

TELENERGIA
ALESSANDRIA  TELERISCALDAMENTO

PROVINCIA DI
ALESSANDRIA
COMUNE DI
ALESSANDRIA

COMPLETAMENTO DEL SISTEMA DI TELERISCALDAMENTO DELLA CITTÀ DI ALESSANDRIA

PROGETTO DELLE OPERE *CENTRALE SUD*

Elaborato GEO V003

RELAZIONE IDROLOGICA/IDRAULICA

Codifica elaborato: B1 GEO V003
Versione: A – Emissione: Gennaio 2020
File: B1_GEO_V003.A.pdf

Progettisti:



RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO URBANISTICO.....	3
3	INCREMENTO DI PORTATA DELLE ACQUE BIANCHE CONSEGUENTE ALLA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO IN PROGETTO	5
	3.1 METODO DI DEMARTINO: CALCOLO DELLA PORTATA DEFLUENTE DALL'AREA....	5
	3.2 DIMENSIONAMENTO TRINCEA DISPERDENTE.....	6
	3.3 DIMENSIONAMENTO POZZO DISPERDENTE	9
	3.4 PROFONDITA' DEL LIVELLO PIEZOMETRICO DELLA FALDA SUPERFICIALE: MASSIMA ESCURSIONE.....	10
4	ALLEGATO 1: PROVE DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE IN FORO SONDAGGIO S1	11
5	ALLEGATO 2: STRATIGRAFIA PIEZOMETRO T25 RETE DI MONITORAGGIO REGIONE PIEMONTE	18

1 PREMESSA

La presente relazione, redatta su incarico della Società Telenergia Srl, rappresenta la relazione idrologica/idraulica a supporto della progettazione delle opere di dispersione nel terreno delle acque bianche.

Di fondamentale importanza per il dimensionamento di tali opere è la stima della conducibilità idraulica (o meglio del coefficiente di permeabilità) dei terreni superficiali. Per ora sono disponibili, per il sito della Centrale Sud, alcune stime del coefficiente di permeabilità a varie profondità ottenute grazie ad alcune prove a carico variabile sul sondaggio attrezzato a piezometro S1. Si tratta di valutazioni che, ad una prima analisi, paiono piuttosto cautelative.

In fase esecutiva sarà necessario effettuare ulteriori valutazioni sul coefficiente di permeabilità mediante la realizzazioni di nuovi tests sui terreni insaturi che sono presenti nei primi 5 m di profondità. Per tale motivo, ad oggi, il dimensionamento delle opere di dispersione è da considerarsi preliminare.

2 INQUADRAMENTO URBANISTICO

Secondo la carta di sintesi del Vigente Strumento Urbanistico del Comune di Alessandria, il sito in oggetto è inserito in Classe IIIb α di pericolosità geomorfologica.

Le NTA dello strumento urbanistico vigente aggiornato ad aprile 2017 indicano all'art 51 le quote minime di abitabilità nelle aree di pianura interessate dalle classi geomorfologiche di tipo II e III.

Figura 2-1 Stralcio della Carta di Sintesi del PRG vigente

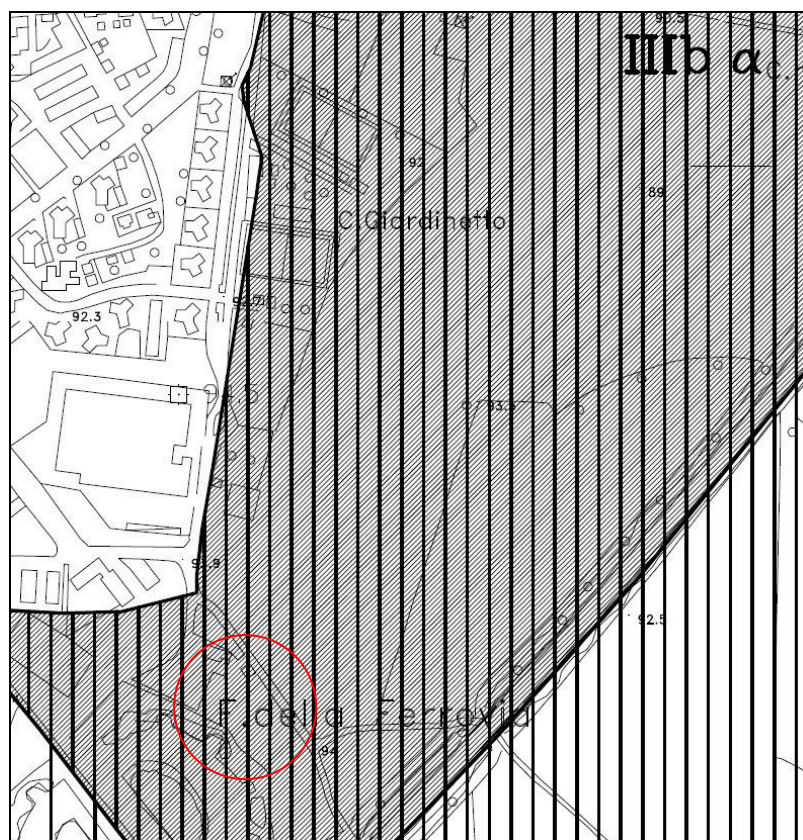


Figura 2-2 Tabella A quote minime di abitabilità nelle aree di pianura interessate dalle classi geomorfologiche di tipo II e III art 51 del PRG vigente aggiornamento NTA aprile 2017.

Posizione	Denominazione zona	Quota minima (m.s.l.m.)
Sx Tanaro	Sponda sinistra del Tanaro fino alla ferrovia TO-AL	96,00
	A nord della ferrovia TO-AL fino all'Autostrada dei Trafori	95,50
	San Michele (tra l'Autostrada dei Trafori e la linea ferroviaria MI-AL)	94,50
	Tra la linea ferroviaria MI-AL ed il sanatorio T. Borsalino	93,50
	Tra sanatorio T. Borsalino e Ponte Tanaro / Autostrada dei Trafori	92,00
Dx Tanaro	Casalbagliano – C.na Guazzati	97,00
	C.na De Vercelli	95,50
	C.na Martini / Chiapponi	95,00
	Alessandria centro storico fino a v. Teresa Michel	94,00
	Quartiere Orti da v. Teresa Michel	93,00
	Interfluvio Tanaro / Bormida (C.na Mezzano)	92,00
	Sx Bormida	C.na Clara / C.na Bona / Ponte della Maranzana
Dal Ponte della Maranzana al ponte della Ferrovia AL-GE		96,00
Dal Ponte della Ferrovia AL-GE al ponte della S.S. Padana Inferiore		93,50
Area a nord della Tangenziale e centro urbano di Alessandria ("Alessandria 2000")		93,50
Dx Bormida	Dal ponte della Ferrovia AL-GE alla C.na Granera	95,50
	Dalla C.na Granera alla C.na Stortigliona (compresa)	94,00
	Da nord della C.na Stortigliona alla S.S. Padana Inferiore (Area Zuccherificio)	92,50
	A nord della S.S. Padana Inferiore fino a C.na Falamera / Barbotto (incluse)	92,00
	Da C.na Barbotto fino all'Autostrada dei Trafori	91,00
	Area C.na Garrone – Casalino	87,00

L'area in esame si colloca in "Sx Bormida", nel settore dal ponte della Ferrovia AL-GE al ponte della S.S. Padana Inferiore (93,50 m s.l.m.). Il piano terra in progetto è collocato a 94,00 m s.l.m. e quindi di 0,50 m al di sopra della quota di riferimento.

3 INCREMENTO DI PORTATA DELLE ACQUE BIANCHE CONSEQUENTE ALLA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO IN PROGETTO

3.1 METODO DI DEMARTINO: CALCOLO DELLA PORTATA DEFLUENTE DALL'AREA

Per effettuare tale calcolo viene utilizzata la formula di DE MARTINO G. 1949:

$$Q = 0.278 C I A$$

Dove:

Q = portata mc/s

C= coefficiente di scorrimento

I= intensità pluviometrica mm/h

Area = kmq

Il **coefficiente di deflusso C** è stato ipotizzato pari ad 1.0 per le coperture e 0,3 per le aree verdi.

L'intensità pluviometrica I è stata valutata in riferimento ad una pioggia intensa di durata di 15 minuti e tempo di ritorno pari a 20 anni.

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione delle curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione tra l'altezza di precipitazione e la sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Per altezza di precipitazione in un punto, misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

Tale curva di probabilità pluviometrica è espressa dalla seguente relazione:

$$h_{(t)} = at^n$$

Dove t rappresenta il tempo di corrivazione calcolato e i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato (TR = 20 anni in questo caso).

I parametri a ed n delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica sono stati assegnati per i vari tempi di ritorno a tutto il territorio del bacino del fiume Po nella "Direttiva sulla Piena di Progetto dell'Autorità di Bacino del fiume Po", tramite un'interpolazione spaziale eseguita con il metodo di Kriging che ha definito un reticolo di 2 km di lato, per il quale è stata determinata curva di possibilità pluviometrica specifica di ogni bacino minore. Sono state quindi definiti per ogni cella del reticolo i locali valori di a ed n.

In base a tale reticolo chilometrico di riferimento in scala 1:250.000 è stata individuata la cella occupata dal sito in esame ottenendo i seguenti valori:

Cella	Tr 20	
	a	n
CH115	37,63470	0.30101

Pertanto con t = 15 min si ottiene h = 24.79 mm e di conseguenza un'intensità I di circa 99.16 mm/h.

Pre intervento

0.3 10846.74 mq area verde

	c	i mm/h	a kmq	q mc/s	q l/s
0.278	0.3	99.16	0.010847	0.0897	89.70

Post intervento

1.0 7920.99 mq area impermeabilizzata

0.3 2925.75 mq area verde

	c	i mm/h	a kmq	q mc/s	q l/s
0.278	1	99.16	0.007921	0.2184	218.35
0.278	0.3	99.16	0.002926	0.0242	24.20
			TOTALE	0.2425	242.55

3.2 DIMENSIONAMENTO TRINCEA DISPERDENTE

La valutazione della capacità d'infiltrazione dei sistemi adottati, viene determinata con riferimento alla legge di Darcy:

$$Q = K * J * A$$

in cui:

Q: portata dispersa, mc/s;

K: coefficiente di permeabilità, m/s;

J: cadente piezometrica o gradiente piezometrico,

A: superficie netta d'infiltrazione, mq.

La cadente piezometrica viene posta pari a 1 poiché il livello piezometrico della falda freatica si trova al di sotto del fondo disperdente.

Per valutare la velocità di infiltrazione bisogna fare riferimento anche alla porosità efficace, infatti $V_{infiltrazione} = K_i/n$ dove n è la porosità efficace.

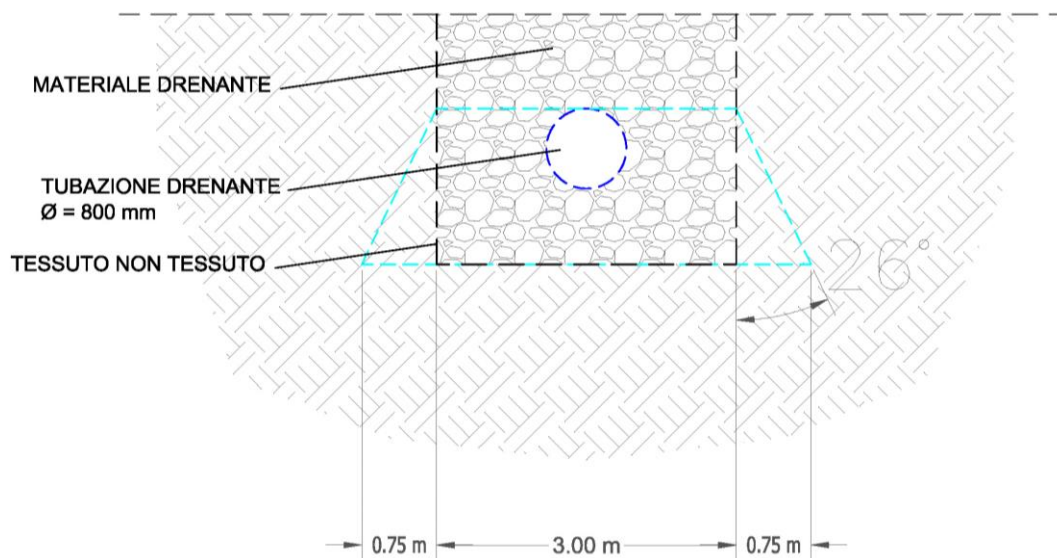
Tabella 3.2-1 Valori di porosità efficace tratta da Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della Regione Piemonte (DST 2004)

LITOLOGIA	Porosità efficace ne (%)	Conducibilità idraulica K (m/s)
G1:Ghiaie e ghiaie sabbiose	0.25	$5 \cdot 10^{-3}$
G2:Ghiaie e sabbie siltose, ghiaie e sabbie argillose	0.15	$5 \cdot 10^{-3}$
S1: Sabbie pulite, sabbie e ghiaie	0.3	$5 \cdot 10^{-3}$
S2: Limi sabbiosi, argille sabbiose	0.1	$5 \cdot 10^{-6}$
L: Limi, limi argillosi	0.05	$5 \cdot 10^{-8}$
A: Argille, argille limose	0.01	$5 \cdot 10^{-9}$
AC: Arenarie e conglomerati non fessurati	0.05	$5 \cdot 10^{-6}$
M: Marne	0.02	$5 \cdot 10^{-8}$

Per valutare la lunghezza di progetto della trincea disperdente sono state ipotizzate, nella tabella 3.2-3 sottostante, diverse portate e lunghezze della trincea mantenendo costanti la superficie unitaria, la K e la porosità efficace.

Figura 3.2-1 Schema trincea disperdente

SUPERFICIE UNITARIA TRINCEA DRENANTE



Per il valore del coefficiente di permeabilità K si hanno a disposizione le prove a carico variabile effettuate durante la realizzazione del piezometro S1 (cfr allegato 2 a cura del dott. Geol. Cavalli A.).

Tabella 3.2-2 Sintesi dei valori di K prove a carico variabile piezometro S1

K m/s	profondità m
8.92E-07	2.60
6.05E-06	6.00
9.50E-06	9.00
4.75E-06	13.00
1.42E-06	17.00
1.23E-06	20.00

Il valore di K stimato nelle prove di permeabilità in foro appare notevolmente più basso del valore stimato con la prova di pompaggio sul piezometro S1 (cfr paragrafo 5.1 studio idrogeologico) dove $T = 1.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ e $K = T/24 \text{ m}$ (spessore del filtro nel piezometro S1) = $7.50 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$.

E' noto, infatti, che le prove di immissione di acqua forniscono valori inferiori a quelle effettive poiché la pressione dell'acqua immessa tende a stabilizzare le particelle più fini tra i vuoti della parte grossolana, mentre le prove di emungimento forniscono valori maggiori in quanto

l'acqua che defluisce verso l'esterno tende a trascinare via la matrice più fine rendendo il terreno più permeabile.

Preliminarmente si allega un dimensionamento della trincea disperdente considerando la K ottenuta mediando tutti i dati a disposizione: $K = 1.41 \cdot 10^{-5}$ m/s. In sede esecutiva sarà necessario procedere alla realizzazione di altre prove di permeabilità in foro per stabilire con minore incertezza il valore di K di riferimento.

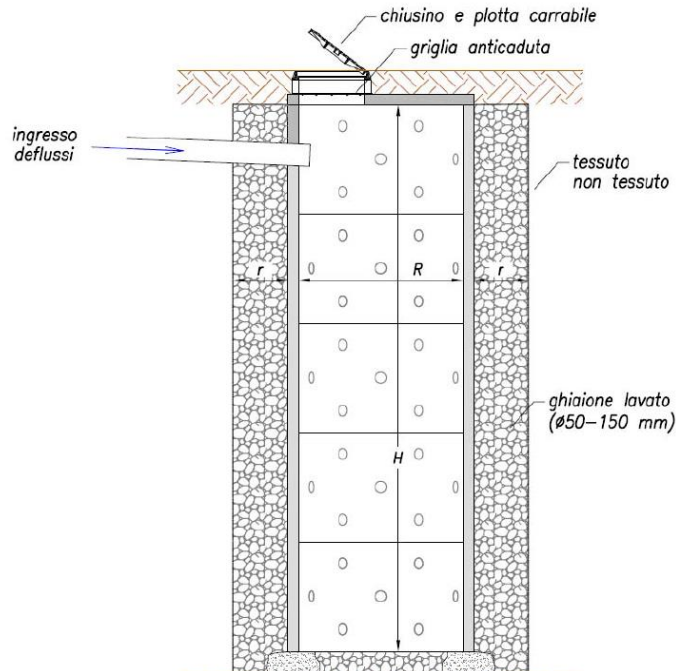
Tabella 3.2-3 Schema trincea disperdente con L lunghezza trincea, Q portata, A area totale trincea, k coeff. di permeabilità (valore medio), e porosità efficace, area unitaria fig. 3.2-1.

L (m)	Q L/S	q mc/s	A mq	ke m/s	k m/s	e	area unitaria mq
11.80335	5	0.005	53.11507	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
23.6067	10	0.01	106.2301	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
47.2134	20	0.02	212.4603	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
70.8201	30	0.03	318.6904	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
94.4268	40	0.04	424.9206	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
118.0335	50	0.05	531.1507	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
141.6402	60	0.06	637.3809	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
165.2469	70	0.07	743.611	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
188.8536	80	0.08	849.8412	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
212.4603	90	0.09	956.0713	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
236.067	100	0.1	1062.301	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
259.6737	110	0.11	1168.532	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
283.2804	120	0.12	1274.762	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
306.8871	130	0.13	1380.992	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
330.4938	140	0.14	1487.222	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
354.1005	150	0.15	1593.452	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
377.7072	160	0.16	1699.682	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
401.3139	170	0.17	1805.912	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
424.9206	180	0.18	1912.143	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
448.5273	190	0.19	2018.373	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
472.134	200	0.2	2124.603	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
590.1675	250	0.25	2655.754	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
613.7742	260	0.26	2761.984	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5
660.9876	280	0.28	2974.444	9.4135E-05	1.41E-05	0.15	4.5

In sintesi la trincea smaltisce una portata 0.42 l/s/m.

3.3 DIMENSIONAMENTO POZZO DISPERDENTE

Figura 3.3-1 Schema pozzo disperdente



Facendo riferimento alla figura 3.3-1, si può determinare la portata dispersa applicando la formula di Teitsskate

$$Q = C \cdot k \cdot (R + r) \cdot H$$

Dove:

$$C = 2.364 \cdot \frac{H}{(R + r)} \cdot \log \left(\frac{2 H}{R + r} \right)$$

Q portata dispersa;

K coefficiente di permeabilità 1.41E-05 m/s

H altezza utile pozzo (4 m)

R diametro anello disperdente (1,5 m)

R spessore dell'anello di dreno intorno al pozzo (1 m)

Con i dati illustrati si ottiene una Q smaltita da singolo pozzo pari a 1 l/s.

3.4 PROFONDITA' DEL LIVELLO PIEZOMETRICO DELLA FALDA SUPERFICIALE: MASSIMA ESCURSIONE

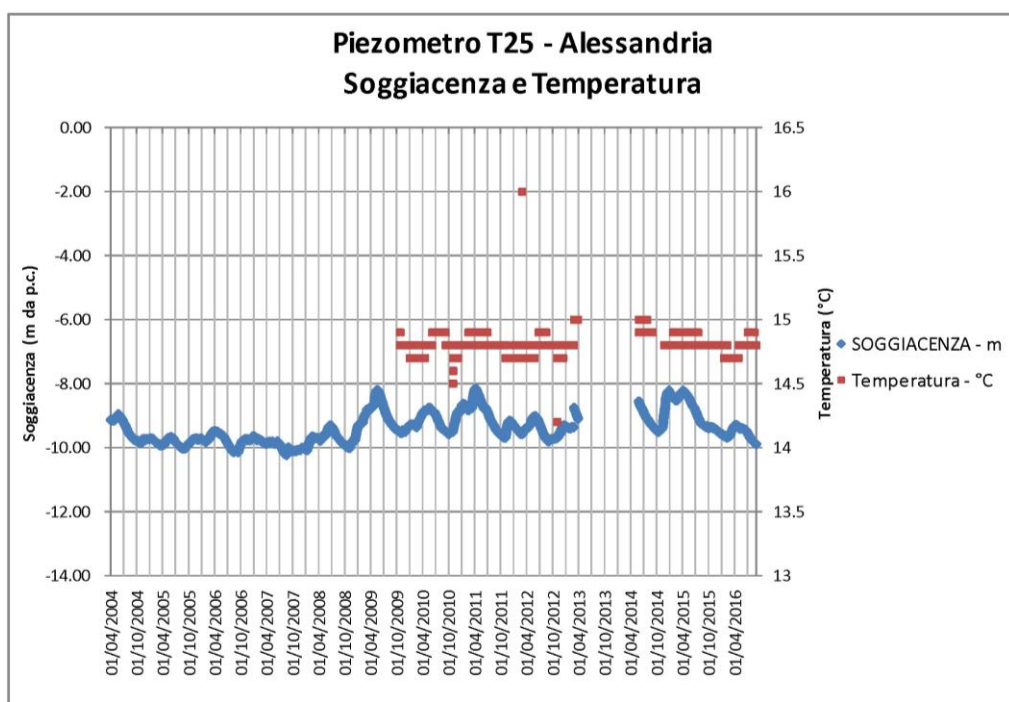
La Delibera del Comitato Interministeriale per la Tutela delle Acque del 4 febbraio 1977 recante "Criteri, metodologie e norme tecniche generali di cui all'art.2, lettere b), d) ed e) della Legge 10 maggio 1976, n.319", (anche Delibera CITAI 4/2/1977), Pubblicata su S.O. della G.U. n.48 del 21 febbraio 1977, indica:

"subirrigazione [..]; la distanza fra il fondo della trincea ed il massimo livello della falda non dovrà essere inferiore al metro;

pozzo assorbente [..]. la differenza di quota tra il fondo del pozzo ed il massimo livello della falda non dovrà essere inferiore a 2 metri".

Durante le prove di pompaggio eseguite sul piezometro S1, il livello statico si è attestato (il 31/03/2017) a circa 6,00 di profondità dal piano campagna. Considerando il monitoraggio eseguito in continuo dalla Regione Piemonte sul piezometro T25, la massima escursione del livello piezometrico si attesta intorno ai 2 m. I picchi (figura 3.4-1) che rappresentano i valori di soggiacenza minori, si collocano frequentemente agli inizi di aprile. Per tale motivo si può considerare la soggiacenza di 6 m come profondità di riferimento per la progettazione delle opere di dispersione.

Figura 3.4-1 Misure di soggiacenza (e temperatura) piezometro T25 ubicato ad Alessandria (Rete di Monitoraggio in continuo della Regione Piemonte).



Si noti, infine, nel grafico della figura 2.4-1 come la temperatura dell'acqua oscilli (tranne alcuni valori che si suppone siano degli errori) la temperatura dell'acqua varia da 14.5 a 15 °C.

4 ALLEGATO 1: PROVE DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE IN FORO SONDAGGIO S1

PROVE DI PERMEABILITA' IN FORO DI CAROTAGGIO

Il metodo per la valutazione del coefficiente di permeabilità fa riferimento alla metodologia consigliata dalla Associazione Geotecnica Italiana (AGI 1977) e utilizza la seguente relazione di calcolo:

$$K = A / C1 \times (t2-t1) \times \ln (h1/h2)$$

Dove

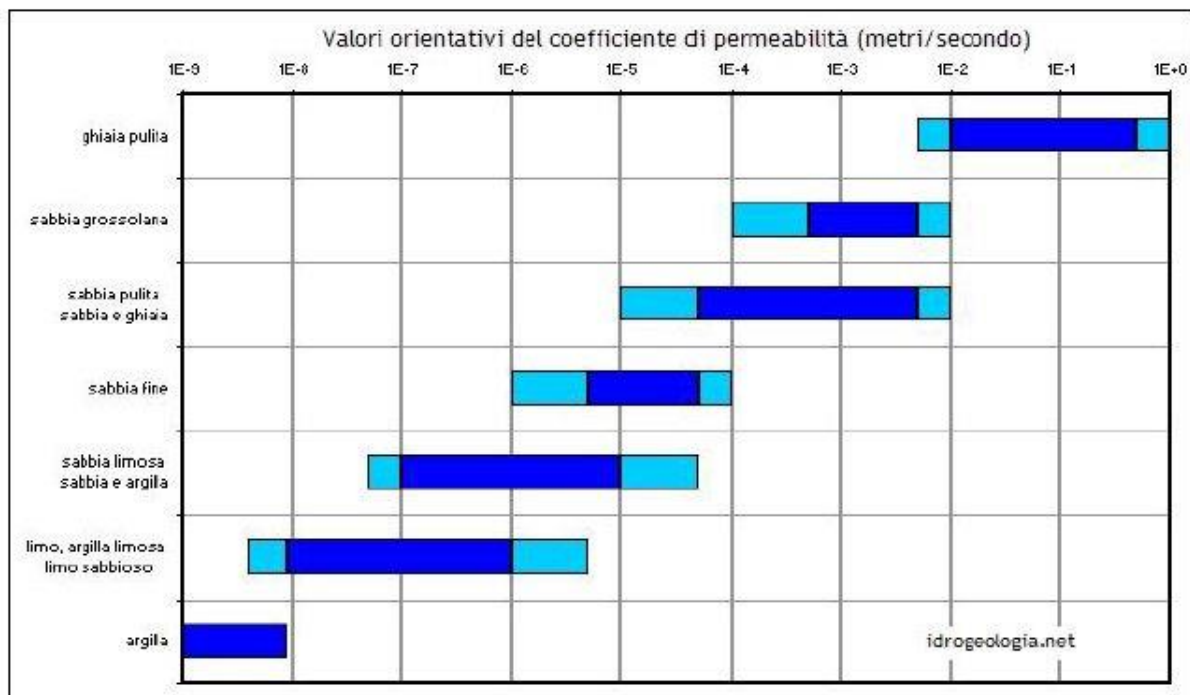
K = coefficiente di permeabilità (m/sec);

A = area di base del foro di sondaggio (0,0314 m²);

H1 - H2 = altezza dei livelli di acqua nel foro rispetto al fondo del foro;

t1 - t2 = tempi nei quali si misurano H1 e H2;

C1 = costante di calcolo

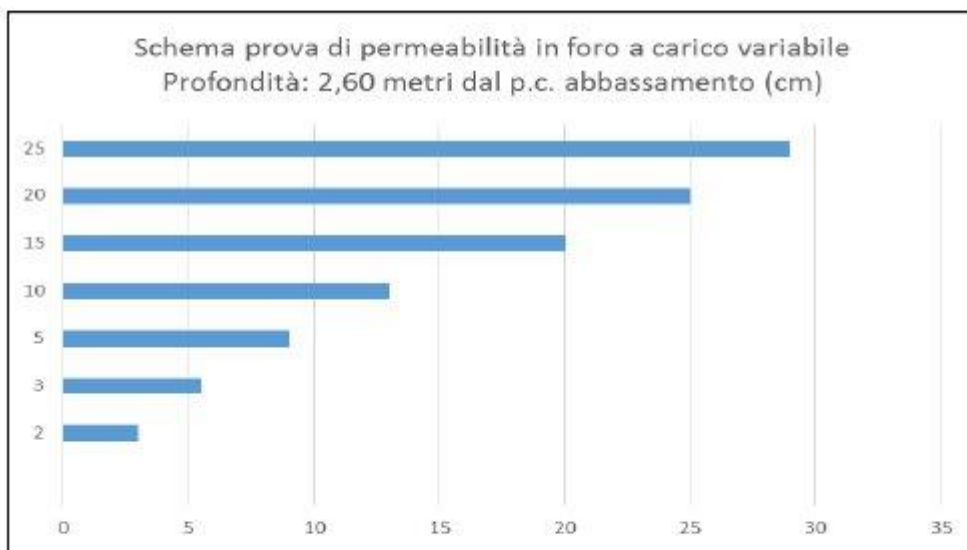


Valore medio di permeabilità misurato:

$$K = 9,9855 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$$

Prova 1

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile	
Profondità: 2,60 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	3
3	5,5
5	9
10	13
15	20
20	25
25	29

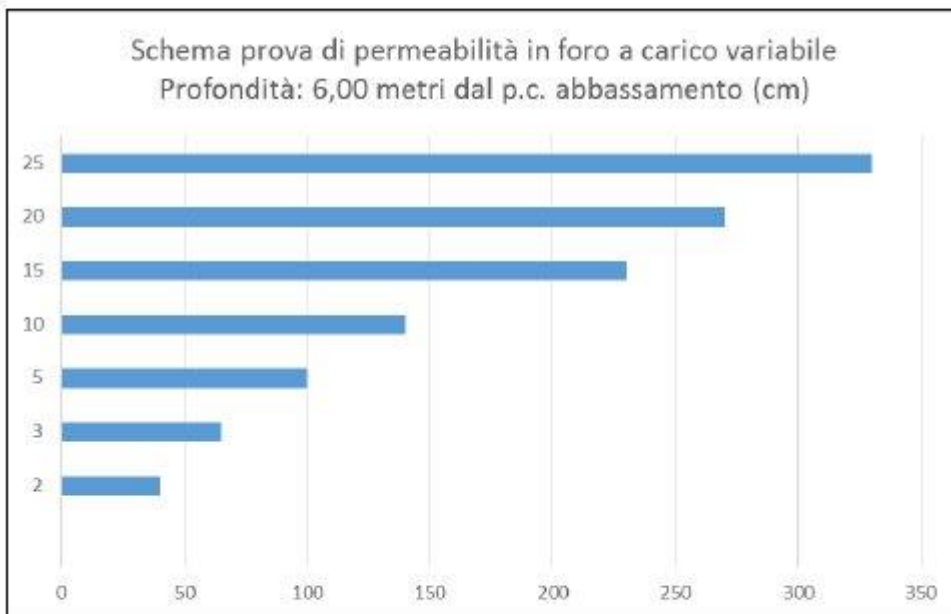


Nell'arco di tempo (t1-t2) da 3 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 23,50 cm.

$$K = 8,92 \times 10^{-7} \text{ m/sec}$$

Prova 2

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile	
Profondità: 6,00 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	40
3	65
5	100
10	140
15	230
20	270
25	330



Nell'arco di tempo (t1-t2) da 2 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 290 cm.

K = 6,05 x 10⁻⁶ m/sec

Prova 3

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile	
Profondità: 9,00 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	60
3	90
5	130
10	180
15	250
20	320
25	420



Nell'arco di tempo (t1-t2) da 2 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 360 cm.

$$K = 9,5071 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$$

Prova 4

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile	
Profondità: 13,00 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	100
3	140
5	170
10	220
15	300
20	410
25	570



Nell'arco di tempo (t1-t2) da 2 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 470 cm.

$$K = 4,75 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$$

Prova 5

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile	
Profondità: 17,00 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	80
3	110
5	130
10	150
15	180
20	220
25	300

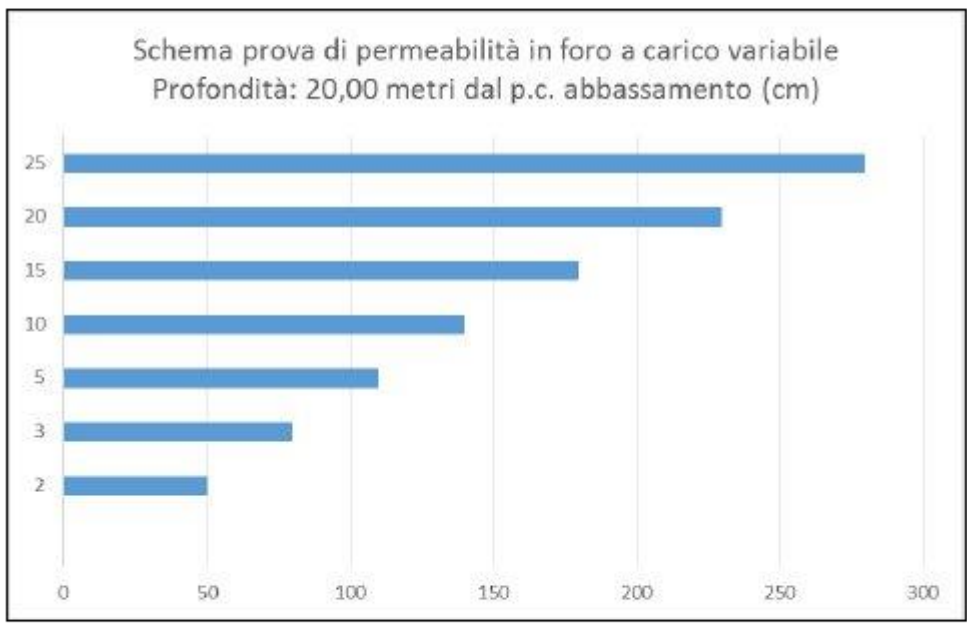


Nell'arco di tempo (t1-t2) da 2 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 220 cm.

$$K = 1,42 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$$

Prova 6

Schema prova di permeabilità in foro a carico variabile	
Profondità: 20,00 metri dal p.c.	
tempi (min)	abbassamento (cm)
2	50
3	80
5	110
10	140
15	180
20	230
25	280



Nell'arco di tempo (t1-t2) da 2 a 25 min, il livello idrico nel foro di sondaggio si è abbassato di 230 cm.

$K = 1,23 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$

5 ALLEGATO 2: STRATIGRAFIA PIEZOMETRO T25 RETE DI MONITORAGGIO REGIONE PIEMONTE

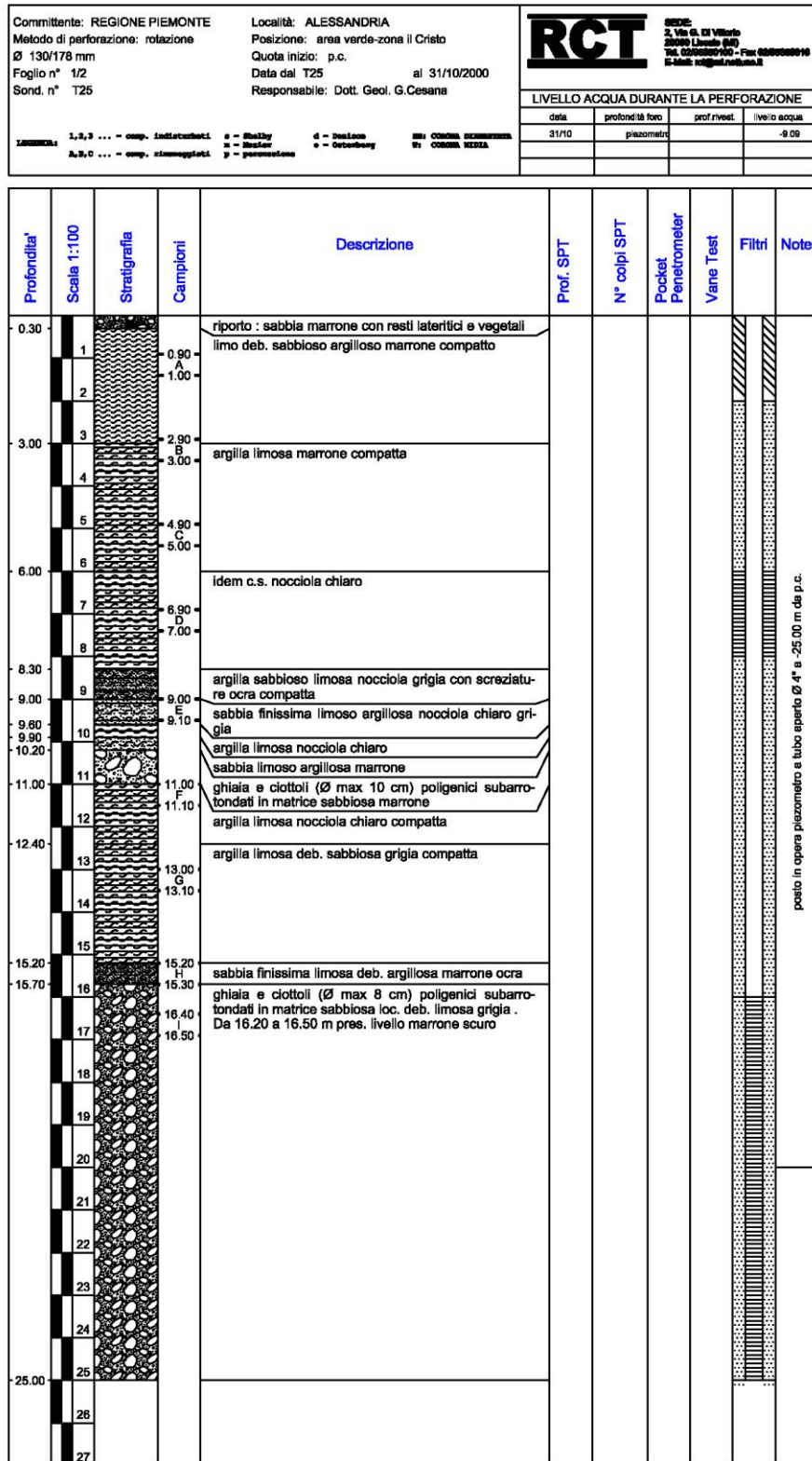


Figura 5-1 Ubicazione piezometro T25

