

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
Reg.Piemonte

DATA:

Giugno 2026

REVISIONE N.:

DEL

SCALA:

ELABORATO N.:

8

TIMBRO E FIRMA:

GIANFRANCO
GARDENGHI
11.07.2026
08:15:11
GMT+02:00

ELABORATO:

VALUTAZIONE DI
IMPATTO AMBIENTALE
(L.R. 19 dicembre 2023, n. 13)RICHIESTA DI
INTEGRAZIONI PROGETTUALI
ALL20_2026-04-30_65875_REGIONE-
TUTELA-ACQUE_rich-integr

RELAZIONE TECNICA

PREMESSA

La presente relazione è prodotta in risposta della richiesta di integrazioni espressa da Regione Piemonte – Direzione Ambiente, Energia e Territorio – Settore Tutela e Uso Sostenibile delle Acque “Richiesta integrazioni per l’espletamento dei pareri di competenza della procedura di VIA e di Grande derivazione ai sensi della L.r. 44/2000” (rif. ALL20_2026-04-30_65875_REGIONE-TUTELA-ACQUE_rich-integr).¹

PRIMO E SECONDO PUNTO

Si propongono le sezioni idrogeologiche dirette NW-SE e SW-NE (Allegati 1 e 2), evidenziando, come dato di particolare interesse, che gli abbassamenti indotti dai pozzi di estrazione (quelli riportati nelle sezioni sono i valori ottenuti dalla modellazione numerica cautelativamente condotta nelle più severe condizioni temporali di esercizio) ed i corrispondenti innalzamenti nei pozzi di restituzione si compensano sulla verticale della galleria della Linea 2 della Metropolitana (Allegato 1).

TERZO PUNTO

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 (Fig. 1).

QUARTO PUNTO

Per quanto riguarda la rappresentazione grafica delle simulazioni termo-idrodinamiche, si evidenzia che l’utilizzo del metodo delle campiture colorate piene come suggerito non consente una più agevole visione d’insieme stante la scala della griglia del modello (5 m x 5 m).

Si sottolinea inoltre, come dato generale, che il medesimo metodo appare concettualmente non condivisibile, in quanto non permette di rappresentare correttamente il gradiente termico.

Pertanto, con riferimento al colloquio telefonico intercorso in data 08/05/2026 e coerentemente con quanto stabilito nell’incontro tecnico con l’Ufficio Scarichi Idrici di Città metropolitana Torino (09/06/2026), si pro-

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

pone la modellazione termo-idrodinamica per 1 anno di funzionamento del solo impianto di geoscambio, senza quindi l'attivazione termica della Metro 2, in regime di esercizio ordinario seguito dalla simulazione alla massima portata prevista $Q_{pic}=150,00$ l/s del “*periodo critico*” (Allegato 3).

Sempre al fine di una migliore lettura del modello si ritiene utile allegare anche le 3 rappresentazioni grafiche prodotte per INFRA.TO del delta termico indotto relativamente a scenari di prelievo/restituzione per portate rispettivamente di 20-70-150 litri/secondo, con equidistanza delle isoterme 1°C con la Metro 2 termicamente attiva (Allegato 4).

QUINTO PUNTO

Si propone la tavola (Allegato 5) che rappresenta l'ipotesi di ubicazione di una serie di piezometri di monitoraggio in relazione alla estensione dell'involuppo della ipotesi di “*bolla termica*” al punto precedente.

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,² del Pozzo Carlo Alberto e del tunnel della metropolitana, permettendo altresì il 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,³ 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).

² Dai documenti disponibili risulta essere la struttura con le fondazioni più profonde, sebbene non interessate direttamente dalla presenza della falda.

³ 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.

- 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 $Q = 150,00 \text{ l/s}$ 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.

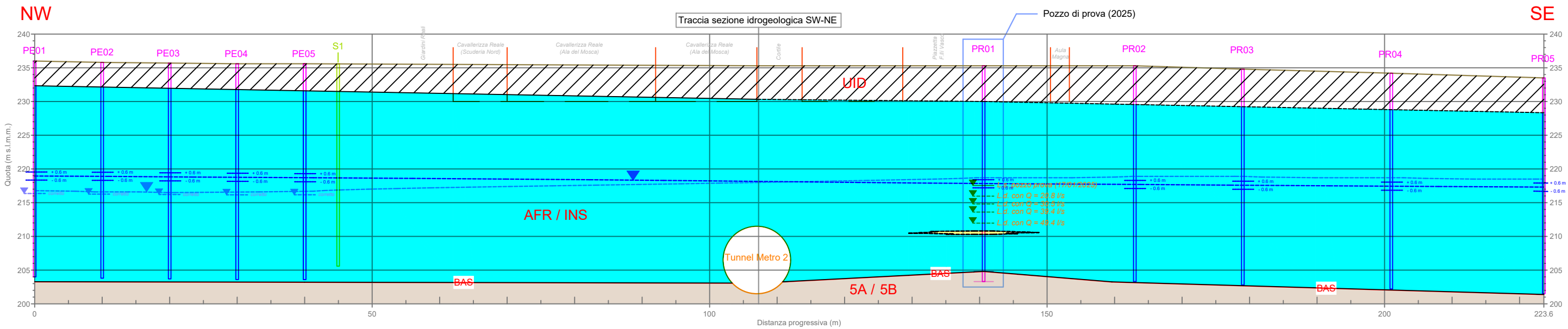
§§§

Per quanto riguarda gli insediamenti segnalati, Centro di Produzione RAI di Torino (Via Verdi 16) e società Sottolamole S.r.l. (Palazzo Casana di Via Montebello 21) si evidenzia che:

- il primo nel 2024 ha dismesso il preesistente impianto sostituendolo con un nuovo sistema di climatizzazione basato sull'adozione di torri evaporative;
- il secondo non risulta essere mai interessato da fenomeni di interferenza idrodinamica e/o termica, sia nelle condizioni ordinarie di esercizio ($Q_{\max}=20,00 \text{ l/s}$) che in quella straordinaria ipotizzata ($Q_{\max}=150,00 \text{ l/s}$);
- la distanza minima dal pozzo precitato rispetto all'inviluppo dell'ipotesi di "*bolla termica*" in condizioni ordinarie di esercizio è di almeno 135 metri.

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

Sezione idrogeologica NW-SE



Profilo termico (riscaldamento indotto nell'acquifero con Q = 150 l/s e Metro 2 attivata) NW-SE

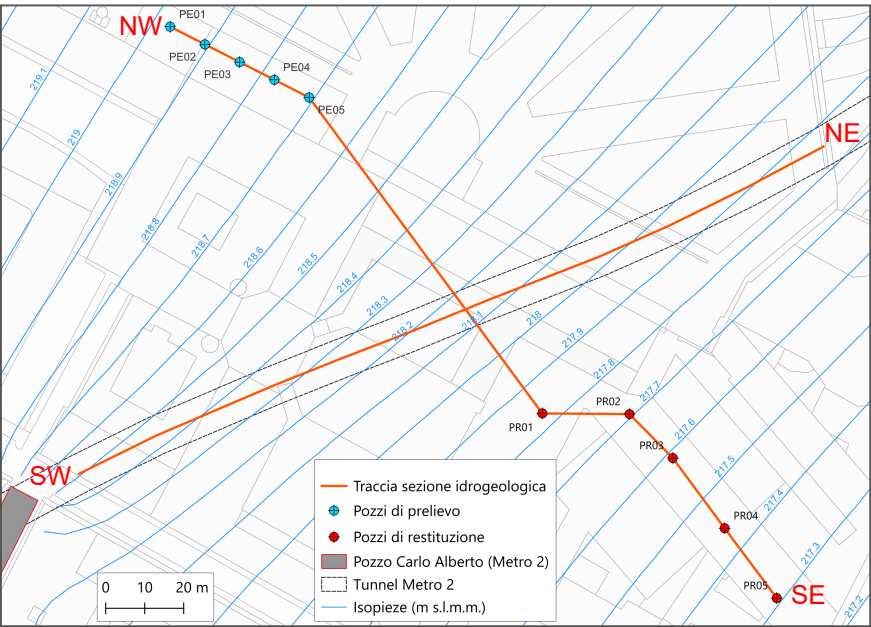


Legenda della sezione idrogeologica

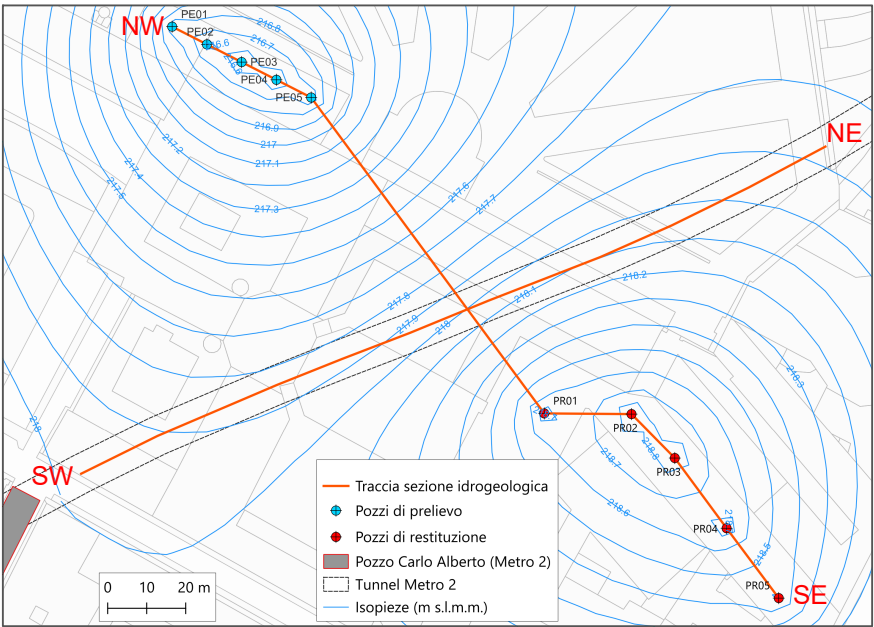
- PE02 PR02
- Pozzi di prelievo (PE) e di restituzione (PR) in progetto
- S1
- Sondaggio geognostico Studio Genovese & Associati (2023)
- Superficie piezometrica da modello idrodinamico Modflow 6 (interazione Metro 2 e pozzi fermi)
- Superficie piezometrica da modello idrodinamico Modflow 6 (interazione Metro 2 e pozzi Q = 150 l/s totale)
- Escursione falda (1.05÷1.21 m fonte ARPA Piemonte)
- Superf. piezom. da modello idrodin. Modflow 6 (interaz. Metro 2 e pozzi Q = 150 l/s totale) calibrata alla prova di pozzo
- Livello statico pozzo di prova (17/01/2025)
- Livello dinamico pozzo di prova con portate Q crescenti
- Edifici (piano di fondazione stimato)
- Piano di campagna (da DTM 5 m Regione Piemonte)
- Base Acquifero Superficiale (BAS)

- Depositi antropici (UID)
- Livello limoso giallastro
- Depositi fluvioglaciali (AFR) e depositi incertae sedis (INS)
- Argille azzurre (5A) e Marne di S. Agata Fossili (5B)
- Tunnel Metro 2

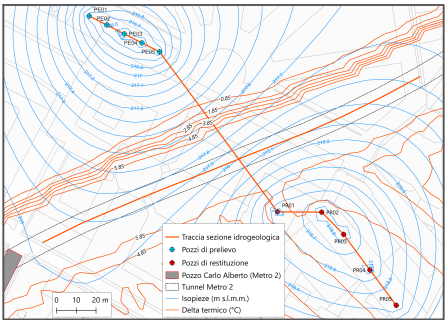
Piezometria con pozzi fermi e interferenza Metro 2



Piezometria con pozzi Q = 150 l/s e interferenza Metro 2



Plume termico con Q = 150 l/s



Prova di pozzo (17/01/2025)

Q [m³/s]	ld [m]	s [m]	s/Q [s/m²]	Q/s [m³/s/m]	Q²/s [(m³/s)²/m]
0.00994	18.09	0.59	59	1.68·10 ⁻²	1.67·10 ⁻⁴
0.02083	19.08	1.58	76	1.32·10 ⁻²	2.75·10 ⁻⁴
0.03048	20.24	2.74	90	1.11·10 ⁻²	3.39·10 ⁻⁴
0.03944	21.44	3.94	100	1.00·10 ⁻²	3.95·10 ⁻⁴
0.04941	23.08	5.58	113	8.85·10 ⁻³	4.38·10 ⁻⁴

Livello statico ls=17,50 m da testa pozzo (-0,25 m a p.c.)

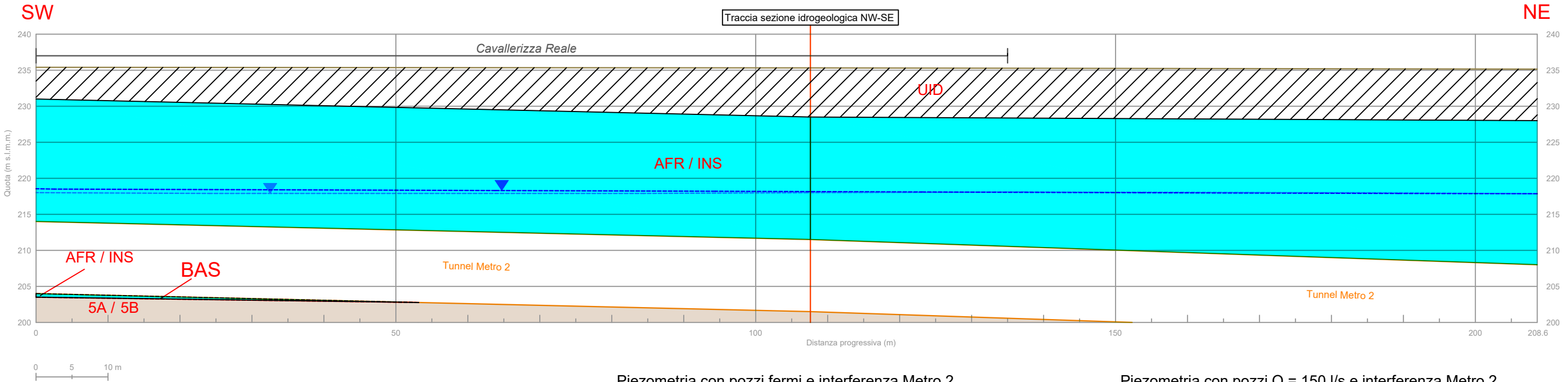
Equazione caratteristica $s = 47,15Q + 1347,08Q^2$

Temperatura dell'acqua $T_{MIN}=15,50^{\circ}C + T_{MAX}=16,00^{\circ}C$

ALLEGATO 1

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

Sezione idrogeologica SW-NE



Piezometria con pozzi fermi e interferenza Metro 2

Piezometria con pozzi Q = 150 l/s e interferenza Metro 2

Legenda della sezione idrogeologica

- Superficie piezometrica da modello idrodinamico Modflow 6 (interazione Metro 2 e pozzi fermi)
- Superficie piezometrica da modello idrodinamico Modflow 6 (interazione Metro 2 e pozzi Q = 150 l/s)
- Piano di campagna (da DTM 5 m Regione Piemonte)
- Base Acquifero Superficiale (BAS)
- Depositi antropici (UID)
- Depositi fluvioglaciali (AFR) e depositi incertae sedis (INS)
- Argille azzurre (5A) e Marne di S. Agata Fossili (5B)
- Tunnel Metro 2

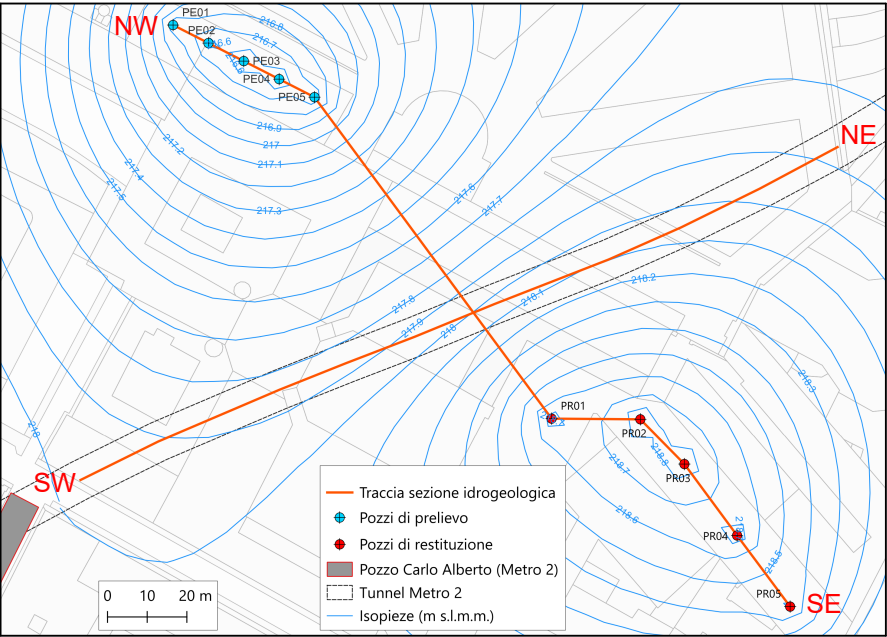
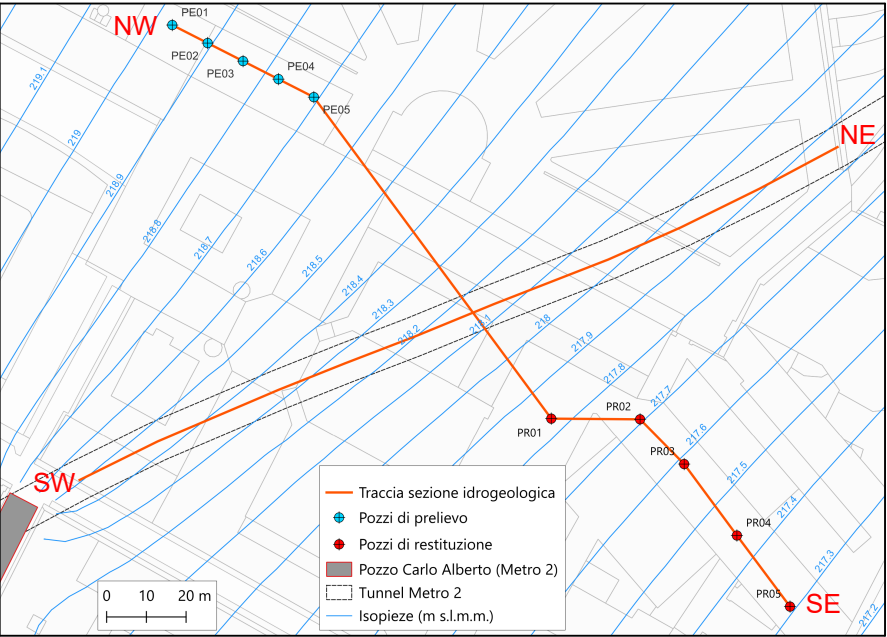
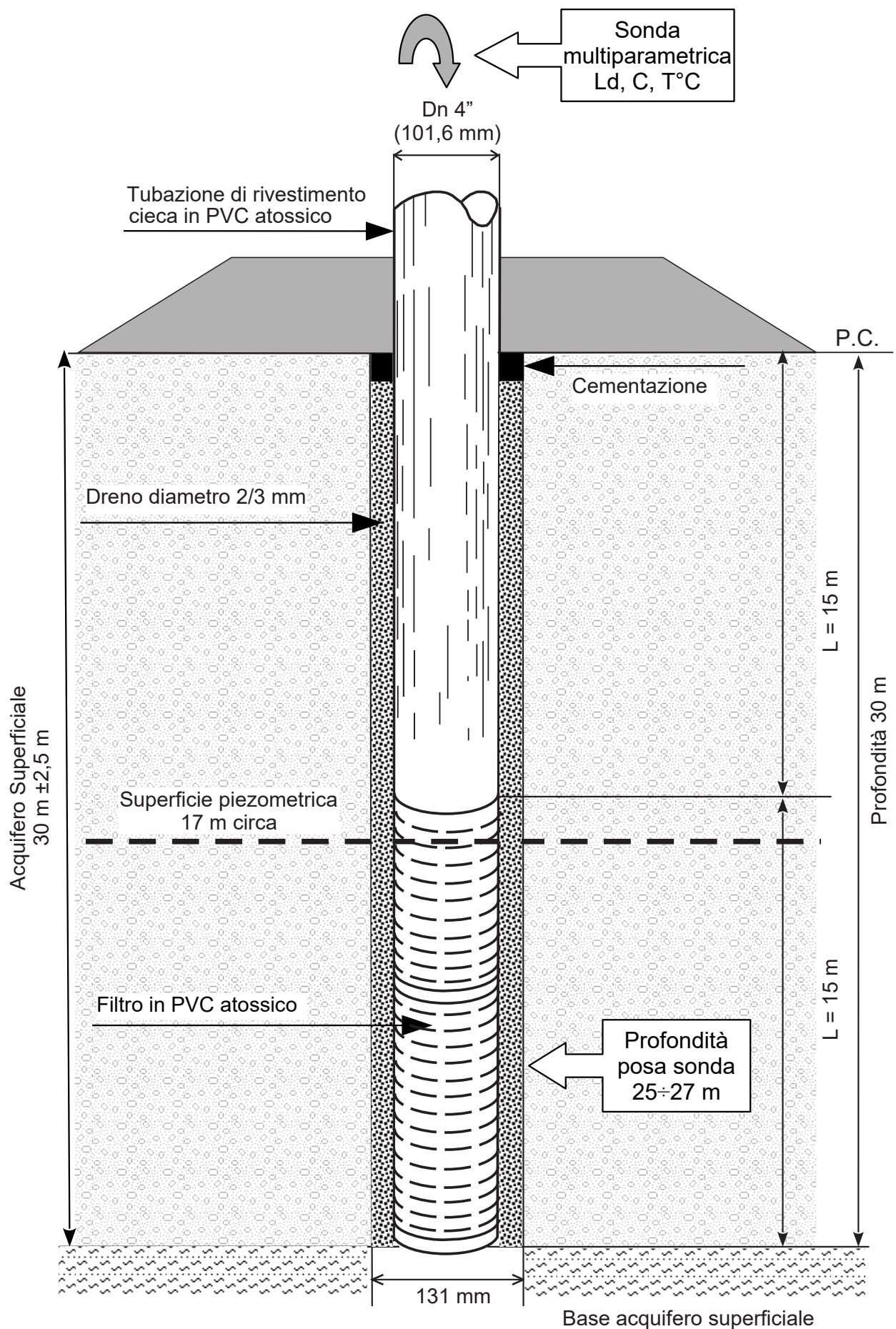


Fig. 1 – SCHEMA TIPO DI PIEZOMETRO NON IN SCALA



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 3

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

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



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:

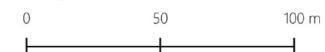
- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopiezometrica (m s.l.m.)
- Isopiezometrica (dm)

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

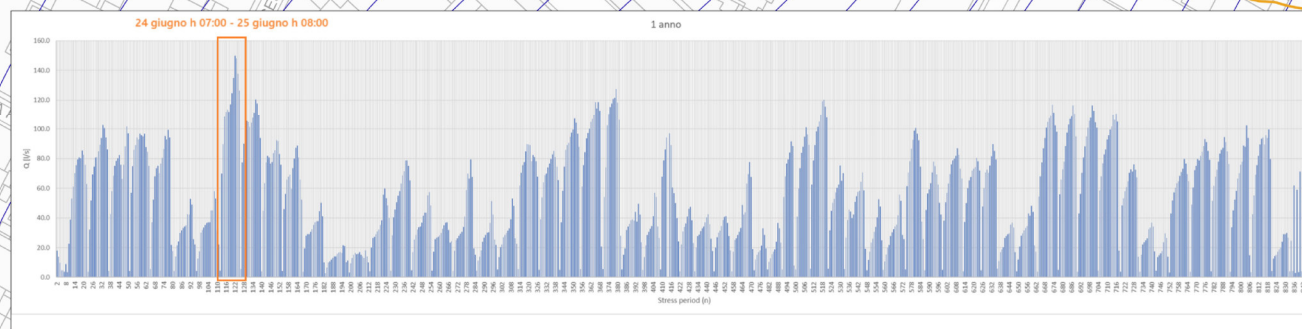
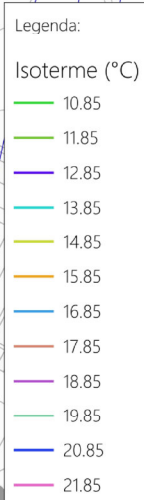
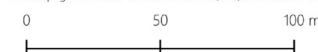
Anno 1 - 24 giugno h 17:00

Legenda:

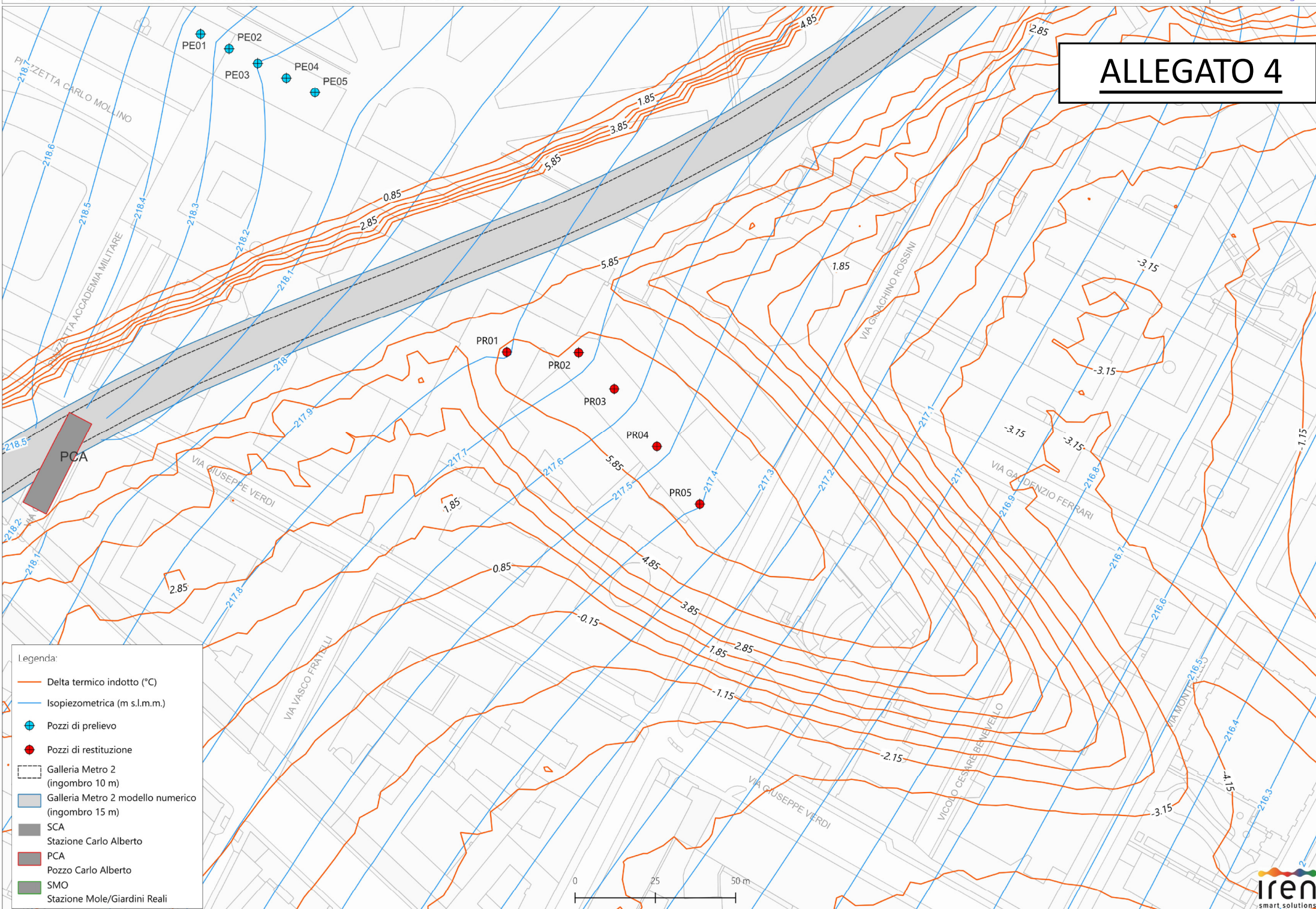
- Galleria Metro 2
(ingombro 10 m)
- Galleria Metro 2 modello numerico
(ingombro 15 m)
- SCA
- Stazione Carlo Alberto
- PCA
- Pozzo Carlo Alberto
- SMO
- Stazione Mole/Giardini Reali
- Pozzi di prelievo
- Pozzi di restituzione
- Isopezimetrica (m s.l.m.)

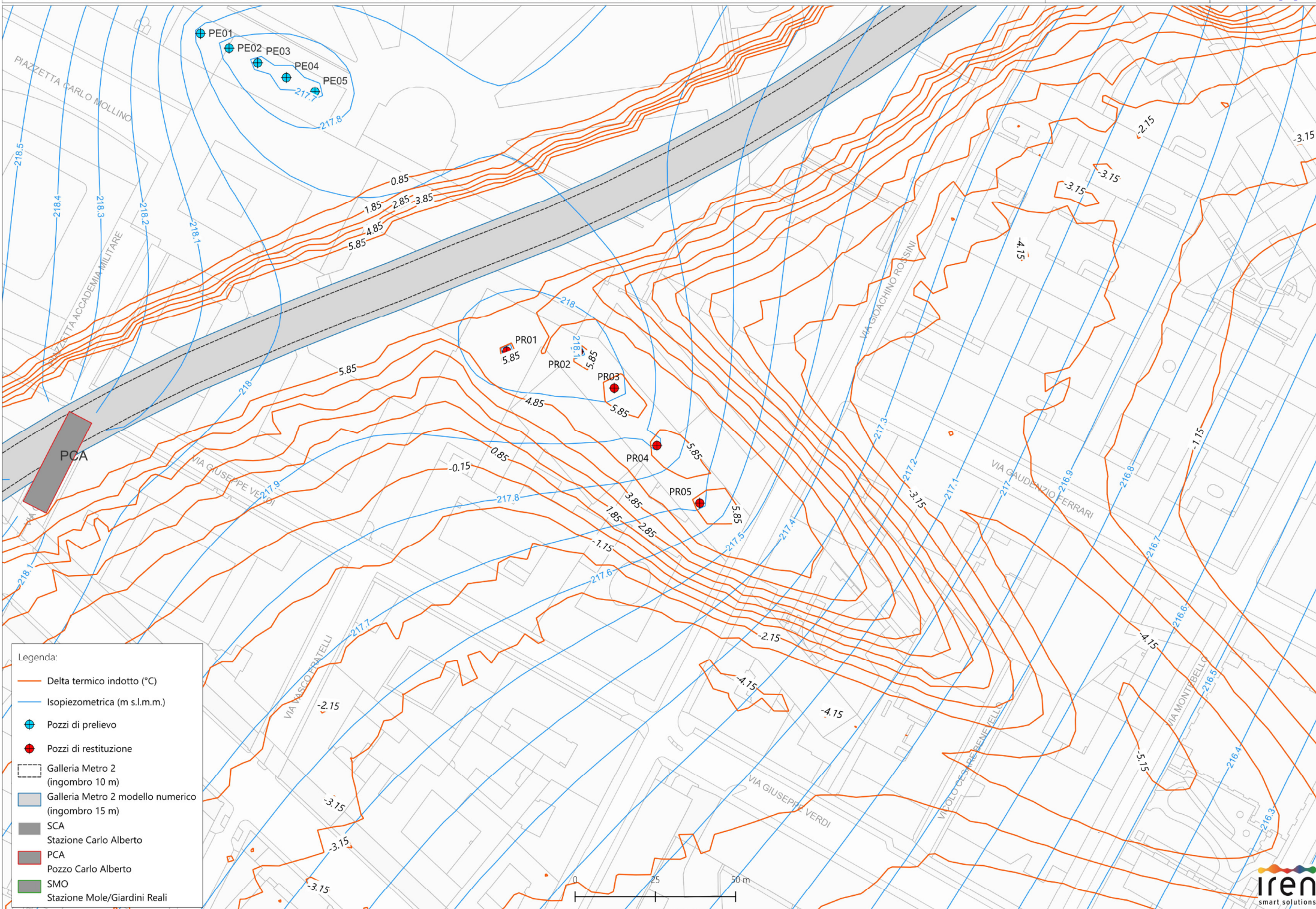
Portata totale di prelievo e restituzione:
 $Q = 150 \text{ l/s}$

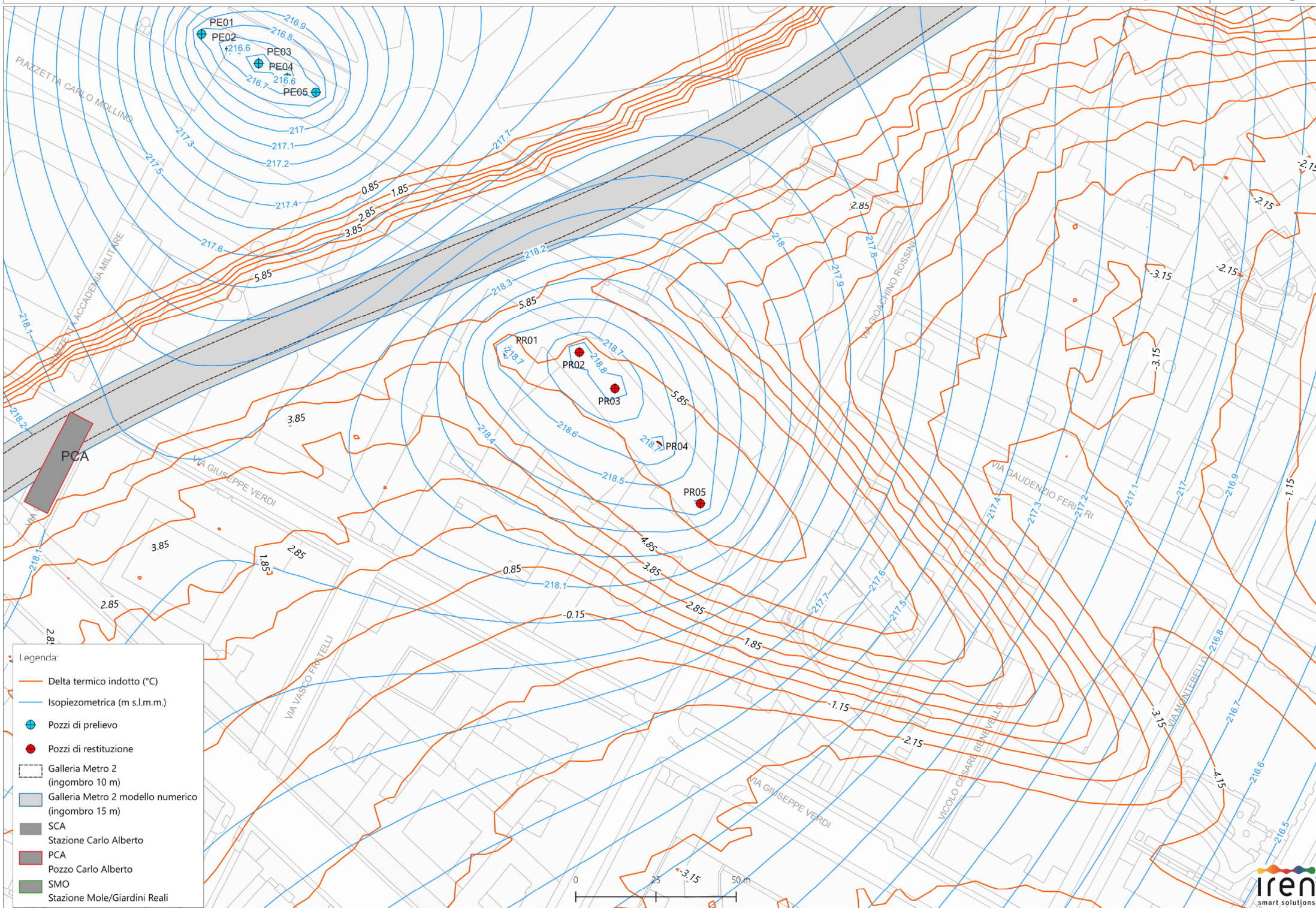
Base topografica: Carta Tecnica Comunale (CTC) della Città di Torino.



ALLEGATO 4







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



ALLEGATO 5