

COMUNE DI ALESSANDRIA

PROVINCIA DI ALESSANDRIA



*Area oggetto
di intervento*

IL PROGETTISTA:

PROPONENTE:



esa studio s.r.l.
Galleria Guerci
15121 - ALESSANDRIA

SOFIDIA s.r.l.
Via Brera n°16
20121 - MILANO



Ethos Engineering s.r.l.
Via San Giacomo della Vittoria n.64
15121 - ALESSANDRIA

TITOLO DELL'OPERA:

P.E.C. ZONA D3 - FASE 4.0 ***INSEDIAMENTO PRODUTTIVO ARTIGIANALE***

PROGETTO PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO

OGGETTO ELABORATO:

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMESSA	FASE	ARG.	PROGR.	REV	NOME FILE	DATA
LOG_D3 - AL	PEC	RE	008	00	LOG_AL_PEC_AR_008_00	16/06/2022

STUDIO DI GEOLOGIA DOTT. CAVALLI ANDREA

Via Raffaello n.9 – 15048 Valenza (AL)

Mail: andrea.cavalli@geologiacavalli.it

Tel.0131950552 - Cell.3397226825 – 3474415525 FAX:0131952227

PIVA: 02258680061 CF: CVLNDR67D04A182O

www.geologiacavalli.it



REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI ALESSANDRIA

COMUNE DI ALESSANDRIA

OGGETTO

***INDAGINE GEOLOGICA PER LO STUDIO DELLA
PERMEABILITA' DEL TERRENO PRESSO L'AREA
LOGISTICA D3***

Capitolo 1.0

Premessa ed inquadramento geologico e sismico dell'area

In riferimento alla realizzazione della nuova AREA LOGISTICA D3 nel Comune di Alessandria, è stato conferito allo scrivente l'incarico di elaborare una relazione geologica al fine di caratterizzare le peculiarità litologiche e di permeabilità del sottosuolo, per la realizzazione di opere di smaltimento nel terreno stesso delle acque di pioggia derivanti dalle superfici impermeabilizzate aventi uno sviluppo areale di 10 Ha circa (parcheggi, strade, ecc.).

Tale relazione geologica, condotta in ossequio al D.M. 17 gennaio 2018 N.T.C. (Norme Tecniche delle Costruzioni) ed alle disposizioni delle Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G.C. si è caratterizzata mediante l'esecuzione di una prova penetrometrica e prova di permeabilità a carico variabile presso l'area oggetto d'indagine, nonché su sull'analisi di altre indagini geognostiche del sottosuolo effettuate dallo scrivente in aree limitrofe alla stessa zona d'indagine.

L'area si trova a Sud del concentrico di Alessandria, è compresa tra la Zona Artigianale D3 e la ferrovia Alessandria-Genova, ad una quota media di 93 m.s.l.m. presenta una morfologia pianeggiante, mentre il suolo agrario a commozione limosa argillosa deriva dalla formazione geologica locale conosciuta con il nome di *“Alluvioni prevalentemente argillose della superficie principale a Sud del Po, attribuibili in parte alle Alluvioni postglaciali ed in parte al Fluviale Recente”* (Foglio n.70 Alessandria della Carta Geologica d'Italia).

Per quanto riguarda gli aspetti litotecnici fino ad una profondità media di 6,50 metri dal piano campagna sono presenti terreni limoso argillosi e sabbiosi a granulometria fine poco permeabili, caratterizzati da mediocri parametri geotecnici, a cui seguono fino ad una profondità di 30 metri dal p.c. terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi, addensati e costipati come riscontrato attraverso la prova penetrometrica effettuata nell'area oggetto d'indagine e sondaggi geognostici effettuati a Sud del concentrico di Alessandria.

La falda freatica è alimentata in parte dalle acque d'infiltrazione di superficie e in parte dalle acque di sub-alveo del fiume Bormida in sponda orografica sinistra e del F. Tanaro in sponda orografica destra ed essa è contenuta nelle sabbie e ghiaie sottostanti alle argille limose più superficiali, dove la superficie libera della falda si pone in questa parte del territorio di Alessandria una quota variabile da -6,00 a -8,00 m dal piano campagna ed essa risulta soggetta a forti escursioni stagionali di 2/4 metri circa, ad eccezione di situazioni particolari come a seguito dell'evento alluvionale nel mese di novembre 1994 in cui la superficie libera della si è posta a quote di circa -4 metri circa dal p.c. Alla data del 16 ottobre 2019 in corrispondenza del foro penetrometrico non è stata riscontrata acqua d'infiltrazione di superficie.

La carta relativa alle Isopiezometriche dell'acquifero superficiale, di cui all'estratto allegato reperito dal *Geoportale della Regione Piemonte*, individua nell'area oggetto d'indagine l'isofreatica alla quota di 85 m s.l.m. La stessa carta caratterizza il terreno saturo superficiale con valori di permeabilità intrinseca variabili da 10^{-5} a 10^{-7} m/sec.

La Carta relativa alla **Base dell'acquifero Superficiale** redatta dalla Regione Piemonte (di cui allo stralcio allegato) individua nell'area oggetto d'indagine l'isopaca corrispondente alla base dell'acquifero superficiale alla quota di 60 m.s.l.m. Oltre tale quota dal p.c. sono presenti falde acquifere profonde in pressione, contenute nelle sequenze alluvionali ghiaiose e sabbione pleistoceniche le quali risultano separate ed isolate dall'acquifero superficiale mediante livelli impermeabili di argille poste alla base dell'acquifero superficiale stesso.

La carta relativa alle Isopiezometriche dell'acquifero superficiale, di cui all'estratto allegato reperito dal *Geoportale della Regione Piemonte*, individua nell'area oggetto d'indagine l'isofreatica alla quota di 85 m s.l.m. La stessa carta caratterizza il terreno saturo superficiale con valori di permeabilità intrinseca variabili da 10^{-5} a 10^{-7} m/sec.

Per quanto concerne gli aspetti sismici l'area oggetto d'indagine è classificata in **ZONA SISMICA 3** a cui corrisponde un medio-basso grado di pericolosità sismica (accelerazione massima al suolo A_g compresa tra 0,050 e 0,075 g con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, riferita a suoli rigidi $V_s < 800$ m/sec).

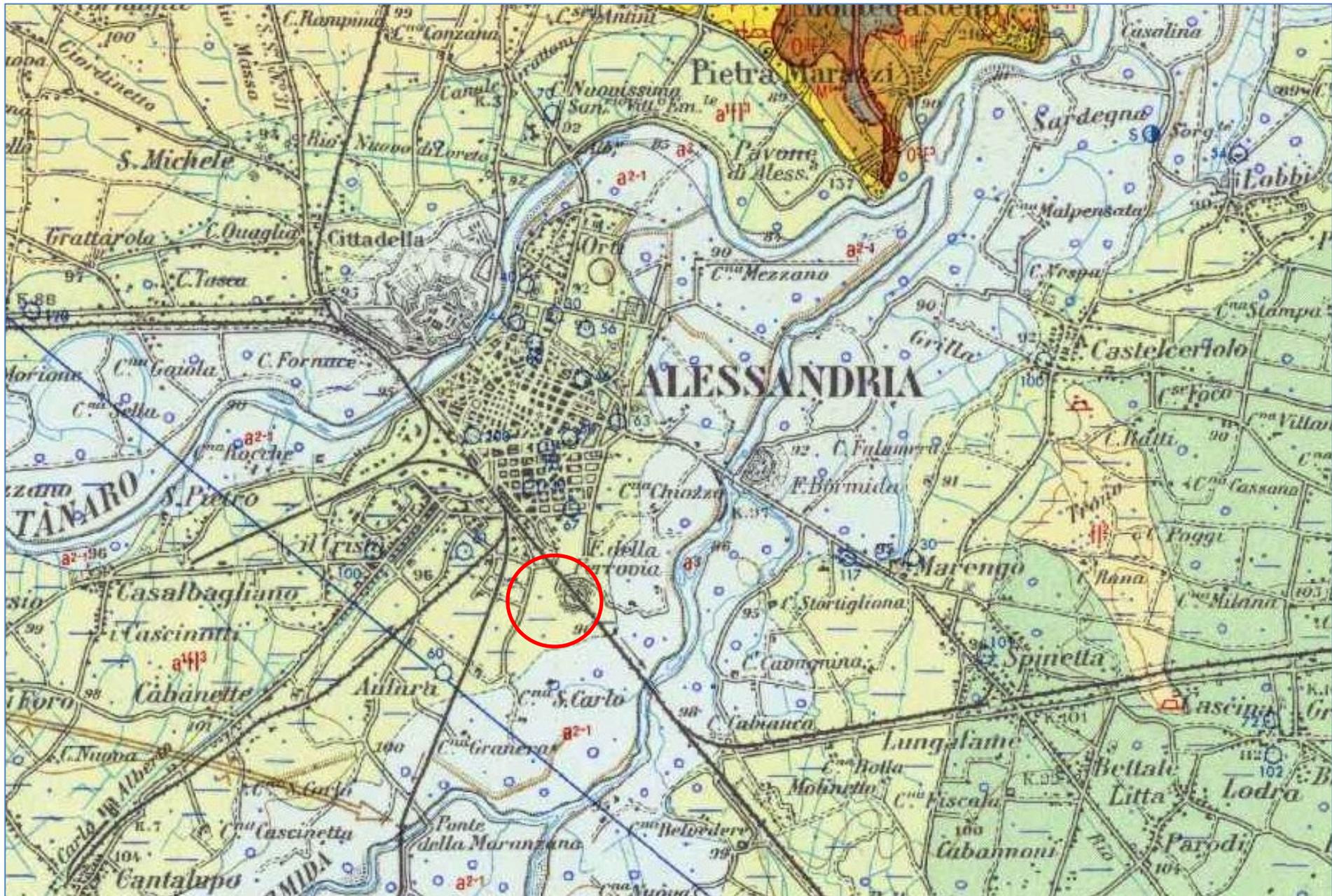
La magnitudo (M) dell'area d'indagine, ottenuta con il processo di disaggregazione desunto dal sito internet dell'INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia) relativa agli eventi sismici attesi per il **Comune di Alessandria (AL)** con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, è risultata pari a 5.00.

Attraverso i risultati di numerose prove sismiche MASW effettuate nel sito oggetto di indagine, i terreni appartengono alla **Categoria B** di cui al D.M. 17/01/2018 ($V_{S3} = 546$ m/sec).

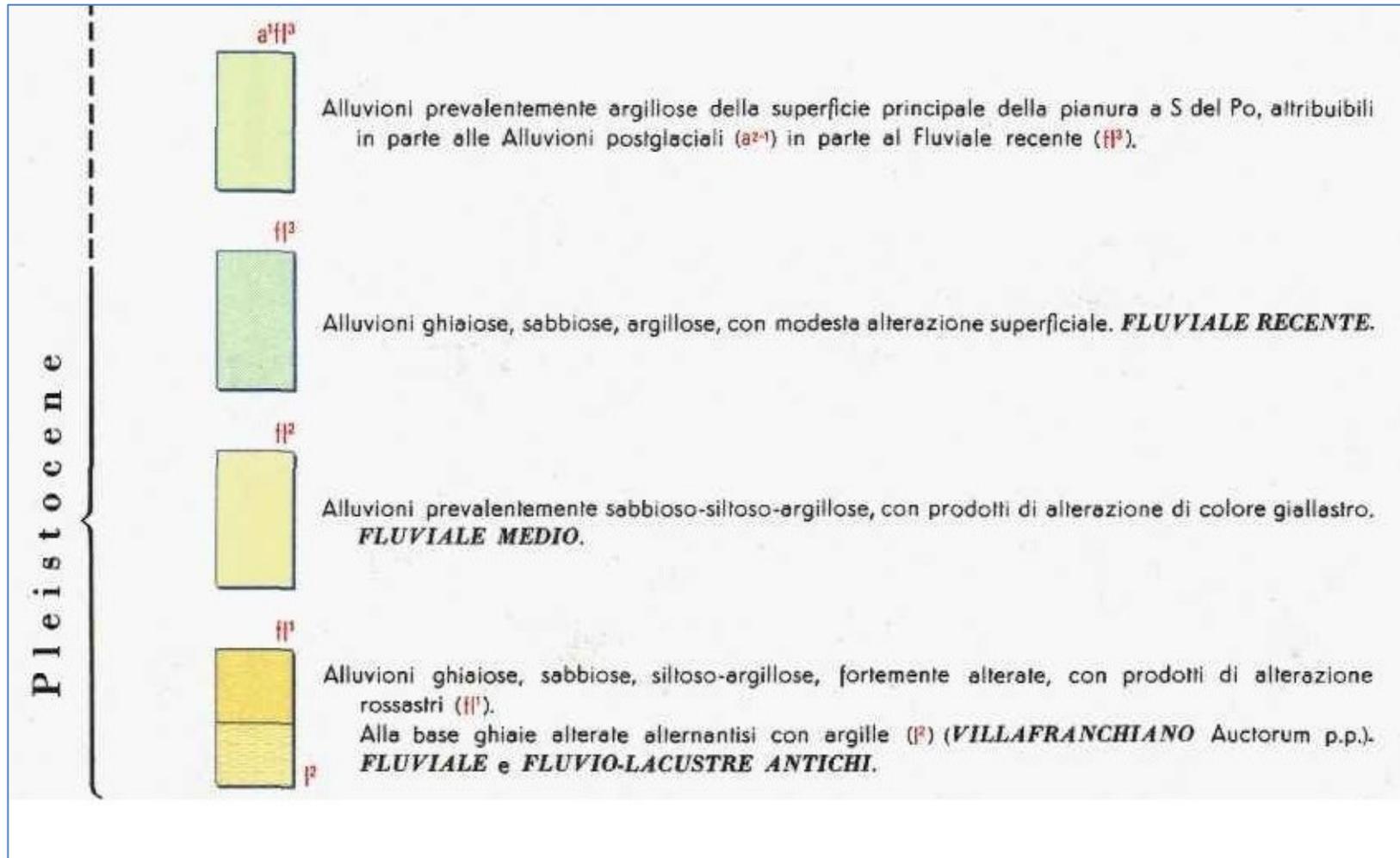
Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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





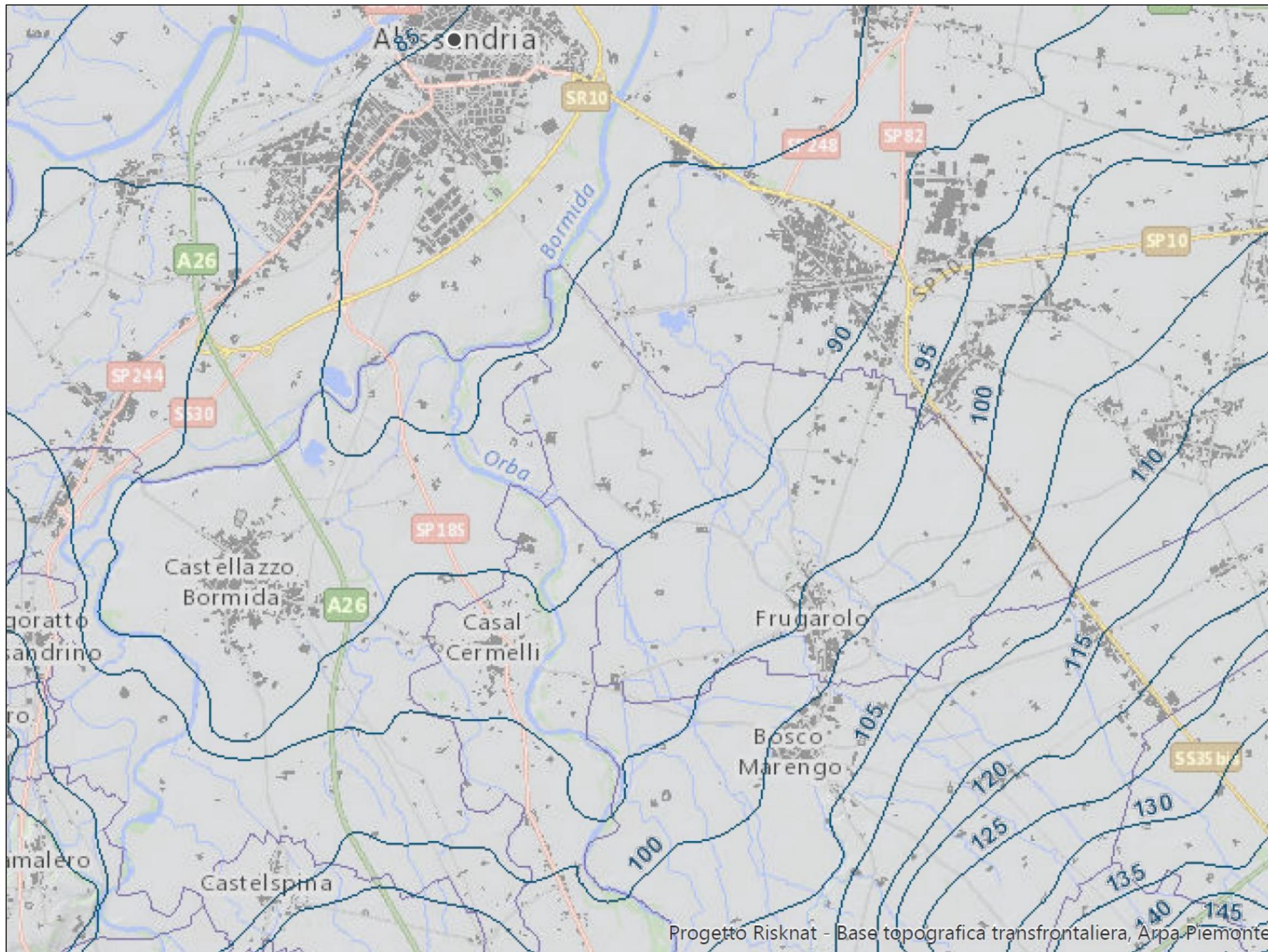
Stralcio Carta Geologica d'Italia Foglio N.70 Alessandria



Stralcio Legenda Carta Geologica d'Italia Foglio N.70 Alessandria

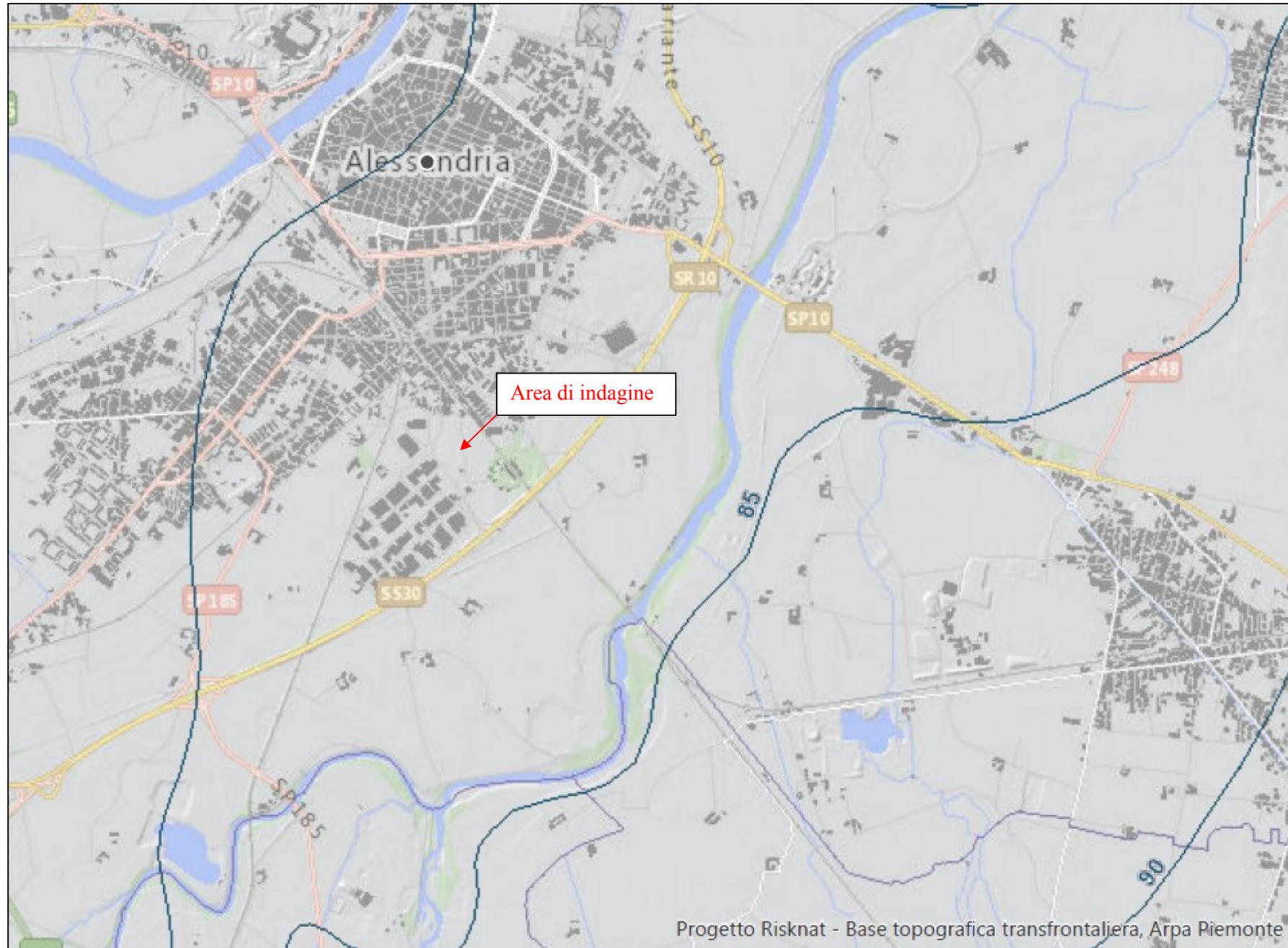
Stralcio Carta di Base Acquifero Superficiale Regione Piemonte DB3 SCALA 1:10000





Carta Isopiezometriche in scala 1:25000 - estratta dal Geoportale Regione Piemonte

85-100 m.s.l.m.



Carta Isopiezometriche in scala 1:25000 - estratta dal Geoportale Regione Piemonte

85-100 m.s.l.m.

Capitolo 2.0

Lineamenti geomorfologici ed idrologici dell'area

La **Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'Idoneità all'Utilizzazione Urbanistica** individua l'area d'indagine nella **CLASSE II α** definita come *“Aree interessate prevalentemente da problemi legati alla presenza della falda a debole profondità dal piano campagna, dalla presenza del reticolato idrografico minore e da potenziale esondabilità, seppure con presenza d'acqua a bassa energia e con battente limitato o da fenomeni di erosione al piede dei principali terrazzi fluviali”*.

Nell'ambito dell'analisi idrogeologica, ai fini di ottenere l'altezza di pioggia per le precipitazioni intense necessarie al calcolo dei volumi idrici che dovranno essere smaltiti in funzione delle superfici impermeabilizzate previste, sono stati utilizzati i parametri delle **linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20-100-200-500 anni**, elaborati dall'**Autorità di Bacino del Fiume Po** nell'ambito della *“Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” (P.A.I.), con la posizione dell'area stessa, nei confronti delle - Celle pluviometriche -*.

Tale procedura consente di determinare l'altezza di precipitazione per un dato tempo di ritorno e per una precisa durata di precipitazione, attraverso la seguente relazione:

$$h = at^n$$

dove:

h = altezza di precipitazione (mm);

a = coefficiente per un assegnato tempo di ritorno ricavato attraverso il metodo delle “Celle pluviometriche” che rappresenta l'intensità unitaria di pioggia (mm/ora);

n = coefficiente per un assegnato tempo di ritorno ricavato attraverso il metodo delle “Celle pluviometriche”;

t = durata della precipitazione (ora);

Nel calcolo effettuato sono stati considerati tempi di ritorno rispettivamente di 20, 100, 200 e 500 anni. Ai sensi della Direttiva citata, è possibile desumere dall'Allegato n.3 *“Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense – Celle del reticolo chilometrico di riferimento scala 1 : 250.000”* i *“parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni”*.

Cella	Coord. Est UTM	Coord. Nord UTM	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
CH114	471000,0000	4973000,0000	36,91	0,291	47,78	0,284	52,46	0,281	58,63	0,279

Tavola 12

Inserendo tali coefficienti nel calcolo si ottiene, per questa zona del, ovvero dalla cella sopra indicata CH14, i seguenti valori di altezza di pioggia (mm) riferiti a tempi di ritorno Tr di seguito elencati.

<u>Durata precipitazione</u> <u>(ore)</u>	<u>Tr 20 anni</u> <u>Altezza pioggia</u> <u>(mm)</u>	<u>Tr 100 anni</u> <u>Altezza pioggia</u> <u>(mm)</u>	<u>Tr 200</u> <u>anni</u> <u>Altezza</u> <u>pioggia</u> <u>(mm)</u>	<u>Tr 500 anni</u> <u>Altezza pioggia</u> <u>(mm)</u>
-	-	-	-	-
<u>1</u>	<u>36,91</u>	<u>47,78</u>	<u>52,46</u>	<u>58,63</u>
<u>3</u>	<u>50,8143448</u>	<u>65,2752557</u>	<u>71,4330772</u>	<u>79,6593437</u>
<u>6</u>	<u>62,1707432</u>	<u>79,4769332</u>	<u>86,7938169</u>	<u>96,6549483</u>
<u>12</u>	<u>76,0651608</u>	<u>96,7684131</u>	<u>105,457681</u>	<u>117,276626</u>
<u>24</u>	<u>93,0648146</u>	<u>117,821932</u>	<u>128,134962</u>	<u>142,298011</u>

Considerando un valore totale pari a 10 Ha (dato fornito dal Progettista) delle superfici impermeabilizzate (strade, parcheggi, ecc.) dell'area logistica D3, il quantitativo volumetrico delle acque piovane da smaltire nel sottosuolo (calcolato ad esempio in riferimento ad un tempo di ritorno Tr pari a 200 anni) corrisponde ad un valore variabile da 5246 mc a 12813 mc rispettivamente considerando una durata di precipitazione di 1 e 24 ore.

AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO
PARMA

Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Interventi sulla rete idrografica e sui versanti

Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter

Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001

7. Norme di attuazione

**Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni
e le verifiche di compatibilita' idraulica**

Allegato 3 : Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense

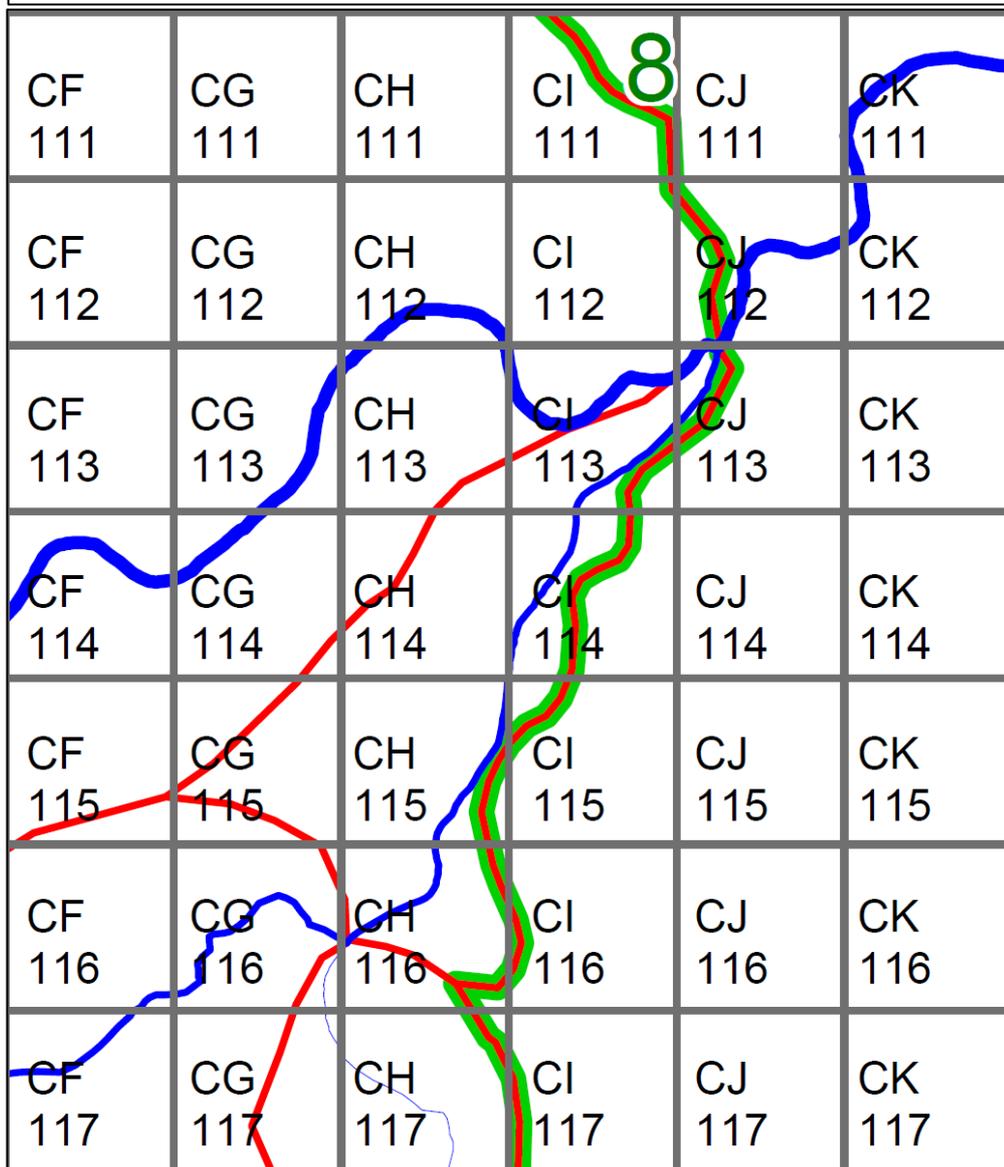


TAVOLA 12 cella CH114 UNITA' LITOTECNICA 1



Regione Piemonte
Provincia di Alessandria

CITTA' DI ALESSANDRIA

PRGC 1990

Adeguamento e controdeduzioni alle osservazioni del Comitato Urbanistico Regionale -in conformita' ai disposti di cui al 15^ comma dell'articolo 15 della Legge Regionale 5 dicembre 1977, n.56 e successive modifiche ed integrazioni-
Riformulazione resa necessaria a seguito dell'alluvione del novembre 1994
-deliberazione Giunta Regionale 18 marzo 1996, n.47/7002-

TAVOLA ADEGUATA.

-alle modifiche apportate dall'Organo Regionale con
Deliberazione Giunta Regionale 7 febbraio 2000,
n.36/29308 pubblicata sul B.U.R. n.7 del 16 febbraio
2000 come rettificata con Deliberazione della Giunta
Regionale n.13/29915 del 13 aprile 2000 pubblicata sul
B.U.R. n.18 del 3 maggio 2000.

III VARIANTE STRUTTURALE AL PRGC

dicembre 2010

ai sensi del comma 4 - art. 17 e del titolo IV bis (come introdotto dalla L.R. 1/07)
della L.R. 56/77 e s.m.i.

Il Sindaco

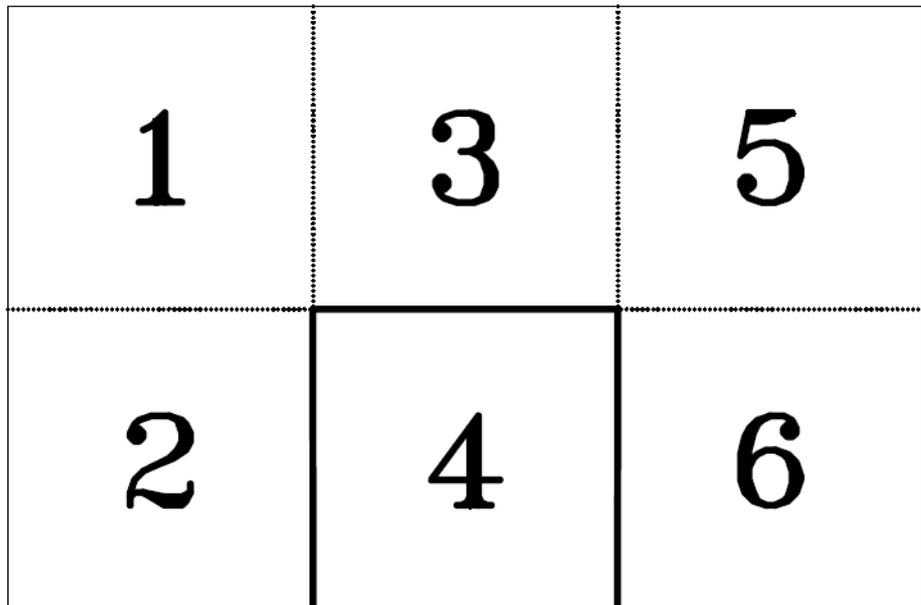
Elaborato di piano

Norme di attuazione: allegato 2

Carta di sintesi delle classi di pericolosita' geomorfologica

scala 1:10000

Il Segretario Generale



Il Responsabile del Servizio

LEGENDA

ZONIZZAZIONE IN CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

(circ. Presidente G.R. Piemonte 8.05.1996
n7/LAP)

SIMBOLOGIA

i limiti sono
individuati dal limite
esterno del segno
grafico

DESCRIZIONE DELLE AREE E IDONEITA' ALLA UTILIZZAZIONE URBANISTICA

PIANURA

CLASSE I: PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA BASSA O NULLA

Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limiti alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici, sia privati, sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M.L.P. 11/3/1988.



I

Aree dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche.

CLASSE II: PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA MEDIA

Aree nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11 marzo 1988 e realizzati a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.

(Aree edificabili previo accertamento geotecnico per la quota d'imposta delle fondazioni e/o valutazione della quota limite di abitabilità').



II

Aree interessate prevalentemente da problemi legati alla presenza della falda a debole profondità dal piano di campagna e dalla presenza del reticolo idrografico minore

II α

Aree interessate prevalentemente da problemi legati alla presenza della falda a debole profondità dal piano di campagna, dalla presenza del reticolo idrografico minore e da potenziale esondabilità, seppure con presenza d'acqua a bassa energia e con battente limitato o da fenomeni di erosione al piede dei principali terrazzi fluviali.

II β

Aree soggette ad esondazione per insufficienza del sistema di canalizzazione.

Capitolo 3.0

Caratterizzazione litotecnica del sottosuolo

Prova penetrometrica

Utilizzando un penetrometro super-pesante dinamico-statico PAGANI TG 63 da 100 KN tipo “EMILIA” conforme alle norme di misurazione AGI (Associazione Geotecnica Italiana - 1977), con il quale si determinano i principali parametri geotecnici del terreno suddividendo in strati omogenei ad ugual capacità di carico, alla data del 16 ottobre 2019, in corrispondenza dell’area oggetto d’indagine è stata effettuata una prova penetrometrica dinamica continua come indicato nella documentazione fotografica allegata.

Attraverso i dati di campagna ottenuti dalla prova penetrometrica, mediante apposito programma di calcolo, sono stati ricavati relativamente ad ogni strato di terreno: il peso specifico del terreno (γ), il peso specifico del terreno sotto-falda (γ'), la pressione litostatica ($\Sigma'V$) e la resistenza al taglio in condizioni non drenate (C_u) delle argille sabbiose, l’angolo di attrito interno (ϕ), il coefficiente di compressibilità di volume (M_v), il modulo di reazione orizzontale (K_{orizz}), il coefficiente di permeabilità ($Perm$).

1) Peso specifico naturale ed efficace (γ): il peso specifico indicativo per ogni strato è stato calcolato, partendo dal valore R_p medio di ogni strato ed applicando relazioni ottenute sperimentalmente sui litotipi della pianura veneta (valori statistici) pubblicati nel “Corso di perfezionamento in Geotecnica A. A. 82-83 Università di Padova. Noto il peso specifico del terreno naturale (γ) per il terreno sotto falda (γ'), è stata applicata la seguente relazione: $\gamma' = (\gamma - 1)$.

2) Pressione litostatica efficace ($\Sigma'V$): il calcolo della pressione litostatica efficace ($\Sigma'V$) è stato ottenuto in modo automatico applicando la seguente relazione:

$$\Sigma'V = \sum \gamma' \cdot h'_{i,m} + \sum \gamma \cdot h_{i,m}$$

riferendosi alla pressione relativa al punto medio di ogni strato essendo $h_{i,m}$ le quote relative a tale punto;

3) Coesione non drenata (C_u): per quanto riguarda i terreni coerenti, caratterizzati da un valore di resistenza al taglio espressi in termini di angolo di attrito interno (ϕ) pari a zero, è stata adottata la relazione di De Beer (da Castelli Guidi – geotecnica e tecnica delle fondazioni 1° Hoepli Milano 1987 – e Righi – di geotecnica “Istituto di Strade Università di Bologna” 1980):

Argille

$$C_u = R_p/20; \text{Limi}$$

$$C_u = R_p/20;$$

4) Angolo di attrito interno (ϕ): la determinazione dell'angolo di attrito interno (ϕ) dei terreni incoerenti, aventi parametri di resistenza al taglio espressi per valori di coesione non drenata (C_u) pari a zero e costituiti quindi da specifici valori di ϕ , è stata impiegata una metodologia proposta da Durgunoglu e Mitchell (1975) rappresentata dal diagramma di "Gambini": manuale dei piloti – SCAC (Milano).

Da tale diagramma è stata ricavata un'equazione in funzione di R_p e ϕ

$$\Sigma'V: \phi = \phi(R_p; (\Sigma'V))$$

5) Coefficiente di compressibilità di volume (M_v): è stata impiegata la relazione derivata dalle correlazioni di Buisman e riprese da Sanglerat ed altri, che collega il parametro al valore R_p della resistenza alla punta: $M_v = 1 / (\alpha * R_p)$. I valori di α che il programma di calcolo assegna in automatico derivano dalle seguenti pubblicazioni: Buisman – Grondmechanica – Bandoeng 1941 Sanglerat ed altri – Le pènetromètrè statique et la compressibilité des sols – A.I.T.B.T.P. n°298 Paris –1972;

6) Modulo di reazione orizzontale ($K_{orizz.}$) necessario per il calcolo dei cedimenti:

$$K_{orizz.} = Ch \times R_p / C_k \text{ (da manuale Geo-Tec A 2.0, Interstudio s.r.l., 1992)}$$

dove:

R_p = valore di resistenza statica alla punta Begemann ricavata da N30;

$$Ch = 0,2$$

$C_k = 1$ per terreni argillosi;

$C_k = 4$ per terreni sabbiosi e ghiaiosi;

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

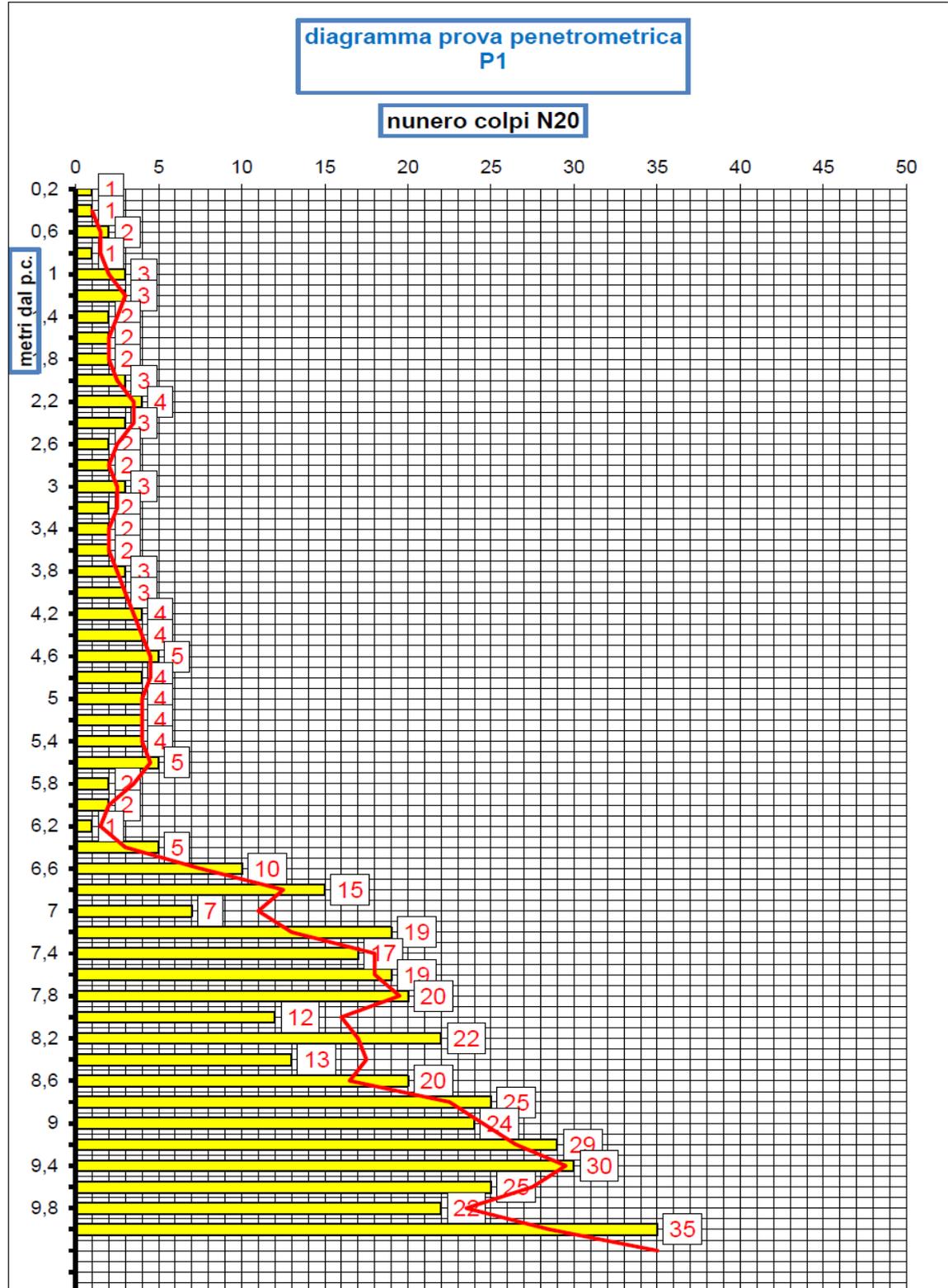
γ = peso di volume	$K_{orizz.}$ = moulo reaz. orizz.					
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito					
Σ = pressione litostatica	M_v = coefficiente di compressibilità di volume					
C_u = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)					
D_r = densità relativa (%)						

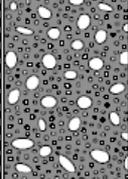
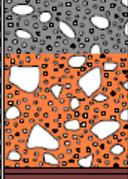


PENETROMETRO PAGANI PESANTE TG 63-100 KN

COMUNE DI ALESSANDRIA AREA LOGISTICA D3	
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA	
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI	
P = peso del maglio 63,5 Kg	piano CAMPAGNA (posa penetrometro)
H = altezza caduta maglio 75 cm	
d = diametro aste piene 32 mm	
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq	
p = penetrazione 20 cm (N20)	
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste	
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$	
Energia specifica colpo penetrometro DPSS N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$	
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$	
Data: 16 ottobre 2019	Acqua di infiltrazione di superficie: NON RISCONTRATA
profondità dal p.c. (metri)	colpi DPSS N20

0,2	1
0,4	1
0,6	2
0,8	1
1	3
1,2	3
1,4	2
1,6	2
1,8	2
2	3
2,2	4
2,4	3
2,6	2
2,8	2
3	3
3,2	2
3,4	2
3,6	2
3,8	3
4	3
4,2	4
4,4	4
4,6	5
4,8	4
5	4
5,2	4
5,4	4
5,6	5
5,8	2
6	2
6,2	1
6,4	5
6,6	10
6,8	15
7	7
7,2	19
7,4	17
7,6	19
7,8	20
8	12
7,4	17
8,2	22
8,4	13
8,6	20
8,8	25
9	24
9,2	29
9,4	30
9,6	25
9,8	22
10	35



Perforazione: carotaggio stratigrafico continuo														
σ mm	R v	A r	Pz s	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	SPT		RQD %		prof. m	DESCRIZIONE
									PreI. % 0 --- 100	S.P.T. N	0 --- 100	0 --- 100		
				25									25.0	Ghiaie eterogenee ed eterometriche con ciottoli (diam clasti 5/7 cm) a marcata matrice limosa.
				26										Ghiaie a minore componente limosa a granulometria media con ghiaietto fine.
				27										
				28										Ghiaie a granulometria più grossolana eterogenee a matrice a maggiore limosa.
				29										
				30										Limi argillosi colore bruno rosso, a tessitura omogenea, compatti, plastici con presenza di noduli di ossidi di Fe.

**STRATIGRAFIA CAROTAGGIO CONTINUO EFFETTUATO PER CONTO DELLO SCRIVENTE
IN UNA ZONA LIMITROFA A QUELLA OGGETTO D'INDAGINE**

Prova di permeabilità a carico variabile

In fregio all'area oggetto d'indagine in corrispondenza della prova penetrometrica, alla data del 16 ottobre 2019 è stata effettuata una prova di permeabilità del terreno a "carico variabile" per lo studio idrogeologico del sottosuolo.

Per l'esecuzione della prova è stato approntato uno scavo mediante pala manuale avente dimensioni B x L x h pari a 40 x 40 x 40 cm, alla cui base è stato posizionato un permeametro in PVC a base cilindrica (diam 90 cm). La prova di permeabilità (anche detta di percolazione) consiste nel riempire il permeametro (a terreno saturo) e misurare gli abbassamenti di livello a tempi prestabiliti.

La formula di calcolo utilizzata, è la seguente (dal sito IDROGEOLOGIA.NET).

$$k = \frac{d}{32} \cdot \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1}{h_m}$$

d: diametro del permeametro in PVC circolare (interno 9,00 cm – esterno 13 cm);

H = altezza acqua pozzetto iniziale (17 cm) - valore costante;

hm: altezza media dell'acqua nel pozzetto durante la prova a carico variabile;

h1 e h2: altezze dell'acqua nel pozzetto, misurate dalla base del pozzetto, all'inizio e alla fine della prova a carico variabile;

t2-t1: durata della prova a carico variabile;

Nelle formule tutte le distanze sono espresse in metri, i tempi in secondi e le portate in mc/sec.

Il valore risultante della permeabilità è espresso quindi in metri/sec.



Prova di permeabilità mediante permeametro a carico variabile in pozzetto superficiale

DATI MISURE PROVE PERMEABILITA'

(pozzetto superficiale e permeametro a carico variabile)

PERMEABILITA'			
TEMPI (sec)	ABBASSAMENTI (cm)		
300	1,00	Permeabilità K (m/sec)	5,68 x 10 ⁻⁷
600	2,00	Permeabilità K (m/sec)	5,85x 10 ⁻⁷
900	2.70	Permeabilità K (m/sec)	5,39 x 10 ⁻⁷
		Perm medio K (m/sec)	5,64 x 10⁻⁷

Unità litotecniche del sottosuolo

Il sottosuolo nei primi 10 metri della colonna stratigrafica indagata mediante la prova penetrometrica, risulta schematicamente caratterizzato dalle seguenti unità litologiche.

UNITA' LITOTECNICA 1

Profondità

0,80 m dal p.c.

Litologia

SUOLO ARGILLOSO

Parametri geotecnici

Peso di volume (γ): 1546 Kg/mc;

Coesione non drenata (C_u): 0,125 Kg/cm^q;

Angolo di attrito interno (ϕ): 29°;

Coefficiente di compressibilità di volume (M_v): 0,0043243 cm^q/Kg;

Coefficiente di permeabilità (k) dei terreni interessati: 5.14-06 m/sec;

UNITA' LITOTECNICA 2

Profondità

6,40 m dal p.c.

Litologia

LIMI SABBIOSI ED ARGILLOSI

Parametri geotecnici

Peso di volume (γ): 1679 Kg/mc;

Coesione non drenata (C_u): 0,46 Kg/cm^q;

Angolo di attrito interno (ϕ): 30°;

Coefficiente di compressibilità di volume (M_v): 0,0022068 cm^q/Kg;

Coefficiente di permeabilità (k) dei terreni interessati: 4,78E-06 m/sec;

UNITA' LITOTECNICA 3

Profondità

10,00 m dal p.c.

Litologia

SABBIE E GHIAIE ADDENSATE E PERMEABILI

Parametri geotecnici

Peso di volume (γ): 1800 Kg/mc;

Densità relativa (D_r): 54%;

Angolo di attrito interno (ϕ): 34°;

Coefficiente di compressibilità di volume (M_v): 0,008242 cmq/Kg;

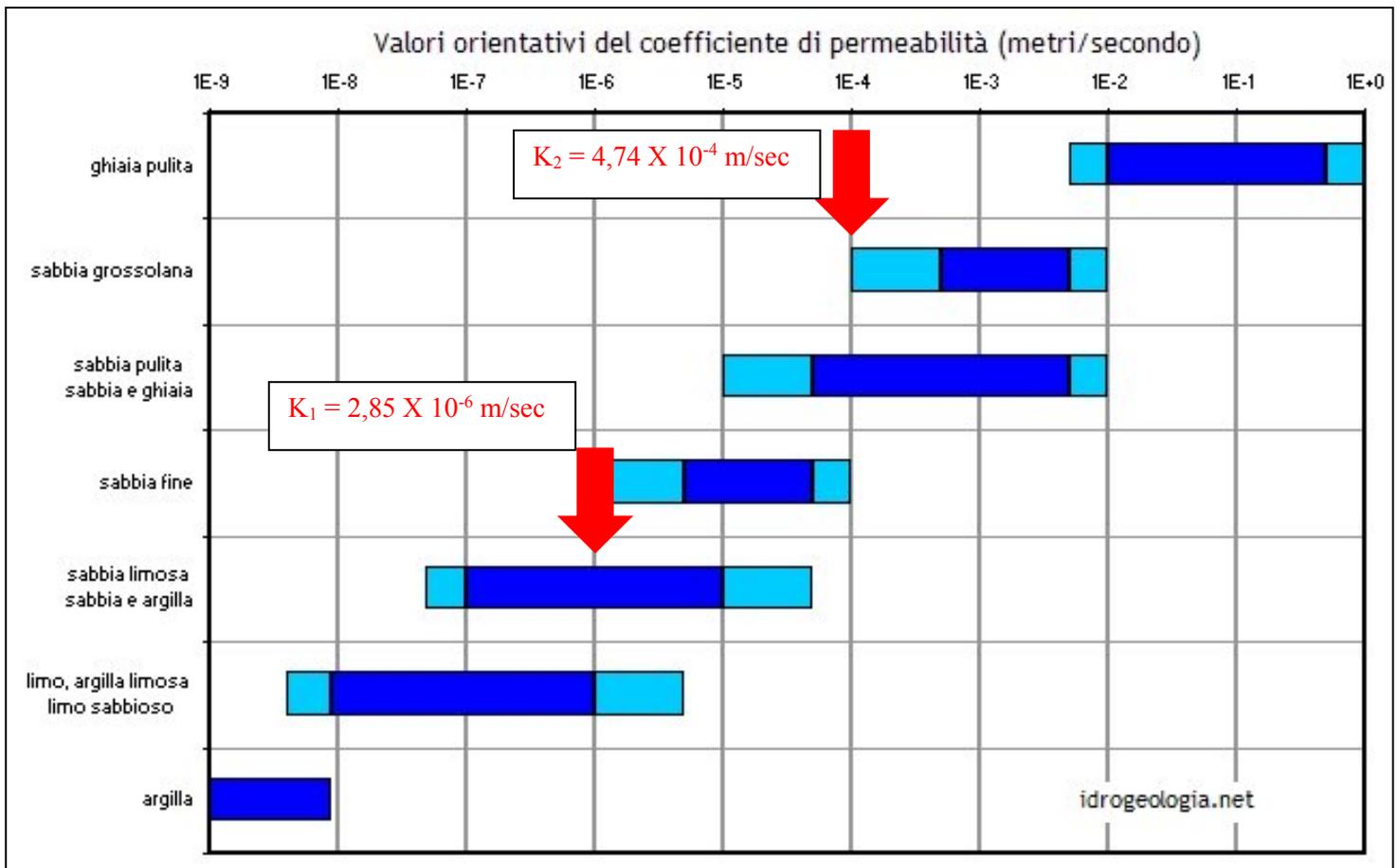
Coefficiente di permeabilità (k) dei terreni interessati: 4,74E-04 m/sec;

VALORE PERMEABILITA' UNITA LITOTECNICHE LIMOSE E SABBIOSE SUPERFICIALI

$K_1 = 2,85 \times 10^{-6}$ m/sec

VALORE PERMEABILITA' UNITA' LITOTECNICHE SABBIOSE E GHIAIOSE PIU' PROFONDE

$K_2 = 4,74 \times 10^{-4}$ m/sec



Capitolo 4.0

Conclusioni

L'indagine geologica ha evidenziato un sottosuolo caratterizzato dalla presenza di terreni poco permeabili a composizione limoso sabbiosa ed argillosa fino ad una profondità di 6,40 metri dal p.c., a cui seguono sabbie e ghiaie alluvionali addensate eterogenee ed eterometriche a granulometria medio grossolana a matrice limosa e sabbiosa fino ad una profondità media di 30 metri dal piano campagna. La superficie libera della falda freatica si pone a quote variabili da -6 a -8 metri dal p.c.

In tale contesto geologico, per lo smaltimento nel sottosuolo delle acque piovane raccolte dalle superfici impermeabilizzate relativamente alle opere urbanistiche dell'area logistica D3 in progetto, si dovranno realizzare pozzi drenanti di grande diametro (indicativamente 1,00/1,50 metri) spinti ad una profondità minima di 10 metri dal piano campagna, in corrispondenza delle sabbie e ghiaie permeabili presenti a tale quota.

Valenza, 5 novembre 2019

In fede

Dott. Cavalli Andrea

