

**PROVINCIA DI BRESCIA
COMUNE DI PALAZZOLO SULL'OGGIO**

***VALUTAZIONE DELL'INVARIANZA
IDRAULICA E IDROLOGICA***

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Opere relative a:	NUOVO IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE CARBURANTI
Località:	S.P. n. 99 Km 64 + 985 l.d. PALAZZOLO SULL'OGGIO (BS)
Committente	LUNIKGAS SPA VIA BRESCIA, 42 25033 COLOGNE (BG)
Data	16/08/2021
Riferimenti	Rel_134_2021
Il Tecnico	DOTT. GEOLOGO PAOLO GRIMALDI



INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E UBICAZIONE DEL SITO	4
4	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO	5
4.1	GEOLOGIA E LITOLOGIA	5
4.2	ACQUA NEL SOTTOSUOLO	5
4.3	PERMEABILITÀ.....	5
5	INDIVIDUAZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE DI APPLICAZIONE	7
6	CARATTERISTICHE GENERALI DEGLI INTERVENTI.....	8
6.1	GENERALITA'	8
6.2	SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA	8
6.3	DEFINIZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE E DELLA SUPERFICIE SCOLANTE IMPERMEABILE DELL'INTERVENTO	8
6.4	DEFINIZIONE DELLA PORTATA AL RICETTORE E DEL VOLUME MINIMO DI LAMINAZIONE	9
7	INDIVIDUAZIONE DELLA CLASSE DI INTERVENTO	9
8	VALUTAZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI	10
9	DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	12
10	METODO DELLE SOLE PIOGGE E DIMENSIONAMENTO DI UN SISTEMA DI SCARICO MEDIANTE POZZI PERDENTI	13
10.1	ASPETTI METODOLOGICI.....	13
10.2	DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI INFILTRAZIONE DEL SISTEMA DI INFILTRAZIONE MEDIANTE POZZI PERDENTI	14
10.3	METODO DELLE PIOGGE – VERIFICA DEL VOLUME DI INVASO.....	14
11	SCHEMA DESCRITTIVO DEI SISTEMI DI DRENAGGIO.....	18
12	MANUTENZIONI	18
13	ALLEGATI.....	19

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1: SUPERFICI.....	8
TABELLA 2: PARAMETRI PLUVIOMETRICI	10
TABELLA 3: ALTEZZA PRECIPITAZIONI E TEMPI DI CORRIVAZIONE.....	12
TABELLA 4: DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI INFILTRAZIONE	16
TABELLA 5: RAPPRESENTAZIONE EVENTO CRITICO	17
TABELLA 6: POZZI PERDENTI – VERIFICA E CONTROLLO	18
TABELLA 7: POZZI PERDENTI – MANUTENZIONE	19

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1: COROGRAFIA CON INDIVIDUAZIONE DELLA ZONA DI INTERVENTO	4
FIGURA 2: PERMEABILITÀ DEI TERRENI	6
FIGURA 3: RAPPRESENTAZIONE DELLE AREE DI CRITICITÀ.....	7
FIGURA 4: IDENTIFICAZIONE DELLE CLASSI DI INTERVENTO.....	9
FIGURA 5: CALCOLO DELLA LINEA SEGNALETRICE 1-24 ORE	11
FIGURA 6: SCHEMA DI DRENAGGIO DI UN POZZO PERDENTE	14
FIGURA 7: SEZIONE POZZO PERDENTE	18

1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce ad un'area situata nel Comune di Palazzolo sull'Oglio, in cui è prevista la realizzazione di un nuovo distributore di carburanti; l'ubicazione di tale zona si può riscontrare nella corografia riportata.

Oggetto della presente relazione è:

- la determinazione delle portate di pioggia che si possono manifestare in corrispondenza del sito aventi tempo di ritorno di 50 anni, di durata pari al tempo di corrivazione riferibile alla superficie dell'intervento;
- la verifica dei relativi sistemi di smaltimento delle acque meteoriche derivanti suddette precipitazioni, scolanti dalle superfici di nuova impermeabilizzazione;

il tutto in conformità con i disposti del Regolamento Regionale 7/2017.

Il sistema di smaltimento delle acque meteoriche dovrà prevedere la realizzazione di sistemi di immissione e di infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo, i quali devono essere accuratamente verificati al fine di rispettare i criteri di invarianza idraulica e idrologica definiti dal Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12 (Legge per il governo del territorio).

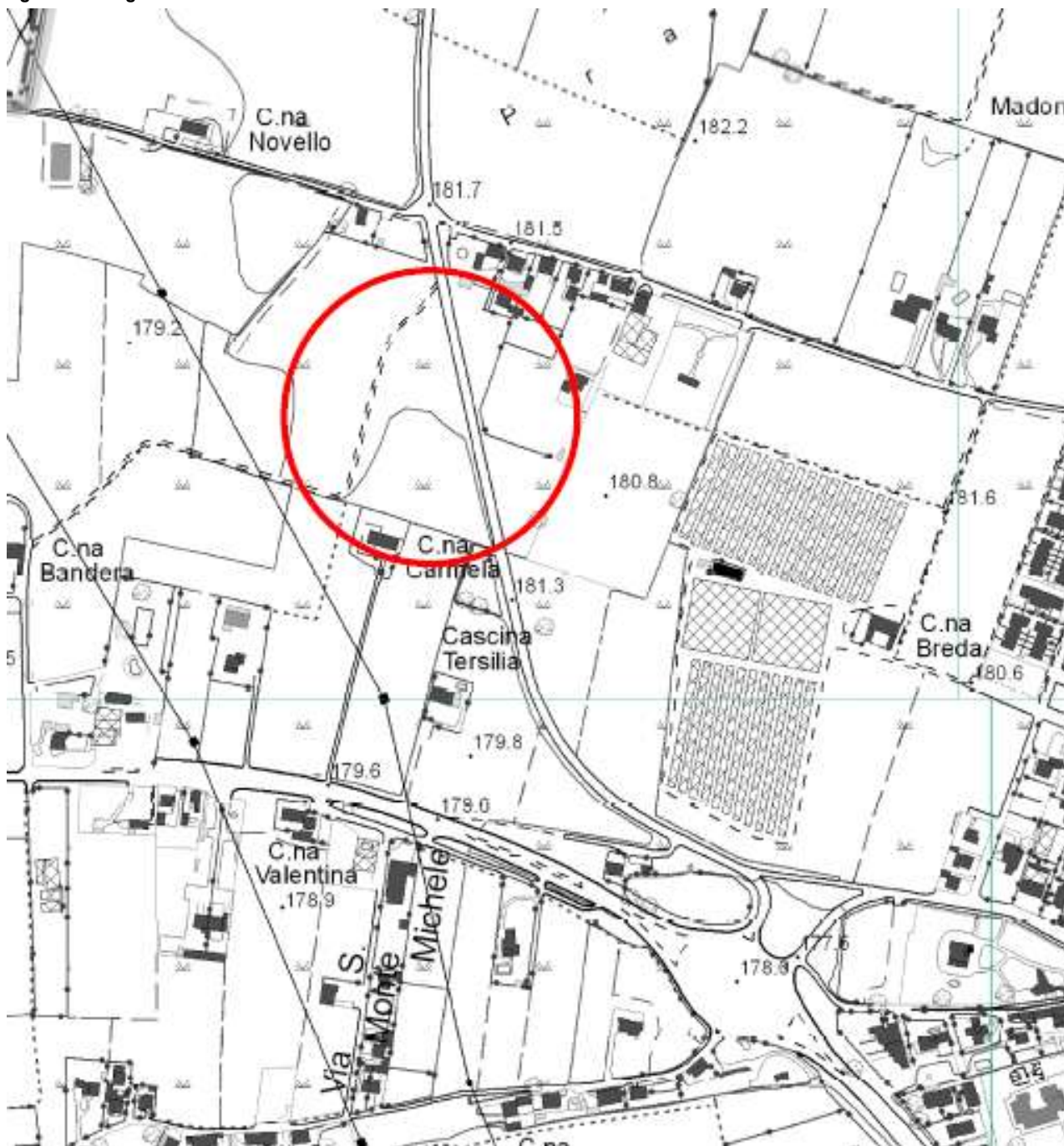
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"
- Legge regionale 11 marzo 2005 n. 12 "Legge per il governo del territorio"
- Regolamento Regionale 24 marzo 2006 n. 4 "Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a, della legge regionale 12 dicembre 2003 n. 26
- Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12 (Legge per il governo del territorio)

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E UBICAZIONE DEL SITO

La zona oggetto della presente relazione, riscontrabile sulla corografia riportata nella figura seguente alla presente relazione, è ubicata nella zona ovest del territorio comunale di Palazzolo sull'Oglio (BG).

Figura 1: Corografia con individuazione della zona di intervento



4 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO

4.1 GEOLOGIA E LITOLOGIA

Il sito a cui la presente relazione si riferisce è localizzato in corrispondenza dell'alta pianura bresciana e si presenta come un ambito tipicamente pianeggiante caratterizzato da morfologie piatte e monotone ma che variano verso una morfologia più articolata e topograficamente mossa in corrispondenza del Fiume Oglio, il quale scorre nella parte centrale dell'intero territorio comunale e del centro edificato del Comune.

Tali variazioni morfologiche sono da attribuire nello specifico alla presenza in loco di numerose scarpate di terrazzo incise dai locali corsi d'acqua, nello stretto ambito di indagine dal Fiume Oglio, che vengono spesso modificate in tempi tardivi da interventi antropici finalizzati prevalentemente per i previsti utilizzi urbanistici.

Le scarpate sono caratterizzate da diversi ordini e sono via via più recenti man mano che ci si avvicina al Fiume; infatti, si riconoscono ordini di terrazzo che degradano procedendo dal livello Fondamentale della pianura verso l'Oglio. Il dislivello tra il Livello Fondamentale della Pianura e l'alveo attuale del Fiume Oglio è di circa 30 metri nella porzione settentrionale del territorio mentre è di circa 15 metri in quella meridionale.

Particolarmente significativi dal punto di vista paesistico e morfologico sono i paleoalvei localizzati a nord e nella parte centrale del centro abitato di Palazzolo.

Il corso d'acqua costituisce attualmente l'agente morfologico principale: esso, allo sbocco della pianura, ha depositato nei periodi più recenti, una serie di depositi di granulometria tipicamente grossolane (ghiaie e sabbie) soprattutto in prossimità del suo alveo.

L'azione del fiume Oglio nella zona in esame si riscontra in modo evidente nella litologia dei depositi presenti. Il sito in esame, nella fattispecie, è impostato depositi fluvio-glaciali costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa con ciottoli arrotondati e subarrotondati a diametro massimo osservato pari a 40 cm; presentano una grossolana stratificazione sub orizzontale con strati e lenti sabbiosi con limi sommitali di esondazione.

4.2 ACQUA NEL SOTTOSUOLO

Le informazioni reperite dagli studi geologici generali, effettuati dall'amministrazione comunale di Palazzolo dell'Oglio a supporto della pianificazione urbanistica del territorio, e le indagini geotecniche eseguite in loco evidenziano una profondità della superficie piezometrica sostanzialmente non interferente con la superficie topografica. Nel caso particolare del sito in esame, le indagini geotecniche eseguite non hanno evidenziato la presenza di acqua fino alla profondità raggiunta.

Dal punto di vista idrogeologico il territorio comunale è caratterizzato da depositi grossolani costituiti da sabbie e ghiaie con presenza di ciottoli che a partire da 15 metri di profondità risultano essere più o meno cementati fino a passare a conglomerati compatti o fessurati con intercalazioni di lenti prevalentemente ghiaiose o ghiaioso-sabbiose e argillose. I livelli argillosi hanno una struttura lenticolare e sono caratterizzati da spessori piuttosto ridotti e da una scarsa continuità laterale.

I depositi conglomeratici e ghiaiosi si spingono fino ai 115 metri di profondità e al di sotto compaiono livelli argillosi caratterizzati da spessori ragguardevoli anche fino a 10 metri e con contenuti di torba.

L'acquifero ghiaioso-sabbioso-conglomeratico contiene una falda multistrato. La presenza di formazioni a minore permeabilità determina un deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi più permeabili, di conseguenza, la circolazione idrica si sviluppa prevalentemente in livelli sovrapposti. Il livello acquifero più superficiale contiene una falda libera, mentre in profondità la presenza di banchi o di lenti a minore permeabilità può determinare la formazione di livelli acquiferi confinati o semi-confinati. Si ritiene comunque che i livelli siano in parte tra loro intercomunicanti, in quanto gli orizzonti a bassa permeabilità non sembrano estesi e continui a tal punto da separare completamente gli acquiferi.

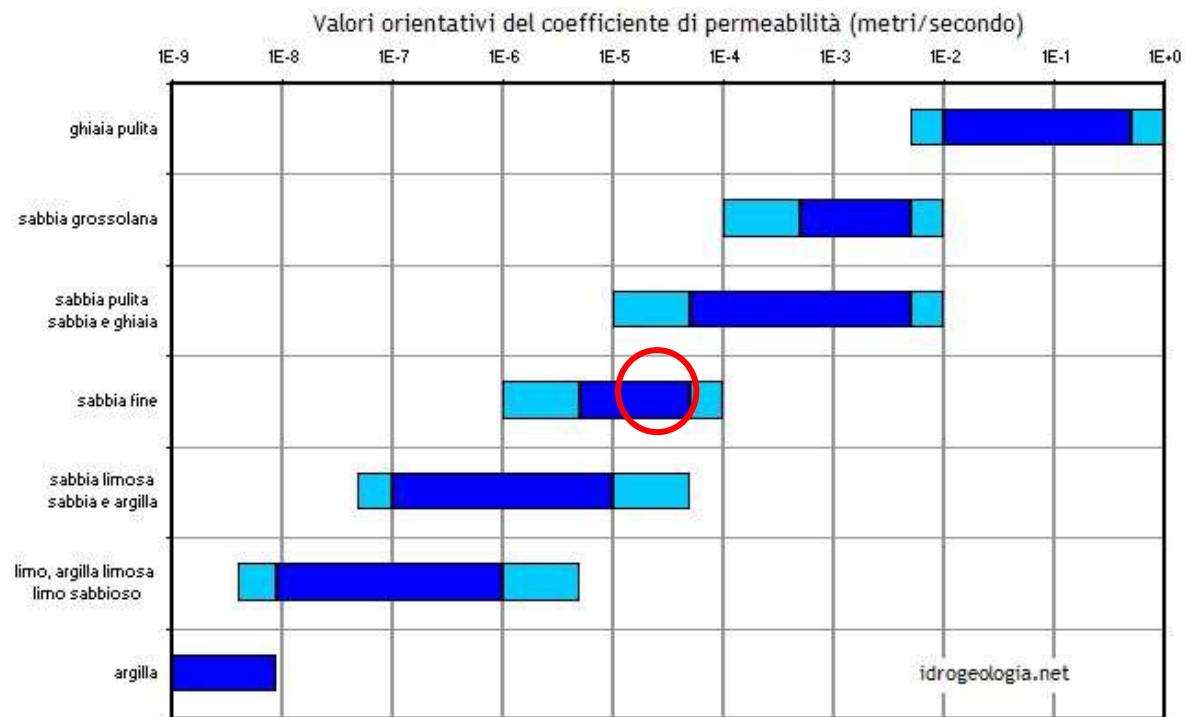
Con riferimento alla carta idrogeologica riportata nello studio geologico del territorio comunale, si evince che la falda mostra una soggiacenza media, nella zona di indagine, pari a 140 m s.l.m. che rapportato alla quota media rinvenuta nella zona di indagine, pari a circa 180 m s.l.m. determina una profondità complessiva della falda pari a circa 40 metri di profondità.

4.3 PERMEABILITÀ

Con riferimento alla granulometria prevalente dei terreni superficiali riscontrata nel corso delle indagini e alla figura di seguito riportata, la permeabilità dei terreni superficiali in esame si può definire, in via cautelativa, **media**, (da 10^{-5} a 10^{-4} m/sec).

Ai fini delle presenti valutazioni, in considerazione della presenza di terreni sabbiosi sciolti negli strati superficiali del sottosuolo, si è ritenuto di utilizzare un valore di K pari a $2,00 \times 10^{-4}$ m/s per gli aspetti progettuali legati alla progettazione di opere di infiltrazione nel sottosuolo.

Figura 2: Permeabilità dei terreni



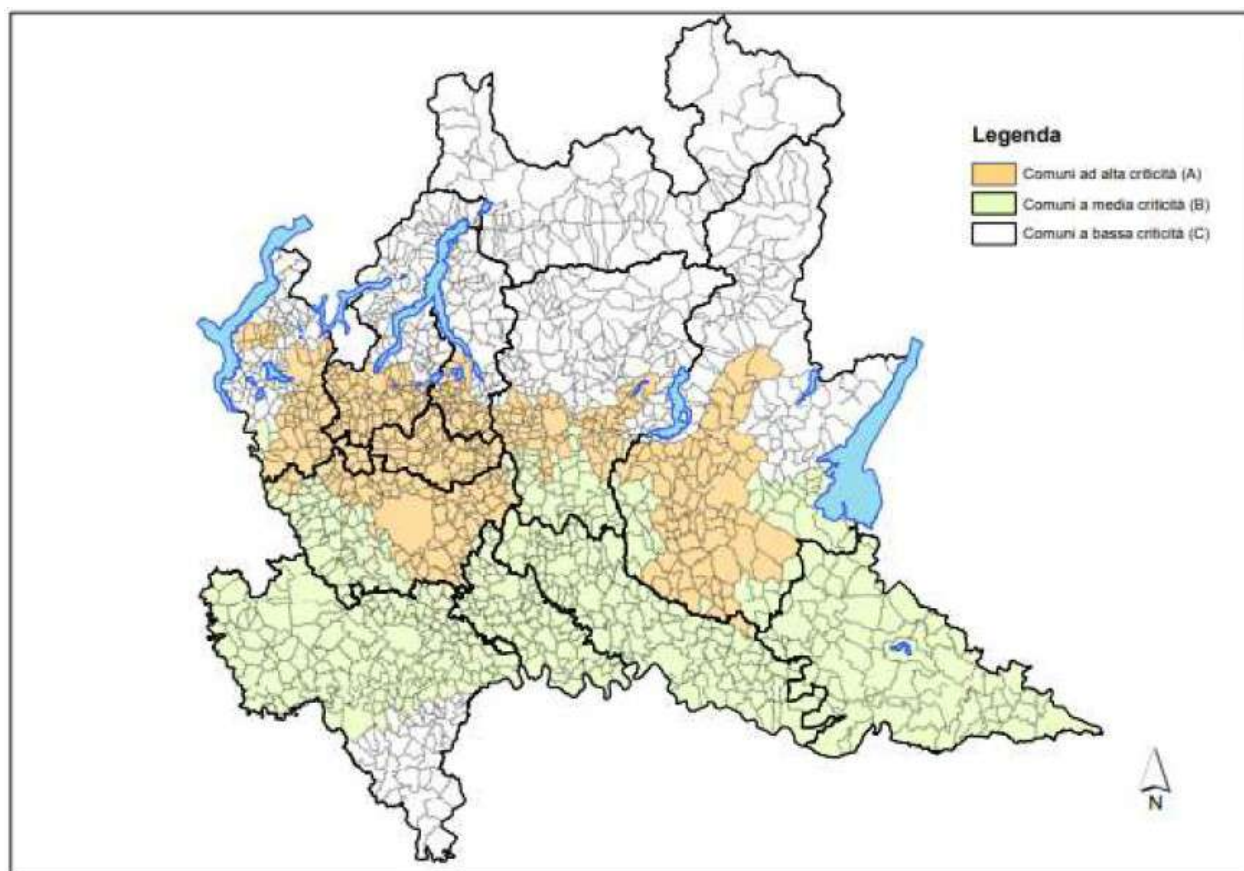
5 INDIVIDUAZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE DI APPLICAZIONE

Il regolamento regionale 7/2017 ha suddiviso il territorio della Lombardia in diverse tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori (art. 7):

- a) **aree A**, ovvero ad **alta criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'allegato B;
- b) **aree B**, ovvero a **media criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei comprensori di bonifica e irrigazione;
- c) **aree C**, ovvero a **bassa criticità idraulica**: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e B.

Nella figura di seguito riportata viene rappresentata la dislocazione delle varie aree di criticità su scala regionale.

Figura 3: Rappresentazione delle aree di criticità



Il Comune di PALAZZOLO SULL'OGLIO, come risulta dalla cartografia su scala regionale e dall'allegato C al R.R. 7/2017 è classificato in:

AREA AD ALTA CRITICITÀ IDRAULICA A

Si evidenzia che il R.R. 7/2017 attribuisce al Comune di Palazzolo sull'Oglio un coefficiente P pari a 0,8, da utilizzare per il calcolo dei minimi invasi di laminazione e delle portate di scarico nei ricettori.

6 CARATTERISTICHE GENERALI DEGLI INTERVENTI

6.1 GENERALITA'

L'intervento da sottoporre a verifica idrologica e idraulica nel rispetto del disposto del R.R. 7/2017 consiste nella realizzazione di un nuovo impianto di distribuzione di carburanti, organizzato secondo quanto indicato nella planimetria allegata al presente documento.

Analizzando gli elaborati progettuali redatti si evidenziano le seguenti superfici significative da considerare ai fini della presente progettazione del sistema di smaltimento delle acque meteoriche e valutazione del rispetto dei criteri di invarianza idraulica e idrologica:

Tabella 1: Superfici

Superficie impermeabilizzata conseguente all'intervento	7.400 m ²
Superfici a verde comprese nell'intervento	2.400 m ²
Superficie scolante totale	9.800 m ²

6.2 SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA

Al fine di rispondere alle disposizioni del R.R. 7/2017, e considerate le caratteristiche geologiche del sito, si può considerare, ai fini dello smaltimento delle acque meteoriche, un sistema di infiltrazione delle stesse nel sottosuolo delle acque meteoriche costituito da un sistema di pozzi perdenti.

Le reti di raccolta delle acque meteoriche del nuovo comparto precedentemente descritto intercetteranno e raccoglieranno le acque piovane; le acque raccolte percorreranno apposite tubazioni dotate di idonea pendenza e diametro, le quali termineranno in corrispondenza dei sistemi di infiltrazione, secondo la dimostrazione analitica di seguito riportata.

Si evidenzia che la superficie scolante rappresentata dalle aree esterne operative dovrà essere considerata come assoggettabile al disposto dell'articolo 3, punto 1, lettera a, punto 9 del R.R. 4/2006, con assoggettamento delle acque scolanti da tali superfici (ad esclusione dei tetti) alla separazione della prima pioggia in ragione dei primi 5 mm di precipitazione

6.3 DEFINIZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO PONDERALE E DELLA SUPERFICIE SCOLANTE IMPERMEABILE DELL'INTERVENTO

In conformità con quanto definito dall'articolo 11 comma 2 lettera d, la valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nell'opera di laminazione o nell'insieme delle opere di laminazione, può essere effettuata in via semplificata adottando i seguenti valori standard del coefficiente di deflusso:

- pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue quali strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,7 per le pavimentazioni drenanti o semipermeabili, quali strade, vialetti, parcheggi in autobloccanti;
- pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo;

Considerando pertanto le superfici descritte nella tabella 1, il Coefficiente di deflusso medio ponderale (CDMT) viene calcolato come segue:

$$\text{CDMT} = [(7.400 \text{ m}^2 \times 1) + (2.400 \text{ m}^2 \times 0,3)] / 9.800 \text{ m}^2 = 0,8$$

La superficie scolante impermeabile dell'intervento risulta esse pari a $9.800 \text{ m}^2 \times 0,8 = 8.120 \text{ m}^2$

6.4 DEFINIZIONE DELLA PORTATA AL RICETTORE E DEL VOLUME MINIMO DI LAMINAZIONE

Lo scarico in un qualsiasi ricettore (fognatura o corpo idrico superficiale) dovrà avvenire in conformità con quanto descritto dall'articolo 8 comma 1 del 7/2017 di seguito riportato:

1. Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro i seguenti valori massimi ammissibili (ulim):

- a) per le aree A di cui al comma 3 dell'articolo 7: 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- b) per le aree B di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- c) per le aree C di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Si evidenzia che tali valori non sono stati considerati nella presente relazione dal momento che la portata di immissione nel sottosuolo è determinata dalle caratteristiche di permeabilità del terreno.

In merito al volume di invaso di laminazione di progetto, si evidenzia che, ai sensi dell'articolo 12 comma 2 del R.R. 7/2017, il volume di invaso minimo richiesto è di 800 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile: con riferimento alle superfici impermeabili in gioco, il **volume di laminazione minimo richiesto per il progetto** risulta essere:

$$800 \text{ m}^3 \times 0,8120 \text{ ha} \times 0,8 = 519,68 \text{ m}^3$$

7 INDIVIDUAZIONE DELLA CLASSE DI INTERVENTO

Ai sensi dell'articolo 9 del R.R. 7/2017, a seconda della classe di criticità idraulica del Comune, della superficie interessata dall'impermeabilizzazione, e del coefficiente di deflusso medio ponderale, sono individuate delle classi di intervento per le quali sono indicate le modalità di calcolo dei volumi da gestire ai fini del rispetto de principio dell'invarianza idraulica e idrologica.

Nella figura seguente si riporta uno schema che identifica le classi di intervento e conseguentemente individua la metodologia di calcolo da considerare nel progetto di Invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto descritto negli allegati del R.R. 7/2017.

Figura 4: Identificazione delle classi di intervento

0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 ha a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq))	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 ha a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq))	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)
		da > 0,1 ha a ≤ 1 ha (da > 1.000 mq a ≤ 10.000 mq))	qualsiasi	
		da > 1 ha a ≤ 10 ha (da > 10.000 mq a ≤ 100.000 mq))	≤ 0,4	
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 ha a ≤ 10 ha (da > 10.000 mq a ≤ 100.000 mq))	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi	

Per quanto riguarda l'intervento in esame i dati di riferimento sono i seguenti:

- **Coefficiente di deflusso medio ponderale:** calcolato nel precedente paragrafo, esso è pari a $\varphi = 0,8$.
- **Classe di intervento:** l'impermeabilizzazione, in relazione agli interventi previsti, è pertanto da ritenersi **POTENZIALMENTE MEDIA** in quanto la superficie interessata risulta essere compresa tra 1000 m² e 10.000 m² e il coefficiente di deflusso medio ponderale risulta essere > 0,4; la classe di intervento quindi è la 2.

8 VALUTAZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI

Per il calcolo della valutazione degli afflussi meteorici, si è fatto riferimento ai parametri "a" ed "n", della curva di possibilità pluviometrica, desunti dal portale idrologico geografico di ARPA Lombardia.

Nel calcolo della portata di scarico (QSC) è stato assunto, come previsto dal R.R. 7/2017, una precipitazione con Tempo di ritorno $Tr = 50$ anni.

Il portale permette, mediante un ambiente GIS, di individuare per ciascun punto della regione i parametri pluviometrici per l'individuazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per precipitazioni di durata compresa tra 1 e 24 ore per diversi tempi di ritorno.

Nella tabella seguente si riportano i parametri individuati per la zona in esame:

Tabella 2: Parametri pluviometrici

A1 - Coefficiente pluviometrico orario	29,06
N - Coefficiente di scala	0,2886 (0,5 per precipitazioni inferiori a 1 ora)
GEV - parametro alpha	0,2905
GEV - parametro kappa	-0,0144
GEV - parametro epsilon	0,8279

Con tali valori è possibile calcolare l'altezza massima probabile di precipitazione (mm) associata ad un dato tempo di ritorno TR (anni) relativo ad un evento meteorico di durata t (ore):

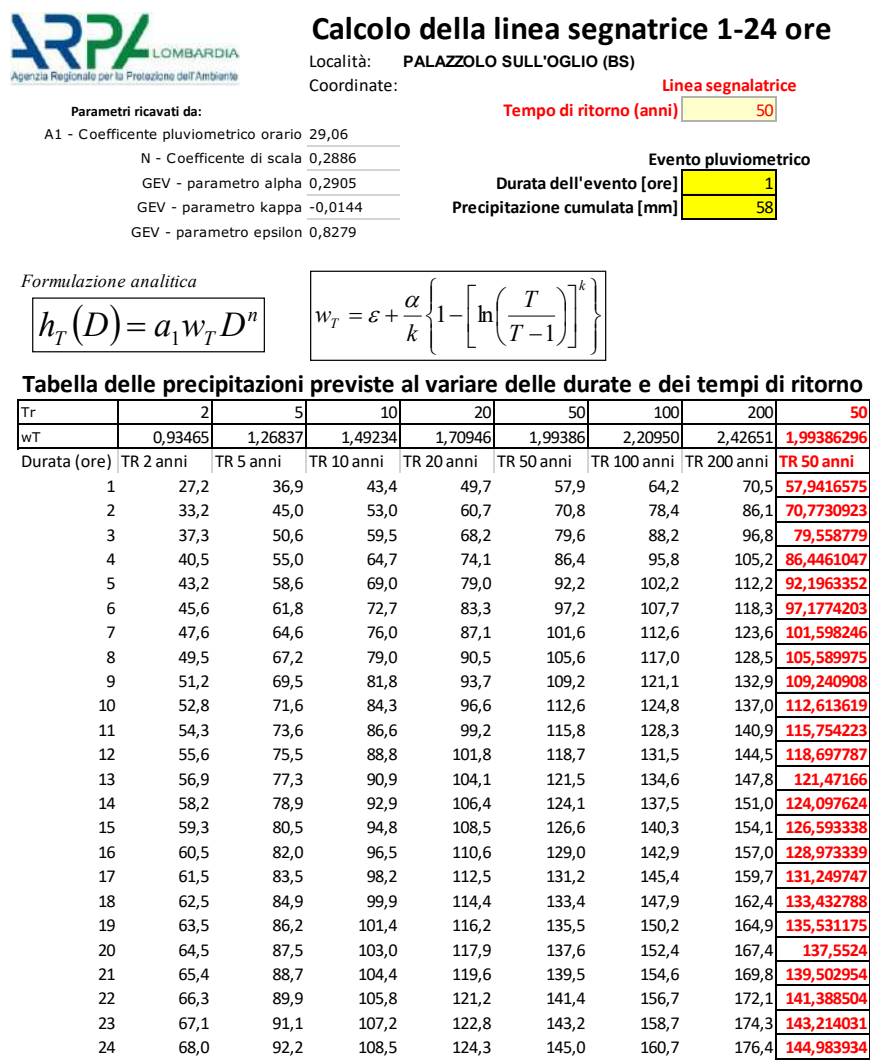
$$h (Tr) = a (Tr) * tn(Tr)$$

Nel caso in esame considerando l'evento meteorico intenso minimo ricavabile dal metodo di calcolo di ARPA Lombardia per precipitazioni intense, pari a 60 minuti (1 ore) avremo:

$$h = 58,0 \text{ mm}$$

Di seguitosi riportano la tabella di calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore e il diagramma delle Linee Segnalatrici di probabilità pluviometrica tratto dal foglio di calcolo idrologico di ARPA Lombardia.

Figura 5: Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore



9 DETERMINAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

L'area di intervento è inserita in un contesto pianeggiante. Dopo tale osservazione diventa poco realistico utilizzare la formula classica per superfici di versante, cioè la formula di Giandotti, anche perché, comunque, l'area è molto piccola se confrontata con le superfici per le quali la formula ha valore.

È noto che una pioggia intensa, utile per i calcoli di un sistema di accumulo/smaltimento, ha una durata pari al tempo di corrivazione (t_c) della superficie in esame. Infatti, t_c è il tempo necessario affinché le acque di deflusso superficiale provenienti da tutta l'area considerata raggiungano la sezione di chiusura dell'area stessa, originando quindi la portata di massima piena definita all'interno della stessa. Nello specifico, per ambienti urbani si considera che il t_c sia uguale alla somma del tempo medio di residenza fuori rete (t_0) delle particelle d'acqua piovuta con quello della rete (t_r) seguendo il percorso più lungo secondo l'equazione:

$$t_c = t_r + t_0$$

dove:

$$t_r = (1,5 \cdot S)^{0,5} / v$$

$$t_0 = k \cdot S^d$$

S=superficie urbanizzata in Km²

v= velocità media nella rete assunta pari a 1 m/s in bacini pianeggianti

k=2,51

d=0,38

Considerando l'area di intervento e le superfici in gioco nell'intervento illustrate alla precedente tabella 1, si ottiene un tempo di corrivazione di 0,55 ore;

A questo punto, per la determinazione dell'altezza massima di precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione, avente durata inferiore all'ora, si utilizza la formula di Bell, che permette di ricavare tale dato dal valore $h_{60,T}$ con tempo di ritorno pari T=50 anni.

La formula viene di seguito riportata:

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0,54 d^{0,25} - 0,5$$

Dove:

$h_{d,t}$ è l'altezza della precipitazione di durata d<60 minuti.

Si riportano di seguito le altezze delle precipitazioni ricavate per gli ambiti di indagine.

Tabella 3: Altezza precipitazioni e tempi di corrivazione

Applicazione formula di Bell		
d= durata[ore]	d=durata [m]	altezza h precipitazione [mm]
0,08	5	18,20
0,10	6	20,43
0,21	12,5	30,51
0,41	24,5	41,52
0,55	33	46,07
1,00	40	50,80
1,61	60	59,37

10 METODO DELLE SOLE PIOGGE E DIMENSIONAMENTO DI UN SISTEMA DI SCARICO MEDIANTE POZZI PERDENTI

10.1 ASPETTI METODOLOGICI

Il dimensionamento dell'impianto di infiltrazione viene eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema (quindi l'idrogramma di piena di progetto) con la capacità d'infiltrazione del terreno e con l'eventuale volume immagazzinato nel sistema; tale confronto può essere espresso con l'equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti nel mezzo filtrante.

L'equazione differenziale di continuità risulta essere la seguente:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = dW(t) / dt$$

in cui:

- $Q_e(t)$ è la portata, nota o predeterminata, in ingresso ai sistemi filtranti all'istante generico (t); essa dipende sia dall'evento meteorico considerato che dalle caratteristiche del bacino e della rete di drenaggio a monte della vasca stessa;
- $Q_u(t)$ è la portata in uscita; essa è, in generale, variabile nel tempo e dipende dalle caratteristiche geometriche dei pozzi, e dalle condizioni di permeabilità del circostante terreno;
- $W(t)$ è il volume invasato nei pozzi all'istante t;

La legge d'efflusso che governa l'uscita dai pozzi è la seguente:

$$Q_u(t) = Q_u(t, h(t))$$

Nel nostro caso il volume di acqua che entra nei pozzi, per effetto di una pioggia di durata t sarà pari a:

$$W_e = S * \varphi * a * \theta^n$$

dove φ è il coefficiente di afflusso costante del bacino drenato a monte dei pozzi; dalla letteratura si desume tale valore, quale valore massimo per un tempo di ritorno di 50 anni (a favore di sicurezza idraulica).

Tipo di Superficie	Tempo di ritorno					
	10	20	50	100	200	500
Asfalto	0.81	0.855	0.9	0.95	0.975	1
Calcestruzzo, tetti	0.83	0.875	0.92	0.97	0.985	1
Coltivazioni	0.36	0.395	0.43	0.47	0.52	0.57
Pascoli (i>7%)	0.42	0.455	0.49	0.53	0.565	0.6
Boschi (i>7%)	0.41	0.445	0.48	0.52	0.55	0.58

Nello stesso periodo tempo il volume uscito pozzi sarà pari a :

$$W_u = Q_u * \theta$$

La capacità d'infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione attraverso la relazione di Darcy:

$$Q_f = k \times J \times A$$

- con: Q_f = portata infiltrata [m³ /s]
- k = coefficiente di permeabilità [m/s]
- J = cadente piezometrica [m/m]
- A_f = superficie netta d'infiltrazione considerata

È evidente che nel caso in esame, con soli sistemi filtranti, $Q_f = Q_u$.

La sopra citata relazione di Darcy può essere meglio utilizzata nella formulazione proposta da Sieker [1984] di seguito riportata:

$$Q_f = \frac{K}{2} \cdot J \cdot A_f = 3.600 \cdot \frac{k}{2} \cdot \left(\frac{L+h_w}{L+\frac{h_w}{2}} \right) \cdot A_f \text{ [m}^3/\text{h]}$$

dove:

$$A_f = \frac{\pi}{4} \cdot [(D + h_w)^2 - D^2]$$

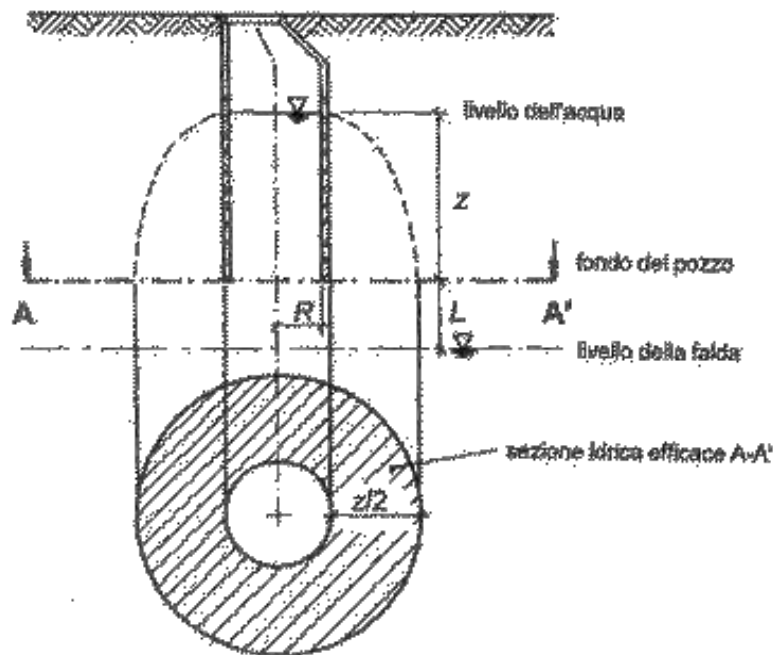
e:

- L=distanza tra la base del pozzo e la superficie della falda [m]
- h_w =livello idrico nel pozzo [m]

10.2 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI INFILTRAZIONE DEL SISTEMA DI INFILTRAZIONE MEDIANTE POZZI PERDENTI

Considerata la portata Q_f calcolata per i pozzi disperdenti con la formula di Sieker, (1984) si procede a determinare la portata di smaltimento di n pozzi perdenti. L'effettiva area drenante del pozzo A_f è assunta come un anello di larghezza $z/2$ attorno alla base del pozzo, come riportato nella successiva figura.

Figura 6: Schema di drenaggio di un pozzo perdente



Non si considera la base drenante del pozzo, per tenere conto della sua possibile occlusione.

10.3 METODO DELLE PIOGGE – VERIFICA DEL VOLUME DI INVASO

Analizzando la situazione per l'ipotesi progettuale del sistema con pozzi perdenti, il volume invasato ad un dato tempo sarà pari a :

$$W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta^n - Q_u \cdot \theta$$

Stanti i paramenti "a" ed "n", definiti, le portate in uscita, la formula precedente assume la seguente forma:

$$W = W_e - W_u = 10S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta^n - 3,6 Q_u \cdot \theta$$

Attraverso il calcolo analitico, dove θ viene espresso in ore (o frazioni di ora), è possibile determinare l'istante (T_0) che massimizza la precedente formula.

Si avrà in particolare che:

$$T_0 = (3,6Q/10nS\varphi a)^{1/n-1}$$

Inserendo tale valore di T_0 ore nella formula si ottiene la dimensione necessaria del volume utile di un sistema di pozzi, dove il V_{utile} totale è costituito dal volume proprio del sistema di pozzi con la capacità d'immagazzinamento del terreno drenante.

Nelle tabelle di seguito riportate si riassumono i calcoli di T_0 e dei volumi di immagazzinamento per le aree in esame, al fine di verificare l'idoneità dei sistemi di infiltrazione precedentemente dimensionati.

Nel caso in esame si suppone la realizzazione di batterie di pozzi perdenti aventi le seguenti caratteristiche:

- **N. complessivo di pozzi previsti dal progetto: 14**
- **Diametro del pozzo = 200 cm**
- **Altezza complessiva del pozzo = 350 cm**
- **Altezza z della porzione drenante = 300 cm**
- **Dreno attorno a pozzo = 100 cm**

Dati generali

- **Profondità della falda: - 40,00 m dal piano di campagna**
 - **Coefficiente di permeabilità adottato: 2×10^{-4} m/s**
 - **Cadente piezometrica: $(L+z)/(L+z/2)$**

I pozzi perdenti, dotati di uno spessore di ghiaia grossolana al suo intorno di 1,00 metri, garantiscono un invaso complessivo di 527,43 m³; tale volume risulta superiore rispetto al volume di laminazione minimo richiesto di 519,68 m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, e compensa la richiesta di invaso necessario per il sistema infiltrante, pari a 402,67 m³.

Si evidenzia che il sistema così dimensionato prevede il massimo invaso dopo 1,90 ore e l'infiltrazione pressoché completa delle acque meteoriche in poco meno di 11 ore (< 48 ore richieste dal regolamento regionale 7/217) dall'inizio dell'evento meteorico.

Nelle tabelle successive viene esplicitato il calcolo del numero dei pozzi perdenti, il calcolo del volume di invaso necessario, il fenomeno meteorico a passi temporali, in cui si evidenzia la situazione in corrispondenza dell'evento critico.

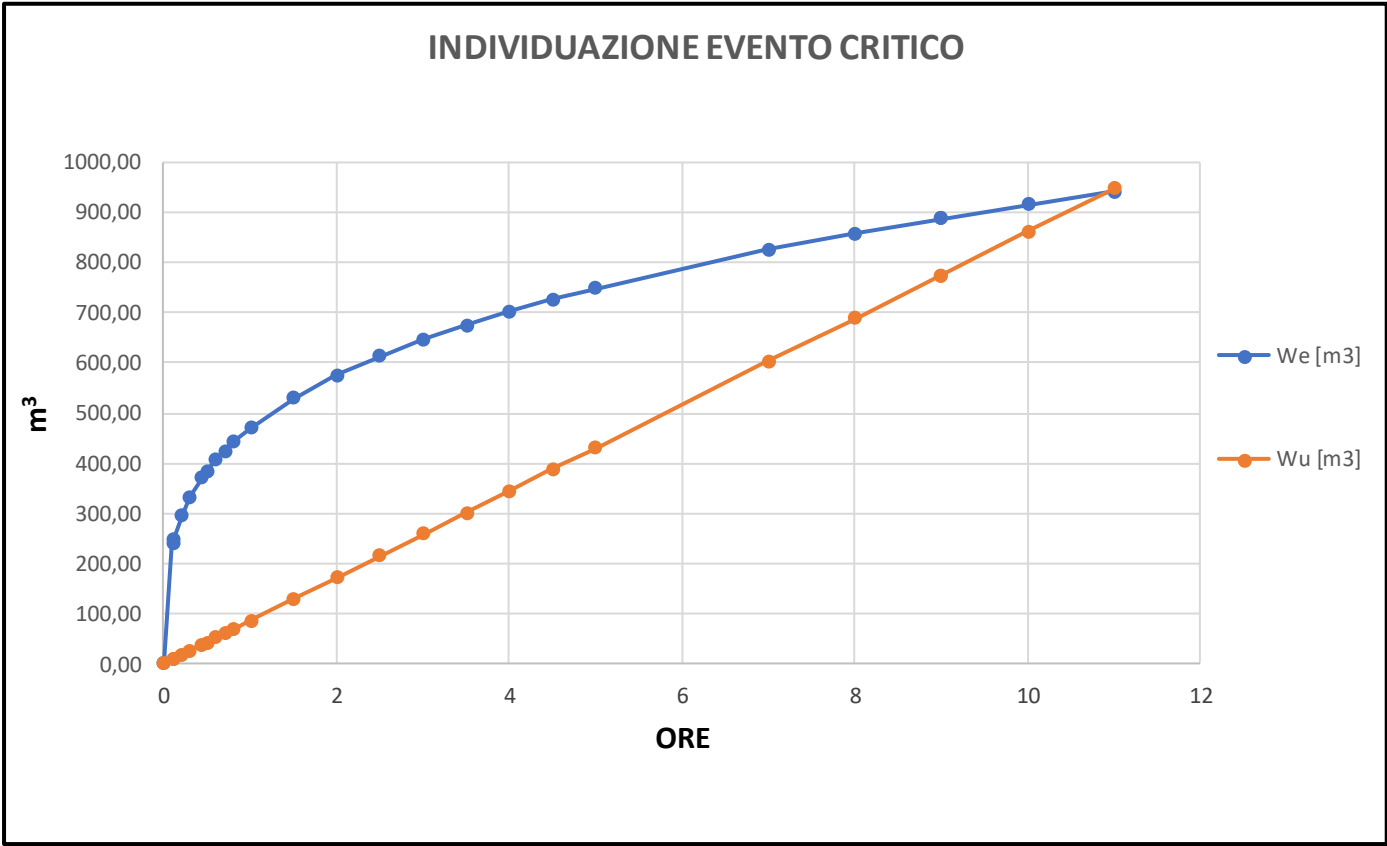
Tabella 4: Dimensionamento sistema di infiltrazione

CALCOLO PORTATA DI INFILTRAZIONE: POZZI PERDENTI	
L = Δ fondo pozzo/superficie piezometrica [m]	40,00
Diametro del pozzo [m]	2,00
h_w = livello idrico nel pozzo [m]	3,00
Spessore dreno attorno al pozzo [m]	1
K = Coefficiente di permeabilità del terreno [m/s]	2,0E-04
N. pozzi perdenti previsti [-]	14
J = cadente piezometrica [m/m]	1,04
Q_f = Portata di deflusso [m^3/h]	86,08745
Q_f = Portata di deflusso [l/s]	23,91
A_f = superficie efficace di drenaggio [m^2]	16,49
Volume di n. 1 pozzo [m^3]	37,68
Volume del numero complessivo di pozzi [m^3]	527,52
Volume di laminazione aggiuntivo [m^3]	0,00
Volume di laminazione complessivo [m^3]	527,52
Verifica idoneità invaso disponibile	SI
Verifica rispetto al volume di laminazione minimo	SI

METODO DELLE SOLE PIOGGE	
S - Superficie scolante	[ha] 0,98
φ – coefficiente di deflusso medio ponderale	[$mm\ h^{-1}$] 0,8
a_1 - coefficiente pluviometrico orario	[-] 29,06
n - coefficiente di scala	[-] 0,29
GEV - parametro α	[-] 0,29
GEV - parametro k	[-] -0,01
GEV - parametro ε	[-] 0,83
w_t - coefficiente probabilistico	[-] 1,99
T - tempo di ritorno	[anni] 50,00
Tempo di corrivazione T_c	[ore] 0,55
h - altezza precipitazione di durata T_c	[mm]
Q_e - portata costante entrante	[l/s] 71,61
D_w - Durata evento critico	[ore] 1,90
W_e - Volume in ingresso nel tempo D_w	[m^3] 566,02
W_u - Volume infiltrato	[m^3] 163,35
ΔW - Volume di invaso necessario per il sistema infiltrante	[m^3] 402,67

Tabella 5: Rappresentazione evento critico

ORE	We [m³]	Wu [m³]	W [m³]
0	0,00	0,00	0,00
0,1	242,07	8,61	233,46
0,11	248,82	9,47	239,35
0,2	295,68	17,22	278,46
0,3	332,39	25,83	306,56
0,44	371,23	37,88	333,36
0,5	385,19	43,04	342,14
0,6	406,00	51,65	354,34
0,7	424,47	60,26	364,20
0,8	441,14	68,87	372,27
1	470,49	86,09	384,40
1,5	528,89	129,13	399,76
2	574,68	172,17	402,50
2,5	612,90	215,22	397,69
3	646,02	258,26	387,75
3,5	675,41	301,31	374,10
4	701,94	344,35	357,59
4,5	726,21	387,39	338,82
5	748,63	430,44	318,20
7	824,98	602,61	222,37
8	857,39	688,70	168,69
9	887,04	774,79	112,25
9	887,04	774,79	112,25
10	914,42	860,87	53,55
11	939,92	946,96	-7,04

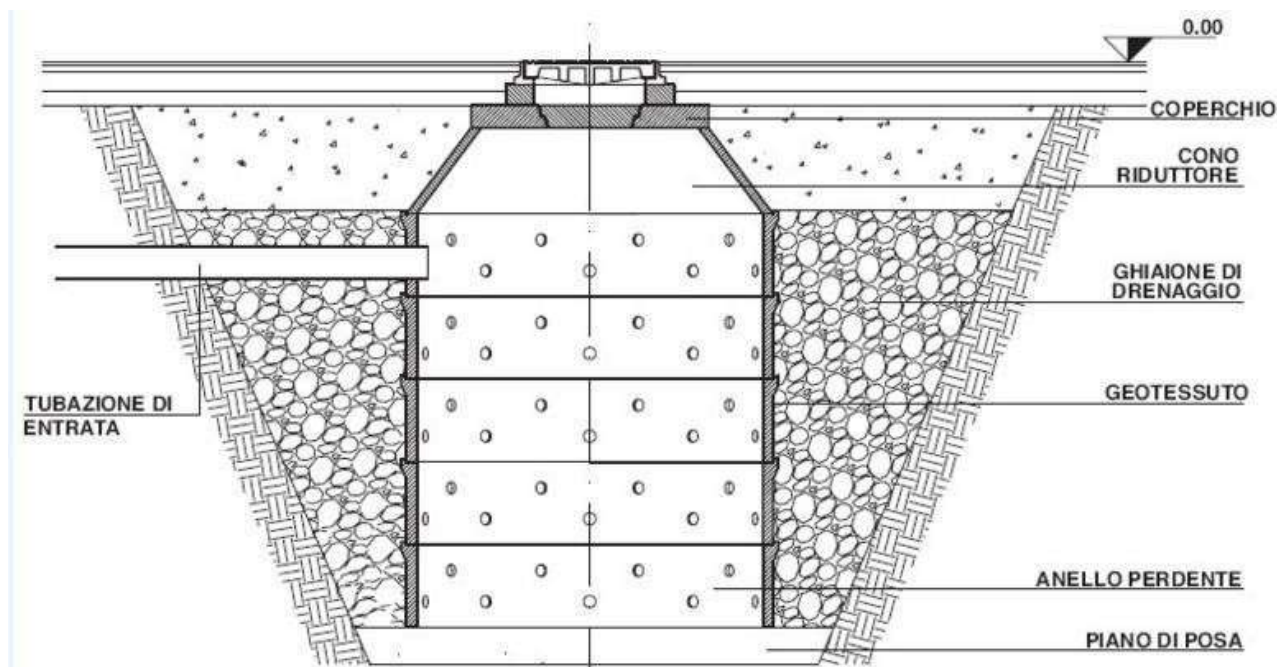


11 SCHEMA DESCRITTIVO DEI SISTEMI DI DRENAGGIO

Nella presente trattazione si è dimensionato il sistema di infiltrazione di acque meteoriche nel sottosuolo a supporto di un progetto di realizzazione di edifici a destinazione d'uso produttiva.

Nell'ipotesi di realizzazione di sistemi di infiltrazione con pozzi perdenti secondo quanto indicato nei paragrafi precedenti, si evidenzia sotto lo schema costruttivo dei manufatti, e si ricorda che gli stessi dovranno essere collegati tra di loro al fine di garantire l'effetto di laminazione.

Figura 7: Sezione pozzo perdente



Si evidenzia che nei calcoli riportati nei paragrafi precedenti non è stata considerata come drenante la base del pozzo perdente, per la quale è comunque consigliabile prevedere come punto di appoggio un livello di terreno naturale particolarmente addensato, oppure appositamente creato mediante ghiaia ben rullata.

A questi pozzi addurranno due reti di collettamento (una proveniente dai tetti e una proveniente dai piazzali e dai parcheggi) per lo smaltimento delle acque meteoriche. Si evidenzia che le acque meteoriche di dilavamento dei piazzali dovranno essere sottoposte a trattamento di prima pioggia, con convogliamento in rete fognaria dell'aliquota di prima pioggia e in sottosuolo dell'aliquota di seconda pioggia.

In allegato al presente documento viene fornito uno schema indicativo della rete fognaria delle acque meteoriche conforme ai disposti dei principi di invarianza idraulica e idrologia commentati.

12 MANUTENZIONI

Il sistema di infiltrazione precedentemente descritto e calcolato prevede l'effettuazione di periodiche verifiche e operazioni di manutenzione, al fine di garantire l'efficacia nella sua funzione di allontanamento delle acque meteoriche.

Di seguito si riportano le operazioni che periodicamente dovranno essere effettuate, in conformità con il disposto del R.R. 7/2017.

Tabella 6: Pozzi perdenti – verifica e controllo

Attività	Indispensabile	Cadenza	Soggetto esecutore	Attrezzi necessari	Osservazioni
Verifica corretto afflusso delle acque	X	Ogni 12 mesi	Proprietari mediante tecnico incaricato	Nessuno in particolare	Verifica visiva
Verifica dell'integrità degli elementi strutturali	X	Ogni 5 anni	Proprietari mediante tecnico incaricato	Nessuno in particolare	Nessuna

Tabella 7: Pozzi perdenti – manutenzione

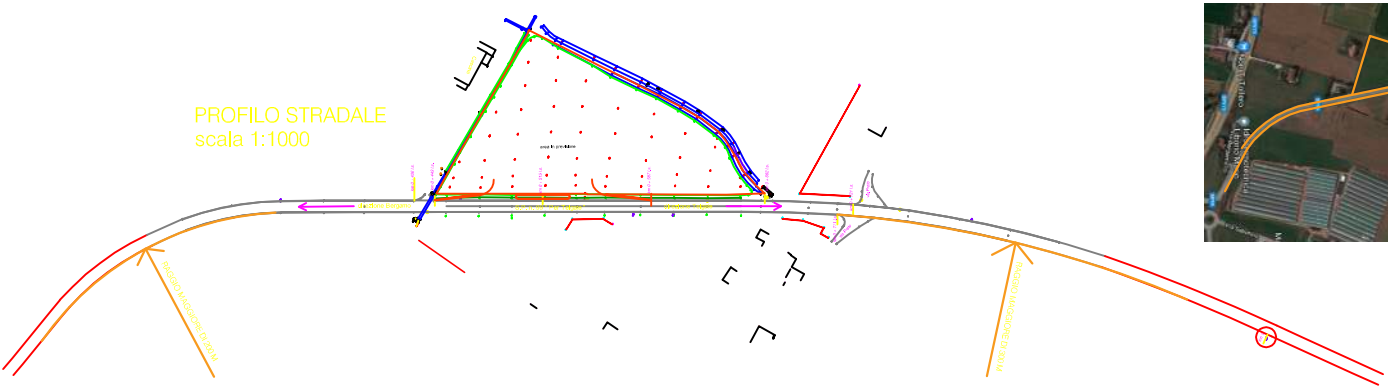
Attività	Indispensabile		Cadenza	Soggetto esecutore	Attrezzi necessari	Osservazioni
Pulizia, scorrimento e infiltrazione	X		Su segnalazione e comunque ogni 6 mesi	Proprietari mediante tecnico incaricato	Autospurghi	Nessuna
Sostituzione elementi ammalorati	X		Su segnalazione	Proprietari mediante tecnico incaricato	Macchine edili, attrezzi manuali	Nessuna

13 ALLEGATI

ALL. 1 PLANIMETRIA CON PROPOSTA DI SCHEMA FOGNATURA ACQUE METEORICHE

ALL. 2 ASSEVERAZIONE

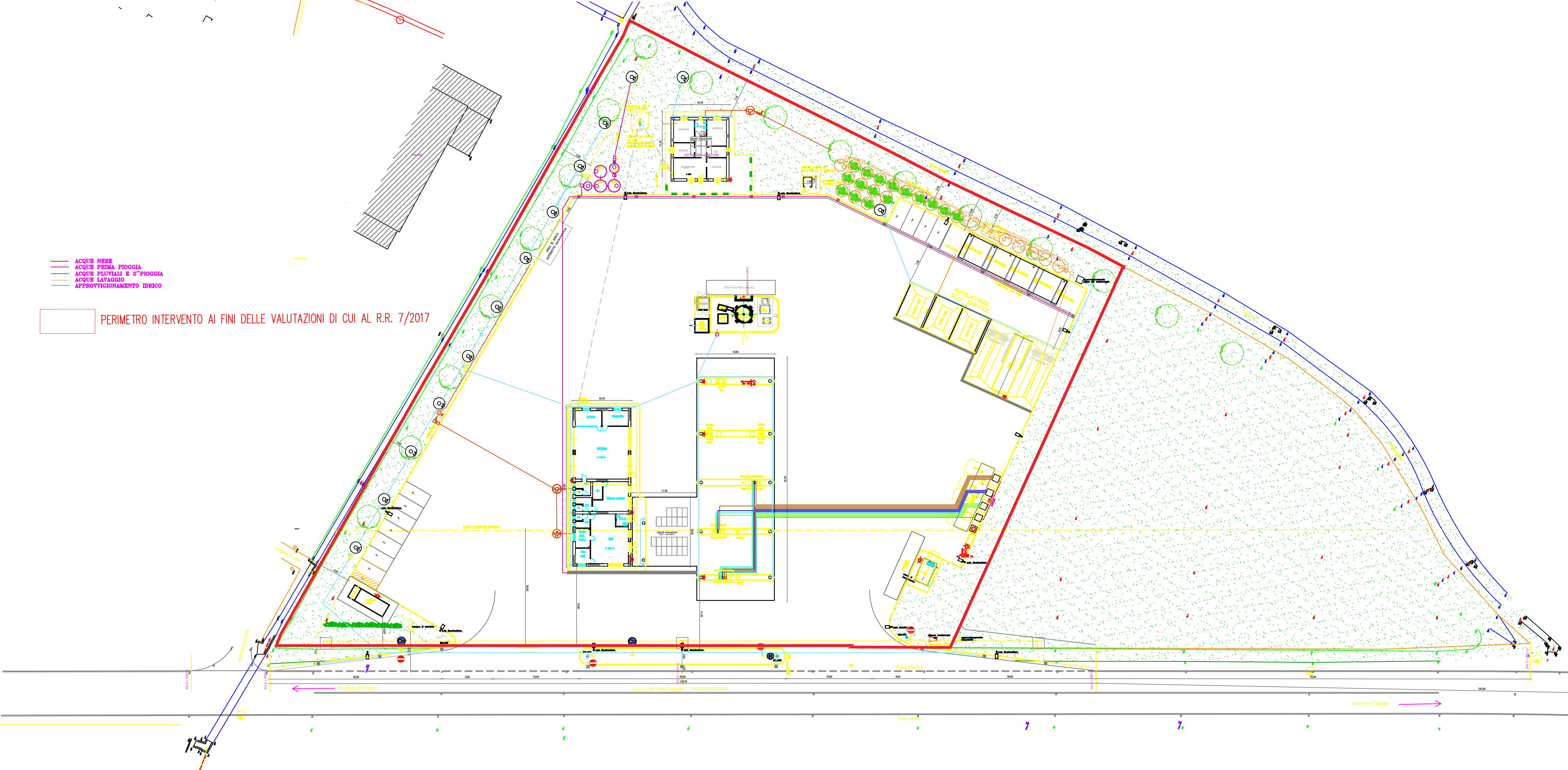
ALLEGATO 1



ESTRATTO AEREO

- ACQUE NERE
- ACQUE PRIMA PIOGGIA
- ACQUE PLUVIALI E 2° PIOGGIA
- ACQUE LAVAGGIO
- APPROVVIGIONAMENTO IDRICO

PERIMETRO INTERVENTO AI FINI DELLE VALUTAZIONI DI CUI AL R.R. 7/2017



ALLEGATO 2

**ASSEVERAZIONE DEL PROFESSIONISTA IN MERITO ALLA CONFORMITÀ DEL PROGETTO AI
CONTENUTI DEL REGOLAMENTO**

DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETÀ

(Articolo 47 d.p.r. 28 dicembre 2000, n. 445)

Il sottoscritto **PAOLO GRIMALDI**, nato a **CREVALCORE (BO)** il **27 LUGLIO 1965**, residente per la carica a **SERiate (BG)** in via **SOTTORIPA n. 18/B**, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Lombardia **n.1420**, incaricato dalla ditta **LUNIKGAS SPA di Cologne (BS)** in qualità di

- ☒ proprietario
☐ utilizzatore
☐ legale rappresentante della società

di redigere il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* per l'intervento di **REALIZZAZIONE NUOVO DISTRIBUTORE CARBURANTI** situato in Comune di **PALAZZOLO S/O (BS)** in **STRADA PROVINCIALE SP99 km 64**

In qualità di tecnico abilitato, qualificato e di esperienza nell'esecuzione di stime idrologiche e calcoli idraulici;

Consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'articolo 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (articolo 75 D.P.R. 445/2000);

DICHIARA

➤ che il comune di Palazzolo sull'Oglio, in cui è sito l'intervento, ricade all'interno dell'area:

- ☒ A: ad alta criticità idraulica
☐ B: a media criticità idraulica
☐ C: a bassa criticità idraulica

oppure

☐ che l'intervento ricade in un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione e/o come piano attuativo previsto nel piano delle regole e pertanto di applicano i limiti delle aree A ad alta criticità

☐ che la superficie interessata dall'intervento è minore o uguale a 300 m² e che si è adottato un sistema di scarico sul suolo, purché non pavimentato, o negli strati superficiali del sottosuolo e non in un ricettore, salvo il caso in cui questo sia costituito da laghi o dai fiumi Po, Ticino, Adda, Brembo, Serio, Oglio, Chiese e Mincio (art. 12, comma 1, lettera a)

☐ che per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica è stata considerato la portata massima ammissibile per l'area

- ☐ A
☐ B
☐ C
☐ ambito di trasformazione/piano attuativo).....,

pari a:

- ☐ 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
☐ 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento
☐ l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, derivante da limite imposto dall'Ente gestore del ricettore

☒ che l'intervento prevede l'infiltrazione come mezzo per gestire le acque pluviali (in alternativa o in aggiunta all'allontanamento delle acque verso un ricettore), e che la portata massima infiltrata dai sistemi di infiltrazione realizzati è pari a l/s 23,91, che equivale ad una portata infiltrata pari a 24,39 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

➤ che, in relazione all'effetto potenziale dell'intervento e alla criticità dell'ambito territoriale (rif. articolo 9 del regolamento), l'intervento ricade nella classe di intervento:

- ☐ Classe «0»
☐ Classe «1» Impermeabilizzazione potenziale bassa

- ☒ Classe «2» Impermeabilizzazione potenziale media
- ☐ Classe «3» Impermeabilizzazione potenziale alta
- che l'intervento ricade nelle tipologie di applicazione dei requisiti minimi di cui:
 - ☐ all'articolo 12, comma 1 del regolamento
 - ☐ all'articolo 12, comma 2 del regolamento
- ☒ di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* con i contenuti di cui:
 - ☒ all'articolo 10, comma 1 del regolamento (casi in cui non si applicano i requisiti minimi)
- ☐ all'articolo 10, comma 2 e comma 3, lettera a) del regolamento (casi in cui si applicano i requisiti minimi)
 - ☐ di aver redatto il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* conformemente ai contenuti del regolamento, con particolare riferimento alle metodologie di calcolo di cui all'articolo 11 del regolamento;

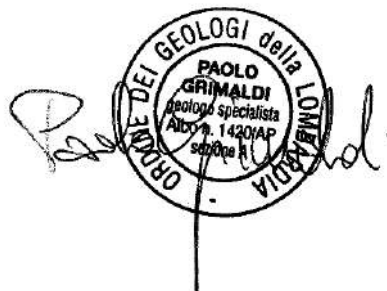
ASSEVERA

- ☒ che il *Progetto di invarianza idraulica e idrologica* previsto dal regolamento (articoli 6 e 10 del regolamento) è stato redatto nel rispetto dei principi di invarianza idraulica e idrologica, secondo quanto disposto dal piano di governo del territorio, dal regolamento edilizio e dal regolamento;
- ☐ che le opere di invarianza idraulica e idrologica progettate, garantiscono il rispetto della portata massima ammissibile nel ricettore prevista per l'area in cui ricade il Comune ove è ubicato l'intervento;
- ☒ che la portata massima scaricata su suolo dalle opere realizzate è compatibile con le condizioni idrogeologiche locali;
- ☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione dell'art. 12, comma 1, lettera a) del regolamento;
- ☐ che l'intervento ricade nell'ambito di applicazione della monetizzazione (art. 16 del regolamento), e che pertanto è stata redatta la dichiarazione motivata di impossibilità di cui all'art. 6, comma 1, lettera d) del regolamento, ed è stato versato al comune l'importo di €

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'articolo 13 del Dlgs 196 del 30 giugno 2003, che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Serate, lì 16/08/2021

Il Dichiarante
dott. Geologo Paolo Grimaldi



Ai sensi dell'articolo 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, così come modificato dall'articolo 47 del d. lgs. 235 del 2010, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta e presentata unitamente a copia fotostatica non autenticata di un documento di identità del sottoscrittore. La copia fotostatica del documento è inserita nel fascicolo. La copia dell'istanza sottoscritta dall'interessato e la copia del documento di identità possono essere inviate per via telematica.

La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (articolo 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'articolo 37 D.P.R. 445/2000.