

LOCALIZZAZIONE:

REGIONE PIEMONTE
CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO
COMUNE DI TORINO

COMMITTENTE:

**Iren Smart Solutions S.p.A.**

OGGETTO:

CAVALLERIZZA REALE DI TORINO
IMPIANTO DI SCAMBIO TERMICO A CIRCUITO APERTO
(OPEN LOOP) CON RESTITUZIONE PREVISTA IN
CORPO IDRICO SOTTERRANEO
REALIZZAZIONE DEI POZZI DI ESTRAZIONE E RESTITUZIONE

DOTT. GEOL. GIANFRANCO GARDENGHI

FILE: Iren_Cavallerizza Via_Integrazioni CMTO_1	DATA: Giugno 2026	REVISIONE N.: DEL	SCALA:	ELABORATO N.: 5
--	--------------------------	--------------------------	--------	-------------------------------

TIMBRO E FIRMA:



GIANFRANCO
GARDENGHI
11.07.2026
08:13:14
GMT+02:00

ELABORATO:

VALUTAZIONE DI
IMPATTO AMBIENTALE
(L.R. 19 dicembre 2023, n. 13)

RICHIESTA DI
INTEGRAZIONI PROGETTUALI
ALL19_2026-04-29_65135_TA2-
MC_025753_rich_int

RELAZIONE TECNICA

LA RIPRODUZIONE ANCHE PARZIALE DI QUESTO DOCUMENTO E/O LA SUA DIFFUSIONE A TERZI SENZA IL CONSENSO DELL'AUTORE SONO VIETATI. I SUOI CONTENUTI NON POSSONO ESSERE UTILIZZATI PER ADDESTRARE SISTEMI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE.

PREMESSA

La presente relazione è prodotta in risposta ai **punti da 2. a 12.** della richiesta di integrazioni di Città metropolitana di Torino, Dipartimento Ambiente e Sviluppo Sostenibile, Direzione Risorse Idriche e Tutela dell'Atmosfera, Ufficio Scarichi Idrici nell'ambito dell'istruttoria interdisciplinare e di coordinamento delle procedure di VIA, concessione di derivazione d'acqua sotterranea e AUA relativa al progetto denominato "*Cavallerizza Reale di Torino – Impianto di scambio termico a circuito aperto con restituzione prevista in corpo idrico sotterraneo - Realizzazione dei pozzi di estrazione e restituzione*" localizzato in Comune di Torino presso la Cavallerizza Reale (rif. ALL19_2026-04-29_65135_TA2-MC_025753_rich_int).¹

PUNTI 2. E 5.

Si richiamano di seguito in sintesi le risultanze della simulazione della "*bolla termica*" già a mani dell'Ufficio (Elaborato N. 4 – Modellazione idrodinamica e termica – Rapporto finale), condotta per un periodo temporale di uno, due e tre anni, sottendendo alla modellazione termodinamica anche quella idrodinamica, con particolare attenzione agli effetti indotti dalla presenza della tratta di pertinenza della prevista Linea 2 della Metropolitana, per la quale sono stati imposti anche dei periodi di non attivazione termica da inizio aprile a fine maggio e a settembre, coerentemente con la "*classificazione climatica della Città di Torino*" di cui al D.P.R. 412 del 26/08/1993.²

Idrodinamica della falda

(cfr. *Elaborato N. 4 – Allegato 1*)

La falda idrica superficiale appare debolmente influenzata dalla presenza delle opere sotterranee della Metro 2 così come individuate nel progetto definitivo.

Si registra in corrispondenza della Stazione Carlo Alberto la maggiore interferenza, con l'innalzamento del livello piezometrico a monte di circa 0,40-0,50 m al quale corrisponde l'abbassamento di circa 0,30-0,40 metri a valle.

Il fenomeno diminuisce progressivamente verso Nord-Est, con l'approfondirsi delle opere della Metro 2, rimanendo apprezzabile solo in

¹ Il riferimento in parentesi è quello attribuito in sede di trasmissione al Proponente dei rispettivi pareri/ricieste di integrazioni.

² Anselmo Associati (novembre 2022) – Città di Torino – Variante semplificata N. 333 al P.R.G. Metropolitana automatica di Torino – Linea 2 – Tratta Politecnico Rebaudengo – Relazione sulle tematiche idrogeologiche (Ing. Virgilio Anselmo).

corrispondenza del Pozzo Carlo Alberto e della Stazione Mole/Giardini Reali.

Nelle condizioni ordinarie di funzionamento dei pozzi di estrazione e di restituzione (portata massima di normale esercizio $Q_{\max} = 20,10$ l/s e portata media annua continua $Q_{\text{mac}} = 12,68$ l/s) l'effetto sulla piezometria è poco significativo.

Nella condizione di portata massima $Q_{\text{pic}} = 150,00$ l/s del cosiddetto “*periodo critico*” appare invece evidente l'importante modificazione della superficie piezometrica indicativa della difficoltà dell'acquifero a sostenere tale prelievo, se non per periodi brevi e comunque a fronte di un significativo declino del livello idrico, correlato al non elevato spessore della parte satura dell'acquifero.

Condizioni ordinarie di esercizio
(cfr. Elaborato N. 4 – Allegato 2)

Nelle condizioni ordinarie di esercizio (normale) dell'impianto di geoscambio, corrispondenti ai valori di prelievo/restituzione e negli intervalli di temperatura di progetto, non si evidenziano fenomeni di interferenza idrodinamica e termica reciproca e/o con i pozzi presenti nell'intorno dell'insediamento, sia a monte che a valle di esso.

I *plumes* termici generati dalla restituzione in falda dei volumi idrici prelevati ed utilizzati si estendono verso Sud-Est, coerentemente con la componente prevalente del deflusso sotterraneo, e sono caratterizzati da elongazioni inferiori alle distanze intercorrenti tra i pozzi circostanti attivi ed il più esterno dei cinque pozzi di restituzione, confermando l'assenza di fenomeni di interferenza sia idrodinamica che termica.

Condizioni non ordinarie di esercizio
(cfr. Elaborato N. 4 – Allegato 3)

Esse sono caratterizzate dalla previsione, indicata dal Progettista dell'impianto, che nei mesi di giugno, luglio e agosto si possano verificare ciclici aumenti delle esigenze di climatizzazione comportanti progressivi incrementi delle portate derivate sino alla soglia di portata $Q_{\text{pic}} = 150,00$ l/s (il già citato “*periodo critico*”).

L'osservazione degli elaborati cartografici indica la tendenza al verificarsi di fenomeni di interferenza idrodinamica e termica tra i pozzi di estrazione e quelli di restituzione, la seconda sottolineata dalla deformazione della isoterma $16,35^{\circ}\text{C}$ chiaramente protesa verso i pozzi di estrazione e ben osservabile a monte della struttura della Metro 2.

Non si osservano invece interferenze verso i pozzi situati idrogeologicamente a valle.

Deve essere comunque osservato che la durata di tale picco, prevista dal progetto in circa un'ora, è raggiunta progressivamente nell'arco di 10

ore di funzionamento giornaliero (cfr. Studio di impatto ambientale), ed è seguita poi da una riduzione piuttosto rapida dopo circa 3 ore (rateo 7,87 l/s per ora di pompaggio) per poi scendere altrettanto velocemente al livello minimo del periodo (4,5 l/s) nelle ore successive (rateo 11,08 l/s per ora di pompaggio).

§§§

Facendo seguito all'incontro tecnico con l'Ufficio Scarichi Idrici di Città metropolitana Torino (09/06/2026), si propone la modellazione termoidrodinamica relativa ad 1 anno di funzionamento del solo impianto di geoscambio in condizioni sia ordinarie che, a seguire, nell'occorrenza del picco relativo "*periodo critico*" con $Q_{pic} = 150,00$ l/s (Allegato 1).

Come previsto, tale modellazione condotta con la struttura della metropolitana termicamente non attiva ha restituito *plumes* termici a valle dei pozzi di restituzione del tutto confrontabili con quelli ottenuti dalla simulazione comprensiva dell'infrastruttura termicamente attiva.

Confrontando criticamente i due modelli si osserva quanto segue:

- si conferma l'assenza di fenomeni di interferenza sia idrodinamica che termica tra i pozzi di presa e quelli di resa, oltre che rispetto a quelli circostanti;
- dal punto di vista idrodinamico la situazione nei due modelli è la medesima, dato che l'attivazione/disattivazione termica della Metro 2 non è influente e le strutture sotterranee simulate (tunnel + cementazione di consolidamento) risultano meno interferenti, essendo in progressivo approfondimento verso la stazione Mole e poi ancora nel sottopasso del F. Dora Riparia;
- dal punto di vista termico, è sempre rispettato il range di temperatura $T = 9,5 \div 22^\circ\text{C}$ di progetto, anche nell'occorrenza del picco relativo al "*periodo critico*" ($Q_{pic} = 150,00$ l/s).

PUNTI 3. E 4.

Si propone la tavola (Allegato 2) che rappresenta l'ipotesi di ubicazione di una serie di piezometri di monitoraggio in relazione alla estensione dell'involuppo della ipotesi di bolla termica simulata ad 1 anno in regime di esercizio ordinario dell'impianto.

Il posizionamento dei piezometri proposti è stato definito sulla base delle considerazioni che seguono.

- PZ0 → ubicato in Piazzetta dell'Accademia Militare, è finalizzato al monitoraggio del livello dinamico in prossimità del Teatro Regio,³ del Pozzo Carlo Alberto e del tunnel della metropolitana, permettendo altresì il

³ Dai documenti disponibili risulta essere la struttura con le fondazioni più profonde, sebbene non interessate direttamente dalla presenza della falda.

campionamento sia chimico che e termico della falda a monte dell'infrastruttura, non influenzata quindi dai pozzi di restituzione in progetto.

- PZ1→localizzato nei Giardini Reali, idrogeologicamente a valle dei pozzi di prelievo, tra quello più prossimo alla Metro 2 ed il suo asse, con funzione di monitoraggio in continuo dell'andamento idrodinamico e termico durante l'esercizio dell'impianto. Esso consente in particolare di instaurare procedure automatiche di modulazione del prelievo idrico in funzione di una soglia di livello dinamico di sicurezza precedentemente stabilita,⁴ riducendo progressivamente la portata di uno o più pozzi di presa (a partire da quello più prossimo all'asse della metro), sino – caso estremo – all'arresto totale di tutti e cinque qualora non venissero ripristinate le condizioni di sicurezza entro 24 ore (cfr. Elaborato N. 4 – Modellazione idrodinamica e termica – Rapporto finale – pagina 10).
- PZ2→posto idrogeologicamente poco a valle dei pozzi di resa, all'interno del perimetro della Cavallerizza Reale in prossimità della Via G. Rossini, permette in maniera speculare al PZ1 di monitorare la risalita del livello idrico durante la fase di restituzione (oltre ovviamente a conducibilità elettrica e temperatura della falda).
- PZ3→identificato in Via Montebello, dovrebbe consentire di individuare la massima elongazione stimata del *plume* termico nella condizione critica non ordinaria con portata pari a $Q = 150$ l/s ed il raggiungimento del riequilibrio della temperatura iniziale della falda.
- PZ4→ubicato in Vicolo Cesare Benevello, consente di monitorare il *plume* termico determinato dalle condizioni ordinarie di esercizio.
- SA-D06/SPD-14 INFRATO→dai documenti di progetto risulta localizzato in Via G. Verdi, immediatamente a valle della Metro 2 e potrebbe fornire, tra l'altro, indicazioni sull'impatto termico della attivazione/disattivazione termica del sistema ENERTUN.

Gli *shape files* dei singoli piezometri sono trasmessi a parte nell'ambito della consegna della documentazione integrativa richiesta.

Lo schema tipo di ogni piezometro è rappresentato nella Figura 1.

Le sonde multiparametriche (temperatura, conducibilità elettrica e livello idrico) che equipaggeranno i piezometri di monitoraggio saranno collocate in corrispondenza dei rispettivi tratti fenestrati (la cui lunghezza è prevista in 15 m su 30 m di profondità), ad una quota intermedia dell'intervallo di posa dei filtri dei pozzi di estrazione (previsto tra 24→30 m di profondità) e di restituzione (previsto tra 21→30 m di profondità), fatti salvi gli aggiustamenti che si rendessero necessari in corso d'opera.

⁴ La naturale escursione stagionale della falda idrica valutata, in corrispondenza dell'area di interesse, compresa tra 1,05 m (PZ34) e 1,21 m (PZ24) nei piezometri della Rete di Monitoraggio Metropolitana della Città di Torino rilevati da ARPA Piemonte e di pertinenza del sito, fatte salve diverse indicazioni che dovessero emergere in sede di progettazione esecutiva dell'opera.

Tab. 1 - CARATTERISTICHE DEI PIEZOMETRI DI MONITORAGGIO	
Dati tecnici	Sigla PZ+numero
Tipologia	Piezometro a tubo aperto
Sistema di perforazione	Rotopercolazione distr. nucleo
Profondità perforazione	30.00 m
Profondità completamento	30.00 m
Diametro rivestimento	178 mm
Diametro perforazione	131 mm
Diametro piezometro t.a.	4"
Materiale tubazione piezometro	PVC atossico
Posizione tratto filtrante	15.00 m → 30.00 m
Dreno	Ghiaietto selezionato 2/3 mm
Falda idrica	17,00 m p.c.
Posizione sonda multiparametrica	25 m±27 m

Come richiesto nel parere unico⁵ rilasciato dalla Città di Torino al paragrafo “*Monitoraggio continuo dello stato della falda*” i dati registrati automaticamente dalle sonde multiparametriche che equipaggeranno i piezometri saranno condivisi con la Divisione Qualità Ambiente con cadenza semestrale.

PUNTO 6.

Come indicato al punto 16 dell’Elaborato N. 1 – Progetto definitivo, la gestione delle pompe che equipaggeranno i cinque pozzi di estrazione sarà attuata tramite ***inverter***, per cui il loro esercizio potrà essere modulato in continuo in termini di portata prelevata (e di relativo assorbimento elettrico) in relazione alle effettive esigenze dell’impianto di climatizzazione in qualsiasi momento del suo utilizzo.

Attenendosi alle consolidate regole di *best practice* riguardanti la gestione dei pozzi per acqua, l’ipotesi di funzionamento è basata sulla ripartizione del prelievo in egual misura su tutte le opere ad esso destinate, anche al fine di prevenire, tra l’altro, l’evenienza di incorrere al momento della massima derivazione in un mancato avviamento di uno o più pozzi rimasti precedentemente inattivi.

Per quanto riguarda i pozzi di restituzione, il deflusso in esso dei volumi idrici al termine del ciclo di scambio termico è direttamente regolato dal sistema che controlla l’intero impianto (BMS – Building Management System), con modalità identica a quella prevista per i pozzi di estrazione.

Si evidenzia che, coerentemente con quanto su esposto, in tutte le modellazioni eseguite sia i prelievi che le restituzioni sono stati ripartiti in uguale misura su tutti pozzi.

⁵ ALL17_2026-04-20_60630_TORINO_parere-unico

PUNTO 7.

Si allega il Rapporto di prova N° 261633.001 del 06/07/2026 relativo al prelievo eseguito sul pozzo di restituzione R1 (Allegato 3).

PUNTO 8.

Si precisa che il grafismo indicato come “*Tubazione di scarico*” nella Fig. 16 dell’Elaborato N. 1 – Progetto definitivo rappresenta, in uno schema funzionale tipo semplificato, il breve tratto di tubazione collocato sulla tubazione di mandata utile qualora si debba procedere ad interventi sul pozzo, già definitivamente equipaggiato e collegato alla rete d’impianto, che richiedano la temporanea esclusione del medesimo dal recapito di utilizzazione (ad esempio esecuzione verifiche di funzionamento del sistema di sollevamento dell’acqua).

Non si tratta quindi di uno “*scarico*” nel senso attribuito dall’Ufficio, bensì l’applicazione di uno standard progettuale ottimale.

PUNTI 9., 10. E 12.

Si rimanda agli elaborati predisposti dal Progettista.

PUNTO 11.

Per quanto riguarda il “*Disciplinare Gestionale*” presente nell’Elaborato N. 2 – Studio di impatto ambientale si riscontra il refuso a pagina 31, ottavo punto trattino.

Errata:

- qualora si dovesse verificare il superamento del livello di allerta (temperature allo scarico inferiori a 8,5°C in inverno o superiori a 21,5°C in estate), la potenza termica scambiata sarà ulteriormente modulata in diminuzione per un periodo sufficiente a verificare il rientro delle temperature di scarico al livello di attenzione;

Corrige:

- qualora si dovesse verificare il superamento del livello di allerta (temperature allo scarico inferiori a 10,0°C in inverno o superiori a 21,5°C in estate), la potenza termica scambiata sarà ulteriormente modulata in diminuzione per un periodo sufficiente a verificare il rientro delle temperature di scarico al livello di attenzione;

Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

Anno 1 - 31 gennaio

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.m.)
- Isopiezometrica (dm)

ALLEGATO 1

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

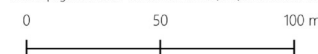
Anno 1 - 28 febbraio

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
Stazione Carlo Alberto
- PCA
Pozzo Carlo Alberto
- SMO
Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.)
- Isopiezometrica (dm)

- Legenda:
- Isoterme (°C)
- 9.85
 - 10.85
 - 11.85
 - 12.85
 - 13.85
 - 14.85
 - 15.85

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

Anno 1 - 31 marzo

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.m.)
- Isopiezometrica (dm)

Legenda:

Isoterme (°C)

- 9.85
- 10.85
- 11.85
- 12.85
- 13.85
- 14.85
- 15.85

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

Anno 1 - 30 aprile

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.m.)
- Isopiezometrica (dm)

Legenda:

Isoterme (°C)

- 9.85
- 10.85
- 11.85
- 12.85
- 13.85
- 14.85
- 15.85
- 16.85
- 17.85
- 18.85
- 19.85
- 20.85
- 21.85

Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

Anno 1 - 31 maggio

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.m.)
- Isopiezometrica (dm)

Legenda:

Isoterme (°C)

- 9.85
- 10.85
- 11.85
- 12.85
- 13.85
- 14.85
- 15.85
- 16.85
- 17.85
- 18.85
- 19.85
- 20.85
- 21.85

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

Anno 1 - 30 giugno

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.m.)
- Isopiezometrica (dm)

Legenda:

Isoterme (°C)

- 10.85
- 11.85
- 12.85
- 13.85
- 14.85
- 15.85
- 16.85
- 17.85
- 18.85
- 19.85
- 20.85
- 21.85

SCA

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

Anno 1 - 31 luglio

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.m.)
- Isopiezometrica (dm)

Legenda:

Isoterme (°C)

- 10.85
- 11.85
- 12.85
- 13.85
- 14.85
- 15.85
- 16.85
- 17.85
- 18.85
- 19.85
- 20.85
- 21.85

SCA

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

Anno 1 - 31 agosto

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.m.)
- Isopiezometrica (dm)

Legenda:

Isoterme (°C)

- 10.85
- 11.85
- 12.85
- 13.85
- 14.85
- 15.85
- 16.85
- 17.85
- 18.85
- 19.85
- 20.85
- 21.85

SCA

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

Anno 1 - 30 settembre

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.)
- Isopiezometrica (dm)

Legenda:

Isoterme (°C)

- 10.85
- 11.85
- 12.85
- 13.85
- 14.85
- 15.85
- 16.85
- 17.85
- 18.85
- 19.85
- 20.85
- 21.85

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

Anno 1 - 31 ottobre

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.)
- Isopiezometrica (dm)

Legenda:

Isoterme (°C)

- 10.85
- 11.85
- 12.85
- 13.85
- 14.85
- 15.85
- 16.85
- 17.85
- 18.85
- 19.85
- 20.85
- 21.85

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

Anno 1 - 30 novembre

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.)
- Isopiezometrica (dm)

Legenda:

Isoterme (°C)

- 9.85
- 10.85
- 11.85
- 12.85
- 13.85
- 14.85
- 15.85
- 16.85
- 17.85
- 18.85
- 19.85
- 20.85
- 21.85

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



Portate di esercizio
(conci termici Linea 2 Metro non attivi)

Anno 1 - 31 dicembre

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.)
- Isopiezometrica (dm)

Legenda:

Isoterme (°C)

- 9.85
- 10.85
- 11.85
- 12.85
- 13.85
- 14.85
- 15.85
- 16.85
- 17.85
- 18.85
- 19.85
- 20.85
- 21.85

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



Portate di progetto

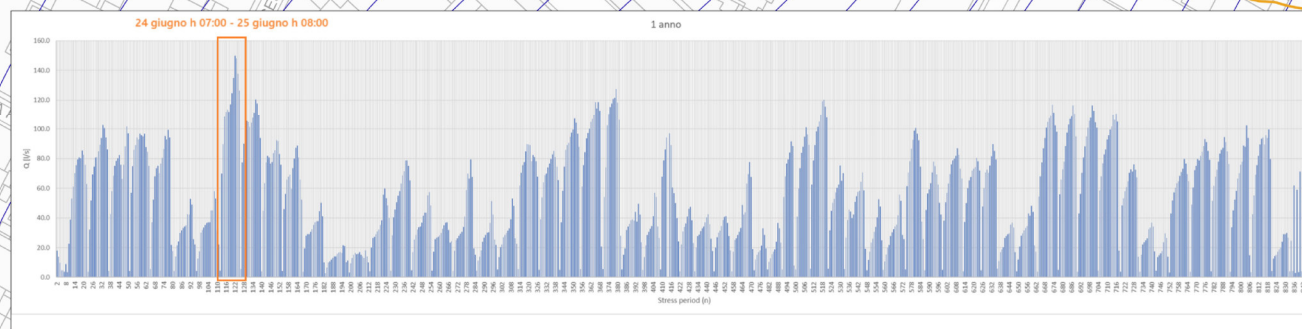
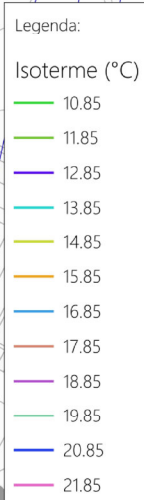
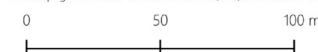
Anno 1 - 24 giugno h 17:00

Legenda:

- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.)

Portata totale di prelievo e restituzione:
 $Q = 150 \text{ l/s}$

Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



IPOTESI DI POSIZIONAMENTO
DEI PIEZOMETRI DI MONITORAGGIO

$Q_{max} = 20 \text{ l/s}$ (luglio e dicembre) periodo
di simulazione 1 anno

SA-D06/SPD-14 INFRATO

Legenda:

-  Piezometri
-  Pozzi di prelievo
-  Pozzi di restituzione

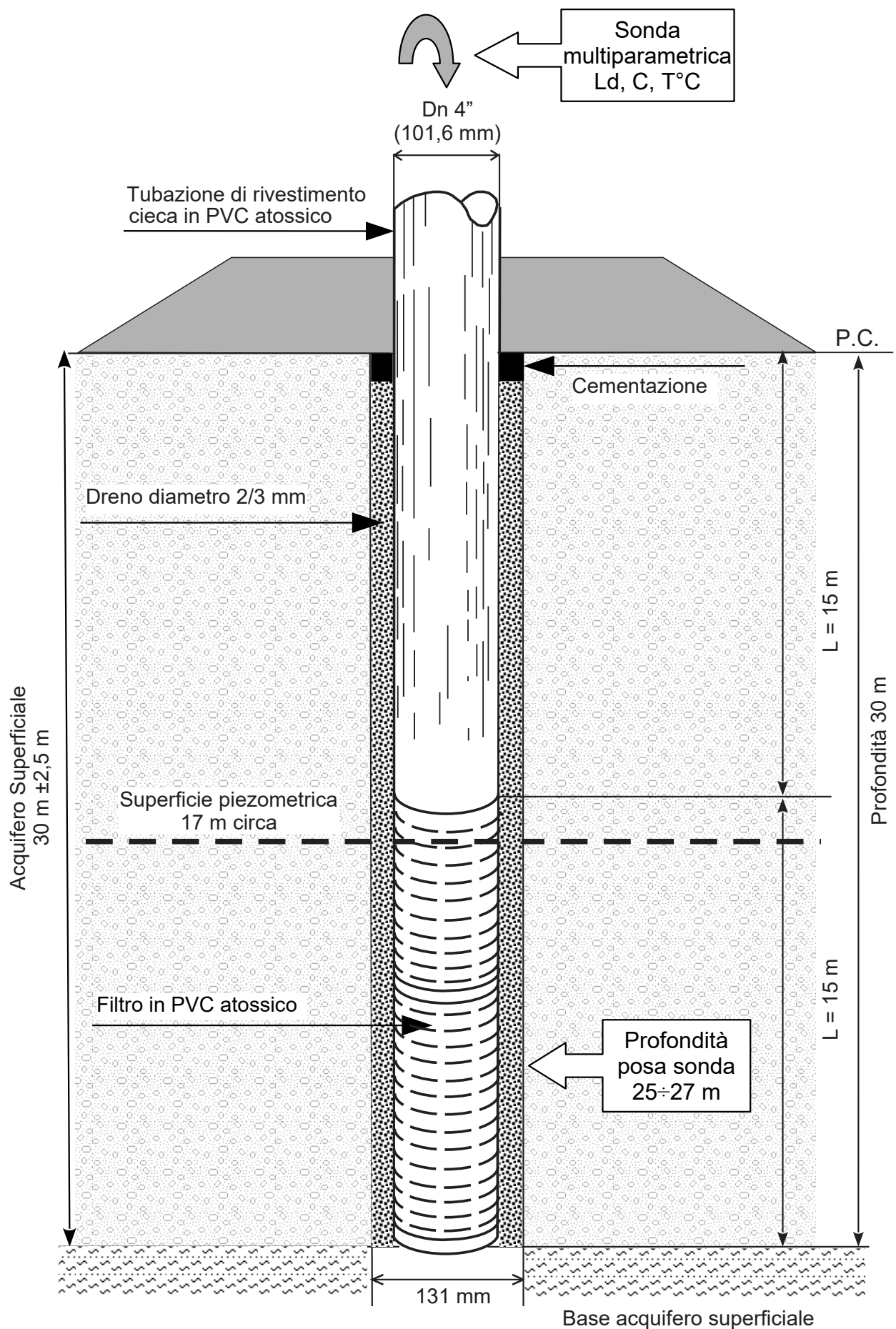
-  Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
-  Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
-  PCA
-  Pozzo Carlo Alberto

Inviluppo ipotesi di bolla termica

 Inviluppo condizioni ordinarie di esercizio

0 25 50 m

Fig. 1 – SCHEMA TIPO DI PIEZOMETRO NON IN SCALA



**Ecoanalitica srl**

Viale 1° Maggio 1/A - 10043 Orbassano (TO)

Tel. +39 0119004230

P.IVA: 08844840010 - C.F. 08844840010

**RAPPORTO DI PROVA N° 261633.001**

Data di emissione 06/07/2026

ALLEGATO 3**DATI RELATIVI AL CAMPIONE**

Cliente:	EP&S - Engineering Project & Service - Via Treviso, 12, 10144 Torino (TO)
Matrice:	acqua sotterranea
Codice campione:	261633.001
Descrizione Campione:	pozzo di prova - PR1
Luogo Prelievo:	cantiere
Sito Prelievo:	EP&S, cantiere della Cavallerizza Torino
Data Prelievo:	18/06/2026
Ora Prelievo:	11:55
Prelevatore:	Axel Lapucci / Ecoanalitica Srl
Mod. Campionamento:	APAT CNR IRSA 1030 Man 29 2003* (prova non accreditata da Accredia)
Tipo Campionamento:	istantaneo
Data accettazione:	18/06/2026
Inizio analisi:	18/06/2026
Fine analisi:	03/07/2026

RISULTATI ANALITICI

Determinazione	UM	Risultato	Limite	U	LOQ	Note
Parametri chimico-fisici						
ione idrogeno (Cat. III) <i>APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003</i>	pH	8,0				
conducibilità elettrica (Cat. III) <i>APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003</i>	µS/cm (20°C)	456				
potenziale redox (Cat. III) <i>UNI 10370:2010 (*)</i>	mV	153				
ossigeno disciolto (Cat. III) <i>UNI EN ISO 5814:2013 (*)</i>	%	7,8				
soggiacenza (Cat. III) <i>MI C 60 Rev 0 2020 (*)</i>	m	17,0				
temperatura (Cat. III) <i>APAT CNR IRSA 2100 Man 29 2003_chim (*)</i>	°C	17,5				
Anioni						
cianuri liberi <i>M.U. 2251:08 (*)</i>	µg/l	<10	50 (BQ)		10	
fluoruri <i>APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003</i>	µg/l	78	1500 (BQ)		10	
nitriti <i>APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003</i>	µg/l	<10	500 (BQ)		10	
solfati (come SO ₄) <i>APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003</i>	mg/l	51	250 (BQ)		0,1	

**Ecoanalitica srl**

Viale 1° Maggio 1/A - 10043 Orbassano (TO)

Tel. +39 0119004230

P.IVA: 08844840010 - C.F. 08844840010

**RAPPORTO DI PROVA N° 261633.001**

Data di emissione 06/07/2026

RISULTATI ANALITICI

Determinazione	UM	Risultato	Limite	U	LOQ	Note
Elementi metallici e non metallici						
alluminio <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	38	200 (BQ)		1	
antimonio <i>UNI EN ISO 17294-2:2023 (*)</i>	µg/l	1,4	5 (BQ)		0,1	
argento <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	<1	10 (BQ)		1	
arsenico <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	0,45	10 (BQ)		0,1	
berillio <i>UNI EN ISO 17294-2:2023 (*)</i>	µg/l	<0,1	4 (BQ)		0,1	
boro <i>UNI EN ISO 17294-2:2023 (*)</i>	µg/l	18	1000 (BQ)		10	
cadmio <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	0,20	5 (BQ)		0,1	
cobalto <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	0,21	50 (BQ)		0,1	
cromo totale <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	1,2	50 (BQ)		1	
> ferro <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	860	200 (BQ)		10	
> manganese <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	130	50 (BQ)		0,1	
mercurio <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	<0,1	1 (BQ)		0,1	
nicel <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	2,5	20 (BQ)		1	
piombo <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	5,2	10 (BQ)		0,1	
rame <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	<10	1000 (BQ)		10	
selenio <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	0,11	10 (BQ)		0,1	
tallio <i>UNI EN ISO 17294-2:2023 (*)</i>	µg/l	<0,1	2 (BQ)		0,1	
zinco <i>UNI EN ISO 17294-2:2023</i>	µg/l	164	3000 (BQ)		10	
cromo VI <i>APAT CNR IRSA 3150C Man 29 2003 (*)</i>	µg/l	<3	5 (BQ)		3	
Alifatici alogenati cancerogeni						
tribromometano <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	<0,01	0,3 (BQ)		0,01	

**Ecoanalitica srl**

Viale 1° Maggio 1/A - 10043 Orbassano (TO)

Tel. +39 0119004230

P.IVA: 08844840010 - C.F. 08844840010

**RAPPORTO DI PROVA N° 261633.001**

Data di emissione 06/07/2026

RISULTATI ANALITICI

Determinazione	UM	Risultato	Limite	U	LOQ	Note
1,2-dibromoetano <i>UNI EN ISO 15680:2005 (*)</i>	µg/l	<0,001	0,001 (BQ)		0,001	
dibromoclorometano <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	<0,005	0,13 (BQ)		0,005	
bromodichlorometano <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	0,01	0,17 (BQ)		0,005	
Alifatici clorurati cancerogeni						
clorometano <i>UNI EN ISO 15680:2005 (*)</i>	µg/l	<0,02	1,5 (BQ)		0,02	
trichlorometano <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	0,01	0,15 (BQ)		0,005	
cloruro di vinile <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	<0,01	0,5 (BQ)		0,01	
1,2-dicloroetano <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	<0,005	3 (BQ)		0,005	
1,1-dicloroetilene <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	<0,005	0,05 (BQ)		0,005	
trichloroetilene <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	<0,005	1,5 (BQ)		0,005	
tetrachloroetilene <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	<0,005	1,1 (BQ)		0,005	
esacloro-butadiene <i>UNI EN ISO 15680:2005 (*)</i>	µg/l	<0,005	0,15 (BQ)		0,005	
sommatoria organoclorogeni <i>UNI EN ISO 15680:2005 (*)</i>	µg/l	0,01	10 (BQ)		0,005	
Alifatici clorurati non cancerogeni						
1,1-dicloroetano <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	<0,005	810 (BQ)		0,005	
1,2-dicloroetilene <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	<0,005	60 (BQ)		0,005	
1,2-dicloropropano <i>UNI EN ISO 15680:2005 (*)</i>	µg/l	<0,005	0,15 (BQ)		0,005	
1,1,2-tricloroetano <i>UNI EN ISO 15680:2005</i>	µg/l	<0,005	0,2 (BQ)		0,005	
1,2,3-tricloropropano <i>UNI EN ISO 15680:2005 (*)</i>	µg/l	<0,001	0,001 (BQ)		0,001	
1,1,2,2-tetrachloroetano <i>UNI EN ISO 15680:2005 (*)</i>	µg/l	<0,005	0,05 (BQ)		0,005	
Clorobenzeni						
monoclorobenzene <i>UNI EN ISO 15680:2005 (*)</i>	µg/l	<0,005	40 (BQ)		0,005	



Ecoanalitica srl

Viale 1° Maggio 1/A - 10043 Orbassano (TO)

Tel. +39 0119004230

P.IVA: 08844840010 - C.F. 08844840010



RAPPORTO DI PROVA N° 261633.001

Data di emissione 06/07/2026

RISULTATI ANALITICI

Determinazione	UM	Risultato	Limite	U	LOQ	Note
1,2-diclorobenzene <i>UNI EN ISO 15680:2005 (*)</i>	µg/l	<0,005	270 (BQ)		0,005	
1,4-diclorobenzene <i>UNI EN ISO 15680:2005 (*)</i>	µg/l	<0,005	0.5 (BQ)		0,005	
1,2,4-triclorobenzene <i>UNI EN ISO 15680:2005 (*)</i>	µg/l	<0,005	190 (BQ)		0,005	
1,2,4,5-tetraclorobenzene <i>EPA 3510C 1996 + EPA 8270E 2017 (*)</i>	µg/l	<0.005	1.8 (BQ)		0,005	
pentaclorobenzene <i>EPA 3510C 1996 + EPA 8270E 2017 (*)</i>	µg/l	<0.005	5 (BQ)		0,005	
esaclorobenzene <i>EPA 3510C 1996 + EPA 8270E 2017 (*)</i>	µg/l	<0,005	0.01 (BQ)		0,005	

Parametri microbiologici

carica microbica a 22°C	UFC/ml	3.900	100 (valore Guida indicato da Determinazione Regione Piemonte n.75 del 26/05/05)
-------------------------	--------	-------	---

UNI EN ISO 6222:2001 cbt22

Clostridium perfringens spore comprese (conta)	UFC/100ml	Organismo non rilevabile	0 (AZ)
--	-----------	--------------------------	--------

UNI EN ISO 14189:2016

coliformi (conta)	UFC/100 ml	Organismo non rilevabile	0 (AZ)
-------------------	------------	--------------------------	--------

ISO 9308-1:2014/Amd 1:2016

enterococchi intestinali (conta)	UFC/100 ml	Organismo non rilevabile	0 (AZ)
----------------------------------	------------	--------------------------	--------

ISO 7899-2: 2000

Escherichia coli (conta)	UFC/100 ml	Organismo non rilevabile	0 (AZ)
--------------------------	------------	--------------------------	--------

ISO 9308-1:2014/Amd 1:2016

Salmonella spp (ricerca)	rilevata/non rilevata in 200 ml	non rilevata	assente
--------------------------	---------------------------------	--------------	---------

Rapporti ISTISAN 2007/05 pag 111 Met ISS A 011 B ()*

Sostanze Perfluoroalchiliche (PFAS)

Acido perfluorobutanoico (PFBA) <i>EN 17892:2024 (*) (LLE8)</i>	ng/l	8,1
Acido perfluoropentanoico (PFPeA) <i>EN 17892:2024 (*) (LLE8)</i>	ng/l	5,40
Acido perfluoroesanoico (PFHxA) <i>EN 17892:2024 (*) (LLE8)</i>	ng/l	5,23
Acido perfluoroeptanoico (PFHpA)	ng/l	1,78

Pagina 4 di 7

Ecoanalitica srl

info@ecoanalitica.it - www.ecoanalitica.it

**Ecoanalitica srl**

Viale 1° Maggio 1/A - 10043 Orbassano (TO)

Tel. +39 0119004230

P.IVA: 08844840010 - C.F. 08844840010

**RAPPORTO DI PROVA N° 261633.001**

Data di emissione 06/07/2026

RISULTATI ANALITICI

Determinazione	UM	Risultato	Limite	U	LOQ	Note
EN 17892:2024 (*) (LLE8)						
Acido perfluorooottanoico lineare (L-PFOA) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	3,60				
Acido perfluorooottanoico isomeri ramificati(br-PFOA) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	0,57				
Acido perfluorononanoico lineare (L-PFNA) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	0,47				
Acido perfluorodecanoico (PFDA) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<0,30				
Acido perfluoroundecanoico (PFUnDA) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<0,30				
Acido perfluorododecanoico (PFDoDA) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<0,30				
Acido perfluorotridecanoico (PFTrDA) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<0,30				
acido perfluorobutansolfonico (PFBS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	0,95				
Acido perfluoropentansolfonico (PFPeS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<0,30				
Acido perfluoroesansolfonico lineare (L-PFHxS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	0,55				
Acido perfluoroesansolfonico isomeri ramificati (br-PFHxS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<0,30				
Acido perfluoroeptansolfonico (PFHpS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<0,30				
Acido perfluorooottansolfonico lineare (L-PFOS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	2,75				
Acido perfluorooottansolfonico isomeri ramificati (br-PFOS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	1,65				
Acido perfluorononansolfonico (PFNS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<0,30				
Acido perfluorodecansolfonico (PFDS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<0,30				
Acido perfluorododecansolfonico (PFDoDS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<0,30				
Acido perfluorotridecansolfonico (PFTrDS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<1,0				
Acido perfluoroundecansolfonico (PFUnDS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<1,0				
Acido 6:2 fluorotelomero solfonico (6:2 FTS) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<0,30				
Ammonio 4-8-diossa-3H-perfluorononanoato (ADONA) EN 17892:2024 (*) (LLE8)	ng/l	<1,0				

**Ecoanalitica srl**

Viale 1° Maggio 1/A - 10043 Orbassano (TO)

Tel. +39 0119004230

P.IVA: 08844840010 - C.F. 08844840010

**RAPPORTO DI PROVA N° 261633.001**

Data di emissione 06/07/2026

RISULTATI ANALITICI

Determinazione	UM	Risultato	Limite	U	LOQ	Note
Acido 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(eptaffluoropropossi)propanoico (HFPO-DA o GenX) <i>EN 17892:2024 (*) (LLE8)</i>	ng/l	<1,0				
Acido difluoro[[2,2,4,5-tetrafluoro-5-(trifluorometossi)-1,3-diossolan-4-il]ossi]acetico (C6O4) <i>EN 17892:2024 (*) (LLE8)</i>	ng/l	<1,0				
Somma di 4 PFAS <i>EN 17892:2024 (*) (LLE8)</i>	ng/l	9,59				
Somma di PFAS (Dlgs 18/2023 e s.m.i.) <i>EN 17892:2024 (*) (LLE8)</i>	ng/l	31,0				

LABORATORI:

LLE8 Prova eseguita in subaffidamento presso laboratorio terzo

RIFERIMENTI LIMITI:

BQ D.Lgs. n.152/06 parte IV all.V tab.2

AZ D.Lgs 18/2023 e s.m.i.

NOTE:

Le prove contrassegnate da asterisco (*) non rientrano nell'accreditamento Accredia di questo Laboratorio.

I risultati contrassegnati da > sono oltre il limite indicato

Dichiarazione di conformità

In base ai parametri analizzati il campione risulta NON conforme ai requisiti di norma o indicati dal cliente, specificati nel presente rapporto di prova. Il giudizio di conformità riguarda solo i parametri per cui è indicato un limite.

Il supervisore delle prove microbiologiche
dr Nadia Devietti Goggia



Il Responsabile del Laboratorio
dr Antonio Rolle



**Ecoanalitica srl**

Viale 1° Maggio 1/A - 10043 Orbassano (TO)

Tel. +39 0119004230

P.IVA: 08844840010 - C.F. 08844840010

**RAPPORTO DI PROVA N° 261633.001**

Data di emissione 06/07/2026

INFORMAZIONI AGGIUNTIVE**Legenda****LIMITI:** Limiti di legge o di specifica**UM:** Unità di misura**LOQ:** Limite di quantificazione, concentrazione sopra alla quale un analita può essere quantificato**U:** Incertezza di misura**N.A.:** Non applicabile**CAT III:** Prova di categoria III (prova eseguita in campo)**Criteri di espressione del risultato**

L'incertezza di misura viene espressa come incertezza estesa (U) con un fattore di copertura $k=2$ e con livello di fiducia 95%, ove non diversamente specificato.

L'incertezza riportata si riferisce all'incertezza dell'analisi senza contributo dell'incertezza di campionamento.

Per analisi microbiologiche di alimenti e tamponi: l'incertezza estesa è stata stimata in accordo con la ISO 19036 ed è basata sull'incertezza tipo composta, considerata uguale allo scarto tipo di riproducibilità intralaboratorio, moltiplicata per un fattore di copertura $k=2$ al livello di fiducia di circa il 95%.

Per analisi microbiologiche di acque e aria l'incertezza estesa è stata stimata in accordo alla ISO 8199 ed espressa come intervallo fiduciale.

Il Laboratorio nell'indicazione nella somma di parametri applica l'approccio Lower Bound.

La valutazione di conformità viene operata sull'esito refertato senza tenere conto dell'incertezza ad esso associata, a meno di specifica richiesta del cliente di tenerla in considerazione o di specifica prescrizione legislativa o della normativa tecnica di riferimento.

Il presente rapporto di prova si riferisce esclusivamente al campione sottoposto alla prova, si declina ogni responsabilità sui risultati calcolati considerando le informazioni fornite dal cliente.

Qualora Ecoanalitica srl non fosse responsabile del campionamento i risultati si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto a Prova così come ricevuto.

Documento con firma digitale ai sensi della normativa vigente.

Il presente rapporto di prova può essere riprodotto solo per intero.

La riproduzione parziale deve essere autorizzata con approvazione scritta dal ns. Laboratorio.