

INVARIANZA IDRAULICA E IDROGEOLOGICA

(R.R. n.7 del 23 novembre 2017 e s.m.i.)

REALIZZAZIONE DI N.2 PARCHEGGI LOTTO 2

Comune di Porto Mantovano
PROVINCIA di MANTOVA



COMMITTENTE: Comune di Porto Mantovano

IL TECNICO: Dr. Geol. Rosario Spagnolo

San Giorgio Bigarello, Luglio 2026

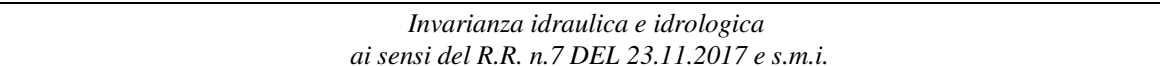
INDICE DEI CAPITOLI

Sommario

A RELAZIONE TECNICA	1
1 PREMESSA	1
2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3 VERIFICA SUPERFICIE IMPERMEABILE	5
4 STUDIO DEL PGT	6
5 VALUTAZIONE IDROLOGICHE	17
6 CONSIDERAZIONI IDRAULICHE E METODOLOGIA DI CALCOLO.....	20
7 CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE	21
8 OPERE DI LAMINAZIONE / INFILTRAZIONE	24
9 TEMPO DI SVUOTAMENTO	27
10 CONCLUSIONI	28
DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE	30
C. PIANO DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA	30
D. ALLEGATO E	31

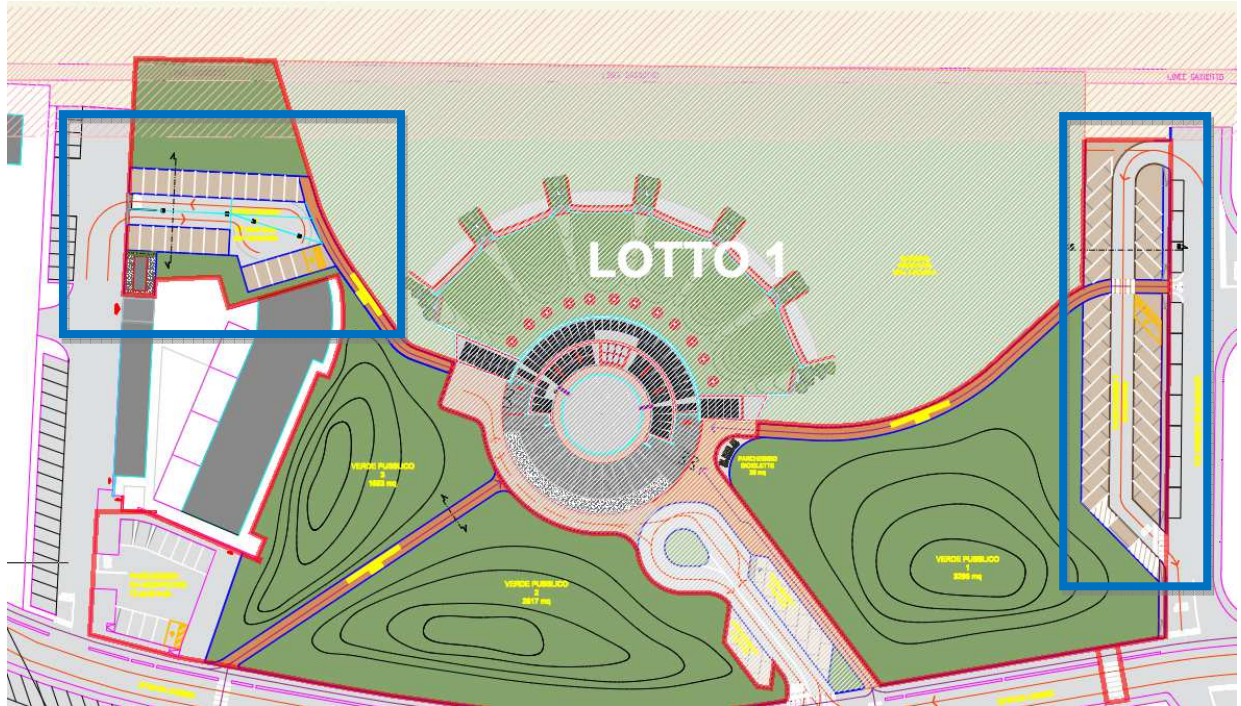
Quanto di seguito riportato viene redatto secondo le indicazioni previste nel Regolamento Regionale n.7 del 23 novembre 2017 “Regolamento recante i criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica ai sensi dell’art. 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005 n.12 (legge per il governo del territorio)” e delle successive modifiche “Disposizioni sull’applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica. Modifiche al regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 (regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 “Legge per il governo del territorio”).

This aerial map shows the Riverbank area in San Francisco, California. The San Francisco Bay Bridge is visible in the foreground, crossing the San Francisco Bay. The map includes numerous residential and commercial buildings, many of which are labeled with numbers. The area is bounded by the city of San Francisco to the north and the city of San Mateo to the south. The map also shows the San Francisco Bay and the surrounding landscape.



La relazione descrive il dimensionamento degli elementi destinati allo smaltimento delle acque meteoriche e reflue e dei manufatti necessari alla laminazione delle portate meteoriche, al fine di rispettare l'invarianza idraulica.

Di seguito si riporta la planimetria di progetto:



Il progetto preliminare di invarianza idraulica si è articolata nelle seguenti fasi:

- Localizzazione dell'intervento con definizione area di criticità comunale ricadente
- Individuazione superficie impermeabile di copertura in progetto
- Definizione del coefficiente medio ponderale
- Verifiche idrologiche locali e stima del bilancio idrologico
- Definizione della superficie di invaso richiesta
- Proposte di dispersione delle acque all'interno della proprietà

L'indagine, ai sensi DEL D. M. 17.1.2018, DELLA D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 E DELLA D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, si prefigge i seguenti obiettivi:

- valutare la situazione geologico-morfologica locale per verificare la stabilità dell'area;
- definire la natura e la stratigrafia dei terreni interessati dall'intervento;
- definire il livello della superficie piezometrica locale;

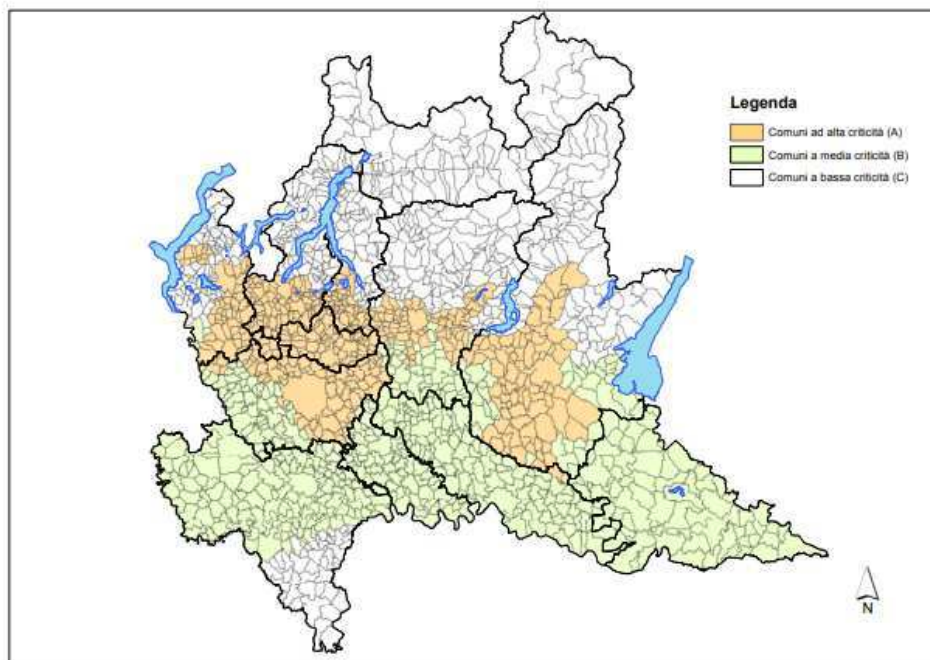
La verifica di compatibilità idraulica valuta l'ammissibilità degli interventi di trasformazione, considerando le interferenze con le pericolosità idrauliche presenti e la necessità di prevedere interventi per la mitigazione del rischio, indicandone l'efficacia in termini di riduzione della specifica pericolosità. Le norme contemplano altresì la previsione delle misure compensative, rivolte al perseguimento del principio dell'invarianza idraulica della trasformazione.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'intervento in progetto si trova nel Comune di Porto Mantovano. Ai sensi del R.R. del 23 novembre 2017 e smi, n. 8 e smi, il territorio Lombardo è stato suddiviso in tre ambiti in cui sono inseriti i Comuni, in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori.

Ad ogni Comune è associata una criticità (Allegato C del R.R. 7/2017 e smi):

- A- Alta criticità
- B- Media criticità
- C- Bassa criticità



Distribuzione Aree di criticità idraulica e idrologica Regione Lombardia

Il territorio di Porto Mantovano, oggetto del nostro intervento ricade in area di criticità B come si osserva dallo stralcio dell'Allegato C del citato regolamento di seguito allegato.

PORLEZZA	CO	C	
PORTALBERA	PV	B	
PORTO CERESIO	VA	C	
PORTO MANTOVANO	MN	B	
PORTO VALTRAVASIA	VA	C	
POSTALESIO	SO	C	

3 VERIFICA SUPERFICIE IMPERMEABILE

L'intervento in progetto prevede le seguenti nuove superfici impermeabili:

AREA D'INTERVENTO		Superficie impermeabile $\Phi=1$ - mq	Superficie drenante $\Phi=0$ - mq
PARCHEGGIO 3		393	763
PARCHEGGIO 4		296	345
Totale ai fini dell'invarianza idraulica		689	

Aree parcheggi drenanti con coefficiente di deflusso pari a 0

- Parcheggi sistema Drainbeton

Si allegano schede tecniche dei materiali sopracitati

Ai sensi del R.R. n.7 e smi le verifiche idrauliche sono condotte attraverso diversi approcci progettuali a seconda della superficie dell'intervento:

Superficie fino a 300 m²

1. Superficie > 300 m² e ≤ 1.000 m²

2. Superficie > 1.000 m² e < 10.000 m²

3. Superficie $> 10.000 \text{ m}^2$ e $\leq 100.000 \text{ m}^2$
4. Superficie $> 100.000 \text{ m}^2$

Nel nostro caso ci troviamo nel punto 2. Superfici comprese tra 300 e 1.000 m²

Pertanto come prevede il R.R. con superfici comprese tra 300 e 1.000 m² si potrà utilizzare la procedura del calcolo dettagliato ai sensi dell'art. 11 Coma 2 del citato R.R.7.

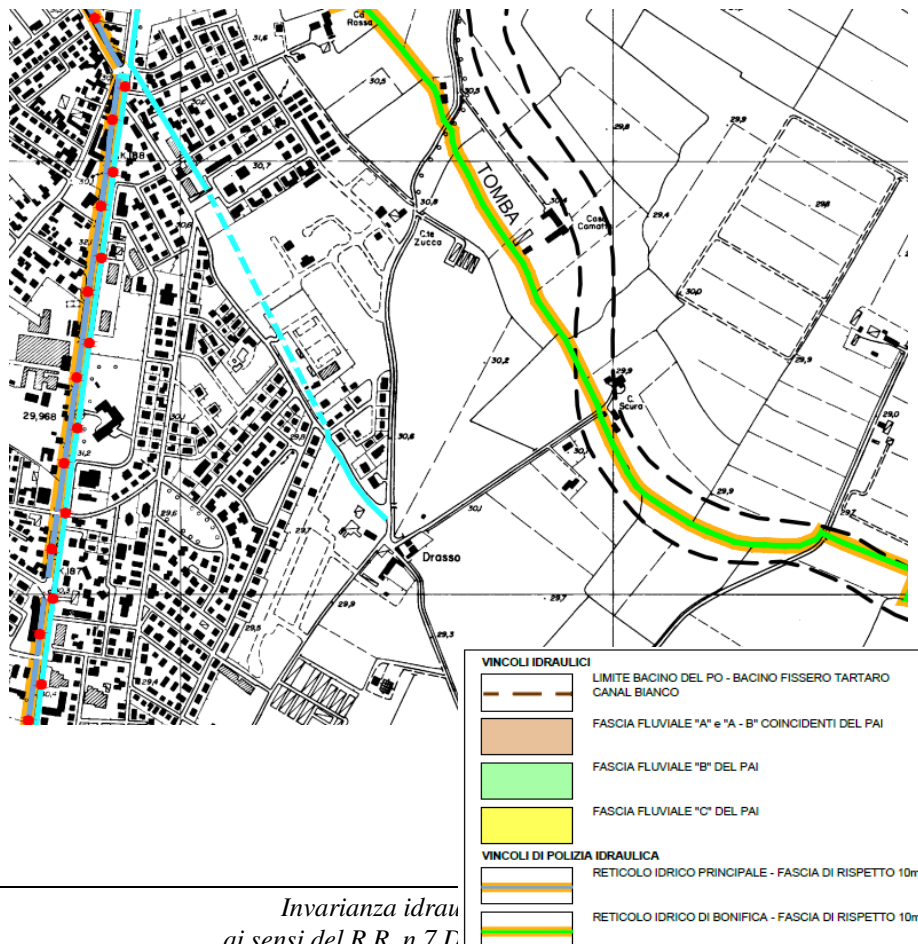
Di seguito si riporta uno schema che identifica la metodologia di calcolo del progetto di Invarianza idraulica e idrologica.

4 STUDIO DEL PGT

4.1 RISCHIO IDRAULICO

Dall'analisi del PGT la zona interessata non presenta vincoli di carattere geologico-idrogeologico.

In fregio alla proprietà passa il Canale Gambarara Vecchia tombinato pertanto di dovrà rispettare la fascia di rispetto.



*Invarianza idraulica
ai sensi del R.R. n.7 E*

4.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Il Comune di Porto Mantovano ricade all'interno della media pianura, in un contesto territoriale in cui il paesaggio, dal punto di vista morfologico, è caratterizzato dalla presenza di forme poco evidenti. Tali forme sono essenzialmente legate a processi di origine fluvio-glaciali. Detta pianura si è formata come sandur proglaciale cioè come un'entità continua con lievi ma costanti variazioni delle caratteristiche topografiche, granulometriche, morfologiche e pedologiche (sandur prossimale, intermedio e distale).

La sua evoluzione è, pertanto, legata alla presenza di un imponente sistema glaciale che ha portato alla formazione del livello fondamentale della pianura successivamente inciso dai corsi d'acqua principali.

La pianura lombarda, in cui ricade il Comune di Porto Mantovano, rappresenta una delle maggiori riserve idriche europee. Infatti, la struttura idrogeologica del territorio è caratterizzata dalla presenza di potenti livelli acquiferi sfruttabili, in particolare nella media e nella bassa pianura.

Lo stato delle conoscenze, relativamente buono e chiaramente descritto nella Relazione Generale del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia, "Classificazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei di pianura", consente di distinguere le seguenti aree idrogeologicamente importanti:

- Zona di ricarica delle falde: corrisponde alla parte settentrionale della pianura dove dominano le alluvioni oloceniche e sedimenti fluvioglaciali pleistocenici, a granulometria grossolana, e l'acquifero è praticamente ininterrotto da livelli poco permeabili. Detta area si estende quasi completamente a monte della fascia delle risorgive. In questa zona l'infiltrazione da piogge, nevi e irrigazioni, permette la ricarica tanto della prima falda come delle falde profonde.
- Zona di non infiltrazione alle falde: si trova sempre nella parte alta della pianura ma corrisponde alle aree in cui affiora la roccia impermeabile o

dove è presente una copertura argillosa (depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio e antico).

- Zona ad alimentazione mista: è ubicata nella zona centrale e meridionale della pianura, in cui le falde superficiali sono alimentate da infiltrazioni locali, ma non trasmettono tale afflusso alle falde più profonde, dalle quali sono separate da diaframmi poco permeabili. Si tratta dell'area corrispondente alla massima parte della pianura.
- Zona di interscambio tra falde superficiali e profonde si rinviene in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, soprattutto del fiume Po.

Le caratteristiche idrogeologiche risultano strettamente dipendenti dalla natura dei depositi fluviali e fluvioglaciali in quanto le caratteristiche granulometriche condizionano il grado di permeabilità e di conseguenza le modalità della circolazione idrica sotterranea.

Le principali variazioni litologiche sono contraddistinte dalla progressiva prevalenza di terreni limoso-argillosi, che si verifica sia con l'aumento della profondità sia procedendo da nord verso sud. Gli acquiferi di maggiore potenzialità si trovano entro i primi 100 metri di profondità, sede di falde libere che traggono alimentazione per lo più dall'infiltrazione superficiale delle acque meteoriche e irrigue.

Più in profondità, si hanno ulteriori acquiferi sabbiosi o, più raramente, sabbioso-ghiaiosi con falde confinate, intercalati a prevalenti limi e argille, che traggono la loro alimentazione dalle aree poste più a nord e dallo scambio con gli acquiferi soprastanti, laddove i setti argillosi di separazione sono discontinui. Secondo la ricostruzione idrostratigrafica tradizionale nella pianura lombarda, facendo riferimento alle caratteristiche di permeabilità dei litotipi e alla loro disposizione geometrica, vengono identificati i seguenti complessi acquiferi principali:

Acquifero tradizionale:

E' l'acquifero superiore, comunemente sfruttato dai pozzi pubblici. La base di tale acquifero è generalmente definita dai depositi superficiali Villafranchiani (Pleistocene Inferiore).

A partire dalla media pianura esso risulta suddiviso, da un livello poco permeabile di spessore variabile, comunque, in aumento verso la bassa pianura, in un acquifero superficiale generalmente freatico e nel sottostante acquifero tradizionale s.s., semiconfinato.

Acquifero profondo:

E' costituito dai livelli permeabili presenti all'interno dei depositi continentali del Pleistocene inferiore ed è a sua volta suddiviso in quattro corpi acquiferi minori (acquifero multistrato), separati da banchi argillosi anche molto spessi e continui.

Differentemente, secondo gli studi effettuati dalla Regione Lombardia, il bacino padano può essere suddiviso in quattro unità idrostratigrafiche (Gruppi Acquiferi A, B, C, D) separate da barriere impermeabili che si sviluppano a scala regionale.

Come evidenziato nello studio Regione Lombardia-Eni, nel territorio del Comune di Porto Mantovan, il Gruppo Acquifero A presenta una superficie basale impermeabile ad una profondità variabile: inferiore a 100 m da piano campagna, nella zona più settentrionale, e via via maggiore verso sud, dove raggiunge una profondità di quasi 200 m.

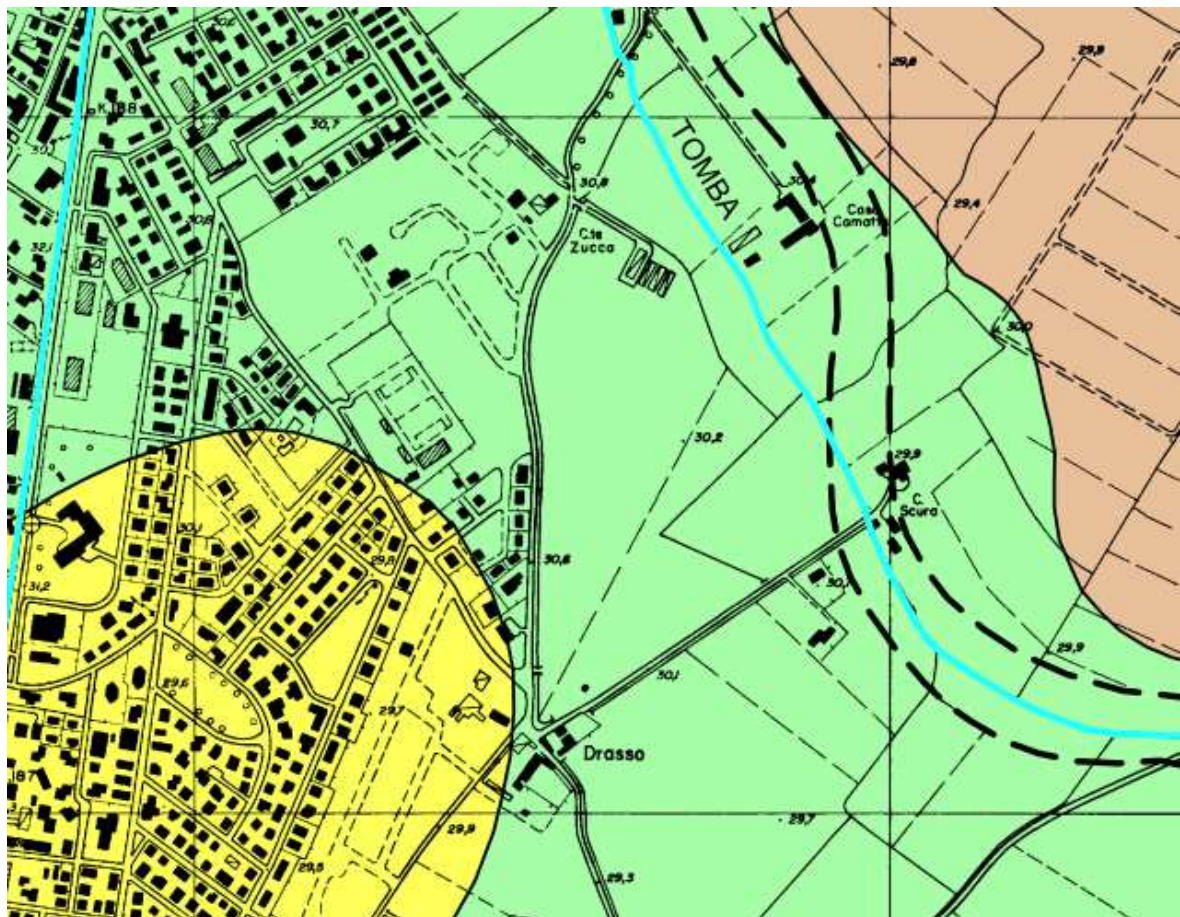
Nella stessa direzione si registra un aumento dello spessore cumulativo dei livelli poroso permeabili, il quale risulta sempre compreso tra 40 e 80 m.

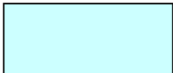
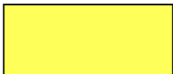
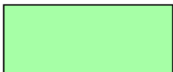
Con riferimento alla ricostruzione idrostratigrafica tradizionale nella pianura lombarda, si può invece affermare che, per quanto concerne la zona in esame, l'acquifero utile è solo quello tradizionale in quanto quelli profondi risultano occupati da acque salate.

Dall'esame di tale elaborato grafico, si nota come almeno nei primi 80 m da piano campagna, siano dominanti i depositi a permeabilità elevata (depositi prevalentemente sabbioso-ghiaiosi), mentre i livelli a permeabilità bassa (depositi prevalentemente argilloso-limosi) presentino spessori modesti e risultino difficilmente correlabili tra le differenti verticali indagate.

Ne consegue che il primo acquifero si configura come un monostrato solo localmente compartimentato dagli orizzonti a minore permeabilità.

Estratto della carta litologica



LITOLOGIA DI SUPERFICIE	
	DEPOSITI PREVALENTEMENTE GHIAIOSI (Permeabilità elevata $K=10^{-2}-10^{-3}$ cm/s)
	DEPOSITI PREVALENTEMENTE SABBIOSI (Permeabilità alta $K=10^{-3}-10^{-4}$ cm/s)
	DEPOSITI PREVALENTEMENTE LIMOSI (Permeabilità media $K=10^{-4}$ a 1×10^{-5} cm/s)
	DEPOSITI PREVALENTEMENTE ARGILLOSI (Permeabilità bassa $K=10^{-6}-10^{-7}$ cm/s)
	DEPOSITI PREVALENTEMENTE TORBOSI (Permeabilità bassa $K=10^{-5}-10^{-7}$ cm/s)
	DEPOSITI DI PALUDE

ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Comune di Porto Mantovano ricade all'interno della media pianura, in un contesto territoriale in cui il paesaggio, dal punto di vista morfologico, è caratterizzato dalla presenza di forme poco evidenti. Tali forme sono essenzialmente legate a processi di origine fluvio-glaciali. Detta pianura si è formata come sandur proglaciale cioè come un'entità continua con lievi ma costanti variazioni delle caratteristiche topografiche, granulometriche, morfologiche e pedologiche (sandur prossimale, intermedio e distale).

La sua evoluzione è, pertanto, legata alla presenza di un imponente sistema glaciale che ha portato alla formazione del livello fondamentale della pianura successivamente inciso dai corsi d'acqua principali.

La pianura lombarda, in cui ricade il Comune di Porto Mantovano, rappresenta una delle maggiori riserve idriche europee. Infatti, la struttura idrogeologica del territorio è caratterizzata dalla presenza di potenti livelli acquiferi sfruttabili, in particolare nella media e nella bassa pianura.

Lo stato delle conoscenze, relativamente buono e chiaramente descritto nella Relazione Generale del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia, “Classificazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei di pianura”, consente di distinguere le seguenti aree idrogeologicamente importanti:

- Zona di ricarica delle falde: corrisponde alla parte settentrionale della pianura dove dominano le alluvioni oloceniche e sedimenti fluvioglaciali pleistocenici, a granulometria grossolana, e l'acquifero è praticamente ininterrotto da livelli poco permeabili. Detta area si estende quasi completamente a monte della fascia delle risorgive. In questa zona l'infiltrazione da piogge, nevi e irrigazioni, permette la ricarica tanto della prima falda come delle falde profonde.
- Zona di non infiltrazione alle falde: si trova sempre nella parte alta della pianura ma corrisponde alle aree in cui affiora la roccia impermeabile o dove è presente una copertura argillosa (depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio e antico).
- Zona ad alimentazione mista: è ubicata nella zona centrale e meridionale della pianura, in cui le falde superficiali sono alimentate da infiltrazioni locali, ma non trasmettono tale afflusso alle falde più profonde, dalle quali sono separate da diaframmi poco permeabili. Si tratta dell'area corrispondente alla massima parte della pianura.
- Zona di interscambio tra falde superficiali e profonde si rinviene in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, soprattutto del fiume Po.

Le caratteristiche idrogeologiche risultano strettamente dipendenti dalla natura dei depositi fluviali e fluvioglaciali in quanto le caratteristiche granulometriche condizionano il grado di permeabilità e di conseguenza le modalità della circolazione idrica sotterranea.

Le principali variazioni litologiche sono contraddistinte dalla progressiva prevalenza di terreni limoso-argillosi, che si verifica sia con l'aumento della profondità sia procedendo da nord verso sud. Gli acquiferi di maggiore potenzialità si trovano entro i primi 100 metri di profondità, sede di falde libere che traggono

alimentazione per lo più dall'infiltrazione superficiale delle acque meteoriche e irrigue.

Più in profondità, si hanno ulteriori acquiferi sabbiosi o, più raramente, sabbioso-ghiaiosi con falde confinate, intercalati a prevalenti limi e argille, che traggono la loro alimentazione dalle aree poste più a nord e dallo scambio con gli acquiferi soprastanti, laddove i setti argillosi di separazione sono discontinui. Secondo la ricostruzione idrostratigrafica tradizionale nella pianura lombarda, facendo riferimento alle caratteristiche di permeabilità dei litotipi e alla loro disposizione geometrica, vengono identificati i seguenti complessi acquiferi principali:

Acquifero tradizionale:

E' l'acquifero superiore, comunemente sfruttato dai pozzi pubblici. La base di tale acquifero è generalmente definita dai depositi superficiali Villafranchiani (Pleistocene Inferiore).

A partire dalla media pianura esso risulta suddiviso, da un livello poco permeabile di spessore variabile, comunque, in aumento verso la bassa pianura, in un acquifero superficiale generalmente freatico e nel sottostante acquifero tradizionale s.s., semiconfinato.

Acquifero profondo:

E' costituito dai livelli permeabili presenti all'interno dei depositi continentali del Pleistocene inferiore ed è a sua volta suddiviso in quattro corpi acquiferi minori (acquifero multistrato), separati da banchi argillosi anche molto spessi e continui.

Differentemente, secondo gli studi effettuati dalla Regione Lombardia, il bacino padano può essere suddiviso in quattro unità idrostratigrafiche (Gruppi Acquiferi A, B, C, D) separate da barriere impermeabili che si sviluppano a scala regionale.

Come evidenziato nello studio Regione Lombardia-Eni, nel territorio del Comune di Porto Mantovan, il Gruppo Acquifero A presenta una superficie basale impermeabile ad una profondità variabile: inferiore a 100 m da piano campagna,

nella zona più settentrionale, e via via maggiore verso sud, dove raggiunge una profondità di quasi 200 m.

Nella stessa direzione si registra un aumento dello spessore cumulativo dei livelli poroso permeabili, il quale risulta sempre compreso tra 40 e 80 m.

Con riferimento alla ricostruzione idrostratigrafica tradizionale nella pianura lombarda, si può invece affermare che, per quanto concerne la zona in esame, l'acquifero utile è solo quello tradizionale in quanto quelli profondi risultano occupati da acque salate.

Dall'esame di tale elaborato grafico, si nota come almeno nei primi 80 m da piano campagna, siano dominanti i depositi a permeabilità elevata (depositi prevalentemente sabbioso-ghiaiosi), mentre i livelli a permeabilità bassa (depositi prevalentemente argilloso-limosi) presentino spessori modesti e risultino difficilmente correlabili tra le differenti verticali indagate.

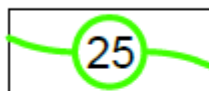
Ne consegue che il primo acquifero si configura come un monostrato solo localmente compartimentato dagli orizzonti a minore permeabilità.

La falda freatica è stata individuata a 2.00 m da p.c., la stessa è soggetta a fluttuazioni.

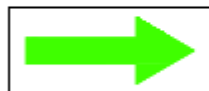
Estratto della carta idrogeologica



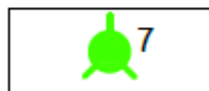
IDROLOGIA SOTTERRANEA



ISOPIEZOMETRICHE DELL' ACQUIFERO
SUPERFICIALE E LORO QUOTA ASSOLUTA
(metri s.l.m.)



DIREZIONE DI FLUSSO DELL' ACQUA SOTTERRANEA



POZZI A STRATIGRAFIA NOTA E LORO
NUMERO D' ORDINE

4.2 CARATTERISTICHE DI PERMEABILITA' DEL SITO

*Invarianza idraulica e idrologica
ai sensi del R.R. n.7 DEL 23.11.2017 e s.m.i.*

Al fine di determinare le caratteristiche della permeabilità dei terreni studiati è stata ricostruita la stratigrafia a seguito di studi pregressi realizzati in occasione della redazione della relazione geologica per la costruzione di detti edifici.

La successione litostratigrafia dell'area in esame è la seguente:

LITOSTRATIGRAFIA			
A	0.0	-	0.40 m terreno agronomico
B	0.40	-	1.60 m deposito limoso
C	1.60	-	3.80 m deposito sabbia con lenti di ghiaia

La falda la si rinviene a 2.00 m da p.c., la stessa è soggetta a fluttuazioni.

La determinazione del coefficiente di permeabilità K è stata effettuata tramite una prova di permeabilità tipo Lefranc a livello variabile, secondo le norme AGI 1977. Essa è stata realizzata durante l'esecuzione del sondaggio geognostico.

Si tratta di una prova puntuale la quale ha interessato lo strato di terreno compreso tra 0.40 m da p.c. fino al fondo scavo. Tra 0.4 e 3.0 m da p.c. si è costruita la lanterna entro la quale si è calcolata K, mentre la parte rimanente del foro è stata rivestita con tubo in PVC. L'esecuzione della prova consiste nel riempire con acqua pulita la parte vuota del tubo, ovvero la parte sopra falda. Quindi, all'istante in cui si sospende l'immissione dell'acqua si misura l'altezza del livello e si fa partire il contasecondi annotando ora e minuti di partenza. Poi successivamente, si eseguono le letture del livello a intervalli di tempo annotando sia il livello dell'acqua che il tempo di ciascuna lettura.

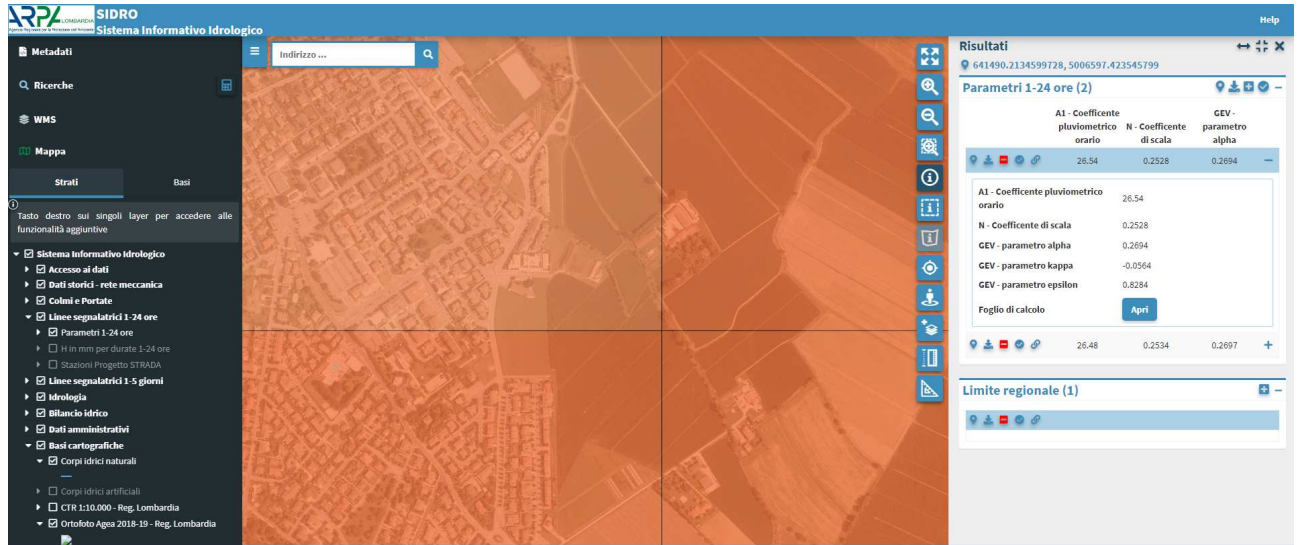
Il valore di K trovato è:

Sondaggio	Intervallo di prova (m dal p.c.)	Litozona	K (m/s)
S1	0.4-1.60	Deposito limoso	1×10^{-4}
S2	1.60 -3.00	Deposito sabbioso ghiaioso	1×10^{-3}

5 VALUTAZIONE IDROLOGICHE

Utilizzando il programma idrologico della Regione Lombardia (dati idrologici ARPA) sono stati calcolati i valori di pioggia intensa in mm/h utilizzando il coefficiente pluviometrico orario considerando l'area oggetto in studio.

Valutazione Idrologiche con programma ARPA – Individuazione area in esame



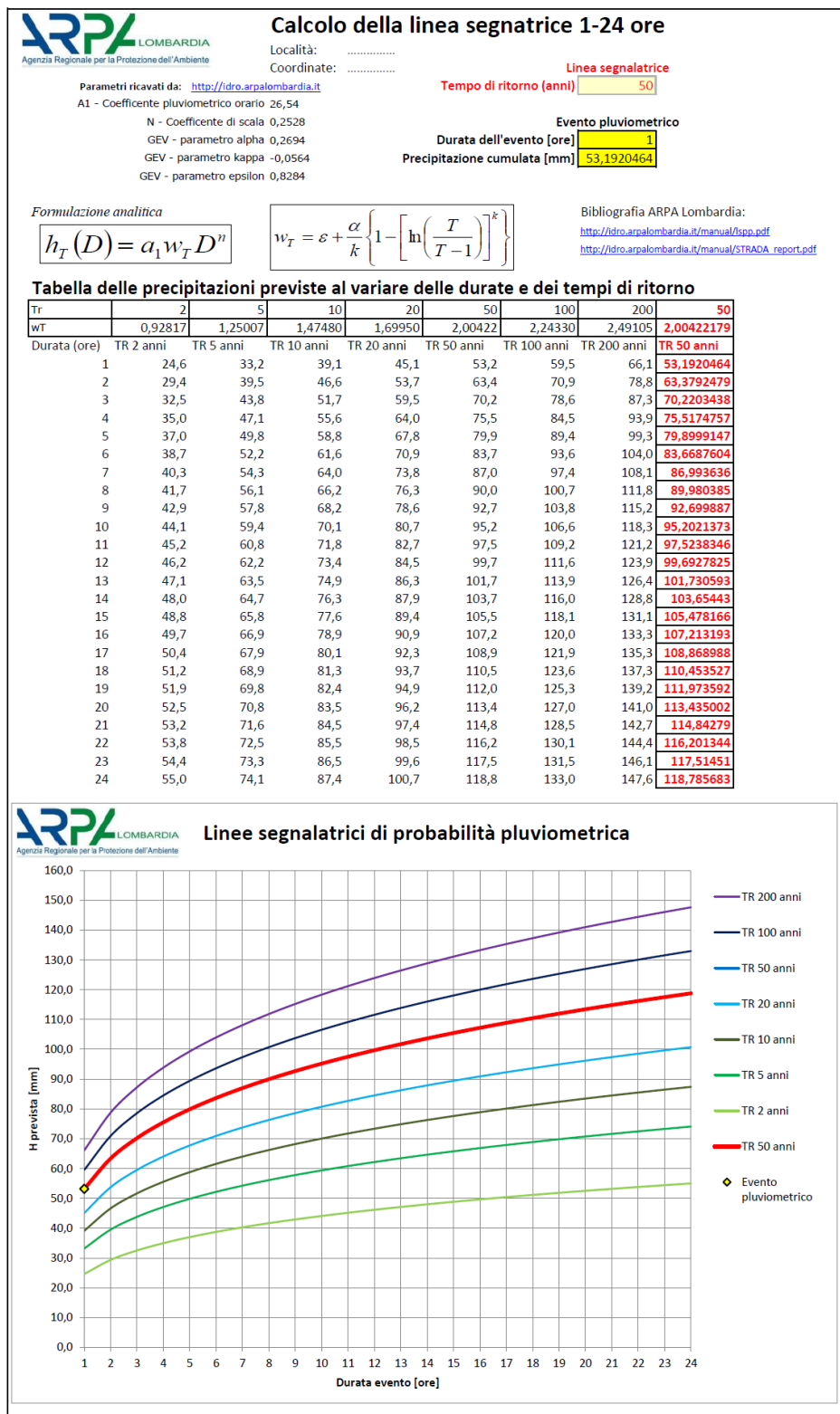
Livello: Parametri 1-24 ore

<i>Parametro</i>	<i>Valore</i>
A1 - Coefficiente pluviometrico orario	26.54
N - Coefficiente di scala	0.2528
GEV - parametro alpha	0.2694
GEV - parametro kappa	-0.0564
GEV - parametro epsilon	0.8284

Di seguito si riportano i coefficienti ricavati con tempi di ritorno 50, 100 e 200 anni:

PIOGGIA INTENSA IN mm/h	
TEMPO DI RITORNO	
50	53.19
100	59.53
200	66.11

Di seguito si riportano la tabella di calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore e il diagramma delle Linee Segnalatrici di probabilità pluviometrica tratto dal programma idrologico di ARPA Lombardia per tempi di ritorno di 5-10-20-50-100 e 200 anni.



Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

 Località:
 Coordinate:

 Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 26,54

N - Coefficiente di scala 0,2528

GEV - parametro alpha 0,2694

GEV - parametro kappa -0,0564

GEV - parametro epsilon 0,8284

Linea segnatrice

 Tempo di ritorno (anni) **100**
Evento pluviometrico

 Durata dell'evento [ore] **1**

 Precipitazione cumulata [mm] **59,5371533**

Formulazione analitica

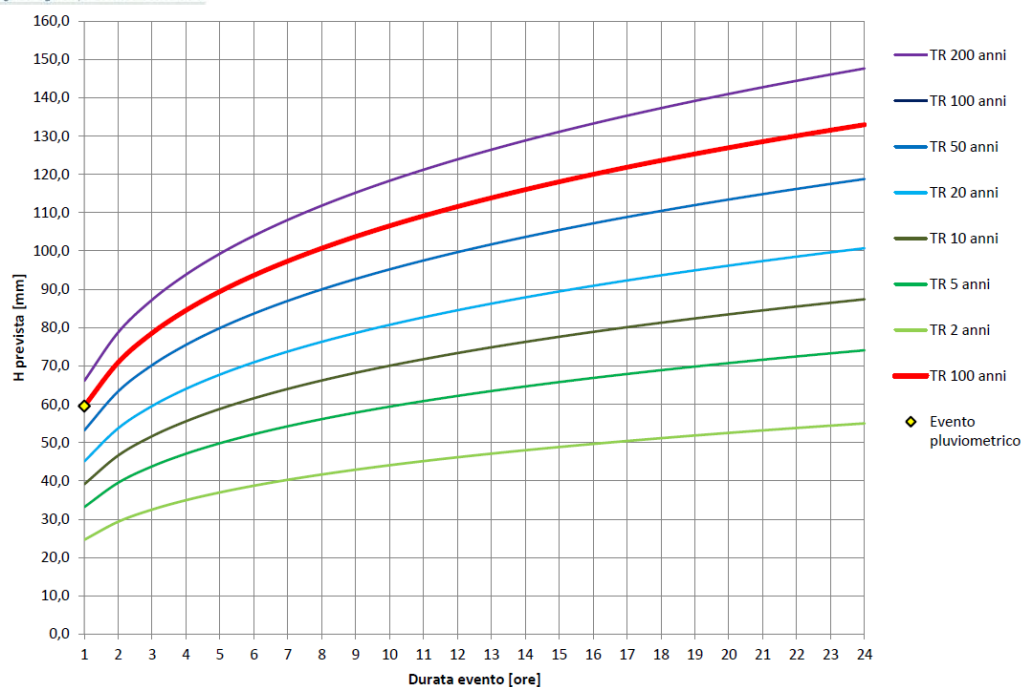
$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/lsp.pdf>
http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf
Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	100
wT	0,92817	1,25007	1,47480	1,69950	2,00422	2,24330	2,49105	2,24329892
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 100 anni
1	24,6	33,2	39,1	45,1	53,2	59,5	66,1	59,5371533
2	29,4	39,5	46,6	53,7	63,4	70,9	78,8	70,9395532
3	32,5	43,8	51,7	59,5	70,2	78,6	87,3	78,5967013
4	35,0	47,1	55,6	64,0	75,5	84,5	93,9	84,5257108
5	37,0	49,8	58,8	67,8	79,9	89,4	99,3	89,4309168
6	38,7	52,2	61,6	70,9	83,7	93,6	104,0	93,6493359
7	40,3	54,3	64,0	73,8	87,0	97,4	108,1	97,3708251
8	41,7	56,1	66,2	76,3	90,0	100,7	111,8	100,713854
9	42,9	57,8	68,2	78,6	92,7	103,8	115,2	103,757756
10	44,1	59,4	70,1	80,7	95,2	106,6	118,3	106,558492
11	45,2	60,8	71,8	82,7	97,5	109,2	121,2	109,157137
12	46,2	62,2	73,4	84,5	99,7	111,6	123,9	111,584812
13	47,1	63,5	74,9	86,3	101,7	113,9	126,4	113,865706
14	48,0	64,7	76,3	87,9	103,7	116,0	128,8	116,019031
15	48,8	65,8	77,6	89,4	105,5	118,1	131,1	118,060315
16	49,7	66,9	78,9	90,9	107,2	120,0	133,3	120,002308
17	50,4	67,9	80,1	92,3	108,9	121,9	135,3	121,855617
18	51,2	68,9	81,3	93,7	110,5	123,6	137,3	123,62917
19	51,9	69,8	82,4	94,9	112,0	125,3	139,2	125,330559
20	52,5	70,8	83,5	96,2	113,4	127,0	141,0	126,966296
21	53,2	71,6	84,5	97,4	114,8	128,5	142,7	128,542015
22	53,8	72,5	85,5	98,5	116,2	130,1	144,4	130,062626
23	54,4	73,3	86,5	99,6	117,5	131,5	146,1	131,532436
24	55,0	74,1	87,4	100,7	118,8	133,0	147,6	132,955243

Linee segnatrici di probabilità pluviometrica


6 CONSIDERAZIONI IDRAULICHE E METODOLOGIA DI CALCOLO

Il calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale è il risultato della somma delle superfici scolanti impermeabili moltiplicate per il proprio coefficiente di deflusso.

$$\varphi = \frac{\varphi_{verde} \cdot A_{verde} + \varphi_{copertura} \cdot A_{copertura} + \varphi_{passaggi} \cdot A_{passaggi}}{A_{tot.}}$$

Coefficienti di deflusso:

$\Phi = 1$ per le superfici impermeabili

$\Phi = 0.7$ per pavimentazioni drenanti o semipermeabili

$\Phi = 0.3$ per aree permeabili di qualsiasi tipo

$\Phi = 0$ per superfici incolte o di uso agricolo

Coefficiente di deflusso medio ponderale:1

PARCHEGGIO 3: 393 mq

PARCHEGGIO 4: 296 mq

Confrontando i dati pluviometrici locali e le valutazioni idrologiche di Arpa Lombardia sono state calcolate le portate massime di accumulo dell'acqua derivante dalla superficie impermeabile in progetto considerando le superfici delle diverse unità.

Si può determinare la classe di intervento e la metodologia di calcolo da applicare al nostro progetto.

Classe d'intervento: 2 impermeabilizzazione potenziale media

Modalità di calcolo: Procedura del calcolo dettagliato

7 CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE

RICHIAMI TEORICI

La valutazione è stata eseguita con i dati forniti dalla Regione Lombardia (idro.arpalombardia.it) e permette di costruire le curve di possibilità pluviometrica attraverso l'utilizzo di un foglio di calcolo dal quale si ottengono le linee segnalatrici di pioggia per i vari tempi di pioggia e per i diversi tempi di ritorno T_r .

La parametrizzazione delle linee segnalatrici sviluppata da Arpa Lombardia utilizza la distribuzione di probabilità del valore estremo a tre parametri, la General Extreme Value (GEV), considerata analiticamente più appropriata rispetto alla distribuzione di Gumbel (a due parametri) per la descrizione statistica.

Il foglio di calcolo Excel utilizzato, facilmente reperibile dal sito citato in precedenza, è stato redatto da Arpa Lombardia in collaborazione con il Politecnico di Milano e descrive, il modello di previsione delle precipitazioni (modellazione statistica) di forte intensità e breve durata.

Per lo studio in esame si è fatto riferimento alle curve che considerano l'intervallo di tempo 1-24 h poiché si vuole valutare l'altezza di pioggia per il tempo di precipitazione che mette in crisi il bacino, che, secondo le ipotesi del modello razionale, coincide proprio con il tempo di corrivazione. Dove per tempo di corrivazione di un punto del bacino si intende il tempo necessario affinché la goccia d'acqua caduta in quel punto possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino considerato.

La formula generale per il calcolo dell'altezza di pioggia secondo la distribuzione GEV assume la seguente forma:

$$h_T(D) = a_1 \cdot w_t \cdot D^n$$

Dove sono indicati con:

a_1 = coefficiente pluviometrico orario;

n = coefficiente di scala;

D = durata evento.

Il fattore di crescita viene determinato applicando a scala regionale il modello probabilistico del valore estremo, ossia ipotizzando per la variabile aleatoria w_t la distribuzione a tre parametri:

$$w_t = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

7.1 Risultati mediante applicazione della procedura dettagliata

L'art.11 comma 2 del Regolamento Regionale 7/2017 indica la metodologia di calcolo dell'invarianza idraulica ed idrologica per il rispetto dei limiti di scarico in caso di interventi di impermeabilizzazione potenziale media o alta ricadenti negli ambiti territoriali di criticità media o alta (come nel caso in esame). Inoltre fornisce indicazioni in merito alla redazione del progetto di invarianza idraulica ed idrologica, per il quale devono essere assunti i seguenti valori di tempo di ritorno:

- $Tr=50$ anni: da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse;
- $Tr=100$ anni: da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate o per il dimensionamento e la verifica di eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati.

Secondo quanto riportato nell'Allegato G del R.R., la procedura di calcolo dettagliata prevede di computare in dettaglio la trasformazione afflussi – deflussi di laminazione in progetto mediante la costruzione dello ietogramma di progetto tipo Chicago. Si tratta di un ietogramma di progetto ad intensità variabile la cui principale caratteristica consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica.

Rispetto ad uno ietogramma costante, quello di Chicago rappresenta il picco di intensità, le precipitazioni antecedenti e seguenti il picco ed i volumi totali. Il picco può essere posizionato arbitrariamente all'inizio dell'evento, alla fine o in punto intermedio.

Lo ietogramma Chicago è rappresentato dalle seguenti equazioni, funzioni del tempo e della posizione del picco:

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{r \cdot tp - t}{r} \right)^{n-1} \text{ per } t < r \cdot tp \text{ (prima del picco)}$$

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t - r \cdot tp}{1-r} \right)^{n-1} \text{ per } t > r \cdot tp \text{ (dopo il picco)}$$

In base ai parametri sopra citati della curva di possibilità pluviometrica, assumendo uno ietogramma tipo Chicago con posizione del picco 0.4 e durata

d=1 ora, si ottengono i grafici riportati nelle pagine seguenti con riferimento a Tr=50 anni.

Calcolo del volume W_0 : Procedura dettagliata

PARCHEGGIO 3 – 393 mq

$$S = 0.0393 \text{ ha} \quad A_1 = 26.95 \text{ mm/ora}^n \quad n = 0,5 \quad \phi = 1 \quad W_t = 2.23$$

$$a = W_t \times A_1 = 59.53 \text{ mm/h}$$

$$D_w = t_c$$

$$t_c = 0.127 * (S^{0.5} / i^{0.5})$$

$$t_c = 0.127 * (0.000393^{0.5} / 0.003^{0.5}) = 0.045966 \text{ ore} = 2.75 \text{ min}$$

$$D_p = a * D_p^n = 0.4 * 0.045966 = 0.018387 \text{ ore}$$

$$D_d = a * D_d^n = 0.6 * 0.045966 = 0.02758 \text{ ore}$$

$$h_p = a * D_p^n = 59.53 * 0.018387^{0.50} = 8.072082 \text{ mm} = 0.008072 \text{ m}$$

$$h_d = a * D_d^n = 59.53 * 0.02758^{0.50} = 9.886241 \text{ mm} = 0.009886 \text{ m}$$

$$W_0 = (h_p + h_d) * S = (0.008072 + 0.009886) * 393 = 8 \text{ mc}$$

Tutti i calcoli sono stati eseguiti con una pioggia con Tr100 anni pertanto i franchi di sicurezza dell'invaso sono verificati.

PARCHEGGIO 4 – 296 mq

$$S = 0.0296 \text{ ha} \quad A_1 = 26.95 \text{ mm/ora}^n \quad n = 0,5 \quad \phi = 1 \quad W_t = 2.23$$

$$a = W_t \times A_1 = 59.53 \text{ mm/h}$$

$$D_w = t_c$$

$$t_c = 0.127 * (S^{0.5} / i^{0.5})$$

$$t_c = 0.127 * (0.000296^{0.5} / 0.003^{0.5}) = 0.039892 \text{ ore} = 2.39 \text{ min}$$

$$D_p = a * D_p^n = 0.4 * 0.039892 = 0.015957 \text{ ore}$$

$$D_d = a * D_d^n = 0.6 * 0.039892 = 0.023935 \text{ ore}$$

$$hp = a \cdot Dp^n = 59.53 \cdot 0.015957^{0.50} = 7.51987 \text{ mm} = 0.00752 \text{ m}$$

$$hd = a \cdot Dd^n = 59.53 \cdot 0.023935^{0.50} = 9.209923 \text{ mm} = 0.00921 \text{ m}$$

$$W_0 = (hp + hd) \cdot S = (0.00752 + 0.00921) \cdot 296 = 6 \text{ mc}$$

Tutti i calcoli sono stati eseguiti con una pioggia con Tr100 anni pertanto i franchi di sicurezza dell'invaso sono verificati.

Lo svuotamento avverrà nel sottosuolo attraverso una condotta disperdente inserita all'interno di una trincea con un fondo ghiaia di 30 cm per aiutare il drenaggio delle acque.

Considerando una superficie di dispersione pari a 55 mq (55 ml x 1 m)

La portata uscente sarà di:

$$Q_{usc} = 70.55 \times 0.0055 = 0.4 \text{ l/s}$$

$$T_{svuot} = (52 \text{ mc} \cdot 1000 \text{ l}) / 0.4 \text{ l/s} = 36 \text{ ore} < 48 \text{ ore (limite imposto dal R.R. 7 del 23 novembre 2017 e s.m.i.)}$$

8 OPERE DI LAMINAZIONE / INFILTRAZIONE

Si è proceduto ad analizzare l'intervento nella propria globalità identificando la posizione in cui realizzare le opere di laminazione delle portate meteoriche. La soluzione adottata prevede la costruzione di un sistema misto composto da una rete di condotte e pozzetti con diametro variabile DE630 SN8 – 250mm per il parcheggio 4 mentre per il parcheggio 3 la linea principale sarà una condotta DE400mm SN8. Tali linee saranno collegate alla linea pubblica delle acque meteoriche in quanto la bassa permeabilità del terreno e l'alta soggiacenza della falda freatica non permettono la dispersione in situ.

PARCHEGGIO 4

- Volume da laminare: **8 mc**
- Condotta di laminazione 630mm – 24 ml: **7.50 mc**
- N.4 pozzetti di 1 X 1 X 1.5m con caditoia D400 = **6 mc**

Volume invasore: **13.50 mc > 8 mc** necessari

Tale condotta destinata alla raccolta e alla laminazione delle acque sarà collegata alla rete meteorica esistente tra strada Dosso e via Berlinguer mediante una condotta in PVC200 mm.

PARCHEGGIO 3

- Volume da laminare: **6 mc**
- Condotta di laminazione 400mm – 80 ml: **10 mc**
- N.8 pozzetti di 1 X 1 X 1.5m con caditoia **D400**

Volume invaso: **10 mc > 6 mc** necessari

Tale condotta destinata alla raccolta e alla laminazione delle acque sarà collegata alla rete meteorica esistente in strada Dosso mediante una condotta in PVC200 mm.

VERIFICA RETE DI DRENAGGIO – SISTEMA DI RACCOLTA

Parcheggio 3

Le acque meteoriche provenienti dalle aree collegate alla condotta saranno raccolte mediante una rete di drenaggio costituita da condotte in PVC con diametro interno pari a 400 mm.

Verrà considerato solamente il tratto interessato dalla massima portata in quanto è previsto che l'intera rete di raccolta sia realizzata con tubazioni in **DE400SN** e pendenza 2‰ le quali confluiscono in una condotta di diametro 400mm.

Le tubazioni sono caratterizzate dalle seguenti caratteristiche:

Superficie impermeabile afferente	393 mq
Diametro	400 mm
materiale	PVC
pendenza	2‰
KStrickler	120 m/s ^{1/3}

Considerando la sezione di chiusura della porzione di rete di drenaggio afferente alla tubazione oggetto di verifica e considerando, a titolo cautelativo, la curva di possibilità pluviometrica definita dal R.R. n. 7/2017 e s.m.i., associata ad un tempo di ritorno T= 100 anni, si ottiene quanto segue:

$$h' = a \cdot D^{(n-1)} = a \cdot i \cdot t \cdot D^{(n-1)} = 59.53 \cdot 0.455 \text{ ora} = 27.08 \text{ mm/ora}$$

- A = superficie afferente = 393 m²
- i = intensità di pioggia = 59.53 mm/h

Risulta quindi:

Quindi la portata massima risulta (T= 100 anni)

$$Q = 393 \text{ mq} \times 27.08 \text{ mm/ora} = 10.642 \text{ l/ora} = 2.95 \text{ l/s}$$

Pertanto, la portata massima affluente risulta pari a 2.95 l/s.

RISULTATI DELLA VERIFICA IDRAULICA DELLE TUBAZIONI

In funzione della portata massima di progetto è stata eseguita la verifica idraulica delle tubazioni, considerando il rapporto di riempimento della condotta al 70% e con una pendenza dello 3‰. Le caratteristiche di moto nei tratti di tubazione sono state calcolate mediante la formula Chezy e coefficiente di scabrezza secondo Strickler pari a $120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per DE400SN8: 101 l/s

Pertanto:

$$2.95 \text{ l/s} < 101 \text{ l/s portata condotta DE400}$$

la condotta è verificata per la superficie maggiore afferente

Parcheggio 4**CONDOTT DA VERIFICARE: DE630SN8**

Superficie impermeabile afferente	296 mq (tutta l'area impermeabile)
Diametro	630 mm
materiale	PVC
pendenza	2‰
KStrickler	$100 \text{ m/s}^{1/3}$

Considerando la sezione di chiusura della porzione di rete di drenaggio afferente alla tubazione oggetto di verifica e considerando, a titolo cautelativo, la curva di possibilità pluviometrica definita dal R.R. n. 7/2017 e s.m.i., associata ad un tempo di ritorno $T = 100$ anni, si ottiene quanto segue:

$$h' = a \cdot D^{(n-1)} = a \cdot i \cdot D^{(n-1)} = 59.53 \cdot 0.455 \text{ ora} = 27.08 \text{ mm/ora}$$

- A = superficie afferente = 296 m^2
- i = intensità di pioggia = 59.53 mm/h

Risulta quindi:

Quindi la portata massima risulta ($T = 100$ anni)

$$Q = 296 \text{ mq} \times 27.08 \text{ mm/ora} = 8.015 \text{ l/ora} = 2.22 \text{ l/s}$$

Pertanto, la portata massima affluente risulta pari a 2.22 l/s

RISULTATI DELLA VERIFICA IDRAULICA DELLE TUBAZIONI

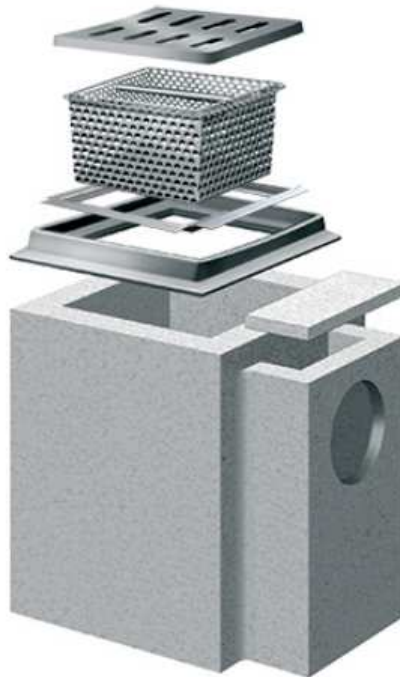
In funzione della portata massima di progetto è stata eseguita la verifica idraulica delle tubazioni, considerando il rapporto di riempimento della condotta al 70% e con una pendenza dello 2‰. le caratteristiche di moto nei tratti di tubazione sono state calcolate mediante la formula Chezy e coefficiente di scabrezza secondo Strickler pari a $100 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per PV630: 340 l/s

Pertanto:

$$2.22 \text{ l/s} < 340 \text{ l/s portata condotta DE630}$$

la condotta è verificata per la superficie maggiore afferente

I pozzetti di raccolta con apposita caditoia D400 avranno le seguenti dimensioni
1m x 1m x 1.5 m h. (si riporta pozzetto tipo)



9 TEMPO DI SVUOTAMENTO

La condotta prevede un allaccio alla linea pubblica delle acque meteoriche.

$Q_u = 20 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \times 0.0689$ (intero comparto) = 1.3 l/s La normativa impone un limite minimo di 1 l/s verso il ricettore pertanto ogni scarico scaricherà 1 l/s

$$T_s = (8 \text{ mc} \cdot 1000) / 1 = 2 \text{ ore}$$

$T_s = (6 \text{ mc} \cdot 1000) / 1 = 2 \text{ ore}$

(limite di 48 ore fissato nell'articolo 11, comma 2, lettera f) dal R.R. n.7 del 23 novembre 2017 e s.m.i.)

10 CONCLUSIONI

Le indagini geologiche e idrogeologiche eseguite sull'area di intervento hanno evidenziato due precise criticità: i terreni superficiali sono poco permeabili e la falda idrica si trova a una quota molto superficiale (falda alta 2.00 m dal p.c. soggetta a fluttuazioni). Queste caratteristiche del suolo impediscono di utilizzare sistemi di drenaggio e dispersione diretta nel terreno (come trincee drenanti o pozzi perdenti), poiché l'acqua meteorica non riuscirebbe ad assorbirsi nei tempi corretti, causando il rischio di rigurgiti o allagamenti superficiali.

Per questo motivo, in piena conformità con le norme sull'invarianza idraulica previste dal **Regolamento Regionale della Lombardia n. 7/2017 e s.m.i.**, si è scelto di gestire le acque meteoriche attraverso un sistema di accumulo e rilascio controllato.

Il volume di laminazione necessario per contenere le piogge critiche di progetto è stato ricavato sfruttando la capacità di una specifica **rete di condotte di accumulo interrate**. Questo sistema consente di trattenere temporaneamente l'acqua in modo sicuro, senza risentire della presenza della falda alta.

Le acque accumulate saranno poi scaricate nel corpo ricettore finale, individuato nella **fognatura pubblica (acque meteoeriche) presente tra strada Dosso e Via Berlinguer (parcheggio 3) e strada del Dosso (parcheggio 4)**.

Seguendo le indicazioni del R.R. 7/2017 e s.m.i. della Regione Lombardia, sono stati calcolati:

- le superfici impermeabili;
- le precipitazioni di progetto;
- i volumi di laminazione;
- le portate di infiltrazione dell'opera disperdente;
- i tempi di svuotamento.

Tutti gli elementi esaminati sono risultati conformi ai requisiti previsti dal regolamento.

A conclusione dei lavori, il Direttore dei Lavori dovrà procedere, tramite il portale INVID, alla compilazione della segnalazione certificata da presentare ai fini dell'agibilità.

Tale segnalazione dovrà essere corredata da:

- dichiarazione di conformità delle opere realizzate, sottoscritta dal Direttore dei Lavori, che attesti la congruità e la rispondenza delle opere di invarianza idraulica a quanto previsto in progetto, con particolare riferimento al rispetto dei limiti ammissibili di portata di scarico;
- certificato di collaudo, se previsto, oppure certificato di conformità alla normativa di settore delle opere di invarianza idraulica e idrologica, ai sensi dell'art. 6, comma 5, del Regolamento Regionale n. 7/2017 e s.m.i.

In caso di varianti di progetto che comportino modifiche di superfici con conseguente variazioni alle opere di invarianza idraulica o alle relative portate di scarico, la presente relazione dovrà essere aggiornata e ripresentata in conformità alle nuove previsioni progettuali.

San Giorgio Bigarello, Luglio 2026

IL TECNICO

Dott. Geol. Rosario Spagnolo

DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE

Tav.02a Parcheggio 3

Tav.03a Parcheggio 4

C. PIANO DI MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA

Il presente allegato definisce l'insieme delle informazioni atte a permettere la manutenzione dell'intervento da realizzare nonché a fornire elementi utili a limitare i danni da un utilizzo improprio consentendo di eseguire le operazioni atte alla conservazione.

Le procedure e le indicazioni fornite nel presente documento sono redatte per portare a conoscenza del servizio di gestione quegli aspetti particolari e specifici, caratteristici dell'intervento progettato.

Il presente manuale di manutenzione andrà integrato dall'impresa esecutrice dei lavori con i manuali di manutenzione specifici di ogni sua parte.

Le opere previste in progetto possono essere suddivise così

Pozzetti	Rimuovere i depositi
Condotte in pvc	Verifica del corretto deflusso dell'acqua e dell'integrità. Pulizia a scorrimento
Caditoie	Rimuovere i depositi

Attività di manutenzione

- Pulizia scorrimento
- Rimozione di eventuali accumuli di sedimenti

Per le altre componenti dell'impianto:

- pulizia rifiuti;
- rimozione detriti;
- taglio selettivo delle specie vegetali;
- controllo di eventuali specie infestanti;
- eliminazione di problemi di scorrimento e/o intasamento;
- ispezione. controllo dell'efficienza

Gli interventi di manutenzione straordinaria da svolgere successivamente al riscontro di malfunzionamenti e sempre successivamente al verificarsi di eventi straordinari che abbiano danneggiato in tutto o in parte gli impianti di drenaggio.

- pulizia e smaltimento rifiuti;
- rimozione e smaltimento detriti;
- risoluzione di problemi di intasamento;
- ispezione, controllo dell'efficienza e sostituzione di eventuali componenti.

SI ALLEGA MANUTENZIONE DAKU

D. ALLEGATO E

Asseverazione in merito alla conformità del progetto ai contenuti del R.R. 7/2017 e smi.

La presente asseverazione è in allegato alla relazione con firma digitale.