



**P.L. AMBITO DI TRASFORMAZIONE PER ATTIVITA' p3 - CORSO MILANO - EX SS 494
SNC - VIGEVANO PV**

Studio dell'invarianza idraulica

Criteri e metodi per il rispetto dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art. 58 bis della L.R. 12/2005
secondo la D.G.R. 20.11.2017 n.X/7372 (R.R. n.7 del 23.11.2017 e s.m.)

A cura di:

Dr. Geol. Maurizio Visconti

Corso Mortara 2

27029 Vigevano (PV)

contatti: 393-9877798

email: m.visconti@studio-visconti.it

p.e.c.: mauriziovisconti@pec.epap.it

Ottobre 2025

Sommario

PREMESSA	3
QUADRO NORMATIVO	3
UBICAZIONE DELL'AREA	10
DATI DELLA COMPONENTE GEOLOGICA P.G.T. COMUNALE	11
DEFINIZIONE DELLA CRITICITA' IDRAULICA	14
1) TETTI E COPERTURE.....	15
PORTATE MASSIME SCARICABILI	15
DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO	15
METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI	16
CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA.....	18
TEMPO DI SVUOTAMENTO	18
CARATTERISTICHE GENERALI	18
LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA T=50.....	19
CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE	20
DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA t=50.....	20
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA T=50.....	20
LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA T=100	21
CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE	22
DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA T=100	22
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA T=100.....	23
2) STRADE, PARCHEGGI, AREE VERDI	24
DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEL SOTTOSUOLO	24
PORTATE MASSIME SCARICABILI	25
DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO	26
METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI.....	27
Requisiti minimi	27
Metodo delle sole piogge.....	27
Calcolo portata infiltrata	28
CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA	29
TEMPO DI SVUOTAMENTO.....	29
CARATTERISTICHE GENERALI	29
LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA t=50	30
CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE.....	31
DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA t=50.....	31
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA t=50	32
LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA T=100.....	33
CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE.....	34
DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA t=100.....	34
VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA t=100	34
CONCLUSIONI	35

PREMESSA



(dati progettuali)

Dal punto di vista dell'invarianza idraulica, seguendo le indicazioni del progettista, lo smaltimento delle acque meteoriche risulteranno così ripartite:

- 1) tetti e coperture in corso idrico adiacente di proprietà comunale
- 2) strade, parcheggi, aree verdi in trincee drenanti

QUADRO NORMATIVO

Il Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 e le modifiche intervenute con il Regolamento Regionale 19 aprile 2019, n. 8 intendono perseguire l'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni d'uso del suolo mediante:

- la separazione e gestione locale delle acque meteoriche a monte dei ricettori
- la riduzione quantitativa dei deflussi
- il progressivo riequilibrio del regime idrologico e idraulico e la conseguente attenuazione del rischio idraulico

- la riduzione dell'impatto inquinante sui corpi idrici ricettori tramite la separazione e la gestione locale delle acque meteoriche delle acque meteoriche non suscettibili di inquinamento.

Il Regolamento definisce altresì:

- a) ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;
- b) il valore massimo della portata meteorica scaricabile nei ricettori per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e idrologica nei diversi ambiti territoriali individuati;
- c) modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito
- d) misure differenziate per le aree di nuova edificazione e per quelle già edificate, anche ai fini dell'individuazione delle infrastrutture pubbliche di cui al piano dei servizi;
- e) indicazioni tecniche costruttive ed esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- f) meccanismi di incentivazione edilizia e urbanistica, attraverso i quali i comuni possono promuovere l'applicazione dei principi della invarianza idraulica o idrologica, nonché del drenaggio urbano sostenibile;
- g) la possibilità, per i comuni, di prevedere la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi previsti in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche o idrogeologiche, in ragione delle quali sia dimostrata l'impossibilità a ottemperare ai principi di invarianza direttamente nelle aree oggetto d'intervento.

Non sono soggetti ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica di cui al presente regolamento gli interventi che comportano la demolizione parziale, esclusa quella fino al piano terra e la ricostruzione o il ripristino o la sostituzione o la modifica o l'inserimento di elementi costitutivi che non comportano una maggiore superficie della proiezione sul suolo del filo esterno dell'edificio.

Si applicano le seguenti definizioni:

- a) invarianza idraulica: principio in base al quale le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione;
- b) invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione;
- c) drenaggio urbano sostenibile: sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche, e a ridurre il degrado qualitativo delle acque;
- d) acque meteoriche di dilavamento: la parte delle acque di una precipitazione atmosferica che, non assorbita o evaporata, dilava le superfici scolanti;

- e) acque di prima pioggia: quelle corrispondenti, nella prima parte di ogni evento meteorico, ad una precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di raccolta delle acque meteoriche;
- f) acque di seconda pioggia: la parte delle acque meteoriche di dilavamento eccedente le acque di prima pioggia;
- g) acque pluviali: le acque meteoriche di dilavamento, escluse le acque di prima pioggia scolanti dalle aree esterne;
- h) superficie scolante totale: la superficie, di qualsiasi tipologia, grado di urbanizzazione e capacità di infiltrazione, inclusa nel bacino afferente al ricettore sottesa dalla sezione presa in considerazione;
- i) superficie scolante impermeabile: superficie risultante dal prodotto tra la superficie scolante totale per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale;
- j) superficie scolante impermeabile dell'intervento: superficie risultante dal prodotto tra la superficie interessata dall'intervento per il suo coefficiente di deflusso medio ponderale;
- k) portata specifica massima ammissibile allo scarico, espressa in l/s per ettaro: portata massima ammissibile allo scarico nel ricettore per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- l) ricettore: corpo idrico naturale o artificiale o rete di fognatura, nel quale si immettono le acque meteoriche disciplinate dal presente regolamento;
- m) titolare: soggetto tenuto alla gestione e manutenzione delle opere di invarianza idraulica e idrologica.

Sono soggetti ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica gli interventi edilizi:

- a) di ristrutturazione edilizia, 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; non si considerano come aumento di superficie coperta gli aumenti di superficie derivanti da interventi di efficientamento energetico;
- b) di nuova costruzione, compresi gli ampliamenti; sono escluse le sopraelevazioni che non aumentano la superficie coperta dell'edificio;
- c) di ristrutturazione urbanistica;
- d) relativi a opere di pavimentazione e di finitura di spazi esterni, anche per le aree di sosta, 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);
- 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 al- le lettere a), b) o c);
- f) parcheggi, aree di sosta e piazze, con una delle caratteristiche che seguono:
1. estensione maggiore di 150 mq;
 2. estensione minore o uguale di 150 mq, solo qualora facenti parte di un intervento di cui al- le lettere a), b) o c);
- g) aree verdi sovrapposte a nuove solette comunque costituite;
- Sono esclusi dall'applicazione del presente regolamento, nell'ambito degli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali, loro pertinenze e parcheggi, assoggettati ai requisiti di invarianza idraulica e idro- logica:
- h) gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria della rete ciclopedonale, stradale e autostradale;
- i) gli interventi di ammodernamento ad eccezione della realizzazione di nuove rotatorie di diametro esterno superiore ai 50 metri su strade diverse da quelle di tipo «E – strada urbana di quartiere», «F – strada locale» e «F-bis – itinerario ciclopedonale»;
- j) gli interventi di potenziamento stradale per strade di tipo «E – strada urbana di quartiere», «F– strada locale» e «F-bis – itinerario ciclopedonale»;
- k) la realizzazione di nuove strade di tipo «F-bis – itinerario ciclopedonale».

Le corrispondenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono da calcolare in rapporto alla superficie interessata da tali interventi.

La riduzione della permeabilità del suolo va calcolata facendo riferimento alla permeabilità naturale originaria del sito, ovvero alla condizione preesistente all'urbanizzazione, e non alla condizione urbanistica precedente l'intervento eventualmente già alterata rispetto alla condizione zero, preesistente all'urbanizzazione.

Le misure di invarianza idraulica e idrologica si applicano alla sola superficie del lotto interessata dall'intervento comportante una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione e non all'intero lotto.

Gli interventi soggetti all'applicazione del presente regolamento devono essere considerati nella loro unitarietà e non possono essere frazionati.

Diversamente, più interventi indipendenti, ma tra loro contigui, possono prevedere la realizzazione di un'unica opera di invarianza idraulica o idrologica; a tal fine, la classe di intervento considera come superficie interessata dall'intervento la superficie complessiva data dalla somma delle superfici dei singoli interventi.

Le misure di invarianza idraulica e idrologica sono applicabili anche all'edificato e alle infrastrutture esistenti non vincolati al rispetto delle prescrizioni di cui al presente regolamento.

Il controllo e la gestione delle acque pluviali è effettuato, ove possibile, mediante sistemi che garantiscono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso.

La realizzazione di uno scarico delle acque pluviali in un ricettore è dovuta in caso di capacità di infiltrazione dei suoli inferiore rispetto all'intensità delle piogge più intense.

Il medesimo scarico deve avvenire a valle di invasi di laminazione dimensionati per rispettare le portate massime ammissibili.

Lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:

- 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;**
- d) **scarico in fognatura.**

Il Regolamento Regionale (allegato L) propone esempi di sistemi di controllo e drenaggio dei volumi idrici con riferimento alle dimensioni necessarie per il conseguimento degli obiettivi richiesti.

Per le progettazioni di dettaglio si applica la letteratura tecnica del settore.

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.

Indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettate ai limiti indicati nel presente regolamento per le aree A, le aree inserite nei PGT comunali come ambiti di trasformazione o anche come piani attuativi previsti nel piano delle regole.

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

a) **per le aree A:** 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;

b) **per le aree B:** 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;

c) **per le aree C:** 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Il gestore del ricettore può imporre limiti più restrittivi, qualora sia limitata la capacità o ai fini della funzionalità del sistema di raccolta e depurazione delle acque reflue.

Contenuti della relazione tecnica:

1. descrizione della soluzione progettuale di invarianza idraulica e idrologica e delle corrispondenti opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e scarico costituenti il sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico nel ricettore o di disperdimento nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;
2. calcolo delle precipitazioni di progetto;
3. calcoli del processo di infiltrazione;
4. calcoli del processo di laminazione negli invasi a ciò destinati e relativi dimensionamenti;
5. calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione;
6. calcoli e relativi dimensionamenti di tutte le componenti del sistema di drenaggio delle acque pluviali fino al punto terminale di scarico;
7. dimensionamento del sistema di scarico terminale, qualora necessario, nel ricettore, nel rispetto dei requisiti ammissibili del presente regolamento;

Asseverazione del professionista in merito alla conformità del progetto ai contenuti del presente regolamento.

In ogni caso, i contenuti del progetto di invarianza idraulica e idrologica devono essere commisurati alla complessità dell'intervento da progettare.

Nella redazione del progetto di invarianza idraulica e idrologica gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

T = 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;

T = 100 anni: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche 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.

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per la determinazione delle precipitazioni di progetto da assumere sono quelli riportati da ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale.

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.

Se la falda più superficiale è a quota sufficientemente inferiore al piano campagna è possibile infiltrare una parte dell'afflusso meteorico, in funzione della capacità di infiltrazione del suolo.

Se la falda più superficiale è prossima o coincidente con il piano campagna, non è ammissibile l'infiltrazione dell'afflusso meteorico.

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.

Esempi di metodologie di calcolo dell'infiltrazione sono contenute nell'allegato F del Regolamento Regionale.

Nel caso si debbano realizzare uno o più invasi di laminazione, essi dovranno comunque essere 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: 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento – se coeff. $P=0,8$ 640 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile;
- b) **per le aree B** a media criticità idraulica: 500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- c) **per le aree C** a bassa criticità idraulica: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

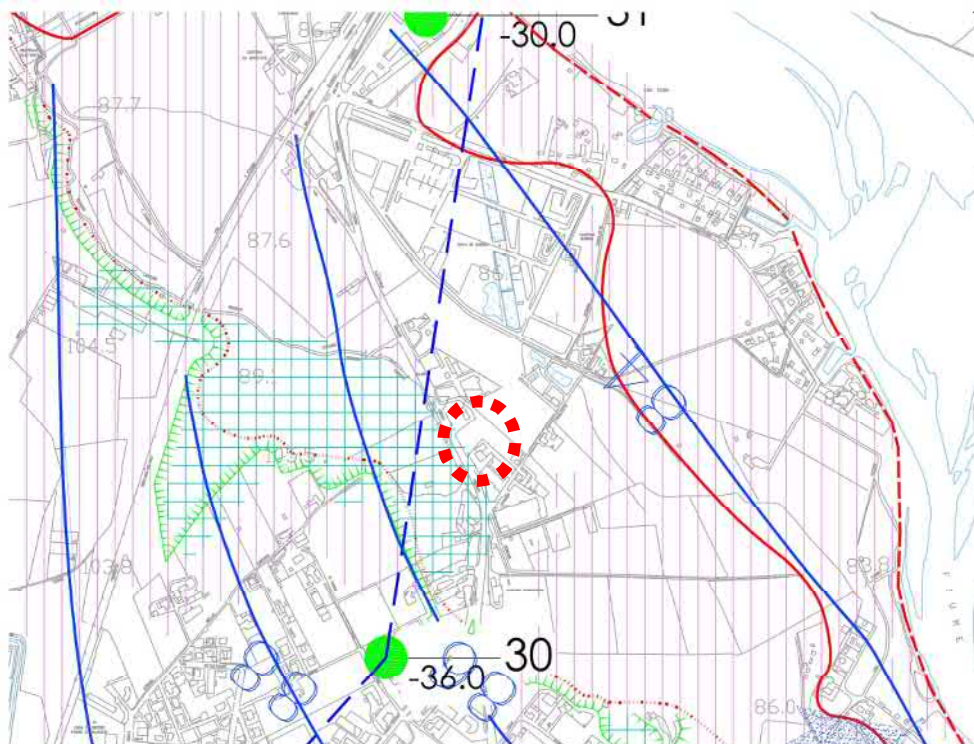
UBICAZIONE DELL'AREA



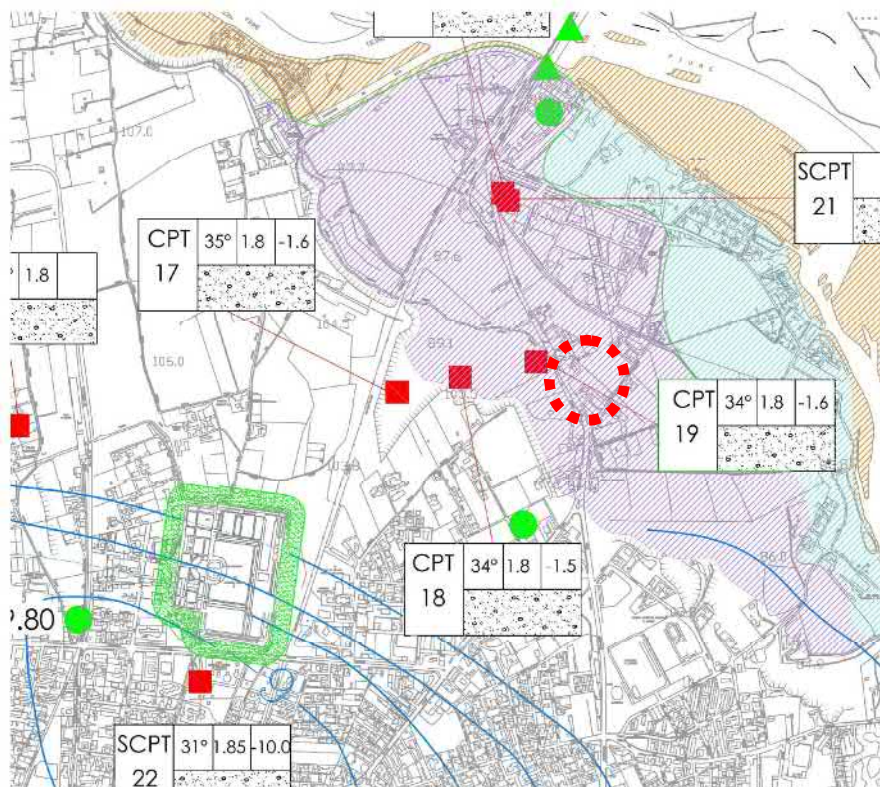
Estratto dalla Carta Tecnica Regionale

DATI DELLA COMPONENTE GEOLOGICA P.G.T. COMUNALE

(estratto da componente geologica PGT di Vigevano)



Estratto da PGT geologico Comune di Vigevano – Tav. 3 - Idrogeologia



Estratto da PGT geologico Comune di Vigevano – Tav. 6 - Sintesi

Legenda

Classe 1: Fattibilità senza particolari limitazioni, in questa classe ricadono le aree per le quali lo studio geologico non ha individuato specifiche controindicazioni all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione delle particelle. Si sottolinea tuttavia che in tali aree devono essere rispettate le norme previste sull'edificazione imposte dal D.M. 14/01/2008 e quelle stabilite dal Piano Territoriale del Parco Lombardo della Valle del Ticino.

Classe 2: Fattibilità con modeste limitazioni, in questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, quali la modesta soggiacenza della falda e la locale presenza di materiale con scadenti caratteristiche geotecniche. Per superare tali problematiche si rende necessario realizzare ulteriori indagini geologico - tecniche e idrogeologiche. Si sottolinea che in tali aree devono essere rispettate le norme previste sull'edificazione imposte dal D.M. 14/01/2008 e quelle stabilite dal Piano Territoriale del Parco Lombardo della Valle del Ticino.

Sottoclasse 2a: Fattibilità con modeste limitazioni, in questa sottoclasse ricadono le aree nelle quali sono state rilevati terreni con caratteristiche scadenti potenzialmente interessabili da cedimenti in caso di evento sismico. Per tali aree valgono le prescrizioni relative alle aree ricadenti in classe 2, con particolare riguardo alla valutazione di eventuali cedimenti in condizioni dinamiche.

Sottoclasse 2b: Fattibilità con modeste limitazioni, in questa sottoclasse ricadono le aree nelle quali sono state rilevati terreni con possibile presenza di depositi granulari fini saturi, potenzialmente interessabili da liquefazioni o cedimenti in caso di evento sismico. Per tali aree valgono le prescrizioni relative alle aree ricadenti in classe 2, con particolare riguardo alla valutazione di eventuali fenomeni di liquefazione o cedimenti in condizioni dinamiche.



Carta idrogeologica

Dall'interpretazione della Carta idrogeologica allegata al P.G.T. del Comune di Vigevano, l'area di studio, avente quota topografica di m. 87 s.l.m si trova in corrispondenza di un livello freatico massimo posto a circa m. 85 sul livello del mare, pari a - m. 2 dal piano campagna.

Durante le indagini, in periodo di livello freatico massimo annuale è stata intercettata la falda alla profondità di 2,00 metri da piano indagini (piano campagna).

Carta della fattibilità geologica

L'area ricade in:

Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni (gialla)

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate condizioni limitative alla modifica di destinazione d'uso dei terreni, quali la modesta soggiacenza della falda e la locale presenza di materiale con scadenti caratteristiche geotecniche. Per superare tali problematiche si rende necessario realizzare ulteriori indagini geologico - tecniche e idrogeologiche. All'interno di tale classe sono state individuate due sottoclassi derivanti dall'analisi sismica del territorio. Si sottolinea che in tali aree devono essere rispettate le norme previste sull'edificazione imposte dal D.M. 14/01/2018 e quelle stabilite dal Piano Territoriale del Parco Lombardo della Valle del Ticino.

Carta di sintesi

L'area risulta esterna al raggio di rispetto dei pozzi idropotabili, mentre risulta interna alla fascia di esondazione per piena catastofica (fascia C del PAI).

DEFINIZIONE DELLA CRITICITA' IDRAULICA

L'intervento in progetto si trova in Comune di Vigevano in via della Gioia 47/d alla quota media di 110,3 metri s.l.m..

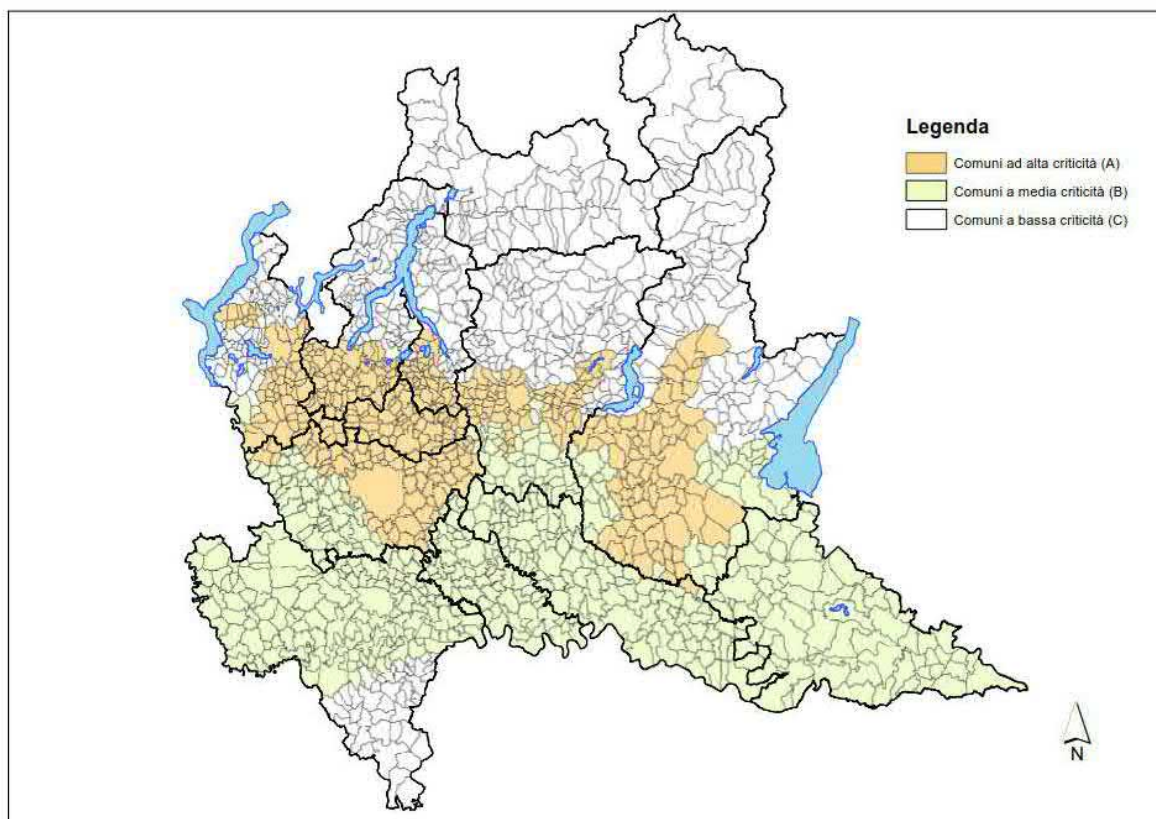
Ai sensi della D.g.r. del 20 novembre 2017, n. 7372, il territorio Lombardo è stato suddiviso in tre ambiti in cui sono inseriti i comuni, in base alla criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori.

Ad ogni Comune è associata una criticità (Allegato B della Dgr):

A –alta criticità

B –media criticità

C –bassa criticità



VIADANA	MN	B
VIADANICA	BG	C
VIDIGULFO	PV	B
VIGANO SAN MARTINO	BG	A
VIGANO	LC	A
VIGEVANO	PV	B
VIGGIO	VA	A
VIGNATE	MI	A
VIGOLO	BG	C
VILLA BISCOSSI	PV	B

L'area è inserita nel PGT comunali come ambito di trasformazione e pertanto viene assoggettata ai limiti indicati per le aree A – alta criticità idraulica.

1) TETTI E COPERTURE

Individuazione dell'area

Comune di	<u>Vigevano</u>	Provincia	<u>Pavia</u>
Livello di criticità	<u>Area A - criticità alta</u>		
Classe dell'intervento	<u>2 - Impermeabilizz. potenziale media</u>		

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
Coperture	Area impermeabile	594,9	1,00

Superficie totale 594,9 m² Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m 1,0000

PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili la normativa prevede il seguente valore:

$$Q_{umax} = u_{lim} \cdot \phi_m \cdot A$$

Q_{umax} [l/s]: portata massima in uscita dall'invaso

A [ha]: area totale dell'intervento

ϕ_m [-]: coefficiente di afflusso medio ponderale

u_{lim} [l/(s · ha)]: portata massima scaricabile specifica per unità d'area impermeabile

I valori massimi scaricabili ammissibili definiti dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 per ciascun ambito, sono:

- Aree A: $u_{lim} = 10$ [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree B: $u_{lim} = 20$ [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree C: $u_{lim} = 20$ [l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

Nel caso specifico $Q_{umax} = 1,7$ l/s.

DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

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

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/ora]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

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

ε , α , k [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$. Per quanto attiene i parametri caratteristici delle linee segnalatrici di pioggia si possono estrarre per il territorio regionale dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia: <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>

In alternativa a tali precipitazioni di progetto, possono essere assunti valori diversi solo nel caso si disponga di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarandone l'origine e la validità.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'erosione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

TR = 50 [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica ed idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

TR = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche 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.

METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- metodo dei requisiti minimi
- metodo delle sole piogge

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

Tra tutti questi metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra tutti i valori calcolati.

Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- 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 e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo.

Nel caso d'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, 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:

- Aree A: $w_{min} = 800$ [m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree B: $w_{min} = 500$ [m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree C: $w_{min} = 400$ [m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Tali volumi sono da adottare anche nel caso d'interventi classificati a impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta e media criticità, qualora il volume risultante dai calcoli fosse minore.

Ulteriormente, il progetto prevede di ottemperare ai requisiti di invarianza mediante il solo utilizzo di strutture di infiltrazione, quindi il requisito minimo di cui sopra è ridotto del 30 per cento. I calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione saranno basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F di cui al R.R. 7/2017 e s.m.i.

Metodo delle sole piogge

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente ed andando a massimizzare il volume accumulato.

Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

Q_e [l/s]: portata media entrante

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

a [mm/oran]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

D [ore]: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate W_e [m3] è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente W_u [m3], essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima Q_{umax} [l/s], ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata D [ore] è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione (D_w) ed il conseguente volume critico dell'invaso (W_0):

$$D_w = \left(\frac{Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

D_w [ore]: durata critica d'invaso

Q_{umax} [l/s]: portata uscente massima

W_0 [m3]: volume di laminazione

a [mm/oran]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

A [ha]: area totale interessata dall'intervento

φ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale

Si osservi che il parametro n (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata D_w , 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.

Adottando valori di n valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata D_w superiore all'ora. Se così non fosse, si deve adottare un valore di n , valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di n , ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

Calcolo portata infiltrata

La portata infiltrata viene calcolata adottando la formula di Darcy.

$$Q_{inf} = K_{calc} \cdot i \cdot A_f$$

Q_{inf} [m3/s]: portata infiltrata

K_{calc} [m/s]: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

i [m/m]: gradiente idraulico

A_f [m2]: superficie d'infiltrazione di calcolo

Nel calcolo del processo di infiltrazione vengono adottati valori cautelativi dei coefficienti di permeabilità del terreno idonei a rappresentare le reali condizioni di permeabilità a lungo termine.

CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} [s] viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf} + Q_u}$$

W [m3]: volume invasato massimo

Q_{inf} [m3/s]: portata infiltrata

Q_u [m3/s]: portata scaricata

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso 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. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf}}$$

W [m3]: volume invasato massimo

Q_{inf} [m3/s]: portata infiltrata

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Vigevano

Provincia Pavia

Livello di criticità Area A - criticità alta

Metodi di calcolo adottati			
Requisiti minimi Metodo delle sole piogge			
Portata massima scaricabile			
Portata massima scaricabile	10,00	$l/(s \cdot ha_{imp})$	
Origine del vincolo di portata: .			
Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
Coperture	Area impermeabile	594,9	1,00

Sup. totale intervento

594,9

m²

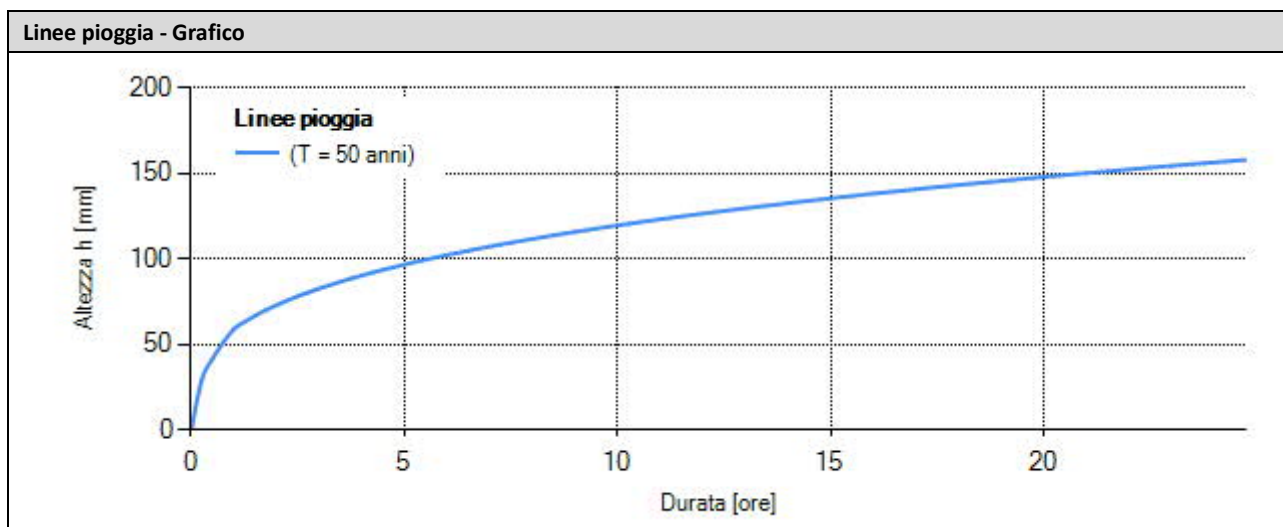
Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m

1,0000

LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA T=50

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Coefficiente pluviometrico orario	a_1	27,64	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0,3061	-
GEV - Parametro alfa	α	0,2951	-
GEV - Parametro kappa	k	-0,0739	-
GEV - Parametro epsilon	ϵ	0,8061	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	0,5000	-

Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).



Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
0	0,00
1	59,17
2	73,16
3	82,82
4	90,45
5	96,84
6	102,40
7	107,35
8	111,83
9	115,93
10	119,73
11	123,27
12	126,60
13	129,74
14	132,72
15	135,55
16	138,26
17	140,85
18	143,33
19	145,72
20	148,03

21	150,26
22	152,41
23	154,50
24	156,53

Scelta tempo di ritorno			
Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica			
Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	w_T	2,141	-
Parametro pioggia	a	59,170	mm/h ⁿ
<i>Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.</i> $T = 50$ [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. $T = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche 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.			

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
Coperture	Area impermeabile	594,9	1,00	-
Superficie totale intervento: 594,9 m²		Valori medi	1,0000	

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA $t=50$

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	w_0	800,00	m³/ha _{imp}
Volume invaso minimo	W_0	47,59	m³

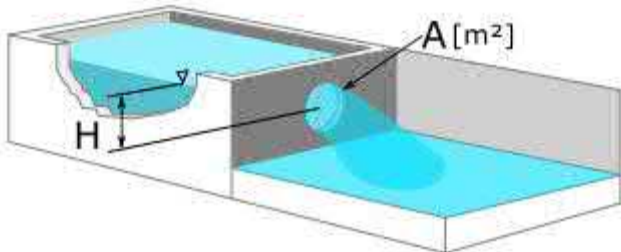
Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D_w	10,27	ore
Volume invaso minimo	W_0	49,82	m³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \phi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \phi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA $T=50$

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	60,00	m²

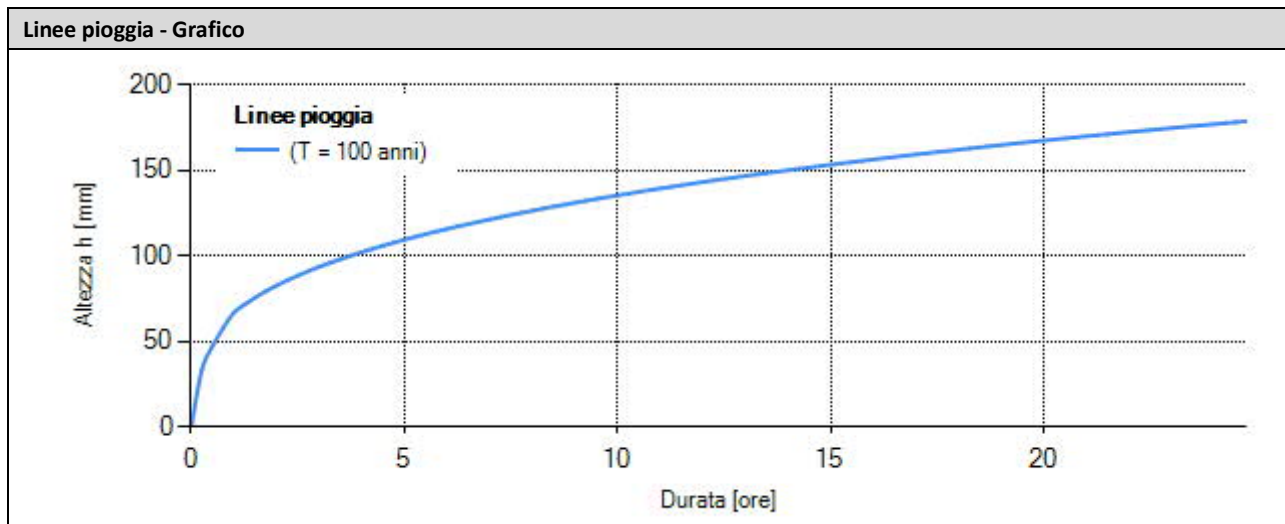
Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	1,00	$\geq$	0,83	m	Positiva

Volume utile invaso	W	60,00	$\geq$	49,82	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	23,3	$\leq$	48,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0,59	$\leq$	0,59	l/s	Positiva

Sistema di scarico				
Tipologia di svuotamento		Luce a battente circolare tarata		
				
Battente idrico utile massimo	H	1,00	m	
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	0,59	l/s	
Area della bocca d'uscita	A	1,0000	m^2	

LINEE SEGNALETTRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA T=100

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica				
Coefficiente pluviometrico orario	a ₁	27,64	mm/h ⁿ	
Coefficiente di scala	n	0,3061	-	
GEV - Parametro alfa	α	0,2951	-	
GEV - Parametro kappa	k	-0,0739	-	
GEV - Parametro epsilon	ε	0,8061	-	
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n ₁	0,5000	-	
Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).				



Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata [ore]	(T= 100 anni) h [mm]
0	0,00
1	66,97
2	82,80
3	93,74
4	102,37
5	109,60
6	115,89
7	121,49
8	126,56
9	131,21
10	135,51
11	139,52
12	143,29
13	146,84
14	150,21
15	153,42
16	156,48
17	159,41
18	162,22
19	164,93
20	167,54
21	170,06
22	172,50
23	174,86
24	177,15

Scelta tempo di ritorno			
Verifica dei franchi di sicurezza delle opere			
Tempo di ritorno adottato		100	anni
Coefficiente probabilistico	w_T	2,423	-
Parametro pioggia	a	66,968	mm/h ⁿ
<i>Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.</i> <i>T = 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.</i> <i>T = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche 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.</i>			

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
Coperture	Area impermeabile	594,9	1,00	-
Superficie totale intervento: 594,9 m²		Valori medi	1,0000	

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA T=100

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	w_0	800,00	m³/ha _{imp}

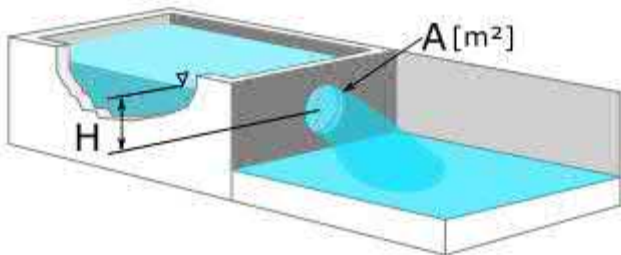
Volume invaso minimo	W_0	47,59	m ³
----------------------	-------	-------	----------------

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D_w	12,28	ore
Volume invaso minimo	W_0	59,55	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA T=100

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	60,00	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	1,00	$\geq$	0,99	m	Positiva
Volume utile invaso	W	60,00	$\geq$	59,55	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	27,8	$\leq$	48,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0,59	$\leq$	0,59	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento		Luce a battente circolare tarata	
			
Battente idrico utile massimo	H	1,00	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	0,59	l/s
Area della bocca d'uscita	A	1,0000	m ²

2) STRADE, PARCHEGGI, AREE VERDI

DETERMINAZIONE DELLA PERMEABILITA' DEL SOTTOSUOLO

Ai fini del 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 per il governo del territorio (invarianza idraulica), è stata stimata la permeabilità del terreno nell'area in esame.

La permeabilità del sottosuolo in corrispondenza dell'area di indagine è stata determinata mediante una prova di infiltrazione a carico variabile.

Tale prova è stata realizzata in un foro di sondaggio spinto fino a 1,50 m da quota del piano campagna mediante il posizionamento di un tubo di rivestimento con diametro di 3,5 cm e immissione di acqua all'interno del tubo.

L'immissione è stata realizzata in breve tempo e fino alla fuoriuscita idrica a giorno; si è quindi provveduto a misurare gli abbassamenti di livello nel tempo tramite sonda elettrica.

I dati relativi alla prova di permeabilità eseguita sono riportati nella seguente tabella.

PROVA DI PERMEABILITA' A CARICO VARIABILE		
COMMITTENTE	Dott. Geol. Maurizio Visconti	
CANTIERE	Vigevano - Corso Milano 115	
DATA	11/06/2020	
TEMPO	LETTURE	ABBASSAMENTI
secondi	m	m
0	0,00	2,060
30	0,93	1,130
60	1,37	0,690
90	1,66	0,400
120	1,85	0,210
150	1,99	0,070
172	2,06	0,000

Dati di campagna		m
PROFONDITA'		1,500
LUNGHEZZA RIVESTIMENTO		2,060
ALTEZZA TASCA FILTRANTE		0,100
DIAMETRO RIVESTIMENTO (esterno)		0,045

Formula adottata per calcolo permeabilità

$$k = \frac{A (h_2 - h_1)}{C (t_2 - t_1) * h_m}$$

dove:

- k=coefficiente di permeabilità
- A= area filtrante (in m2)
- t1, t2= tempi misurazione livello
- h1, h2=livelli idrici
- hm=altezza al tempo medio
- C= coefficiente di forma (per L>>D, C=L)

Area filtrante (A) (mq)	0.01413
t ₁ (sec)	0
t ₂ (sec)	172
h ₁ (m)	2,06
h ₂ (m)	0,00
h _m (m)	0,40

COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' k=	4,23E-03
---	-----------------

Il calcolo della permeabilità è stato effettuato con la formula:

$$k = \frac{A (h_2 - h_1)}{C (t_2 - t_1) * h_m}$$

dove:

k=coefficiente di permeabilità

A= area filtrante (in m²)

t1, t2= tempi misurazione livello

h1, h2=livelli idrici

hm=altezza al tempo medio

C= coefficiente di forma (per L>>D, C=L)

Nei calcoli è stato precauzionalmente utilizzato il dato di permeabilità minore – prova 1 – condizioni sature, corrispondente a : **k = 4,23 x 10⁻³ m/s.**

Individuazione dell'area

Comune di Vigevano Provincia Pavia
 Livello di criticità Area A - criticità alta
 Classe dell'intervento 2 - Impermeabilizz. potenziale media

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
Area asfaltata di proprietà	Area impermeabile	873,7	1,00
Marciapiedi	Area impermeabile	359,5	1,00
Aree verdi e piantumate	Area permeabile	1117,6	0,30
Parcheggi "erbablock"	Area permeabile	479,7	0,30

Superficie totale 2830,5 m² Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m 0,6050

PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili la normativa prevede il seguente valore:

Ai sensi delle normative applicabili non è previsto nessun vincolo sul valore della portata scaricabile o non viene scaricata alcuna portata in corpi idrici ricettori.

DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

A tal fine, per durate di precipitazione superiori ad un'ora, viene applicato il metodo della legge probabilistica GEV (Generalized Extreme Values).

Tale metodo a partire dai parametri di riferimento a_1 ed n della curva di possibilità pluviometrica, definito il tempo di ritorno TR dell'evento critico, ricalcola il parametro a per il caso specifico e calcola l'altezza di pioggia come segue:

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

h [mm]: altezza di pioggia

a_1 [mm/oraⁿ]: coefficiente pluviometrico orario

D [ore]: durata di pioggia

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

w_T [-]: coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno TR [anni]

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

ε, α, k [-]: parametri della legge probabilistica GEV

Per durate inferiori a un'ora si utilizzano tutti i parametri adottati per le durate superiori ad un'ora, tranne il parametro n che viene definito in modo specifico per tale durata.

In assenza di dati più precisi spesso, in letteratura tecnica idrologica, viene riportato un valore indicativo pari a $n = 0,5$.

Per quanto attiene i parametri caratteristici delle linee segnalatrici di pioggia si possono estrarre per il territorio regionale dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia: <http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml>

In alternativa a tali precipitazioni di progetto, possono essere assunti valori diversi solo nel caso si disponga di dati ufficiali più specifici per la località oggetto dell'intervento, dichiarandone l'origine e la validità.

Considerato che l'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica contribuisce in modo fondamentale alle misure di prevenzione dell'esondazione dei corsi d'acqua e delle reti di drenaggio urbano, il Regolamento regionale prevede che siano valutate le condizioni locali di rischio di allagamento residuo per eventi di tempo di ritorno alti, quelli cioè che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie; gli interventi di contenimento e controllo delle acque meteoriche sono conseguentemente dimensionati in modo da rispettare i valori di portata limite di cui all'articolo 8, assumendo i seguenti valori di tempi di ritorno:

$TR = 50$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per il dimensionamento delle opere d'invarianza idraulica e idrologica per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani.

$TR = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche 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.

METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica vengono adottati i seguenti metodi di calcolo:

- metodo dei requisiti minimi
- metodo delle sole piogge

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

Tra tutti questi metodi adottati si assumerà quale valore del volume minimo di progetto il maggiore tra tutti i valori calcolati.

Requisiti minimi

Per gli interventi aventi superficie interessata dall'intervento minore o uguale a 300 m², ovunque ubicati nel territorio regionale, il requisito minimo richiesto consiste, in alternativa:

- 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 e non è necessario redigere il progetto d'invarianza idraulica;
- nell'adozione del requisito minimo.

Nel caso d'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, 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:

- Aree A: $w_{\min} = 800$ [m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree B: $w_{\min} = 500$ [m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]
- Aree C: $w_{\min} = 400$ [m³ per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento]

* Il valore va moltiplicato per il coefficiente di riduzione di cui alla tabella riportata nell'Allegato C del Regolamento.

Tali volumi sono da adottare anche nel caso d'interventi classificati a impermeabilizzazione potenziale media o alta e ricadenti negli ambiti territoriali ad alta e media criticità, qualora il volume risultante dai calcoli fosse minore.

Ulteriormente, il progetto prevede di ottemperare ai requisiti di invarianza mediante il solo utilizzo di strutture di infiltrazione, quindi il requisito minimo di cui sopra è ridotto del 30 per cento. I calcoli di dimensionamento delle strutture di infiltrazione saranno basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F di cui al R.R. 7/2017 e s.m.i.

Metodo delle sole piogge

Il metodo delle sole piogge si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti, ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi, considerando costante la portata uscente ed andando a massimizzare il volume accumulato.

Nello specifico la portata media entrante viene calcolata come segue:

$$Q_e = 2,78 \cdot a \cdot \varphi_m \cdot D^{n-1} \cdot A$$

Q_e [l/s]: portata media entrante

$\varphi_m [-]$: coefficiente d'afflusso medio ponderale

$A [ha]$: area totale interessata dall'intervento

$a [mm/ora^n]$: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$D [ore]$: durata della precipitazione

Conseguentemente il volume entrate $W_e [m^3]$ è pari a:

$$W_e = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A$$

Il volume uscente $W_u [m^3]$, essendo ipotizzata costante la portata uscente pari alla massima $Q_{umax} [l/s]$, ha la seguente formulazione:

$$W_u = 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Pertanto, il volume invasato ad ogni durata $D [ore]$ è pari a:

$$\Delta W = W_e - W_u = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D$$

Attraverso semplici passaggi matematici, derivando l'equazione sopra, si ottiene il valore della durata critica della precipitazione (D_w) ed il conseguente volume critico dell'invaso (W_0):

$$D_w = \left(\frac{Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$$

$D_w [ore]$: durata critica d'invaso

$Q_{umax} [l/s]$: portata uscente massima

$W_0 [m^3]$: volume di laminazione

$a [mm/ora^n]$: parametro della linea segnalatrice di pioggia

$n [-]$: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$A [ha]$: area totale interessata dall'intervento

$\varphi_m [-]$: coefficiente d'afflusso medio ponderale

Si osservi che il parametro n (esponente della curva di possibilità pluviometrica) da utilizzare nelle equazioni precedenti dovrà essere congruente con la durata D_w , 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.

Adottando valori di n valevoli per durate superiori ad un'ora si deve ottenere un valore di durata D_w superiore all'ora. Se così non fosse, si deve adottare un valore di n , valevole per durate inferiori ad un'ora e calcolare la conseguente durata.

Qualora il risultato ottenuto in questa seconda ipotesi, fosse superiore ad un'ora significa che ci si trova nel punto in cui cambiano i valori di n , ovvero un'ora, e si adotta tale valore.

Calcolo portata infiltrata

La portata infiltrata viene calcolata adottando la formula di Darcy.

$$Q_{inf} = K_{calc} \cdot i \cdot A_f$$

$Q_{inf} [m^3/s]$: portata infiltrata

$K_{calc} [m/s]$: coefficiente di permeabilità di calcolo del terreno a lungo termine

$i [m/m]$: gradiente idraulico

$A_f [m^2]$: superficie d'infiltrazione di calcolo

Nel calcolo del processo di infiltrazione vengono adottati valori cautelativi dei coefficienti di permeabilità del terreno idonei a rappresentare le reali condizioni di permeabilità a lungo termine.

CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

Trattandosi di sistema ad infiltrazione non ci sono portate scaricate.

TEMPO DI SVUOTAMENTO

Il tempo di svuotamento T_{sv} [s] viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf} + Q_u}$$

$W [m^3]$: volume invasato massimo

$Q_{inf} [m^3/s]$: portata infiltrata

$Q_u [m^3/s]$: portata scaricata

Nel caso di sistemi di scarico o di infiltrazione a portata variabile si adotta il valore medio della portata infiltrata e/o scaricata durante il periodo di svuotamento.

Il tempo di svuotamento dell'invaso 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. Il volume di laminazione calcolato deve quindi essere incrementato della quota parte che è ancora presente all'interno dell'opera una volta trascorse 48 ore. Per considerare l'eventualità che una seconda precipitazione possa avvenire in condizioni di parziale pre-riempimento degli invasi, nonostante si sia rispettato nella progettazione, il progetto valuta il rischio sui beni insediati e prevede misure locali anche non strutturali di protezione idraulica dei beni stessi in funzione della tipologia degli invasi e della locale situazione morfologica e insediativa.

Il tempo di svuotamento T_{sv} viene calcolato con la seguente.

$$T_{sv} = \frac{W}{Q_{inf}}$$

$W [m^3]$: volume invasato massimo

$Q_{inf} [m^3/s]$: portata infiltrata

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di Vigevano

Provincia Pavia

Livello di criticità Area A - criticità alta

Metodi di calcolo adottati

Requisiti minimi
Metodo delle sole piogge

Portata massima scaricabile

Portata massima scaricabile 10,00 l/(s*ha_{imp})

Origine del vincolo di portata: .

Definizione aree

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso φ
Area asfaltata di proprietà	Area impermeabile	873,7	1,00
Marciapiedi	Area impermeabile	359,5	1,00
Aree verdi e piantumate	Area permeabile	1117,6	0,30
Parcheggi "erbablock"	Area permeabile	479,7	0,30

Sup. totale intervento 2830,5 m² Coeff. afflusso medio ponderale φ_m 0,6050

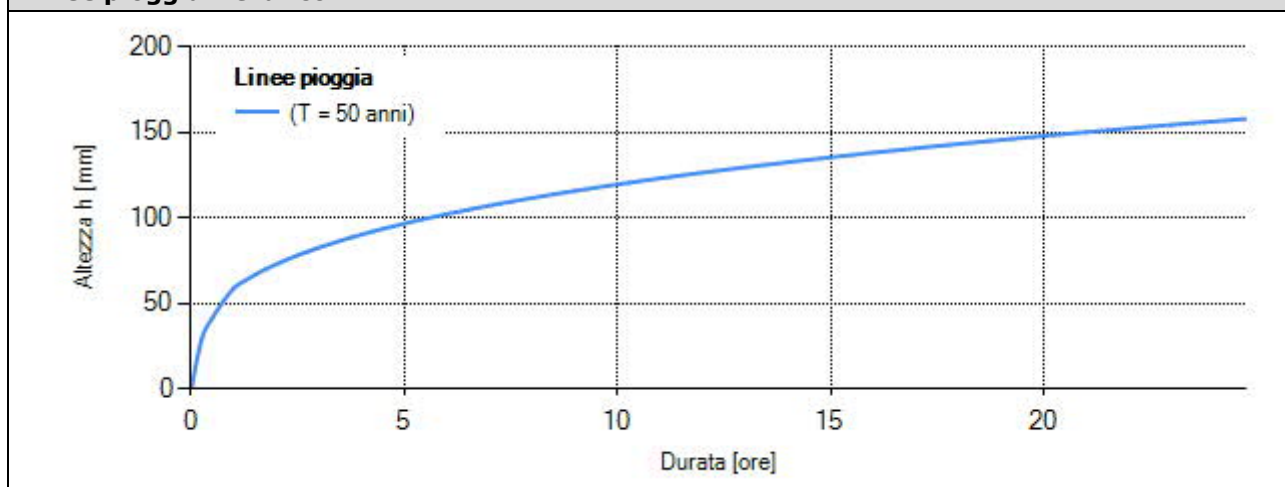
LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA $t=50$

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

Coefficiente pluviometrico orario	a_1	<u>27,64</u>	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	<u>0,3061</u>	-
GEV - Parametro alfa	α	<u>0,2951</u>	-
GEV - Parametro kappa	k	<u>-0,0739</u>	-
GEV - Parametro epsilon	ϵ	<u>0,8061</u>	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	<u>0,5000</u>	-

Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).

Linee pioggia - Grafico



Linee pioggia - Risultati tabellari

Durata [ore]	(T= 50 anni) h [mm]
<u>0</u>	<u>0,00</u>

1	59,17
2	73,16
3	82,82
4	90,45
5	96,84
6	102,40
7	107,35
8	111,83
9	115,93
10	119,73
11	123,27
12	126,60
13	129,74
14	132,72
15	135,55
16	138,26
17	140,85
18	143,33
19	145,72
20	148,03
21	150,26
22	152,41
23	154,50
24	156,53

Scelta tempo di ritorno			
Dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica			
Tempo di ritorno adottato		50	anni
Coefficiente probabilistico	W_T	2,141	-
Parametro pioggia	a	59,170	mm/h ⁿ
<i>Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.</i> <i>T = 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.</i> <i>T = 100 [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche 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.</i>			

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
Area asfaltata di proprietà	Area impermeabile	873,7	1,00	-
Marciapiedi	Area impermeabile	359,5	1,00	-
Aree verdi e piantumate	Area permeabile	1117,6	0,30	-
Parcheggi "erbablock"	Area permeabile	479,7	0,30	-

Superficie totale intervento: 2830,5 m²

Valori medi 0,6050

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA $t=50$

Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	W_0	560,00	m ³ /ha _{imp}

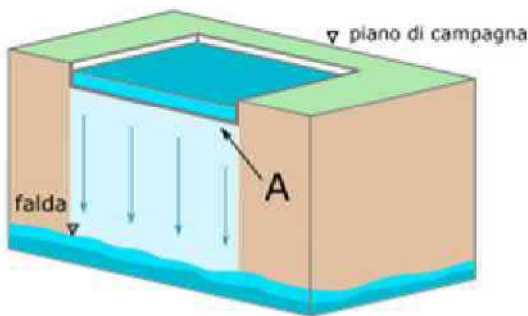
Volume invaso minimo	W_0	95,89	m ³
<i>Nota: Requisito minimo ridotto del 30% in quanto si adottano sole strutture d'infiltrazione e non si prevedono scarichi in corpi idrici ricettori.</i>			

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D_w	0,00	ore
Volume invaso minimo	W_0	1,76	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA $t=50$

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	96,00	m ²

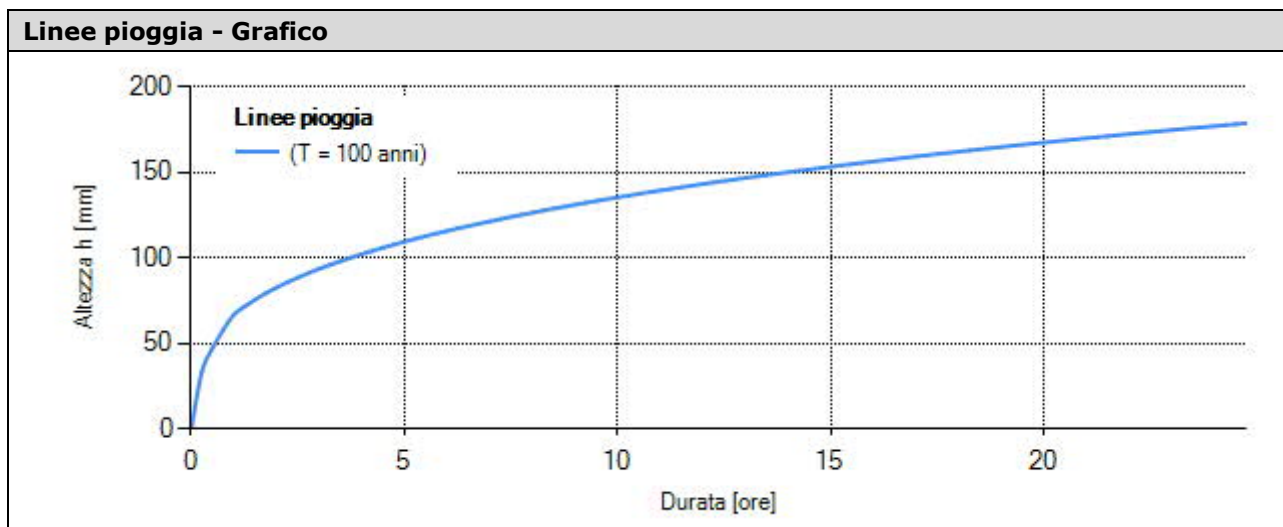
Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	1,00	$\geq$	1,00	m	Positiva
Volume utile invaso	W	96,00	$\geq$	95,89	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	0,1	$\leq$	48,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0,00	$\leq$	1,71	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento		Infiltrazione a portata costante	
			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	406,08	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	423,00	m/s * 10 ⁻⁵
Gradiente idraulico	i	1,00	m/s
Area di infiltrazione	A_f	96,00	m2

LINEE SEGNALATRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA $T=100$

Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica			
Coefficiente pluviometrico orario	a_1	27,64	mm/h ⁿ
Coefficiente di scala	n	0,3061	-
GEV - Parametro alfa	α	0,2951	-
GEV - Parametro kappa	k	-0,0739	-
GEV - Parametro epsilon	ϵ	0,8061	-
Coefficiente di scala (durata < 1 ora)	n_1	0,5000	-

Nota: A ciascuno dei Comuni della Lombardia sono assegnati cinque parametri per la definizione della pioggia di progetto presi, come indicato dal Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017, dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/pmapper4.0/map.phtml>). Tali valori corrispondono ai parametri 1-24 ore delle Linee segnalatrici (Progetto Strada).



Linee pioggia - Risultati tabellari	
Durata [ore]	(T= 100 anni) h [mm]
0	0,00
1	66,97
2	82,80
3	93,74
4	102,37
5	109,60
6	115,89
7	121,49
8	126,56
9	131,21
10	135,51
11	139,52
12	143,29
13	146,84
14	150,21
15	153,42
16	156,48
17	159,41
18	162,22
19	164,93
20	167,54
21	170,06
22	172,50

23	174,86
24	177,15

Scelta tempo di ritorno			
Verifica dei franchi di sicurezza delle opere			
Tempo di ritorno adottato		100	anni
Coefficiente probabilistico	W_T	2,423	-
Parametro pioggia	a	66,968	mm/h ⁿ
<i>Nota: Il Regolamento Regionale n. 7 del 23/11/2017 definisce i seguenti valori di tempi di ritorno.</i> <i>$T = 50$ [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.</i> <i>$T = 100$ [anni]: tempo di ritorno da adottare per la verifica dei franchi di sicurezza delle opere come sopra dimensionate; il medesimo tempo di ritorno è adottato anche 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.</i>			

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREE

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso φ	T. corriv. t_c [min]
Area asfaltata di proprietà	Area impermeabile	873,7	1,00	-
Marciapiedi	Area impermeabile	359,5	1,00	-
Aree verdi e piantumate	Area permeabile	1117,6	0,30	-
Parcheggi "erbablock"	Area permeabile	479,7	0,30	-
Superficie totale intervento: 2830,5 m ²		Valori medi	0,6050	

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA $t=100$

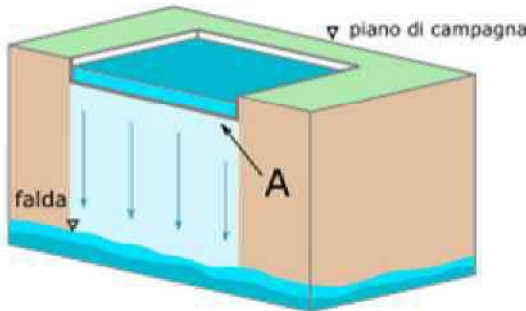
Metodo dei requisiti minimi			
Volume specifico minimo	W_0	560,00	m ³ /ha _{imp}
Volume invaso minimo	W_0	95,89	m ³
<i>Nota: Requisito minimo ridotto del 30% in quanto si adottano sole strutture d'infiltrazione e non si prevedono scarichi in corpi idrici ricettori.</i>			

Metodo delle sole piogge			
Durata critica	D_w	0,00	ore
Volume invaso minimo	W_0	2,25	m ³
$D_w = \left(\frac{1000 \cdot Q_{umax}}{2,78 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot n \cdot A} \right)^{\frac{1}{n-1}}$ $W_0 = 10 \cdot \varphi_m \cdot a \cdot D_w^n \cdot A - 3,6 \cdot Q_{umax} \cdot D_w$			

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA $t=100$

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	96,00	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	1,00	$\geq$	1,00	m	Positiva
Volume utile invaso	W	96,00	$\geq$	95,89	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	0,1	$\leq$	48,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	0,00	$\leq$	1,71	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento		Infiltrazione a portata costante	
			
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	406,08	l/s
Coeff. permeabilità di calcolo	K_{calc}	423,00	$m/s * 10^{-5}$
Gradiente idraulico	i	1,00	m/s
Area di infiltrazione	A_f	96,00	m2

CONCLUSIONI

Lo studio di invarianza idraulica è stato condotto mediante applicazione dei seguenti metodi di calcolo:

- metodo dei requisiti minimi
- metodo delle sole piogge

È stato eseguito il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica con tempi di ritorno T= 50 anni e verifica dei franchi di sicurezza delle opere con tempi di ritorno T= 100 anni.

Dal punto di vista dell'invarianza idraulica, seguendo le indicazioni del progettista, lo smaltimento delle acque meteoriche risulteranno così ripartite:

- 1) tetti e coperture in corso idrico adiacente di proprietà comunale
- 2) strade, parcheggi, aree verdi in trincee drenanti.

1)

Lo studio di invarianza idraulica realizzato in applicazione dei metodi di calcolo:

- metodo dei requisiti minimi
- metodo delle sole piogge

ha comportato:

- dimensionamento delle opere di invarianza idraulica ed idrologica con tempi di ritorno T= 50 anni

- verifica dei franchi di sicurezza delle opere con tempi di ritorno $T = 100$ anni

e determina un volume idrico meteorico con $T=50$ anni verificato con $T=100$ anni di mc. 60,00.

Lo scarico finale previsto avverrà nel fosso adiacente l'area ad ovest, di competenza comunale, a seguito di accordi con la proprietà.

2)

Lo sviluppo dei dati mediante software dedicato Edilclima - EC737 - versione 2 determina un volume idrico meteorico con $T=50$ anni verificato con $T=100$ anni di mc. 95,89.

Le strutture di infiltrazione progettate garantiscono l'assorbimento ed il drenaggio di mc. 96,00 con un tempo di svuotamento immediato grazie all'elevata permeabilità naturale dei sedimenti sabbioso ghiaiosi $T = 0,1$ ore < 48 ore.

Ipotizzando la realizzazione di un invaso a trincea drenante della profondità di m. 1,00 da piano campagna sarà necessaria una superficie drenante di almeno 96,0 metri quadrati.

Tale superficie potrà essere realizzata, sulla base delle necessità progettuali e della logistica dei piazzali in un'unica zona di recapito delle acque scolanti ovvero mediante la realizzazione di una o più trincee a fossato, sempre della profondità di un metro (ad es. m. 24 x m. 4 ovvero m. 32 x m. 3 ovvero m. 48 x m. 2).

La realizzazione della trincea drenante prevede la posa di tessuto non tessuto sul fondo dello scavo, il riempimento di almeno 2/3 della profondità con materiale grossolano (sabbia, ghiaia e ghiaione), la chiusura superiore del tessuto non tessuto ed il riporto in quota con parte del terreno scavato.

Tutte le linee idriche provenienti dall'area impermeabile dovranno esse collegate con la trincea drenante, realizzando altresì punti di controllo tombinati.