

MARTINO FRANZINI

STUDIO TECNICO

ing FRANZINI MARTINO

ISCRITTO ALL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DI SONDRIO AL N. 715
Via San Faustino 73/B Grosio (SO) 23033 Tel. 3498363477
P. Iva 00876330143 C.F. FRNMTN80B06L175Y email: martino.franzini@gmail.com

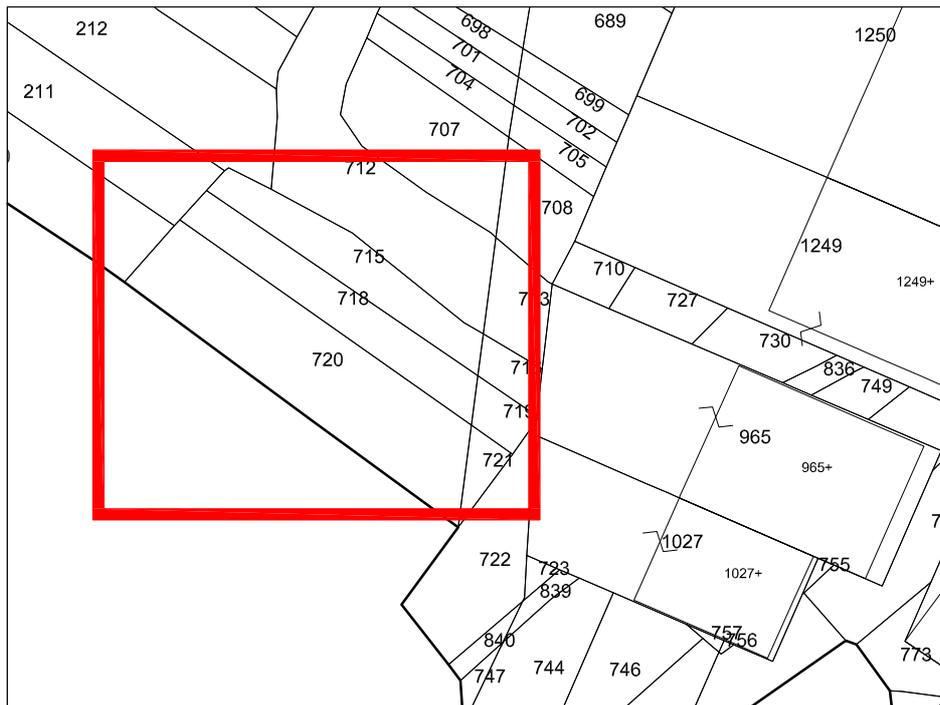


Tavola:

A_04

Firma del Progettista

COMUNE DI GROSIO

PROVINCIA DI SONDRIO

Committente:

PASQUALONE Eleonora C.F.PSQLNR91M561828B
Via Dell'Artigianato, snc 23033 Grosio (SO)

Progettista:

FRANZINI ing. Martino Via San Faustino 73/B
23033 Grosio (SO) C.F. FRNMTN80B06L175Y
P.iva: 00876330143

Progetto:

**AMBITO DI TRASFORMAZIONE N. 16 - PIANO ATTUATIVO DI PORZIONE DEL
COMPARTO PA_1**

Elaborato:

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA

scala: nessuna

data: marzo 2025

file: 45_2024

modificato il: 19 marzo 2025

rev. 001

Il presente disegno non può essere ceduto a terzi senza l'autorizzazione scritta del Progettista ed è tutelato dai diritti artistici di legge

RELAZIONE DI CALCOLO

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Regolamento Regione Lombardia

T.c. del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 Testo coordinato del r.r. 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)»

Entrato in vigore il 28 novembre 2017

CENNI TEORICI

Il processo di urbanizzazione, potrebbe portare alla diminuzione delle superfici filtranti in una determinata area o, in base dal punto di vista, all'aumento delle superfici impermeabili.

Questo fenomeno, è in grado di aumentare il deflusso meteorico che si riversa nel recettore che potrebbe non essere più in grado di far defluire correttamente la portata.

Per evitare questo da vari enti viene regolamentato il **vincolo dell'invarianza idraulica e/o idrologica**.

Con il termine di invarianza idrologica si intende quel processo per il quale sia le portate che i volumi di deflusso meteorico non debbano essere maggiori di quelli preesistenti.

In linea del tutto generale la verifica d'invarianza idraulica e idrologica, prevede che la nuova portata generata dalla modifica urbanistica sia minore o uguale a quella preesistente, ovvero inferiore ai valori massimi ammessi da norma o accettati dall'ente gestore il corpo idrico ricettore.

Di seguito i punti chiave della normativa della Regione Lombardia (T.c. del regolamento regionale 23 novembre 2017, n. 7 Testo coordinato del r.r. 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).

Art. 7

(Individuazione degli ambiti territoriali di applicazione)

2. I limiti allo scarico devono essere diversificati in funzione delle caratteristiche delle aree di formazione e di possibile scarico delle acque meteoriche, in considerazione dei differenti effetti dell'apporto di nuove acque meteoriche nei sistemi di drenaggio nelle aree urbane o extraurbane, di pianura o di collina, e della dipendenza di tali effetti dalle caratteristiche del ricettore finale, in termini di capacità idraulica dei tratti soggetti ad incremento di portata e dei tratti a valle.
3. In considerazione di quanto disposto al comma 2, il territorio regionale è suddiviso nelle seguenti tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori:
 - 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.

Nell'allegato vi sono elencati tutti i comuni della Regione Lombardia, con indicata la rispettiva area (A, B o C).

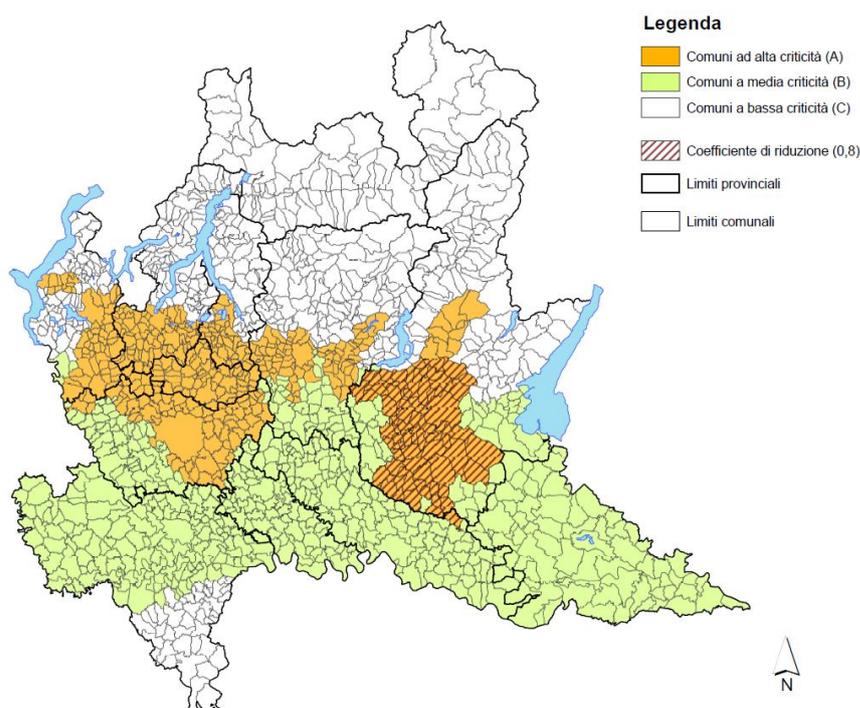


Fig.1 - cartografia della suddivisione dei comuni in base alla criticità idraulica

Art. 8

(Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori)

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 (u_{lim}):
 - Aree A: 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
 - Aree B: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
 - Aree C: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;

u_{lim} = portata specifica limite ammissibile allo scarico.

Art. 9

(Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica e modalità di calcolo)

1. *Ai fini dell'individuazione delle diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, gli interventi di cui all'articolo 3 richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono suddivisi nelle classi di cui alla*

tabella 1, a seconda della superficie interessata dall'intervento, nella quale rientrano anche le superfici occupate dagli interventi finalizzati al rispetto del presente regolamento e del coefficiente di deflusso medio ponderale, calcolato ai sensi dell'articolo 11, comma 2, lettera d), numero 2)⁽¹⁾. Ai fini della definizione della superficie interessata dall'intervento, lo stesso deve essere considerato nella sua unitarietà e non può essere frazionato.

2. La modalità di calcolo da applicare per ogni intervento, come definita nella tabella 1, dipende dalla classe di intervento indicata nella stessa tabella e dall'ambito territoriale in cui lo stesso ricade, ai sensi dell'articolo 7.
3. Nel caso di impermeabilizzazione potenziale media, di cui alla tabella 1, in ambiti territoriali a criticità alta o media ai sensi dell'articolo 7, deve essere adottato il metodo delle sole piogge, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo dettagliata. Nel caso di impermeabilizzazione potenziale alta, di cui alla tabella 1, in ambiti territoriali a criticità alta o media ai sensi dell'articolo 7, deve essere adottata la procedura di calcolo dettagliata. Per entrambi i metodi indicati al presente comma si rimanda all'allegato G.

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		
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)	
		da > 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Tabella 1 – Criteri di scelta del metodo di calcolo

Art. 11

(Metodologia di calcolo delle misure di invarianza idraulica e idrologica per il rispetto dei limiti allo scarico in caso di interventi di impermeabilizzazione potenziale media o alta ricadenti negli ambiti territoriali di criticità media o alta)

2. Nella redazione del progetto di invarianza idraulica e idrologica di cui all'articolo 10 devono essere rispettati i seguenti elementi:

.....

d) Calcolo dell'idrogramma netto:

1. 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 anche in via semplificata adottando i seguenti valori standard del coefficiente di deflusso, in luogo del calcolo dell'infiltrazione come da Allegato F:

- 1.1 pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, *coperture e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi*⁽⁸⁾;
 - 1.2 pari a 0,7 per i tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi *sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque gestite ai sensi del presente regolamento e per le pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili di strade, vialetti, parcheggi*⁽⁹⁾;
 - 1.3 pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, *comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed*⁽¹⁰⁾ escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo;
2. coefficienti di deflusso di cui al numero 1 sono adottati *per la stima della superficie scolante impermeabile interessata dall'intervento, valutando il coefficiente di deflusso medio ponderale rispetto alle superfici delle tre suddette categorie*⁽¹¹⁾
- e) calcolo del volume di invaso per la laminazione delle acque pluviali:
3. il volume di laminazione da adottare per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica⁽¹²⁾ è il maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2. ***Qualora si attui il presente regolamento mediante la realizzazione di sole strutture di infiltrazione, e quindi non siano previsti scarichi verso ricettori, il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, è ridotto del 30 per cento, purché i calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F. Tale riduzione non si applica nel caso in cui si adotti il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2, senza pertanto applicare la procedura di calcolo delle sole piogge o dettagliata***⁽¹²⁾;

Art. 12

(Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica)

1. Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento **minore o uguale a 300 mq**⁽¹⁾, ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste in alternativa:
 - a) nell'adozione di un sistema di scarico sul suolo 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. In questo caso non è richiesto il rispetto della portata massima di cui all'articolo 8 e non è necessario redigere il progetto di invarianza idraulica di cui agli artt. 6 e 10, *ferme restando la compilazione e trasmissione del modulo di cui all'allegato D, come definito all'articolo 6, comma 1, lettera e), e la dichiarazione, con specifico atto, del progettista, attestante l'applicazione della casistica di cui alla presente lettera; la dichiarazione non è dovuta per gli interventi di cui all'articolo 3, comma 2, lettera d), che ricadono nell'ambito di applicazione di cui alla presente lettera*⁽²⁾;
 - b) nell'adozione del requisito minimo indicato al comma 2, per le aree C a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7.

2. **Nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo delle sole piogge o la procedura di calcolo dettagliata descritte nell'allegato G, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione:**
- a) per le **aree A** ad alta criticità idraulica di cui all'articolo 7: **800 mc** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento *moltiplicato per il 'coefficiente P' di cui alla tabella riportata nell'Allegato C(3)*;
 - b) per le **aree B** a media criticità idraulica di cui all'articolo 7: **500 mc**(4) per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
 - c) per le **aree C** a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7: **400 mc** per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.
3. **I volumi di cui al comma 2 sono da adottare anche nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta e media criticità, qualora il volume risultante dai calcoli di cui all'articolo 11, comma 2, lettera e), fosse minore.**

IL METODO DELLE SOLE PIOGGE

Nel caso di «Impermeabilizzazione potenziale media» in ambiti territoriali a criticità alta o media si può adottare il metodo delle sole piogge, fermo restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo dettagliata esposta nel paragrafo 3.1 del presente allegato (procedura dettagliata).

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 D e portata costante Q_e pari al prodotto dell'intensità media di pioggia, dedotta dalla curva di possibilità pluviometrica valida per l'area oggetto di calcolo in funzione della durata di pioggia, per la superficie scolante impermeabile dell'intervento afferente all'invaso; con questa assunzione si ammette che, data la limitata estensione del bacino scolante, sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante afferente all'invaso. Conseguentemente l'onda entrante nell'invaso coincide con la precipitazione piovosa sulla superficie scolante impermeabile dell'intervento. La portata costante entrante è quindi pari a:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1} \quad (6)$$

e il volume di pioggia complessivamente entrante è pari a:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n \quad (7)$$

in cui S è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso, φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo calcolabile con i valori standard esposti nell'articolo 11, comma 2, lettera d) del regolamento (quindi $S \cdot \varphi$ è la superficie scolante impermeabile dell'intervento), D è la durata di pioggia, $a = a_1 w_T$ e n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica (desunti da ARPA Lombardia come esposto al paragrafo 1 del presente allegato) espressa nella forma:

$$h = a \cdot D^n = a_1 \cdot w_T \cdot D^n \quad (8)$$

- l'onda uscente $Qu(t)$ è anch'essa un'onda rettangolare caratterizzata da una portata costante Qu,lim (laminazione ottimale) e commisurata al limite prefissato in aderenza alle indicazioni sulle portate massime ammissibili di cui all'articolo 8 del regolamento. La portata costante uscente è quindi pari a:

$$Q_{u,lim} = S \cdot u_{lim} \quad (9)$$

e il volume complessivamente uscito nel corso della durata D dell'evento è pari a:

$$W_u = S \cdot u_{lim} \cdot D \quad (10)$$

in cui u_{lim} è la portata specifica limite ammissibile allo scarico, di cui all'articolo 8 comma 1 del regolamento.

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia. Conseguentemente, il volume di dimensionamento della vasca è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

Quindi, il volume massimo ΔW che deve essere trattenuto nell'invaso di laminazione al termine dell'evento di durata generica D (invaso di laminazione) è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n - S \cdot u_{lim} \cdot D \quad (11)$$

La figura seguente mostra graficamente la curva $We(D)$, concava verso l'asse delle ascisse, in aderenza alla curva di possibilità pluviometrica, e la retta $Wu(D)$ e indica come la distanza verticale ΔW tra tali due curve ammetta una condizione di massimo che individua così l'evento di durata DW critica per la laminazione.

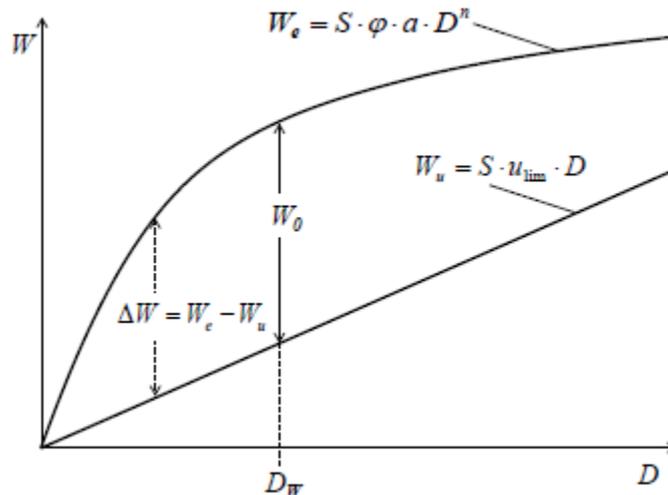


Figura 4 – Individuazione con il metodo delle sole piogge dell'evento critico DW e del corrispondente volume critico W0 di laminazione, ovvero quello che massimizza il volume invasato.

Esprimendo matematicamente la condizione di massimo, ossia derivando rispetto alla durata D la differenza $\Delta W = W_e - W_u$, si ricava la durata critica D_w per l'invaso di laminazione e di conseguenza il volume di laminazione W_0 :

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (12)$$

$$W_0 = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - Q_{u,max} \cdot D_w \quad (13)$$

Se si considerano per le varie grandezze le unità di misura solitamente utilizzate nella pratica:

W_0 in [m³]

S in [ha]

a in [mm/oran]

θ in [ore]

D_w in [ore]

$Q_{u,lim}$ in [l/s]

le equazioni (12) e (13) diventano:

$$D_w = \left(\frac{Q_{u,lim}}{2.78 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (12')$$

$$W_0 = 10 \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot Q_{u,\text{lim}} \cdot D_w \quad (13')$$

Introducendo in esse la portata specifica di scarico $u_{\text{lim}} = Q_{u,\text{lim}}/S$ (in l/s per ettaro) e il volume specifico di invaso $w_0 = W_0/S$ (in m³/ha) si ha:

$$D_w = \left(\frac{u_{\text{lim}}}{2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (12')$$

$$w_0 = 10 \cdot \varphi \cdot a \cdot D_w^n - 3.6 \cdot u_{\text{lim}} \cdot D_w \quad (13')$$

Si osservi che il parametro n (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti deve essere congruente con la durata D_w risultante dal calcolo, tenendo conto che il valore di n è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora, per le durate tra 1 e 24 ore e per le durate maggiori di 24 ore.

DATI**Superfici destinate a interventi finalizzati al rispetto del regolamento dell'invarianza idraulica ed idrologica**

Descrizione	Superficie (S _i) (ha)	Coeff. Deflusso (ϕ_i)
Piazzale in asfalto	0.078	0.90
Tettoia	0.026	1

Superficie totale interessata dall'analisi di invarianza (**S_{tot. inv}**): 0.104 ha

Coefficiente di deflusso medio ponderale (**ϕ_{pond}**): 0.925

Superficie totale interessata dall'analisi di invarianza ponderata (**S_{pond}**): 0.0962 ha_{imp}

Ambito territoriale

Provincia: Sondrio

Comune: GROSIO

Area criticità idraulica: A (piano attuativo)

Coefficiente P (se disponibile): 0,80 (non indicato nell'allegato C perché Grosio è in area C, ma utilizzabile visto che il calcolo fa riferimento a un piano attuativo che impone il calcolo con area A)

Portata limite ammissibile (**u_{lim}**): 10 l/s·ha_{imp}

Portata uscente (**Q_{u,lim}**): 0,96 l/s

Metodo di calcolo suggerito dalla normativa

Impermeabilizzazione potenziale media: Requisiti minimi articolo 12 comma 2 Nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale bassa, indipendentemente dalla criticità dell'ambito territoriale in cui ricadono, e nel caso di interventi classificati ad impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti nell'ambito territoriale di bassa criticità, ferma restando la facoltà del professionista di adottare la procedura di calcolo delle sole piogge o la procedura di calcolo dettagliata descritte nell'allegato G, il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, comunque configurati, dimensionati adottando i seguenti valori parametrici del volume minimo dell'invaso, o del complesso degli invasi, di laminazione: per le aree A ad alta criticità idraulica di cui all'articolo 7: 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento moltiplicato per il 'coefficiente P' di cui alla tabella riportata nell'Allegato C; per le aree B a media criticità idraulica di cui all'articolo 7: 500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento; per le aree C a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

APPLICAZIONE METODO DELLE SOLE PIOGGE**Parametri curva di possibilità pluviometrica (vedi allegati alla relazione)**

Parametro a curva di possibilità pluviometrica (**a**): 42.60 mm/oraⁿ

Esponente n curva di possibilità pluviometrica (**n**): 0.4173

RISULTATI

Durata critica (D_w): 4,74 ore

Volume di laminazione (W_0): 45.69 m³

Volume specifico di invaso (w_0): 474.95 m³

Il volume così calcolato è maggiore del volume derivante dal parametro di requisito minimo (articolo 12 del regolamento ridotto del coefficiente di cui all' nell'art. 11, comma 2, lettera e), punto 3), pari a 800 m³/haimp *0.8 (coeff. P) * (1-30%) =448.00 m³/haimp (per aree di alta criticità per cui vige la riduzione attraverso il coefficiente P), ed è quindi adottabile per il progetto della vasca di laminazione

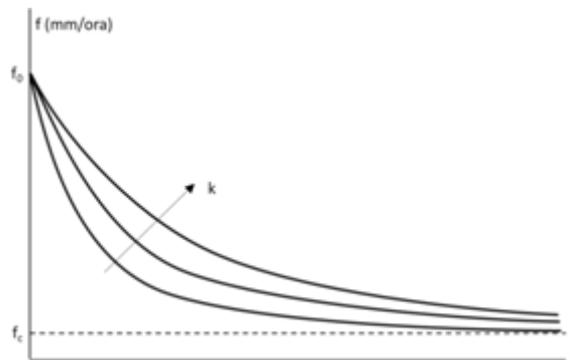
CALCOLO DEL TEMPO DI SVUOTAMENTO

Lo svotamento del volume di laminazione avverrà tramite infiltrazione, su superficie disperdente interrata in elementi prefabbricati vuoti

Verifica portata di infiltrazione e tempo di smaltimento acque

La valutazione della capacità d'infiltrazione dei sistemi adottati, viene determinata con riferimento alle indicazioni riportate nell'allegato E:

Figura 1 - Legge di Horton. Andamenti della capacità di infiltrazione in presenza di sovrabbondanza di acqua su la superficie disperdente



Per quanto riguarda i valori da attribuire ai parametri della legge di Horton, lo statunitense Soil Conservation Service (SCS) [1956], ora Natural Resources Conservation Service, propone le seguenti quattro classi (A, B, C e D) di suoli con copertura erbosa

Classe A Scarsa potenzialità di deflusso: comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.

Classe B Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.

Classe C Potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.

Classe D Potenzialità di deflusso molto alta: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Tabella 1 - Parametri delle curve di Horton proposti dal SCS [1956]

Classe suolo	f_0 [mm/ora]	f_c [mm/ora]	k [ore-1]
A	250	25.4	2
B	200	12.7	2
C	125	6.3	2
D	76	2.5	2

Come si vede la capacità di infiltrazione a lungo termine f_c varia per i diversi tipi di suolo tra circa 20 mm/ora e circa 2 mm/ora, valori che, cambiando unità di misura ($1,0 \text{ mm/ora} = 2,778 \text{ l/(sxha)}$), corrispondono rispettivamente a portate di infiltrazione di circa 55 l/(sxha) e circa $5,5 \text{ l/(sxha)}$.

Considerando una classe B $12,7 f_c$ [mm/ora] x $2,778 \text{ l/(sxha)}$ quindi K coefficiente di permeabilità, $35,2806 \text{ l/sxha}$;

La superficie di smaltimento pari a circa 78 mq pari a $0,0078 \text{ ha}$

Volume di laminazione $45,70 \text{ m}^3 = 45700 \text{ l}$

Tempo di infiltrazione: $T = 45700 / (0,078 * 35,2806) = 166067,88 \text{ s} / 3600 (\text{s in un h}) = 46,13 \text{ h} < 48 \text{ ore}$

Per il posizionamento e il sistema di laminazione si vadano gli elaborati progettuali D_03 e D_04

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: *Grosio*
 Coordinate: 597559.60, 5126905.51

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) **50**

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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 18,78
 N - Coefficiente di scala 0,4173
 GEV - parametro alpha 0,2843
 GEV - parametro kappa -0,1433
 GEV - parametro epsilon 0,7829

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore] **1**
 Precipitazione cumulata [mm] **50**

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:

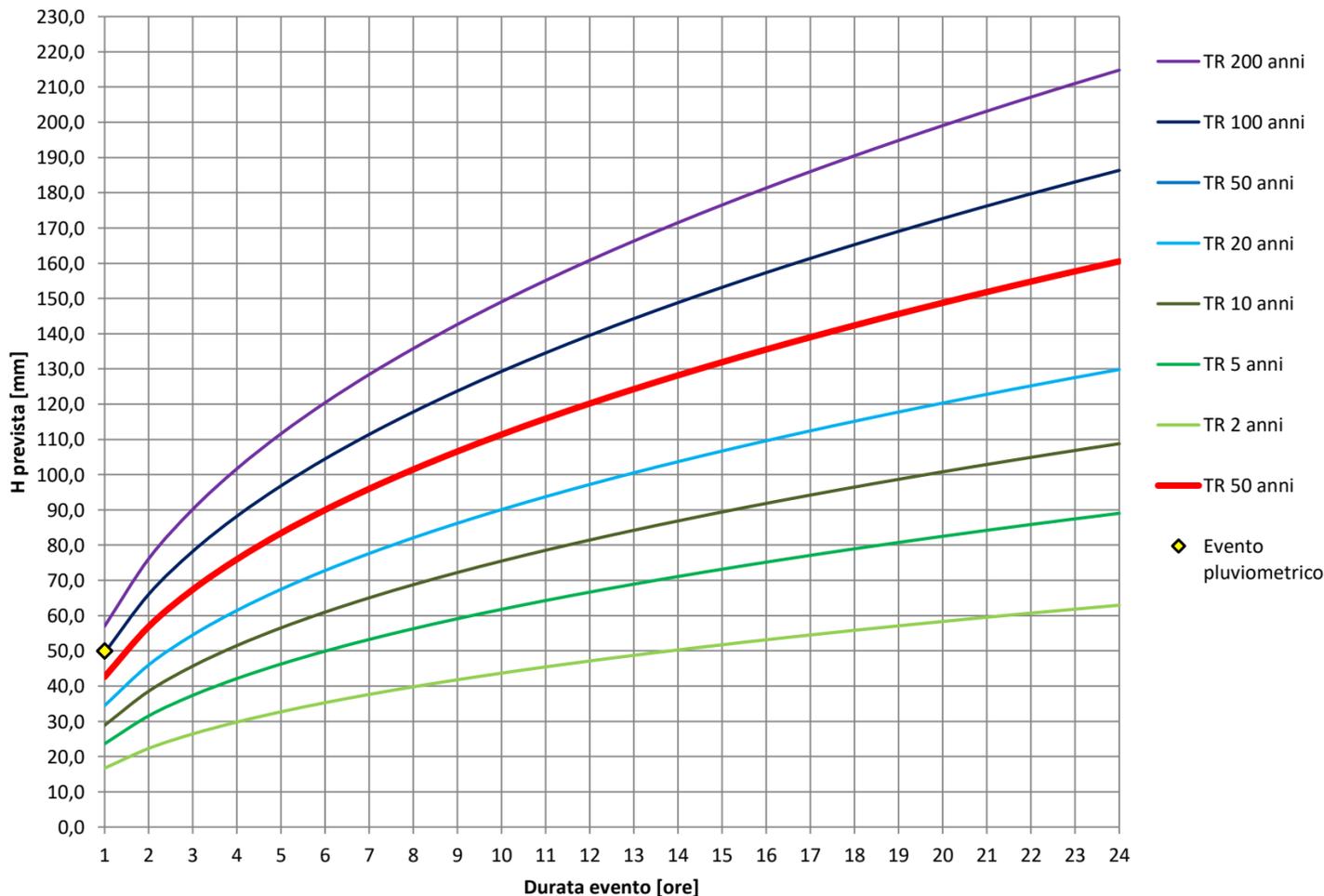
<http://idro.arpalombardia.it/manual/lsp.pdf>

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	50
wT	0,88988	1,25863	1,53788	1,83549	2,26924	2,63442	3,03648	2,26923792
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	TR 50 anni
1	16,7	23,6	28,9	34,5	42,6	49,5	57,0	42,6162881
2	22,3	31,6	38,6	46,0	56,9	66,1	76,2	56,9108978
3	26,4	37,4	45,7	54,5	67,4	78,2	90,2	67,4028592
4	29,8	42,2	51,5	61,5	76,0	88,2	101,7	76,0002908
5	32,7	46,3	56,5	67,5	83,4	96,8	111,6	83,4172373
6	35,3	49,9	61,0	72,8	90,0	104,5	120,4	90,0115285
7	37,6	53,2	65,1	77,6	96,0	111,4	128,4	95,9919981
8	39,8	56,3	68,8	82,1	101,5	117,8	135,8	101,492762
9	41,8	59,1	72,2	86,2	106,6	123,8	142,6	106,605845
10	43,7	61,8	75,5	90,1	111,4	129,3	149,1	111,397545
11	45,5	64,3	78,6	93,8	115,9	134,6	155,1	115,917442
12	47,1	66,7	81,5	97,2	120,2	139,5	160,8	120,203733
13	48,7	68,9	84,2	100,5	124,3	144,3	166,3	124,286564
14	50,3	71,1	86,9	103,7	128,2	148,8	171,5	128,190207
15	51,7	73,2	89,4	106,7	131,9	153,2	176,5	131,934538
16	53,2	75,2	91,9	109,6	135,5	157,3	181,4	135,53607
17	54,5	77,1	94,2	112,4	139,0	161,4	186,0	139,008691
18	55,8	79,0	96,5	115,2	142,4	165,3	190,5	142,364214
19	57,1	80,8	98,7	117,8	145,6	169,0	194,8	145,612781
20	58,3	82,5	100,8	120,3	148,8	172,7	199,1	148,763174
21	59,5	84,2	102,9	122,8	151,8	176,3	203,2	151,823057
22	60,7	85,9	104,9	125,2	154,8	179,7	207,1	154,799162
23	61,8	87,5	106,9	127,6	157,7	183,1	211,0	157,697441
24	62,9	89,0	108,8	129,8	160,5	186,4	214,8	160,523186

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica



Calcolo della linea segnalatrice 1-5 giorni

Località: Grosio
 Coordinate: 597559.60, 5126905.51

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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario	16,116
N - Coefficiente di scala	0,383361
W2 - Tempo di ritorno 2 anni	0,933196
W5 - Tempo di ritorno 5 anni	1,22013
W10 - Tempo di ritorno 10 anni	1,42023
W20 - Tempo di ritorno 20 anni	1,62185
W50 - Tempo di ritorno 50 anni	1,91161
W100 - Tempo di ritorno 100 anni	2,13946
W200 - Tempo di ritorno 200 anni	2,37375

Evento pluviometrico	
Durata dell'evento [giorni]	1
Precipitazione cumulata [mm]	50

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:

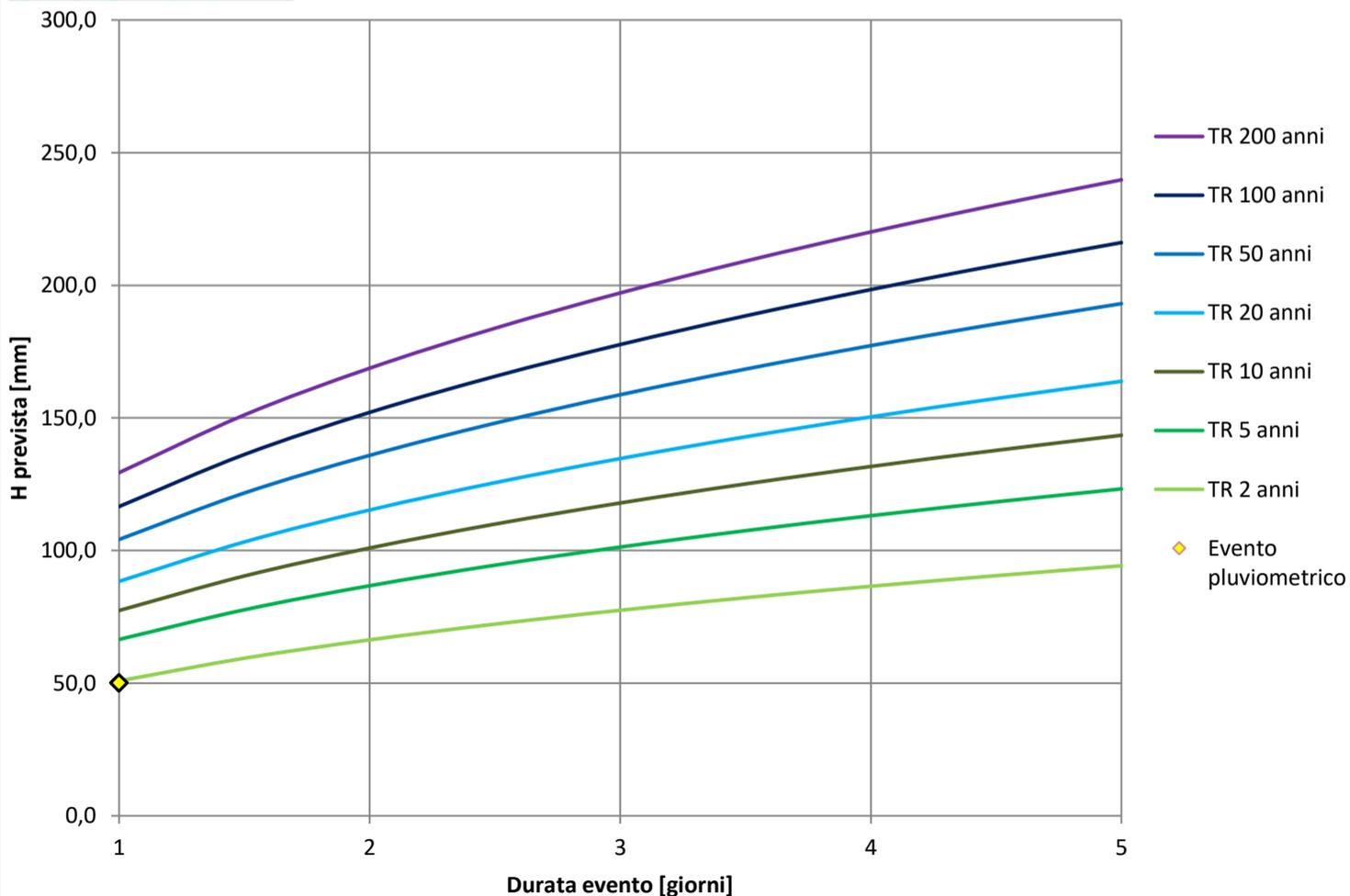
<http://idro.arpalombardia.it/manual/lspg.pdf>

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200
wT	0,93320	1,22013	1,42023	1,62185	1,91161	2,13946	2,37375

Durata (gg)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni
1	50,9	66,5	77,4	88,4	104,2	116,6	129,4
1,5	59,4	77,7	90,4	103,3	121,7	136,2	151,1
2	66,3	86,7	101,0	115,3	135,9	152,1	168,7
2,5	72,3	94,5	110,0	125,6	148,0	165,7	183,8
3	77,5	101,3	117,9	134,7	158,7	177,7	197,1
3,5	82,2	107,5	125,1	142,9	168,4	188,5	209,1
4	86,5	113,1	131,7	150,4	177,2	198,4	220,1
4,5	90,5	118,4	137,8	157,3	185,4	207,5	230,3
5	94,3	123,2	143,4	163,8	193,1	216,1	239,8

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica



Calcolo del tempo di ritorno di un evento pluviometrico 1-24 ore

Località: Grosio
 Coordinate: 597559.60, 5126905.51

Durata dell'evento: 1 ore
 Precipitazione osservata: 42,6 mm
Tempo di ritorno: 49,9 anni

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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario	18,78
N - Coefficiente di scala	0,4173
GEV - parametro alpha	0,2843
GEV - parametro kappa	-0,1433
GEV - parametro epsilon	0,7829
w	2,268
F	0,980

Formulazione analitica linee segnalatrici

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

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

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/Ispp.pdf>

http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Inversione della formula

$$w = \frac{h}{a_1 D^n}$$

$$F = \exp \left\{ - \left[1 - \frac{k}{\alpha} (w - \varepsilon) \right]^{1/k} \right\}$$

$$T = \frac{1}{1 - F}$$