti per la Tesi di Laurea del Politecnico di Torino presso l'adiacente Padiglione "Morandi" e con i valori iniziali di conducibilità idraulica medi iniziali inseriti nel modello di simulazione numerica.

5.3.3 Rassegna di parametri idrodinamici desumibili da pozzi esistenti

È stata eseguita una ricerca delle caratteristiche idrodinamiche desumibili da altri pozzi per acqua assenti dalla P.A., in un intorno significativo e confrontabile sotto il profilo del tipo di acquifero captato, ovvero l'acquifero freatico alluvionale.

Procedendo dai punti più prossimi, i progettisti del pozzo del Ristorante San Giorgio presso il Castello del Valentino, situato un centinaio di metri a valle del sito di Torino Esposizioni – Padiglione 2 - hanno assunto per il suo dimensionamento idraulico i seguenti parametri (non sono noti i parametri determinati in sede di collaudo):

- Profondità = 27 metri
- Conducibilità idraulica K = 5*10⁻⁴ m/s (ghiaia sabbiosa) ovvero 1*10⁻³ m/s (ghiaia pulita)
- Livello statico = 10 metri da p.c.
- Portata estraibile Q = 30 l/s
- Abbassamento dinamico s = 2-3 m
- Portata specifica Qs = 10-15 l/s*m
- Raggio di influenza R = 134-285 m

Per il pozzo con derivazione assentita n° TOP5466, situato circa 300 metri ad Ovest-Nord Ovest rispetto al Padiglione 2 di Torino Esposizioni, sono riportati i seguenti parametri operativi di collaudo del perforatore

- Profondità = 45 metri
- Livello statico = 17.50 m da p.c.
- Portata Q = 10 l/s
- Livello dinamico – 17.70 m da p.c.
- Abbassamento s = 0.20 m
- Portata specifica Qs = 50 l/s*m

Per il pozzo con derivazione assentita n° TOP5475, situato circa 420 metri a Sud-Sud Ovest rispetto al Padiglione 2 di Torino Esposizioni, sono riportati i seguenti parametri operativi di collaudo del perforatore

- Profondità 48.5 metri
- Livello statico – 13.0 m da p.c.
- Livello dinamico – 15.00 m da p.c.
- Abbassamento $s = 2.0$ m

Per il pozzo con derivazione assentita n° TOP 5502, situato in P. zza Carducci (lato Molinette), sono riportati i seguenti parametri operativi di collaudo del perforatore

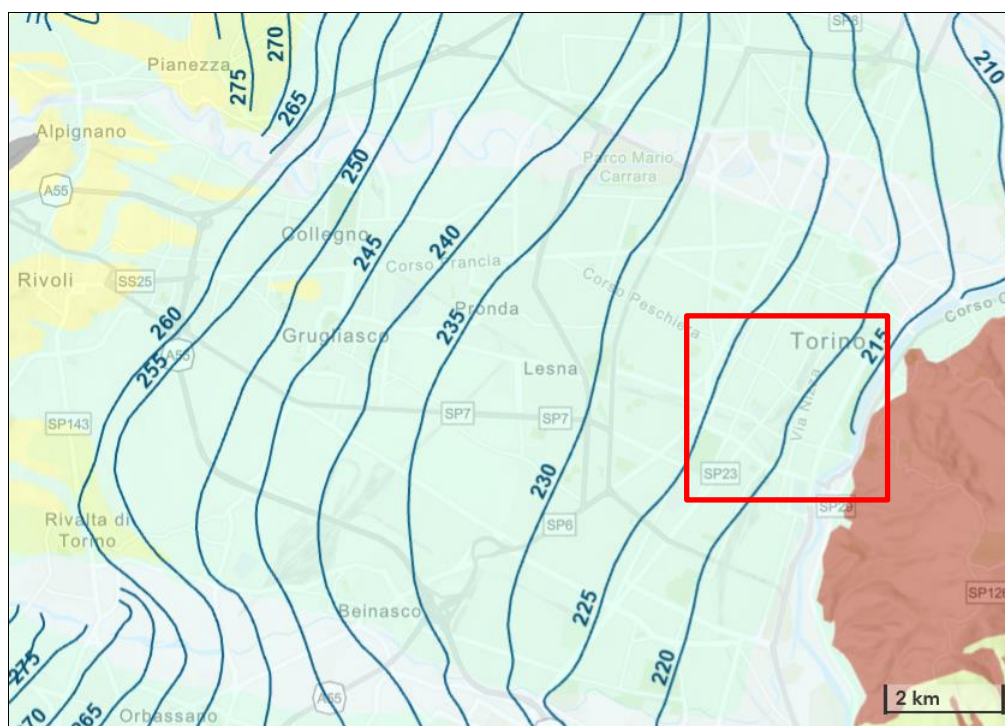
- Profondità 30.0 metri
- Livello statico – 6.80 m da p.c.
- Portata $Q = 16.7$ l/s
- Livello dinamico – 8.50 m da p.c.
- Abbassamento $s = 1.7$ m
- Portata specifica $Q_s = 9.8$ l/s*m

In sintesi, per le caratteristiche note di queste opere di captazione, filtrate selettivamente nell'acquifero freatico sino alla base impermeabile dello stesso, è possibile desumere portate specifiche caratteristiche variabili tra 10 e 50 l/s per metro di abbassamento, indicatrici di un'elevata permeabilità del mezzo poroso.

6 Assetto piezometrico

6.1 Piezometria

Il campo di moto a scala di area vasta dell'areale torinese, compreso tra il settore esterno dell'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana e il F.Po, si connota per una distribuzione di quote freatiche variabili da un massimo di oltre 260 m s.l.m. sino ad un minimo prossimo ai 215 m s.l.m. in prossimità dell'alveo fluviale.



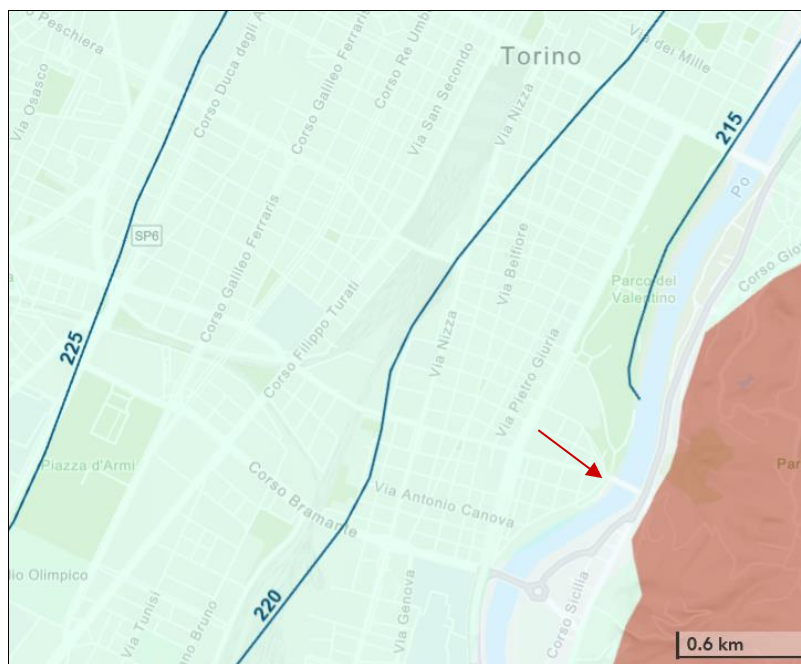


Figura 24: campo di moto della falda superficiale, città di Torino. Fonte: *GEOportale ARPA Piemonte, idrogeologia*. Inquadramento a scala di area vasta (sopra) e, nel riquadro, dettaglio relativo all'intorno del sito

Il gradiente idraulico si presenta più elevato nelle aree di ricarica, per distendersi nell'area metropolitana ed aumentare nuovamente nei pressi della regione fluviale del Po.

In linea generale, la disposizione delle curve isofreatiche nel settore di progetto risulta pressoché parallela all'asse fluviale, che rappresenta il livello drenante di base, con quote comprese tra 215 e 220 metri s.l.m.

Nell'ambito di importanti progetti strutturali e infrastrutturali relativi al settore torinese prossimo al F. Po, sono disponibili ulteriori elaborazioni piezometriche, basate su altrettante campagne di indagine geognostica.

È possibile citare tra questi:

- il progetto della nuova sede della Regione Piemonte;
- progetti delle opere annesse alla linea metropolitana 1 e relative stazioni (Marconi, Dante e Carducci).

Relativamente al primo, il pannello piezometrico ricostruito indica nel sito di progetto di Torino-Esposizioni una quota di falda di 216 metri s.l.m.

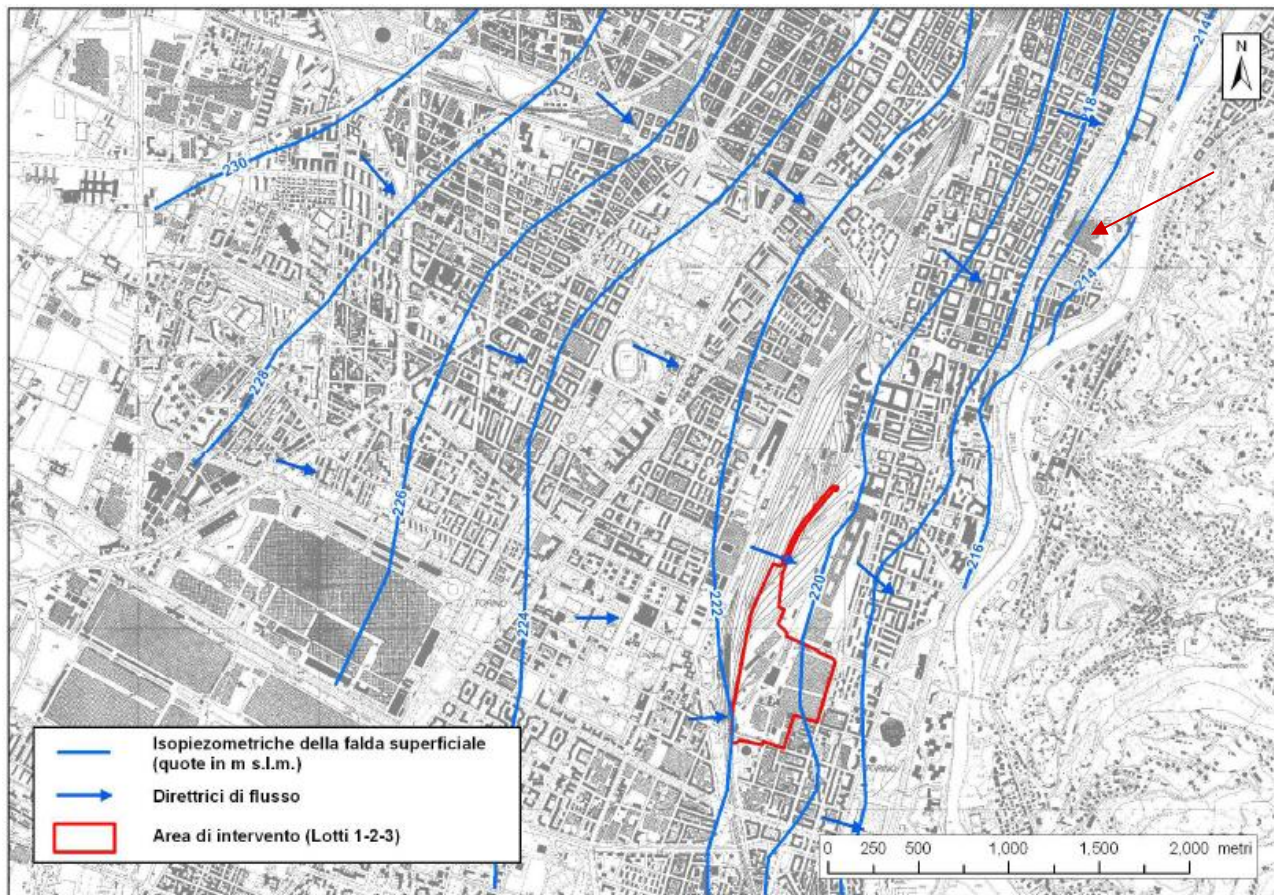


Figura 25: campo di moto della falda superficiale, città di Torino. Fonte: *Progetto Definitivo Nuovo Palazzo per Uffici Regione Piemonte, 2008.*

Relativamente al secondo, è disponibile una mappatura dei livelli di falda rilevati nel corso di una campagna del 2000-2001, avente quindi un significato di raffronto antecedente su scala ventennale, riportata negli elaborati idrogeologici per il progetto di un parcheggio interrato.

Anche nella cartografia allegata a questo progetto viene riportata, per il sito di Torino Esposizioni, una quota di falda di 216 m s.l.m.



Figura 26: campo di moto della falda superficiale, città di Torino. (Fonte: *Città di Torino, Progetto Preliminare. Realizzazione di parcheggio pubblico interrato di Porta Nuova – lato via Nizza e relativa riqualificazione superficiale. Allegato relazione geologico-geotecnica Giugno 2013*).

L'area oggetto di studio è altresì ricompresa nelle elaborazioni piezometriche eseguite nell'ambito di una tesi di Laurea del Politecnico di Torino, centrata nell'areale situato tra Corso Vittorio Emanuele (a Nord), via Nizza (ad Ovest), Corso Bramante (a Sud) e il F. Po (ad Est).

In questa ricostruzione, basata su un rilievo eseguito in data 16.09.2020, per il sito in progetto è individuabile una quota piezometrica situata circa a 215.5 metri s.l.m., alla quale corrisponde una soggiacenza di circa 17 metri dal piano-campagna.

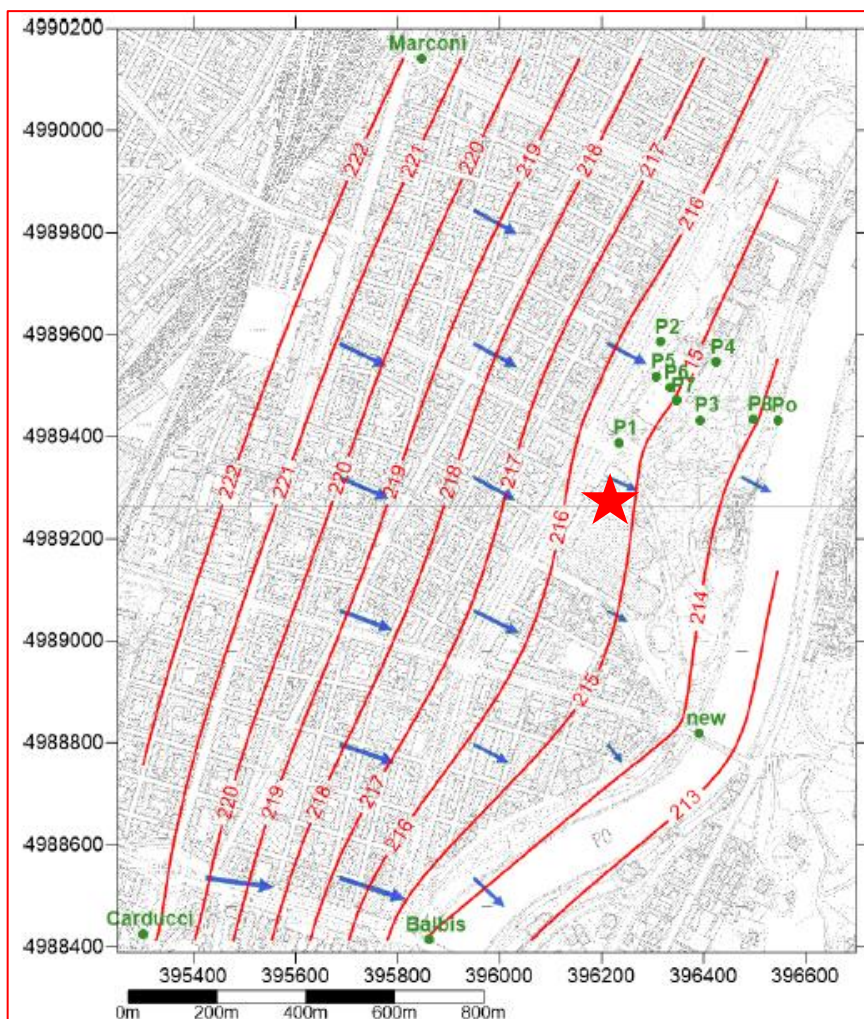


Figura 27: pannello piezometrico ricostruito alla data del 16.09.2020. Fonte: Politecnico di Torino, Tesi di Laurea 2020 Sannino A. R.

	Est (m)	Nord (m)	quota (m)	misura soggiacenza (m)	livello piezometrico (m)
P1	396233.748	4989387.554	231.715	16.460	215.255
P2	396315.642	4989585.246	231.901	16.555	215.346
P3	396393.138	4989432.234	230.008	15.415	214.593
P4	396425.006	4989545.759	230.450	15.635	214.815
P5	396307.564	4989517.747	223.581	8.325	215.256
P6	396333.806	4989496.084	223.570	8.475	215.095
P7	396347.394	4989470.542	223.568	8.595	214.973
P8	396498.128	4989433.474	218.272	4.200	214.072
Marconi	395846.230	4990140.380	236.790	15.095	221.695
Carducci	395301.200	4988424.800	234.100	12.710	221.390

Tabella 3: misure di soggiacenza e piezometria alla data del 16.09.2020. Fonte: Politecnico di Torino, Tesi di Laurea 2000 Sannino A. R.

Con la finalità di ottenere elementi di caratterizzazione puntuale in un intorno significativo dell'area di progetto, sono state consultate le basi dati disponibili presso ARPA Piemonte, con specifico riferimento alla Rete piezometrica del Comune di Torino, che, come descritto nelle schede meta-documentali, è contraddistinta dai seguenti connotati.

“I punti della rete piezometrica sono stati selezionati tra piezometri esistenti realizzati durante le attività di bonifica di siti industriali dismessi, nella progettazione di opere sotterranee e di impianti geotermici del

territorio comunale di Torino e comuni limitrofi. Per ogni piezometro sono disponibili informazioni anagrafiche e dati tecnici relativi alla perforazione, all'ubicazione e allo stato dello strumento. Le campagne di misura piezometrica hanno origine dal 2012 e sono aggiornate con cadenza semestrale, ove disponibili sono presenti dati in continuo e campagne di misura precedenti al 2012” (Fonte: ARPA Piemonte)

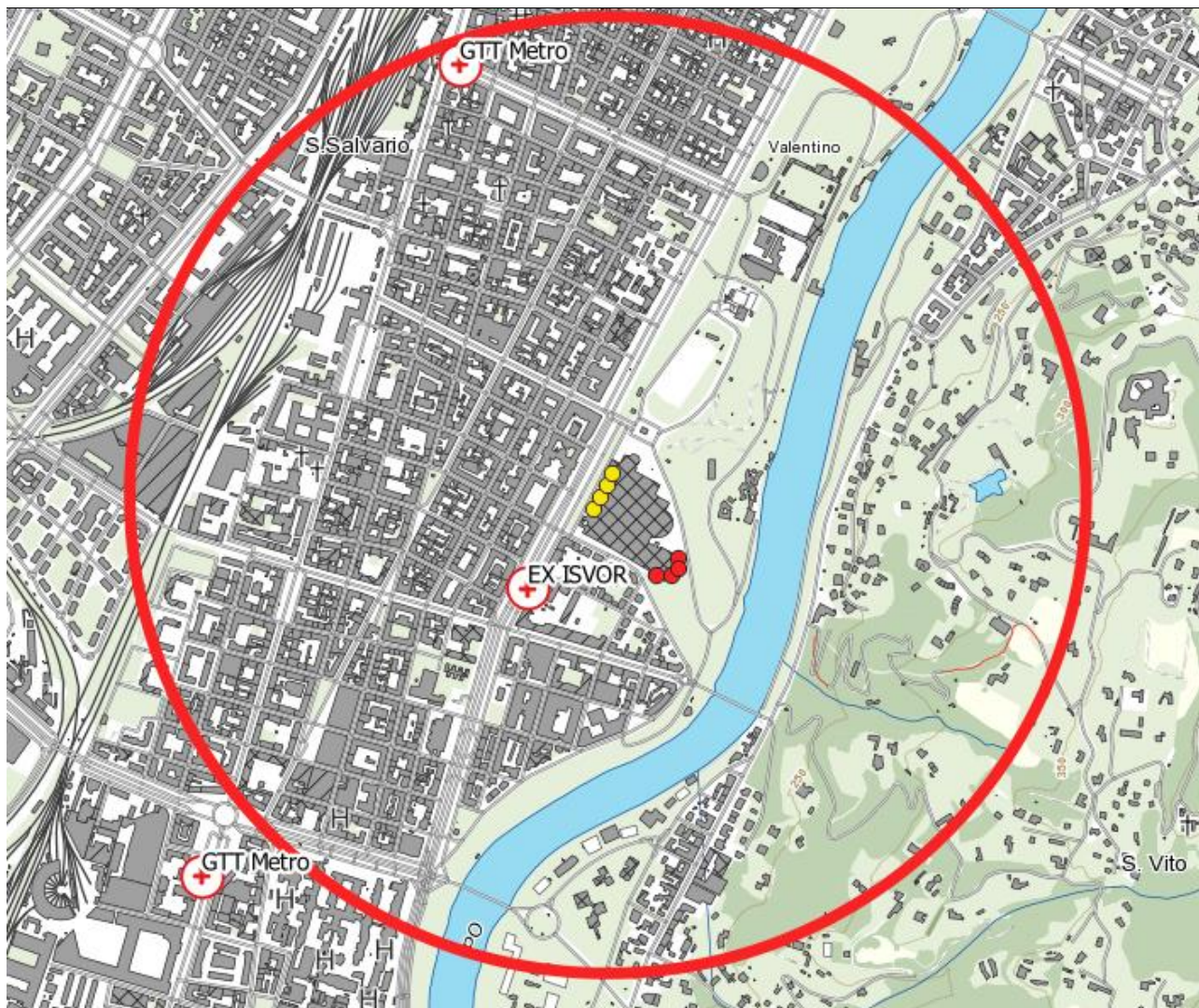


Figura 28: rete piezometrica ARPA della città di Torino. Fonte: GEOportale ARPA Piemonte

Sono inoltre stati considerati alcuni piezometri accessibili, pertinenti alla rete di controllo dei livelli di falda gestita dal Politecnico di Torino nell'ambito di verifiche idrogeologiche per la progettazione del Padiglione V.

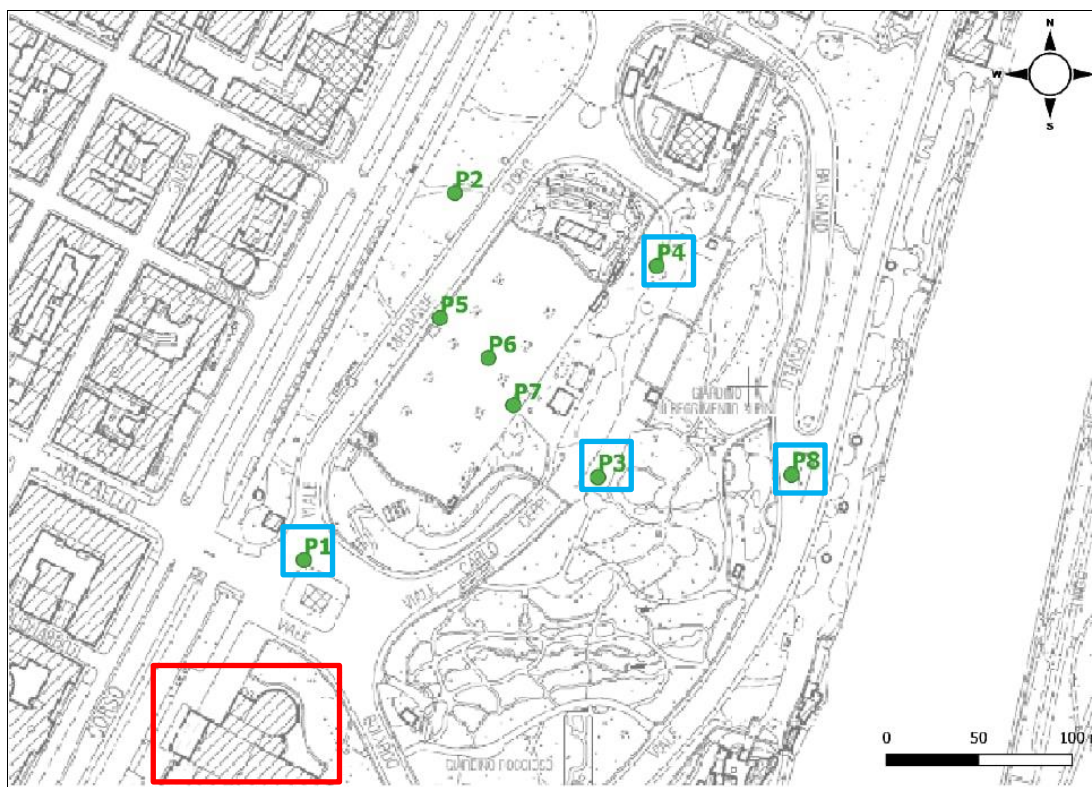


Figura 29: rete piezometrica Politecnico di Torino – Padiglione V. Fonte: Anna Rosa Sannino, 2020, Politecnico di Torino. Relatore Prof. T. Tosco: “Effetto di eventi di piena sull’interazione tra acquifero e corso d’acqua: simulazione della falda superficiale nell’area metropolitana di Torino”

Per le finalità suddette, nel corso del presente incarico, nel mese di ottobre 2022 è stata eseguita una campagna di misure con sondino elettroacustico centimetrato dei livelli di falda; da un punto di vista idrologico, essa rappresenta una condizione-limite particolare, risultante dal prolungato periodo siccitoso antecedente, che si connota pertanto rappresentativo di un ciclo di esaurimento.

Si riportano nel seguito i fotogrammi dei piezometri oggetto della campagna di misure eseguita in data 12.10.2022, e, a seguire, una tabella identificativa dei punti considerati.

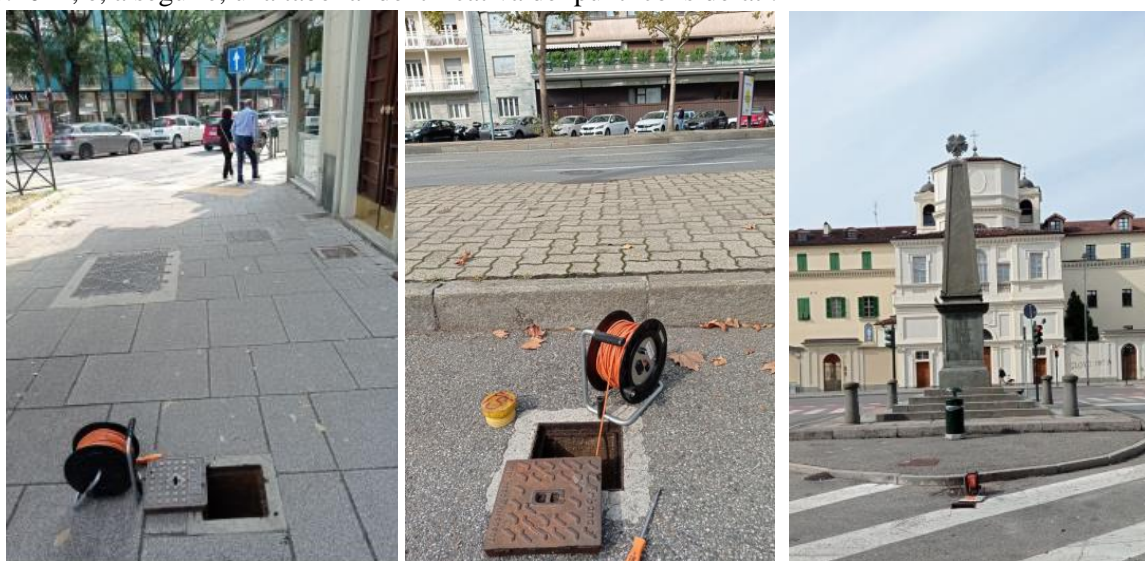


Figura 30: rete piezometrica ARPA della città di Torino. Fonte: GEOportale ARPA Piemonte. A sx. GTT Metro P. Carducci, al centro ex ISVOR – C.so Massimo d’Azeglio, a dx. GTT Metro Largo Marconi.



Figura 31: rete piezometrica Politecnico di Torino – Padiglione V. Da sx. a dx: P1, P3, P4, P8. Fonte: Anna Rosa Sannino, 2020, Politecnico di Torino. Relatore Prof. T. Tosco: “Effetto di eventi di piena sull’interazione tra acquifero e corso d’acqua: simulazione della falda superficiale nell’area metropolitana di Torino”

Punto di misura	Est (m)	Nord (m)	Quota (m)	Profondità (m da p.c.)	Soggiacenza (m)	Diametro	Livello statico (m s.l.m.)
P1 - Poli pad V	396233	4989387	231.72	30.0	17.15	3”	214.57
P3 - Poli pad V	396393	4989432	230.01	30.0	15.80	3”	214.21
P4 - Poli pad V	396425	4989545	230.45	30.0	16.15	3”	214.30
P8 - Poli pad V	396498	4989433	218.27	18.0	4.50	3”	213.77
GTT Marconi	395847	4990141	237.00	21.0	16.05	4”	220.95
GTT Carducci	395302	4988429	234.00	25.0	13.80	3”	220.20
ex Isvor	395991	4989035	231.00	36.0	17.00	64”	214.00

Tabella 4: esito della campagna di misure di livelli di falda nella falda freatica – 12.10.2022

6.2 Soggiacenza

Le carte della soggiacenza della falda acquifera superficiale, elaborate dagli Autori Precedenti, evidenziano una progressiva riduzione dei valori procedendo da Ovest verso Est, nel settore dell’intervento in progetto.

Ai valori massimi, che contraddistinguono le aree di ricarica della falda freatica della pianura torinese, fanno seguito valori in progressiva diminuzione, raggiungendo i minimi in prossimità della regione fluviale del Po, così come delle altre aree fluviali metropolitane della Dora Riparia, Stura di Lanzo e Sangone.

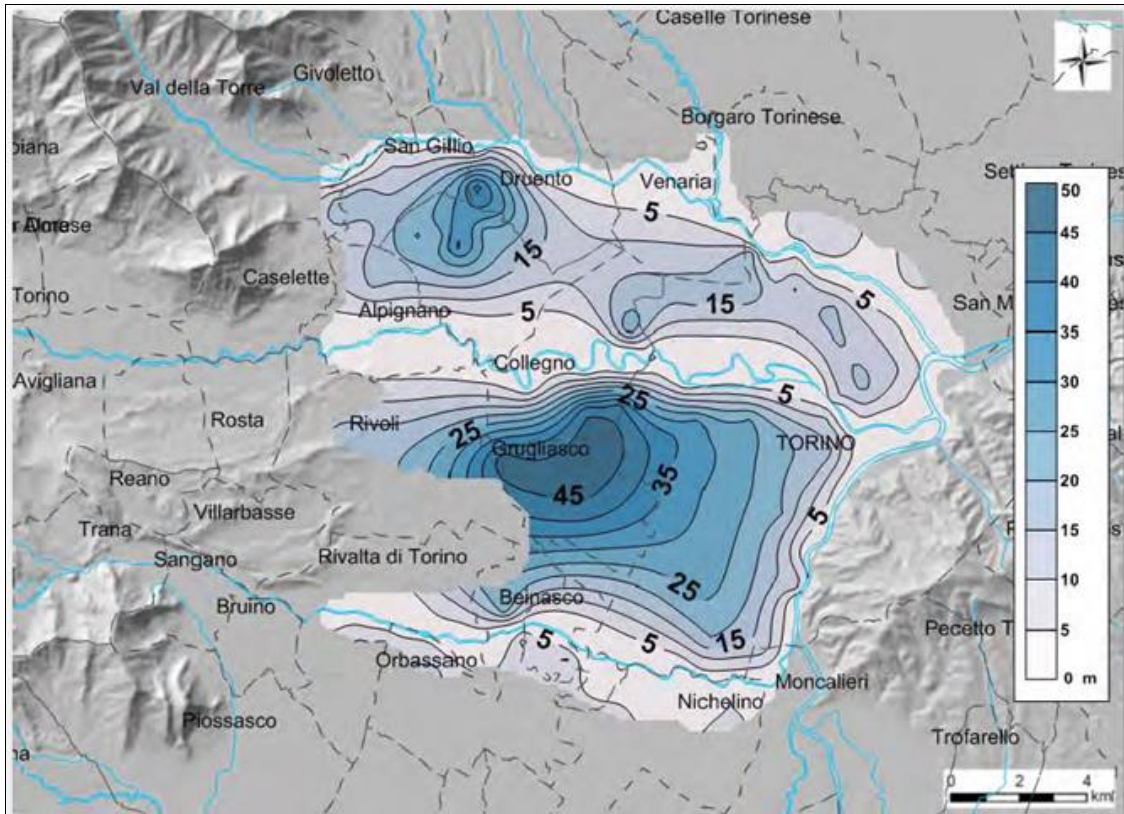


Figura 32: carta della soggiacenza della falda superficiale. Fonte: De Luca, 2012

Questo assetto è ripreso nell'analisi a scala di maggiore dettaglio, reso disponibile nel sistema informativo regionale di ARPA Piemonte, di cui è tratto uno stralcio nella figura seguente, relativo all'area adiacente all'intervento in progetto, ricadente nell'area con classe di soggiacenza variabile tra 10-20 metri, rapidamente decrescente tra meno di 10 e meno di 5 metri in prossimità della sponda fluviale sinistra del Po.

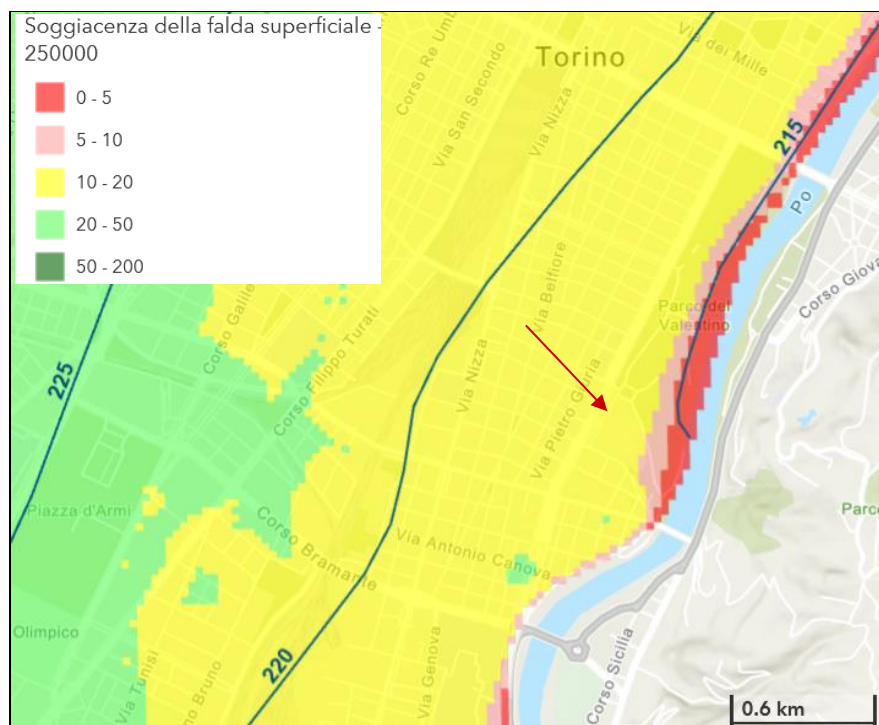


Figura 33: carta della soggiacenza della falda superficiale. Fonte: ARPA Piemonte, GEOportale. Soggiacenza della falda superficiale

A conferma del quadro generale riferito all'area in esame, nei sondaggi eseguiti in corrispondenza del sito di intervento in progetto del Padiglione 2 di Torino Esposizioni nel corso della campagna di ottobre 2022, le cui monografie sono riportate in allegato alla presente relazione, sono stati individuati i seguenti livelli di falda.

Punto di misura	Est (m)	Nord (m)	Quota (m)	Profondità (m da p.c.)	Soggiacenza (m)	Diametro	Livello statico (m s.l.m.)
S1 - Padiglione 2	396170	4989232	232.50	35.0	17.57	3"	214.93
S3 - Padiglione 2	396218	4989230	232.50	20.0	17.90	3"	214.60
S5 - Padiglione 2	396301	4989135	227.60	18.0	13.80	3"	213.80

Tabella 5: – Dati campagna geognostica Padiglione 2: livelli di falda nella falda freatica – 21.10.2022

Rispetto a questi ultimi dati, si ribadisce che si tratta di valori inseriti nel prolungato periodo siccitoso di durata annuale che interessa il bacino padano, e, come tali, rappresentano una marcata anomalia negativa.

Pertanto, si tratta di dati sicuramente sottostimati rispetto alle medie caratteristiche del sito e del periodo, anche in ragione di quanto illustrato per analogia con le recenti misure eseguite in piezometri di controllo nel medesimo acquifero nelle adiacenze.

6.3 Escursioni del livello di falda

6.3.1 Escursioni pluriennali

Approfonditi studi relativi alle tendenze evolutive dei livelli di falda su base pluriennale nell'area metropolitana torinese (GEAM, Dic. 2001) portarono ad una zonizzazione preliminare, rivedibile alla luce dei dati più recenti, di aree con tendenze ad incremento o riduzione dei livelli di falda, distribuite nel territorio comunale. Gran parte della fascia prossima al F.Po non evidenzia particolari tendenze in atto; locali zone si connotano per trend debolmente negativi, tra Torino centro e Torino Nord, la zona lungo la Dora Riparia per un debole trend positivo.

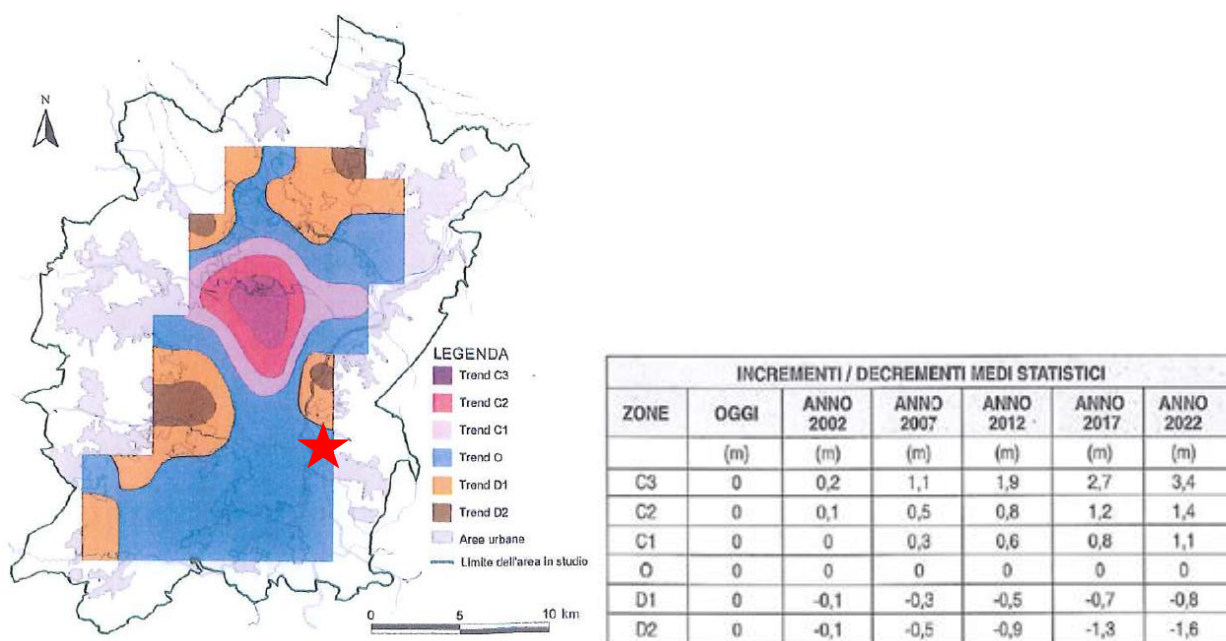


Figura 34: aree con tendenze piezometriche pluriennali omogenee (a sinistra) ed assetto previsionale ipotizzato a partire dal 2001. Fonte: M. Civita, S. Pizzo, GEAM 2001, pp. 271-287

Successivamente agli anni 2000, con la rete di monitoraggio regionale dei livelli di falda, è possibile riferirsi alla serie freaticometrica del piezometro registratore automatico più prossimo, e idrogeologicamente a monte, rispetto al sito di studio, collocato a Piazza d'Armi, ad una distanza di circa 2 km, terebrato in falda superficiale alla profondità di 41.7 metri da p.c.

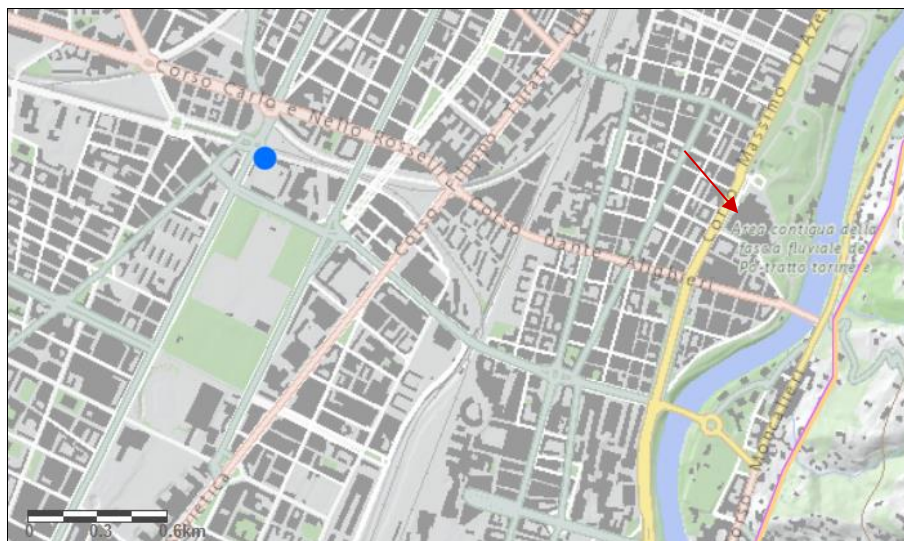


Figura 35: ubicazione della stazione freaticometrica automatica di P. za D'Armi (in blu). Fonte: ARPA Piemonte, GEOPortale Acque

I grafici sotto riportati evidenziano le variazioni pluriennali connesse con i cicli di ricarica ed esaurimento, con valori stagionali caratteristici di norma tra 50 cm e 1 metro; è significativa la risposta piezometrica alla fase di ricarica (pluvio-nivale) del dicembre 2008, che ha determinato un'inversione di tendenza pluriennale, alla quale sono seguite fasi di esaurimento significative nel 2013, 2017 e 2021.

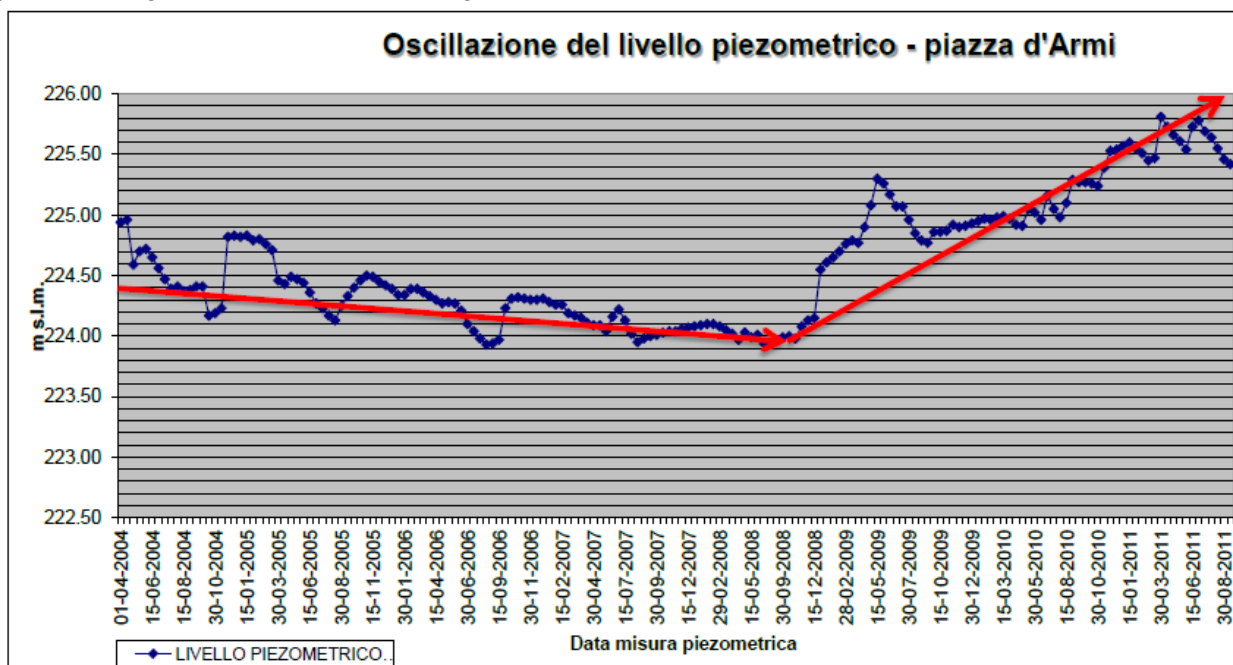


Figura 36: serie freaticometrica al piezometro registratore di Torino – P. zza d'Armi; periodo 2004-2011

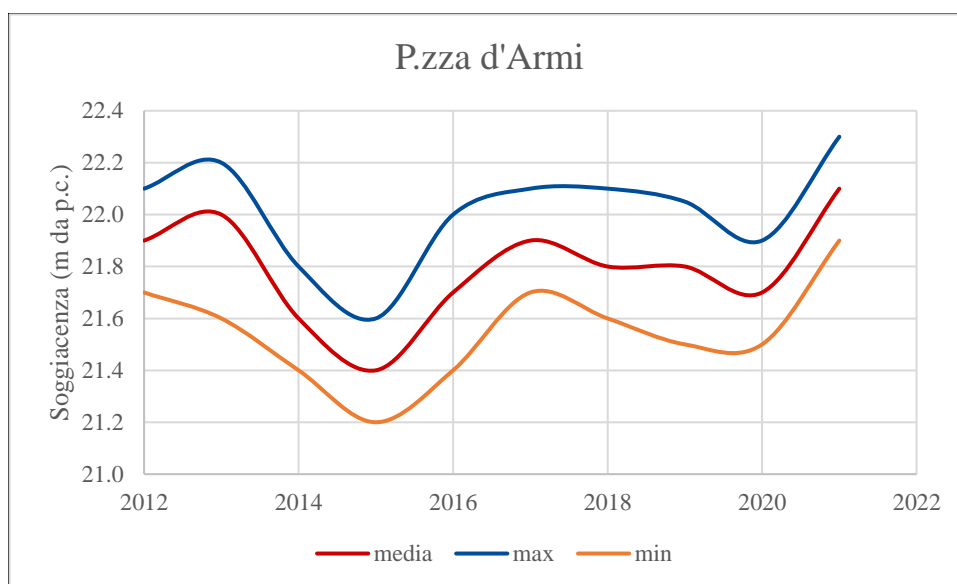


Figura 37: serie freaticometrica al piezometro registratore di Torino – P. zza d’Armi; periodo 2012-2021

Per confronto tra le misure freaticometriche eseguite nella campagna del 12.10.2022 nelle reti di controllo esistenti e i valori pregressi disponibili, è stato possibile accertare e quantificare il marcato impatto del prolungato periodo siccitoso che ha connotato l’anno 2022 a scala regionale e di bacino.

Si riportano nel seguito i grafici sintetici relativi ai tre siti gestiti da ARPA Piemonte – Rete Piezometrica della Città di Torino. Si osserva che gli impatti più significativi, in termini di valori assoluti, connotano i punti di controllo più distanti dal F. Po.

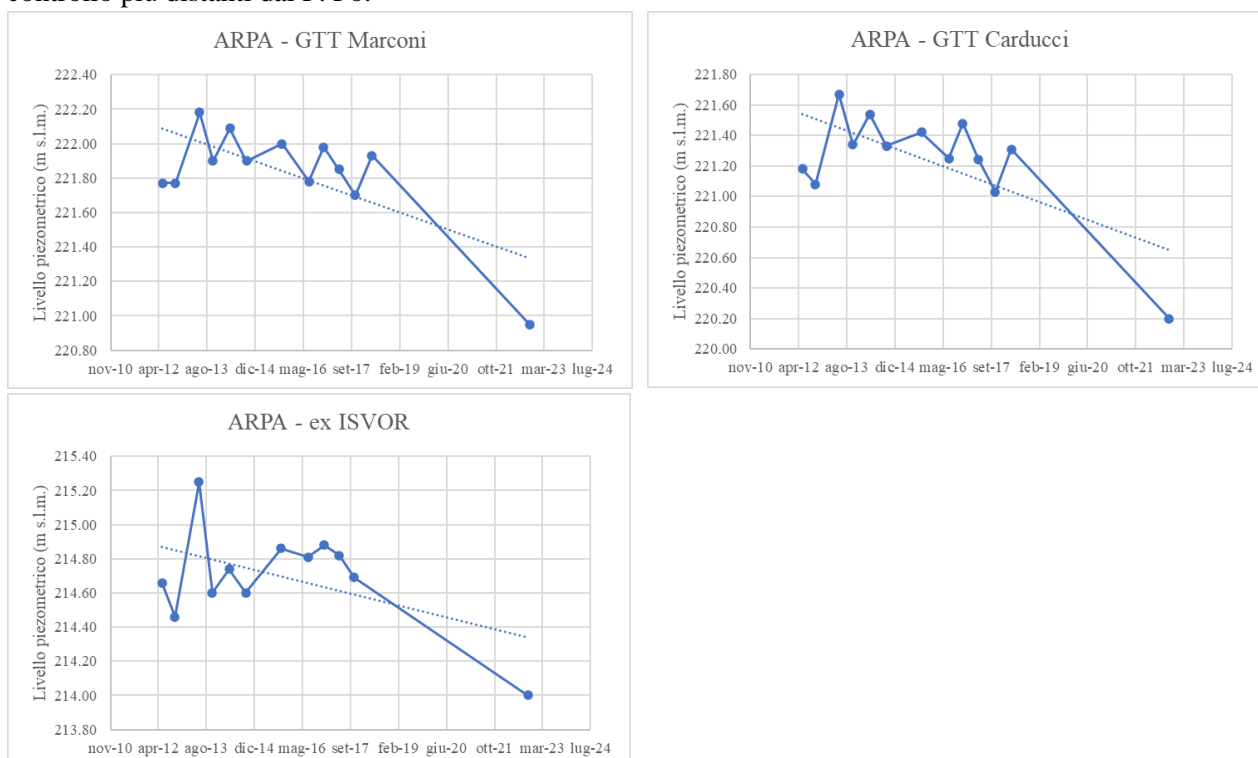


Figura 38: aggiornamento dei dati piezometrici della rete di controllo ARPA – Città di Torino.

In accordo ai bollettini idrologici emessi da ARPA Piemonte su base mensile, la situazione riscontrata ad ottobre 2022 si inquadra in un contesto regionale nel quale gli abbassamenti della falda rispetto alla media storica di riferimento denotano una tendenza ad un aumento costante della soggiacenza, superiore al 75° percentile della media della serie storica.

Dietro specifica richiesta autorizzata dalla Committente è stata acquisita dal Politecnico di Torino la serie piezometrica dei dati registrati in automatico nel punto di osservazione denominato P1 nelle precedenti fig. 29 e 31, a partire dal 02.05.2019, che, in quanto tali, coprono un triennio di osservazione con significativi eventi idrologici sia di piena, sia di magra prolungata.

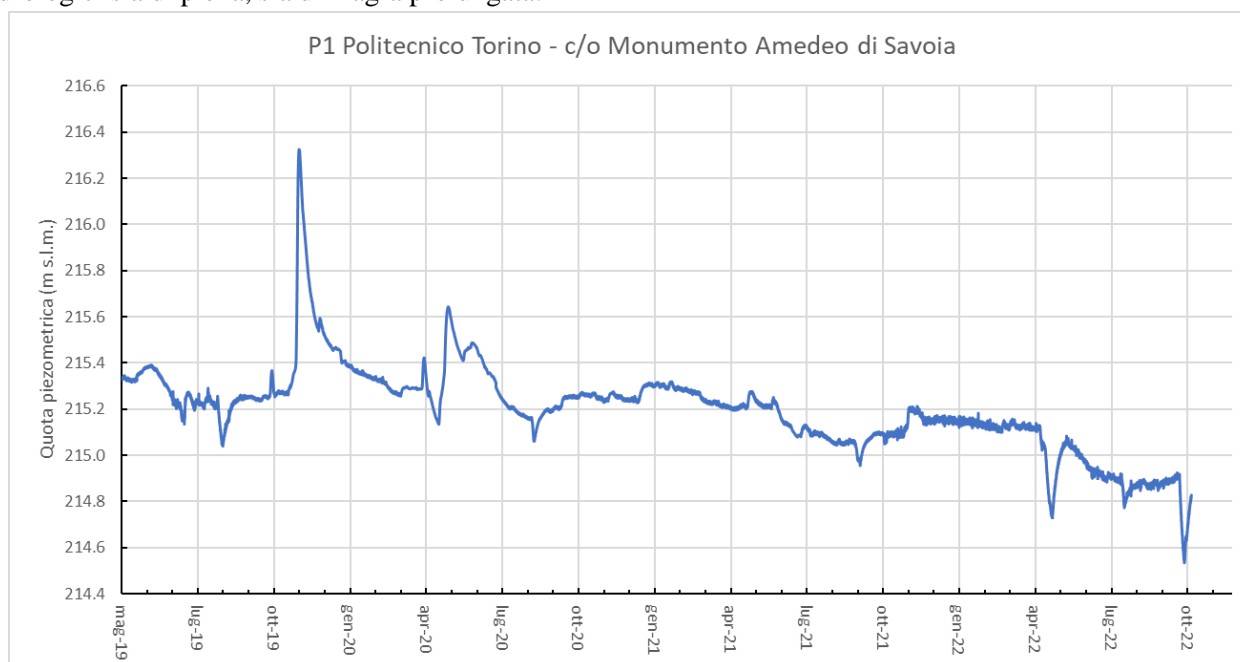


Figura 39: serie freaticometrica acquisita dal piezometro automatico P1 (Fonte: Politecnico di Torino). La quota media nel triennio è risultata pari a 215.20 cm s.l.m., in progressivo declino da novembre 2021.

6.3.2 Escursioni stagionali

Nei capitoli e paragrafi precedenti, è stato illustrato, mediante i grafici delle escursioni freaticometriche misurate nei punti di controllo ARPA nella Città di Torino, che tali escursioni assumono valori caratteristici annui di circa 40 - 60 cm, congruenti con quelli rilevabili nel piezometro automatico di Piazza d'Armi, gestito da ARPA Piemonte.

Tenuto conto della peculiare collocazione del tracciato in progetto nel quadro del sistema di deflusso idrico sotterraneo sopra delineato, assume particolare interesse la valutazione delle possibili quote piezometriche massime di riferimento, connesse con gli stati idrometrici di piena del F.Po. In tali condizioni, l'effetto drenante del corso d'acqua viene invertito, e sostituito da un effetto disperdente (temporaneo e reversibile nell'arco di alcuni giorni), contrastato dalla natura prevalentemente impermeabile dei terreni presenti in sponda destra idrografica al piede del rilievo collinare, ed invece più importante nell'acquifero alluvionale in sponda sinistra idrografica, per effetto della maggiore permeabilità.

Un approfondito studio di tali relazioni è stato eseguito nel contesto delle verifiche idrogeologiche preliminari relative al progetto di fattibilità tecnico-economica (Fonte: SCR Piemonte, Città di Torino. *Relazione specialistica idrogeologica. Settembre 2022. Ing. V. Anselmo*).

In tale studio, è definita la quota di massima piena di riferimento duecentennale in corrispondenza delle sezioni fluviali adiacenti al sito, assunta a 219.11 m s.l.m. in corrispondenza del padiglione Morandi.

Mediante l'applicazione di un modello di simulazione idrogeologica del flusso in falda (Modflow), tenendo conto delle condizioni al contorno e interne relative alle quote idrometriche, è stata effettuata una calibrazione con riferimento al regime ordinario di deflusso e verificando la risposta dell'acquifero con termine alle condizioni di massima piena, assumendo un idrogramma della piena del 14-17.10.2000.

Nelle condizioni di falda relative al regime ordinario, la quota piezometrica calcolata presso il Padiglione Morandi è di circa 215.0 m s.l.m., mentre l’escursione dovuta al transito dell’onda di piena nel F. Po determinerebbe un innalzamento di 1 metro, sino alla quota di circa 216.0 m s.l.m.

Una recente Tesi di Laurea del Politecnico di Torino ha preso in considerazione le relazioni dinamiche evidenziate nella rete piezometrica allestita per il progetto di ristrutturazione del Padiglione V di Torino-Esposizioni e i livelli idrometrici del F. Po (Anna Rosa Sannino, 2020, Politecnico di Torino. Relatore Prof. T. Tosco: “Effetto di eventi di piena sull’interazione tra acquifero e corso d’acqua: simulazione della falda superficiale nell’area metropolitana di Torino”).

In particolare, per la calibrazione in regime transitorio del modello di simulazione, è stata studiata (mediante comparazione tra dati osservati e simulati) la risposta dei livelli piezometrici registrati in continuo, a distanze crescenti dalla sponda sinistra del F. Po, durante il transito dell’onda di piena dell’evento del 25.09.2019.

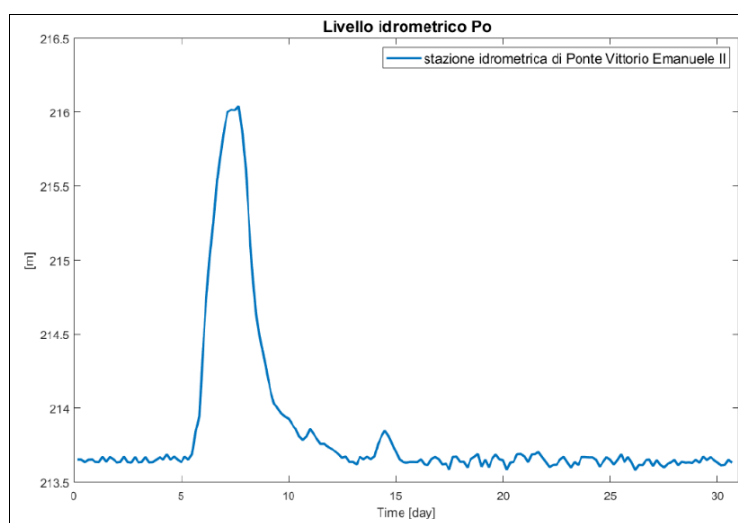


Figura 40: registrazione idrometrica dell’evento di piena del 25.11.2019 al Ponte Vittorio Emanuele II

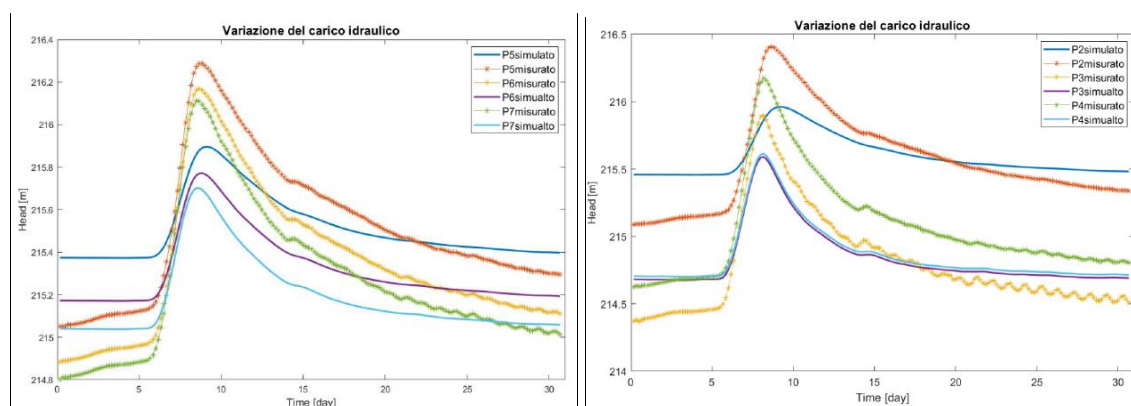


Figura 41: risposte piezometriche all’evento di piena del 25.11.2019 nel F.Po. Fonte: Politecnico di Torino, Tesi di Laurea 2020 Sannino A. R.

Come è possibile osservare dal confronto delle figure sopra riportato, a fronte di un incremento idrometrico in alveo superiore a 2 metri, si stima una risalita piezometrica pressoché concomitante, nell’ordine di grandezza superiore a 1 metro. Il fiume determina pertanto la condizione al contorno “dinamica” di valle del sistema di deflusso nella falda freatica.

Da un punto di vista della durata degli effetti transitori, è rilevante sottolineare che, in considerazione dell’elevata trasmissività dei depositi alluvionali in contatto idraulico con il F. Po, il ripristino dei livelli di

falda antecedenti il colmo di piena si verifica in massima parte nella settimana seguente, per completarsi entro una ventina di giorni.

7 Caratterizzazione termica e idrochimica

7.1 Temperatura della falda

Per la caratterizzazione della distribuzione areale della temperatura media delle acque nell'acquifero utilizzato, è stato fatto riferimento ai dati disponibili nell'area oggetto di studio, in particolare:

- piezometro registratore della rete di monitoraggio Arpa Piemonte di Piazza d'Arma (PZ_03);
- sonda multiparametrica posizionata nel piezometro P1 della rete del Politecnico di Torino.



Figura 42: corografia dei punti di monitoraggio della temperatura della falda

Per quanto concerne il piezometro Arpa di Piazza d'Armi, fra il 2012 e il 2021, la temperatura registrata si attesta in un range di oscillazione fra 14.5° C e 15.0° C.

Nel piezometro P1, il periodo di monitoraggio è minore (dal 2019) e registra una temperatura media, fino all'Ottobre 2022, pari a 15.8 °C, con una oscillazione stagionale contenuta entro ± 0.1 °C.

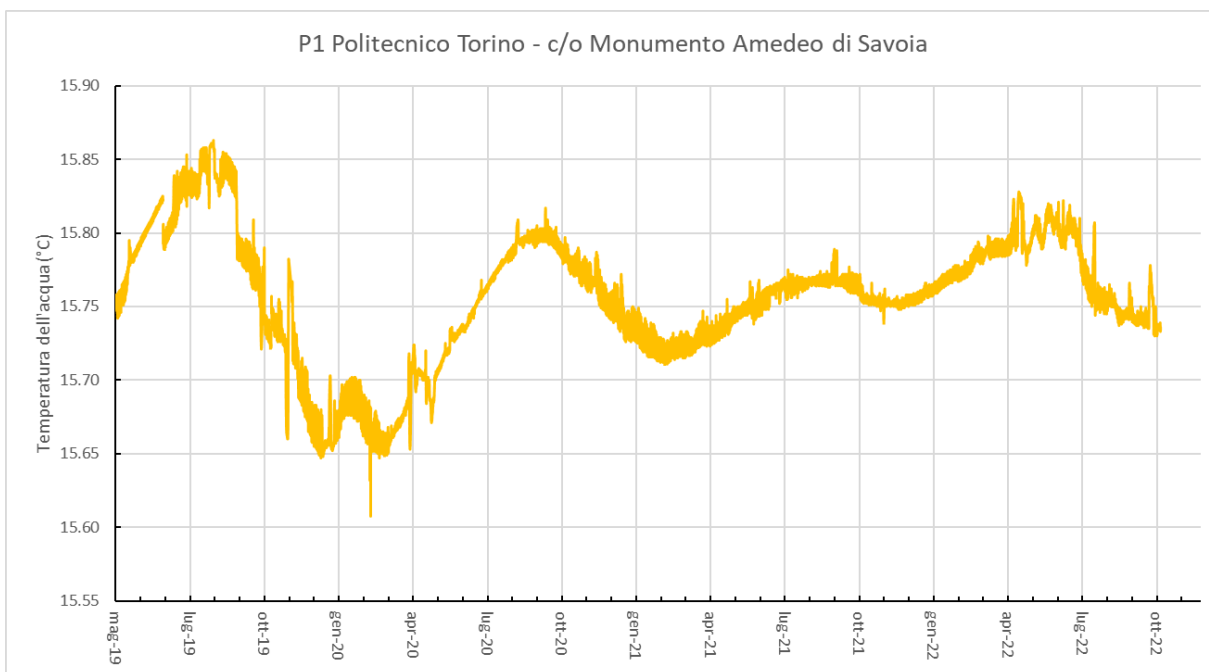


Figura 43: – Serie termometrica acquisita dal piezometro automatico P1 (Fonte: Politecnico di Torino).

7.2 Caratteristiche idrochimiche della falda

Per quanto concerne le caratteristiche idrochimiche della falda in esame, è possibile fare riferimento ad un punto di monitoraggio della rete piezometrica di ARPA Piemonte, oggetto di controlli idrochimici periodici per le finalità di classificazione dello stato chimico ed ambientale dei corpi idrici sotterranei.

Si tratta in particolare del già citato piezometro P26 di P. za d’Armi, situato a monte idrogeologico rispetto al sito di progetto e rappresentativo della composizione media delle acque sotterranee di falda freatica, in quanto ubicato una direttrice di deflusso idrico sotterraneo afferente ad un intorno spondale molto prossimo del F. Po. Per ciascuno degli ioni principali e per i più importanti parametri fisico-chimici viene nel seguito fornito un prospetto riepilogativo dei valori osservati nel decennio di pubblicazione dei dati compreso tra il 2009 e il 2020.

	Cond. el. sp.	pH	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
	mS/cm	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
media	740.4	7.1	337.1	87.8	29.6	109.4	30.2	16.1	2.3
dev.st.	58.6	0.2	22.0	12.0	3.1	10.2	2.2	1.4	0.3
coeff. var.	8%	3%	7%	14%	10%	9%	7%	9%	13%
n	24	24	18	24	24	18	18	18	17

Tabella 6: – Dati idrochimici principali dell’acquifero alimentante. Periodo 2009-2020 Fonte: ARPA.

Convertendo i parametri sopra riportati per valutare il bilancio ionico e determinare la composizione in termini di facies, è possibile riferire le concentrazioni in milliequivalenti/litro, ottenendo i seguenti valori

Σ cationi (meq/l)	8.707
-------------------	-------

Σ anioni (meq/l)	8.703
Δ (meq/l)	0.004
Σ (meq/l)	17.41
ε (%)	0.02%

	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
meq/l	5.525	1.827	0.478	0.877	5.461	2.484	0.699	0.060
%	63.5%	21.0%	5.5%	10.1%	62.8%	28.5%	8.0%	0.7%

Tabella 7: – Analisi dei parametri principali del bilancio ionico. Periodo 2009-2020 Fonte: ARPA.

La facies caratteristica delle acque della falda freatica considerata è di tipo bicarbonato-calcico, come è possibile desumere dal seguente diagramma convenzionale di Schoeller.

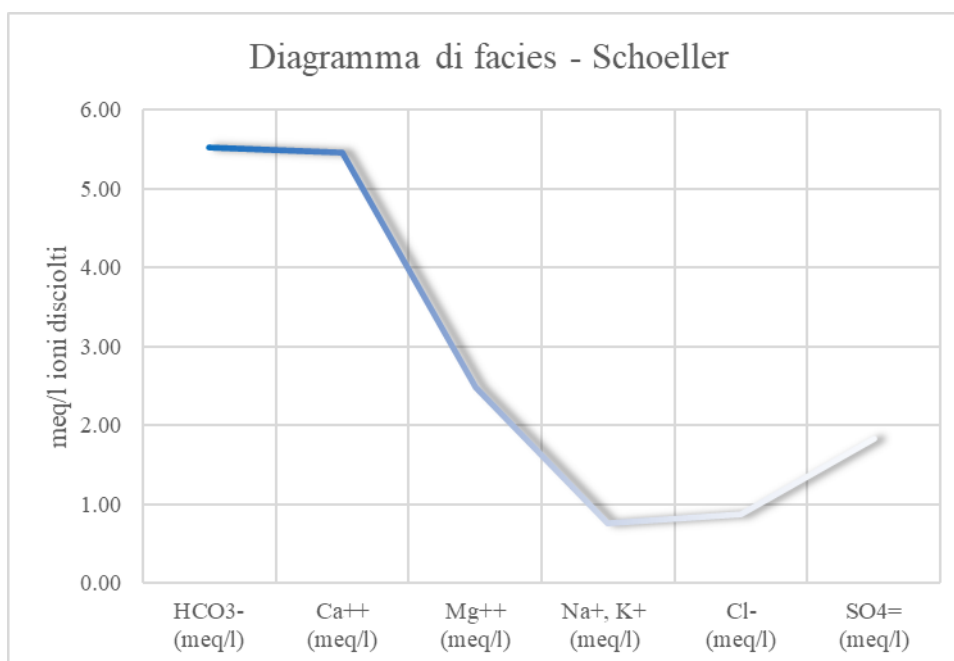


Figura 44: – Diagramma di facies secondo Schoeller.

L’analisi delle tendenze evolutive delle specie ioniche disciolte fornisce indicazioni significative considerando i parametri “solfati” (in progressiva riduzione dal 2009 al 2020) e “cloruri” (in progressivo aumento).

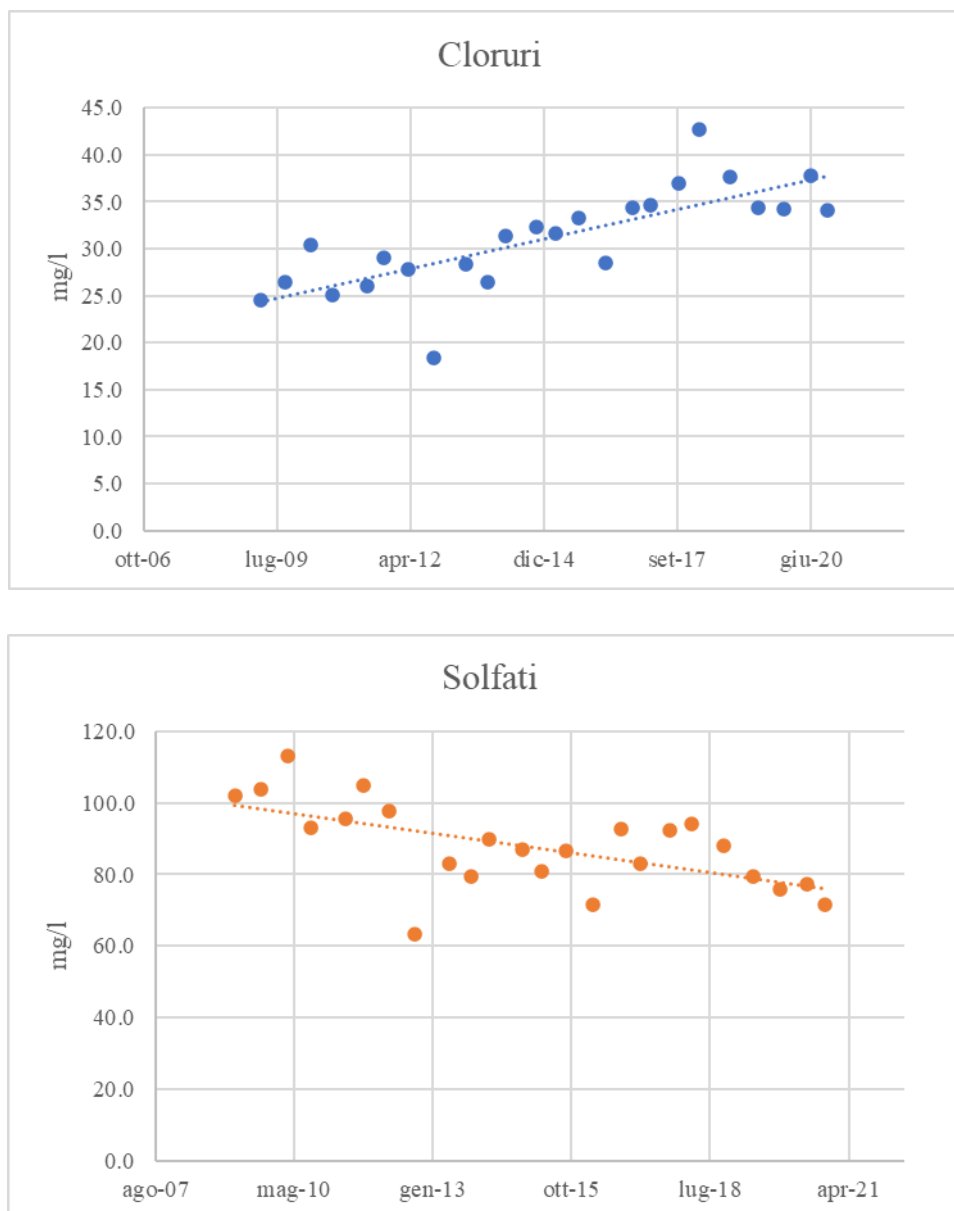
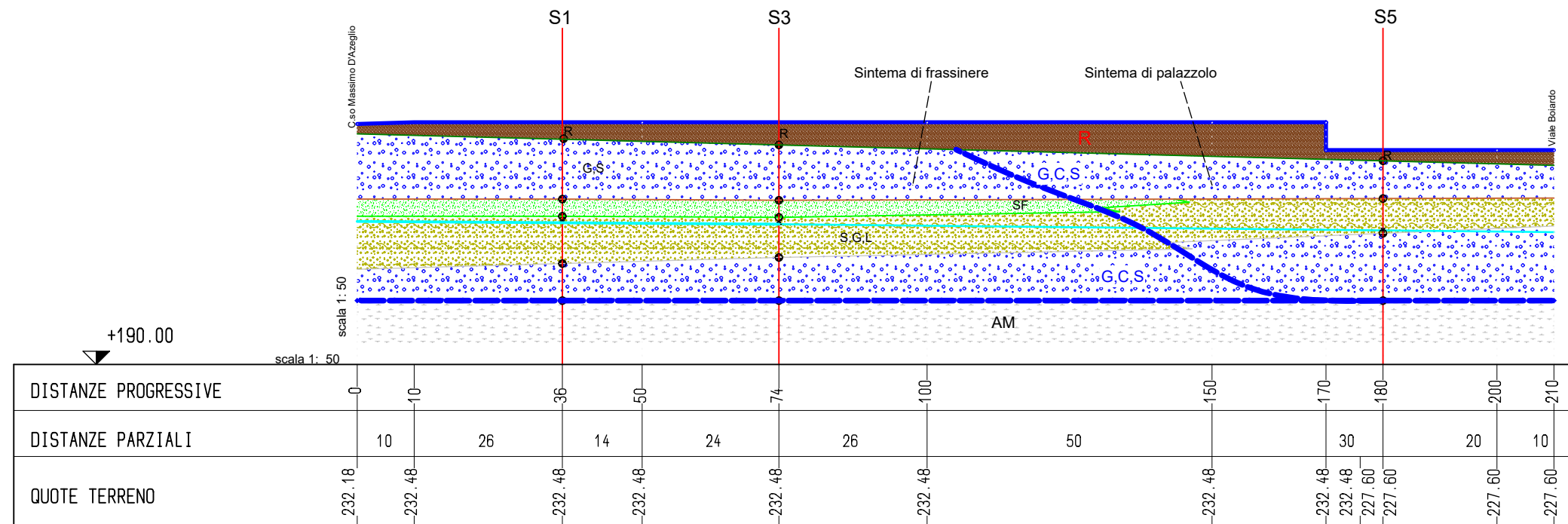


Figura 45: – Principali tendenze evolutive evidenziate dalle specie ioniche disciolte, periodo 2009-2020

ALLEGATO 1 – SEZIONE IDROGEOLOGICA SCHEMATICA

SEZIONE IDROGEOLOGICA

(scala 1:500)



LEGENDA

- R = terreno di riporto
- G,C,S = ghiaia eterometrica, con ciottoli in matrice sabbioso fine
- S,G,L = sabbia eterometrica sciolta, con rarissimo ghiaietto fine sparso e sottili orizzonti sabbioso limosi
- Sf = Sabbia fine e molto fine, da sciolta a poco addensata
- AM = argilla marnosa (substrato terziario)
- Superficie piezometrica ottobre 2022
- Limite Geologico