



COMUNE DI PORTO MANTOVANO

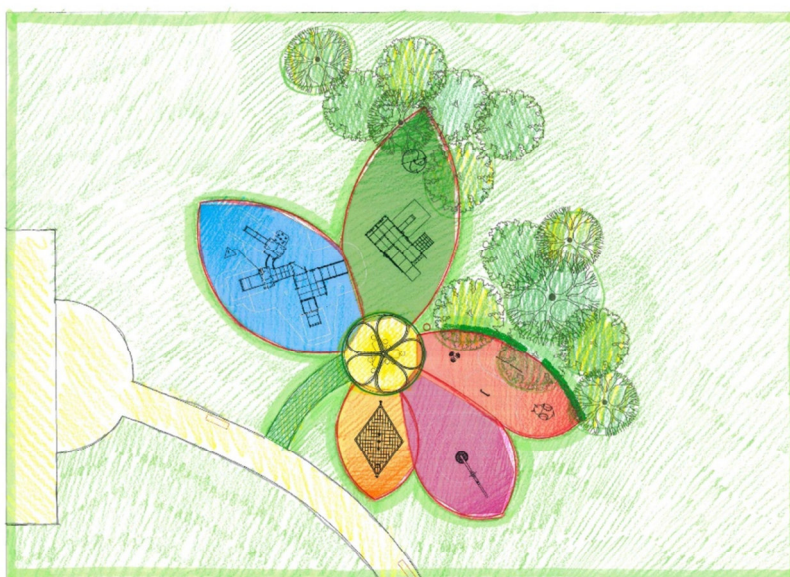
PROVINCIA DI MANTOVA



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

**REALIZZAZIONE DI PARCO INCLUSIVO
ALLA CA' ROSSA DI PORTO MANTOVANO
CUP: C31B21004640001 - PNRR MISURA M5-C2-I2.1**

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO



PROGETTO INVARIANZA IDRAULICA
RELAZIONE TECNICA

Responsabile Unico del Procedimento: architetto Rosanna Moffa		Progettista opere invarianza idraulica: ingegnere Paolo Ravelli Sottoscritti digitalmente ai sensi dell'art. 21 D.Lgs n 82/2005 e s.m.i.
Elaborato: INV.1	Data: Marzo 2023	

PREMESSE

La presente relazione, redatta ai sensi del Regolamento Regione Lombardia n.7 del 23 novembre 2017 e s.m.i., è finalizzata alla verifica del rispetto dei principi di invarianza idraulica ed idrologica relativamente all'intervento in oggetto, riguardante la riqualificazione del Parco "Ca' Rossa", ubicato in Strada Dosso a Porto Mantovano (MN).

Il progetto prevede la realizzazione, all'interno dell'area a verde ubicata nella parte sud del Parco, di una nuova area pavimentata, di superficie complessiva pari a circa 500 mq, sulla quale verranno installate delle attrezzature ludiche.

L'area dell'intervento, comprenderà anche un'area di circa 750 mq che rimarrà a verde e che verrà utilizzata come invaso per la laminazione delle acque meteoriche e come bacino di infiltrazione.

La presente verifica si articolerà secondo i seguenti passaggi previsti dal Regolamento:

- a) Individuazione dell'ambito territoriale (art. 7)
- b) Classificazione dell'intervento (art. 9)
- c) Portata meteorica scaricabile nei ricettori (art. 8)
- d) Calcolo delle precipitazioni di progetto (art. 11, comma 2, lett. b)
- e) Calcolo del processo di infiltrazione (art. 11, comma 2, lett. c)
- f) Calcolo del volume di invaso per la laminazione delle acque meteoriche (art. 11, comma 2, lett. e)
- g) Calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione (art. 11, comma 2, lett. f)
- h) Definizione degli interventi finalizzati all'invarianza idraulica

A) INDIVIDUAZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE

L'area dell'intervento in progetto si trova all'interno del Parco "Ca' Rossa" in Strada Dosso in Comune di Porto Mantovano (MN), alla quota media di circa 31 m s.l.m.

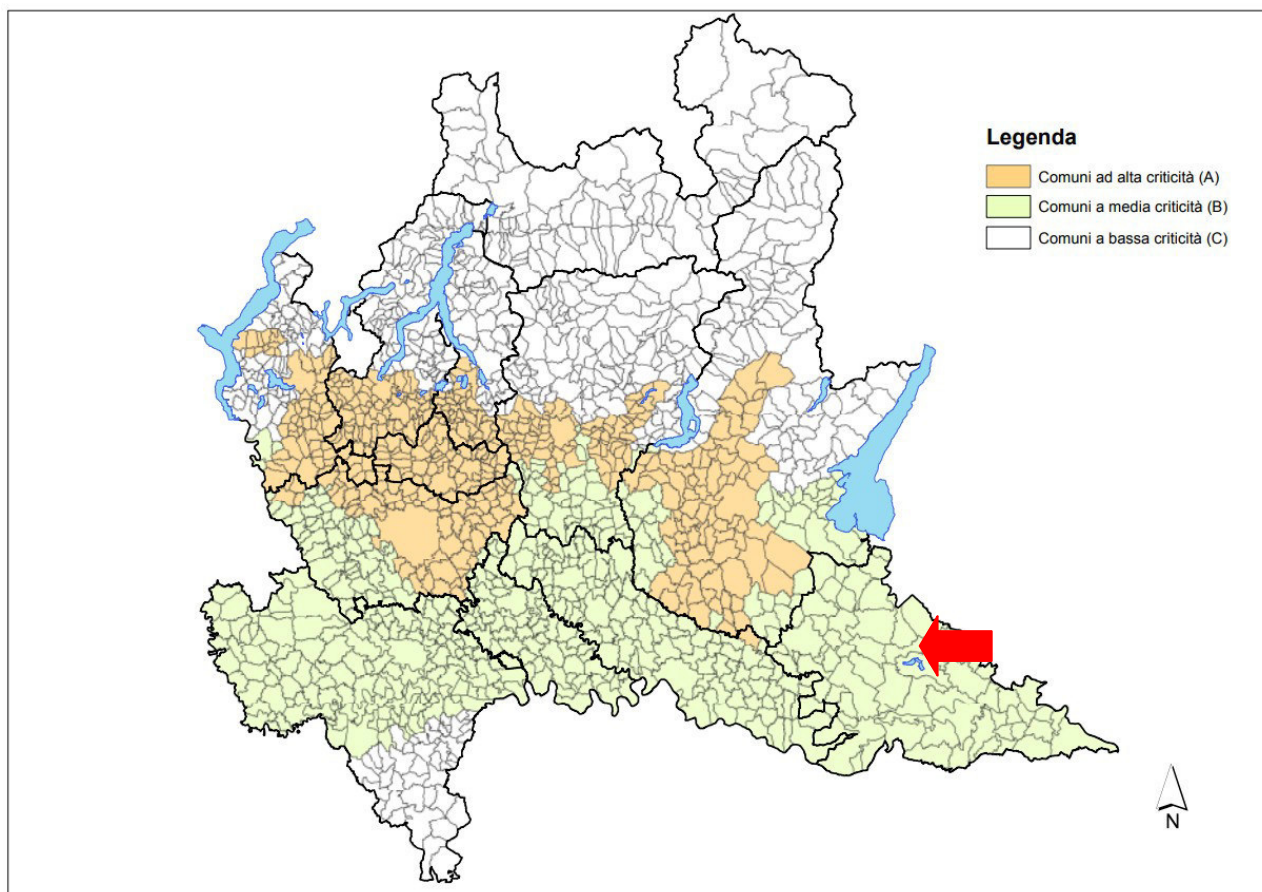
Ai sensi dell'art. 7 del Regolamento Regione Lombardia n.7/2017, il territorio lombardo è stato suddiviso in tre ambiti in cui sono inseriti i Comuni, in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori.

Ad ogni Comune è associata una delle seguenti classi di criticità (Allegato C del Regolamento):

A – alta criticità

B – media criticità

C – bassa criticità



Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica (Allegato B al Regolamento)

Il territorio del Comune di Porto Mantovano, oggetto dell'intervento, ricade in **area di criticità B** (media criticità idraulica), come si evince dall'immagine riportata a pagina precedente e dall'estratto dell'elenco dei Comuni ricadenti nelle aree ad alta, media e bassa criticità idraulica, riportato qui sotto.

Comune	Provincia	Criticità idraulica
PONTIDA	BG	A
PONTIROLO NUOVO	BG	B
PONTOGLIO	BS	B
PORLEZZA	CO	C
PORTALBERA	PV	B
PORTO CERESIO	VA	C
PORTO MANTOVANO	MN	B
PORTO VALTRAVAGLIA	VA	C
POSTALESIO	SO	C
POZZAGLIO ED UNITI	CR	B
POZZO D'ADDA	MI	A
POZZOLENGO	BS	B
POZZUOLO MARTESANA	MI	A

Elenco dei Comuni ricadenti nelle aree ad alta, media e bassa criticità idraulica (Allegato C)

B) CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO

Ai fini dell'individuazione delle modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, gli interventi vengono classificati in base alla superficie interessata dall'intervento e al coefficiente di deflusso medio ponderale, ai sensi dell'articolo 9 del Regolamento.

Di seguito si riportano le superfici di progetto e i relativi coefficienti di deflusso medio, definiti mediante il procedimento semplificato indicato nell'art.11, comma 2, lett. d):

Descrizione	Superficie totale	Coefficiente di deflusso	Superficie impermeabile
Superfici impermeabili (Nuove aree pavimentate)	500 mq	1,00	500 mq
Aree destinate all'infiltrazione (Bacino di invaso/infiltrazione)	750 mq	0,70	525 mq
Superficie complessiva	1250 mq	0,82	1025 mq

dove il coefficiente di deflusso medio ponderale φ è stato calcolato come rapporto tra la superficie impermeabile complessiva e la superficie totale dell'area di intervento:

$$\varphi = S_i / S_t = 1.025 \text{ mq} / 1.250 \text{ mq} = 0,82$$

Pertanto, definiti:

- l'ambito territoriale: Area B (media criticità idraulica);
- la superficie complessiva dell'intervento: $S_t = 1250 \text{ mq}$ ($= 0,125 \text{ ha}$);
- il coefficiente di deflusso medio ponderale: $\varphi = 0,82$;

la Tabella 1 del Regolamento, riportata alla pagina successiva, consente di determinare:

- la classe di intervento: **Classe 2 (Impermeabilizzazione potenziale media)**
- la modalità di calcolo dei volumi di invaso da prevedere: **Metodo delle sole piogge**

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 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 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Tabella 1 del Regolamento Regionale n.7/2017

C) PORTATA METEORICA SCARICABILE NEI RICETTORI

Ai sensi dell'art. 8 del Regolamento, gli scarichi nel ricettore devono essere 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 valori massimi ammissibili prescritti dalla normativa.

Nel caso in esame, per aree di criticità B, tale valore è pari a **20 l/s** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

La portata complessiva ammissibile allo scarico risulterà quindi pari a:

$$Q_{u,lim} = u_{lim} \cdot S_t \cdot \varphi = 20 \text{ l/s} \cdot ha \cdot 0,125 \text{ ha} \cdot 0,82 = 2,05 \text{ l/s}$$

D) CALCOLO DELLE PRECIPITAZIONI DI PROGETTO

Il sito di ARPA Lombardia fornisce i dati della curva di possibilità pluviometrica, valida per ogni località della Lombardia, espressa nella forma:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot D^n$$

con:

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

e dove:

h è l'altezza di pioggia;

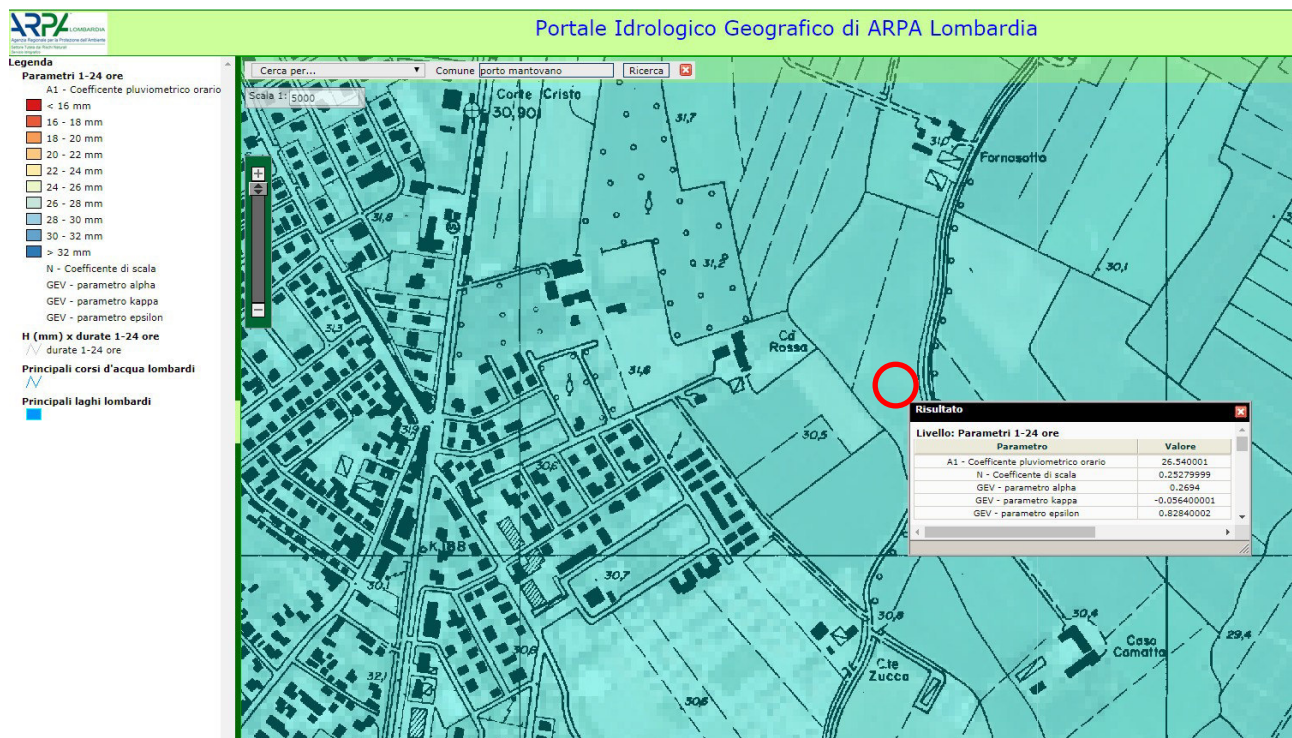
D è la durata dell'evento meteorico;

a_1 è il coefficiente pluviometrico orario;

T è il tempo di ritorno di riferimento;

w_T è il coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T ;

n , ε , α e k sono parametri adimensionali.



Per l'area oggetto dell'intervento, i parametri forniti dal sito di ARPA Lombardia sono i seguenti:

$$a_1 = 26,54 \text{ mm/ora}^n$$

$$n = \begin{cases} 0,5000 & \text{per piogge di durata inferiore a 1 ora} \\ 0,2528 & \text{per piogge di durata superiore a 1 ora} \end{cases}$$

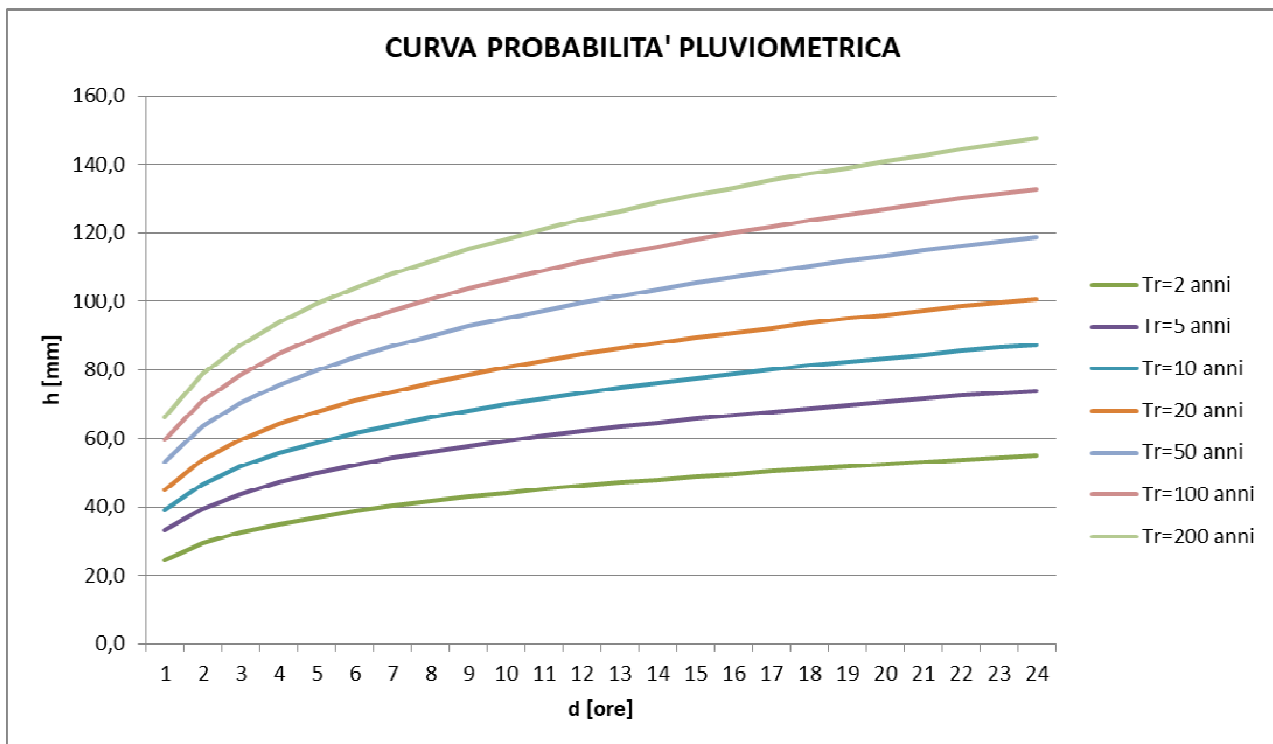
$$\alpha = 0,2694$$

$$k = -0,0564$$

$$\varepsilon = 0,8284$$

Nella tabella seguente si riportano le altezze di pioggia massime attese (in mm) per l'area oggetto di studio, per eventi meteorici di varia durata e con differenti tempi di ritorno, mentre nel grafico alla pagina successiva sono riportate le relative curve di probabilità pluviometrica.

D [ore]	Tempo di ritorno [anni]						
	2	5	10	20	50	100	200
	w _T = 0,928	w _T = 1,250	w _T = 1,475	w _T = 1,699	w _T = 2,004	w _T = 2,243	w _T = 2,491
1	24,6	33,2	39,1	45,1	53,2	59,5	66,1
2	29,4	39,5	46,6	53,7	63,4	70,9	78,8
3	32,5	43,8	51,7	59,5	70,2	78,6	87,3
4	35,0	47,1	55,6	64,0	75,5	84,5	93,9
5	37,0	49,8	58,8	67,8	79,9	89,4	99,3
6	38,7	52,2	61,6	70,9	83,7	93,6	104,0
7	40,3	54,3	64,0	73,8	87,0	97,4	108,1
8	41,7	56,1	66,2	76,3	90,0	100,7	111,8
9	42,9	57,8	68,2	78,6	92,7	103,8	115,2
10	44,1	59,4	70,1	80,7	95,2	106,6	118,3
11	45,2	60,8	71,8	82,7	97,5	109,2	121,2
12	46,2	62,2	73,4	84,5	99,7	111,6	123,9
13	47,1	63,5	74,9	86,3	101,7	113,9	126,4
14	48,0	64,7	76,3	87,9	103,7	116,0	128,8
15	48,8	65,8	77,6	89,4	105,5	118,1	131,1
16	49,7	66,9	78,9	90,9	107,2	120,0	133,3
17	50,4	67,9	80,1	92,3	108,9	121,9	135,3
18	51,2	68,9	81,3	93,7	110,5	123,6	137,3
19	51,9	69,8	82,4	94,9	112,0	125,3	139,2
20	52,5	70,8	83,5	96,2	113,4	127,0	141,0
21	53,2	71,6	84,5	97,4	114,8	128,5	142,7
22	53,8	72,5	85,5	98,5	116,2	130,1	144,4
23	54,4	73,3	86,5	99,6	117,5	131,5	146,1
24	55,0	74,1	87,4	100,7	118,8	133,0	147,6



E) CALCOLO DEL PROCESSO DI INFILTRAZIONE

Viste le limitate dimensioni dell'intervento, per lo smaltimento delle acque meteoriche si prevede l'infiltrazione nel sottosuolo, sfruttando le aree a verde disponibili all'interno del Parco ed evitando lo scarico in fognatura o in acque superficiali.

Poiché le aree impermeabili del bacino in esame sono costituite unicamente da aree pavimentate destinate ad ospitare attrezzature ludiche, l'area oggetto dell'intervento non rientra nelle seguenti tipologie (art. 3, comma 1 lett. a del Regolamento Regionale n.4/2006) di attività:

- 1) industria petrolifera;
- 2) industria chimica;
- 3) trattamento e rivestimento metalli;
- 4) concia e tintura pelli e cuoio;
- 5) produzione pasta carta, carta e cartone;
- 6) produzione pneumatici;
- 7) aziende tessili che eseguono stampa, tintura e finissaggio fibre tessili;
- 8) produzione calcestruzzo;
- 9) aree intermodali;
- 10) autofficine;
- 11) carrozzerie.

Inoltre, non vi vengono svolte attività di deposito di rifiuti, centro di raccolta e trasformazione rifiuti, deposito di rottami e di veicoli destinati alla demolizione (art. 3, comma 1 lett. b del Regolamento Regionale n.4/2006), non si effettuano carico e distribuzione di carburanti (art. 3, comma 1 lett. c del Regolamento Regionale n.4/2006) e non si effettua il deposito, il carico, lo scarico, il travaso e la movimentazione in genere di sostanze di cui alle tabelle 3/A e 5 dell'allegato 5 al d.lgs. 152/2006 (art. 3, comma 1 lett. d del Regolamento Regionale n.4/2006).

Per questi motivi, dal momento che nessuna delle attività rientra tra quelle disciplinate dal Regolamento Regionale n.4/2006, la dispersione delle acque meteoriche tramite infiltrazione nel sottosuolo può ritenersi ammissibile.

La "Relazione geologica generale" redatta dal Dott. Geol. Giovanni Novellini e allegata al P.G.T. del Comune di Porto Mantovano, ha evidenziato per l'area in esame (vedi Tav.2 "Carta litologica e geomorfologica" allegata al P.G.T.), dal punto di vista litologico, la presenza negli strati superficiali

di depositi prevalentemente limosi, caratterizzati da una media permeabilità, con un coefficiente di permeabilità k compreso tra 10^{-4} e 10^{-5} cm/s. Per le verifiche, come coefficiente di permeabilità si utilizzerà il valore medio dell'intervallo, pari a $5 \cdot 10^{-5}$ cm/s.

Il bacino di infiltrazione previsto sarà costituito da un'area a verde ribassata, il cui fondo, posto a un livello di circa 10 cm più basso rispetto alla quota del terreno circostante, avrà una superficie complessiva pari a circa 750 mq. La portata complessiva che si infila nel sottosuolo può essere quindi calcolata come:

$$Q_i = k \cdot S_d = 5 \cdot 10^{-5} \text{ cm/s} \cdot 750 \text{ mq} = 0,375 \text{ l/s}$$

dove:

k è il coefficiente di permeabilità;

S_d è la superficie disperdente.

F) CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO PER LA LAMINAZIONE

Il volume di invaso per la laminazione delle acque pluviali da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica è il maggiore tra quello risultante dai calcoli, effettuati per il caso in esame mediante il “metodo delle sole piogge”, e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all’articolo 12, comma 2 del Regolamento.

Calcolo parametrico

La valutazione in termini parametrici prevede che per le aree B, a media criticità idraulica, il volume di invaso debba essere pari a 500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Essendo la superficie scolante impermeabile relativa al presente intervento pari a 1.025 mq (= 0,1025 ha), il volume di invaso per la laminazione delle acque pluviali deve essere almeno pari a:

$$W = S_i \cdot 500 \text{ mc/ha} = 0,1025 \text{ ha} \cdot 500 \text{ mc/ha} = \mathbf{51,25 \text{ mc}}$$

Calcolo mediante il “metodo delle sole piogge”

Come indicato nell’Allegato G del Regolamento, il “metodo delle sole piogge” si basa sulle seguenti assunzioni:

- l’onda entrante dovuta alla precipitazione piovosa $Q_e(t)$ nell’invaso di laminazione è un’onda rettangolare avente durata t e portata costante Q_e , pari al prodotto dell’intensità media di pioggia per la superficie scolante impermeabile S_i dell’intervento afferente all’invaso.

Il volume di pioggia W_e complessivamente entrante per un evento meteorico di durata t risulta quindi:

$$W_e(t) = Q_e \cdot t$$

con:

$$Q_e = i_m(t) \cdot S_i$$

$$i_m(t) = \frac{h(t)}{t}$$

$$S_i = S_t \cdot \varphi$$

dove:

$i_m(t)$ è l'intensità di pioggia media per un evento meteorico di durata t ;

$h(t)$ è l'altezza di pioggia per un evento meteorico di durata t ;

S_t è la superficie scolante totale;

φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale.

Essendo l'altezza di pioggia h per un evento meteorico di durata t pari a:

$$h(t) = a_1 \cdot w_T \cdot t^n$$

Procedendo alla sostituzione dei termini della formula per il calcolo del volume di pioggia complessivamente entrante W_e , risulta quindi:

$$W_e(t) = S_t \cdot \varphi \cdot a_1 \cdot w_T \cdot t^n$$

- l'onda uscente $Q_u(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare, caratterizzata da una portata costante $Q_{u,lim}$, commisurata al limite prefissato dall'articolo 8 del Regolamento in funzione della portata massima ammissibile scaricabile nei ricettori. Per le aree B (a media criticità idraulica), tale limite è fissato in 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

Il volume di pioggia W_u complessivamente uscente per un evento meteorico di durata t risulta quindi:

$$W_u(t) = Q_{u,lim} \cdot t$$

con:

$$Q_{u,lim} = u_{lim} \cdot S_t \cdot \varphi$$

dove u_{lim} è la portata massima ammissibile scaricabile nei ricettori.

Procedendo alla sostituzione dei termini della formula per il calcolo del volume di pioggia complessivamente uscente W_u , risulta quindi:

$$W_u(t) = u_{lim} \cdot S_t \cdot \varphi \cdot t$$

Sulla base di tali ipotesi semplificative, il volume di laminazione ΔW è dato per ogni durata di pioggia t considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente, calcolati al termine della durata di pioggia. Di conseguenza, il volume di dimensionamento dell'invaso da prevedere è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Il volume di invaso ΔW per una durata di pioggia generica t sarà quindi pari a:

$$\Delta W = W_e(t) - W_u(t) = S_t \cdot \varphi \cdot a_1 \cdot w_T \cdot t^n - u_{lim} \cdot S_t \cdot \varphi \cdot t$$

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo per il volume ΔW , ossia derivando la formula precedente rispetto alla durata di pioggia t , si può ricavare la durata critica D_w e di conseguenza il volume di invaso massimo W_0 :

$$D_w = \left(\frac{u_{lim}}{n \cdot a_1 \cdot w_T} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = S_t \cdot \varphi \cdot a_1 \cdot w_T \cdot D_w^n - u_{lim} \cdot S_t \cdot \varphi \cdot D_w$$

Nel caso in esame, si può effettuare il calcolo del volume dell'invaso di laminazione a partire dalle seguenti grandezze:

u_{lim}	20 l/s·ha (= 0,0072 m/ora)
n	0,2528
φ	0,82
a_1	26,54 mm/ora ⁿ (= 0,02654 m/ora ⁿ)
w_T	2,004 (per $T_R = 50$ anni)
S_t	1.250 mq

La durata critica di pioggia D_w per la quale sarà massimo il volume di invaso ΔW risulta quindi:

$$D_w = 1,769 \text{ ore}$$

mentre il volume di invaso massimo W_0 sarà:

$$W_0 = 49,92 \text{ mc}$$

Il **volume di laminazione** da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica sarà pertanto pari a **51,25 mc**, ovvero pari al valore maggiore tra quello risultante dai calcoli effettuati mediante il “metodo delle sole piogge” (49,92 mc) e quello valutato in termini parametrici (51,25 mc).

G) CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO DELL'INVASO

Ai sensi dell'art.11, comma 2, lett. f del Regolamento, il tempo di svuotamento dell'invaso di laminazione non deve superare le 48 ore, in modo tale da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

Nel caso in esame la portata uscente dal sistema mediante infiltrazione è pari a 0,375 l/s, come calcolato in precedenza.

Il tempo di svuotamento del bacino di invaso, avente un volume di 51,25 mc (= 51.250 l) risulta quindi:

$$t_{svuot} = W_0 / Q_{u,lim} = 51.250 \text{ l} / 0,375 \text{ l/s} = 136.666 \text{ s} = 37,96 \text{ ore} \leq 48 \text{ ore}$$

nel rispetto del limite fissato dalla normativa.

H) DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI PER L'INVARIANZA IDRAULICA

Le acque meteoriche precipitate sulle aree impermeabili verranno disperse nell'area a verde adiacente alla nuova area pavimentata, sfruttando le naturali pendenze del terreno esistente. Tale area a verde svolgerà la funzione di bacino di invaso e di bacino di infiltrazione.

L'area di invaso individuata, di superficie pari a circa 750 mq, si trova attualmente a una quota di circa 10 cm inferiore rispetto alla quota del terreno circostante e di circa 15 cm inferiore rispetto alla quota della nuova area pavimentata. Il volume complessivo dell'invaso sarà quindi pari a:

Descrizione	Volume invaso
Area ribassata a -10 cm	= 750 mq x 0,10 m = 75,0 mc
Totale	75,0 mc

e sarà pertanto maggiore del volume di invaso minimo da prevedere, calcolato nel capitolo F della presente relazione.

Il bacino di invaso e di infiltrazione individuato sarà in grado di far fronte anche a eventi meteorici con tempi di ritorno superiori a 50 anni.

Applicando il “metodo delle sole piogge” e seguendo lo stesso procedimento già illustrato in precedenza, ma considerando eventi meteorici con tempi di ritorno pari a 100 anni, come indicato dalla normativa, si può effettuare il calcolo del volume dell'invaso di laminazione a partire dalle seguenti grandezze:

u_{lim}	20 l/s·ha (= 0,0072 m/ora)
n	0,2528
φ	0,82
a_1	26,54 mm/ora ⁿ (= 0,02654 m/ora ⁿ)
w_T	2,243 (per $T_R = 100$ anni)
S_t	1.250 mq

ottenendo una durata critica di pioggia D_w pari a:

$$D_w = 2,057 \text{ ore}$$

e un volume di invaso massimo W_0 pari a:

$$W_0 = 58,05 \text{ mc}$$

inferiore rispetto a quello individuato.

Anche il tempo di svuotamento del bacino di invaso, nel caso di eventi meteorici con tempo di ritorno pari a 100 anni, risulta inferiore al tempo limite fissato dalla normativa, pari a 48 ore:

$$t_{svuot} = W_0 / Q_{u,lim} = 58.050 \text{ l} / 0,375 \text{ l/s} = 154.800 \text{ s} = 43,00 \text{ ore} \leq 48 \text{ ore}$$

Porto Mantovano, 24/03/2023

IL TECNICO
Ing. Paolo Ravelli