

# COMUNE DI BOSNASCO

Provincia di Pavia

*Piano di Lottizzazione per l'Ampliamento dell'Impianto Produttivo in  
Via Cavallante, n.13 - 27040 Bosnasco (PV)*

**CALCOLO DEL VOLUME DI LAMINAZIONE DELLE ACQUE  
METEORICHE: APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA  
IDRAULICA E IDROLOGICA – R.R. 23/11/2017 N. 7 e Succ. Mod. e Int.**

## **RELAZIONE TECNICA**

**Committente:**

**I.T.P. Industria Termoplastica Pavese S.p.A.**

**Via Cavallante, n.13 - 27040 Bosnasco (PV)**

Voghera, febbraio 2021



Prof. Ing. Giuseppe BARBERO Ph.D.  
Ordine Ingegneri di Pavia n. 1340

**INDICE**

1	PREMESSA .....	2
2	INVARIANZA IDRAULICA .....	4
3	CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'INTERVENTO .....	10
4	METODO DI CALCOLO DELLA PORTATA PLUVIALE .....	12
4.1	Calcolo dell'idrogramma di piena. ....	12
4.2	Calcolo del volume di laminazione .....	13
4.3	Verifica della possibile infiltrazione delle acque meteoriche .....	14
5	RISULTATI DEL CALCOLO .....	15
5.1	Volume di laminazione per l'intera area .....	15
5.2	Volume di laminazione considerando non connessa l'area verde posta a ovest.....	16
5.3	Volume di laminazione considerando solo l'area pubblica. ....	18
6	CONCLUSIONI .....	19

## 1 PREMESSA

Il principio dell'invarianza idraulica e idrologica è stato stabilito all'art. 58 bis della Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio) e attuato nel Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, modificato e integrato dal Regolamento Regionale n. 8 del 19 aprile 2019 "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")" che definisce i criteri e metodi affinché l'invarianza idraulica sia osservata.

Nel successivo capitolo della relazione sarà fornita una breve descrizione degli elementi principali del regolamento regionale.

Nella presente relazione si illustrano i risultati del calcolo del volume di laminazione, necessario per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica della portata meteorica drenata dall'area nell'ambito del Piano di Lottizzazione per l'ampliamento dell'impianto produttivo della Società ITP Industria Termoplastica Pavese S.p.A. sita in via Cavallante 13 a Bosnasco (PV).



Fig. 1.1 – Ubicazione dell'area dell'intervento (Foto aerea da Google Earth)

Il calcolo del volume di laminazione necessario è stato eseguito applicando la metodologia dettagliata prevista nel Regolamento Regionale, con particolare riferimento al calcolo dell'idrogramma di piena che viene immesso nel sistema di laminazione e che viene scaricata limitata nel valore massimo, nel caso specifico, nella pubblica fognatura comunale.

La relazione illustra la metodologia e i risultati del calcolo del volume di laminazione necessario affinché lo scarico nella pubblica fognatura sia limitata a *una portata unitaria  $u_{lim} = 10$  l/s per ettaro di superficie impermeabile*. Non è di pertinenza di questo studio il progetto delle opere necessarie per la limitazione delle

portate: progettazione della opere d'invaso e delle opere di infiltrazione, dei sistemi di scarico e svuotamento dell'invaso, piano di manutenzione, ecc.

## 2 INVARIANZA IDRAULICA

Il R.R. n. 7 del 23/11/2017 “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)”, modificato e integrato dal R.R. n. 8 del 19/04/2019, definisce i criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica e, in particolare, disciplina l'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica agli interventi che sono definiti nel seguente elenco di cui all'art. 3, comma 2 del RR modificato:

“Nell'ambito degli interventi edilizi di cui al Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia), sono soggetti all'applicazione del presente regolamento gli interventi:

- a) di ristrutturazione edilizia, come definiti dall'articolo 3, comma 1, lettera d) del d.p.r. 380/2001, solo se consistono nella demolizione totale, almeno fino alla quota più bassa del piano campagna posto in aderenza all'edificio, e ricostruzione con aumento della superficie coperta dell'edificio demolito; ai fini del presente regolamento, non si considerano come aumento di superficie coperta gli aumenti di superficie derivanti da interventi di efficientamento energetico che rientrano nei requisiti dimensionali previsti al primo periodo dell'articolo 14, comma 6, del decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102 (Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE);
- b) di nuova costruzione, così come definiti dall'articolo 3, comma 1, lettera e), del d.p.r. 380/2001, compresi gli ampliamenti; sono escluse le sopraelevazioni che non aumentano la superficie coperta dell'edificio;
- c) di ristrutturazione urbanistica, così come definiti dall'articolo 3, comma 1, lettera f), del d.p.r. 380/2001;
- d) relativi a opere di pavimentazione e di finitura di spazi esterni, anche per le aree di sosta, di cui all'articolo 6, comma 1, lettera e-ter), del d.p.r. 380/2001, con una delle caratteristiche che seguono:
  1. di estensione maggiore di 150 mq;
  2. di estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a), b) o c), del presente comma o di cui al comma 3;
- e) pertinenziali che comportino la realizzazione di un volume inferiore al 20 per cento del volume dell'edificio principale, con una delle caratteristiche che seguono:
  1. di estensione maggiore di 150 mq;
  2. di estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui alle lettere a), b) o c), del presente comma.»;

L'art. 5 prescrive che il controllo e la gestione delle acque pluviali debba essere effettuato, *ove possibile*, per mezzo di opere che siano in grado di garantire l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso delle acque, cioè, di favorire lo smaltimento delle acque meteoriche con sistemi naturali. Lo scarico in un corpo idrico ricettore, naturale o artificiale, deve avvenire solo a valle di invasi di laminazione dimensionati per rispettare le portate massime ammissibili.

Nel caso in cui sia necessario realizzare volumi di laminazione, le acque devono essere smaltite secondo le priorità decrescenti di cui all'art. 5, comma 3:

- a) mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto;
- b) mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie

e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio (PGT) comunale;

- c) scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale, con i limiti di portata di cui all'articolo 8;
- d) scarico in fognatura, con i limiti di portata di cui all'articolo 8.

Il regolamento, art. 7, comma 3, prevede una suddivisione del territorio regionale in tre 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.”*

L'elenco dei comuni lombardi e il loro livello di criticità sono riportati nell'allegato C. I corsi d'acqua che determinano il valore più elevato di criticità (aree A) sono elencati nell'allegato della B del regolamento, non è, viceversa chiaro, quali siano i corsi d'acqua per i quali si opera la suddivisione tra aree B e C.

Il livello di criticità rappresenta l'elemento di diversificazione dei limiti allo scarico che sono in funzione delle caratteristiche delle aree di formazione e di possibile scarico delle acque meteoriche del loro possibile effetto in considerazione della capacità idraulica dei tratti soggetti ad incremento di portata e dei tratti a valle.

Dall'allegato C si evince che il comune di Bosnasco rientra nella classe B. Nel caso di interventi edilizi diretti si dovranno adottare i criteri relativi al livello B di criticità nell'applicazione del principio dell'invarianza idraulica.

I valori massimi ammissibili ( $u_{lim}$ ) ammissibili allo scarico sono disciplinati all'art. 8, comma 1 del RR che prevede:

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

I valori di portata unitaria sono i limiti superiori ammessi allo scarico e il gestore del ricettore può imporre limiti più restrittivi, *“qualora sia limitata la capacità idraulica del ricettore stesso ovvero ai fini della funzionalità del sistema di raccolta e depurazione delle acque reflue.”*

Tuttavia, il Regolamento Regionale all'art. 7 comma 5 prevede che *“Indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettate ai limiti e alle procedure indicati nel presente regolamento per le aree A di cui al comma 3, anche le aree lombarde inserite nei PGT comunali come ambiti di trasformazione o anche come piani attuativi previsti nel piano delle regole”*. Ne deriva che, nel caso specifico, il limite  $u_{lim}$  è fissato in 10

l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile e il volume minimo di laminazione deve essere determinato considerando il valore di 800 m<sup>3</sup>/ha di area scolante impermeabile.

In funzione di questi valori si determinano le dimensioni dell'intervento per la riduzione della portata di scarico.

Nell'art. 11 del RR sono definite le metodologie di calcolo per il rispetto dei limiti allo scarico di cui all'articolo 8 e riportati poco sopra nella presente relazione. Il progetto di invarianza idraulica e idrologica deve rispettare i seguenti elementi:

#### **Tempo di ritorno:**

1. ***Tr = 50 anni***: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani;
2. ***Tr = 100 anni***: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere dimensionate e per il dimensionamento e la verifica delle "*eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi*";

#### **Precipitazioni di progetto:**

Le piogge di progetto devono assumere i parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale; nel caso si adottino valori diversi devono derivare dall'analisi di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarare l'origine e la validità;

#### **Processo di infiltrazione:**

Nella progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica è necessario:

- valutare la soggiacenza della superficie piezometrica rispetto al piano campagna e se la falda è a quota sufficientemente inferiore al piano campagna per poter infiltrare una parte dell'afflusso meteorico oppure no. In ogni caso il progetto di invarianza idraulica e idrologica deve valutare ogni possibilità di incentivare l'infiltrazione delle acque meteoriche afferenti da superfici non suscettibili di inquinamento allo scopo di tendere alla restituzione delle stesse ai naturali processi di infiltrazione preesistenti all'intervento. Il progetto deve conseguentemente valutare la realizzazione di strutture di infiltrazione quali aree verdi di infiltrazione, trincee drenanti, pozzi drenanti, cunette verdi, pavimentazioni permeabili, adeguate a tale obiettivo;
- se l'infiltrazione di una parte dell'afflusso meteorico è possibile o invece è da escludere in funzione:
  - della qualità delle acque meteoriche in relazione alla loro compatibilità con la tutela qualitativa delle falde;
  - della stabilità dei versanti o del sottosuolo.
  - della possibile interferenza con le fondazioni o anche i piani interrati degli edifici esistenti;
- l'analisi dell'infiltrabilità dei deflussi superficiali deve basarsi sulle conoscenze e su quanto previsto dagli strumenti di pianificazione regionali e provinciali di settore, nonché nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT del comune;
- nel calcolo del processo di infiltrazione devono essere adottati valori cautelativi dei coefficienti di permeabilità che tengano conto della progressiva tendenza all'intasamento dei materassi permeabili e conseguente riduzione dei coefficienti di permeabilità.

- 4.1. dei volumi di laminazione necessari durante i transitori di pioggia intensa, in cui occorre determinare cautelativamente la portata possibile di infiltrazione durante il breve termine dell'evento meteorico;
- 4.2. della portata possibile di infiltrazione al di fuori dei transitori di pioggia, per valutare il tempo di svuotamento nel sottosuolo delle strutture di infiltrazione.

### **Idrogramma netto di piena:**

Il calcolo dell'idrogramma netto di piena deve prevedere:

1. la valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena può prevedere i seguenti valori del coefficiente d'afflusso:

- 1.1. pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue quali strade, vialetti, parcheggi;
- 1.2. pari a 0.7 per le pavimentazioni drenanti o semipermeabili, quali strade, vialetti, parcheggi
- 1.3. pari a 0.3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo;

È importante sottolineare che i coefficienti di deflusso così definiti devono essere 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.

### **Volume di invaso per la laminazione delle acque pluviali:**

Il calcolo del volume deve essere riportato per esteso nella relazione del progetto di invarianza idraulica. Il calcolo può essere eseguito utilizzando il metodo semplificato delle "sole piogge" oppure con una procedura dettagliata. L'utilizzo della procedura delle sole piogge non è consentito nel caso di interventi ricadenti nella negli ambiti territoriali A e B e nella classe d'intervento 3 (impermeabilizzazione potenziale alta) (rif. Tab. 1 allegata al Regolamento Regionale che si riporta nella presente relazione).

Nel caso di interventi negli ambiti territoriali C e per qualsiasi classe d'intervento (da classe 0 superficie inferiore a 300 m<sup>2</sup> a classe 4 impermeabilizzazione potenziale alta) è consentito adottare i requisiti minimi per la determinazione del volume di laminazione.

Indipendentemente dal metodo di calcolo adottato per la progettazione degli interventi di invarianza idraulica, il volume non deve essere inferiore a quello determinato con il requisito minimo di cui all'articolo 12, comma 2 del RR 7/2017 come modificato dal RR 8/2019. I requisiti minimi sono:

*"a) per le aree A ad alta criticità idraulica di cui all'articolo 7: 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;*

*b) per le aree B a media criticità idraulica di cui all'articolo 7: 500 mc 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"*



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	

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
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		

Tab. 2.1 - Tabella 1 del Regolamento Regionale

**Tempo di svuotamento degli invasi di laminazione (art. 11, comma 2, lett. f):**

Il tempo di svuotamento dei volumi non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile. Qualora non si riesca a rispettare il termine di 48 ore, ovvero qualora il volume calcolato sia realizzato all'interno di aree che prevedono anche volumi aventi altre finalità, il volume complessivo deve essere calcolato tenendo conto che dopo 48 ore deve comunque essere disponibile il volume calcolato secondo quanto indicato alla lettera e). Il volume di laminazione calcolato secondo quanto indicato alla lettera e) deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore;

**Sistema di scarico terminale nel ricettore (art. 11, comma 2, lett. g)**

Il sistema di scarico deve essere composto da un pozzetto a doppia camera, o comunque deve essere realizzato in modo che sia consentito l'ispezione dello scarico e delle tubazioni di collegamento con il ricettore e la misura delle portate scaricate. Il sistema di smaltimento delle acque deve essere predisposto in modo autonomo rispetto a quello dello scarico eventualmente esistente in modo che ne sia possibile il controllo separato.

Nel caso di scarichi a gravità, il diametro del tubo di collegamento tra il volume di laminazione e il pozzetto di ispezione deve essere calcolato in funzione della portata massima ammissibile allo scarico (bocca tarata). Il diametro di questa tubazione potrebbe essere di dimensioni ridotte e nel piano di manutenzione, secondo le disposizioni dell'articolo 13, deve essere tenuta presente la possibilità di occlusione o parzializzazione della sezione.

Il piano di manutenzione deve prevedere:

- un periodico controllo del tubo di collegamento, oltre che delle altre strutture, con frequenza tanto maggiore quanto minore è il suo diametro;

- la possibilità che il tubo sia occluso, o che si possa anche occludere nel corso dell'evento; di conseguenza si deve valutare il conseguente rischio idraulico residuo e garantire lo svuotamento del volume di laminazione entro il termine previsto nel regolamento;
- gli scarichi a gravità devono essere equipaggiati con dispositivi atti ad impedire rigurgiti nella rete di drenaggio e nelle strutture di infiltrazione e laminazione determinati dagli eventuali stati di piena o sovraccarico del ricettore;
- le disfunzioni dello scarico dell'invaso di laminazione, con conseguente prolungamento dei tempi di svuotamento e quindi con la possibilità di stato di pre-riempimento dell'invaso in un evento successivo tale da non rendere disponibile il volume calcolato.

### 3 CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'INTERVENTO

L'intervento attuativo nel suo complesso prevede una superficie complessiva di circa **1.99 ha**, di cui circa **1.59 ha** è costituita da superfici impermeabili (tetti, strade e piazzali, ecc.) e circa **0.4 ha** di aree permeabili. Una parte di questa superficie complessiva è destinata a zona pubblica (viabilità, parcheggi e verde) esterna, quindi, all'area produttiva; La superficie dell'area pubblica è pari a circa 0.24 ha di cui circa 0.19 ha di superfici impermeabili e circa 0.05 ha di superficie verde.

Nella figura 3.1 è riportato un estratto della tavola di progetto dell'intervento con evidenziate le due zone.

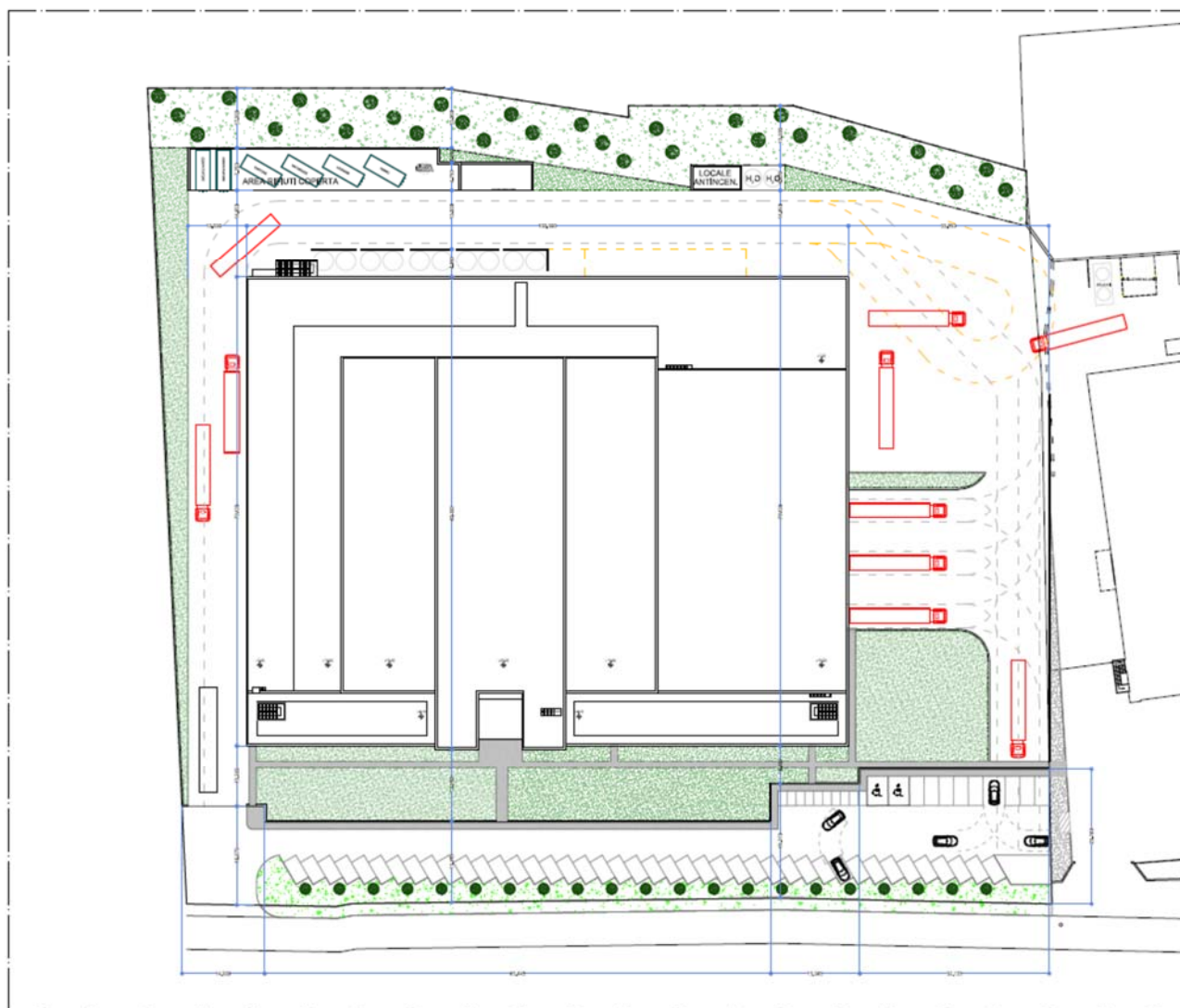


Fig. 3.1 – Estratto della planimetria dell'intervento

Nella figura 3.2 è riportato l'estratto della tavola nella quale è evidenziata la zona pubblica. Si rimanda alle tavole progettuali per i dettagli dell'intervento edificatorio.

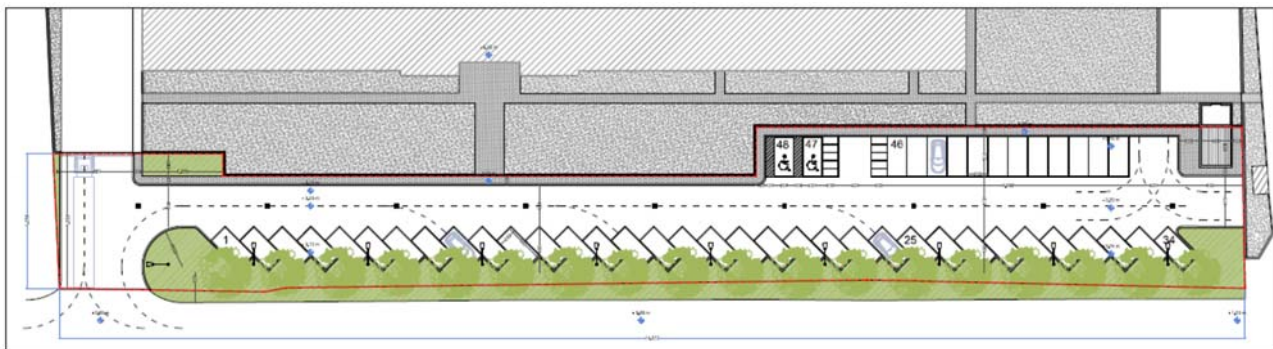


Fig. 3.2 – Estratto della planimetria della zona pubblica (il perimetro è individuato dalla linea rossa)

Come visto, per l'intera area si hanno le seguenti dimensioni superficiali:

- Superfici totalmente impermeabili (strade, tetti, piazzali, ecc.) per le quali il regolamento regionale fissa il valore del coefficiente d'afflusso  $\varphi = 1$ ; l'area complessiva è pari a circa **1.59 ha**;
- Superfici permeabili di qualsiasi tipo (escludendo le superfici incolte e quelle di uso agricolo) per le quali il regolamento regionale fissa il valore del coefficiente d'afflusso  $\varphi = 0.3$ ; l'area complessiva è pari a circa **0.4 ha**;

Il coefficiente d'afflusso medio ponderale  $\varphi_M$  è uguale a **0.548**. Questo valore definisce, unitamente al valore della superficie dell'intervento, la classe nella quale ricade l'intervento stesso e la metodologia che deve essere adottata per il dimensionamento delle opere necessarie (volume d'invaso) all'ottenimento dell'invarianza idraulica. Il coefficiente d'afflusso medio ponderale sarà utilizzato anche nel calcolo idrologico per determinare la pioggia netta.

Considerando l'intera area dell'intervento, la superficie è compresa tra 1 ha e 10 ha e il coefficiente  $\varphi_M$  è superiore a 0.4; l'intervento rientra, quindi, nella classe di impermeabilizzazione potenziale alta e nell'ambito territoriale A (in realtà, come visto in precedenza, il comune di Bosnasco si trova nell'ambito territoriale B ma essendo la trasformazione configurata come un piano attuativo occorre applicare i criteri dell'ambito A) e pertanto occorre applicare la metodologia di calcolo dettagliata.

Per la sola zona edificata si hanno le seguenti dimensioni superficiali:

- Superfici totalmente impermeabili (strade, tetti, piazzali, ecc.) per le quali il regolamento regionale fissa il valore del coefficiente d'afflusso  $\varphi = 1$ ; l'area complessiva è pari a circa **1.20 ha**;
- Superfici permeabili di qualsiasi tipo (escludendo le superfici incolte e quelle di uso agricolo) per le quali il regolamento regionale fissa il valore del coefficiente d'afflusso  $\varphi = 0.3$ ; l'area complessiva è pari a circa **1.12 ha**;

Il coefficiente d'afflusso medio ponderale  $\varphi_M$  è uguale a **0.857**. Il coefficiente d'afflusso medio ponderale sarà utilizzato nel calcolo idrologico per determinare la pioggia netta.

## 4 METODO DI CALCOLO DELLA PORTATA PLUVIALE

Il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica di questo specifico intervento di deve, nel rispetto del RR, utilizzare un metodo di calcolo dettagliato.

Per questa ragione il calcolo della portata pluviale complessivamente raccolta dalla superficie dell'area è basato sul metodo di trasformazione degli afflussi in deflussi dell'*invaso lineare* ed è stato eseguito per il tempo di ritorno della precipitazione  $Tr$  pari a 50 anni, che, benché si ritenga estremamente elevato, è il valore fissato nel Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017.

Si sottolinea che il RR prevede di adottare il tempo di ritorno  $Tr$  pari a 100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere dimensionate e per il dimensionamento e la verifica delle “*eventuali ulteriori misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni insediati, quali barriere e paratoie fisse o rimovibili a difesa di ambienti sotterranei, cunette di drenaggio verso recapiti non pericolosi*”. Una volta dimensionate le opere si dovrà procedere in tal senso.

### 4.1 Calcolo dell'idrogramma di piena.

Il metodo dell'invaso lineare è applicabile soprattutto nelle aree pianeggianti in cui la formazione della piena sulla superficie risente del *fenomeno idrologico della laminazione*. Infatti, il modello dell'invaso lineare schematizza il sistema bacino-rete come un serbatoio *lineare*. Il legame fra il volume  $W(t)$  invasato nel sistema bacino-rete e la portata  $q(t)$  uscente dal sistema è rappresentato dalla relazione lineare.

$$(4.1) \quad W(t) = k q(t)$$

in cui  $k$  è la costante di tempo o costante d'invaso.

Nel metodo dell'invaso lineare, in sintesi, la portata è data dall'espressione:

$$(4.2) \quad q(t) = q_p(1 - e^{-t/k})$$

per  $t \leq t_p$  con  $t_p$  durata della precipitazione e dall'espressione:

$$(4.3) \quad q(t) = q_{max} e^{-(t-t_p)/k} \quad \text{per } t > t_p$$

La portata di pioggia  $q_p$  è, nel caso specifico, costante nel tempo ed è derivata, come previsto nel regolamento regionale, dalla linea segnalatrice di probabilità pluviometrica dell'ARPA per il sito specifico.

Il metodo dell'invaso lineare è caratterizzato dal parametro  $k$  (costante d'invaso) che ha la dimensione di un tempo. Nel caso presente la costante d'invaso  $k$  è stata calcolata con la formula di Desbordes per la quale la è funzione dell'area totale  $A$ , del rapporto tra l'area impermeabile e l'area totale  $Imp$  e dalla pendenza  $s$  del collettore principale che nel caso in esame è stata assunta pari a 0.2% (0.002 m/m).

$$(4.4) \quad k = \frac{4.19A^{0.30}}{Imp^{0.45}s^{0.38}} - 0.21$$

La portata di pioggia è derivata dalla linea segnalatrice di possibilità pluviometrica la cui espressione è:

$$(4.5) \quad h(t, Tr) = at^n$$

in cui i simboli hanno il seguente significato

- $h$  = altezza di pioggia (mm) in funzione della durata della pioggia (ore)  $t$  e per tempo di ritorno fissato  $Tr$ ;
- $a$  = parametro della curva che rappresenta l'altezza di pioggia per durata oraria = 52.00 mm
- $n$  = coefficiente della curva pari a:
  - 0.50 per  $t < 1ora$  (valore previsto anche nel nuovo regolamento regionale di invarianza idraulica);
  - 0.3015 per  $t \geq 1ora$ .

I valori  $a$  e  $n$  della curva, caratteristici del prefissato tempo di ritorno, sono stati ricavati dal sito dell'ARPA Lombardia.

$$(4.6) \quad p(t) = 0.277 \varphi at^{n-1} A$$

$A$  = area totale (ha)

$\varphi$  = coefficiente d'afflusso pari a 0.857. Il coefficiente d'afflusso deriva dalla media ponderale dei singoli coefficienti d'afflusso visti nel capitolo precedente.

## 4.2 Calcolo del volume di laminazione

Applicando il metodo dettagliato, il volume di laminazione è stimato risolvendo l'equazione di continuità per la quale:

$$(4.7) \quad q_e(t) - q_u(t) = \frac{dV(t)}{dt}$$

con:

$q_e$  [m<sup>3</sup>/s] portata entrante,

$q_u$  [m<sup>3</sup>/s] portata uscente,

$V$  [m<sup>3</sup>] volume d'invaso.

La portata entrante è rappresentata dall'idrogramma di piena calcolato con le formule 4.2 e 4.3; la portata uscente ammessa allo scarico è costante e il suo valore limite è dato da:

$$(4.8) \quad q_u(t) = u_{lim} A_{imp}$$

Nel caso specifico la portata unitaria limite  $u_{lim}$  è uguale a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile.

### **4.3 Verifica della possibile infiltrazione delle acque meteoriche**

Come previsto dal Regolamento Regionale, è possibile prevedere l'infiltrazione della totalità o di una parte delle acque meteoriche tramite sistemi di pozzi drenanti, trincee drenanti, bacini naturali con fondo drenante, ecc, solitamente a supporto delle opere di laminazione.

Nel contesto specifico è stata verificata la possibilità di allontanare le acque meteoriche adottando la soluzione che prevede la realizzazione di sistemi di filtrazione delle acque meteoriche anche in abbinamento con bacini di laminazione.

Dalle indicazioni desunte dalla RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA e SISMICA predisposta nel gennaio 2021 dal Geol. Mauro Saleri specificatamente per l'analisi delle caratteristiche dei terreni nell'ambito territoriale dell'intervento edilizio in progetto, i terreni non mostrano caratteristiche tali da poter garantire una sufficiente capacità filtrante per poter allontanare le portate pluviali che si formano sulle aree fortemente impermeabilizzate.

Per questa ragione si è, in questa fase, sviluppato il calcolo per la stima dei volumi di laminazione necessari per rispettare il regolamento regionale d'invarianza idraulica.

## 5 RISULTATI DEL CALCOLO

La stima del volume di laminazione è stata effettuata considerando due situazioni: nella prima condizione l'intera area dell'intervento contribuisce alla formazione della piena e il sistema di laminazione è dimensionato per limitare la portata di scarico dell'intera superficie; nella seconda condizione il calcolo è stato eseguito considerando solo la porzione di edificato.

Nel regolamento regionale si specifica che, per il calcolo del volume complessivo drenato dall'area oggetto di intervento edilizio, si definisce **la superficie impermeabile come il prodotto del coefficiente d'afflusso medio ponderale  $\phi_M$  e della superficie totale dell'intervento  $A$** . Quindi è una superficie calcolata nell'ipotesi che, nella situazione di eventi estremi, siano contributive anche le aree verdi e le aree semipermeabili. **Non coincide**, quindi, con l'area effettivamente impermeabile composta da tetti, strade, piazzali, ecc.

### 5.1 Volume di laminazione per l'intera area

Nella prima condizione le superfici di calcolo sono: superficie complessiva  $A = 1.99$  ha, superficie dei tetti, piazzali, strade ecc.  $A_i = 1.59$  ha e superfici permeabili (aree verdi)  $A_p = 0.4$  ha.

Il coefficiente d'afflusso medio temporale è 0.857 e la superficie effettivamente impermeabile è  $A_{imp} = 1.71$  ha, la portata massima unitaria è 10 l/s per superficie impermeabile e la massima portata ammessa allo scarico, calcolata con la formula 4.8, è  $q_u(t) = 17.1$  l/s.



```

*****
DIMENSIONAMENTO DI SISTEMA DI LAMINAZIONE
E DI INFILTRAZIONE DELLE PIENE IN AMBITO URBANO
MEDIANTE IL METODO DELLE SOLE PIOGGE O
MEDIANTE IL METODO DELLO INVASO LINEARE
G. Barbero - ver. 2 - maggio 2019
*****
TEMPO DI RITORNO = 50.0 ANNI
*****
DATI DI PROGETTO
area = (in ettari) 1.996
area impermeabile = (in ettari) 1.589
area drenante = (in ettari) .000
pendenza collettore = (in %) .20
coeff. afflusso area impermeabile 1.00
coeff. afflusso area drenante = .70
coeff. afflusso area permeabile .30
portata unitaria di scarico = (in l/shaimp) 10.00
coeff. afflusso = .857
portata max scarico = 17.109400
*****
METODO DETTAGLIATO
*****
-----
RISULTATI DEL CALCOLO DEL VOLUME VASCA
tcrit. Qinma Qoutmax Vvasca
505 55.81 17.11 1151.41
-----

```

Tab. 5.1 – Risultati del calcolo per l’area totale dell’intervento (l’area impermeabile è il prodotto del coefficiente d’afflusso e della superficie totale, come specificato prima)

Il volume di laminazione massimo è pari a **circa 1151.4 m<sup>3</sup>** ed è raggiunto dopo 8 ore e 25 minuti di pioggia consecutiva. Il volume unitario calcolato con il metodo descritto è inferiore a 800 m<sup>3</sup>/ha di area scolante impermeabile, valore minimo previsto nel regolamento regionale, e occorre, pertanto prevedere un volume complessivo d’invaso di **1368.75 m<sup>3</sup>**.

Considerando il valore delle portata massima ammessa, attraverso il sistema di scarico (da dimensionare) il volume d’invaso potrà essere svuotato in circa 22 ore, tempo inferiore a quello massimo fissato dal regolamento e pari a 48 ore.

## 5.2 Volume di laminazione considerando non connessa l’area verde posta a ovest.

Nella seconda condizione, l’intervento di riduzione della portata di scarico è valutato nell’ipotesi che la zona verde posta a ovest non sia connessa con la rete di fognatura bianca e quindi non contribuisca allo scarico della portata meteoriche nel recapito finale.

In questo caso le superfici di calcolo sono, quindi: superficie complessiva  $A = 1.84$  ha, superficie dei tetti, piazzali, strade ecc.  $A_i = 1.59$  ha, superfici permeabili  $A_p = 0.25$  ha.

Il coefficiente d'afflusso medio ponderale  $\varphi_M$  risulta pari a 0.903 e la superficie effettivamente impermeabile è  $A_{imp} = 1.665$  ha.

Considerando sempre la portata unitaria  $u_{lim}$  pari a 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile, la massima portata uscente ammessa allo scarico, calcolata con la formula 5.7, è  $q_u(t) = 15.36$  l/s.

```

*****
DIMENSIONAMENTO DI SISTEMA DI LAMINAZIONE
E DI INFILTRAZIONE DELLE PIENE IN AMBITO URBANO
MEDIANTE IL METODO DELLE SOLE PIOGGE O
MEDIANTE IL METODO DELLO INVASO LINEARE
G. Barbero - ver. 2 - maggio 2019
*****
TEMPO DI RITORNO = 50.0 ANNI
*****
DATI DI PROGETTO
area = (in ettari) 1.844
area impermeabile = (in ettari) 1.589
area drenante = (in ettari) .000
pendenza collettore = (in %) .20
coeff. afflusso area impermeabile 1.00
coeff. afflusso area drenante = .70
coeff. afflusso area permeabile .30
portata unitaria di scarico = (in l/shaimp) 10.00
coeff. afflusso = .903
portata max scarico = 16.652800
*****
METODO DETTAGLIATO
*****
-----
RISULTATI DEL CALCOLO DEL VOLUME VASCA
tcrit. Qir Qoutmax Vvasca
505 54.40 16.65 1121.92
-----

```

Tab. 5.2 – Risultati del calcolo per l'area totale dell'intervento ad esclusione dell'area verde posta a ovest (l'area impermeabile è il prodotto del coefficiente d'afflusso e della superficie totale)

Il volume d'invaso massimo è pari a **circa 1121.9 m<sup>3</sup>** ed è raggiunto dopo circa 8 ore e 25 minuti di pioggia continua. Il volume unitario calcolato con il metodo descritto è inferiore a 800 m<sup>3</sup>/ha di area impermeabile, valore minimo fissato nel regolamento regionale, e occorre, pertanto, prevedere un volume complessivo d'invaso di **1332.22 m<sup>3</sup>**.

Considerando il valore delle portata massima ammessa, attraverso il sistema di scarico (da dimensionare) il volume d'invaso potrà essere svuotato in circa 22 ore, tempo inferiore a quello massimo fissato dal regolamento e pari a 48 ore.

### 5.3 Volume di laminazione considerando solo l'area pubblica.

L'area pubblica contribuisce alla formazione della portata di piena meteorica in rapporto che non è rapportabile direttamente alla portata dell'intera area del Piano di Lottizzazione.

Tuttavia, si considera unitario il Piano e quindi, come prevede il regolamento regionale, le caratteristiche idrologiche sono state determinate in modo unitario su tutta l'area considerata. Per questa ragione si ritiene possibile valutare la percentuale del volume di laminazione dovuta al deflusso sull'area pubblica come pari alla percentuale dell'area stessa o, analogamente, a determinare l'aliquota di volume come il prodotto del volume unitari minimo pari a  $800 \text{ m}^3/\text{s}$  per ettaro di area scolante impermeabile per l'area scolante impermeabile propria della zona pubblica. Il valore calcolato risulta pari a **165.33 m<sup>3</sup>**.

È naturalmente possibile che il sistema di laminazione (o comunque di rispetto del principio dell'invarianza idraulica) sia realizzato in modo separato tra la zona privata e quelle pubblica. Volendo realizzare un invaso per la zona pubblica di volume netto pari a quello indicato, si dovrà prevedere, sempre secondo le indicazioni del regolamento, una portata massima di scarico pari a circa  $2.07 \text{ l/s}$ . Ne risulta che il tempo di svuotamento è pari a circa 22 ore, anche in questo caso inferiore al limite massimo di 48 ore prescritto nel regolamento regionale.

## 6 CONCLUSIONI

In questa relazione sono state illustrate le modalità di calcolo del volume di laminazione necessario per rispettare i criteri di invarianza idraulica contenuti nel Regolamento Regionale.

Si rimanda alla fase di progettazione la scelta del o dei sistemi per la laminazione delle portate pluviali e lo scarico nel recapito finale.

Viste le caratteristiche dei suoli, desunti dalla relazione geologica del Dott. Geol. Mauro Saleri, non sono state prese in considerazione le alternative che contemplano l'utilizzo di sistemi di filtrazione di parte delle acque piovane quali pozzi filtranti, trincee drenanti, ecc.

Voghera, febbraio 2021

Prof. Ing. Giuseppe BARBERO Ph.D.  
Ordine Ingegneri di Pavia n. 1340

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'Giuseppe Barbero', is written over a purple circular professional stamp. The stamp contains the text 'GIUSEPPE BARBERO' around the top edge, 'ALBO ING.' in the center, and 'n. 1340' at the bottom.