

Città di Torino

Zona Urbana di Trasformazione - Ambito 16.34 - Mirafiori A

MODIFICA PARZIALE AL PIANO ESECUTIVO CONVENZIONATO

PROGETTISTI



Prof. Ing. Giorgio Garzino
Via Jerusalem, 17/E - 12038 Savigliano
Via Lamarmora, 61 - 10128 Torino
giorgio.garzino@studiogarzino.it
giorgio.garzino@ingpec.eu
collaboratori
Arch. S. Cadau - Ing. A. Grosso - Ing. A. Hyka

in collaborazione con:
Ufficio Tecnico TNE
Ing. Francesca Caggiano
Arch. Giuseppe Caliumi



Studio Sintesi Ingegneria e Paesaggio
via Mongrando, 41/a - 10153 Torino
stefano.assone@studio-sintesi.com
s.assone@epap.conafpec.it

in collaborazione con:
arch. Raffaella Gambino
raffaella.gambino@tin.it
raffaella.gambino@architettitorinopec.it
arch. Marco Zocco
marcozocco@libero.it
m.zocco@architettitorinopec.it

TORINO NUOVA ECONOMIA S.P.A.
Responsabile del Procedimento

PROPONENTE

Ing. Francesco Terranova

SPAZIO RISERVATO AL COMUNE



Torino Nuova Economia S.p.A
via Livorno, 60 - 10144 Torino
info@torinonuovaeconomia.it
postatne@pec.torinonuovaeconomia.it

OGGETTO

Considerazioni in materia idraulica

TAVOLA

C.6v

SCALA

REV	DATA	DESCRIZIONE
00	Maggio 2020	Integrazioni per Modifica al PEC (Verbale Tavolo tecnico prot. n. 817 del 13 marzo 2020)

FILE

Z:\101 - VARIANTE PEC 2019\12-VariantePEC-Definitivo\2019\01_Tavole-Definitive\C_RELAZIONI SPECIALISTICHE\ luglio 2020\C.6vConsiderazioniMaterialidraulica\C.6v_test\1no.dwg

Arrivo: AOO 055, N. Prot. 00001969 del 15/06/2021

Considerazioni in materia idraulica

Sommario

A.	Premessa	2
B.	Il sistema fognario di raccolta acque piovane	2
C.	I fossati inondabili	9
D.	Verifica dell'invarianza idraulica	13

A. Premessa

Nel presente documento vengono espresse alcune considerazioni in materia idraulica afferenti all'impianto della rete fognaria bianca previsto dal Progetto di Fattibilità tecnica economica riguardante la riqualificazione urbanistico-edilizia della Zona Urbana di Trasformazione denominata "Ambito 16.34 Mirafiori – A", di proprietà della società Torino Nuova Economia S.p.A., che ha proposto una Modifica parziale al Piano Esecutivo Convenzionato approvato dalla Città di Torino con Deliberazione di Giunta comunale n. 2016 05336/009 in data 22/11/2016.

L'Ambito in oggetto, ubicato in corso Settembrini non. 152 e 164, ai sensi del suddetto Piano Esecutivo Convenzionato è articolato in quattro Unità Minime di Intervento denominate UMI A1, UMI A2, UMI A3 (corrispondente alla esistente Cittadella Politecnica del Design e della Mobilità) e UMI A4.

La Modifica parziale proposta riguarda esclusivamente le Unità Minime di Intervento UMI A1, UMI A2 e UMI A3.

Con il presente documento si dà evidenza delle impostazioni progettuali di carattere idraulico e delle conseguenti verifiche afferenti specificatamente a) al sistema fognario di raccolta e smaltimento delle acque piovane, b) al sistema dei "fossati inondabili" e c) all'invarianza idraulica.

B. Il sistema fognario di raccolta acque piovane

La rete fognaria di raccolta delle acque bianche che viene esaminata e verificata nel presente paragrafo è quella a servizio della UMI A1 e della UMI A2 che sarà allacciata al collettore esistente su Corso settembrini in corrispondenza dell'innesto della prevista nuova strada pubblica.

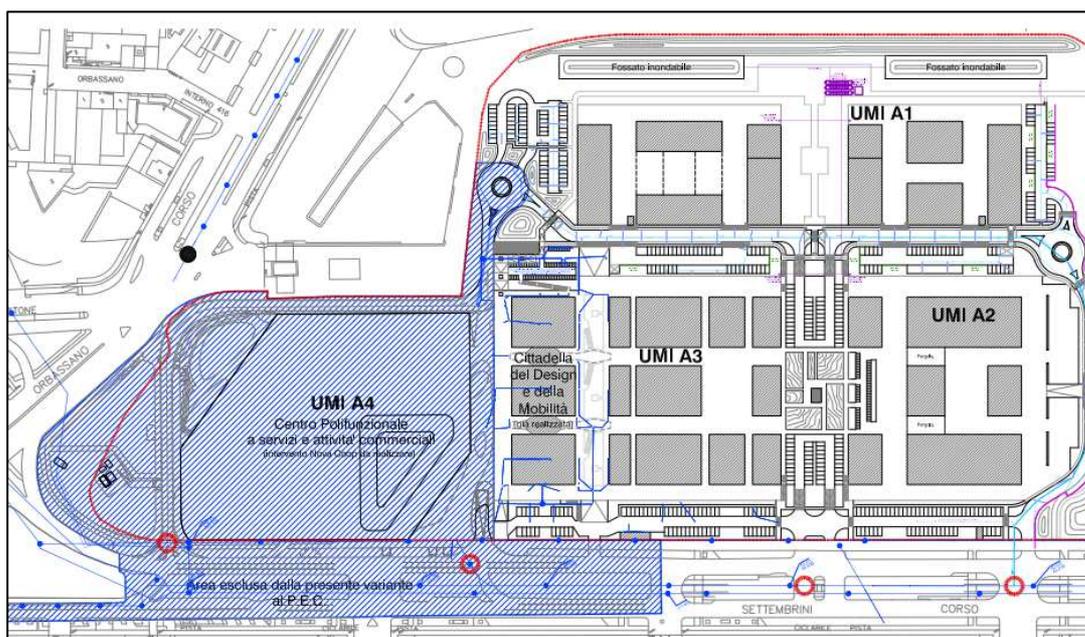


Figura 1 -  Allacciamenti alla rete pubblica per le acque bianche su Corso Settembrini

Le considerazioni di partenza sono le seguenti:

- La UMI A3 graviterà sulla rete fognaria esistente a servizio della Cittadella Politecnica del Design e della Mobilità, che era stata progettata prevedendo un successivo ampliamento costituito da nuovi fabbricati, che si allaccia alla rete fognaria pubblica con due distinti innesti nel collettore pubblico di Corso Settembrini:
 - un allaccio sul confine ovest della Cittadella Politecnica del Design e della Mobilità, in comune con la UMI A4, attraverso tubatura ovoidale da 700x1050 mm confluyente su una preesistente tubatura già collegata al collettore pubblico in c.so Settembrini;
 - un allaccio all'altezza di corso Settembrini n. 164 con tubazione ovoidale esistente da 700x1200 mm.
- La UMI A4 sarà servita anche da una rete fognaria, autonoma rispetto alle UMI A1 e UMI A2, che si allaccerà al collettore pubblico di Corso Settembrini con due innesti:
 - una tubazione ovoidale da 700x1050 mm in corrispondenza dell'accesso al futuro parcheggio interrato, corrispondente al medesimo allaccio già descritto per la UMI A3;
 - una tubazione ovoidale da 800x1400 mm in corrispondenza dell'innesto della futura strada pubblica a ovest del lotto.

Nel complesso quindi l'Ambito prevede 4 punti di allacciamento alla rete fognaria pubblica di Corso Settembrini di cui n. 1 innesto afferente alla rete a servizio delle UMI A1 e UMI A2 in progetto con la **Modifica parziale al Piano Esecutivo Convenzionato** all'altezza del civico 152, n. 1 innesto esistente in corrispondenza del civico 164, n. 1 innesto esistente in corrispondenza del civico 178 su cui confluiranno la UMIA4 e la UMIA3; e un innesto in progetto all'altezza della nuova viabilità funzionale alla UMI A4.

Alla luce delle considerazioni di cui sopra, con il presente documento si esamina la rete fognaria di raccolta delle acque bianche - ricomprese nel Progetto di Fattibilità Tecnica Economia della Modifica di PEC - a servizio delle UMI A1 e UMI A2.

Ciò in quanto le reti a servizio della UMI A3 e della UMI A4 sono state oggetto di precedenti verifiche tecniche.

La rete qui esaminata è destinata al convogliamento delle sole acque di origine meteorica raccolte dalle coperture degli edifici, dalle vie ad uso pubblico, dalle aree a parcheggio e dai piazzali dei lotti fondiari.

Sono inoltre escluse le porzioni di superficie su cui sono previsti i due "fossati inondabili" e quelle delle limitrofe aree sistemate a verdi, ubicate nella UMI A1 a nord dei lotti fondiari edificabili, che convogliano le acque piovane su tali manufatti come descritto nel successivo paragrafo C.

Pertanto la superficie parziale che gravita sulla rete fognaria in progetto è pari a **60.915,34** mq rispetto alla superficie totale dell'Ambito pari a circa 143 mila metri quadrati.

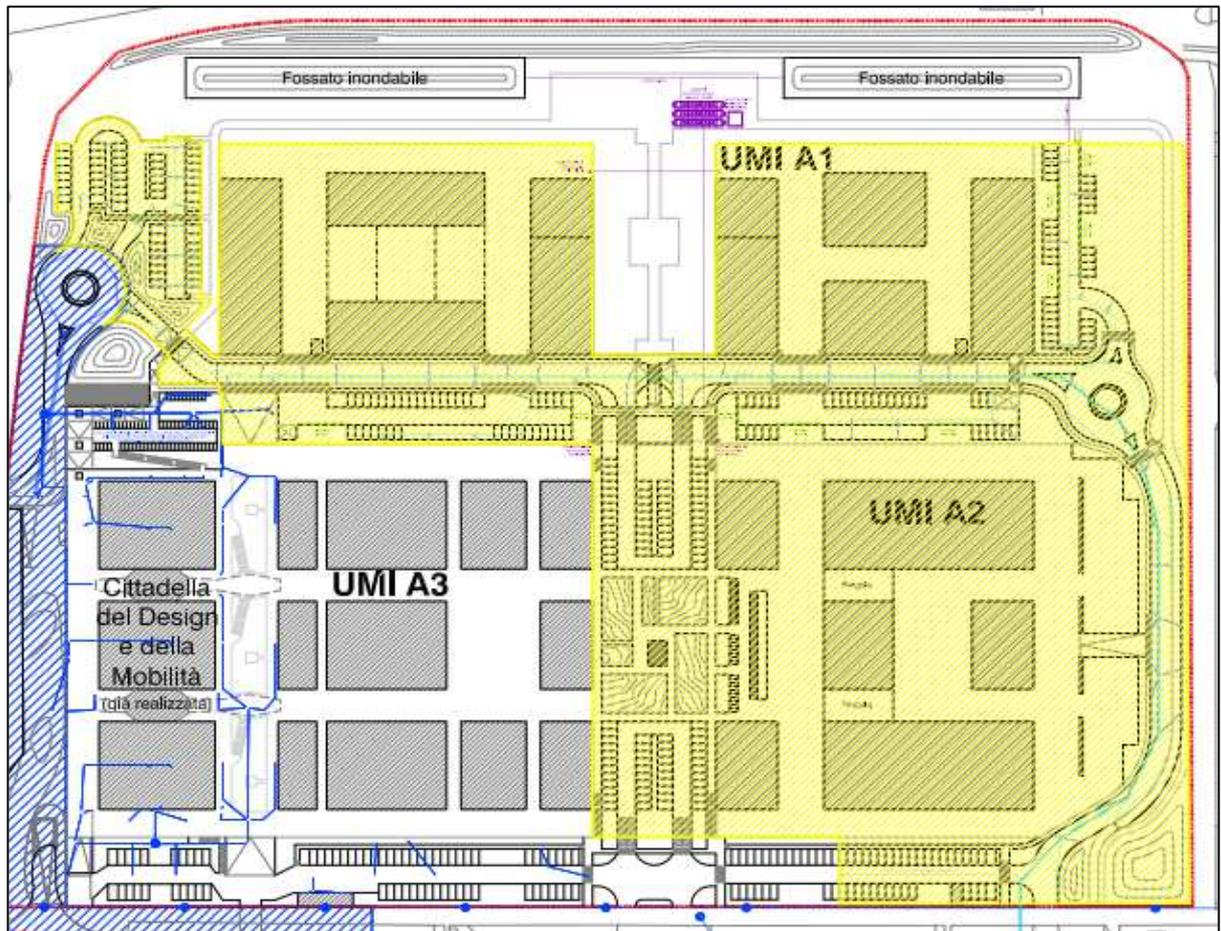


Figura 2 - Superficie dimensionamento rete fognaria per le acque bianche (retino giallo)

La rete fognaria in oggetto è composta da tubazioni in PVC di sezione circolare di diametro variabile tra i 160 e i 400 mm che si innestano su un collettore principale a sezione circolare collocato lungo la via interna con diametro a tratti variabile da 630 mm e 800mm in PVC e 1000 mm in CLS secondo le indicazioni riportate nella tavola **B.4.7.1.v (Progetto Opere di Urbanizzazione)**.

Le pendenze saranno generalmente dello 0,60% per contenere la profondità di scavo e assicurano la compatibilità altimetrica con la rete fognaria bianca esistente in Corso Settembrini, raggiunta attraverso un pozzo di salto e uno scavo in galleria.

Fatta eccezione per la dorsale principale prevista lungo la via interna, la rete di raccolta delle acque meteoriche sarà costituita da collettori circolari in PVC posati all'intradosso dei solai di copertura o interrati; in questo secondo caso, i tubi saranno protetti da un getto di calcestruzzo non strutturale costituente il letto di posa, i rinfianchi laterali e la calottatura superiore.

Parte delle acque di origine meteorica, provenienti dalle coperture dei fabbricati, alimenterà le riserve idriche destinate all'irrigazione delle aree verdi.

Il sistema di irrigazione utilizzerà un serbatoio, collocato nell'area nord delle UMI A1 a nord dei due lotti fondiari edificabili, con una capacità complessiva di 150 mc.

Il serbatoio sarà dotato di un sistema di scarico di troppo pieno per smaltire i volumi d'acqua in eccesso; queste acque saranno convogliate in parte nella rete fognaria per acque bianche e eventualmente in parte nei fossati inondabili posti nelle immediate vicinanze.

Il sistema con il serbatoio e la gestione delle acque e dei troppo pieni nei fossati saranno oggetto di specifica progettazione nelle fasi progettuali successive e potranno contribuire alla riduzione dei volumi di acqua nelle fognature dando un contributo migliorativo in termini di quantità e tempi di immissione in rete.

Per la verifica della rete fognaria, in via cautelativa, si è ritenuto di non tener conto dell'apporto del serbatoio e di considerare le acque di origine meteorica provenienti dalle coperture dei fabbricati totalmente scaricate nel collettore della fognatura di raccolta delle acque bianche.

a) Determinazione quantità di pioggia

Per determinare l'apporto di acque piovane che confluisce nella rete fognaria è stata utilizzata la formula $Q = U \times A \times \varphi$

dove:

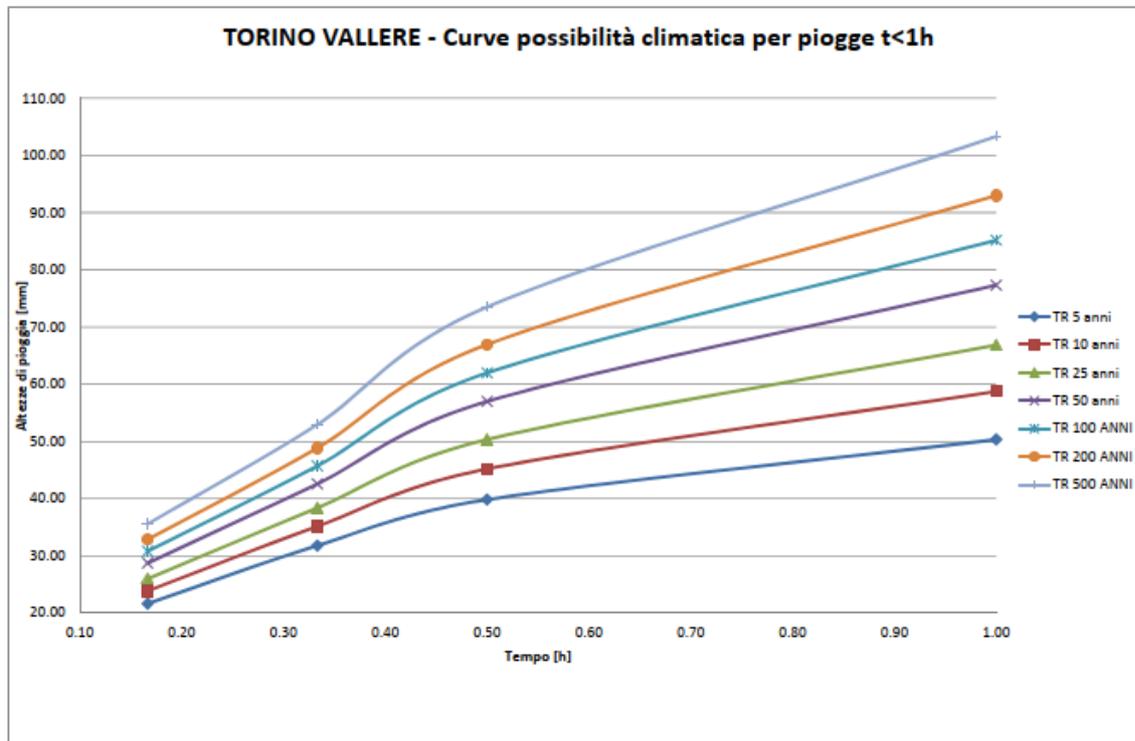
- U: valore del contributo unitario specifico corrispondente all'intensità di precipitazione media oraria
- A: Superficie della porzione di area drenante che apporta acqua al collettore fognario
- φ : Coefficiente di deflusso specifico dell'area drenante

Il **contributo unitario specifico** è determinabile utilizzando la formula $U = (h/t) \times 10.000$ [l/s ha] facendo riferimento alla "curva di possibilità pluviometrica" rappresentata dalla formula $h = a \times t^n$: che indica l'intensità di pioggia su base oraria [mm/h] con:

- a (mm): massima precipitazione di durata 1 ora
- t (ore): tempo di pioggia n (-): esponente in funzione del tempo di ritorno dell'evento pluviometrico

Nel caso in esame al fine di determinare i parametri "a" ed "n" si è fatto riferimento alla "curva di possibilità pluviometrica" con tempo di ritorno $T_r = 20$ anni, e alle correlate altezze di pioggia correlate a tempi di pioggia di 0,50, 1,0 e 3,0 ore.

Nello specifico la "curva di possibilità pluviometrica" utilizzata è quella elaborata tenendo conto dei dati di pioggia di durata inferiore all'ora registrati dalla stazione termoiropluviometrica "Vallere" di Torino (Codice stazione 249 - ARPA Piemonte) che risulta ubicata in prossimità del sito in oggetto.



Curve di possibilità climatica per piogge di durata inferiore all'ora e tempi di ritorno compresi tra 5 e 500 anni

<i>Curve possibilità climatica per pioggia t<1h</i>		
Tr [ANNI]	a	n
5	52.45	0.47
10	60.94	0.51
20	69.08	0.53
50	79.62	0.56
100	87.52	0.58
200	95.40	0.59
500	105.79	0.61

Parametri "a" ed "n" della curva di possibilità climatica per tempi di pioggia inferiori all'ora

Utilizzando la curva espressa dalla relazione $h = 69.08 \times t^{0.53}$ mediando le intensità di pioggia calcolate per tempi di pioggia di 0,50, 1,0 e 3,0 ore, è stata ricavata l'intensità media oraria di 68,66 mm/h, come di seguito riportato.

a	t	n	H	Rapporto all'ora	Intensità oraria
[mm]	[h]	[-]	[mm]	-	[mm/h]
69,08	0,5	0,53	47,84168103	*2	95,68336206
69,08	1	0,53	69,08	*1	69,08
69,08	3	0,53	123,6592459	/3	41,21974865
Media valori intensità oraria [mm/h]					68,6610369

Applicando la formula con i parametri così determinati si ottiene un contributo unitario specifico

$$U = (h/t) \times 10.000 = (68,66/3.600) \times 10.000 = \mathbf{190,72 \text{ l/s ha}}$$

Dove:

U = contributo unitario specifico [l/s ha]

h = intensità oraria [mm/h]

t = secondi (considero t pari a 1 ora = 3.600 sec)

b) Verifica della rete fognaria

La rete fognaria principale per il caso in esame è costituita da un collettore, che si sviluppa sotto il sedime della viabilità interna, articolato in tre tratti di tubazione circolare di diametro crescente pari a 630 mm, 800 mm e 1000 mm.

Per una corretta verifica sono state individuate le seguenti tre Zone che, a “cascata”, contribuiscono al calcolo della portata liquida Q che confluisce sui singoli tratti e alla verifica degli stessi:

- Zona 1 (rosso): superficie A1 = 18.134,83 mq
- Zona 2 (giallo): superficie A2 = 14.950,81 mq
- Zona 3 (fucsia): superficie A3 = 27.829,70 mq

per una superficie totale pari a **60.915,34 mq**.

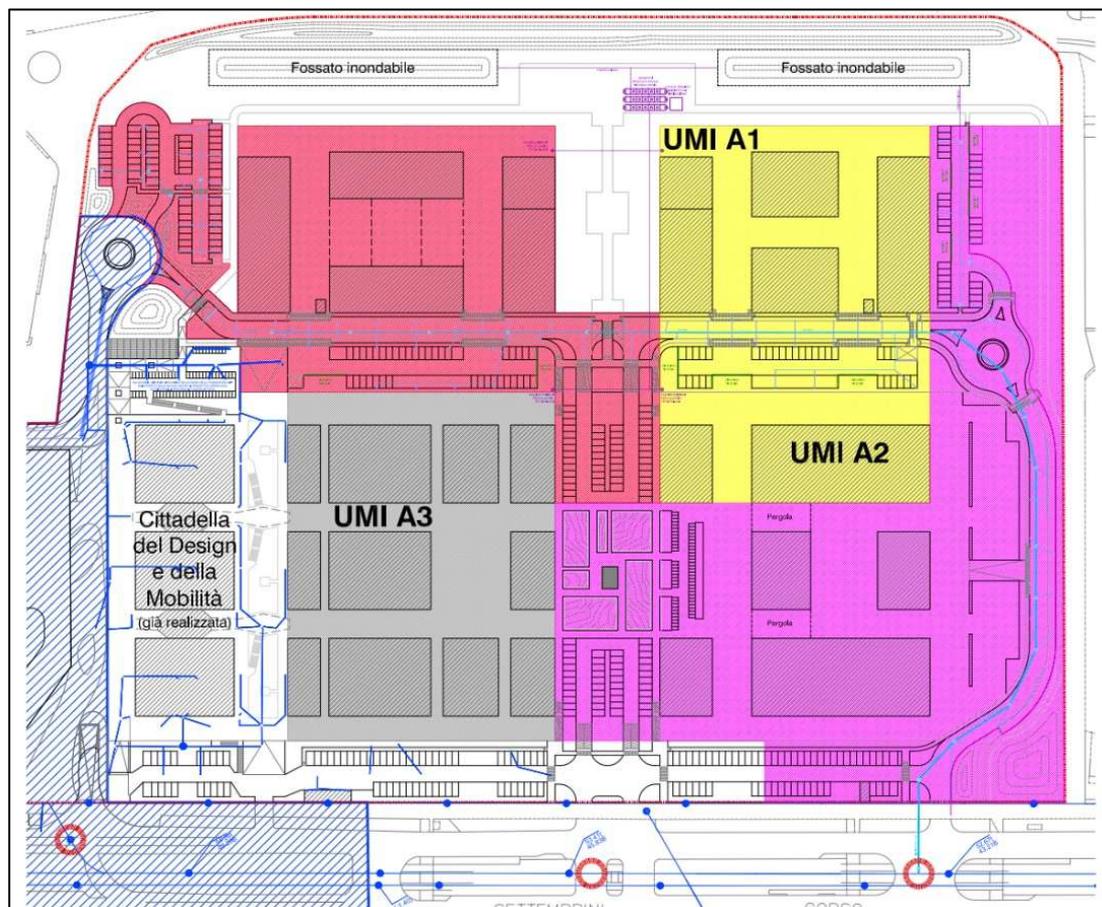


Figura 3 - Rappresentazione Zone 1-2-3-4

Si specifica che la Zona 4 (rappresentata nella Fig.3 con retino grigio), composta da una porzione della UMIA3, come già precisato al principio del presente paragrafo, gravita sulla rete fognaria esistente a servizio della Cittadella Politecnica del Design e della Mobilità, ed è pertanto esclusa dal seguente dimensionamento e dalla conseguente verifica.

Le Zone 1-2-3 comprendono ciascuna superfici differenziate per grado di permeabilità come riportato nel seguente prospetto.

ZONA 1		Mq	ha	ϕ
Ai1	area impermeabile (Strade, area parcheggi)	15.513,56	1,551356	0,9
As1	area semipermeabile (Stalli parcheggi)	2.621,33	0,262133	0,6
ZONA 2		Mq	ha	ϕ
Ai2	area impermeabile (Strade, area parcheggi)	13.882,45	1,388245	0,9
As2	area semipermeabile (Stalli parcheggi)	1.128,36	0,112836	0,6
ZONA 3		Mq	ha	ϕ
Ai3	area impermeabile (Strade, area parcheggi)	22.164,11	2,216411	0,9
As3	area semipermeabile (Stalli parcheggi)	627,00	0,0627	0,6
Ap3	area permeabile (Area verde zona est)	5.038,59	0,503859	0,2

alle quali, come riportato in tabella, sono stati associati i seguenti coefficienti di deflusso specifici:

- area impermeabili: $\phi = 0,90$
- area semipermeabili: $\phi = 0,60$
- area permeabile (verde zona est): $\phi = 0,20$

Avendo determinato il “contributo unitario specifico” U ed attribuito i ϕ_i “coefficienti di deflusso specifici” che caratterizzano le singole porzioni di area individuate di superficie nota e con differente grado di permeabilità, si è determinata la “portata liquida” che progressivamente “a cascata” raggiunge il collettore da verificare utilizzando la formula:

$$Q = U \times (\sum_i A_i \times \phi_i).$$

I valori ottenuti sono di seguito riportati:

- $Q_{\text{tratto } 630\text{mm}} = (1,551356 \times 0,90 + 0,262133 \times 0,60) \times 190,72 = \mathbf{296,28 \text{ l/s}}$
(contributo Zona 1)
- $Q_{\text{tratto } 800\text{mm}} = Q_{\text{tratto } 630\text{mm}} + [(1,388245 \times 0,90 + 0,112836 \times 0,60) \times 190,72] = \mathbf{547,48 \text{ l/s}}$
(contributo Zona 1 e Zona 2)
- $Q_{\text{tratto } 1000\text{mm}} = Q_{\text{tratto } 630\text{mm}} + Q_{\text{tratto } 800\text{mm}} + [(2,216411 \times 0,90 + 0,0627 \times 0,60 + 0,503859 \times 0,2) \times 190,72] = \mathbf{954,32 \text{ l/s}}$
(contributo Zona 1, Zona 2 e Zona 3)

Nel prospetto che segue sono riportate le portate specifiche smaltibili (determinate in funzione delle caratteristiche dimensionali, ipotizzando un riempimento della tubazione pari al 70% e della pendenza di progetto pari a 0,6%) raffrontate con le “portate liquide” di progetto che vi confluiscono provenienti dalle correlate Zone di gravitazione come sopra determinate.

Tratto	Tubazione	Portata specifica ammissibile		Portata liquida di progetto
Q1	630 mm	707 l/s	>	296,28 l/s
Q2	800 mm	1.338 l/s	>	547,48 l/s
Q3	1.000 mm	1.617 l/s	>	954,32 l/s

Al riguardo, evidenziando che la portata convogliata nel collettore fognario è destinata comunque ad essere ulteriormente attenuata per effetto della presenza del serbatoio di irrigazione e dei “fossati inondabili” precedentemente citati, si può concludere confermando, come risulta dai dati riportati, **l'idoneità della scelta del dimensionamento del collettore in progetto.**

C. I fossati inondabili

Il progetto di trasformazione urbanistico-edilizia dell'Ambito 16.34 Mirafiori – A prevede la realizzazione di “fossati inondabili” che contribuiscono alla funzionalità del sistema idraulico di smaltimento delle acque piovane mitigando l'apporto dei quantitativi alla rete fognaria pubblica.

a) Conformazione geometrica e capacità di invaso

La conformazione geometrica dei fossati deriva dalla modalità di intervento generale prevista dal Piano Esecutivo Convenzionato sull'ambito di trasformazione ex industriale, nonché dall'andamento piano altimetrico generale dell'area.

Innanzitutto si evidenzia che nell'area destinata a verde pubblico, su cui i fossati insistono, è prevista la rimozione della pavimentazione bituminosa preesistente comportando un conseguente abbassamento dell'originario piano di imposta di circa 15 cm (si tratta di un valore medio generale, in alcune zone è infatti prevista anche la rimozione di solette e strutture di fondazione maggiormente radicate in profondità).

Inoltre è previsto che l'attuale piano di imposta del sito a seguito dell'intervento di trasformazione venga innalzato con un ricarico medio di circa 60 cm.

Occorre infine considerare che sul fondo dei “fossati inondabili” sarà predisposto uno strato di circa 30 cm di terra agraria per consentire la piantumazione delle essenze erbacee ed arbustive previste dal progetto paesaggistico.

In conseguenza di tali operazioni di conformazione del terreno i fossati inondabili avranno una profondità pari a circa 45 cm;

Si evidenzia inoltre che i bordi dei fossati avranno un andamento inclinato molto leggero, per evitare la creazione di scalini pericolosi per i fruitori dell'area.

Infine, poiché l'area generale, anche dopo i ricarichi previsti, conserverà la preesistente pendenza longitudinale sull'asse ovest – est, allo scopo di ottimizzare la capacità d'invaso dei fossati questi sono suddivisi in più vasche a cascata, con terrapieni intermedi.

Stante la suddetta conformazione la capacità di invaso dei due fossati principali (ognuno composto da una serie di vasche in cascata) risulta pari a 450 m³ per il fossato identificato con il numero 1 e pari a 400 m³ per il fossato identificato con il numero 2.

Si ritiene che la conformazione adottata permetta di evitare qualunque rischio per i fruitori della futura area verde, sia per la totale assenza di repentini dislivelli sull'area prativa, sia per l'impossibilità di accumuli profondi d'acqua. Nel corso della trattazione sarà dimostrato, inoltre, che anche in caso di evento piovoso eccezionale l'accumulo d'acqua non supererà la profondità di circa 20-25 cm e i tempi di svuotamento saranno molto brevi.

b) Area gravitante sui fossati inondabili

Per quanto riguarda la definizione dell'area di influenza gravitante sui fossati inondabili si è considerata una porzione di area verde pubblica che, grazie ad idonee pendenze, può scaricare verso di loro, e non in fognatura, l'acqua non drenata direttamente dalle superfici. Allo scopo, per limitare la necessità di assorbimento "indiretto" anche i percorsi pedonali sono stati progettati in "calcestre" che, grazie alla sua struttura in strati compattati sovrapposti di sabbie e ghiaie di diverse granulometrie ha una capacità drenante equiparabile a quella delle superfici inerbite / alberate circostanti.

A scopo cautelativo nell'area di influenza è stato incluso anche il versante nord del rilevato alberato lungo il confine con FCA che ben difficilmente in realtà contribuirà ad aumentare la quantità di pioggia convogliata, anche in virtù delle caratteristiche della sottostante stratigrafia estremamente drenante. L'area di influenza generale è stata inoltre suddivisa nelle due distinte porzioni che gravitano rispettivamente sul "fossato inondabile 1" e sul "fossato inondabile 2" come schematicamente rappresentato nella Figura 4.

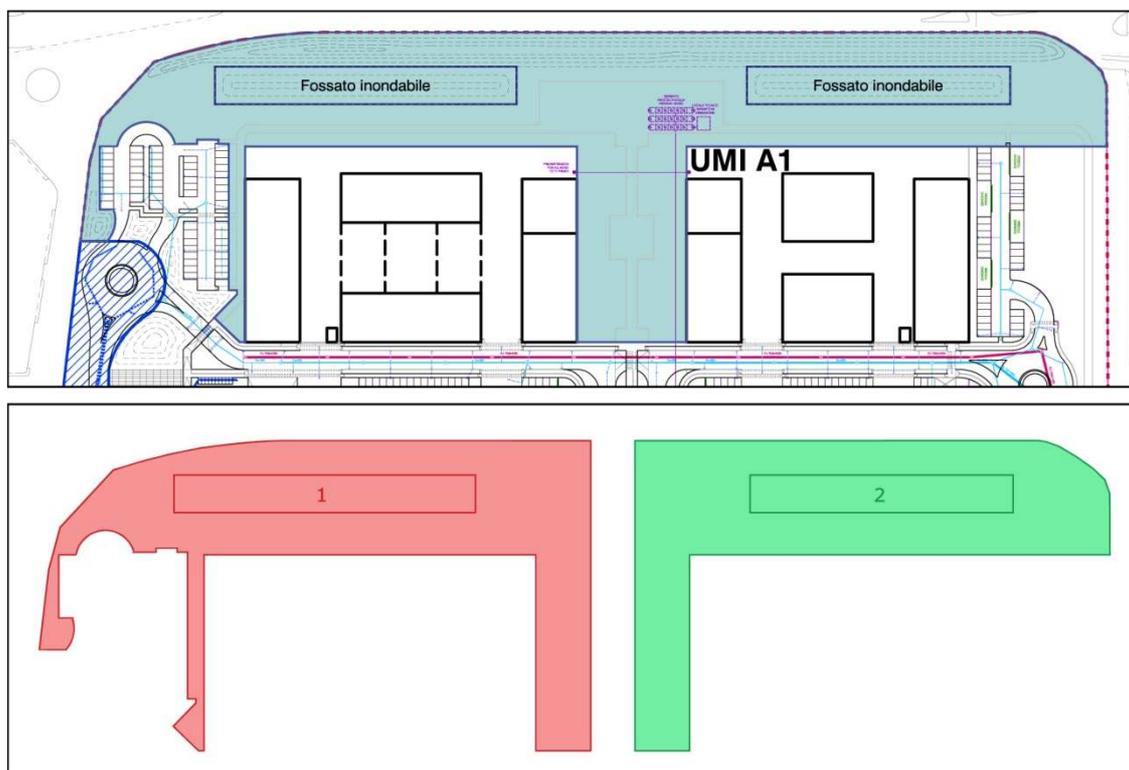


Figura 4 – Area di influenza gravitante sui fossati inondabili

c) *Quantità d'acqua raccolta dai fossati*

Per determinare i quantitativi d'acqua piovana che i fossati dovranno accogliere è stato considerato l'evento eccezionale mediante adozione della "curva di possibilità climatica" con tempo di ritorno di $Tr = 50$ anni, ritenuta adeguata per calcolare i volumi di laminazione secondo le indicazioni del Piano Territoriale di Coordinamento. Le altezze di pioggia calcolate per durate di 30 e 60 minuti con la curva di possibilità climatica rappresentata dalla formula $h = 79,62 \times t^{0,56}$ risultano rispettivamente pari a 54,00 mm/h e 79,62 mm/h. Nella trattazione il valore è stato arrotondato per eccesso a 80 mm/h, equivalenti a 80 litri/m², mediamente superiore al valore delle precipitazioni intense registrate dalle stazioni pluviometriche dell'area torinese.

Analogamente a quanto fatto per la verifica dell'adeguatezza della fognatura bianca, si è considerato che l'area verde di competenza dei fossati drena autonomamente solo l'80% della pioggia ricevuta e convogli il restante 20% verso i fossati stessi. La pioggia direttamente caduta entro il perimetro dei fossati, ovviamente, è stata invece considerata totalmente (100%).

In virtù di tale ragionamento quindi il fossato n. 1 raccoglie circa 248.300 litri (ovvero circa 248,3 m³), mentre il fossato n. 2 raccoglie circa 221.780 litri (ovvero circa 221,78 m³).

Confrontando detti volumi con la capienza massima dei fossati (450 m³ del n. 1 e 400 m³ del n. 2) risulta evidente che gli stessi hanno un margine di tolleranza molto ampio, pari a circa il 45% in più della pioggia prodotta dall'evento eccezionale.

Evidenziamo ulteriormente che anche in caso di eventi imprevedibili la pendenza dei terreni circostanti impedirebbe comunque all'acqua tracimata dai fossati di raggiungere la viabilità pedonale e veicolare limitrofa.

d) *Smaltimento dell'acqua raccolta nei fossati*

Successivamente alla verifica della capienza, si è proceduto ad analizzare la capacità drenante dei fossati che, per essere considerata adeguata, come da prassi deve garantire l'infiltrazione dell'acqua raccolta entro un tempo limite di 48 ore.

Allo scopo sono state analizzate le prospezioni stratigrafiche del terreno già effettuate sull'area, dalle quali è stato possibile determinare la composizione degli strati di riporto industriale o naturali presenti sotto l'impronta dei fossati e quindi stimare un **coefficiente permeabilità (k)** dell'ordine di 1×10^{-5} m/s.

Al riguardo si riportano in estratto le principali valutazioni eseguite facendo riferimento alle risultanze presenti nella documentazione già presentata alla Città di Torino relativa ai procedimenti di bonifica ambientale che hanno interessato l'Ambito in oggetto.

Per determinare il suddetto coefficiente di permeabilità dei terreni è stata utilizzata la formula empirica di Hazen che correla il coefficiente di permeabilità K alla distribuzione della curva granulometrica.

$$K = C \times (D_{10})^2$$

dove:

- C è un coefficiente numerico che può variare da un minimo di 0,004 ad un massimo di 0,02. I dati di letteratura indicano come mediamente questo coefficiente si attesti su valori dell'ordine di $C = 0,012$.
- D_{10} si ricava dalla curva granulometria e corrisponde alla larghezza della maglia del setaccio che permette il passaggio del 10% in peso del campione di materiale granulare.

Delle stratigrafie dei punti di indagini più prossimi a quelli dell'area di intervento si ricava che il sottosuolo è costituito:

- da uno strato di terreno di riporto (terreno rimaneggiato) di spessore variabile costituito da sabbia limosa con ciottoli e ghiaia
- terreno naturale non rimaneggiato costituito da sabbia limosa con ghiaia e ciottoli in percentuale variabile.

Considerando le due curve granulometriche disponibili e applicando la formula di cui sopra si sono ottenuti i seguenti valori:

- per la ghiaia sabbiosa debolmente limosa con un passante al 10% di 0,03 mm si è ottenuto un coefficiente K pari a $1,1 \times 10^{-5}$ m/s
- per la sabbia ghiaiosa debolmente limosa con passante al 10% di 0,015 mm si è ottenuto un coefficiente K pari a $2,7 \times 10^{-6}$ m/s

Facendo una media dei dati disponibili si è assunto un "coefficiente di permeabilità" K pari a 1×10^{-5} m/s.

Si evidenzia come il valore attribuito a tale coefficiente è cautelativo considerando un ricarico di sola terra agraria sul fondo dei fossati. La situazione sarà senz'altro ulteriormente migliorata dal mix colturale terra / sabbia / ghiaia che, come accennato in precedenza, verrà definito in fase di progettazione esecutiva.

Considerando, sempre a scopo cautelativo, quale **superficie infiltrante** dei fossati solo l'area piana sul fondo (escludendo cioè l'apporto dei bordi inclinati che hanno invece una superficie almeno equivalente al fondo), si ottengono i seguenti valori:

Fossato n. 1: Superficie infiltrante = 678 m²

Fossato n. 2: Superficie infiltrante = 590 m²

Conseguentemente si ottengono rispettivamente:

Fossato n. 1: **tasso di infiltrazione** = 6,78 litri/s

Fossato n. 2: **tasso di infiltrazione** = 5,9 litri/s.

In definitiva, quindi, i fossati, considerando i quantitativi d'acqua raccolti a seguito di evento piovoso eccezionale, avranno un **tempo di svuotamento** pari a 10,17 ore (fossato n. 1) e 10,44 ore (fossato n. 2), entrambi molto inferiori alle 48 ore massime ammissibili.

Piovosità	80,00 mm/h	
	80,00 litri/mq	
FOSSA 1	450,00 mc	450.000,00 litri
Aree influenza 0,2	7.897,61 mq	
Aree influenza 1	1.524,24 mq	
FOSSA 2	400,00 mc	400.000,00 litri
Aree influenza 0,2	7.210,47 mq	
Aree influenza 1	1.330,24 mq	
totale pioggia raccolta fossa 1	248.300,96 litri	
totale pioggia raccolta fossa 2	221.786,72 litri	
coefficiente permeabilità k	1E-05 m/s	36 mm/h
superficie infiltrante	Fossa 1	678,00 mq
tasso di infiltrazione	Fossa 1	6,78 l/s
superficie infiltrante	Fossa 2	590,00 mq
tasso di infiltrazione	Fossa 2	5,9 l/s
Tempo svuotamento	Fossa 1	10,17 ore
Tempo svuotamento	Fossa 2	10,44 ore

e) Conclusioni

A seguito della verifica eseguita si può quindi ritenere pienamente adeguata l'azione dei fossati inondabili ai fini dell'invaso delle piogge insistenti sulle aree di loro competenza, anzi, stante l'ampia tolleranza in termini di capacità volumetrica e tempi di svuotamento, è certamente possibile ipotizzare che i fossati possano accogliere ulteriori contributi d'acqua, convogliati, per esempio, dai tetti o altre superfici impermeabili delle aree edificabili, al fine di migliorarne le prestazioni ambientali e ridurre il loro impatto sul corpo idrico pubblico.

D. Verifica dell'invarianza idraulica

La progettazione di interventi di trasformazione del territorio a "invarianza idraulica" è finalizzata a garantire preventivamente che la loro attuazione non comporti, rispetto allo stato di fatto originario "ante intervento", un incremento della portata massima delle acque meteoriche che confluiscono nei ricettori idraulici posti a valle del sito.

In tal senso il progetto di riqualificazione urbanistico-edilizia dell'Ambito 16.34 Mirafiori – A risponde a quanto prescritto nell'elaborato DS6 del Progetto definitivo del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale in base al quale negli interventi di nuova urbanizzazione o di

trasformazione urbanistica la rete di drenaggio e le eventuali vasche di laminazione devono essere dimensionate in modo da garantire l'invarianza idraulica o la riduzione idraulica.

Nel caso specifico il progetto di riqualificazione dell'Ambito 16.34 Mirafiori – A è caratterizzato da un significativo incremento – rispetto alla situazione originaria dell'area – delle superfici con permeabilità del suolo che scaturisce dalla prevista sistemazione a verde di una parte delle aree che contribuiscono a soddisfare la dotazione minima di “standard urbanistici” per servizi pubblici.

Il metodo applicato al caso in oggetto per verificare la suddetta invarianza idraulica è quello cosiddetto “delle piogge” in base al quale si tiene conto della *curva di possibilità pluviometrica*, delle *caratteristiche di permeabilità* delle superfici delle aree, e della *portata massima* allo scarico che si ipotizza rimanga costante.

L'approccio metodologico sopra descritto si articola, schematicamente, nell'espletamento dei seguenti calcoli e verifiche:

- a) Dimensionamento delle superfici e del loro grado di permeabilità
- b) Caratterizzazione del fenomeno piovoso mediante apposite grandezze
- c) Determinazione del volume di laminazione
- d) Verifica dell'idoneità del volume di laminazione

Si riportano di seguito per ciascuno dei suddetti argomenti la descrizione delle operazioni condotte.

a) *Superfici e loro grado di permeabilità*

La tabella di raffronto di seguito riportata mostra la variazione quantitativa, rispetto alla situazione originaria, delle superfici impermeabili e delle superfici permeabili.

<i>Descrizione</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Dati dimensionali stato originario</i>	<i>Dati dimensionali di progetto</i>
Aree impermeabili	Strade, aree cortilizie, marciapiedi, percorsi pedonali e piazze, parcheggi, coperture degli edifici	137.649 mq	106.290,01 mq
Aree semimpermeabili	Aree verdi su solaio (Permettono di differire nel tempo il contributo d'acque meteoriche alla rete fognaria)	0 mq	3.465,78 mq
Aree semidrenanti	Parcheggi pubblici con pavimentazione semidrenante, "giardini della pioggia"	0 mq	4.933,40 mq
Aree drenanti (1)	Verde in piena terra (Apportano alla rete fognaria un contributo modesto di acque meteoriche in quanto la maggior parte di esse viene infiltrata naturalmente nel terreno sottostante)	4.644 mq	9.473,81 mq
Aree drenanti 100% (2)	Verde in piena terra (Non apportano alla rete fognaria alcun contributo di acque meteoriche in quanto la maggior parte di esse viene infiltrata naturalmente nel terreno sottostante e la quantità eccedente confluisce nei fossati inondabili adiacenti)	0 mq	18.130,00 mq
Totale Superficie Territoriale Ambito 16.34Mirafiori A		142.293 mq	142.293 mq

Si precisa che le aree drenanti sono state differenziate in:

- (1) comprendenti quelle che pur avendo una propria capacità di infiltrazione naturale delle acque piovane apportano un minimo quantitativo nella rete fognaria;
- (2) comprendenti quelle su cui insistono i due fossati inondabili e quelle ad essi adiacenti che non apportano alcun contributo di acque piovane alla rete fognaria per effetto della loro

capacità di infiltrazione naturale nel terreno e per effetto del sistema di convogliamento delle quantità in eccedenza verso i suddetti fossati inondabili.

Per quanto attiene alle aree semidrenanti si precisa che, per semplificare i calcoli sviluppati e comunque con un approccio di verifica cautelativo, sono state considerate tali anche le porzioni attrezzate con i cosiddetti “giardini della pioggia” che seppure di modeste dimensioni rispetto al complesso generale sono in realtà caratterizzate da una totale capacità di infiltrazione naturale delle acque piovane nel terreno sottostante.

In Figura 5 sono state rappresentate le aree come sopra differenziate con riferimento allo stato originario e allo stato di progetto.

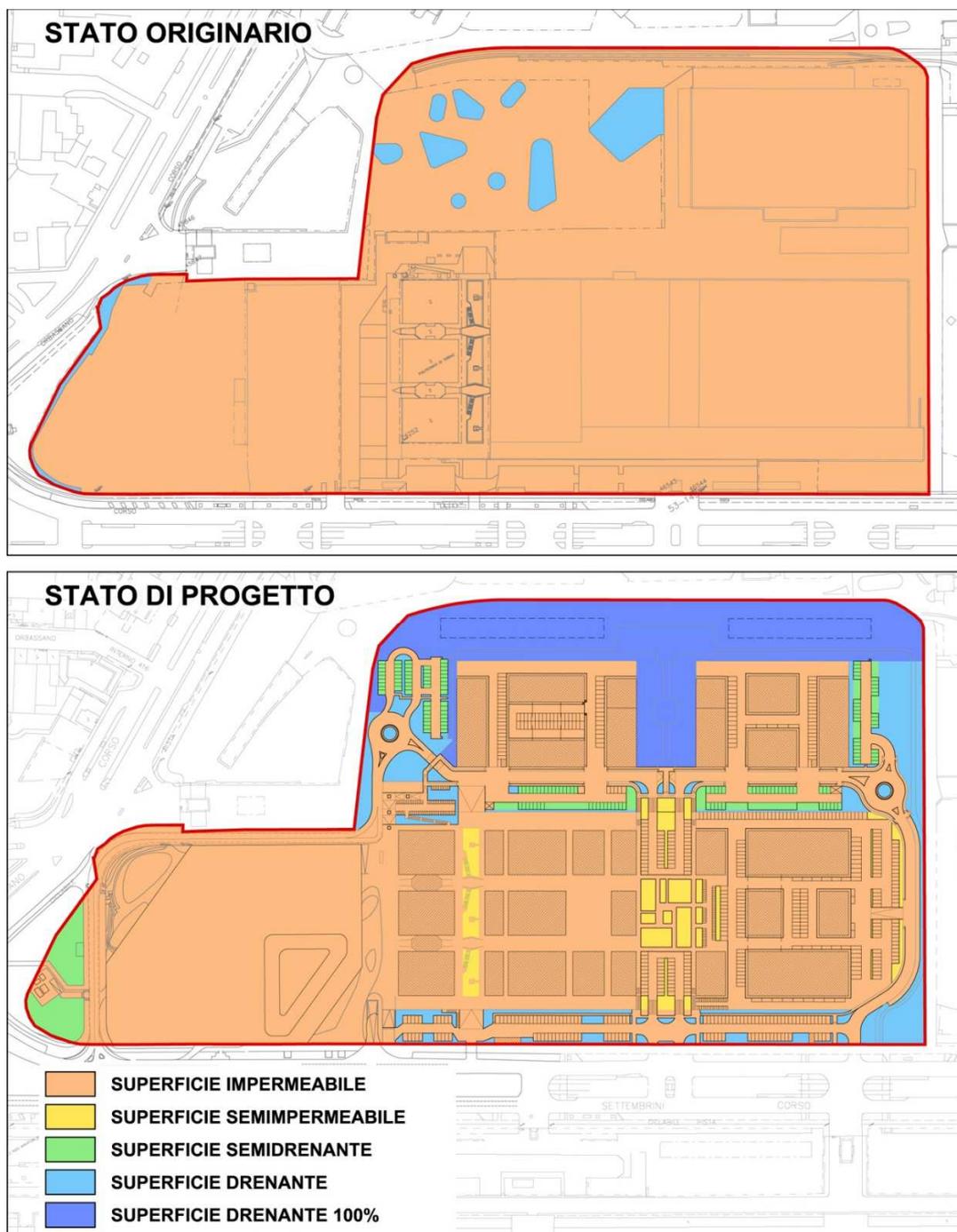


Figura 5 – Grado di permeabilità delle superfici – Confronto tra stato originario e di progetto.

b) *Caratterizzazione del fenomeno piovoso*

Per caratterizzare il fenomeno piovoso occorre fare riferimento alle seguenti grandezze che definiscono le quantità in afflusso (ovvero le quantità determinate dalla precipitazione piovosa sulla superficie impermeabile dell'intervento) e le quantità in deflusso (ovvero le quantità correlate alla portata limite ammissibile allo scarico finale del sistema fognario in progetto).

Portata entrante: $Q_e = S \times \varphi \times a \times D^{n-1}$

Volume di pioggia entrante: $W_e = S \times \varphi \times a \times D^n$

Portata uscente: $Q_{u\ lim} = S \times U_{lim}$

Volume di pioggia uscente: $W_u = S \times U_{lim} \times D$

Nelle formule sopra indicate i parametri utilizzati identificano le seguenti grandezze:

S	superficie [espressa in ettari] dell'area di intervento che apporta volumi di pioggia alla rete fognaria
φ	coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area
a ed n	parametri della curva di possibilità pluviometrica
D	durata della precipitazione piovosa [espressa in ore]
U_{lim}	portata specifica limite ammissibile allo scarico [espressa in l/ (s ha)]

Il metodo semplificato delle piogge che qui si applica ipotizza una portata di deflusso massima che si mantiene costante durante il fenomeno piovoso.

Sulla base di tale presupposto è possibile determinare il cosiddetto *volume di laminazione* inteso come la differenza tra il volume apportato dall'evento meteorico e il volume che defluisce. Tali volumi sono riferiti alla durata dell'evento e determinati alla conclusione di esso.

Il volume di accumulo corrisponde quindi al volume critico di laminazione riferito alla durata critica dell'evento piovoso che genera il massimo valore del volume di laminazione.

Per quanto attiene alla determinazione delle altezze di pioggia si è fatto riferimento, come da prassi consolidata, ai dati statistici elaborati dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte sulla base delle misurazioni, riguardanti i dati di pioggia di durata inferiore a 60 minuti, rilevate presso la stazione pluviometrica "Vallere" di Torino (Codice stazione 249) che, rispetto alle altre stazioni presenti nel territorio comunale, risulta ubicata in posizione più vicina all'"Ambito 16.34 Mirafiori – A".

Nello specifico, per l'area territoriale di riferimento, è stata adottata la *curva di possibilità pluviometrica* espressa dalla formula $h_p = a \times t^n$, correlata al tempo "t" di durata della pioggia, dove i

parametri “a” ed “n” sono riferiti al cosiddetto “tempo di ritorno” assunto come riferimento.

Facendo riferimento al Grafico delle curve pluviometriche e la Tabella dei parametri “a” ed “n” riportati nel precedente paragrafo B,

assumendo $Tr = 50$ anni risultano i parametri: $a = 79,62$ $n = 0,56$

c) Il criterio del Volume minimo di invaso

I processi di trasformazioni urbanistico-edilizie di aree urbane sono di solito caratterizzati da un incremento della quota di superficie impermeabilizzata del sito.

In tali casi nell’ambito del progetto di trasformazione si può applicare il metodo del “Volume minimo di invaso” mediante il quale si possono adottare e verificare idonei sistemi atti a garantire il principio secondo il quale il “coefficiente udometrico” deve rimanere costante nel passaggio dalla situazione cosiddetta “ante operam” a quella “post operam”, che per l’appunto è di solito un passaggio connotato da un incremento del coefficiente di deflusso medio.

Nel caso in esame il progetto di trasformazione dell’Ambito 16.34 Mirafiori – A”, come già detto, è invece caratterizzato da una diminuzione significativa della quota di superficie impermeabilizzata originaria determinata dall’assetto urbanistico-edilizio definito mediante la Modifica del Piano Esecutivo Convenzionato che prevede una importante dotazione di aree sistemate a verde in piena terra con elevato grado di permeabilità.

Sulla base delle considerazioni sopra riportate appare evidente che il suddetto metodo del “Volume minimo di invaso” non è applicabile al caso in oggetto.

A comprova di ciò, e a dimostrazione oggettiva dell’effettivo incremento della superficie permeabile, ci si limita a determinare il valore del “coefficiente di deflusso medio ponderato” facendo riferimento alle due suddette situazioni “ante operam” e “post operam”, utilizzando la seguente formula in cui i parametri “Imp”, “Semiper”, “Semidren”, “Dren”, “Dren100%” sono le quote percentuali, rispetto alla superficie complessiva dell’Ambito, delle porzioni di area che hanno caratteristiche di “Impermeabilità”, “Semimpermeabilità”, “Semidrenante”, “Drenante”, “Drenante100%” - prima e dopo la trasformazione (apici ° e ‘) a cui sono stati attribuiti specifici coefficienti di deflusso.

$$\varphi^0 = \varphi_{Imp} \times Imp^{\circ} + \varphi_{Dren} \times Dren^{\circ}$$

$$\varphi' = \varphi_{Imp} \times \text{“Imp”} + \varphi_{Semip} \times \text{“Semiper”} + \varphi_{Semidre} \times \text{“Semidren”} + \varphi_{Dren} \times \text{“Dren”} + \varphi_{Dren100\%} \times \text{“Dren100\%”}$$

Situazione "ante operam"				
<i>Tipologia</i>	<i>Superficie (mq)</i>	<i>Percentuale sul Totale</i>	<i>Coefficiente di deflusso specifico</i>	<i>Prodotti parziali</i>
1) Aree impermeabili	137.649,00	0,967363117	0,9	0,870626805
2) Aree drenanti	4.644,00	0,032636883	0,2	0,006527377
Totale	142.293,00		$\varphi^0 =$	0,877154182

Situazione "post operam"				
<i>Tipologia</i>	<i>Superficie (mq)</i>	<i>Percentuale sul Totale</i>	<i>Coefficiente di deflusso specifico</i>	<i>Prodotti parziali</i>
1) Aree impermeabili	106.290,01	0,74697989	0,9	0,672281904
2) Aree semimpermeabili	3.465,78	0,02435664	0,7	0,017049651
3) Aree semidrenanti	4.933,40	0,03467071	0,5	0,017335357
4) Aree drenanti	9.473,81	0,06657959	0,2	0,013315919
5) Aree drenanti 100%	18.130,00	0,12741315	0,0	0
Totale	142.293,00		$\varphi' =$	0,719982831

I dati sopra riportati dimostrano che la trasformazione urbanistico-edilizia prevista per l'Ambito in oggetto è caratterizzata da una diminuzione rispetto alla situazione originaria del "coefficiente di deflusso medio ponderato" che determina una riduzione del quantitativo di acque piovane apportato alla rete fognaria di raccolta acque bianche, da cui discende conseguentemente che non risulta necessario prevedere un volume minimo di invaso.

d) Verifica dell'idoneità del volume di laminazione

Il *Volume massimo da trattenere* alla fine di un evento piovoso della durata "D" è dato dalla differenza tra il *Volume di pioggia entrante* e il *Volume di pioggia uscente* e quindi dalla seguente formula:

$$\text{Volume max trattenuto} = W_e - W_u = (S \times \varphi \times a \times D^n) - (S \times U_{lim} \times D)$$

E da questa conseguentemente è possibile determinare i due parametri tra loro correlati che individuano la durata critica D_w e il volume di laminazione massimo W_o , applicando le seguenti due formule:

$$D_w = [U_{lim} / (2,78 \times \varphi \times a \times n)]^{(1/n-1)}$$

$$W_o = (10 \times \varphi \times a \times D_w^n) - (3,6 \times U_{lim} \times D_w)$$

Nel caso in esame i parametri di riferimento da utilizzare sono i seguenti

S = 12,4163 ha (superficie scolante del sito che deriva dalla superficie di trasformazione pari a 14,2293 ha – superficie Drenante al 100% pari a 1,8130 ha gestita secondo quanto previsto dal sistema dei fossati)

φ = 0,72 (coefficiente di deflusso medio ponderale del sito)

a = 79,62 (parametro correlato alla curva pluviometria adottata con Tr = 50 anni)

n = 0,56 (parametro correlato alla curva pluviometria adottata con Tr = 50 anni)

U_{lim} = 250 l / (s ha) (portata specifica limite ammissibile allo scarico)

Si evidenzia che nei calcoli effettuati è stato attribuito un coefficiente di deflusso specifico pari a zero sia alle porzioni di superficie del sito per le quali il progetto prevede la realizzazione dei “fossati inondabili”, che alle porzioni di aree verdi in piena terra immediatamente confinanti con essi. Ciò in relazione al fatto che, come argomentato nel precedente paragrafo C in cui è illustrata la loro funzionalità e verifica idraulica, tali fossati inondabili sono caratterizzati da una adeguata permeabilità atta a garantire l'infiltrazione naturale nel terreno sottostante sia delle acque meteoriche che piovono direttamente sulla loro superficie sia della quantità in esubero provenienti dalle suddette aree limitrofe anche esse dotate comunque di una capacità di infiltrazione.

Per quanto riguarda la portata specifica limite ammissibile **U_{lim}** è stato utilizzato un dato riferito a una ex area industriale urbana in trasformazione, simile all'Ambito in oggetto, ubicata nelle prossimità.

Conseguentemente, applicando i calcoli sopra descritti, si ottengono i valori caratteristici di seguito riportati:

$$\text{Durata critica } Dw = [U_{lim} / (2,78 \times \phi \times a \times n)]^{1/(n-1)} = \mathbf{0,096 \text{ h}}$$

$$\text{Volume di laminazione necessario } Wo = S \times wo = \mathbf{843,315069 \text{ m}^3}$$

$$\text{con volume specifico di invaso } wo = 10 \times \phi \times a \times Dw^n - 3,6 \times U_{lim} \times Dw = 67,92 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Per accertare l'idoneità del volume di laminazione occorre fare riferimento ai volumi di accumulo temporaneo disponibili nelle tubazioni che costituiscono il sistema fognario in progetto.

Al riguardo si precisa che il Piano Esecutivo Convenzionato dell'“Ambito 16.34 Mirafiori – A”, ai sensi delle norme vigenti, è comprensivo di un Progetto di fattibilità tecnica ed economica delle Opere di Urbanizzazione nell'ambito del quale sono state dimensionate le reti principali del sistema fognario.

Pertanto nel calcolo del volume complessivo di accumulo temporaneo disponibile, a vantaggio della sicurezza idraulica ad avvenuta trasformazione urbanistico-edilizia del sito, sono stati esclusi i volumi afferenti alle reti secondarie del sistema fognario.

Nello specifico sulla base del dimensionamento progettuale della rete fognaria si individuano tre dorsali principali e i corrispondenti volumi parziali che contribuiscono a determinare il Volume di accumulo temporaneo complessivo come di seguito riportato:

1 - Dorsale a servizio UMI A1 e UMI A2 e parte UMI A3	413,73	m³
- rete principale	286,75	m ³
- rete secondaria	126,98	m ³
2 - Dorsale a servizio UMI A3 (Cittadella + Competence)	168,80	m³
- rete principale	115,84	m ³
- rete secondaria	52,96	m ³
3 - Dorsale a servizio UMI A4	223,43	m³
- rete principale	190,55	m ³
- rete secondaria	32,88	m ³
Totale volume di accumulo della rete fognaria	805,96	m³

Al Volume di accumulo temporaneo della rete fognaria va poi aggiunto il contributo di un serbatoio, in parte destinato alla raccolta delle acque piovane a scopo irriguo, dotato di fori del "troppo pieno" posizionati a metà altezza delle pareti laterali. Viene pertanto considerato un contributo di accumulo pari al 50% del volume totale del serbatoio che è pari a 150 m³.

Volume parziale di accumulo serbatoio	75,00	m³
--	--------------	----------------------

Il Volume di accumulo temporaneo totale dell'intero Ambito è perciò pari a:

Volume di accumulo temporaneo totale Zona A	880,96	m³
--	---------------	----------------------

Risulta pertanto che il Volume di accumulo temporaneo totale pari a **880,96 m³** è superiore al Volume di laminazione necessario determinato in **843,32 m³**.

In fase di progettazione esecutiva il volume di laminazione necessario potrà ulteriormente essere ridotto prevedendo il convogliamento di una parte delle acque raccolte dai tetti verso i fossati inondabili che, come dimostrato al precedente punto C, posseggono ancora un ampio margine di operatività non sfruttato.

e) Conclusioni

Sulla base delle argomentazioni rappresentate nel presente documento e dei risultati ottenuti dai calcoli effettuati, sulla base del dimensionamento progettuale della rete fognaria di raccolta delle acque bianche e dei fossati inondabili si può concludere che il progetto di trasformazione urbanistico-edilizia dell'"Ambito 16.34 Mirafiori – A" oltre a incrementare significativamente, rispetto allo stato originario, le aree permeabili sistemate con verde in piena terra, come dimostrato, garantisce il rispetto del principio dell'invarianza idraulica.