



## COMUNE DI MILANO

SETTORE PIANIFICAZIONE TEMATICA E VALORIZZAZIONE AREE (PTVA)

"EX - MAGAZZINI COMMISSARIATO TALIEDO"

VIA BONFADINI 73 - MILANO

PROPOSTA DEFINITIVA DI PIANO ATTUATIVO

### PROPRIETA'

**cdp** CDP Investimenti Sgr

Fondo investimenti per la valorizzazione  
Comparto Extra gestito da  
CDP Investimenti Sgr

### COORDINAMENTO GENERALE

**cdp** CDP Immobiliare

Via Versilia, 2 - 00187- Roma, IT  
Project manager: Arch. Anselmo Comito  
Tel. +39 06 421161

### PROGETTO

**MAB**  
MAROTTA BASILE  
ARCHITETTURA

MAB arquitectura

C.so Sempione, 51 - 20145 - Milano, IT  
Tel. +39 02 83999807  
Mail: basile@mabarquitectura.com  
Arch. Massimo Basile  
Arch. Floriana Marotta

### CONSULENTI:

MOBILITA', ASPETTI AMBIENTALI E AGRONOMICI

**F&M**  
ingegneria

Viale Sondrio, 5 - 20124 - Milano, IT  
Tel. +39 02 67382250 Fax. +39 02 66703443  
Mail: bonfadini@fm-ingegneria.com

---

Verifica di assoggettabilità alla valutazione ambientale strategica VAS

Rapporto preliminare (art. 12, D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.)

**ALLEGATO 3 – Relazione d'invarianza idraulica**

---

Data

Giugno 2021

TLD-PA-VAS

REV.	DATA	OGGETTO
02	06/2021	recepimento pareri AMAT del 2 e 16/04/2021



## Sommario

1. PREMESSA.....	2
2. IDROGRAFIA E MAPPE DI RISCHIO.....	4
3. NORMATIVA SULL'INVARIANZA IDRAULICA.....	9
4. PLUVIOMETRIA.....	10
5. PROGETTO DELLE OPERE D'INVARIANZA IDRAULICA.....	11
5.1 Ambito territoriale.....	11
5.2 Portata massima scaricabile.....	11
5.3 Coefficiente di deflusso medio ponderale e volumi minimi.....	11
5.4 Falda e tipologia di suolo.....	18
5.5 Procedura dettagliata di calcolo degli invasi di laminazione.....	27
5.5.1 Metodo delle sole piogge.....	28
5.5.2 Tempo di svuotamento degli invasi.....	29
5.5.3 Sottozone A1-A2-A3.....	30
5.5.4 Sottozone B1-B2.....	32
5.5.5 Sottozone C1-C2-C3.....	34
5.5.6 Intervento globale.....	38
5.6 Modellazione dinamica con software SWMM-EPA.....	39
5.6.1 Verifica T=50 anni – D=1h.....	41
5.6.2 Verifica T=50 anni – D=12h.....	45
5.6.3 Verifica T=100 anni – D=12h.....	49
5.7 Misure di invarianza idraulica.....	53



## PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALIEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"

Relazione d'invarianza idraulica

**F&M**  
ingegneria

### 1. PREMESSA

La presente relazione d'invarianza idraulica viene redatta relativamente al Piano Attuativo "Area Ex Magazzini Taliedo" di via Bonfadini 73 a Milano (vedere Figura 1).



Figura 1 – Inquadramento geografico e planimetria catastale dell'area d'intervento

L'ambito di intervento si trova nella porzione sud-est del Comune di Milano lungo Via Romualdo Bonfadini. Esso è composto da un'area principale, quella con estensione maggiore e individuata catastalmente al foglio 534 - particella 76, e da un'area più piccola, situata all'incrocio tra via Bonfadini e via Merezzate, individuata catastalmente al foglio 535 - particella 214. L'area è interessata da una pertinenza indiretta di 662 mq.



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO**

Relazione d'invarianza idraulica



Figura 2 – Vista aerea dell'area verso nord

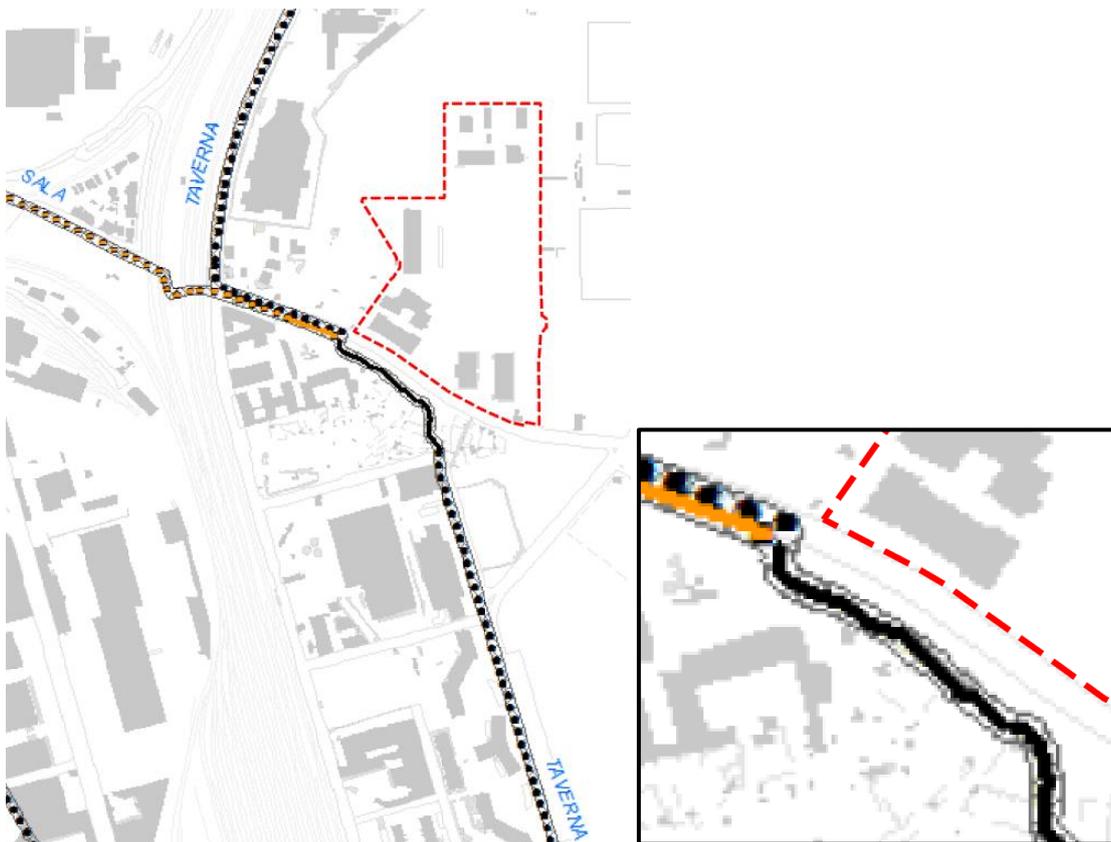


Figura 3 – Stato dei luoghi attorno alle ex officine



## 2. IDROGRAFIA E MAPPE DI RISCHIO

L'area oggetto d'intervento risulta in vicinanza del Cavo "Taverna" che scorre a sud di via Bonfadini (vedere Figura 4) e facente parte del reticolo idrico privato. L'area d'intervento risulta tutta fuori dalle fasce di rispetto dei corsi d'acqua. Il Cavo "Taverna" riceve anche le acque del "Sala" e poco più a valle, dopo essere uscito a cielo aperto di fronte all'area d'intervento, lo scolo devia verso sud e risulta tombinato, per poi confluire nella Roggia "Gerenziana", facente parte del bacino del Cavo "Redefossi".



### RETICOLO IDROGRAFICO E AREA PORTUALE

#### Corsi d'acqua esistenti e fasce di rispetto (Artt. 49 e 50)

Scoperto	Tombinato		
		Reticolo idrico principale (RIP)	Fasce di rispetto
		Reticolo idrico minore demaniale (RIM)	
		Reticolo idrico consortile (RIB)	
		Reticolo idrico privato	Zona di protezione delle pertinenze fluviali (art. 33, NTA del PTC Parco Agricolo Sud Milano)
		Reticolo idrico privato (in derivazione dal reticolo consortile di ETV)	

Figura 4 – Individuazione dell'area su tavola del Reticolo idrografico (PGT-Piano delle Regole-Tav. R.09/3)



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**



Relazione d'invarianza idraulica

L'area è classificata dal punto di vista idraulico con pericolosità e rischio nullo secondo la Direttiva Alluvioni 2007/60/CE e secondo PGRA-Piano di Gestione del Rischio Alluvione (vedere Figura 5 e Figura 6).

Essa non ricade in un'area allagabile come classificata nelle mappe di pericolosità del PGRA e non è tra le aree classificate a rischio "R4" dal PGRA, dunque la presente relazione d'invarianza idraulica viene redatta per il soddisfacimento delle limitazioni di portata imposte dal R.R. 7/2017 come modificato dal R.R. 8/2019.

Dal punto di vista idrogeologico, possibili rischi che interessano il contesto possono essere legati alla presenza del corso d'acqua, che non è tombinato solamente in prossimità del sito d'intervento. Analizzando gli altri spazi limitrofi è possibile stimare come il rischio sia ridotto, dal momento che non sono presenti altri corsi d'acqua, e di come siano disponibili ampi spazi non edificati che limitano l'aggravarsi di eventuali fenomeni di accumulo delle acque.

Tale valutazione viene fatta propria anche nel recente PGT di Milano approvato con D.C.C. n.34 del 14/10/2019, in particolare nella "Carta semplificata del Rischio idraulico" (Figura 7) ed in quella delle "aree esondabili e pericolosità" (Figura 8), si evince come l'area in studio abbia pericolosità e rischio idraulico nulli.

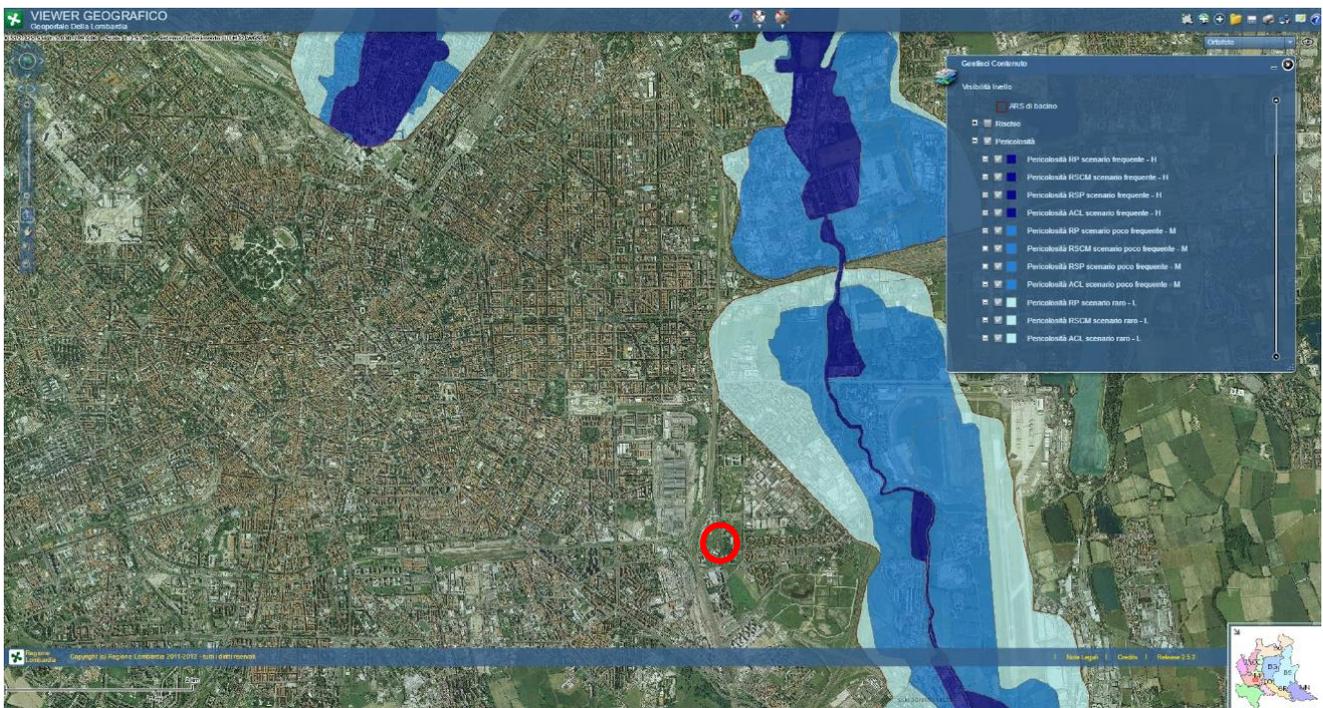


Figura 5 – Localizzazione dell'intervento su Mappa della PERICOLOSITA' (Direttiva Alluvioni 2007/60/CE-Viewer Geografico-Geoportale Regione Lombardia, 22 dic. 2015)



**"PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica

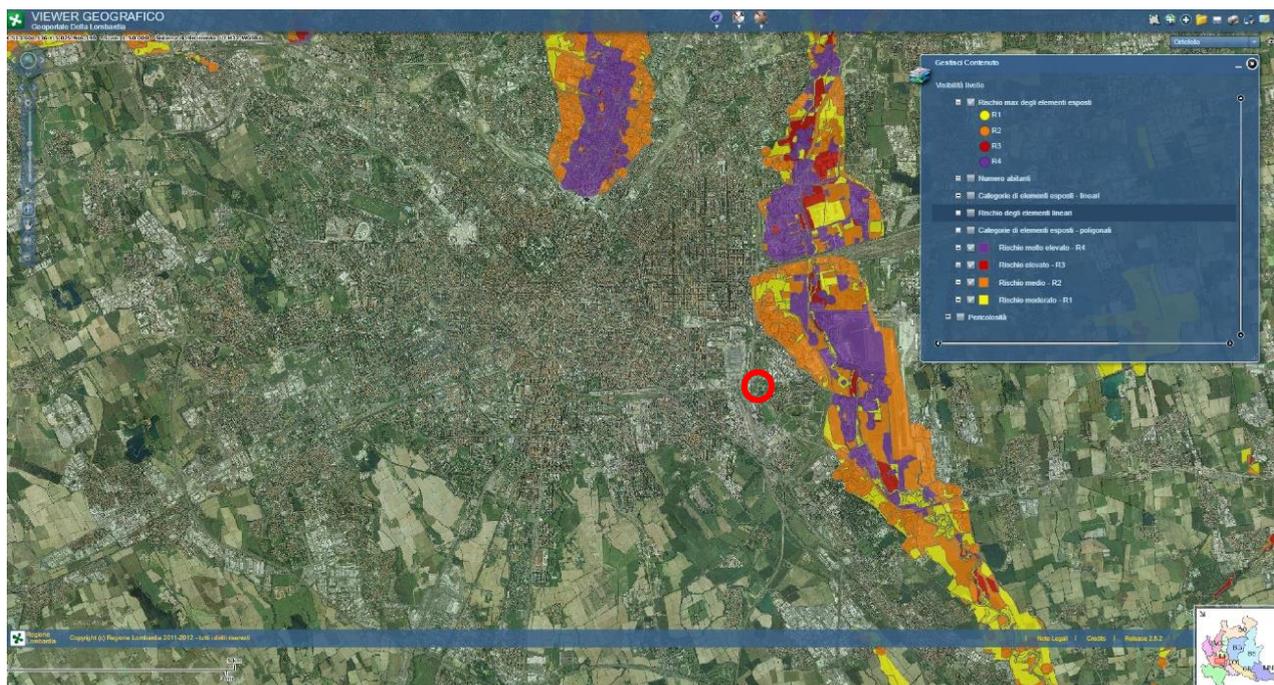
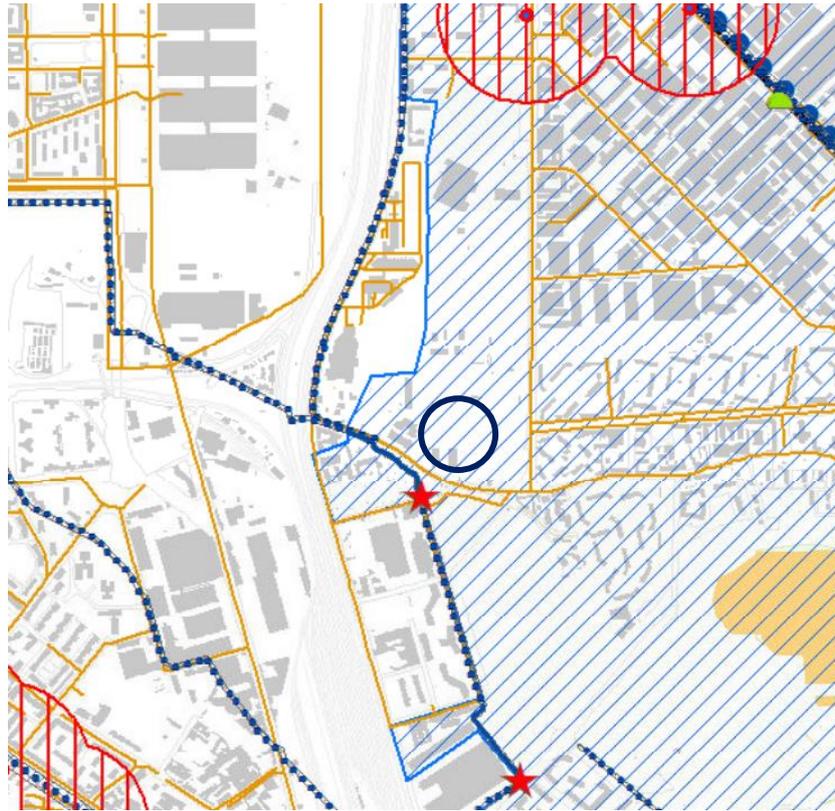


Figura 6 – Localizzazione dell'intervento su Mappa del RISCHIO (Direttiva Alluvioni 2007/60/CE-Viewer Geografico-Geoportale Regione Lombardia, 22 dic. 2015)



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



**ADEGUAMENTO DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO (PGT) AL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) UTILIZZANDO I RISULTATI DEGLI STUDI MODELLISTICI - 2019**

**Classi di Pericolosità**

- Pericolosità P3, alluvioni frequenti, tempo di ritorno TR 10 anni
  - Pericolosità P2, alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno TR 100\*/200\*\*
  - Pericolosità P1, scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi, tempo di ritorno TR 500 anni
- \*TR = 100 anni per Garbogera, Seveso e Pudiga  
\*\*TR = 200 anni per Lambro

**PIANIFICAZIONE DI BACINO**

**Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)**

- H - Probabilità di alluvioni elevate (TR 10)
  - M - Probabilità di alluvioni media (TR 100\*/200\*\*)
  - L - Probabilità di alluvioni scarsa (TR 500)
- \*TR = 100 anni per Garbogera, Seveso e Pudiga  
\*\*TR = 200 anni per Lambro

**IDROGRAFIA**

**Corsi d'acqua esistenti e fasce di rispetto**

- Scoperto
- Tombinato
- Reticolo idrografico
- Fasce di rispetto
- Zona di protezione delle pertinenze fluviali (art. 33, NTA del PTC Parco Agricolo Sud Milano)
- Specchi d'acqua

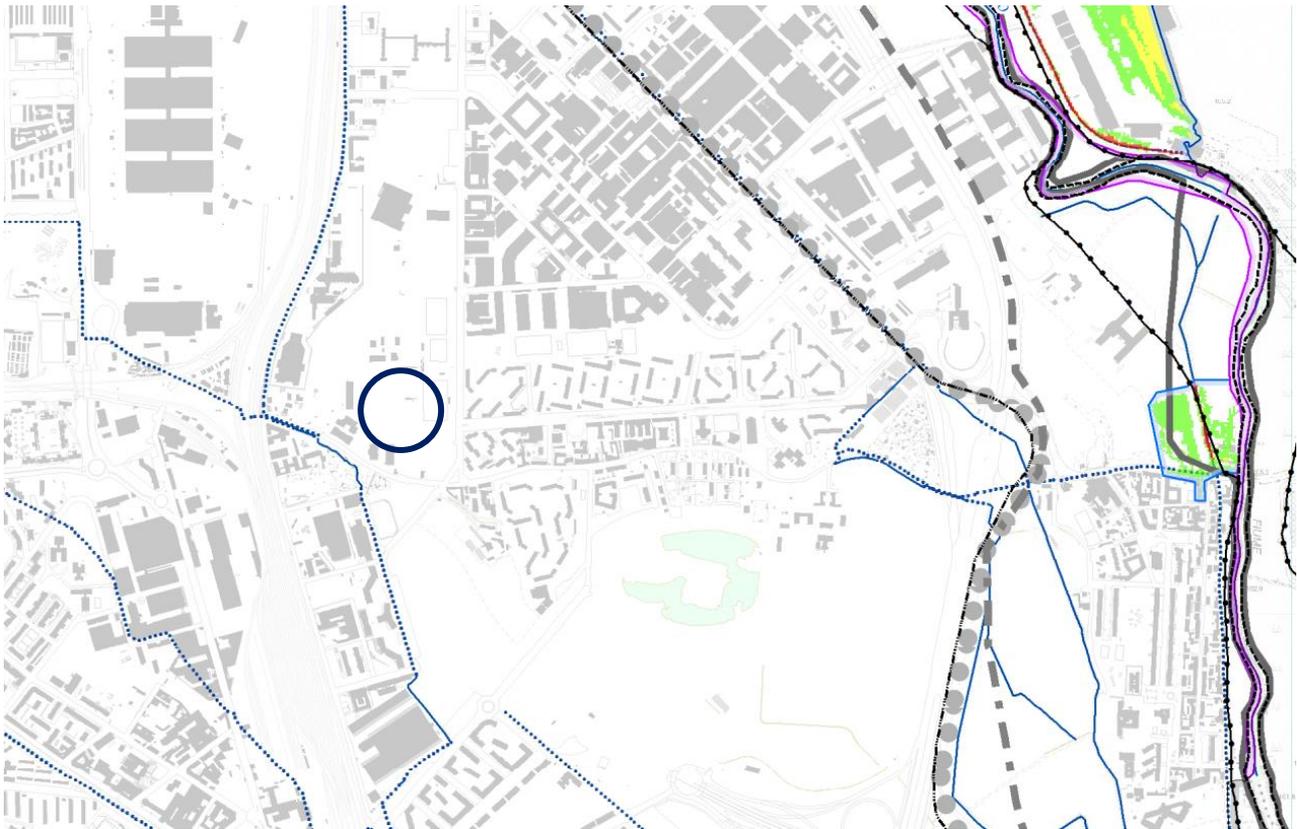
- Criticità idrauliche puntuali (ricadenti su RIM, RIB e privato)
- Tratti soggetti ad esondazioni
- Aree con ridotta permeabilità dei terreni superficiali
- Darsena / area portuale

Figura 7 – Estratto da tav. G. 13 "Carta semplificata del Rischio idraulico" del PGT di Milano (Ottobre 2019), con localizzazione dell'area



**"PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



**ADEGUAMENTO DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO (PGT) AL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) UTILIZZANDO I RISULTATI DEGLI STUDI MODELLISTICI - 2019**

**Classi di Pericolosità**

- Elevata (H, T10)
  - Media (M, T200\* - 100\*\*)
  - Moderata (L, T500)
- \* T200 Lambro  
\*\* T100 Garbogera, Seveso, Pudiga

**Altezze idriche massime rispetto al piano campagna**

- h1 = 0.05 - 0.30 m (bassa)
- h2 = 0.30 - 0.70 m (media)
- h3 > 0.70 m (elevata)

**PIANIFICAZIONE DI BACINO**

**Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)**

- H - Probabilità di alluvioni elevata (TR 10)
  - M - Probabilità di alluvioni media (TR 100\*/200\*\*)
  - L - Probabilità di alluvioni scarsa (TR 500)
- \*TR = 100 anni per Garbogera, Seveso e Pudiga  
\*\*TR = 200 anni per Lambro

**Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)**

- Fascia A
- Fascia B
- Fascia B di Progetto
- Fascia C

Figura 8 – Estratto da tav. G. 15/3 "Carta PAI-PGRA, aree esondabili e pericolosità" del PGT di Milano (Ottobre 2019), con localizzazione dell'area



### 3. NORMATIVA SULL'INVARIANZA IDRAULICA

- La Regione Lombardia in data 23 novembre 2017 ha approvato il Regolamento Regionale 7 (R.R. 7/2017) recante criteri e metodi per il rispetto dell'invarianza idraulica e idrogeologica ai sensi dell'art. 58-bis l.r. 12/2005. L'art. 3, comma 2 lett. a)-b)-c) indica – coerentemente alla previsione dell'art. 58-bis l.r. cit. – che gli interventi di nuova costruzione, ampliamenti, demolizioni e ricostruzioni, ristrutturazione urbanistica sono soggetti all'applicazione dei principi di invarianza idraulica.

- Sul BURL n.17 del 24/04/2019 è stato pubblicato il Regolamento Regionale 8 del 19/04/2019 (R.R. 8/2019) recante "Disposizioni sull'applicazione dei principi di invarianza idraulica ed idrologica", ad esso si farà riferimento nei calcoli della presente relazione, in modo tale che le portate massime di deflusso meteorico ed i relativi volumi scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori finali (fognatura o fossi) non siano maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione.

Per le reti interne di fognatura (3 aree di concentrazione fondiaria) si può fare riferimento al Regolamento Edilizio del Comune di Milano aggiornato con D.G. n.2542/2015 e D.D. n.8/2016, in particolare all'Allegato 2- Disciplina per le reti interne di fognatura dei fabbricati ed il loro scarico finale.

Secondo indicazioni da parte dell'Amministrazione comunale di Milano:

- dovrà essere separata la rete relativa allo smaltimento delle acque delle aree della viabilità pubblica, che verrà ceduta al Comune rispetto a quelle delle aree private asservite all'uso pubblico ed a quelle in area fondiaria;

- i relativi manufatti di accumulo e dispersione delle aree private andranno previsti all'interno delle stesse, mentre per le linee sotto viabilità pubblica si consiglia il sovradimensionamento delle tubazioni;

- gli eventuali elementi disperdenti andranno previsti in area permeabile a verde.

Come opere di accumulo/dispersione di progetto, tenuto conto del divieto di realizzazione di pozzi perdenti (Allegato 2-Art.8 del Regolamento Edilizio del Comune di Milano aggiornato con D.G. n.2542/2015 e D.D. n.8/2016) e dell'assenza di aree verdi su suolo all'interno dei lotti fondiari (le aree verdi sono previste pensili sopra interrato), si sceglie di:

- Lotti fondiari: realizzare di volumi di stoccaggio sotto alle superfici private, con scarico a portata controllata in fognatura pubblica in cessione;
- Impianti sportivi e Parco pubblico attrezzato: bacini interrati di accumulo e infiltrazione nelle aree a verde;
- Aree in cessione e di Pertinenza indiretta: collettori sovradimensionati a servizio di strada e marciapiedi (da cedere), con recapito la rete superficiale/fognatura bianca di via Bonfadini con portata controllata (recapito da stabilire dopo approfondimento nelle fasi successive di progettazione).



## 4. PLUVIOMETRIA

Per la caratterizzazione delle piogge di riferimento si utilizzerà la linea segnalatrice nella formulazione  $h=a*t^n$  in cui i parametri  $a,n$  sono stati ottenuti a partire dalle analisi fornite per Milano dall'Arpa Lombardia nella forma di seguito riportata, per l'area in studio:



ARPA LOMBARDIA  
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

### Calcolo della linea segnalatrice 1-24 ore

Località: Via BONFADINI, 73 - MILANO

Coordinate: X=1518724; Y=5032590 (G.B. M.M.) Linea segnalatrice

Tempo di ritorno (anni) 20

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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 29,6399

N - Coefficiente di scala 0,2969

GEV - parametro alpha 0,2958

GEV - parametro kappa -0,0449

GEV - parametro epsilon 0,8151

**Evento pluviometrico**

Durata dell'evento [ore]  

Precipitazione cumulata [mm]

*Formulazione analitica*

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

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

Bibliografia ARPA Lombardia:

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

[http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA\\_report.pdf](http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf)

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	20
wT	0,92441	1,27406	1,51555	1,75496	2,07657	2,32655	2,58353	1,75496201

La curva LSPP **TR20** ha invece i seguenti parametri:

- $a=29.6399*1.75496=52.017$
- $n=0.2969$
- ➔  $h = 52.017 * t^{0.2969}$

La curva LSPP **TR50** ha dunque i seguenti parametri:

- $a=29.6399*2.07657=61.549$
- $n=0.2969$
- ➔  $h = 61.549 * t^{0.2969}$

con h in mm e t in ore.

La curva LSPP **TR100** ha dunque i seguenti parametri:

- $a=29.6399*2.32655=68.959$
- $n=0.2969$
- ➔  $h = 68.959 * t^{0.2969}$

con h in mm e t in ore.



## 5. PROGETTO DELLE OPERE D'INVARIANZA IDRAULICA

Si procede ora alla definizione delle misure di invarianza idraulica legate all'intervento.

### 5.1 Ambito territoriale

Il territorio regionale è stato suddiviso in aree a diverso livello di criticità idraulica in base ai rispettivi bacini dei corsi d'acqua ricettori (art. 7 del R.R. 7/2017). In particolare, secondo allegato C del R.R. 7/2017 modificato dal R.R. 8/2019, Milano ricade tra le aree "A-ad alta criticità idraulica", con coefficiente P di riduzione pari a 1.

Comune	Provincia	Criticità idraulica	Coefficiente P
MESERO	MI	B	
MEZZAGO	MB	A	1
MEZZANA BIGLI	PV	B	
MEZZANA RABATTONI	PV	B	
MEZZANINO	PV	B	
MEZZOLDI	BG	C	
MILANO	MI	A	1

### 5.2 Portata massima scaricabile

L'art. 8 del R.R. 7/2017 prevede per le aree A un valore massimo ammissibile di portata meteorica scaricabile nei ricettori pari a:

$u_{lim}=10$  l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento  $S_{imp}$ .

Calcoleremo di seguito la superficie  $S_{imp}$  come  $\varphi_{med} * S_{tot}$ .

### 5.3 Coefficiente di deflusso medio ponderale e volumi minimi

Si riportano di seguito le planimetrie di riferimento per l'analisi della permeabilità delle superfici nello stato di fatto e di progetto, in cui applicheremo i coefficienti di deflusso riportati all'art.11 comma 2, lett. d) del R.R. n.7. Il limite d'intervento, comprensivo delle aree di pertinenza indiretta e di altre pavimentazioni di progetto lungo via Bonfadini, depurato di quella che è l'area denominata "A4" in Figura 10 e Figura 11 avente superficie di circa 1200 mq e verrà lasciata a verde, corrisponde ad una superficie totale  $S_{tot}=49.429$  mq.



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica

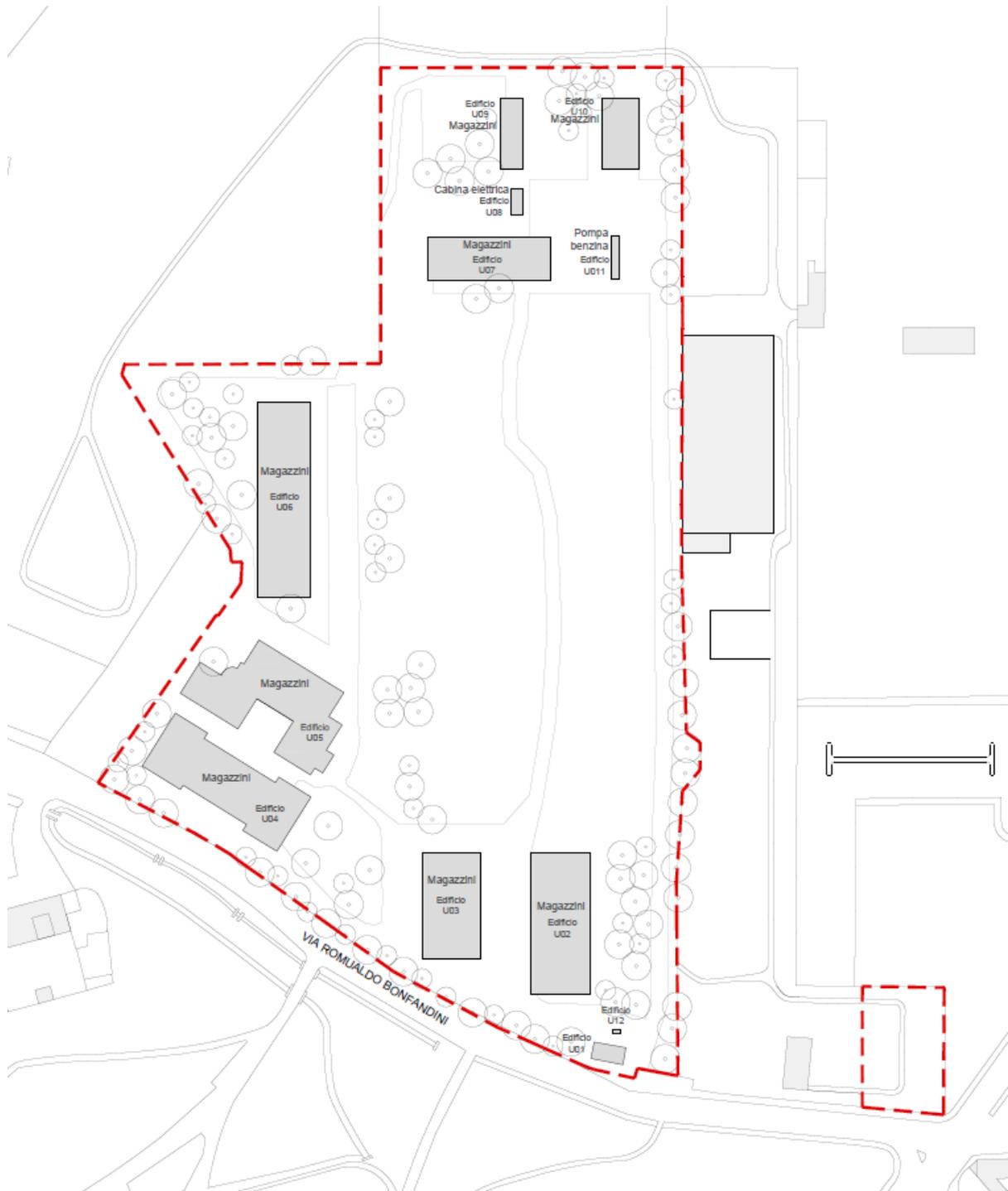


Figura 9 – Planimetria delle superfici d'intervento nello stato di fatto (ante-operam)





**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



**KEY PLAN ZONE INVARIANZA IDRAULICA-Scala 1:2000**

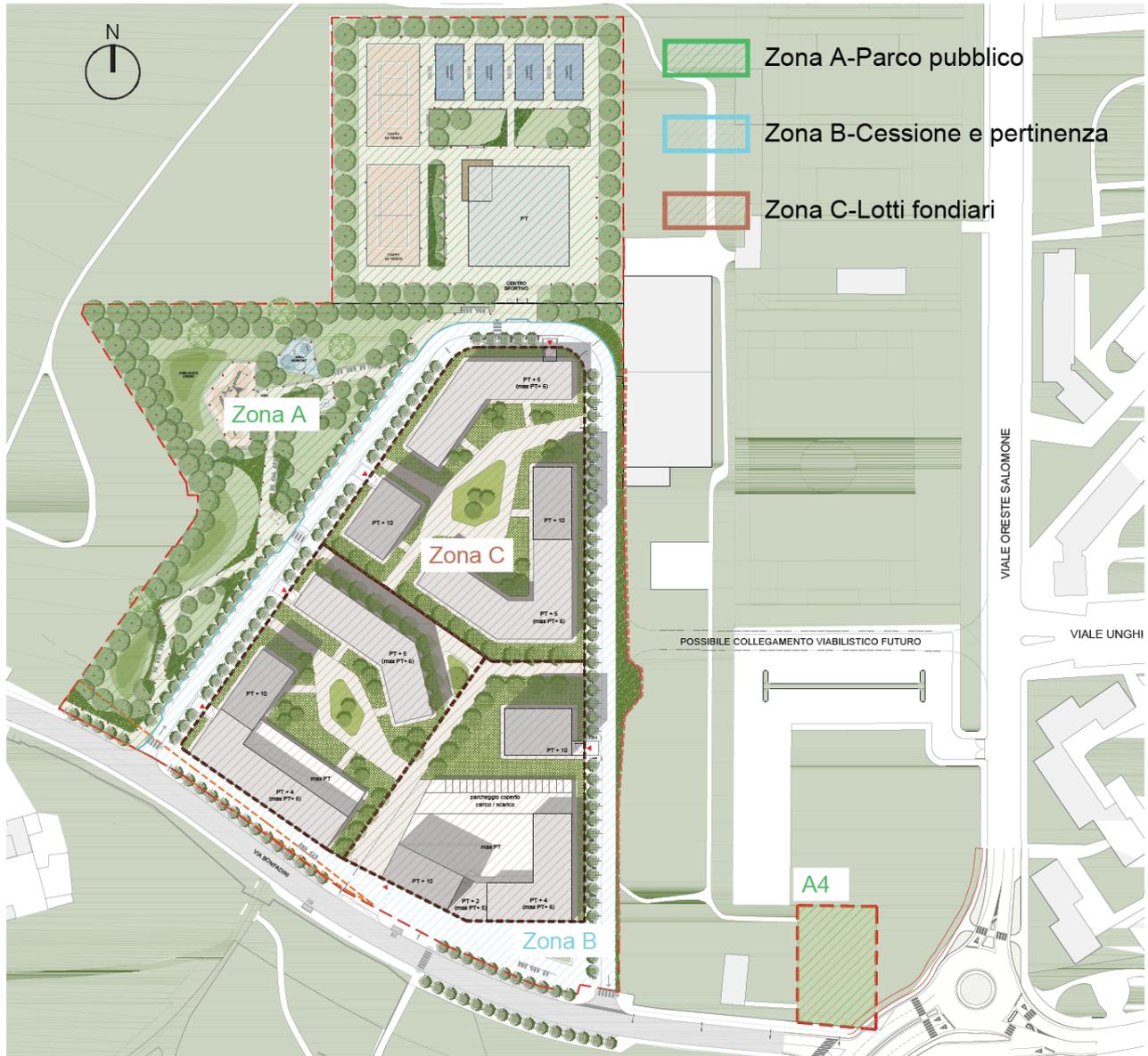


Figura 11 - Planimetria di individuazione zone omogenee d'invarianza idraulica (post-operam)



### KEY PLAN PERMEABILITA' SUPERFICI-Scala 1:2000

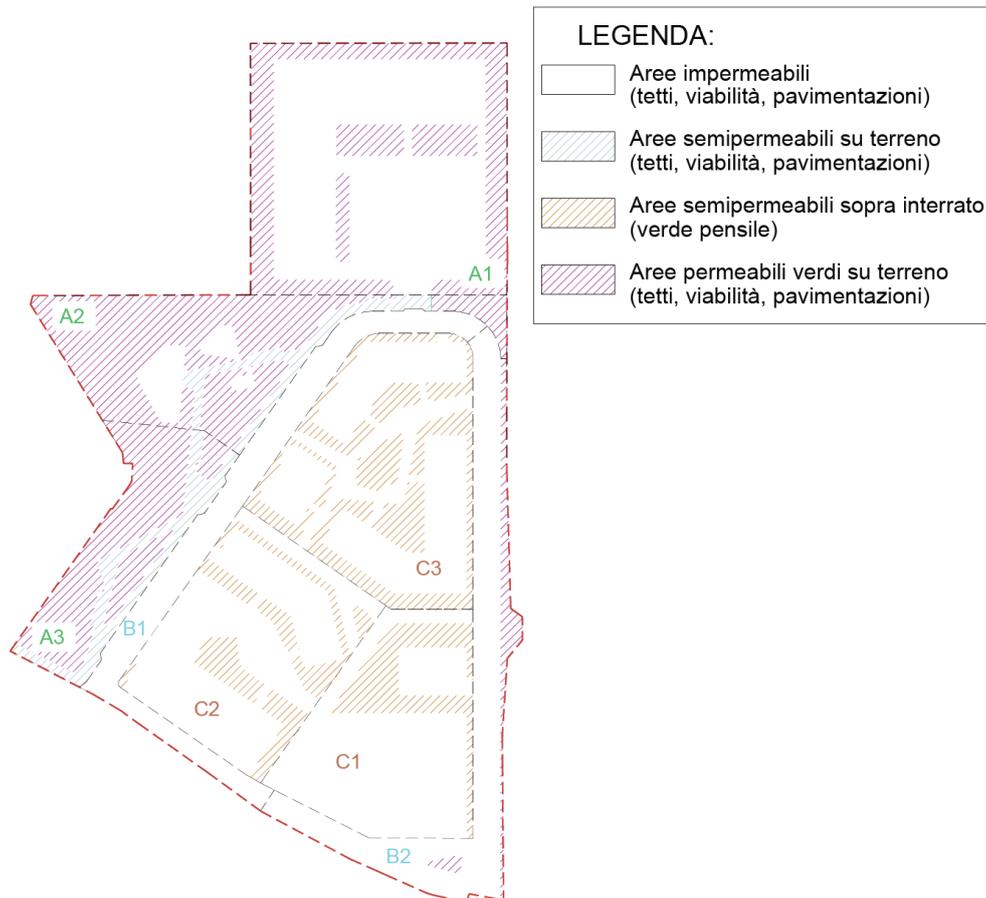


Figura 12 - Planimetria di individuazione della permeabilità delle superfici di progetto

Da Figura 11 è possibile individuare quelle che sono le tre zone indipendenti di invarianza idraulica (zone A-B-C) e dalla Figura 12 i relativi sottobacini con le varie permeabilità delle superfici, da essa si calcherà il coefficiente di deflusso medio ed il volume di laminazione minimo secondo il parametro  $v_{\min}=800 \text{ mc/ha di superficie scolante impermeabile indicato all'art. 12 del R.R. 7/2017}$  per le aree "A-ad alta criticità idraulica" (calcolo parametrico). Nei prospetti che seguono si riportano i calcoli nella situazione dell'area d'intervento ante-operam e post-operam, ad esclusione dell'area A4 che non viene considerata, in quanto si valuta di mantenerla a verde (circa 1200 mq) come è nello stato ante-operam, prevedendo semplicemente la predisposizione di uno scarico verso rete superficiale senza opere d'invarianza idraulica.



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**



Relazione d'invarianza idraulica

Tabella 1 – Calcolo parametrico dei volumi minimi di laminazione

STATO ANTE-OPERAM				
ZONA	Si [mq]	$\varphi_i$	$\varphi_i * Si$	coeff. defl medio $\varphi_{med}$
<b>Perimetro di intervento</b>	<b>49429</b>			<b>0.5954</b>
aree verdi permeabili	28568	0.3	8570	
pavimentazioni semipermeabili	0	0.7	0	
pavimentazioni impermeabili	20861	1	20861	

STATO POST-OPERAM								
ZONA	Si [mq]	$\varphi_i$	$\varphi_i * Si$	coeff. defl medio $\varphi_{med}$	Sup. scolante imperm. equivalente [mq] Simp= $\varphi_{med} * Stot$	Portata max scaricabile [l/s] Qlim=10*Simp	Volume laminazione da art. 12 del R.R. [mc] V=800*P*Simp	
<b>A-Aree pubbliche</b>	<b>21103</b>		<b>12657</b>	<b>0.5998</b>	<b>12657</b>	<b>12.7</b>	<b>1013</b>	
<b>Sottozona A1</b>	<b>11014</b>		<b>8388</b>	<b>0.7616</b>				
aree permeabili	3751	0.3	1125					
aree semipermeabili	0	0.7	0					
aree impermeabili	7263	1	7263					
<b>Sottozona A2</b>	<b>6139</b>		<b>2658</b>	<b>0.4330</b>				
aree permeabili	4644	0.3	1393					
aree semipermeabili	767	0.7	537					
aree impermeabili	728	1	728					
<b>Sottozona A3</b>	<b>3950</b>		<b>1610</b>	<b>0.4076</b>				
aree permeabili	2887	0.3	866					
aree semipermeabili	1063	0.7	744					
aree impermeabili	0	1	0					
<b>B-Area cessione e pertinenza</b>	<b>8135</b>		<b>7677</b>	<b>0.9437</b>	<b>7677</b>	<b>7.7</b>	<b>614</b>	
<b>Sottozona B1</b>	<b>3493</b>		<b>3493</b>	<b>1.0000</b>				
aree permeabili	0	0.3	0					
aree semipermeabili	0	0.7	0					
aree impermeabili	3493	1	3493					
<b>Sottozona B2</b>	<b>4642</b>		<b>4184</b>	<b>0.9014</b>				
aree permeabili	654	0.3	196					
aree semipermeabili	0	0.7	0					
aree impermeabili	3988	1	3988					
<b>C-Lotti fondiari e asservita uso pub.</b>	<b>20191</b>		<b>18461</b>	<b>0.9143</b>	<b>18461</b>	<b>18.5</b>	<b>1477</b>	
<b>Sottozona C1</b>	<b>5964</b>		<b>5581</b>	<b>0.9358</b>	<b>5581</b>	<b>5.6</b>	<b>446</b>	
aree permeabili	0	0.3	0					
aree semipermeabili	1277	0.7	894					
aree impermeabili	4687	1	4687					
<b>Sottozona C2</b>	<b>6503</b>		<b>6028</b>	<b>0.9269</b>	<b>6028</b>	<b>6.0</b>	<b>482</b>	
aree permeabili	0	0.3	0					
aree semipermeabili	1585	0.7	1110					
aree impermeabili	4918	1	4918					
<b>Sottozona C3</b>	<b>7724</b>		<b>6852</b>	<b>0.8871</b>	<b>6852</b>	<b>6.9</b>	<b>548</b>	
aree permeabili	0	0.3	0					
aree semipermeabili	2906	0.7	2034					
aree impermeabili	4818	1	4818					
<b>TOTALE INTERVENTO</b>	<b>49429</b>		<b>38794</b>	<b>0.7849</b>	<b>38794</b>	<b>38.8</b>	<b>3104</b>	

Si evidenzia come le superfici verdi sopra interrato, siano state considerate come semipermeabili ( $\varphi=0.7$ ), come da modifiche contenute nel recente RR 8/2019 relative all'art. 11 del RR 7/2017.

Globalmente, il coefficiente di deflusso medio ponderale nelle due configurazioni ante/post operam risultano:

$\varphi_0=0.5954$  (ante-operam)

$\varphi_1=0.7849$  (post-operam)

Si vede come il coefficiente di deflusso medio sull'area globale d'intervento aumenti del 32% a causa dell'intervento di trasformazione.



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



L'intervento globale, secondo Tab. 1 dell'art. 9 del R.R. 7/2017 modificato dal R.R. 8/2019 ( $S_{tot}$  tra 1 e 10 ha,  $\phi_{med} > 0.4$ , ambito territoriale A), ricade nella **classe "3-Impermeabilizzazione potenziale alta"** e la modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrogeologica dovrà seguire la procedura dettagliata di cui all'art. 11 e allegato G).

Tabella 2 (Tab. 1 del R.R. 8/2019)

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	$\leq 0,03$ ha ( $\leq 300$ mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1 Impermeabilizzazione potenziale bassa	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da $> 300$ mq a $\leq 1.000$ mq)	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2 Impermeabilizzazione potenziale media	da $> 0,03$ a $\leq 0,1$ ha (da $> 300$ a $\leq 1.000$ mq)	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
	da $> 0,1$ a $\leq 1$ ha (da $> 1.000$ a $\leq 10.000$ mq)	qualsiasi		
	da $> 1$ a $\leq 10$ ha (da $> 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)	$\leq 0,4$		
3 Impermeabilizzazione potenziale alta	da $> 1$ a $\leq 10$ ha (da $> 10.000$ a $\leq 100.000$ mq)	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
	$> 10$ ha ( $> 100.000$ mq)	qualsiasi		

**Il volume di laminazione da adottare è dunque il maggiore tra quello risultante dai calcoli e quello valutato in termini parametrici come requisito minimo di cui all'art. 12, comma 2 (Tabella 1).**

**IMPORTANTE:** Il calcolo dei volumi di laminazione di Tabella 1 risulta valido considerando come portata massima complessiva in uscita dal sistema la  $Q_{lim}$ , ma tale limite di normativa è un vincolo solo per lo scarico in fognatura/scolo superficiale, mentre in realtà la possibile portata complessiva in uscita da ciascun sistema sarà pari a: ( $Q_{lim}$  verso recapito +  $Q_{inf}$  di filtrazione al suolo). Il volume derivante dal calcolo parametrico di Tabella 1 del R.R. risulterà dunque sovradimensionante rispetto ad una procedura dettagliata che analizzi l'evolversi delle reali portate in ingresso/uscita che prevede  $Q_{uscite} > Q_{lim}$ .

Per la zona A, nelle sue 3 sottozone A1,A2,A3, sulle quali ricadono gli impianti sportivi ed il parco pubblico, si prevederanno dunque dei collettori di scarico e laminazione lungo le strade/pavimentazioni e dei bacini di accumulo e infiltrazione, in grado di disperdere nel terreno una frazione della portata meteorica in ingresso, accumulandone l'eccesso, senza scarichi in fognatura.

Per la zona B, ovvero le sue 2 sottozone B1,B2, sulle quali ricadono le strade da cedere al pubblico, si prevedono dei collettori di scarico e laminazione lungo le strade, con portata controllata verso collettore pubblico stradale (scarichi finali O1, O2), che tiene conto anche delle portate laminate derivanti dai lotti fondiari di area C.

Per la zona C, nelle sue sottozone C1,C2,C3 fondiari, si prevede di realizzare il totale invaso nei livelli interrati, con svuotamento tramite sollevamenti a portata controllata a valori inferiori a quella massima consentita dai  $10 \text{ l/s, } ha_{imp}$ .

Il volume da invasare andrà dunque calcolato in base alla differenza tra portata in ingresso e portata uscente (scaricata in rete pubblica/infiltrata), confrontando il volume specifico che si ottiene con il valore del parametro minimo di normativa  $800 \text{ mc/} ha_{imp}$  e scegliendo il più cautelativo fra i due.

Nel caso di sola infiltrazione senza scarico in fognatura, è consentita la detrazione del 30% del volume di laminazione calcolato, secondo RR 7/2017 Art.11 c.2 lettera e) num.3 modificato da RR 8/2019.



#### 5.4 Falda e tipologia di suolo

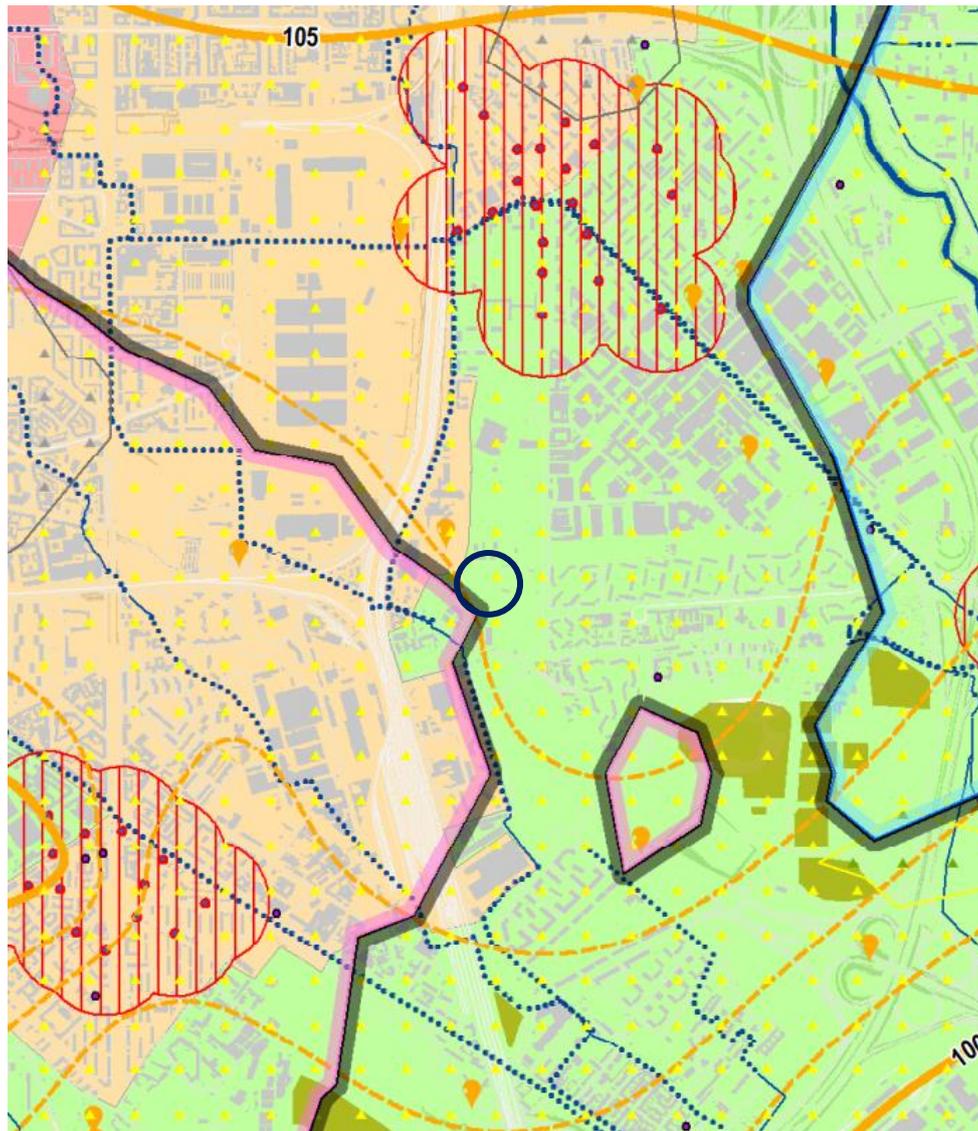
Come riportato nella "Carta idrogeologica" del PGT Milano 2019 approvato con D.C.C. n.34 del 14/10/2019 (Figura 13), l'area ricade sul limite della fascia di soggiacenza della falda a 0-5 m da piano campagna, ma non presenta aree "paludose o soggette a sommersione periodica per risalita della falda".

Le stesse evidenze per l'area risultano dalla "Carta semplificata del rischio idraulico" del PGT (Figura 14), come anche l'assenza di esondazioni e assenza di aree a ridotta permeabilità dei terreni superficiali.



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



**PIEZOMETRIA**

**Piezometri**

- Piezometri MM utilizzati per le elaborazioni

**Linee isopiezometriche**

- 120 — Isopiezometriche principali (ogni 5 m)
- - - - - Isopiezometriche ausiliarie (ogni 1 m)

**IDROGRAFIA**

**Acque superficiali**

- Scoperto
- Tombinato
- In progetto
- Reticolo idrografico

- Aree paludose o soggette a sommersione periodica per risalita della falda
- Specchi d'acqua perenni connessi alla falda
- Specchi d'acqua sospesi rispetto alla falda freatica (alimentazione artificiale)

**Fasce di soggiacenza**

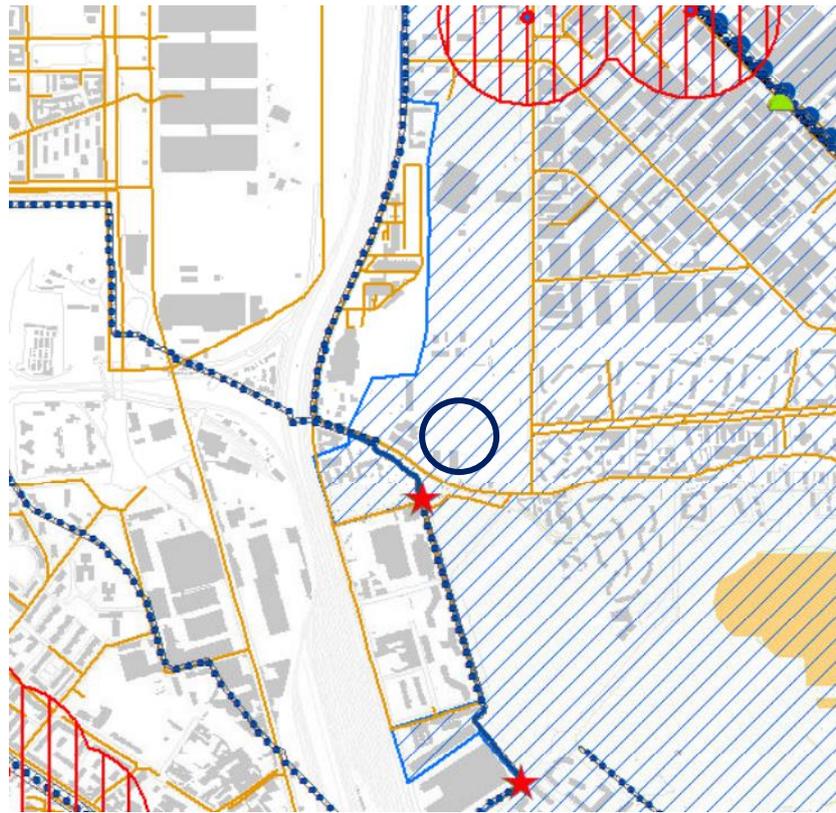
- 0-5 m
- 5-10 m
- >10 m

Figura 13 – Estratto da tav. G. 03 “Carta idrogeologica” del PGT di Milano (Ottobre 2019), con localizzazione dell’area



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



**IDROGRAFIA**

**Corsi d'acqua esistenti e fasce di rispetto**

- Scoperto
- Tombinato
- Reticolo idrografico
- Fasce di rispetto
- Zona di protezione delle pertinenze fluviali (art. 33, NTA del PTC Parco Agricolo Sud Milano)
- Specchi d'acqua

- ★ Criticità idrauliche puntuali (ricadenti su RIM, RIB e privato)
- Tratti soggetti ad esondazioni
- Aree con ridotta permeabilità dei terreni superficiali
- Darsena / area portuale

**ACQUE SOTTERRANEE**

**Pozzi**

Norme in materia ambientale (DLgs n. 152/2006) e Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto (DGR n. 7/12693/2003 - Allegato 1)

- Pozzi acquedottistici
- Zona di tutela assoluta (10 m)
- Aree di protezione (200 m, 60 m o criterio cronologico)

**Fontanili**

- Testa di fontanili perenni o comunque attivi stagionalmente
- Testa di fontanile permanentemente inattivo
- Aree paludose o soggette a sommersione periodica per risalita della falda
- Specchi d'acqua perenni connessi alla falda
- Specchi d'acqua sospesi rispetto alla falda freatica (alimentazione artificiale)
- Aree con trend di risalita della falda: aree con sogg. 5 - 10 m e trend di risalita > 0,25 m/anno
- Aree con ridotta soggiacenza della falda (<5 m)

Figura 14 – Estratto da tav. G. 13 “Carta semplificata del Rischio idraulico” del PGT di Milano (Ottobre 2019), con localizzazione dell’area

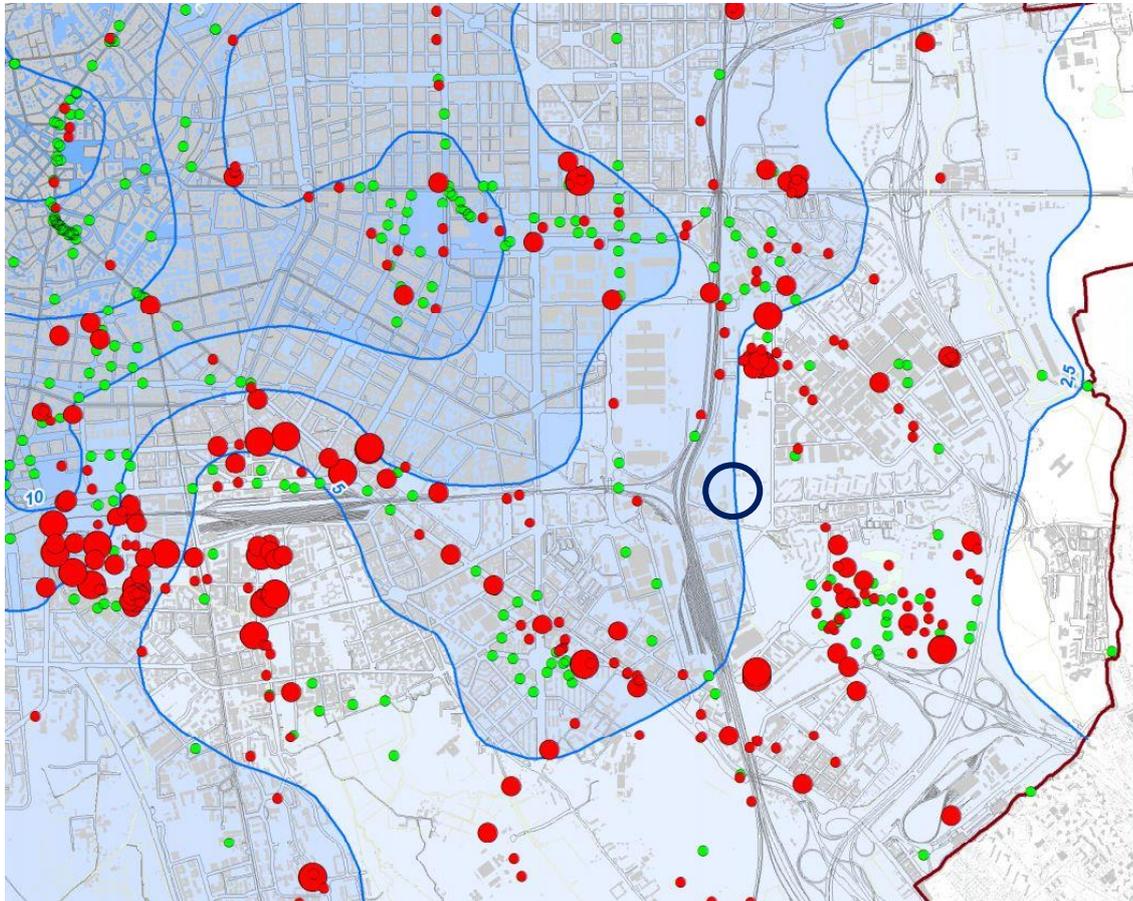


**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica

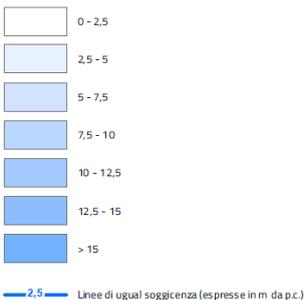


Più nello specifico, dalla Carta della soggiacenza del PGT (Figura 15), nell'area in studio la soggiacenza della falda viene assunta a quota -5 m dal piano campagna. Essendo il piano campagna dell'area circa a quota +108.30 m s.l.m., la falda viene assunta a quota +103.30 m s.l.m.



**SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA**

(espressa in m dal piano campagna)



**SPESSORE CUMULATO DELLE LITOLOGIE SABBIOSE IN FALDA**

Variabilità degli spessori (espressi in m)

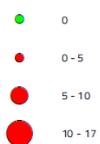


Figura 15 – Estratto da tav. G. 06 "Carta della Soggiacenza e degli spessori di sabbie in falda" del PGT di Milano (Ottobre 2019), con localizzazione dell'area



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO**

Relazione d'invarianza idraulica



Per quanto riguarda i livelli di oscillazione della falda, un elemento di interesse è il gradiente medio annuo di risalita della falda freatica, valutato sulla base delle analisi effettuate utilizzando le serie storiche dei dati freatimetrici della rete di misura e riportato nell'Allegato 8 al PGT Milano 2019 (Figura 16). Per l'area in studio, vicina a zone con gradiente stabile (circa nullo), la falda è presente a quota circa +103.30 m s.l.m. (a circa -5 m dal piano campagna) e presenta una risalita media annua compresa tra 5 e 25 cm, presumibilmente in fase di rallentamento.

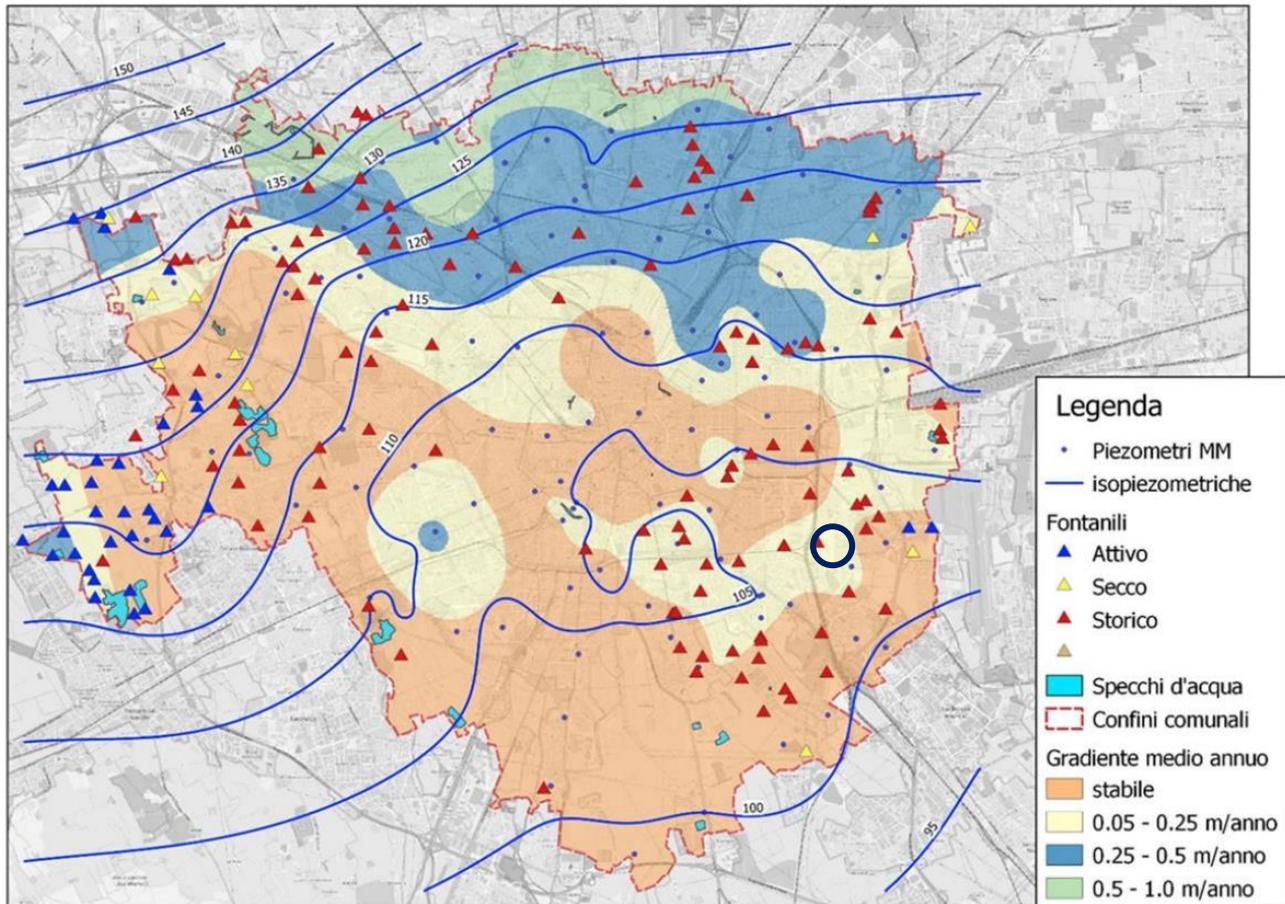


Figura 16 – Carta del gradiente medio annuo di risalita della falda freatica (da Allegato 8 del PGT Milano-Ottobre 2019)

Dalla “Carta di Fattibilità Geologica e Idraulica” del PGT di Milano (Figura 17) si evince come l'area in studio ricada tra quelle di “Classe IIIc-Aree a bassa soggiacenza della falda (<5m)-Fattibilità con consistenti limitazioni”, per le quali si deve tener conto delle limitazioni dell'art. 45- punto 5 delle Norme di attuazione del Piano delle Regole contenuto nel suddetto PGT, che si riporta di seguito.



**5. Classe IIIc: aree a bassa soggiacenza della falda acquifera**

**a.** Alla classe IIIc appartengono le aree che presentano una soggiacenza dell'acquifero superficiale inferiore a 5 m.

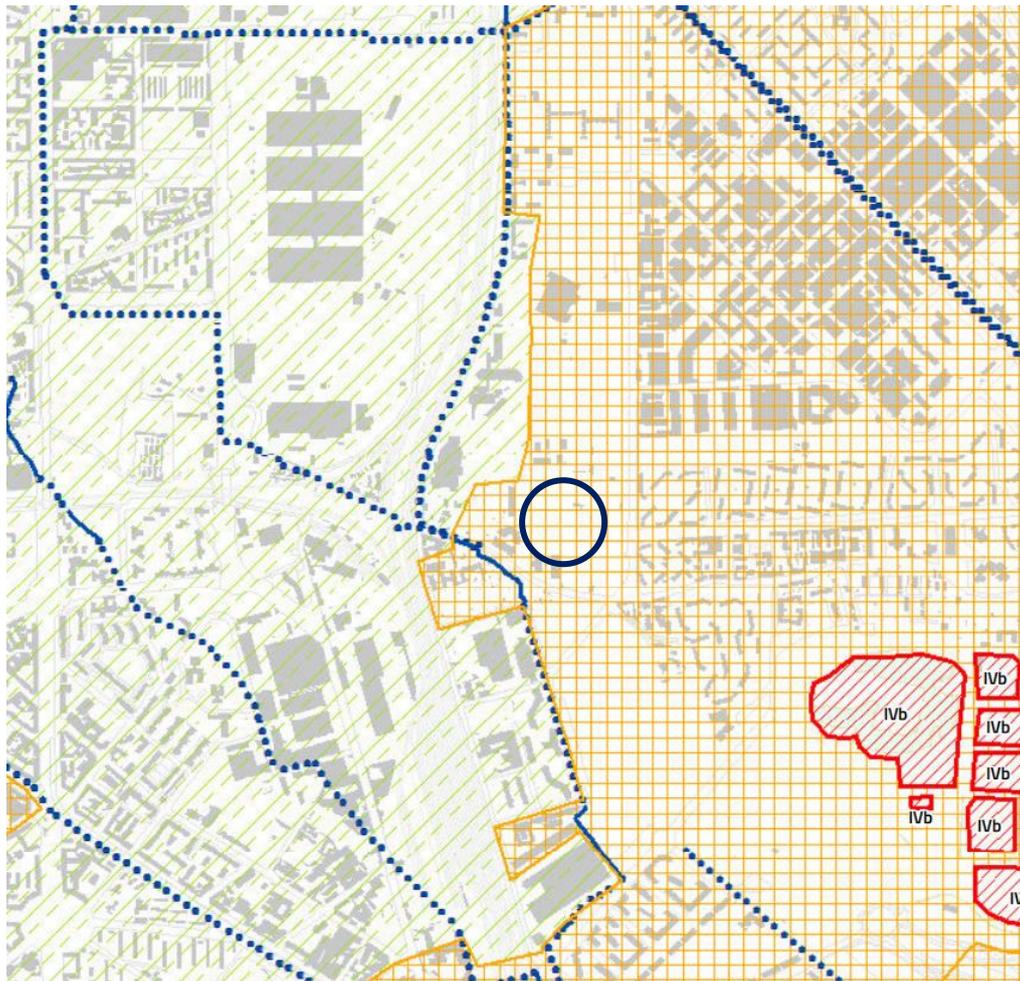
**b.** Nelle aree IIIc valgono le disposizioni di seguito elencate:

- La realizzazione e la modifica dei vani interrati e seminterrati, purché dotati di collettamento delle acque di scarico, che interferiscono con il livello della falda è ammessa a condizione che vengano provvisti di sistemi di auto protezione. Gli scarichi delle acque superficiali e derivanti dal pompaggio delle acque sotterranee, anche in condizioni climatiche ed idrologiche avverse, devono essere comunque compatibili con la normativa regionale sull'invarianza idrologica e idraulica.
- E' vietata la realizzazione e la modifica dei vani interrati e seminterrati che interferiscano con il livello della falda da adibire ad uso produttivo, nel caso prevedano attività che comportano l'utilizzo o lo stoccaggio di sostanze pericolose/insalubri.
- Per queste aree, a salvaguardia della falda idrica sotterranea, per gli interventi di nuova edificazione, nonché di ristrutturazione con demolizione e ricostruzione, deve essere previsto in fase progettuale e realizzato il collettamento degli scarichi idrici in fognatura; devono inoltre essere previsti interventi di regimazione idraulica per lo smaltimento delle acque superficiali e sotterranee.
- Gli scarichi delle acque superficiali e derivanti dal pompaggio delle acque sotterranee, anche in condizioni climatiche ed idrologiche avverse, debbono essere complessivamente compatibili con la normativa regionale sull'invarianza idraulica. A questo scopo è consentita, in mancanza di soluzioni alternative, la realizzazione di vasche di laminazione al di sotto del livello di falda purché costruttivamente compatibili con il terreno saturo.



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



**FATTIBILITA' GEOLOGICA E IDRAULICA**

**Classi di fattibilità geologica**

 **Classe II - Fattibilità con modeste limitazioni**

 **Classe III - Fattibilità con consistenti limitazioni**

- Classe IIIa - Pericolosità di inondazione (media)
- Classe IIIb - Pericolosità di inondazione (elevata)
- Classe IIIc - Aree a bassa soggiacenza della falda (< 5 m)
- Classe IIId - Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche
- Classe IIIe - Aree estrattive attive o dismesse

 **Classe IV - Fattibilità con gravi limitazioni**

- Classe IVa - Pericolosità di inondazione (molto elevata)
- Classe IVb - Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili e aree con emergenza della falda)
- Classe IVc - Aree destinate a infrastrutture prioritarie per la difesa del suolo

Figura 17 – Estratto da tav. G. 17 “Carta di Fattibilità Geologica e Idraulica” del PGT di Milano (Ottobre 2019), con localizzazione dell’area

Per la caratterizzazione della litologia superficiale nell’area in studio, è utilizzabile la parte centrale della sezione geologica 7 della Carta geologica del PGT (Figura 18 e Figura 19), la sezione è localizzata qualche centinaio di metri più a sud dell’area in studio, ma è molto rappresentativa. La stratigrafia in interesse è

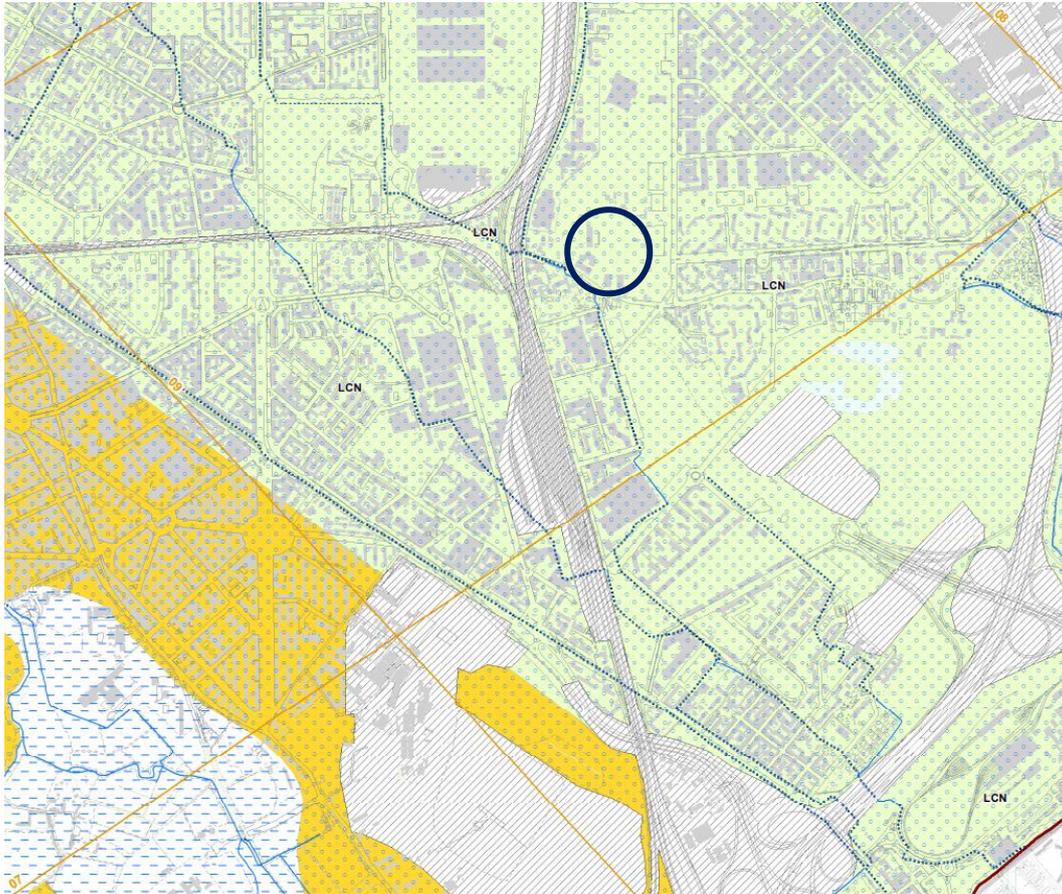


**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



costituita da deposito alluvionale a ghiaie prevalenti, in particolare sabbia in prevalente matrice ghiaiosa. La permeabilità  $K_0$  di tali strati si stima abbia valori elevati, dell'ordine dei  $10^{-3}$  m/s.



**GEOLOGIA**

**Coperture quaternarie**

-  Terreno di riporto generico
-  Pg - Sistema del Po (Unità Postglaciale)
-  LCN - Alloformazione di Cantù
-  LCN4 - Allomembro di Ronchetto delle Rane
-  BXE - Unità di Bulgarograsso (ex Porto d'Adda Superiore BPs)
-  BMI - Unità di Minoprio (ex Osnago BOs)
-  BEZ - Unità di Guanzate

 Sezioni Geologiche

**Litologia superficiale**

-  deposito alluvionale a ghiaie prevalenti
-  deposito alluvionale a sabbie prevalenti
-  deposito alluvionale a fini prevalenti

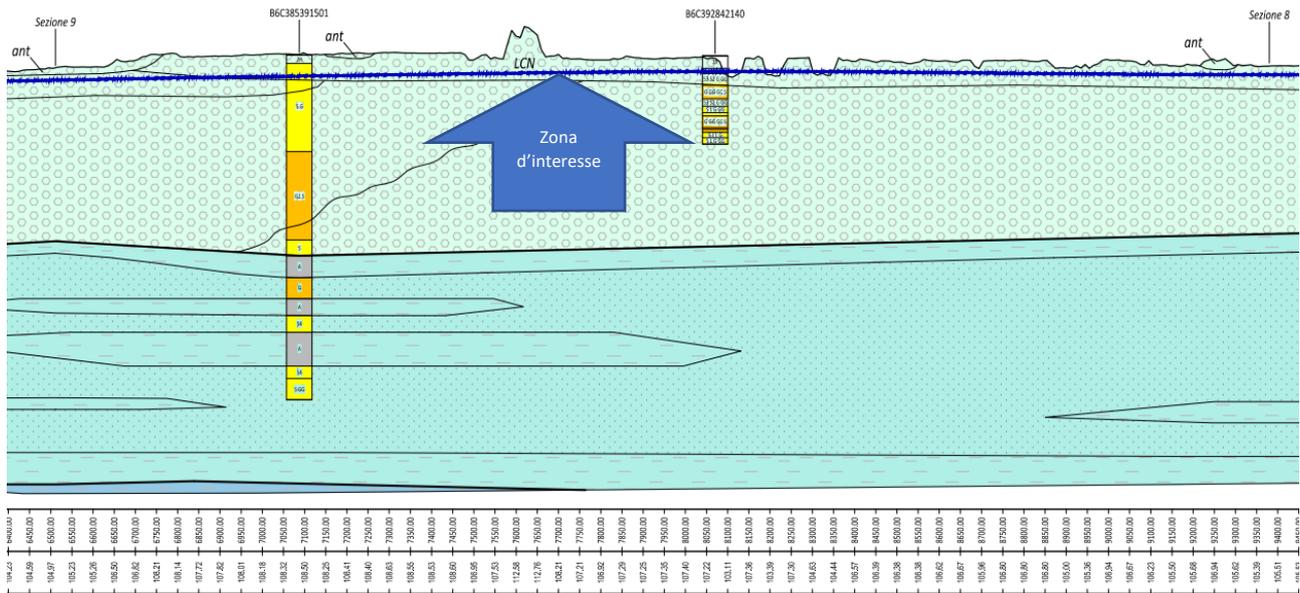
Figura 18 – Estratto da tav. G. 01/3 "Carta geologica" del PGT di Milano (Ottobre 2019), con localizzazione dell'area



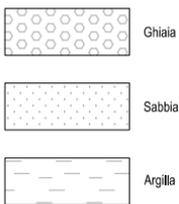
**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**



Relazione d'invarianza idraulica

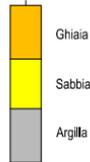


LITOLOGIE PREVALENTI



SONDAGGI

CODICE REGIONALE



FALDA FREATICA

— Liveo piezometrico

Figura 19 – Estratto da “Sezioni Geologiche G\_ALL\_03/2-Profilo SEZIONE 7” del PGT di Milano (Ottobre 2019), con localizzazione approssimativa dell’area

Alla luce di quanto sopra riportato, considerato che:

- nell’area in studio la falda si trova a -5 m dal piano campagna e risulta abbastanza stabile nel gradiente di crescita;
- la stratigrafia superficiale è caratterizzata da litologia permeabile (ghiaie prevalenti)

**in questa fase di progettazione si valuta come opportuna, sia tecnicamente che economicamente, la soluzione di sfruttare il processo d’infiltrazione delle acque meteoriche del lotto (suolo di classe “A” secondo R.R. 7/2017) con le opportune scelte cautelative sui vari parametri di modellazione idraulica. Ulteriori approfondimenti su stratigrafia e permeabilità dei suoli dovranno essere condotti nelle successive fasi di progettazione.**



### 5.5 Procedura dettagliata di calcolo degli invasi di laminazione

Si procede dunque al calcolo dettagliato in base alla differenza tra idrogramma netto in ingresso e in uscita dal bacino considerato. Il tempo di ritorno di riferimento per il dimensionamento delle opere di laminazione o anche infiltrazione, secondo art. 11 comma 2 del R.R. 7/2017 mod. da R.R. 8/2019, è **T=50 anni**.

**Per la verifica del grado di sicurezza delle opere come sopra dimensionate, si dovrà adottare un tempo di ritorno T=100 anni, in modo tale da non determinare esondazioni che arrechino danni a persone o a cose.**

La curva LSPP per il calcolo della pioggia in ingresso è quella relativa a T=50 anni per durate > 1 ora:

$$h = 61.549 * t^{0.2969}$$

Per gli scrosci è possibile assumere un parametro  $n'=n*4/3=0.2969*4/3=0.3959$ , ottenendo la curva:

$$h = 61.549 * t^{0.3959}$$

Le varie zone vengono suddivise in sottozone per distribuire più uniformemente i bacini scolanti e le relative opere di laminazione, nel seguente modo (Figura 12):

Zona A: sottozone A1 (impianti sportivi) + A2 (parco nord) + A3 (parco sud)

Zona B: sottozone B1 (strada ovest) + B2 (strada est)

Zona C: sottozone C1 (lotto fondiario 1) + C2 (lotto fondiario 2) + C3 (lotto fondiario 3)

KEY PLAN PERMEABILITA' SUPERFICI-Scala 1:2000

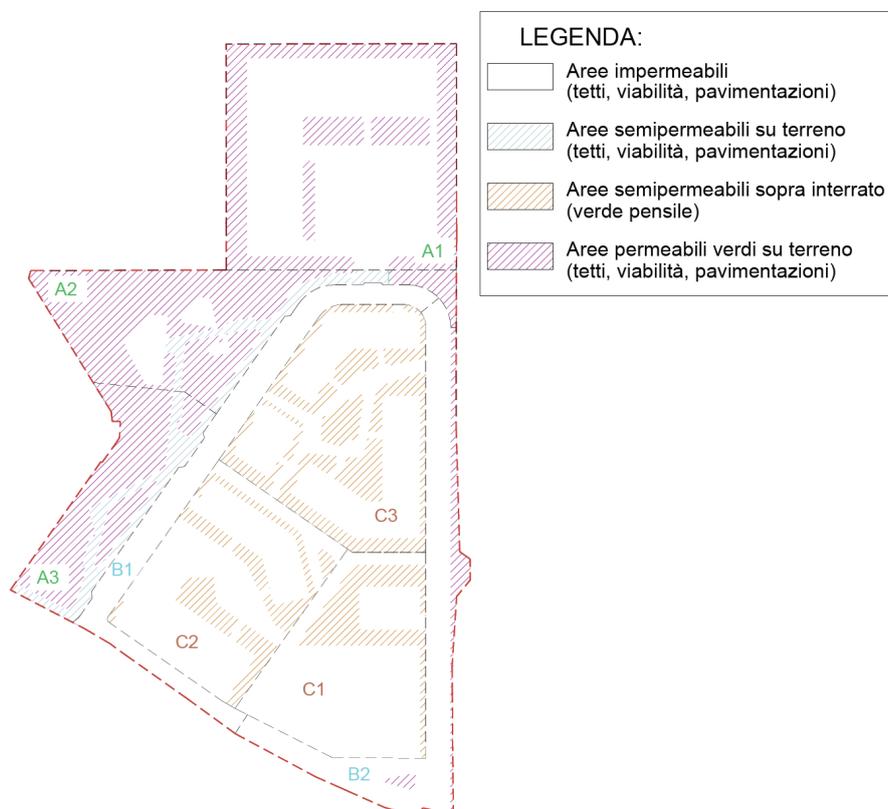


Figura 20 - Planimetria di individuazione della permeabilità delle superfici di progetto



### 5.5.1 Metodo delle sole piogge

Come visto in precedenza, valuteremo i volumi di laminazione necessari con il "Metodo delle sole piogge", i cui richiami teorici sono contenuti al punto 3.2 dell'Allegato G del RR 7/2017 e si vanno di seguito a richiamare brevemente.

La portata costante entrante è:

$$Q_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^{n-1}$$

Il volume di pioggia complessivamente entrante è:

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot a \cdot D^n$$

in cui  $S$  è la superficie scolante del bacino complessivamente afferente all'invaso,  $\varphi$  è il coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino medesimo,  $D$  è la durata di pioggia,  $a$  ( $=a_1 w_T$ ) e  $n$  sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica desunti da ARPAL (per tempo di ritorno  $T=50$  anni).

La portata costante uscente è:

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

in cui  $u_{\text{lim}}$  è la portata specifica limite ammissibile allo scarico, di cui all'art. 8 c.1 del regolamento.

Il volume di pioggia complessivamente uscito nel corso della durata  $D$  dell'evento è pari a:

$$W_u = S \cdot \varphi \cdot u_{\text{lim}} \cdot D$$

Nel caso in cui sia presente anche una portata infiltrata  $Q_{\text{inf}}$  nel sottosuolo (considerata costante per tutta la durata dell'evento) la portata uscente  $Q_u$  sarà la seguente:

$$Q_u = Q_{u,\text{lim}} + Q_{\text{inf}}$$

Ed il conseguente volume in uscita:

$$V_u = Q_{u,\text{lim}} \cdot D + Q_{\text{inf}} \cdot D$$

ove  $Q_{\text{inf}}$  è la portata infiltrata ricavata dai calcoli specifici di ogni elemento atto ai meccanismi dell'infiltrazione.

Sulla base di tali ipotesi semplificative il volume di laminazione è dato, per ogni durata di pioggia considerata, dalla differenza tra i volumi dell'onda entrante e dell'onda uscente calcolati al termine della durata di pioggia:

$$\Delta W = W_e - W_u$$

Conseguentemente, il volume di dimensionamento del volume da invasare è pari al volume critico di laminazione, cioè quello calcolato per l'evento di durata critica che rende massimo il volume di laminazione.

La durata critica si calcola come:

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



in cui bisogna intendere la  $Q_{u,lim}$  come la  $Q_u$  somma delle componenti di scarico al recapito e di infiltrazione nel terreno (a seconda della loro presenza).

In corrispondenza dell'evento di durata  $D_w$  si calcolerà dunque il volume massimo  $\Delta W_{max}$  che deve essere trattenuto negli invasi di laminazione.

Si osservi che il parametro  $n$  da utilizzare nelle equazioni precedenti deve essere congruente con la durata  $D_w$  risultante dal calcolo, tenendo conto che il valore  $n$  è generalmente diverso per le durate inferiori all'ora rispetto alle durate superiori all'ora.

Poiché i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori dell'ora, per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPAL tranne il parametro  $n$  per il quale si indica il valore  $n=0,5$  in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

Nel caso di incongruenze nella determinazione di  $\Delta W_{max}$  in dipendenza da  $D_w$ , che a sua volta dipende dall'utilizzo del valore di  $n$  per piogge orarie o scrosci ( $D < 1$  ora), cautelativamente si potrà utilizzare il valore massimo tra i due calcolati.

**Dove il volume calcolato è inferiore al volume derivante dal parametro di requisito minimo (articolo 12 del regolamento) pari a 800 mc/ha<sub>imp</sub>** per aree di alta criticità, è necessario adottare per il progetto delle opere d'invarianza un volume:

$$V_{lam,min} = 800 \text{ mc/ha}_{imp} * S * \varphi_m$$

#### 5.5.2 Tempo di svuotamento degli invasi

Come prescritto dall'Art.11, comma 2 lettera f) del RR 7/2017, il tempo di svuotamento dei volumi calcolati secondo quanto indicato in precedenza non deve superare le 48 ore, in modo da ripristinare la capacità d'invaso quanto prima possibile.

In funzione delle portate uscenti dall'invaso di laminazione  $Q_{u,lim}$  (nel rispetto della portata limite ammissibile di cui all'articolo 8 del regolamento) e  $Q_{inf}$  (portata di infiltrazione calcolata con i criteri precedentemente esposti), il tempo di svuotamento dopo il termine dell'evento, a partire dal massimo invaso  $W_{lam}$  (non quello del volume progettato, ma di quello necessario richiesto) è pari a (da allegato G al RR 8/2019):

$$t_{svuot} = W_{lam} / (Q_{u,lim} + Q_{inf})$$



### 5.5.3 Sottozone A1-A2-A3

Nei successivi prospetti, per le sottozone A1-A2-A3, si riportano gli elementi di calcolo del volume di laminazione con il metodo delle sole piogge, confrontato con il volume minimo da art. 12 del R.R. ottenendo il necessario  $V_{\text{lam,netto}}$  e scegliendo di conseguenza le necessarie opere di infiltrazione e accumulo.

Si prevede per tutte queste sottozone la sola infiltrazione delle acque meteoriche con bacini di laminazione ed infiltrazione BL-A1, BL-A2, BL-A3 realizzati in elementi plastici impilabili (vedi dettaglio tipologico in Figura 21).

Si considererà come capacità di infiltrazione quella del suolo di classe A (classificazione SCS) pari cautelativamente al suo valore asintotico di  $f_c=25.4$  mm/h (da Tab. 1 dell'Allegato F al RR 8/2019) e quindi  $25.4*10000/3600=70.6$  l/s per ettaro.

La superficie di infiltrazione sarà quella in pianta del bacino plastico maggiorata della fascia circostante di larghezza pari all'altezza dello stesso, in quanto si ipotizza il drenaggio anche attraverso il rinfilanco in ghiaione dei bacini.

Il volume di ghiaia viene considerato per la sua porosità  $n=0.3$ , mentre il volume utile del bacino plastico è assunto del 96% secondo schede tecniche dei fornitori commerciali.

Tubazioni circolari e scatolari in c.a. contribuiranno a convogliare le portate ai bacini e laminando a loro volta, essendo dotati di pendenza dello 0.1%.

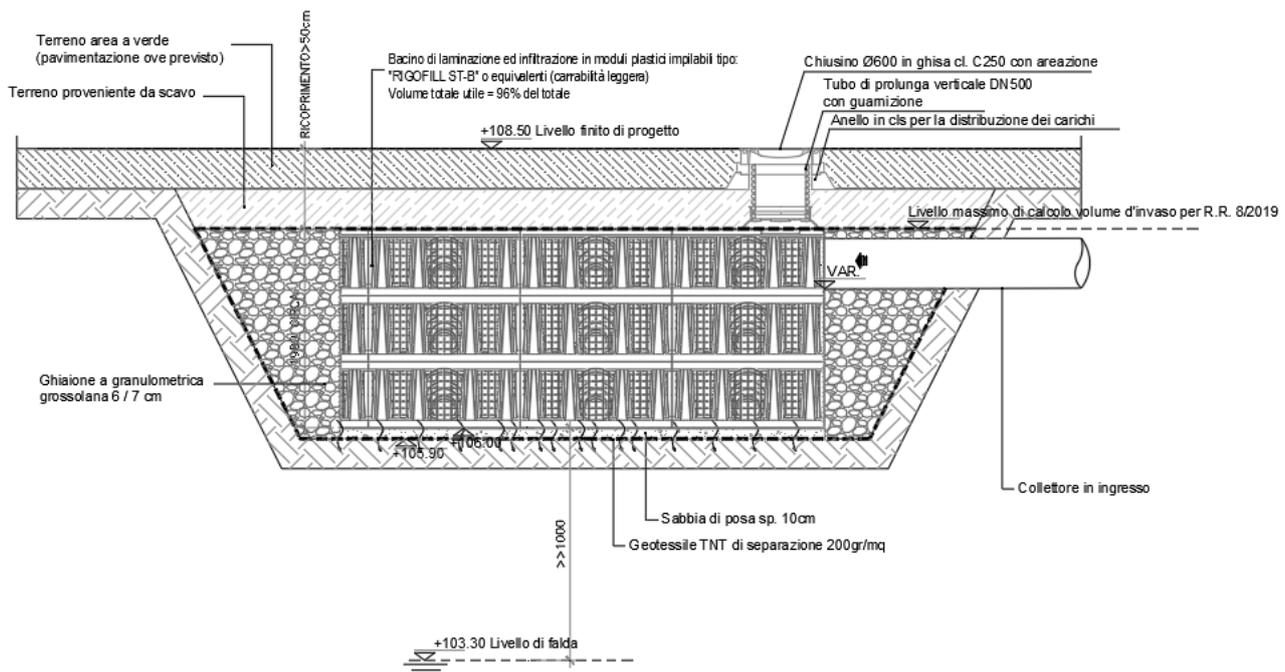


Figura 21 – Dettaglio tipologico di bacino d'infiltrazione in elementi plastici impilabili



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



Area A1			
<b>VOLUME MAX DA INVASARE PER PIOGGE CON T=50 ANNI E DURATA D=Dw critica</b>			
<b>Metodo delle sole piogge</b>			
Superficie fondiaria	1.1014 ha	superficie totale dell'intervento	
u <sub>lim</sub>	10.00 l/s,ha	portata specifica limite allo scarico	
TR	50 anni	tempo di ritorno di riferimento	
a	61.549	inserire parametro di zona (vedi tabella)	
n	0.2969	inserire parametro di zona (vedi tabella)	
Dw	21.73 ore	durata di pioggia critica	
φ	0.7616	coeff. di deflusso dopo la trasformazione	
h	153.54 mm	altezza pioggia in Dw	
Vp	1,691.09 mc	Volume piovuto in Dw	
Ve	1,287.93 mc	Volume entrante nel sistema nel tempo Dw	
Q <sub>inf,bacini</sub>	4.89 l/s	Portata infiltrata	
Q <sub>lim</sub>	0.00 l/s	Portata scaricabile in fognatura da calcolo	
Q <sub>u</sub>	4.89 l/s	Portata totale in uscita dal sistema	
V <sub>u</sub>	382.69 mc	Volume scaricato dal sistema nel tempo Dw	
V <sub>lam</sub> =V <sub>e</sub> -V <sub>u</sub>	905.24 mc	Volume da laminare sole piogge, per evento TR 50 d=Dw	
v <sub>lam</sub> specifico=V <sub>lam</sub> /(φ*S)	1,079.17 mc/ha,imp	<b>VERIFICA SE &lt; 800 mc/ha,imp (Requisito minimo Art.12 comma 2)</b>	
V <sub>lam,min</sub>	905.24 mc	Volume da laminare più cautelativo	
Detrazione 30%=-	-271.57 mc	(R.R. 7/2017: Art. 11 c.2, lettera e), num. 3 modificato da R.R. 8/2019)	
V <sub>lam netto</sub> =	<b>633.67 mc</b>	Volume da laminare netto per evento TR 50 d=Dw	
Interventi di mitigazione	1.81 mc	Tubazioni DN800 (riempim. 90%)	L= 4 m
	256.50 mc	Scatolari 150xH100 cm (riempim. 90%)	L= 190 m
	0.00 mc	Depressioni terreno	
	976.96 mc	Bacini di infiltrazione con ghiaia attorno	h= 1.98 m
			S= 500 mq
V <sub>progetto</sub> =	<b>1,235.27 mc</b>	Volume totale invasabile	> V <sub>lam netto</sub> VERIFICATO
t <sub>sv</sub> =V <sub>lam netto</sub> /Q <sub>u</sub> =	35.99 ore	Tempo di svuotamento invasi (< 48 ore)	

Area A2			
<b>VOLUME MAX DA INVASARE PER PIOGGE CON T=50 ANNI E DURATA D=Dw critica</b>			
<b>Metodo delle sole piogge</b>			
Superficie fondiaria	0.6139 ha	superficie totale dell'intervento	
u <sub>lim</sub>	10.00 l/s,ha	portata specifica limite allo scarico	
TR	50 anni	tempo di ritorno di riferimento	
a	61.549	inserire parametro di zona (vedi tabella)	
n	0.2969	inserire parametro di zona (vedi tabella)	
Dw	7.76 ore	durata di pioggia critica	
φ	0.4330	coeff. di deflusso dopo la trasformazione	
h	113.09 mm	altezza pioggia in Dw	
Vp	694.28 mc	Volume piovuto in Dw	
Ve	300.62 mc	Volume entrante nel sistema nel tempo Dw	
Q <sub>inf,bacini</sub>	3.20 l/s	Portata infiltrata	
Q <sub>lim</sub>	0.00 l/s	Portata scaricabile in fognatura	
Q <sub>u</sub>	3.20 l/s	Portata totale in uscita dal sistema	
V <sub>u</sub>	89.33 mc	Volume scaricato dal sistema nel tempo Dw	
V <sub>lam</sub> =V <sub>e</sub> -V <sub>u</sub>	211.30 mc	Volume da laminare sole piogge, per evento TR 50 d=Dw	
v <sub>lam</sub> specifico=V <sub>lam</sub> /(φ*S)	794.89 mc/ha,imp	<b>VERIFICA SE &lt; 800 mc/ha,imp (Requisito minimo Art.12 comma 2)</b>	
V <sub>lam,min</sub>	212.65 mc	Volume da laminare più cautelativo	
Detrazione 30%=-	-63.80 mc	(R.R. 7/2017: Art. 11 c.2, lettera e), num. 3 modificato da R.R. 8/2019)	
V <sub>lam netto</sub> =	<b>148.86 mc</b>	Volume da laminare netto per evento TR 50 d=Dw	
Interventi di mitigazione	36.17 mc	Tubazioni DN800 (riempim. 90%)	L= 80 m
	0.00 mc	Scatolari	L= 0 m
	0.00 mc	Depressioni terreno	
	590.82 mc	Bacini di infiltrazione con ghiaia attorno	h= 1.98 m
			S= 300 mq
V <sub>progetto</sub> =	<b>626.99 mc</b>	Volume totale invasabile	> V <sub>lam netto</sub> VERIFICATO
t <sub>sv</sub> =V <sub>lam netto</sub> /Q <sub>u</sub> =	12.93 ore	Tempo di svuotamento invasi (< 48 ore)	



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



Area A3				
VOLUME MAX DA INVASARE PER PIOGGE CON T=50 ANNI E DURATA D=Dw critica				
Metodo delle sole piogge				
Superficie fondiaria	0.3950	ha	superficie totale dell'intervento	
u <sub>lim</sub>	10.00	l/s,ha	portata specifica limite allo scarico	
TR	50	anni	tempo di ritorno di riferimento	
a	61.549		inserire parametro di zona (vedi tabella)	
n	0.2969		inserire parametro di zona (vedi tabella)	
Dw	6.77	ore	durata di pioggia critica	
φ	0.4076		coeff. di deflusso dopo la trasformazione	
h	108.60	mm	altezza pioggia in Dw	
Vp	428.96	mc	Volume piovuto in Dw	
Ve	174.84	mc	Volume entrante nel sistema nel tempo Dw	
Q <sub>inf,bacini</sub>	2.13	l/s	Portata infiltrata	
Q <sub>lim</sub>	0.00	l/s	Portata scaricabile in fognatura da calcolo	
Q <sub>u</sub>	2.13	l/s	Portata totale in uscita dal sistema	
V <sub>u</sub>	51.95	mc	Volume scaricato dal sistema nel tempo Dw	
V <sub>lam</sub> =V <sub>e</sub> -V <sub>u</sub>	122.89	mc	Volume da laminare sole piogge, per evento TR 50 d=Dw	
v <sub>lam specifico</sub> =V <sub>lam</sub> /(φ*S)	763.29	mc/ha,imp	<b>VERIFICA SE &lt; 800 mc/ha,imp (Requisito minimo Art.12 comma 2)</b>	
V <sub>lam,min</sub>	128.80	mc	Volume da laminare più cautelativo	
Detrazione 30%=-	-38.64	mc	(R.R. 7/2017: Art. 11 c.2, lettera e), num. 3 modificato da R.R. 8/2019)	
V <sub>lam netto</sub> =	90.16	mc	Volume da laminare netto per evento TR 50 d=Dw	
Interventi di mitigazione	49.74	mc	Tubazioni DN800 (riempim. 90%)	L= 110 m
	0.00	mc	Scatolari	L= 0 m
	0.00	mc	Depressioni terreno	
	358.08	mc	Bacini di infiltrazione con ghiaia attorno	h= 1.98 m S= 180 mq
V <sub>progetto</sub> =	407.82	mc	Volume totale invasabile	> V <sub>lam netto</sub> VERIFICATO
t <sub>sv</sub> =V <sub>lam netto</sub> /Q <sub>u</sub> =	11.75	ore	Tempo di svuotamento invasi (< 48 ore)	

Si verifica come con dei collettori DN800 mm in c.a. e dei bacini plastici in elementi modulari impilabili, di altezza indicativamente 1.98 m (3 livelli), con fondo bacino a quota +106.00, dunque distante ben più di 1m dalla falda assunta a quota 103.30 si riesca a soddisfare l'esigenza volumetrica e garantire uno svuotamento del volume in meno di 48 ore come da normativa.

Il volume invasabile di progetto corrisponde ad un livello dell'acqua fino al riempimento completo dei bacini plastici, che avranno un ricoprimento minimo dell'ordine dei 50 cm (assunta una quota di piano finito a +108.50), questo comporta che eventi più rari di quello di progetto (TR=50 anni) potrebbero provocare dei rigurgiti temporanei nella rete di monte, ma in aree verdi o circondate da aree verdi, dunque senza comportare problemi di sicurezza. Si vedano a tal proposito le simulazioni con modellazione tramite software SWMM più avanti in relazione.

#### 5.5.4 Sottozone B1-B2

Nei successivi prospetti, per le sottozone B1-B2, si riportano gli elementi di calcolo del volume di laminazione con il metodo delle sole piogge, confrontato con il volume minimo da art. 12 del R.R. ottenendo il necessario V<sub>lam,netto</sub> e scegliendo di conseguenza le necessarie opere di infiltrazione e accumulo.

Si prevede per entrambe le sottozone un collegamento in fognatura bianca a portata controllata, il cui valore deve tener conto anche delle portate già laminate scaricate dalle aree C<sub>i</sub> dei lotti fondiari (si faccia riferimento ai relativi calcoli su tali aree) e che potranno dunque essere scaricate al recapito finale.



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



Area B1				
<b>VOLUME MAX DA INVASARE PER PIOGGE CON T=50 ANNI E DURATA D=Dw critica</b>				
<b>Metodo delle sole piogge</b>				
Superficie fondiaria	0.3493 ha	superficie totale dell'intervento		
u <sub>lim</sub>	10.00 l/s,ha	portata specifica limite allo scarico		
TR	50 anni	tempo di ritorno di riferimento		
a	61.549	inserire parametro di zona (vedi tabella)		
n	0.2969	inserire parametro di zona (vedi tabella)		
Dw	1.12 ore	durata di pioggia critica		
φ	1.0000	coeff. di deflusso dopo la trasformazione		
h	63.68 mm	altezza pioggia in Dw		
Vp	222.42 mc	Volume piovuto in Dw		
Ve	222.42 mc	Volume entrante nel sistema nel tempo Dw		
Q <sub>inf,bacini</sub>	0.00 l/s	Portata infiltrata		
Q <sub>lim</sub>	3.49 l/s	Portata scaricabile in fognatura da calcolo		
Q <sub>aggiuntiva</sub>	12.88 l/s	Portata aggiuntiva scaricabile perché già laminata dai lotti fondiari C2+C3		
Q <sub>u</sub>	16.37 l/s	Portata totale in uscita dal sistema		
V <sub>u</sub>	66.09 mc	Volume scaricato dal sistema nel tempo Dw		
V <sub>lam</sub> =V <sub>e</sub> -V <sub>u</sub>	156.33 mc	Volume da laminare sole piogge, per evento TR 50 d=Dw		
v <sub>lam</sub> specifico=V <sub>lam</sub> /(φ*S)	447.56 mc/ha,imp	<b>VERIFICA SE &lt; 800 mc/ha,imp (Requisito minimo Art.12 comma 2)</b>		
V <sub>lam,min</sub>	279.44 mc	Volume da laminare più cautelativo		
Detrazione 30%≠	0.00 mc	(R.R. 7/2017: Art. 11 c.2, lettera e), num. 3 modificato da R.R. 8/2019)		
V <sub>lam netto</sub>	279.44 mc	Volume da laminare netto per evento TR 50 d=Dw		
Interventi di mitigazione	44.31 mc	Tubazioni DN800 (riempim. 90%)	L=	98 m
	417.60 mc	Scatolari 200xH100 cm (riempim. 90%)	L=	232 m
	0.00 mc	Depressioni terreno		
	0.00 mc	Bacini di infiltrazione con ghiaia attorno	h=	0 m
			S=	0 mq
V <sub>progetto</sub>	461.91 mc	Volume totale invasabile	> V <sub>lam netto</sub>	<b>VERIFICATO</b>
t <sub>sv</sub> =V <sub>lam netto</sub> /Q <sub>u</sub>	4.74 ore	Tempo di svuotamento invasi (< 48 ore)		

Area B2				
<b>VOLUME MAX DA INVASARE PER PIOGGE CON T=50 ANNI E DURATA D=Dw critica</b>				
<b>Metodo delle sole piogge</b>				
Superficie fondiaria	0.4642 ha	superficie totale dell'intervento		
u <sub>lim</sub>	10.00 l/s,ha	portata specifica limite allo scarico		
TR	50 anni	tempo di ritorno di riferimento		
a	61.549	inserire parametro di zona (vedi tabella)		
n	0.2969	inserire parametro di zona (vedi tabella)		
Dw	3.02 ore	durata di pioggia critica		
φ	0.9014	coeff. di deflusso dopo la trasformazione		
h	85.48 mm	altezza pioggia in Dw		
Vp	396.80 mc	Volume piovuto in Dw		
Ve	357.68 mc	Volume entrante nel sistema nel tempo Dw		
Q <sub>inf,bacini</sub>	0.00 l/s	Portata infiltrata		
Q <sub>lim</sub>	4.18 l/s	Portata scaricabile in fognatura da calcolo		
Q <sub>aggiuntiva</sub>	5.58 l/s	Portata aggiuntiva scaricabile perché già laminata dal lotto fondiario C1		
Q <sub>u</sub>	9.77 l/s	Portata totale in uscita dal sistema		
V <sub>u</sub>	106.28 mc	Volume scaricato dal sistema nel tempo Dw		
V <sub>lam</sub> =V <sub>e</sub> -V <sub>u</sub>	251.40 mc	Volume da laminare sole piogge, per evento TR 50 d=Dw		
v <sub>lam</sub> specifico=V <sub>lam</sub> /(φ*S)	600.81 mc/ha,imp	<b>VERIFICA SE &lt; 800 mc/ha,imp (Requisito minimo Art.12 comma 2)</b>		
V <sub>lam,min</sub>	334.74 mc	Volume da laminare più cautelativo		
Detrazione 30%≠	0.00 mc	(R.R. 7/2017: Art. 11 c.2, lettera e), num. 3 modificato da R.R. 8/2019)		
V <sub>lam netto</sub>	334.74 mc	Volume da laminare netto per evento TR 50 d=Dw		
Interventi di mitigazione	0.00 mc	Tubazioni DN800 (riempim. 90%)	L=	0 m
	421.20 mc	Scatolari 150xH100 cm (riempim. 90%)	L=	312 m
	0.00 mc	Depressioni terreno		
	0.00 mc	Bacini di infiltrazione con ghiaia attorno	h=	0 m
			S=	0 mq
V <sub>progetto</sub>	421.20 mc	Volume totale invasabile	> V <sub>lam netto</sub>	<b>VERIFICATO</b>
t <sub>sv</sub> =V <sub>lam netto</sub> /Q <sub>u</sub>	9.52 ore	Tempo di svuotamento invasi (< 48 ore)		



Si verifica come con dei collettori scatolari 200xH100 cm per l'area B1 e dei 150xH100 cm per la B2, tutti a pendenza 0.1%, si riesca a soddisfare l'esigenza volumetrica e garantire uno svuotamento del volume in meno di 48 ore come da normativa.

Quello che sembra un sovradimensionamento rispetto al volume richiesto da normativa, in realtà, lo si vedrà meglio con l'analisi di modellazione idraulica per determinate durate di pioggia, risulta necessario per evitare il completo riempimento dei collettori, garantendo così una riserva utile per le piogge aventi tempo di ritorno 100 anni senza generare problemi di allagamento.

Il volume invasabile di progetto corrisponde ad un livello dell'acqua al 90% di riempimento dei collettori, questo comporta che eventi più rari di quello di progetto (TR=50 anni) potranno generare dei ridotti allagamenti temporanei, ma in aree stradali, dunque senza comportare problemi di sicurezza.

Alla fine delle due linee B1, B2 vengono previsti i pozzetti PdC-B1, PdC-B2 di controllo della portata ai valori massimi 16.37 l/s e 9.77 l/s, essi saranno in c.a. di dimensioni indicativamente 200x200 cm, con luci di efflusso di diametro 10 cm e 7 cm rispettivamente, si vedano i relativi idrogrammi di scarico nella modellazione con software SWMM più avanti nella relazione.

#### 5.5.5 Sottozone C1-C2-C3

Nei successivi prospetti, per le sottozone fondiari C1-C2-C3, si riportano gli elementi di calcolo del volume di laminazione con il metodo delle sole piogge, confrontato con il volume minimo da art. 12 del R.R. ottenendo il necessario  $V_{lam,netto}$  e scegliendo di conseguenza le necessarie opere di infiltrazione e accumulo.

Si prevede per tutte queste sottozone dei volumi interrati di laminazione VC1-VC2-VC3 in quanto lo scarico avviene a portata controllata nella fognatura bianca stradale (linee aree B1-B2) da cedere al pubblico e non si hanno aree plano-altimetricamente idonee e disponibili alla dispersione. I volumi andranno svuotati per sollevamento a portata continua pari a quella limite permessa per i lotti Ci.



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



Area C1					
VOLUME MAX DA INVASARE PER PIOGGE CON T=50 ANNI E DURATA D=Dw critica					
Metodo delle sole piogge					
Superficie fondiaria	0.5964	ha	superficie totale dell'intervento		
u <sub>lim</sub>	10.00	l/s,ha	portata specifica limite allo scarico		
TR	50	anni	tempo di ritorno di riferimento		
a	61.549		inserire parametro di zona (vedi tabella)		
n	0.2969		inserire parametro di zona (vedi tabella)		
Dw	10.09	ore	durata di pioggia critica		
φ	0.9358		coeff. di deflusso dopo la trasformazione		
h	122.26	mm	altezza pioggia in Dw		
Vp	729.17	mc	Volume piovuto in Dw		
Ve	682.36	mc	Volume entrante nel sistema nel tempo Dw		
Q <sub>inf,bacini</sub>	0.00	l/s	Portata infiltrata		
Q <sub>lim</sub>	5.58	l/s	Portata scaricabile in fognatura da calcolo		
Q <sub>u</sub>	5.58	l/s	Portata totale in uscita dal sistema		
V <sub>u</sub>	202.75	mc	Volume scaricato dal sistema nel tempo Dw		
V <sub>lam</sub> =V <sub>e</sub> -V <sub>u</sub>	479.61	mc	Volume da laminare sole piogge, per evento TR 50 d=Dw		
v <sub>lam</sub> specifico=V <sub>lam</sub> /(φ*S)	859.34	mc/ha,imp	<b>VERIFICA SE &lt; 800 mc/ha,imp (Requisito minimo Art.12 comma 2)</b>		
V <sub>lam,min</sub>	479.61	mc	Volume da laminare più cautelativo		
Detrazione 30%	0.00	mc	(R.R. 7/2017: Art. 11 c.2, lettera e), num. 3 modificato da R.R. 8/2019)		
V <sub>lam netto</sub>	479.61	mc	Volume da laminare netto per evento TR 50 d=Dw		
Interventi di mitigazione	0.00	mc	Tubazioni DN800 (riempim. 90%)	L=	0 m
	0.00	mc	Scatolari 150xH100 cm (riempim. 90%)	L=	0 m
	0.00	mc	Depressioni terreno		
	500.00	mc	Vasche di stoccaggio interrate	h=	2.5 m
				S=	200 mq
Interventi di mitigazione	0.00	mc	Bacini di infiltrazione con ghiaia attorno	h=	0 m
				S=	0 mq
V <sub>progetto</sub>	500.00	mc	Volume totale invasabile	> V <sub>lam netto</sub>	<b>VERIFICATO</b>
t <sub>sv</sub> =V <sub>lam netto</sub> /Q <sub>u</sub>	23.87	ore	Tempo di svuotamento invasi (< 48 ore)		



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**



Relazione d'invarianza idraulica

Area C2					
VOLUME MAX DA INVASARE PER PIOGGE CON T=50 ANNI E DURATA D=Dw critica					
Metodo delle sole piogge					
Superficie fondiaria	0.6503	ha	superficie totale dell'intervento		
u <sub>lim</sub>	10.00	l/s,ha	portata specifica limite allo scarico		
TR	50	anni	tempo di ritorno di riferimento		
a	61.549		inserire parametro di zona (vedi tabella)		
n	0.2969		inserire parametro di zona (vedi tabella)		
Dw	10.09	ore	durata di pioggia critica		
φ	0.9269		coeff. di deflusso dopo la trasformazione		
h	122.26	mm	altezza pioggia in Dw		
Vp	795.07	mc	Volume piovuto in Dw		
Ve	736.95	mc	Volume entrante nel sistema nel tempo Dw		
Q <sub>inf,bacini</sub>	0.00	l/s	Portata infiltrata		
Q <sub>lim</sub>	6.03	l/s	Portata scaricabile in fognatura da calcolo		
Q <sub>u</sub>	6.03	l/s	Portata totale in uscita dal sistema		
V <sub>u</sub>	218.98	mc	Volume scaricato dal sistema nel tempo Dw		
V <sub>lam</sub> =V <sub>e</sub> -V <sub>u</sub>	517.98	mc	Volume da laminare sole piogge, per evento TR 50 d=Dw		
v <sub>lam</sub> specifico=V <sub>lam</sub> /(φ*S)	859.34	mc/ha,imp	<b>VERIFICA SE &lt; 800 mc/ha,imp (Requisito minimo Art.12 comma 2)</b>		
V <sub>lam,min</sub>	517.98	mc	Volume da laminare più cautelativo		
Detrazione 30%	0.00	mc	(R.R. 7/2017: Art. 11 c.2, lettera e), num. 3 modificato da R.R. 8/2019)		
V <sub>lam netto</sub>	517.98	mc	Volume da laminare netto per evento TR 50 d=Dw		
Interventi di mitigazione	0.00	mc	Tubazioni DN800 (riempim. 90%)	L=	0 m
	0.00	mc	Scatolari 150xH100 cm (riempim. 90%)	L=	0 m
	0.00	mc	Depressioni terreno		
	525.00	mc	Vasche di stoccaggio interrate	h=	2.5 m
				S=	210 mq
Interventi di mitigazione	0.00	mc	Bacini di infiltrazione con ghiaia attorno	h=	0 m
				S=	0 mq
V <sub>progetto</sub>	525.00	mc	Volume totale invasabile	> V <sub>lam netto</sub>	<b>VERIFICATO</b>
t <sub>sv</sub> =V <sub>lam netto</sub> /Q <sub>u</sub>	23.87	ore	Tempo di svuotamento invasi (< 48 ore)		



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica



Area C3					
VOLUME MAX DA INVASARE PER PIOGGE CON T=50 ANNI E DURATA D=Dw critica					
Metodo delle sole piogge					
Superficie fondiaria	0.7724	ha	superficie totale dell'intervento		
u <sub>lim</sub>	10.00	l/s,ha	portata specifica limite allo scarico		
TR	50	anni	tempo di ritorno di riferimento		
a	61.549		inserire parametro di zona (vedi tabella)		
n	0.2969		inserire parametro di zona (vedi tabella)		
Dw	10.09	ore	durata di pioggia critica		
φ	0.8871		coeff. di deflusso dopo la trasformazione		
h	122.26	mm	altezza pioggia in Dw		
Vp	944.36	mc	Volume piovuto in Dw		
Ve	837.74	mc	Volume entrante nel sistema nel tempo Dw		
Q <sub>inf,bacini</sub>	0.00	l/s	Portata infiltrata		
Q <sub>lim</sub>	6.85	l/s	Portata scaricabile in fognatura da calcolo		
Q <sub>u</sub>	6.85	l/s	Portata totale in uscita dal sistema		
V <sub>u</sub>	248.92	mc	Volume scaricato dal sistema nel tempo Dw		
V <sub>lam</sub> =V <sub>e</sub> -V <sub>u</sub>	588.81	mc	Volume da laminare sole piogge, per evento TR 50 d=Dw		
v <sub>lam</sub> specifico=V <sub>lam</sub> /(φ*S)	859.34	mc/ha,imp	<b>VERIFICA SE &lt; 800 mc/ha,imp (Requisito minimo Art.12 comma 2)</b>		
V <sub>lam,min</sub>	588.81	mc	Volume da laminare più cautelativo		
Detrazione 30%=<	0.00	mc	(R.R. 7/2017: Art. 11 c.2, lettera e), num. 3 modificato da R.R. 8/2019)		
V <sub>lam netto</sub> =	588.81	mc	Volume da laminare netto per evento TR 50 d=Dw		
Interventi di mitigazione	0.00	mc	Tubazioni DN800 (riempim. 90%)	L=	0 m
	0.00	mc	Scatolari 150xH100 cm (riempim. 90%)	L=	0 m
	0.00	mc	Depressioni terreno		
	600.00	mc	Vasche di stoccaggio interrate	h=	2.5 m
				S=	240 mq
	0.00	mc	Bacini di infiltrazione con ghiaia attorno	h=	0 m
			S=	0 mq	
V <sub>progetto</sub> =	600.00	mc	Volume totale invasabile	> V <sub>lam netto</sub>	<b>VERIFICATO</b>
t <sub>sv</sub> =V <sub>lam netto</sub> /Q <sub>u</sub> =	23.87	ore	Tempo di svuotamento invasi (< 48 ore)		

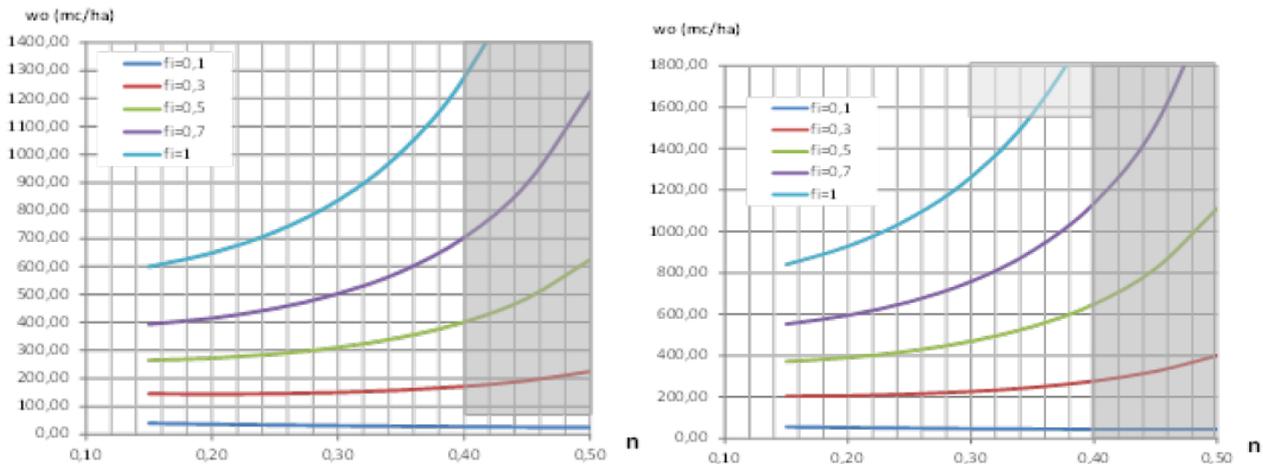
Si verifica come con i volumi interrati di laminazione si riesca a soddisfare l'esigenza volumetrica e garantire uno svuotamento del volume in meno di 48 ore come richiesto da normativa.

La posizione, e le dimensioni in pianta dei VCI sono puramente indicative, valide solo per il calcolo del necessario volume, la reale posizione e profondità sarà definita nelle successive fasi di progettazione degli edifici, mantenendo lo scarico verso la linea di collettori stradali. Ai fini della presente relazione non vengono infatti considerate le necessarie reti scolanti dei lotti fondiari e che dovranno convogliare le acque meteoriche verso i volumi di laminazione.



### 5.5.6 Intervento globale

A completamento dei calcoli con metodo delle piogge sulle singole sottozone, e come ulteriore verifica, si applica ora il metodo delle sole piogge all'intervento complessivo. Per il calcolo del volume specifico critico di invaso  $w_0$  si utilizzeranno i diagrammi esemplificativi del punto 3.2.2 del R.R. 8/2019, validi per  $u=10$  l/s per ettaro e rispettivamente per  $a=60$  e  $80$  mm/ora<sup>n</sup>, in quanto si dovrà entrare con i valori di Milano e  $T=50$  anni, ovvero  $a=61.549$ ,  $n=0.2969$  e  $\varphi=0.7849$ .



Per  $a=60$  si ricava durata critica  $Dw=7$  ore e  $w_0=600$  mc/ha;

per  $a=80$  si ricava  $Dw=11$  ore e  $w_0=900$  mc/ha.

Dunque, per  $T=50$ , interpolando il valore corretto  $a=61.549$  mm/ora<sup>n</sup>, si ottiene  $Dw=7.3$  ore e  $w_0=623$  mc/ha.

Tale valore risulta inferiore a quello parametrico minimo  $v_{\min} = 800$  mc/ha per le aree A-ad alta criticità idraulica, dunque assumendo quest'ultimo come parametro di riferimento, i volumi da garantire saranno al minimo quelli di Tabella 1 (3104 mc).

Tenuto conto che i bacini d'infiltrazione sfuggono alla condizione di scarico  $u=10$  l/s,ha in quanto il loro vincolo allo scarico è la sola portata infiltrabile e che la durata critica  $Dw$  per le varie sottozone dipende dalle dimensioni della relativa superficie scolante e dal suo coefficiente medio  $\varphi$ , è possibile solo evidenziare che la somma dei vari volumi  $V_{\text{lam,netto}}=3074$  mc è praticamente uguale a quello richiesto da calcoli in Tabella 1 (3104 mc).

Come verifica ulteriore, per eventi  $T=100$  anni, entrando nei diagrammi esemplificativi precedenti con i corrispondenti parametri di pioggia:

- $a=68.959$
- $n=0.2969$

si ricava interpolando sul valore di  $a$ :

$$w_0=600+(900-600)*(68.959-60)/(80-60)=734 \text{ mc/ha}$$

dunque, indicativamente, un aumento di volume rispetto all'evento T50 pari al +18% ( $734/623=1.18$ ).

Tali necessità volumetriche si verificano puntualmente nei risultati dell'analisi modellistica con software SWMM che si riporta di seguito, con la quale si verifica la correttezza della progettazione idraulica.



## 5.6 Modellazione dinamica con software SWMM-EPA

Per le varie sottozone A1-A2-A3-B1-B2-C1-C2-C3, ad integrazione/verifica della procedura di calcolo dettagliata del volume d'invarianza e dell'idoneità delle opere previste, si utilizzerà il software di modellazione dinamica SWMM (Storm Water Management Model) vers. 5.1.013 dell'EPA statunitense, per la trasformazione afflussi-deflussi nella rete di drenaggio.

Si tratta di un modello idraulico monodimensionale, sviluppato negli Stati Uniti e molto utilizzato a livello internazionale, esso permette la simulazione qualitativa e quantitativa del completo ciclo idrologico applicato alle reti di scolo delle acque meteoriche sia a cielo aperto, canali e reti bonifica, sia tombinate, reti urbane, suburbane e di fognatura. Il modello SWMM analizza il moto vario mediante la risoluzione delle equazioni di De Saint-Venant nella loro forma completa.

La schematizzazione della rete di progetto è costituita dai seguenti elementi di carattere geometrico:

- sottobacini ("subcatchments") coincidenti con porzioni dell'intera area analizzata;
- rete di drenaggio ("link") corrispondenti alla rete di tubazioni;

L'afflusso è considerato uniformemente distribuito su tutto il bacino e la trasformazione degli afflussi in deflussi viene fatta secondo la schematizzazione di un serbatoio non lineare. La portata in ingresso è calcolata sulla base della precipitazione, la portata in uscita, che rappresenta l'idrogramma in ingresso alla rete, è ridotta dalle perdite dovute all'evaporazione, all'infiltrazione e alla capacità d'invaso del bacino stesso.

Il volume di questi ipotetici serbatoi è dato dalla capacità di immagazzinamento delle depressioni. Il deflusso superficiale si innesca quando l'altezza d'acqua nel serbatoio supera l'altezza delle depressioni. Ogni sottobacino viene considerato come una superficie inclinata divisa in zone permeabili e impermeabili, equamente distribuite ai lati del serbatoio.

Nella fattispecie, in maniera cautelativa si è assunto per i vari sottobacini una % di impermeabilità pari al coefficiente di deflusso  $\phi$  medio calcolato per quell'area.

In dipendenza delle ridotte pendenze da realizzare sui vari bacini (subcatchments), 0.5-1.5% circa, e secondo valori riportati in letteratura, è possibile assumere un'altezza di immagazzinamento  $dp=2.0$  mm nelle depressioni impermeabili,  $dp=5.0$  mm sulle superfici permeabili.

Come larghezza  $W$  dei sottobacini di area generica  $A$  si è assunto un valore pari a  $A^{1/2}$ . Per le aree impermeabili assumeremo un coefficiente di Manning  $n=0.013$ , per quelle permeabili  $n=0.06$ .

Il modello SWMM analizza il moto vario mediante la risoluzione delle equazioni di De Saint-Venant nella loro forma completa. Per evitare problemi di instabilità del modello di calcolo, assumeremo un passo di calcolo molto breve,  $\Delta t=10$  sec.

I dati relativi alle precipitazioni possono essere inseriti come intensità di precipitazione.

Come durate di pioggia, alla luce delle durate critiche calcolate  $D_w$  per le varie aree  $A_i, B_i, C_i$ , si analizzeranno quelle di durata 1 ora e 12 ore per tempo di ritorno  $T=50$  anni, con verifica di controllo per 12 ore e  $T=100$  anni.

In Figura 22 si riporta schematizzata la rete scolante globale con le linee principali di collettamento ed i vari recapiti ad infiltrazione o in fognatura a portata controllata.



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica

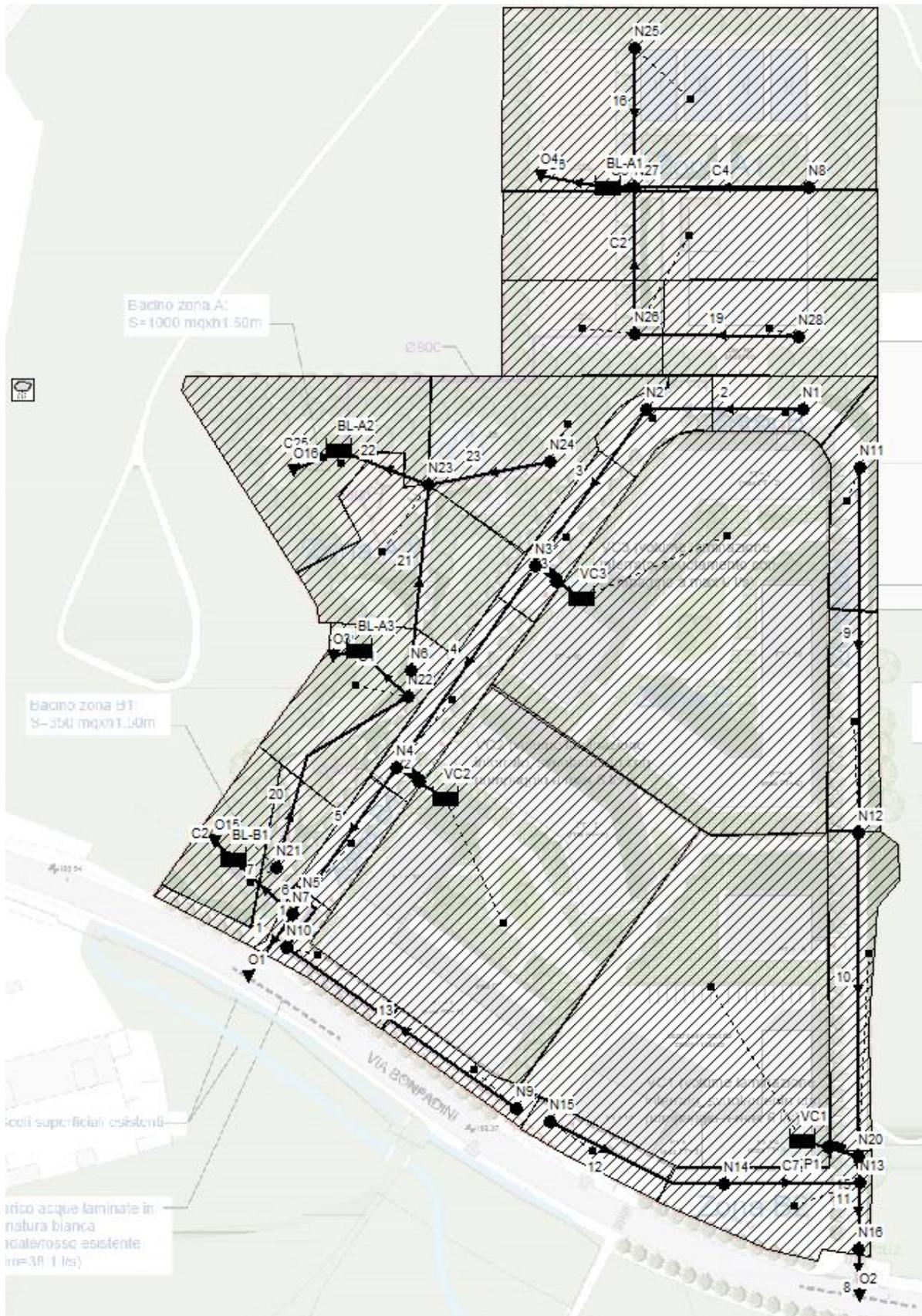


Figura 22 – Schematizzazione rete scolante generale con software di modellazione SWMM 5.1.013 – EPA



### 5.6.1 Verifica T=50 anni – D=1h

Come pioggia di progetto per le verifiche d'invarianza idraulica si utilizzerà un ietogramma tipo Chicago relativo alla curva di possibilità pluviometrica T50 anni, con posizione di picco 0.5 e durata D=1 ora, sicuramente maggiore del tempo di corrivazione della rete drenante ( $t_c$  dell'ordine dei 20 minuti). Si riportano di seguito gli output principali.

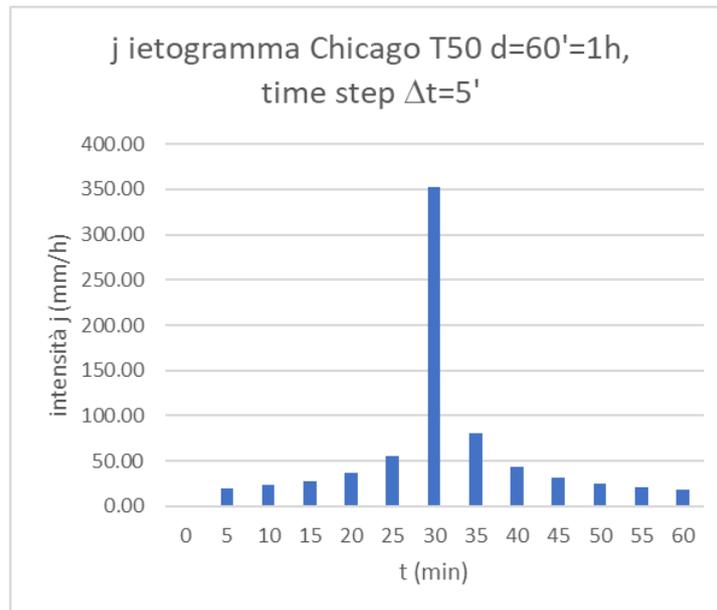


Figura 23 – Ietogramma Chicago T50 anni, durata D=1h, utilizzato (intensità in mm/h)

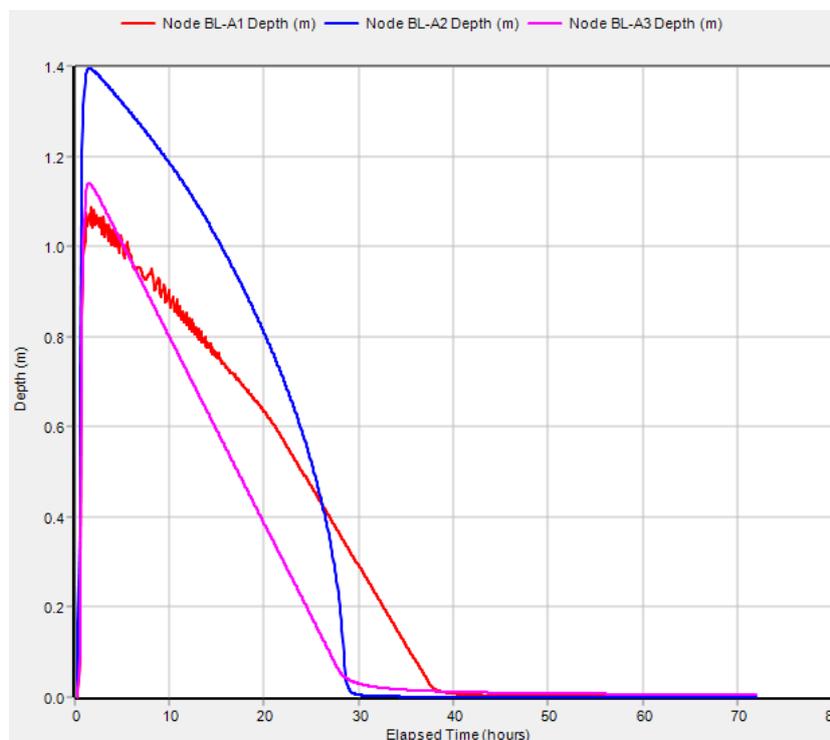


Figura 24 – Altezza d'acqua all'interno dei bacini di infiltrazione plastici delle zone Ai, T=50 anni D=1h [output SWMM 5.1.013 – EPA]



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica

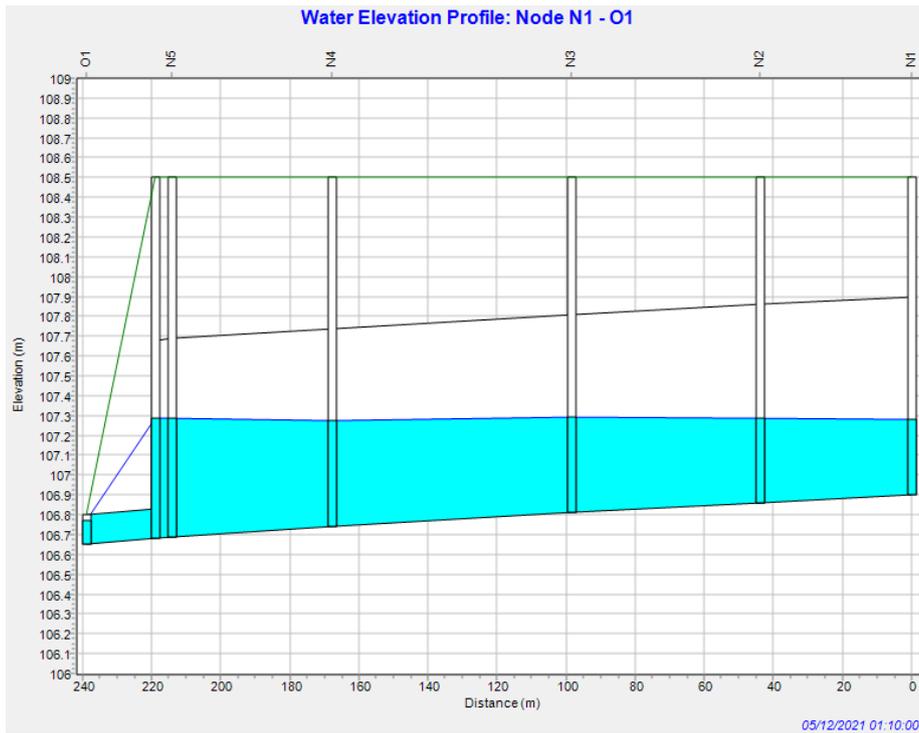


Figura 25 – Profilo di riempimento massimo della linea stradale sottozona B1 all'istante  $t=1h10'$ ,  $T=50$  anni  $D=1h$  [output SWMM]

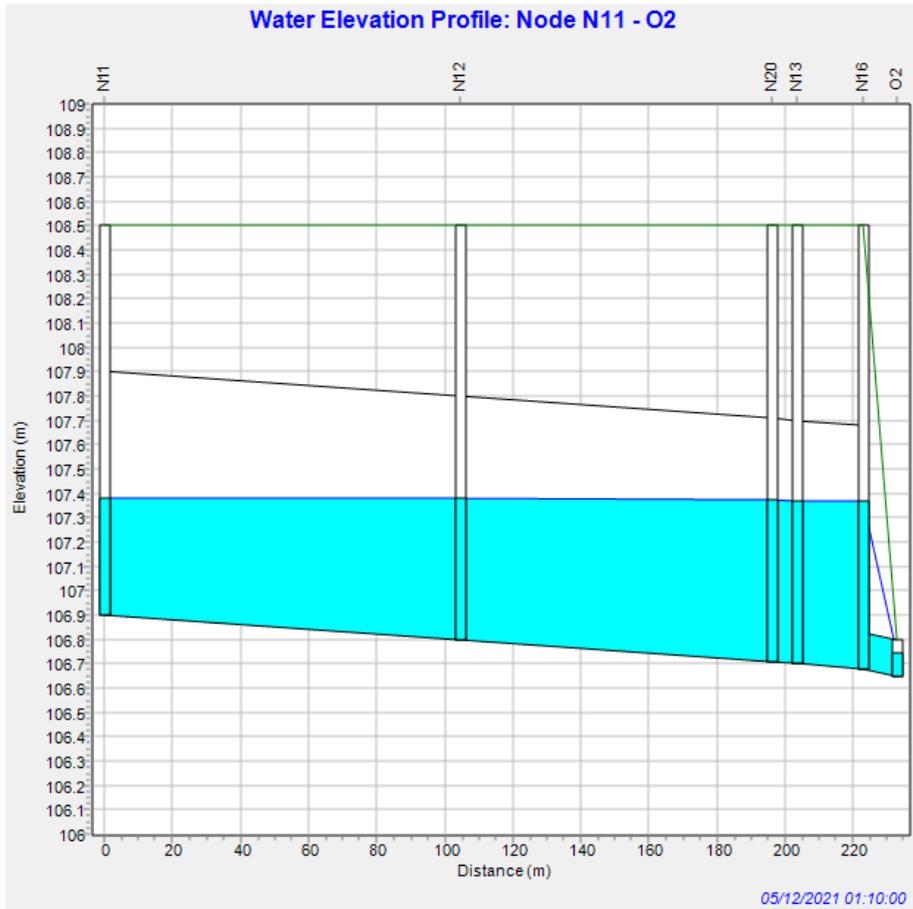


Figura 26 - Profilo di riempimento massimo della linea stradale sottozona B2 all'istante  $t=1h10'$ ,  $T=50$  anni  $D=1h$  [output SWMM]



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica

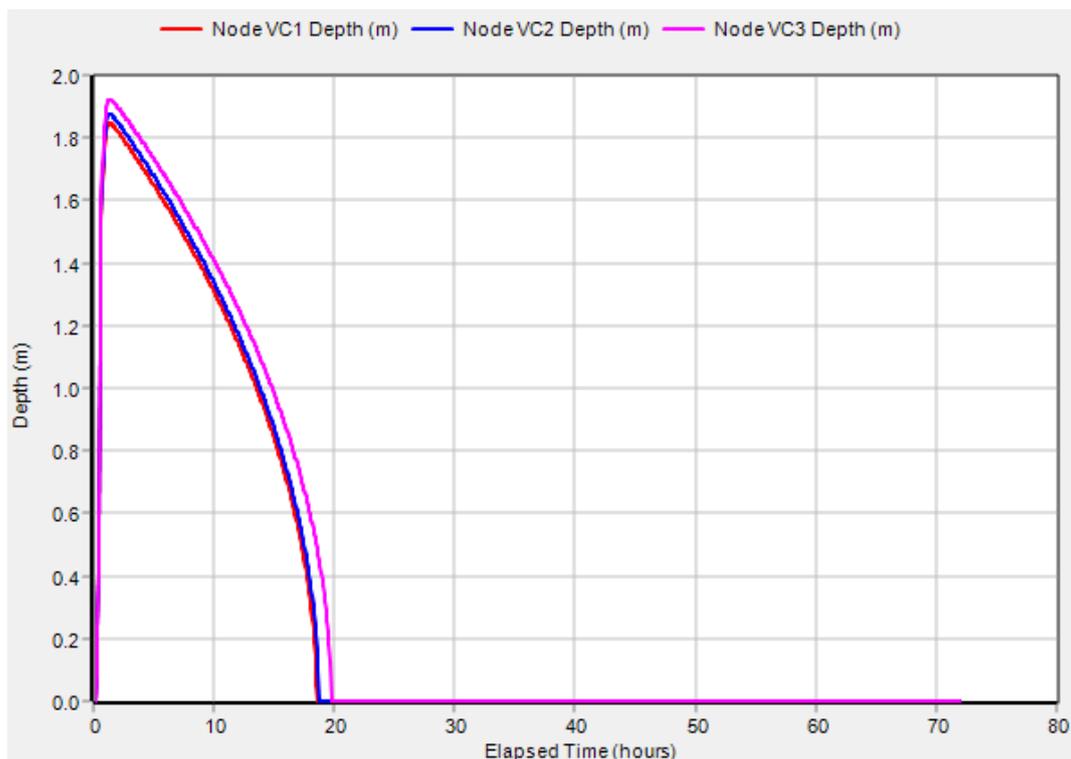


Figura 27 - Altezza d'acqua all'interno dei volumi interrati di laminazione delle zone Ci, T=50 anni D=1h [output SWMM]

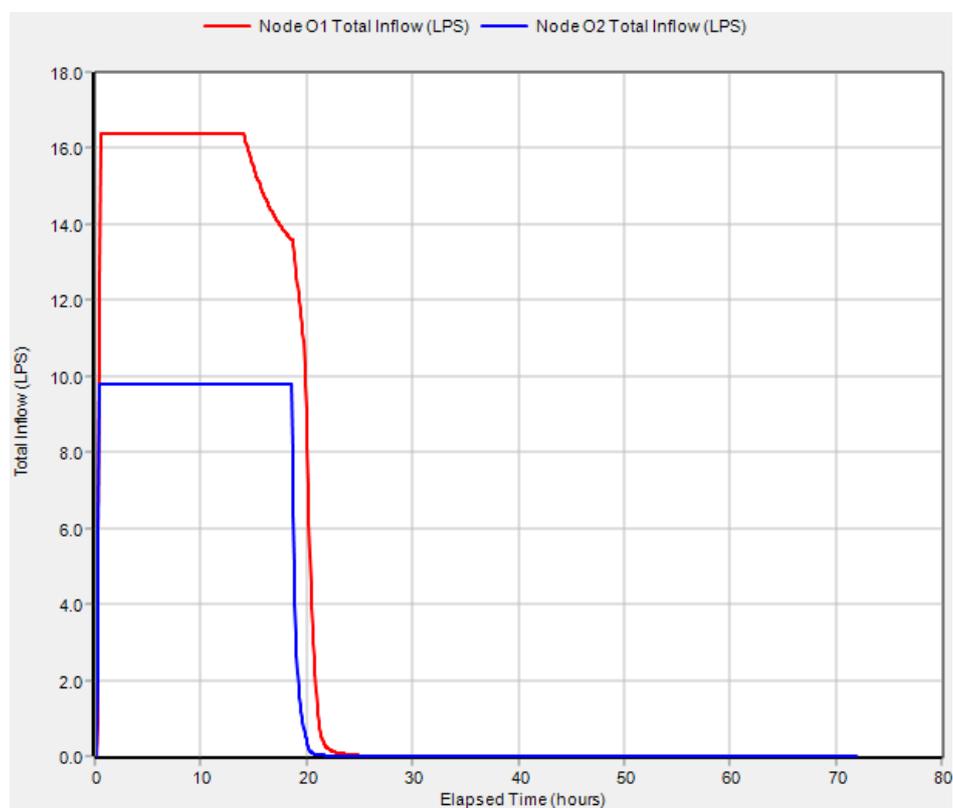


Figura 28 - Idrogramma delle portate di scarico sugli scarichi O1-O2, recapiti finali in via Bonfadini, T=50 anni D=1h [output SWMM]



---

### T=50 - D=1h: Conclusioni

- A. [rif. Figura 24] si verifica il riempimento dei bacini plastici d'infiltrazione per circa  $h=1.40\text{m}$  sui  $1.98\text{m}$  disponibili, con svuotamento in massimo 37 ore dal termine della pioggia, dunque accettabile;
- B. [rif. Figura 25] si verifica il riempimento per circa il 50% della linea stradale sottozona B1, dunque accettabile;
- C. [rif. Figura 26] si verifica il riempimento per circa il 50% della linea stradale sottozona B2, dunque accettabile;
- D. [rif. Figura 27] si verifica un'altezza d'acqua di massimo  $h=1.90\text{m}$  all'interno dei volumi di laminazione agli interrati dei lotti fondiari, con svuotamento in massimo 19 ore dal termine della pioggia (<48 ore), dunque accettabile;
- E. [rif. Figura 28] gli scarichi al recapito finale garantiscono il rispetto delle portate limite da R.R.



### 5.6.2 Verifica T=50 anni – D=12h

Come pioggia di progetto per le verifiche d'invarianza idraulica si utilizzerà un ietogramma tipo Chicago relativo alla curva di possibilità pluviometrica T50 anni, con posizione di picco 0.5 e durata D=12 h.

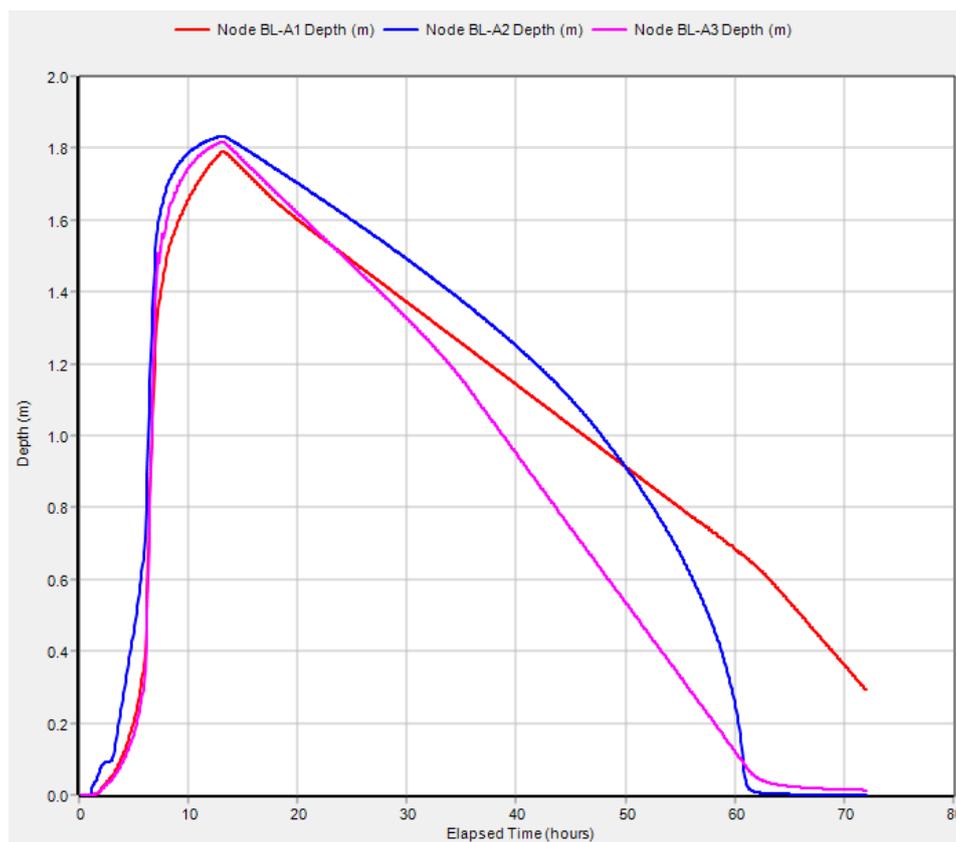
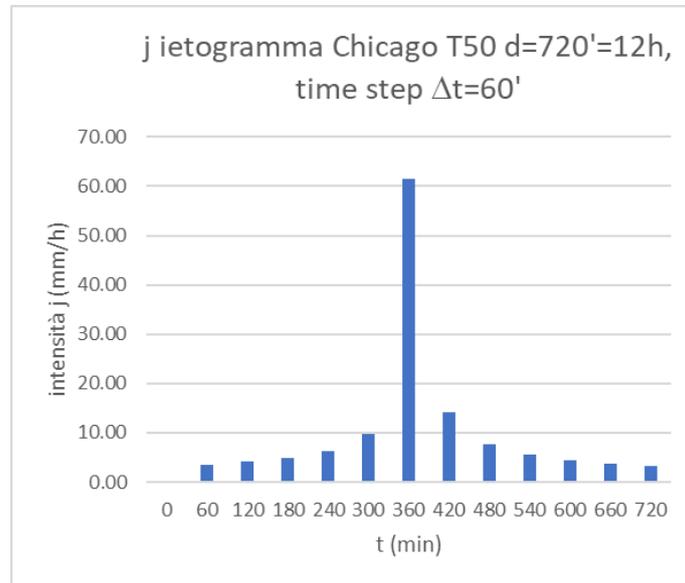


Figura 29 – Altezza d'acqua all'interno dei bacini di infiltrazione plastici delle zone Ai, T=50 anni D=12h [output SWMM]

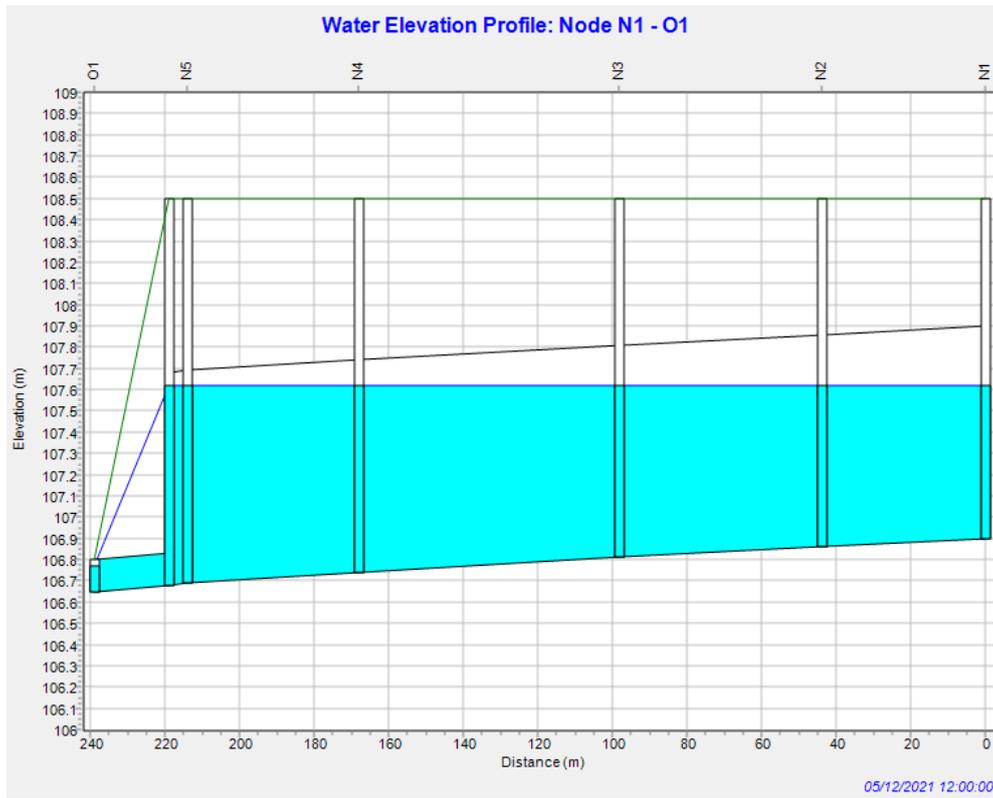


Figura 30 – Profilo di riempimento massimo della linea stradale sottozona B1 all'istante  $t=12h$ ,  $T=50$  anni  $D=12h$  [output SWMM]

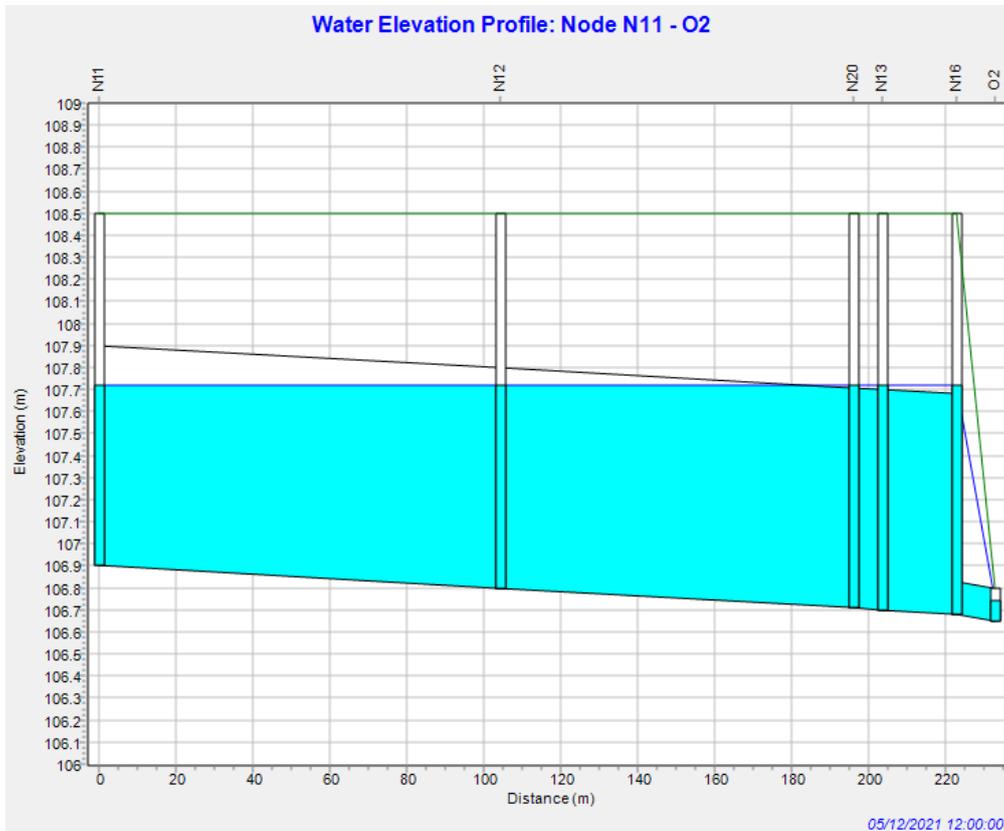


Figura 31 – Profilo di riempimento massimo della linea stradale sottozona B2 all'istante  $t=12h$ ,  $T=50$  anni  $D=12h$  [output SWMM]



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica

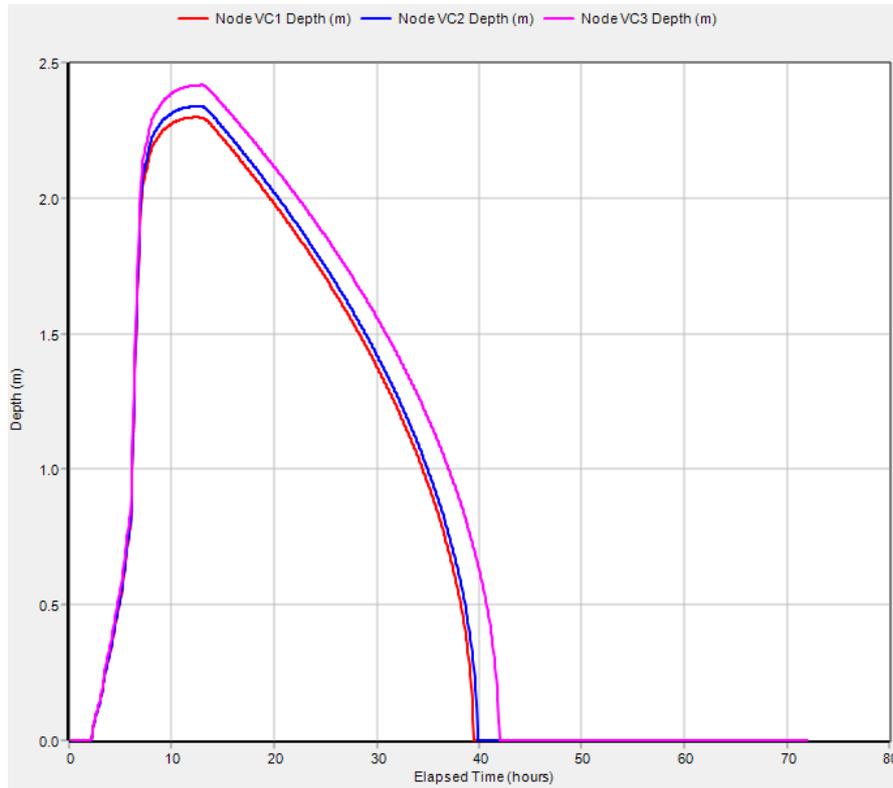


Figura 32 – Altezza d’acqua all’interno dei volumi interrati di laminazione delle zone Ci, T=50 anni D=12h [output SWMM]

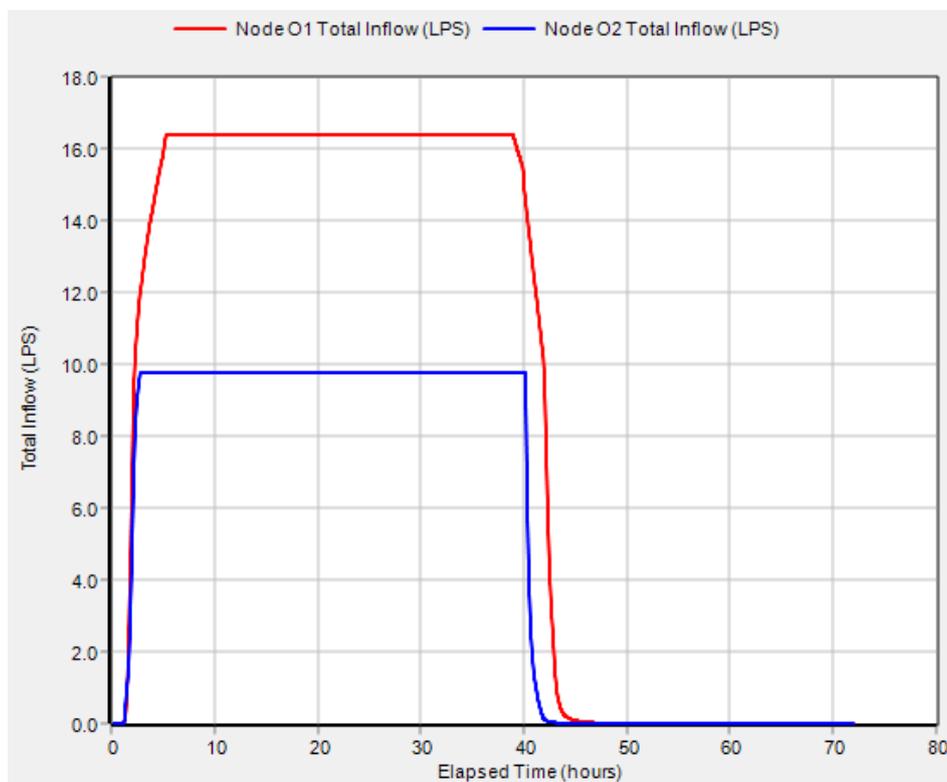


Figura 33 – Idrogramma delle portate di scarico sugli scarichi O1-O2, recapiti finali in via Bonfadini, T=50 anni D=12h [output SWMM]



Si riporta in Figura 34 l'effettivo idrogramma delle portate allo scarico finale delle linee recapitanti in via Bonfadini, risultante dall'ipotizzare nei pozzetti di controllo PdC-B1 e PdC-B2 rispettivamente una luce di diametro 100 mm (scarico O1-Ovest) e diametro 70 mm (scarico O2-Est), a quota circa 106.73, in grado di mantenere la portata entro i limiti imposti da R.R., cioè 16.37 l/s e 9.77 l/s.

L'esigenza di evitarne la possibile occlusione, in base a quanto prescritto dall'ente gestore, le luci potranno essere uniformate entrambe ad un diametro minimo di 100 mm.

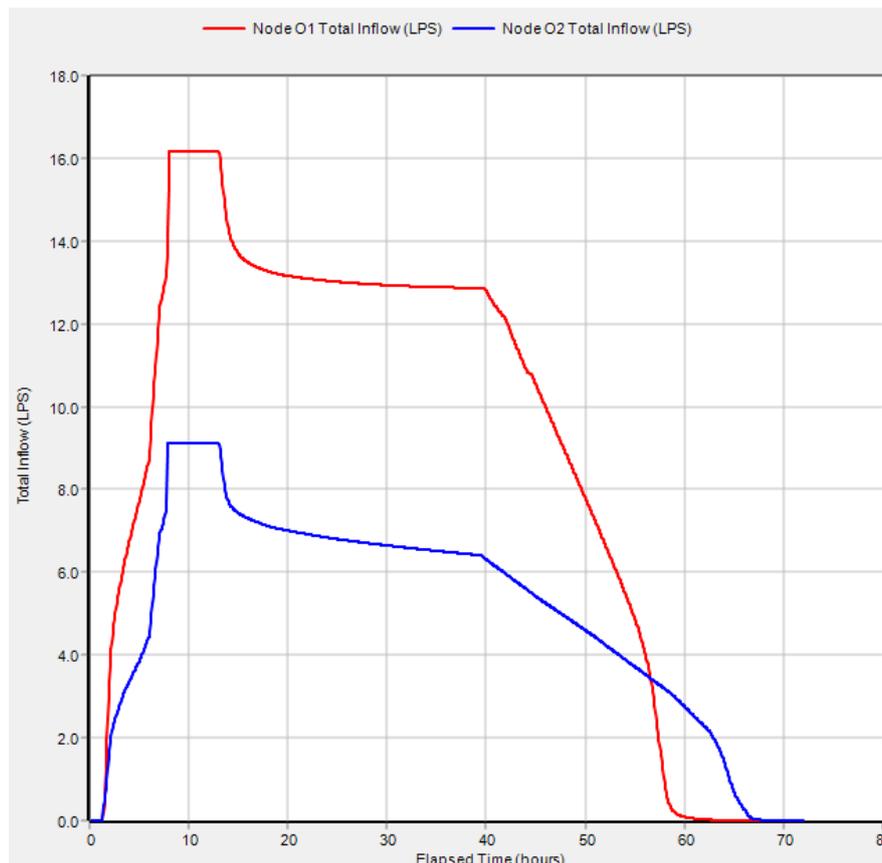


Figura 34 - Idrogramma

#### T=50 – D=12h: Conclusioni

- A. [rif. Figura 29] si verifica il riempimento dei bacini plastici d'infiltrazione per circa  $h=1.80m$  sui  $1.98m$  disponibili, con svuotamento in massimo 60 ore dal termine della pioggia, ma tenendo conto che la modellazione sovrastima i volumi di deflusso, sia perché non tiene conto della detrazione 30% di volume consentita dal R.R. sia perché assume  $\%impermeabilità=\varphi_{med}$  calcolato, risulta comunque accettabile;
- B. [rif. Figura 30] si verifica il riempimento per circa l'80% della linea stradale sottozona B1, dunque accettabile;
- C. [rif. Figura 31] si verifica il riempimento per circa il 90% della linea stradale sottozona B2, dunque accettabile;
- D. [rif. Figura 32] si verifica un'altezza d'acqua di massimo  $h=2.40m$  all'interno dei volumi di laminazione agli interrati dei lotti fondiari, con svuotamento in massimo 30 ore dal termine della pioggia (<48 ore), dunque accettabile;
- E. [rif. Figura 33] gli scarichi al recapito finale garantiscono il rispetto delle portate limite da R.R.



### 5.6.3 Verifica T=100 anni – D=12h

Come pioggia di progetto di controllo per le verifiche d'invarianza idraulica si utilizzerà uno ietogramma tipo Chicago relativo alla curva di possibilità pluviometrica T100 anni, con posizione di picco 0.5 e durata D=12 h.

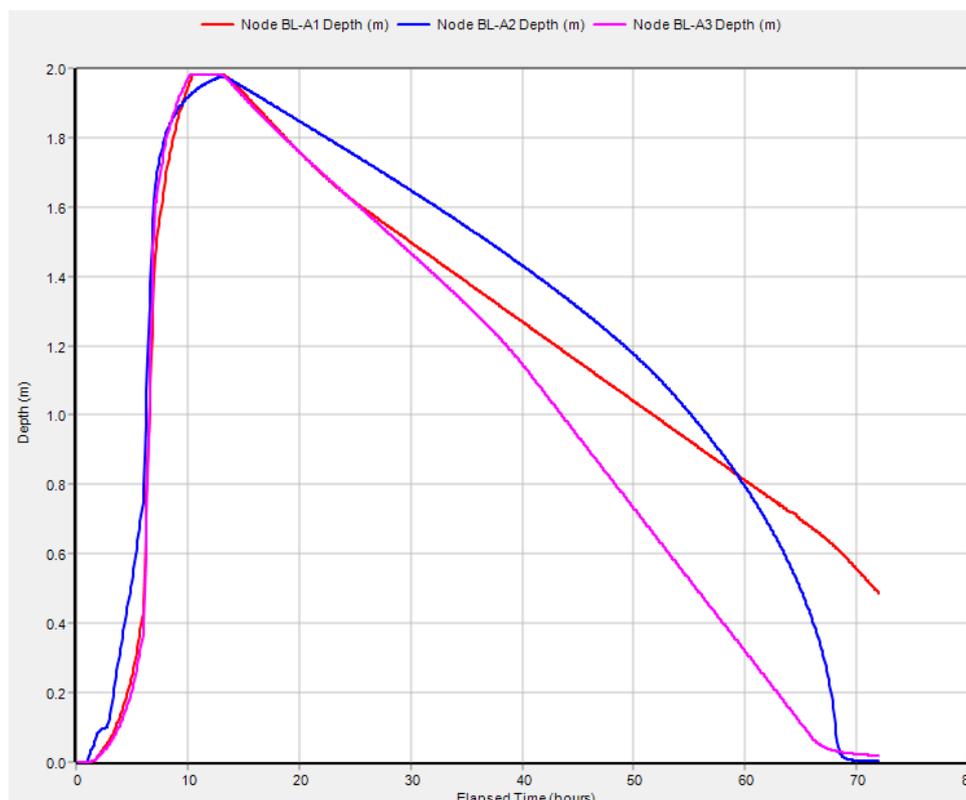
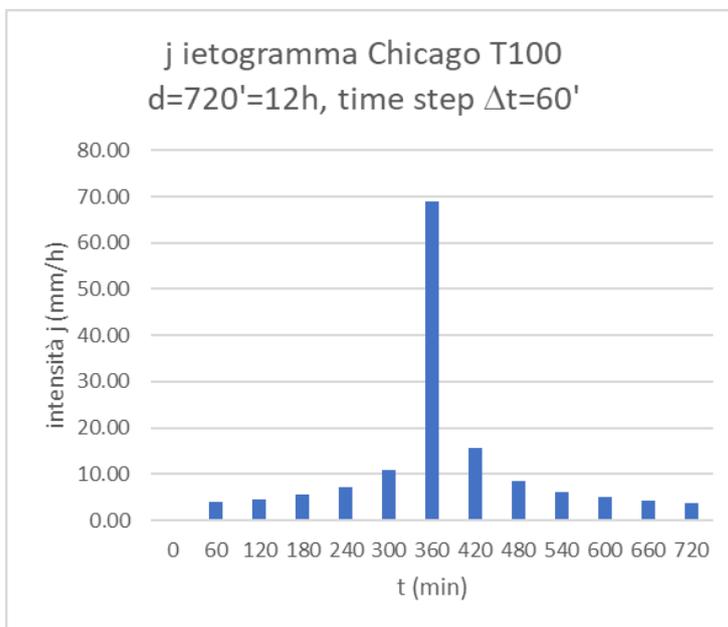


Figura 35 – Altezza d'acqua all'interno dei bacini di infiltrazione plastici delle zone Ai, T=100 anni D=12h [output SWMM]



**"PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALLEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica

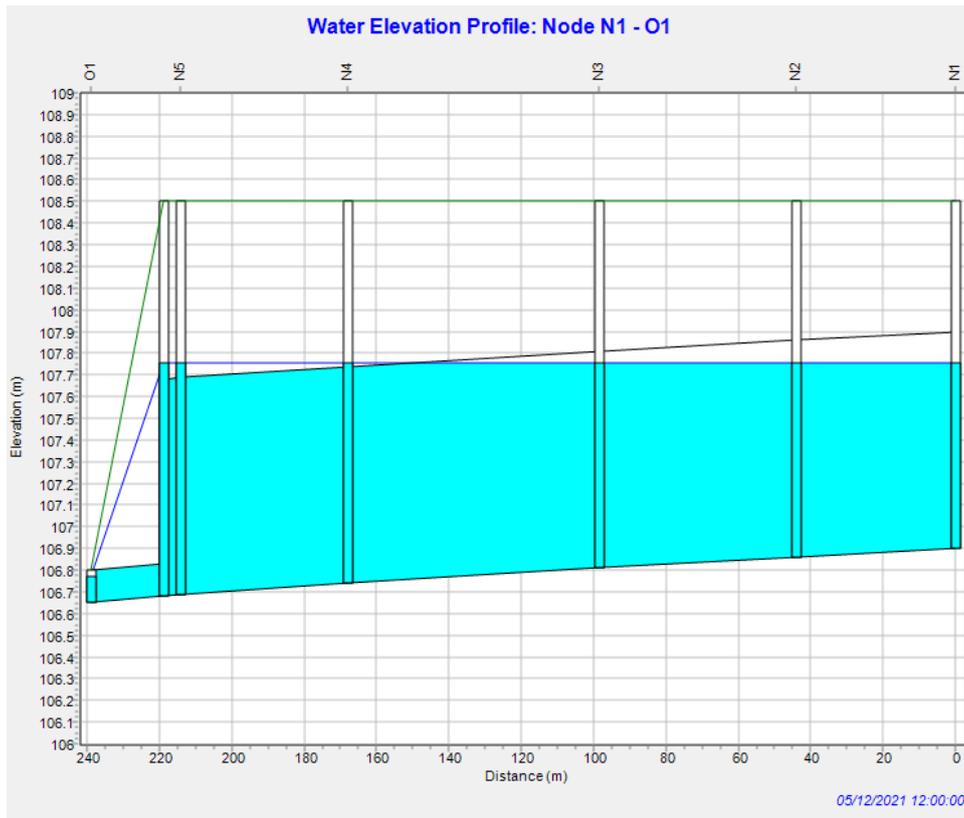


Figura 36 – Profilo di riempimento massimo della linea stradale sottozona B1 all'istante  $t=12h$ ,  $T=100$  anni  $D=12h$  [output SWMM]

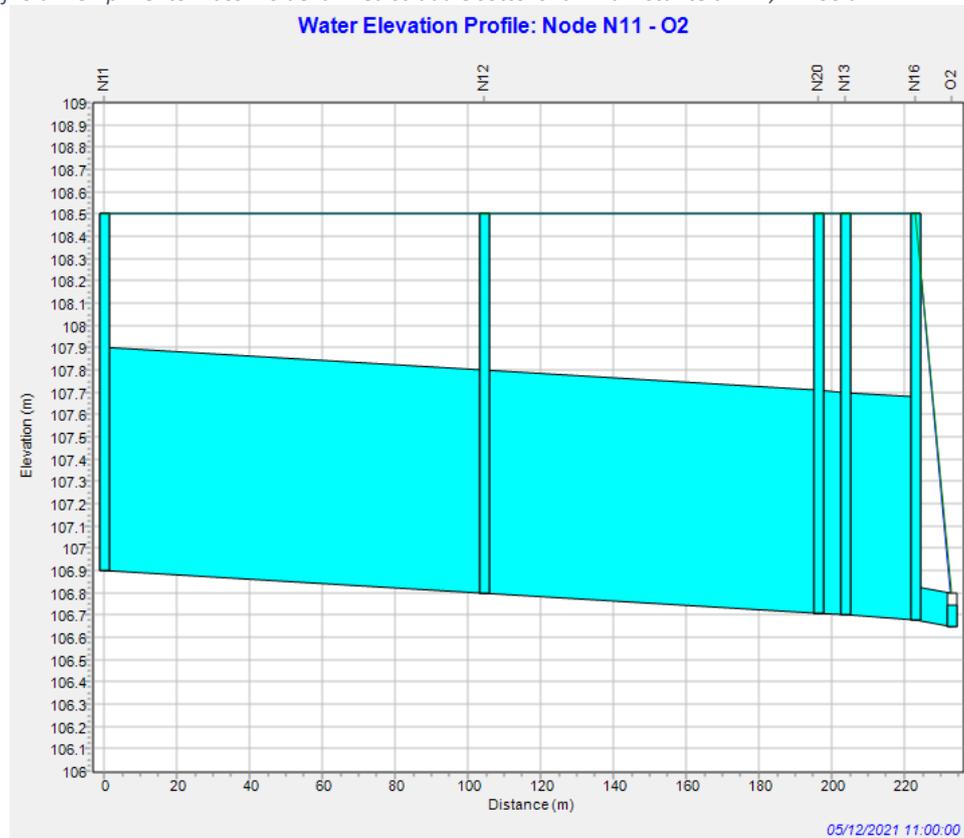


Figura 37 – Profilo di riempimento massimo della linea stradale sottozona B2 all'istante  $t=11h$ ,  $T=100$  anni  $D=12h$  [output SWMM]



**PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO**

Relazione d'invarianza idraulica

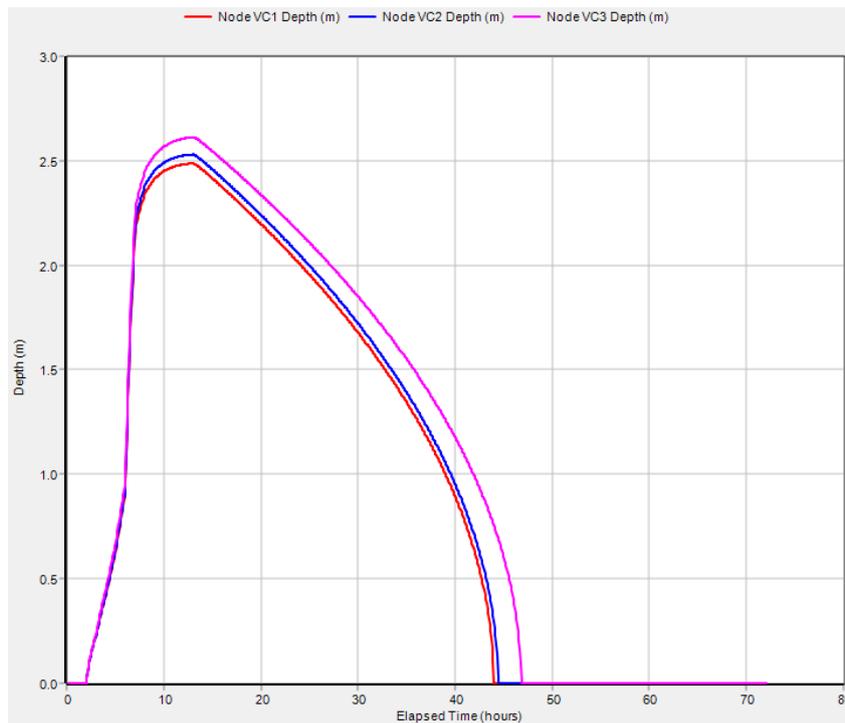


Figura 38 – Altezza d’acqua all’interno dei volumi interrati di laminazione delle zone Ci, T=100 anni D=12h [output SWMM]

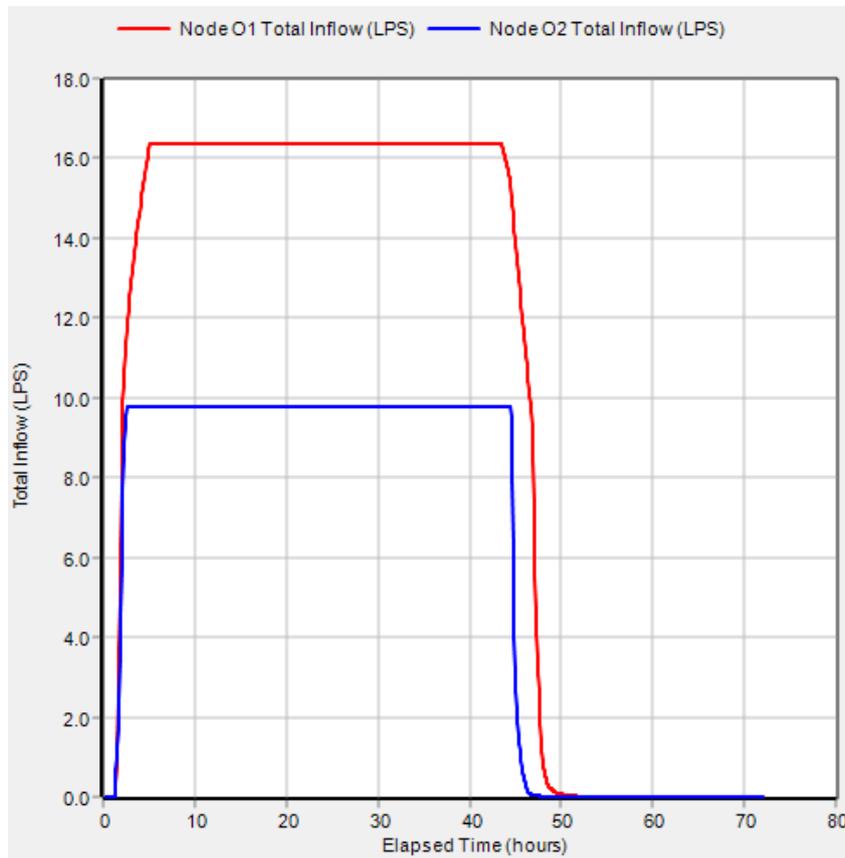


Figura 39 - Idrogramma delle portate di scarico sugli scarichi O1-O2, recapiti finali in via Bonfadini, T=100 anni D=12h [output SWMM]



---

### T=100 – D=12h: Conclusioni

- A. [rif. Figura 35] si verifica il riempimento circa fino all'estradosso dei bacini plastici d'infiltrazione (h=1.98m), con svuotamento in poco più di 48 ore dal termine della pioggia, dunque accettabile;
- B. [rif. Figura 36] si verifica il riempimento quasi completo della line stradale sottozona B1, senza fuoriuscite all'esterno, dunque accettabile;
- C. [rif. Figura 37] si verifica il riempimento completo della line stradale sottozona B2 e dei suoi pozzetti per 2 ore dall'istante t=11h a t=13h, con la corrispondente pioggia da 7.6 mm che andrà ad accumularsi direttamente sulle superfici esterne, ma senza creare pericoli per le persone;
- D. [rif. Figura 38] si verifica un'altezza d'acqua di h=2.50-2.60m all'interno dei volumi di laminazione agli interrati dei lotti fondiari, con svuotamento in meno di 48 ore, dunque accettabile;
- E. [rif. Figura 39] gli scarichi al recapito finale garantiscono il rispetto delle portate limite da R.R.



## PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"

Relazione d'invarianza idraulica



### 5.7 Misure di invarianza idraulica

Si riassumono di seguito le opere di accumulo e infiltrazione delle acque meteoriche raccolte nell'area complessiva dell'intervento, per un volume almeno pari a quello di calcolo da R.R. 8/2019 (3047 mc, Tabella 1), al fine di garantire l'invarianza idraulica dell'intervento legata al mantenimento della portata di scarico in fognatura/fosso esistente in via Bonfadini, in base al parametro di limite allo scarico di **10 l/s,ha<sub>imp</sub>**.

Ciascuna delle zone Ai, Bi, Ci sarà dotata del volume di laminazione di competenza (vedi Figura 40), tenuto conto che le zone Ai effettueranno solo infiltrazione senza scarico in rete superficiale.

PLANIMETRIA GENERALE OPERE D'INVARIANZA IDRAULICA-Scala 1:1000

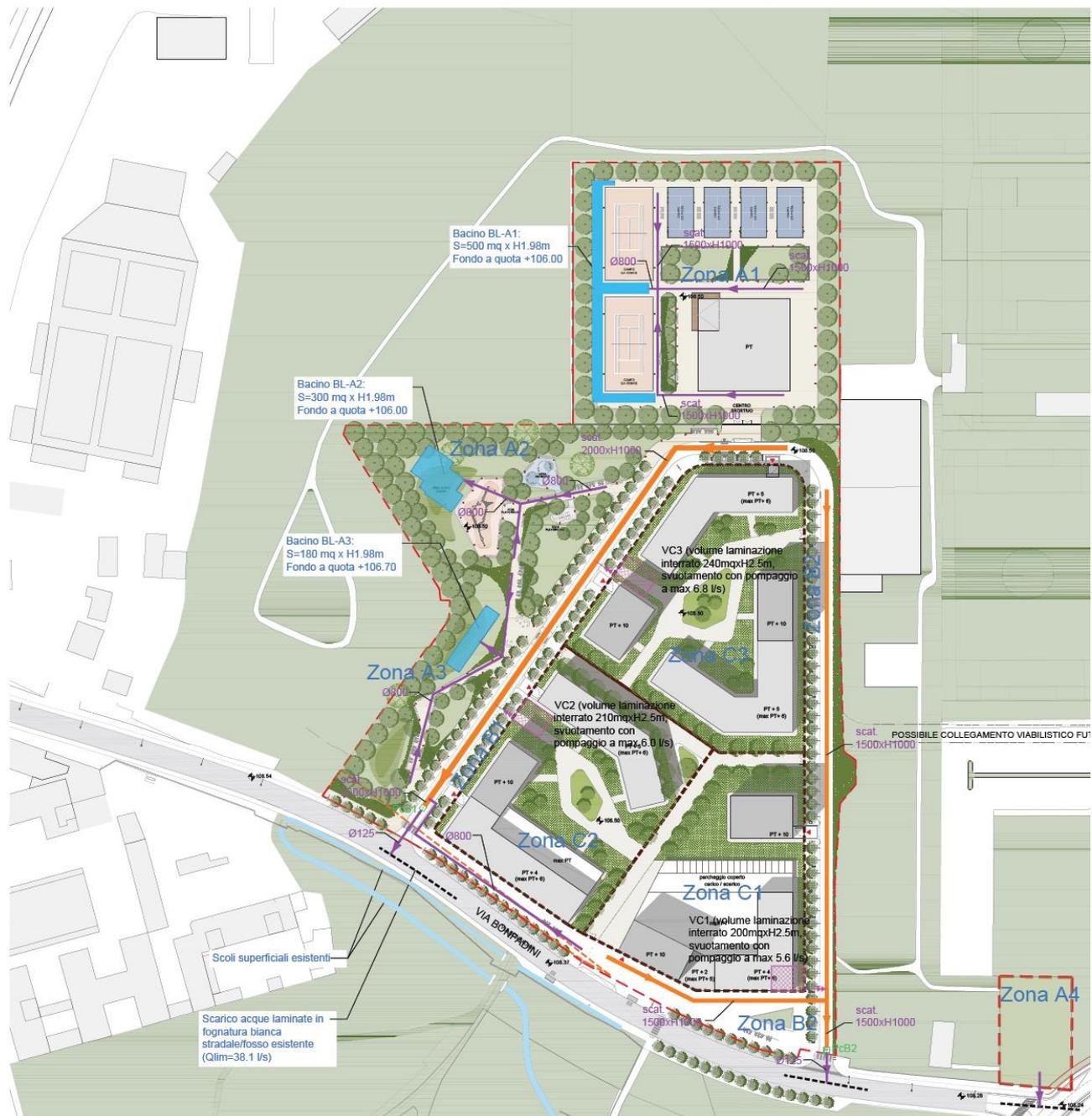


Figura 40 – Planimetria generale della rete scolante con bacini di stoccaggio ed infiltrazione



Si prevedono perciò le seguenti misure di invarianza idraulica:

- Zona A1 (impianti sportivi):  
*Bacino d'infiltrazione BL-A1 in elementi plastici*  
*Collettori scatolari 1500xH1000 mm in c.a.*  
Volume totale disponibile: V = 1235 mc
- Zona A2 (parco pubblico nord):  
*Bacino d'infiltrazione BL-A2 in elementi plastici*  
*Collettori scatolari 1500xH1000 mm*  
Volume totale disponibile: V = 627 mc
- Zona A3 (parco pubblico sud):  
*Bacino d'infiltrazione BL-A1 in elementi plastici*  
*Collettori scatolari 1500xH1000 mm in c.a.*  
Volume totale disponibile: V = 408 mc
- Zona B1 (Strada ovest in cessione):  
*Collettori scatolari 2000xH1000 mm in c.a.*  
*Collettori DN800 mm in c.a.*  
Volume totale disponibile: V = 462 mc
- Zona B2 (strada est in cessione):  
Collettori scatolari 1500xH1000 mm in c.a.  
Volume totale disponibile: V = 421 mc
- Zona C1 (lotto fondiario sud-est):  
Invaso sotterraneo 200mq x H250 cm  
Volume totale disponibile: V = 500 mc
- Zona C2 (lotto fondiario sud-ovest):  
Invaso sotterraneo 210mq x H250 cm  
Volume totale disponibile: V = 525 mc
- Zona C3 (lotto fondiario nord):  
Invaso sotterraneo 240mq x H250 cm  
Volume totale disponibile: V = 600 mc



**"PIANO ATTUATIVO AREA EX MAGAZZINI TALIEDO, VIA BONFADINI 73-MILANO"**

Relazione d'invarianza idraulica

**F&M**  
ingegneria

In totale si riesce a garantire un volume globale di invaso pari a 4778 mc, che rapportato alla superficie totale impermeabile equivalente di 38794 mq, fornisce un valore di invaso specifico 1232 mc/ha,imp, dunque ben superiore a quello minimo richiesto da art. 12 del R.R.

Mentre i bacini delle zone A1+A2+A3 non saranno dotati di scarico in fognatura (sola infiltrazione), i bacini delle zone B1+C2+C3 scaricheranno a portata controllata 16.37 l/s nell'allaccio ovest (O1) su via Bonfadini, i bacini B2+C1 scaricheranno a portata controllata 9.77 l/s nell'allaccio est (O2) su via Bonfadini.

Nelle fasi successive di progettazione si dovranno rilevare le profondità e le caratteristiche geometriche della fognatura acque meteoriche in via Bonfadini, in gestione da Metropolitane Milanesi, in modo da definire l'eventuale recapito alternativo negli scoli a sud della strada. Saranno valutate dunque anche le eventuali necessità di sollevamento per risolvere interferenze altimetriche tra collettori e di separazione delle acque di prima pioggia, non analizzate nella presente relazione.

La posizione delle volumetrie di laminazione previste potranno essere decise successivamente, in base alle esigenze progettuali, ma mantenendone le prestazioni in termini di efficacia di laminazione.

