

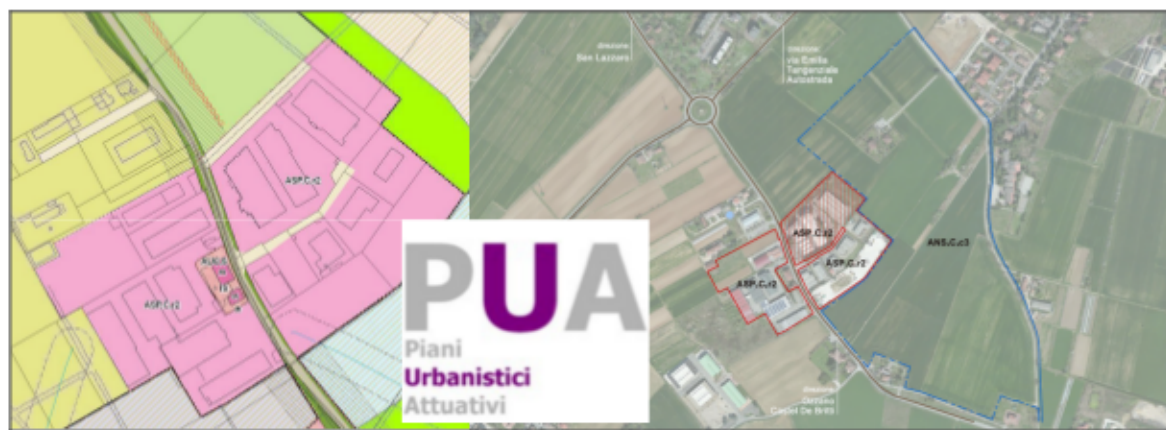
COMUNE DI SAN LAZZARO DI SAVENA

PUA – Piani Urbanistici Attuativi

PUA
Piani
Urbanistici
Attuativi

INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE
Ambito ASP.C.r2 - VIA PALAZZETTI

PROPRIETA' PICASSO S.R.L.
E PROPRIETA' FINDA S.R.L.



La Proprietà Committente

PICASSO S.R.L.

Il Progettista e D.L.

Arch. SEBASTIANO SARTI
Via Idice 9 - 40068 San Lazzaro di Savena
Codice Fiscale SRT SST 67L23 A757K
Tel. 051/6258307
E-mail: s.sarti@cfarchitettura.com
PEC: sebastiano.sarti@archiworldpec.eu

La Proprietà Committente

FINDA S.R.L.

Il Progettista e D.L.

Dott.Ing. ALFREDO TUGNOLI
Via Clavature 18/2 - 40124 Bologna
Codice Fiscale TGN LRD 41L01 A944G
Tel. e Telefax 051/233459
E-mail: alfredo.tugnoli@tin.it
PEC: alfredo.tugnoli@ingpec.eu

Consulente Verifica Idraulica

Progetto 3 Ingegneri Associati
Ing. MARCELLO MARINO
Via del Faggiolo 1/6 - 40132 Bologna
P.IVA/C.F. 02936131206
Tel. 051/7162695
E-mail: progetto3.ing@gmail.com

Oggetto Tavola

PUA – Piani Urbanistici Attuativi
FINDA - VIA PALAZZETTI

VERIFICHE IDRAULICHE RELATIVE ALL'INTERVENTO DI RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

LAMINAZIONE PER LE OPERE DI CESSIONE
LAMINAZIONE PER IL LOTTO FINDA
RELAZIONE IDRAULICA

Elaborato N.

RELAZIONE IDRAULICA

LAMINAZIONE OPERE DI CESSIONE
LAMINAZIONE LOTTO FINDA

Data

GENNAIO 2017

COMUNE DI S. LAZZARO DI SAVENA (BO)

*VERIFICHE IDRAULICHE RELATIVE ALL'INTERVENTO DI
RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE
Ambito ASP.C.r2 - VIA PALAZZETTI*

RELAZIONE IDRAULICA

S. Lazzaro di Savena, Giugno 2016

INDICE

1	PREMESSA E CONTENUTI	3
2	DATI DI PROGETTO UTILIZZATI PER LA VERIFICA	5
3	FOGNATURE PREVISTE	5
3.1	Fognatura separata nera	6
3.1.1	Dimensionamento collettori fogna nera.....	6
3.2	Fognatura separata bianca.....	9
3.2.1	Premessa.....	9
3.2.2	Bacini contribuenti	10
3.2.3	Portate di pioggia.....	15
3.2.4	Cenni di statistica delle piogge di breve durata	16
3.2.5	Calcolo della portata al colmo massima con metodo speditivo	18
3.2.6	Dimensionamento collettori di progetto.....	18
3.3	Introduzione ai concetti di invarianza idraulica e laminazione delle portate	19
3.3.1	Laminazione per le opere di cessione.....	22
3.3.1.1	Dimensionamento collettore finale di progetto.....	23
3.3.1.2	Dimensionamento collettore di scarico	26
3.3.1.3	Pozzetto di collegamento fogna bianca-vasca di laminazione	28
3.3.2	Laminazione per il lotto Finda	29
3.3.2.1	Dimensionamento collettore finale di progetto.....	30
3.3.2.2	Dimensionamento collettore di scarico	34
3.3.2.3	Pozzetto di collegamento fogna bianca-vasca di laminazione	36
3.3.3	Opere accessorie alle vasche di laminazione.....	36
3.4	Verifica idraulica fossi esistenti.....	37
4	CONCLUSIONI	41

1 Premessa e Contenuti

L'intervento proposto nell'Ambito ASP.C.r2 in via Palazzetti a San Lazzaro di Savena consiste nella riqualificazione del Lotto A, precedentemente realizzato con presenza di un capannone avente dimensioni di circa 60x30 m in pianta, e nella trasformazione di un appezzamento di terreno corrispondente ai Lotti A* e B, che saranno edificati con conseguente impermeabilizzazione di un'area ora permeabile.

L'intervento prevede nuovi tratti di fognatura, dedicati rispettivamente al collettamento delle acque nere (fognatura nera) ed al collettamento delle acque bianche (fognatura bianca). Trattasi quindi di fognature separate, che integreranno le fognature separate già esistenti.

L'insediamento è di tipo produttivo e comprenderà anche funzioni di terziario (Lotto B), per quanto riguarda le acque nere viene escluso l'utilizzo di acque di processo, le acque bianche proverranno dal dilavamento delle superfici pavimentate ed impermeabili in genere (strade, parcheggi, coperture, ecc.).

In merito ai ricettori, le acque nere recapiteranno nella fognatura esistente all'interno del comparto.

Per quanto concerne le acque meteoriche, le fogne bianche esistenti attualmente recapitano, invece, in due fossi di campagna (individuati nel seguito come Fosso Nord-Ovest e Fosso Sud-Est) ubicati nei terreni confinanti con la lottizzazione; in realtà l'aggravio di portata conseguente all'intervento interesserà il solo Fosso Nord-Ovest: a monte dell'immissione in tale ricettore dovrà quindi essere predisposto idoneo dispositivo di laminazione, nel rispetto della norma di cui all'art. 20 del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PSAI) relativo al controllo degli apporti d'acqua, cui le aree interessate sono soggette.

Il presente documento illustra le verifiche idrauliche inerenti i collettori di progetto e la capacità dei ricettori, con particolare riferimento alle acque meteoriche, nonché il dimensionamento delle vasche di laminazione.

Le verifiche contenute in questa relazione sono basate su dati, informazioni, cartografie, elaborati grafici dello stato di fatto e di progetto e rilievi topografici forniti dal Committente Progettista Generale.



Figura 1: Inquadramento aree da edificare

2 Dati di progetto utilizzati per la verifica

Si riassumono i dati forniti dal Committente Progettista Generale, sui quali si basano le considerazioni e le verifiche esposte nella presente relazione.

Tipologia di insediamento:	produttivo+terziario
Funzioni produttive esistenti:	lavorazioni meccaniche-verniciatura
Funzioni produttive di progetto:	lavorazioni meccaniche-verniciatura terziario/servizi
Superficie Territoriale FINDA srl (Lotti A + A* + B):	10.833 mq (1,08 ha)
Superficie Territoriale edificata (Lotto A):	4.833 mq (0,48 ha)
Superficie Territoriale da edificare (Lotto Finda):	4.000 mq (0,40 ha)
Superficie Territoriale Opere di cessione:	2.000 mq (0,20 ha)
Superficie Territoriale PICASSO:	11.101,68 mq (1,11 ha)
Superficie Territoriale comparto Palazzetti residuo:	10.414 mq (1,04 ha)

Per quanto concerne l'afflusso delle acque meteoriche alla rete scolante, si anticipa che, stante il carattere di insediamento non residenziale con percentuale di impermeabilizzazione molto elevata, a favore di sicurezza le aree in trasformazione, così come quelle precedentemente trasformate, si considerano integralmente impermeabili, pertanto il coefficiente di afflusso f sarà posto pari a 1,0 nei calcoli.

3 Fognature previste

Le fognature esistenti sono di tipo separato, così come quelle di progetto, che verranno realizzate a gravità in PVC SN 8 (rispondenti alle norme UNI EN 1401-1 oppure alle norme EN 13476-tipo A1) con pendenze variabili come indicate nei paragrafi seguenti.

Le modalità di allettamento, rinfianco e ricoprimento dei collettori saranno funzione delle profondità e delle effettive condizioni di posa delle tubazioni, seguendo comunque la regola dell'arte.

3.1 Fognatura separata nera

Saranno realizzati nuovi tratti di fognatura nera per il collettamento degli scarichi, che deriveranno solamente dai servizi igienici dei fabbricati, escludendo l'utilizzo di acque di processo.

I nuovi collettori recapiteranno nella rete interna, privata e consorziale, già esistente e allacciata alla pubblica fognatura.

3.1.1 Dimensionamento collettori fogna nera

Alla base di ogni dimensionamento idraulico vi è la determinazione delle portate liquide. In tal caso, trattandosi di fognature a servizio di un comparto produttivo, avendo escluso in premessa l'utilizzo di acqua all'interno del ciclo produttivo, è sufficiente conoscere il numero degli addetti previsti o, in mancanza di tale dato, la superficie a servizio delle diverse funzioni produttive.

Localizzazione Fabbricato	Funzione esercitata	Superficie coperta prevista o di progetto (MQ)	Superficie Utile prevista o di progetto (MQ)	Superficie Accessoria prevista o di progetto (MQ)
FINDA - LOTTO A	Lavorazioni meccaniche verniciatura	1.943,00	2.394,94	30,50
FINDA - LOTTO A*	Lavorazioni meccaniche verniciatura	475,30	483,00	303,50
FINDA - LOTTO B	Servizi/Terziario		500,00	350,00

Tabella 1: Attività produttive esercitate nei fabbricati dei lotti FINDA

Avendo a disposizione, quale dato di ingresso fornito dal Committente Progettista Generale, la superficie delle diverse attività presenti e future nell'area in oggetto, il calcolo delle portate nere si basa su valori di richiesta media di acqua per unità di superficie coperta, validi per aree industriali, esposti nella bibliografia tecnica. In particolare, si può far riferimento a un valore medio di 2 l/(s*ha) indicato per la Regione Lombardia (rif. bibliografico: Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione, a cura del Centro Studi Deflussi Urbani, AA.VV., Ed. Hoepli), il quale, moltiplicato per la superficie utile (che è maggiore di quella coperta, operando quindi a favore di sicurezza) dei

fabbricati ad uso produttivo, permette di ottenere la portata nera media proveniente da ciascuna attività.

La portata nell'ora di punta, poi, può esser calcolata utilizzando un coefficiente moltiplicatore della portata media pari a 3,5, a favore di sicurezza.

Nella tabella seguente vengono indicati i contributi di portata provenienti dalle diverse attività.

Localizzazione Fabbricato	Portata unitaria l/(s*ha)	Superficie Utile prevista o di progetto (MQ)	Portata nera media l/s	Coefficiente di punta	Portata nera di punta l/s
FINDA - LOTTO A	2	2.394,94	0,48	3,5	1,68
FINDA - LOTTO A*	2	483	0,10	3,5	0,35
FINDA - LOTTO B	2	500	0,10	3,5	0,35
TOTALE			0,68		2,38

Tabella 2: Portate nere lotti FINDA

La portata in moto uniforme di un collettore viene qui calcolata con la formula di Chezy specializzata alla maniera di Gaukler-Strickler:

$$Q_{unif} = K_s \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

essendo:

Q_{unif} → portata in moto uniforme (m³/s)

K_s → scabrezza delle tubazioni secondo Gaukler-Strickler (m^{1/3}/s)

$A = f(Y)$ → sezione bagnata della tubazione, funzione del tirante idrico Y (m²)

$R = f(Y)$ → raggio idraulico ($R=A/C$, dove C è il contorno bagnato della sez.) (m)

i → pendenza del condotto (m/m)

Nella scelta del diametro dei collettori occorre tenere conto sia dell'esigenza di trasportare le massime portate sia dell'esigenza di avere velocità di deflusso accettabili.

Saranno utilizzate tubazioni in PVC. Quale dimensione del collettore finale all'interno dei LOTTI FINDA viene scelto il diametro D_e 250 con pendenza di posa pari al 4‰, ampiamente sufficiente a trasportare le portate massime in gioco e in grado di garantire valori di velocità accettabili anche in corrispondenza delle portate medie.

Tale sezione per il collettore viene scelta anche per diminuire il rischio di ostruzione da parte di corpi estranei eventualmente introdotti in rete che, con diametri inferiori, potrebbero dar luogo a

difficoltà di deflusso, cercando piuttosto di ottenere maggiori velocità di scorrimento sfruttando la pendenza di posa al 4‰.

Ipotizzando, quindi, di posare una tubazione in PVC De 250 mm SN 8 SDR 34 sp. 7,3 mm UNI EN 1401-1, la portata a sezione piena e la portata massima (che si ha con un livello di riempimento y/D pari a circa 0,94), calcolate considerando i valori del diametro interno ($D_i = 235,4$ mm) per una pendenza di posa del 4‰ e introducendo un coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler di $120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (valore cautelativo per il pvc che tiene conto anche di perdite di carico localizzate in pozzetti, singolarità, ecc. e del fenomeno di usura cui saranno soggette le tubazioni nel tempo), sono:

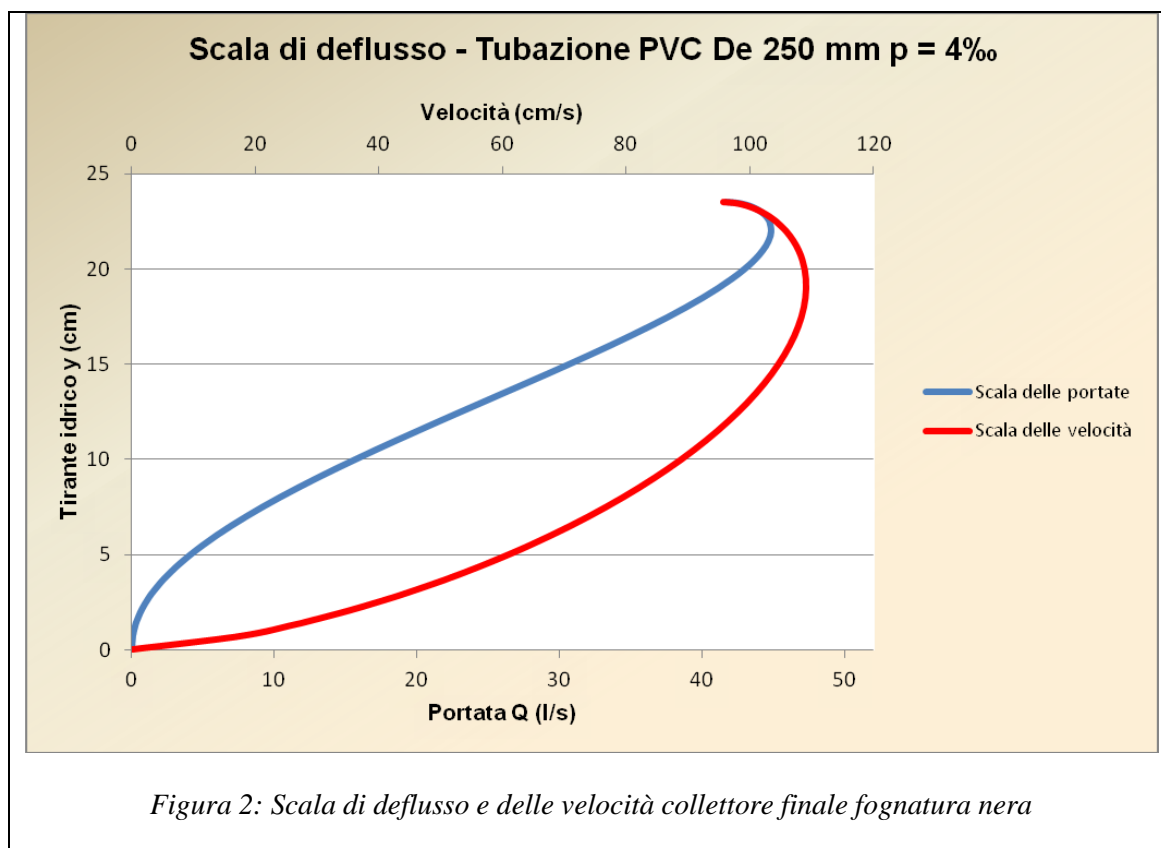
$$Q_{\text{sez.,piena}} = 49,7 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{max}} = 53,5 \text{ l/s}$$

Nella tabella seguente si riassumono le caratteristiche del flusso nel collettore finale di progetto della fognatura nelle condizioni di portata media e di punta; i valori indicati possono essere ricavati anche per via grafica nella figura successiva, che riporta la scala di deflusso e delle velocità per il collettore adottato, ottenuta considerando appunto un coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler di $120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

	Velocità v in condotta (m/s)	Livello di riempimento y/D (tirante/diametro)	Tirante idrico y (cm)
$Q_{n,\text{media}}$ (0,68 l/s)	0,40	0,08	1,9
$Q_{n,\text{punta}}$ (2,38 l/s)	0,59	0,15	3,5

Tabella 3: Caratteristiche del flusso nella tubazione De 250



3.2 Fognatura separata bianca

3.2.1 Premessa

Il corpo idrico ricettore finale per le fognature bianche esistenti e di progetto è costituito da due fossi, che in seguito saranno denominati Fosso Nord-Ovest e Fosso Sud-Est, presenti a Nord-Est del comparto in esame, verso i quali scolano anche porzioni dei campi agricoli adiacenti.

Come è noto, l'edificazione di aree comporta un'impermeabilizzazione delle stesse cui consegue un aumento delle portate meteoriche massime nella sezione di chiusura del bacino, le quali poi si riversano nel ricettore finale che rischia di andare in crisi ove la sua capacità risulti insufficiente e non si provveda ad adeguarne la sezione.

La normativa vigente prevede quindi la realizzazione di interventi per l'accumulo temporaneo di determinati volumi d'acqua a monte dell'immissione nel corpo idrico ricettore allo scopo di limitare la portata in ingresso e preservare l'esistente regime idraulico dello stesso: tale argomento viene trattato in maniera più estesa nel paragrafo 3.3 a pagina 19.

Poiché, come si vedrà in seguito, l'aggravio di portata conseguente all'intervento di progetto interesserebbe il solo Fosso Nord-Ovest, a salvaguardia di quest'ultimo e del suo attuale regime

idraulico sarà realizzato un idoneo dispositivo di laminazione delle portate. Non saranno modificati, invece, la situazione e il regime idraulico del Fosso Sud-Est.

Nel paragrafo seguente si riporta l'analisi dei bacini contribuenti, in riferimento allo stato attuale, ante-trasformazione, e allo stato di progetto, post-trasformazione del lotto considerato, effettuata sulla base dei dati forniti dal Committente Progettista Generale.

Nei paragrafi successivi si esporranno alcune considerazioni e formule alla base del calcolo delle portate di pioggia, della portata al colmo massima e del dimensionamento dei collettori di progetto, per passare, poi, alla trattazione dei dispositivi di laminazione e alla verifica dell'esistente ricettore Fosso Nord-Ovest.

3.2.2 Bacini contribuenti

Le aree dei bacini contribuenti si desumono dai dati forniti dal Committente Progettista Generale, di seguito riassunti.

Tipologia di insediamento: produttivo/terziario

RICETTORE: FOSSO NORD-OVEST

Insedimenti

Superficie Territoriale complessiva lotti oggetto di riqualificazione (Lotti A + A* + B):	10.833 mq (1,08 ha)
Superficie Territoriale lotti già impermeabilizzata (Lotto A):	4.833 mq (0,48 ha)
Superficie Territoriale oggetto di trasformazione (da terreno ad area impermeabile – Lotto Finda):	4.000 mq (0,40 ha)
(da terreno ad area impermeabile – Opere di cessione):	2.000 mq (0,20 ha)

Superficie impermeabile contribuente ante-trasformazione (Lotto A):	4.833 mq (0,48 ha)
Superficie impermeabile contribuente post-trasformazione (Lotti A + A* + B):	10.833 mq (1,08 ha)

Terreni agricoli

Bacino Fosso Nord-Ovest ante-trasformazione:	47.000 mq (4,70 ha)
Bacino Fosso Nord-Ovest post-trasformazione (detraendo area da impermeabilizzare):	41.000 mq (4,10 ha)

RICETTORE: FOSSO SUD-EST

Insedimenti

Superficie Territoriale lotti esistenti a monte:	11.101,68 (1,11 ha)
	+ 10.414 mq (1,04 ha)
Superficie impermeabile contribuente attuale:	21.515,68 mq (2,15 ha)
Superficie Territoriale oggetto di trasformazione (da terreno ad area impermeabile):	0 mq (0 ha)

Superficie impermeabile contribuente attuale:	21.515,68 mq (2,15 ha)
Superficie impermeabile contribuente futura:	21.515,68 mq (2,15 ha)

Terreni agricoli

Bacino Fosso Sud-Est:	24.000 mq (2,40 ha)
-----------------------	---------------------

L'intervento di progetto, che consiste nella trasformazione con edificazione dell'area dei Lotti A* e B non incide, quindi, sul ricettore Fosso Sud-Est, il cui bacino contribuente rimane sostanzialmente invariato; inoltre, non essendo state segnalate per esso problematiche di tipo idraulico, si ometterà la verifica di tale fosso.

Si sottolinea la scelta di considerare sia le aree già costruite sia quelle in trasformazione come superficie integralmente impermeabilizzate. Tale scelta, che opera comunque a favore di sicurezza, è dovuta alla tipologia di insediamento non residenziale, per cui le aree a verde rappresentano effettivamente una percentuale assai ridotta sul totale, e alla concreta possibilità che esse scolino effettivamente verso le aree impermeabili quindi in fognatura in occasione degli eventi meteorici intensi, qualora questi ultimi intervengano in condizioni di terreno ormai saturo.

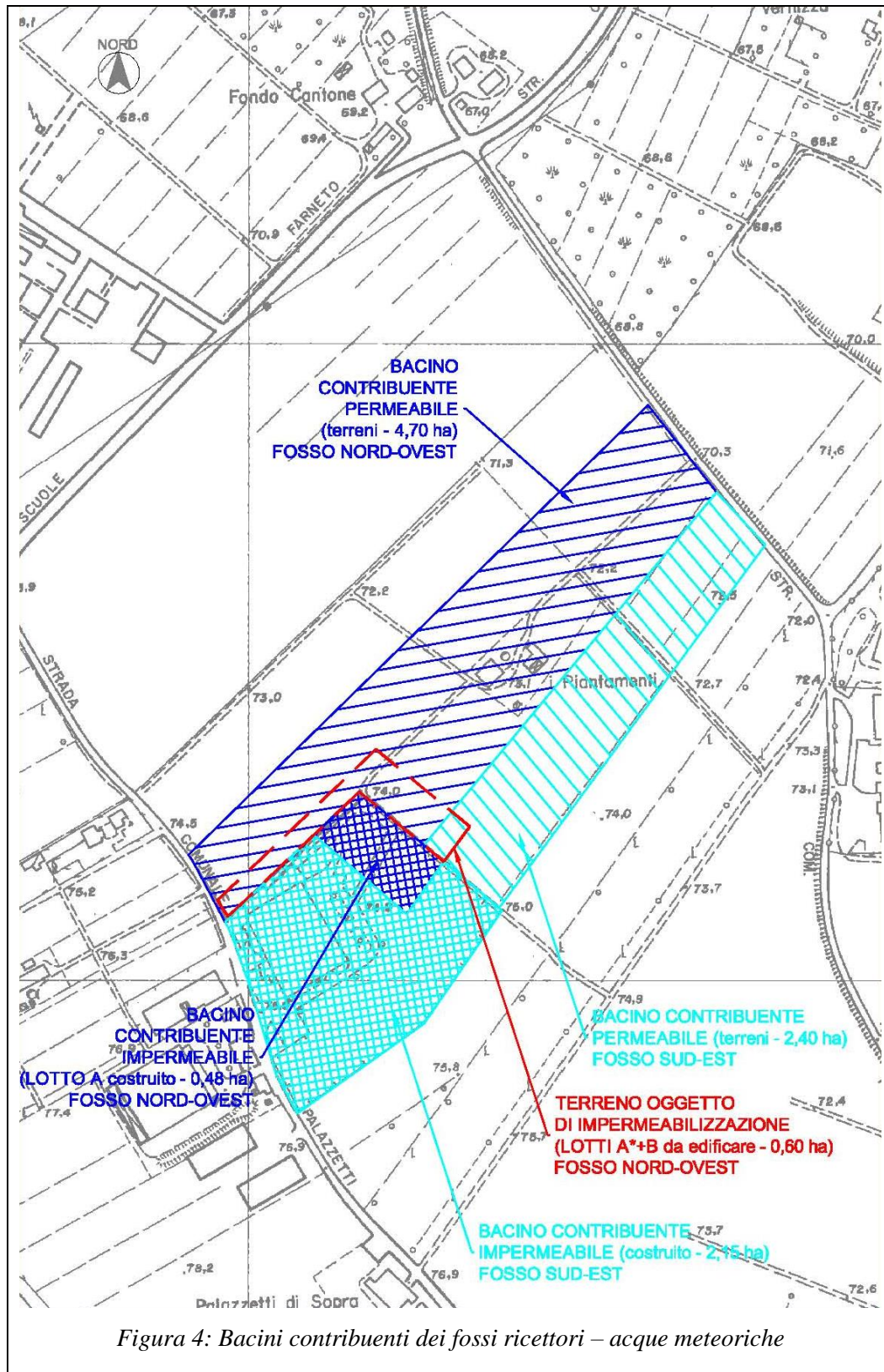
Riassumendo, per quanto riguarda le acque meteoriche, il bacino contribuente del Fosso Nord-Ovest, pari attualmente a 4.833 mq di aree impermeabili (costruito) e 47.000 mq di aree permeabili (terreni agricoli), con la trasformazione proposta avrà superficie pari a 10.833 mq di aree impermeabili (costruito) e circa 41.000 mq di aree permeabili (terreni agricoli). Per il principio dell'invarianza idraulica, saranno realizzate opere di laminazione a monte dell'immissione dei collettori delle acque meteoriche delle aree di nuova edificazione nel Fosso Nord-Ovest.

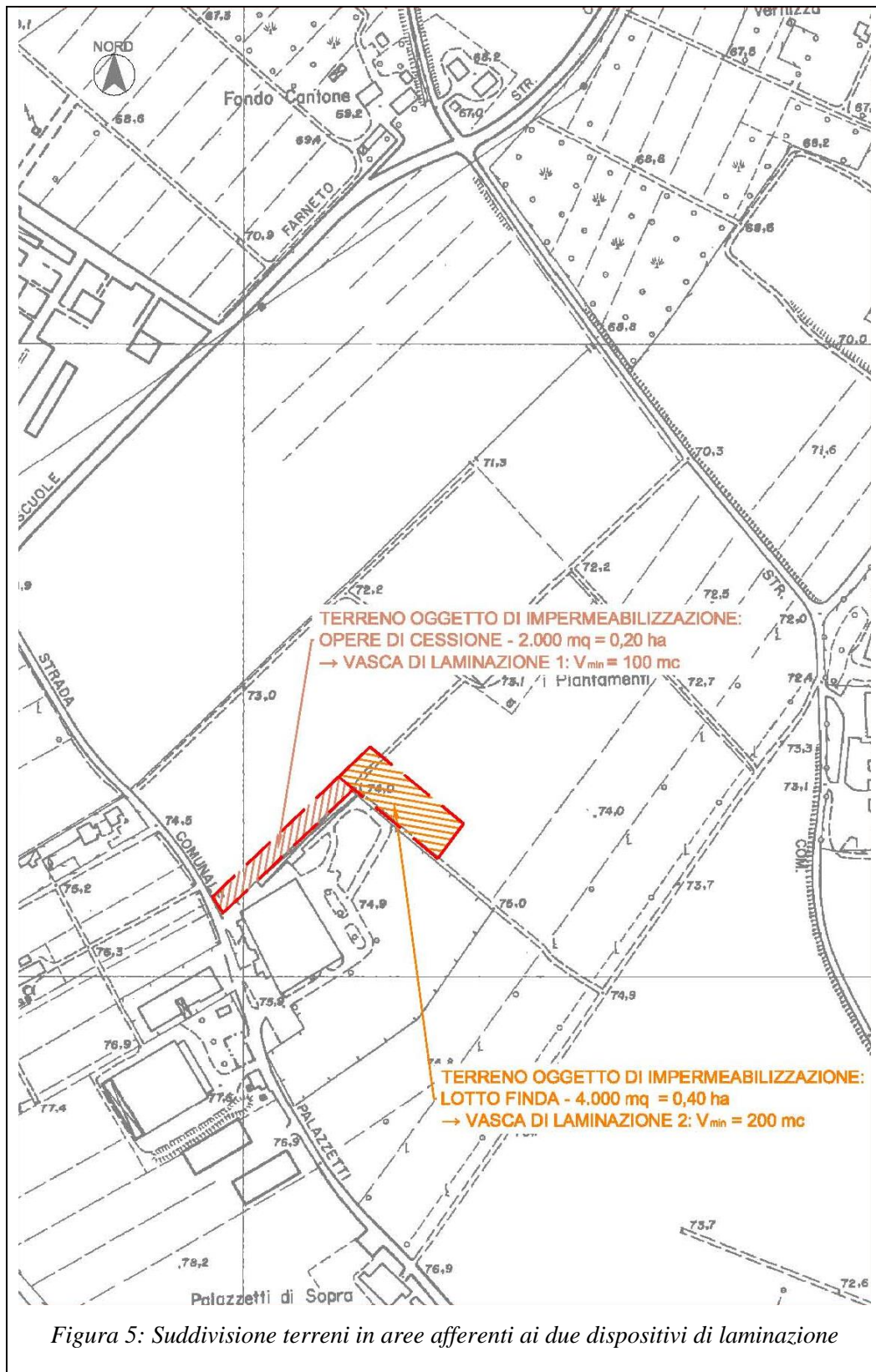
Il bacino contribuente del Fosso Sud-Est continuerà ad avere, come nella situazione attuale, superficie pari a 21.515,68 mq (2,15 ha) di aree impermeabili (costruito) e 24.000 mq di aree

permeabili (terreni agricoli), pertanto a servizio del Fosso Sud- Est non si prevedono dispositivi di laminazione.



Figura 3: Inquadramento satellitare fossi ricettori





3.2.3 Portate di pioggia

Gli eventi pluviometrici si caratterizzano in base alla loro durata ed è statisticamente dimostrato, come ben noto, che precipitazioni particolarmente intense si verificano per brevi periodi: è il caso tipico degli acquazzoni estivi e primaverili, mentre la piovosità prolungata nel tempo, tipica della stagione invernale, si manifesta con intensità minore.

La durata dell'evento pluviometrico determina la portata massima in uscita dal bacino sollecitato. La massima portata pluviometrica nella sezione finale di un bacino idrografico naturale o artificiale si verifica, quindi, in corrispondenza di precipitazioni con durata pari al tempo di corrivazione del bacino nella sezione in esame (precipitazione critica), essendo il tempo di corrivazione l'intervallo temporale che impiega la precipitazione caduta nel punto più remoto del bacino a raggiungere la sezione finale. Precipitazioni con durata inferiore al tempo di corrivazione, pur essendo caratterizzate da un'intensità maggiore della critica non sollecitano uniformemente tutto il bacino, poiché le superfici più remote contribuiscono alla formazione della portata solo dopo la fine dell'evento pluviometrico. Le precipitazioni con durata superiore al tempo di corrivazione, pur sollecitando uniformemente tutto il bacino, hanno, invece, intensità minore della critica. Nel grafico seguente, dove sono riportati gli idrogrammi trapezoidali di piena nella sezione di chiusura di un bacino idrografico, viene esemplificata l'influenza della durata D dell'evento pluviometrico, a parità di millimetri precipitati, sulla portata massima Q :

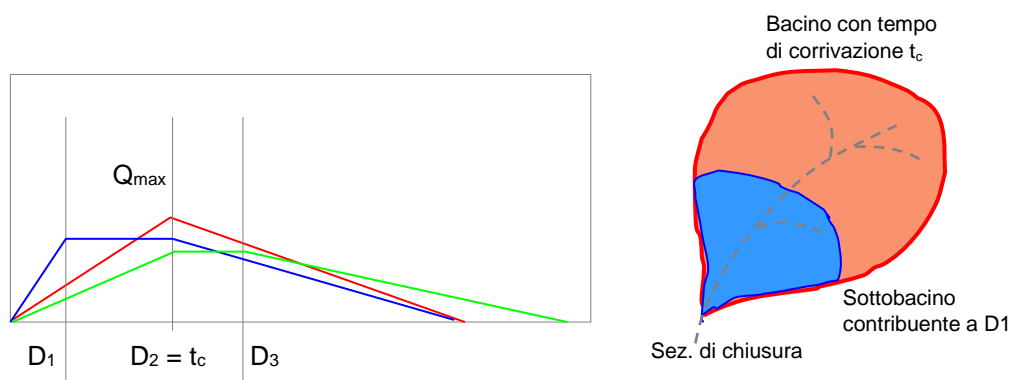


Figura 6: durata dell'evento pluviometrico e portata massima

I tempi di corrivazione di bacini urbani sono piuttosto esigui, nell'ordine dei minuti o delle decine di minuti, poiché elevate sono le velocità di scorrimento dell'acqua (0.5-1.0 m/s) sulle superfici lastricate ed asfaltate ed all'interno delle tubazioni fognarie. Diversamente i tempi di

corrivazione di reti idrografiche superficiali naturali od artificiali, come quelle di bonifica, sono dell'ordine delle ore o dei giorni a seconda delle estensioni delle superfici drenate.

Per il dimensionamento di opere in ambito fognario urbano vanno considerate precipitazioni molto intense caratterizzate, cioè, da brevi durate, simili ai tempi di corrivazione dei bacini in questione.

In accordo con il paragrafo 5 "Criteri di dimensionamento" delle Linee Guida di Hera, Ente Gestore delle fognature, per le verifiche idrauliche si utilizzerà una curva di probabilità pluviometrica con tempo di ritorno venticinquennale, ciò costituendo un ampio margine di sicurezza:

$$\begin{aligned}
 h_{(Tr=25)} &= 45,36 \cdot d^{0,57} && \text{per } d < 1 \text{ h} \quad (d = \text{durata pioggia}) \\
 h_{(Tr=25)} &= 43,69 \cdot d^{0,29} && \text{per } d > 1 \text{ h} \quad (d = \text{durata pioggia})
 \end{aligned}$$

3.2.4 Cenni di statistica delle piogge di breve durata

La procedura per caratterizzare statisticamente le precipitazioni parte dalle osservazioni pluviometriche ricavabili dagli annali idrologici dove sono registrate, in maniera continua, le precipitazioni di durata maggiore od uguale alle 24 ore e in maniera saltuaria le precipitazioni di intensità eccezionale. Proprio queste ultime interessano per la verifica delle reti di drenaggio urbano, come si è già puntualizzato al paragrafo precedente. I massimi annuali delle piogge di breve durata (dalle decine di minuti a qualche ora) vengono quindi suddivisi in base alla durata, in modo da avere dei gruppi di osservazione piuttosto numerosi (almeno una decina di anni di osservazioni) per ciascuna durata. Tali gruppi vengono caratterizzati statisticamente con la distribuzione di probabilità di Gumbel dei valori estremi:

$$q(P) = \alpha e^{[-\alpha(P-u) - e^{-\alpha(P-u)}]}$$

dove $q(P)$ è la probabilità che si verifichi la precipitazione P ed i parametri u e α sono legati alla media campionaria e alla varianza campionaria della serie di precipitazione considerata. Ricavate le distribuzioni di probabilità per ogni durata è possibile calcolare, in corrispondenza di qualsiasi altezza di precipitazione P , la probabilità di superamento associata E , come l'unità meno l'integrale della distribuzione da meno infinito al valore di pioggia:

$$E(P) = 1 - \int_{-\infty}^P q(P) dP$$

l'inverso di tale valore è definito come il tempo di ritorno Tr dell'evento pluviometrico:

$$T_r = \frac{1}{E(P)}$$

Il tempo di ritorno e la probabilità di superamento di un evento hanno quindi uno stretto legame analitico che, concettualmente, si può tradurre come segue: se il tempo di ritorno è pari a 25 anni allora il numero medio di anni che intercorre tra due eventi della stessa intensità è pari a 25 e la probabilità che ogni anno si verifichi un evento con intensità superiore è pari a 1 su 25.

Si scelgono alcuni tempi di ritorno su cui dimensionare la rete di fognatura e si possono adattare (con il metodo di interpolazione dei minimi quadrati) i valori di pioggia P , relativi a durate diverse D ma caratterizzati dalla medesima ricorrenza, sulle così dette curve di possibilità climatica, che si presentano nella forma:

$$P = aD^n$$

dove a ed n sono i parametri legati in maniera univoca al tempo di ritorno scelto. Così si ha uno strumento che lega la durata alla altezza di pioggia per un prefissato tempo di ritorno.

Le portate massime di pioggia drenabili dal piccolo bacino corrispondente al caso in oggetto a San Lazzaro di Savena sono state calcolate con il metodo razionale: è noto che, secondo tale metodo, la portata massima Q generata da un bacino di estensione A sottoposto ad una precipitazione di altezza h è pari a:

$$Q = \varphi \frac{h}{t_c} A$$

dove φ è il coefficiente d'afflusso che determina la così detta pioggia netta o efficace (quota parte di h non trattenuta dalla superficie A e che quindi raggiunge la rete), mentre t_c è il tempo di corrivazione caratteristico del bacino. La scelta del coefficiente d'afflusso φ dipende dal tipo di terreno: passando da valori pari all'unità per bacini completamente impermeabili fino a valori pari a zero per bacini completamente permeabili. Il tempo di corrivazione t_c deve essere calcolato in base al percorso massimo L individuabile nel bacino considerando la velocità V media del flusso che si può verificare in condizione di piena:

$$t_c = \frac{L}{V}$$

Individuato t_c , il metodo suppone che l'intensità di pioggia critica (che determina la maggior portata nella sezione di chiusura) abbia durata pari al tempo di corrivazione del bacino: da ciò deriva la formula del metodo razionale. E' quindi possibile calcolare Q scegliendo la precipitazione h corrispondente alla durata t_c su una determinata curva di possibilità climatica con fissato tempo di ritorno.

Si vuole sottolineare la corrispondenza tra eventi pluviometrici intensi di breve durata e forti sollecitazioni delle reti di fognatura. Tale binomio, facilmente verificabile nella realtà, è ben presente nella sensibilità comune ed il metodo razionale ne dà una chiara giustificazione scientifica. Essendo le reti di drenaggio urbano, infatti, caratterizzate da bassi tempi di corrivazione (dovuti alle piccole dimensioni coinvolte e alle alte velocità che si verificano sulle superfici asfaltate e nei condotti artificiali), ne consegue che le portate massime si hanno in corrispondenza di eventi pluviometrici intensi con brevi durate. Quanto detto giustifica anche la scelta fatta di analizzare statisticamente le piogge di breve durata.

3.2.5 Calcolo della portata al colmo massima con metodo speditivo

La portata al colmo massima può essere calcolata con metodo alternativo, in via speditiva facendo però riferimento all'esperienza consolidata di consorzi di bonifica relativamente a una vasta casistica di precedenti realizzazioni, ricorrendo all'utilizzo del coefficiente udometrico.

Si definisce coefficiente udometrico la portata per unità di superficie del bacino contribuente: per terreni permeabili non urbanizzati quali sono quelli agricoli, tale grandezza viene posta usualmente pari a 10 l/(s·ha). La portata complessivamente drenata si calcola poi facilmente moltiplicando tale coefficiente per la superficie del bacino di interesse.

Per terreni impermeabilizzati a seguito di edificazione, il coefficiente udometrico raggiunge valori molto più elevati, addirittura aventi un ordine di grandezza superiore: infatti si possono considerare in media 100 l/(s·ha), così che il valore di portata proveniente dall'area trasformata assume valori decuplicati rispetto alla situazione ante-operam.

Così, ad esempio, considerando un bacino campione avente estensione pari ad 1 ettaro, si otterrebbe facilmente:

terreno agricolo:	$10 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} * 1 \text{ ha} = 10 \text{ l/s}$
area urbanizzata:	$100 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} * 1 \text{ ha} = 100 \text{ l/s}$

3.2.6 Dimensionamento collettori di progetto

La portata in moto uniforme di un collettore viene calcolata con la formula di Chezy specializzata alla maniera di Gaukler-Strickler:

$$Q_{unif} = K_s \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

essendo:

$$Q_{unif} \rightarrow \text{portata in moto uniforme (m}^3\text{/s)}$$

- K_s → scabrezza delle tubazioni secondo Gaukler-Strickler ($m^{1/3}/s$)
 $A = f(Y)$ → sezione bagnata della tubazione, funzione del tirante idrico Y (m^2)
 $R = f(Y)$ → raggio idraulico ($R=A/C$, dove C è il contorno bagnato della sez.) (m)
 i → pendenza del condotto (m/m)

Il dimensionamento dei collettori viene quindi effettuato sulla base di tale formula di moto uniforme, verificando che la tubazione scelta, nelle condizioni di posa previste, riesca a smaltire la data portata di progetto in condizioni accettabili di riempimento della sezione e di velocità del flusso.

3.3 Introduzione ai concetti di invarianza idraulica e laminazione delle portate

Come richiesto da ARPAE con parere scritto inviato a seguito della Conferenza dei Servizi per l'intervento in oggetto tenutasi il 18/03/2016, e in ottemperanza alla normativa vigente in merito all'invarianza idraulica e al controllo degli apporti d'acqua richiamata anche dalla nota fatta pervenire dall'Autorità di Bacino in sede di conferenza, sarà realizzata la laminazione delle portate allo scopo di non modificare il regime idraulico dei corpi idrici ricettori, nella fattispecie il Fosso Nord-Ovest, pur avendo verificato che quest'ultimo sarebbe in grado di sopportare l'aggravio di portata conseguente all'intervento di trasformazione urbanistico-edilizia in oggetto.

Richiamando sinteticamente i concetti di fondo, occorre dire che l'effetto dell'impermeabilizzazione dovuta alla urbanizzazione di aree agricole comporta una drastica riduzione della capacità di ricezione ed accumulo idrico tipica dei terreni naturali, quindi un trasferimento molto più efficace e veloce verso il ricettore finale: tale effetto, per il principio dell'invarianza idraulica, deve essere contrastato dall'accumulo temporaneo di un volume d'acqua sufficiente a garantire che il valore massimo di portata in uscita sia non solo compatibile con l'officiosità del ricettore durante gli eventi di piena, bensì addirittura non superiore a quella che sarebbe scaturita dai terreni nella loro condizione naturale precedente all'urbanizzazione, fatto salvo il rispetto di eventuali ulteriori prescrizioni circa i valori massimi di immissione da parte degli enti gestori dei ricettori interessati.

La laminazione è dunque una limitazione della portata uscente verso il corpo idrico ricettore realizzata a mezzo di un volume di accumulo temporaneo.

Quanto alla volumetria richiesta per l'accumulo temporaneo, di seguito si riporta il contenuto del comma 1 dell'Art. 20 (Controllo degli apporti d'acqua) del PSAI Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (ai sensi art.1 c.1 L.3.08.98 n.267 e s.m.i.) Bacino Idice-Savena vivo:

"1. Al fine di non incrementare gli apporti d'acqua piovana al sistema di smaltimento e di favorire il riuso di tale acqua, per le aree ricadenti nel territorio di pianura e pedecollina indicate

nelle tavole del “Titolo II Assetto della Rete Idrografica” i Comuni prevedono nelle zone di espansione, per le aree non già interessate da trasformazioni edilizie, che la realizzazione di interventi edilizi sia subordinata alla realizzazione di sistemi di raccolta delle acque piovane per un volume complessivo di almeno 500 m³ per ettaro di superficie territoriale, ad esclusione delle superfici permeabili destinate a parco o a verde compatto che non scolino, direttamente o indirettamente e considerando saturo d’acqua il terreno, nel sistema di smaltimento delle acque meteoriche; sono inoltre escluse le superfici dei sistemi di raccolta a cielo aperto. Gli strumenti di pianificazione dovranno garantire il permanere delle destinazioni d’uso e delle caratteristiche funzionali delle aree, riguardanti i contenuti del presente articolo, a meno di un’adeguata modifica, ove necessario, dei sistemi di raccolta.”

Quindi, considerando la superficie territoriale oggetto di trasformazione (da terreno ad area impermeabile) delle aree interessate (Opere di cessione + Lotti Finda), che è pari a circa 6.000 mq (0,60 ha), e scegliendo, a scopo cautelativo, di non scomputare dal totale le, peraltro esigue, aree verdi (non essendovi comunque certezze circa il deflusso superficiale nelle aree verdi in condizioni di saturazione del terreno), si ottiene facilmente:

$$V_N = 500 * 0,60 = 300 \text{ m}^3$$

Questa è dunque la volumetria minima di invaso da garantire per le opere di laminazione in progetto, stante la normativa in vigore.

Più in dettaglio, saranno ricavati due diversi spazi per la laminazione delle portate, uno a servizio delle opere di cessione (le quali avranno una superficie di 2.000 mq) e uno a servizio delle opere edificatorie del Lotto Finda (le quali avranno una superficie di 4.000 mq), così che i 300 metri cubi di volume utile precedentemente indicati dovranno essere ripartiti fra i due invasi.

Quanto alla tipologia dei dispositivi di laminazione, si fa riferimento al paragrafo 18 delle “Linee Guida per la progettazione di reti fognarie, versione 3.2 del 15/07/2011 (HERA S.p.A.)” che tratta appunto gli invasi di laminazione:

“La realizzazione di invasi per l’ottenimento di volumi di laminazione dovrà avvenire secondo il seguente ordine preferenziale (Figura 19):

- 1. sovradimensionamento delle condotte di progetto;*
- 2. creazione di aree verdi di avvallamento del terreno inondabili solo in caso di evento meteorico eccezionale;*
- 3. realizzazione di vasche di laminazione interrato e coperte, in c.a..”*

Si allega figura delle Linee Guida esemplificativa degli schemi possibili:

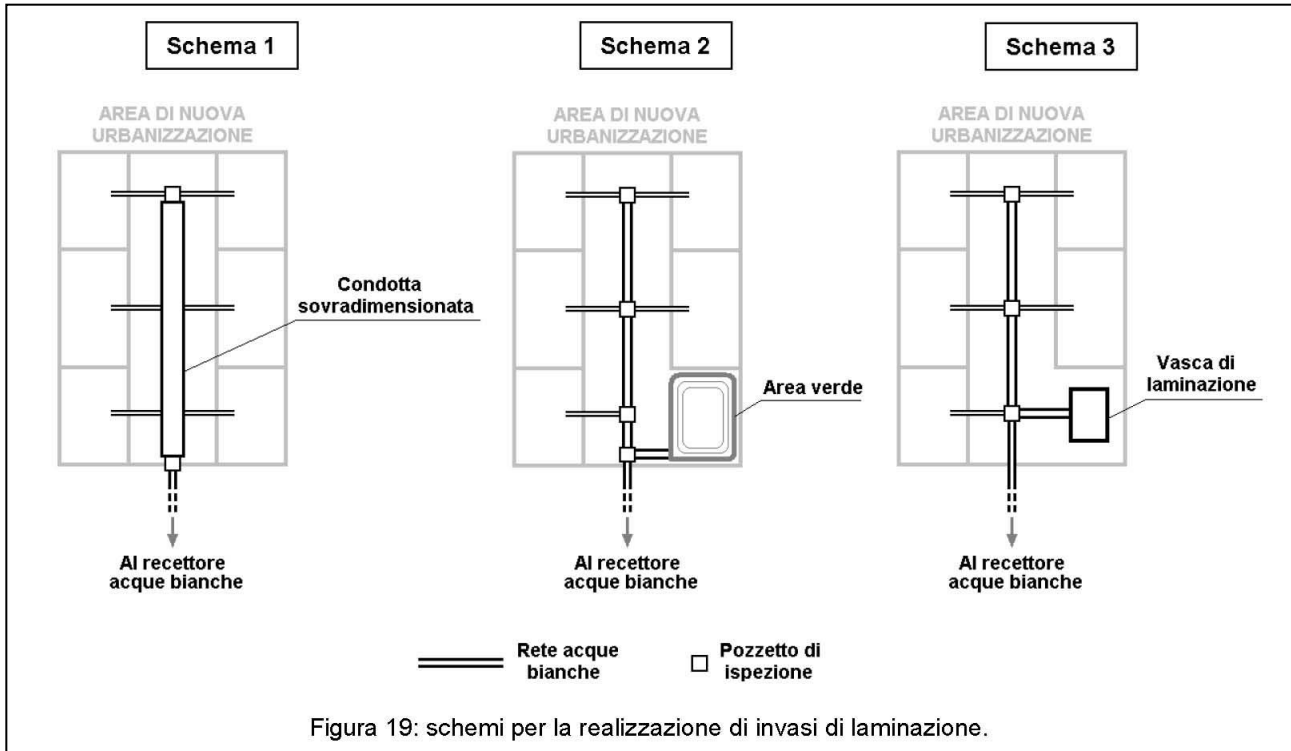


Figura 7: Stralcio da Linee guida Hera per fognature: schemi dispositivi di laminazione

Nel caso in esame, considerati la disposizione, conformazione ed estensione degli spazi a disposizione, si è optato per la realizzazione di laminazione tramite lo sfruttamento di aree verdi depresse inondabili in casi di eventi di piena.

Proseguendo poi nella lettura del paragrafo 18 delle Linee Guida di Hera:

“Le aree verdi di avvallamento del terreno dovranno avere pendenze dei bordi non superiori al 25% (1 su 4). In alternativa dovranno essere recintate e dotate di opportuni sistemi di sicurezza e protezione.

Al fine di ridurre gli eventi di allagamento delle aree verdi dovranno realizzarsi manufatti che consentano lo riempimento e lo svuotamento delle aree come da schema di seguito riportato (Figura 20).”

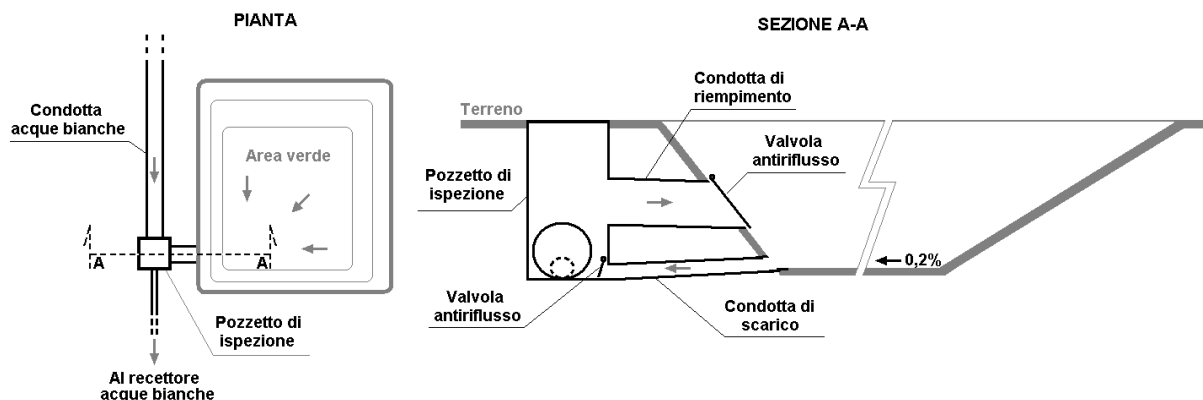


Figura 8: Schema pozzetto di collegamento fogna-vasca di laminazione (Fig. 20 Linee Guida HERA)

Si prevede, pertanto, la realizzazione di pozzetti di scolo che consentano di riempire l'invaso solamente quando la portata in arrivo sia superiore al valore di portata massima consentita allo scarico.

3.3.1 Laminazione per le opere di cessione

Le opere di cessione prevedono la trasformazione di una superficie di estensione pari a circa 2.000 mq (0,20 ha), che ha come conseguenza l'impermeabilizzazione delle aree in oggetto, da cui discende la necessità di un dispositivo di laminazione delle portate per ottenere l'invarianza idraulica.

Dalle norme precedentemente richiamate, considerando la superficie territoriale oggetto di trasformazione (da terreno ad area impermeabile) delle aree interessate, che è pari a 0,20 ha, il volume utile della vasca di laminazione a servizio delle opere di cessione si calcola come segue:

$$V_N = 500 * 0,20 = 100 \text{ m}^3$$

Questa è dunque la volumetria minima di invaso da garantire nel dispositivo di laminazione in progetto.

Come anticipato, tale volume sarà ottenuto sfruttando aree verdi depresse rispetto alla superficie urbanizzata e ad essa confinanti; con una sezione trasversale di 2,50 m, uno sviluppo lineare di 70 m e una profondità di 0,60 m, si ottiene un volume già sufficiente allo scopo, infatti risulta:

$$70 * 2,50 * 0,60 = 105 \text{ m}^3 > V_N = 100 \text{ m}^3$$

Le dimensioni sopra indicate costituiscono quindi le dimensioni nette minime che dovrà avere l'opera di laminazione per ricavarne il volume utile di normativa, immaginandolo in via semplificativa come un prisma retto rettangolare: evidentemente, l'area avvallata potrà in realtà essere più ampia e la sua geometria meno regolare, eventualmente per ottenere una morfologia più idonea del terreno rimodellato, purchè rispetti il volume utile minimo indicato.

Dai disegni allegati si evince chiaramente che è possibile rispettare le dimensioni indicate sfruttando le aree di terreno contigue alle opere di cessione, che infatti si pongono alla quota altimetrica di 74,50 m s.l.m. circa, mentre il terreno allo stato attuale si trova alla quota di 73,63 m s.l.m. circa al confine del lotto utilizzabile, che è situato ad una distanza di circa 5,50 m dal limite delle opere di cessione (cfr. in particolare sezione A-A). Con le opportune opere di scavo è quindi possibile portare la parte centrale di tale striscia di terreno ad una quota da 72,50 a 72,40 m s.l.m. (avendo una pendenza minima di fondo per evitare ristagni d'acqua) ottenendo una sezione trapezoidale avente base media larga addirittura più di 2,50 m (considerando una base minore di 2,30 m e una maggiore di 3,50 m), per una lunghezza di 75 m, con una profondità tale da avere anche un sufficiente franco di sicurezza sull'altezza idrica utile calcolata in 0,60 m minima ottenendo così una volumetria pari a circa .

$$75 \cdot (2,30 + 3,50) / 2 \cdot 0,60 = 130 \text{ m}^3 > V_N = 100 \text{ m}^3$$

In conclusione, si sottolinea che, sfruttando l'avvallamento delle aree contigue alle opere di cessione, si ottiene un volume utile effettivo di accumulo temporaneo maggiore del volume minimo richiesto dalla normativa per la laminazione.

Occorre ora dimensionare il collettore in ingresso alla vasca di laminazione, sulla base delle caratteristiche delle aree trasformate di cui alle opere di cessione, e il collettore di scarico, sulla base delle caratteristiche dei terreni aree ante-trasformazione (per il principio dell'invarianza idraulica), nonché le caratteristiche del nodo di scollo per assicurare un efficace funzionamento dell'opera di laminazione.

3.3.1.1 Dimensionamento collettore finale di progetto

Richiamando quanto scritto nel paragrafo 3.2.5 a pagina 18, il coefficiente udometrico (portata per unità di superficie del bacino contribuente) per terreni impermeabilizzati a seguito di edificazione (ossia l'area relativa alle opere di cessione post-trasformazione) può essere posto pari a 100 l/(s·ha). La portata complessivamente drenata si calcola poi facilmente moltiplicando tale coefficiente per la superficie del bacino di interesse, cioè, nel caso in esame:

$$100 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} \cdot 0,20 \text{ ha} = 20 \text{ l/s}$$

Essendo, però, opportuno condurre anche un più approfondito calcolo idraulico dell'area costruita, si fa riferimento al metodo di corrivazione, descritto nei paragrafi precedenti, per stimare la portata al colmo massima.

Il tempo di corrivazione può essere calcolato come somma del tempo di accesso t_a alla rete e del tempo di percorrenza del percorso idraulicamente più lungo per arrivare alla sezione di chiusura dell'area considerata:

$$T_c = t_a + t_v$$

Il tempo di accesso alla rete, visto come il tempo impiegato dalle particelle di pioggia a raggiungere i collettori della rete drenante, considerata la esigua estensione e la tipologia del bacino in oggetto, nel quale si opera sostanzialmente raccolta stradale, compensata però dalle scarse pendenze delle superfici di scorrimento, viene stimato in :

$$t_a = 10 \text{ min}$$

Considerando la rete di drenaggio esistente e di progetto, t_v si calcola valutando il tempo che l'acqua impiega a percorrere questa distanza ($L = 70$ m circa) in moto uniforme:

$$t_v = 70/v = 70 \text{ s}$$

ipotizzando una velocità di percorrenza di 1 m/s.

Il tempo di corrivazione risulta essere:

$$T_c = 10 \text{ min} + 70/60 \text{ min} \approx 11 \text{ min per arrotondamento}$$

Per il calcolo della portata al colmo massima si utilizza la formula seguente:

$$Q_{c,max} = \phi \cdot i(T_c) \cdot S / 360$$

dove

ϕ	coefficiente d'afflusso complessivo per l'area in esame
$i(T_c)$	intensità media di pioggia (calcolata sul tempo di corrivazione) in mm/h
S	area del bacino in esame (ha)
360	fattore di conversione per avere Q in m^3/s

Si consideri la seguente curva di possibilità pluviometrica (Tempo di ritorno $T_r = 25$ anni):

$$h = 45,36 \cdot d^{0,57}$$

dove d è la durata di pioggia (espressa in h, la h risulta in mm), ed è valida per piogge di durata inferiore all'ora ($d < 1$ h), come è in effetti nel nostro caso, visto che il T_c è di circa 11 minuti, ed è la durata che massimizza la portata al colmo, secondo il metodo di calcolo adottato.

L'intensità media risulta:

$$i = h/d = 45,36 \cdot d^{(0,57-1)} = 45,36 \cdot T_c^{-0,43} = 45,36 \cdot (11/60)^{-0,43} \approx 94 \text{ mm/h}$$

Per il calcolo del coefficiente di afflusso si utilizzano i seguenti valori, imposti dalle Linee Guida dell'Ente Gestore, indipendentemente dal tempo di ritorno adottato:

$$\phi_{imp} = 1,0 \quad \text{per aree impermeabili}$$

$\phi_{\text{perm}} = 0,3$ per aree permeabili

Come anticipato, a favore di sicurezza si trascurano le aree permeabili, peraltro percentualmente assai ridotte, conseguentemente il coefficiente di afflusso delle aree resta pari a 1,0.

Calcolando, come portata al colmo massima per il lotto in esame si ottiene:

$$Q_{c,\text{max}} = \phi \cdot i(T_c) \cdot S / 360 = 1,0 \cdot 94 \cdot 0,2 / 360 \approx 0,052 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{52 \text{ l/s}}$$

La portata complessiva dell'area post-operam è così pari a 52 l/s, che il collettore finale alla sezione di chiusura del bacino dovrà in ogni caso essere in grado di smaltire e infine, detratta la quota parte che potrà essere scaricata direttamente e che sarà calcolata nei paragrafi seguenti, conferire alla vasca di laminazione.

Il dimensionamento del collettore viene effettuato mediante la formula di Chezy secondo Gaukler-Strickler, già richiamata nel paragrafo 3.2.6 a pagina 18.

Ipotizzando di posare una tubazione in PVC De 250 mm SN 8 SDR 34 sp. 7,3 mm UNI EN 1401-1, la portata a sezione piena e la portata massima (che si ha con un livello di riempimento y/D pari a circa 0,94), calcolate considerando i valori del diametro interno ($D_i = 235,4$ mm) per una pendenza di posa del 5‰ e introducendo un coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler di $120 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ sono:

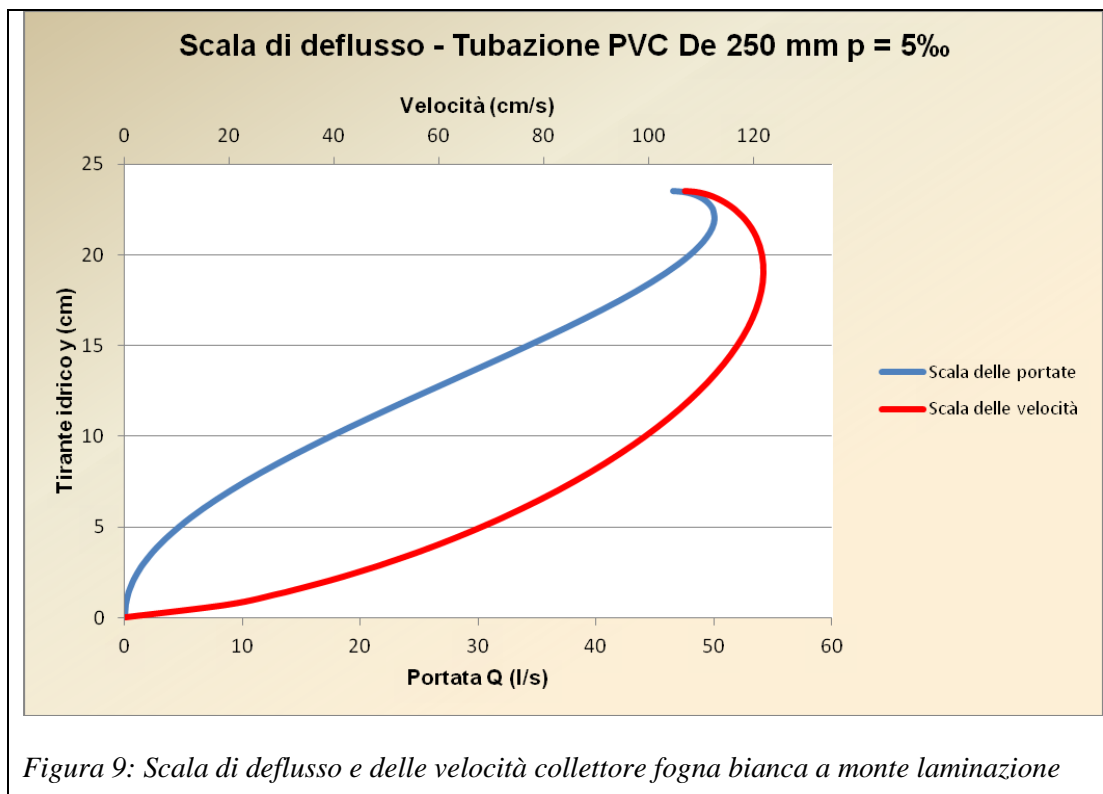
$$Q_{\text{sez, piena}} = 55,6 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{max}} = 59,8 \text{ l/s}$$

La portata di progetto di 52 l/s verrebbe smaltita con un livello di riempimento della sezione pari al 77% circa e una velocità del flusso accettabile di 1,46 m/s.

La figura seguente riporta la scala di deflusso e delle velocità per il collettore finale in PVC De 250 adottato.

In conclusione, si ribadisce ulteriormente che la condotta di progetto qui dimensionata colleterà esclusivamente le acque meteoriche relative alle opere di cessione, in quanto sarà completamente indipendente dalle fognature esistenti.



3.3.1.2 Dimensionamento collettore di scarico

Richiamando quanto scritto nel paragrafo 3.2.5 a pagina 18, il coefficiente udometrico (portata per unità di superficie del bacino contribuente) per terreni permeabili non urbanizzati quali sono quelli agricoli (ossia l'area ante-trasformazione in oggetto) è posto usualmente pari a 10 l/(s·ha). La portata complessivamente drenata si calcola poi facilmente moltiplicando tale coefficiente per la superficie del bacino di interesse, cioè, nel caso in esame:

$$10 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} * 0,20 \text{ ha} = 2 \text{ l/s}$$

Il collettore di scarico dovrà quindi essere in grado di smaltire correttamente tale valore di portata, che costituisce anche, in ossequio al principio di invarianza idraulica, il valore limite superiore di portata in uscita: essendo tale valore piuttosto basso, esso pone problemi durante gli eventi di piena in cui l'opera di laminazione si riempie e si instaura un battente che determina una portata in uscita eccessiva. Pertanto, non potendo dimensionare il collettore di scarico sulla base della portata massima uscente in funzione del battente, in quanto si otterrebbero diametri eccessivamente piccoli e non accettabili, si opterà per la realizzazione di un'ostruzione localizzata all'ingresso del collettore di scarico, ossia una paratoia circolare regolabile, posizionata in modo tale che limiti la portata in transito nel collettore al valore massimo desiderato anche durante gli eventi di piena non compromettendone però il corretto e regolare funzionamento a canaletta che si ha negli eventi di magra e nei tratti a valle.

Di seguito si dà giustificazione analitica dei concetti sopra esposti.

Il collettore di scarico per il recapito al corpo idrico ricettore costituito dal Fosso Nord-Ovest deve essere dimensionato, quindi, per consentire il deflusso di una portata massima di 2 l/s, corrispondente alla portata di colmo nella situazione ante-operam, tenendo in considerazione il battente che potrà crearsi nel dispositivo di laminazione.

Ipotizzando dunque di utilizzare tubazioni non inferiori ad una certa sezione, onde evitare rischi di intasamento a valle, in condizioni di funzionamento a canaletta una tubazione in PVC De 250 posata alla pendenza del 5‰ (cinquepermille), farebbe defluire i 2 l/s con un tirante idrico di 3-4 cm e una velocità del flusso di circa 0,6/0,7 m/s. Occorre verificare, però, quale sia la portata massima di tale collettore nel caso di funzionamento a battente, condizione che si verifica al riempimento dell'invaso di laminazione.

Semplificando e assimilando lo scarico all'efflusso da un serbatoio a pelo libero attraverso una bocca circolare a luce fissa, si può usare la classica formula di Torricelli:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

essendo:

Q	→	portata effluente dalla luce (m ³ /s)
m	→	coefficiente di contrazione (adimensionale)
A	→	area della bocca di efflusso (m ²)
g	→	accelerazione di gravità (m/s ²)
h	→	carico idrico, considerato come distanza fra pelo libero e baricentro della luce (m)

Per quanto concerne il carico, si considera il livello massimo previsto in vasca, ossia 0,60 m sul fondo, in condizioni di sbocco non rigurgitato (situazione sfavorevole di invaso pieno e canaletta a valle vuota, ipoteticamente al termine dell'evento meteorico). Resta da valutare il coefficiente di contrazione corrispondente al caso specifico; assumendo un valore favorevole pari a 0.5 (giustificabile paragonando il caso in esame a quello di efflusso da serbatoio con tubo addizionale interno), si otterrebbe:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0.5 \cdot 0.0435 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.475} \approx 0.066 \text{ m}^3/\text{s} = 66 \text{ l/s}$$

Il valore ottenuto è addirittura di un ordine di grandezza superiore rispetto alla portata massima accettabile a valle, pertanto, per evitare di scendere a tubi con diametri assai inferiori, occorre realizzare un'ostruzione localizzata in corrispondenza della testata della condotta di scarico, tale che limiti la portata scaricata al valore desiderato: ciò può essere ottenuto tramite l'installazione di una paratoia regolabile o di un dispositivo limitatore/regolatore della portata.

Optando per la prima soluzione, bisogna verificare a quale altezza la paratoia debba sezionare la testata di monte del tubo di scarico. Tale calcolo può essere condotto in via semplificativa sfruttando la formula di foronomia precedentemente utilizzata, ponendo ora come dato noto la portata massima di 2 l/s e come incognita il diametro della luce libera, da interpretare poi come altezza dal fondo alla quale sezionare il tubo: trattasi naturalmente di un calcolo approssimativo (infatti nella formula la bocca di efflusso è intesa circolare, mentre il sezionamento di un tubo con paratoia dà una geometria diversa), per il quale si ottiene un valore di circa 4 cm, che tuttavia può bene rappresentare, nella sostanza, l'altezza a cui porre la lama della paratoia, comunque regolabile. Per evitare ostruzioni al deflusso nel tempo, per depositi di piccole particelle, sabbie, ecc. si opterà anzi per il posizionamento della lama di sezionamento a 5 cm dal fondo, non cambiando nella sostanza la portata così effluente verso lo scarico.

La figura al paragrafo precedente riporta la scala di deflusso e delle velocità per il collettore di scarico in PVC De 250 adottato.

3.3.1.3 Pozzetto di collegamento fogna bianca-vasca di laminazione

Richiamando quanto scritto nel paragrafo 3.3, con riferimento al paragrafo 18 delle Linee Guida di Hera in cui si legge che “*Al fine di ridurre gli eventi di allagamento delle aree verdi dovranno realizzarsi manufatti che consentano lo riempimento e lo svuotamento delle aree come da schema di seguito riportato (Figura 20).*”, il nodo di scollo sarà costituito da un pozzetto di collegamento fognatura bianca-vasca di laminazione realizzato sulla base dello schema, ancora tratto dalle citate linee guida, riportato nella Figura 8 a pagina 22.

Tale pozzetto avrà in ingresso il collettore finale di progetto della fognatura bianca, PVC De 250, e in uscita, in linea col precedente, il collettore di scarico PVC De 250 sezionato da paratoia regolata a 5 cm dal suo scorrimento; sul lato del pozzetto e in direzione all'incirca ortogonale, in uscita avremo lo scolmatore PVC De 250 di ingresso alla vasca di laminazione, con lo scorrimento posto a 5 cm dal fondo del pozzetto stesso e con valvola antiriflusso terminale all'arrivo in vasca, mentre in ingresso avremo il tubo di scarico della vasca PVC De 250 con scorrimento posto ovviamente sul fondo e presidiato, all'arrivo nel pozzetto, da valvola antiriflusso.

La paratoia sulla testata del tubo di scarico generale, in uscita dal pozzetto, garantirà comunque che al fosso ricettore non giungano portate superiore al valore massimo consentito.

Sono fatte salve le pendenze precedentemente indicate per i collettori.

Infine, a monte del pozzetto scolmatore di collegamento, sarà installata una valvola di intercettazione di emergenza (saracinesca) facilmente accessibile e manovrabile, che potrà essere attivata in caso di incidenti a potenziale impatto ambientale per escludere ogni rischio di contaminazione delle aree verdi e relativo sottosuolo ad opera di sostanze eventualmente inquinanti.

3.3.2 Laminazione per il lotto Finda

Si prevede la trasformazione di una superficie di estensione pari a circa 4.000 mq (0,40 ha), che ha come conseguenza l'impermeabilizzazione delle aree in oggetto, da cui discende la necessità di un dispositivo di laminazione delle portate per ottenere l'invarianza idraulica.

Dalle norme precedentemente richiamate, considerando la superficie territoriale oggetto di trasformazione (da terreno ad area impermeabile) delle aree interessate, che è pari a 0,40 ha, il volume utile della vasca di laminazione a servizio del lotto Finda si calcola come segue:

$$V_N = 500 * 0,40 = 200 \text{ m}^3$$

Questa è dunque la volumetria minima di invaso da garantire nel dispositivo di laminazione in progetto.

Come anticipato, tale volume sarà ottenuto sfruttando aree verdi depresse rispetto alla superficie urbanizzata e ad essa confinanti; verranno utilizzate due sezioni trasversali, una lato Nord-Ovest con sezione trasversale B-B di $b=3,00$, $B=5,10$ m (considerando cautelativamente una sponda 1/2) e tirante di 0,80 m, uno sviluppo lineare di 32 m e l'altra nel lato Nord con sezione trasversale sezione trasversale C-C di $b=1,00$, $B=2,2$ m (considerando cautelativamente una sponda 1/1) e tirante di 0,80 m, uno sviluppo lineare di 81 m circa, si ottiene un volume più che sufficiente allo scopo, infatti risulta:

$$(32 * (3+5,1)/2 * 0,80) + (81 * (1+2,2)/2 * 0,80) = 112 + 118 \text{ m}^3 = 230 \text{ m}^3 > V_N = 200 \text{ m}^3$$

Dai disegni allegati si evince chiaramente che è possibile rispettare le dimensioni indicate sfruttando le aree di terreno contigue al lotto in trasformazione e se necessario aumentare i volumi estendendo il fosso a lato Nord.

In conclusione, si sottolinea che, sfruttando l'avvallamento delle aree contigue al lotto in trasformazione, si ottiene un volume utile effettivo di accumulo temporaneo maggiore del volume minimo richiesto dalla normativa per la laminazione.

Occorre ora dimensionare il collettore in ingresso alla vasca di laminazione, sulla base delle caratteristiche delle aree trasformate di cui al lotto in esame, e il collettore di scarico, sulla base

delle caratteristiche dei terreni aree ante-trasformazione (per il principio dell'invarianza idraulica), nonché le caratteristiche del nodo di scollo per assicurare un efficace funzionamento dell'opera di laminazione.

3.3.2.1 Dimensionamento collettore finale di progetto

Richiamando quanto scritto nel paragrafo 3.2.5 a pagina 18, il coefficiente udometrico (portata per unità di superficie del bacino contribuente) per terreni impermeabilizzati a seguito di edificazione (ossia l'area relativa al lotto Finda post-trasformazione) può essere posto pari a 100 l/(s·ha). La portata complessivamente drenata si calcola poi facilmente moltiplicando tale coefficiente per la superficie del bacino di interesse, cioè, nel caso in esame:

$$100 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} * 0,40 \text{ ha} = 40 \text{ l/s}$$

Essendo, però, opportuno condurre anche un più approfondito calcolo idraulico dell'area costruita, si fa riferimento al metodo di corrivazione, descritto nei paragrafi precedenti, per stimare la portata al colmo massima.

Il tempo di corrivazione può essere calcolato come somma del tempo di accesso t_a alla rete e del tempo di percorrenza del percorso idraulicamente più lungo per arrivare alla sezione di chiusura dell'area considerata:

$$T_c = t_a + t_v$$

Il tempo di accesso alla rete, visto come il tempo impiegato dalle particelle di pioggia a raggiungere i collettori della rete drenante, considerata la esigua estensione del bacino in oggetto compensata però dalle scarse pendenze delle superfici di scorrimento, viene stimato in:

$$t_a = 10 \text{ min}$$

Considerando la rete di drenaggio di progetto, t_v si calcola valutando il tempo che l'acqua impiega a percorrere questa distanza ($L = 70 \text{ m}$) in moto uniforme:

$$t_v = 70/v = 70 \text{ s}$$

ipotizzando una velocità di percorrenza di 1 m/s.

Il tempo di corrivazione risulta essere:

$$T_c = 10 \text{ min} + 70/60 \text{ min} \approx 11 \text{ min per arrotondamento}$$

Per il calcolo della portata al colmo massima si utilizza la formula seguente:

$$Q_{c,\max} = \phi \cdot i(T_c) \cdot S/360$$

dove

ϕ	coefficiente d'afflusso complessivo per l'area in esame
$i(T_c)$	intensità media di pioggia (calcolata sul tempo di corrivazione) in mm/h
S	area del bacino in esame (ha)

360 fattore di conversione per avere Q in m³/s

Si consideri la seguente curva di possibilità pluviometrica (Tempo di ritorno $T_r = 25$ anni):

$$h = 45,36 \cdot d^{0,57}$$

dove d è la durata di pioggia (espressa in h, la h risulta in mm), ed è valida per piogge di durata inferiore all'ora ($d < 1$ h), come è in effetti nel nostro caso, visto che il T_c è di circa 11 minuti, ed è la durata che massimizza la portata al colmo, secondo il metodo di calcolo adottato.

L'intensità media risulta:

$$i = h/d = 45,36 \cdot d^{(0,57-1)} = 45,36 \cdot T_c^{-0,43} = 45,36 \cdot (11/60)^{-0,43} \approx 94 \text{ mm/h}$$

Per il calcolo del coefficiente di afflusso si utilizzano i seguenti valori, imposti dalle Linee Guida dell'Ente Gestore, indipendentemente dal tempo di ritorno adottato:

$$\phi_{\text{imp}} = 1,0 \quad \text{per aree impermeabili}$$

$$\phi_{\text{perm}} = 0,3 \quad \text{per aree permeabili}$$

Come anticipato, a favore di sicurezza si trascurano le aree permeabili, peraltro percentualmente assai ridotte, conseguentemente il coefficiente di afflusso delle aree resta pari a 1,0.

Calcolando, come portata al colmo massima per il lotto in esame si ottiene:

$$Q_{c,\text{max}} = \phi \cdot i(T_c) \cdot S/360 = 1,0 \cdot 94 \cdot 0,40/360 \approx 0,104 \text{ m}^3/\text{s} = 104 \text{ l/s}$$

La portata complessiva dell'area post-operam è così pari a 104 l/s, che il collettore finale alla sezione di chiusura del bacino dovrà in ogni caso essere in grado di smaltire e infine, detratta la quota parte che potrà essere scaricata direttamente e che sarà calcolata nei paragrafi seguenti, conferire alla vasca di laminazione.

Il dimensionamento del collettore viene effettuato mediante la formula di Chezy secondo Gaukler-Strickler, già richiamata nel paragrafo 3.2.6 a pagina 18.

Ipotizzando di posare una tubazione in PVC De 500 mm SN 8 SDR 34 sp. 14,6 mm UNI EN 1401-1, la portata a sezione piena e la portata massima (che si ha con un livello di riempimento y/D pari a circa 0,94), calcolate considerando i valori del diametro interno ($D_i = 470,8$ mm) per una pendenza di posa del 5‰ e introducendo un coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler di $100 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (valore cautelativo per il pvc che tiene conto anche di perdite di carico localizzate in

pozzetti, singolarità, ecc. e del fenomeno di usura cui saranno soggette le tubazioni nel tempo), sono:

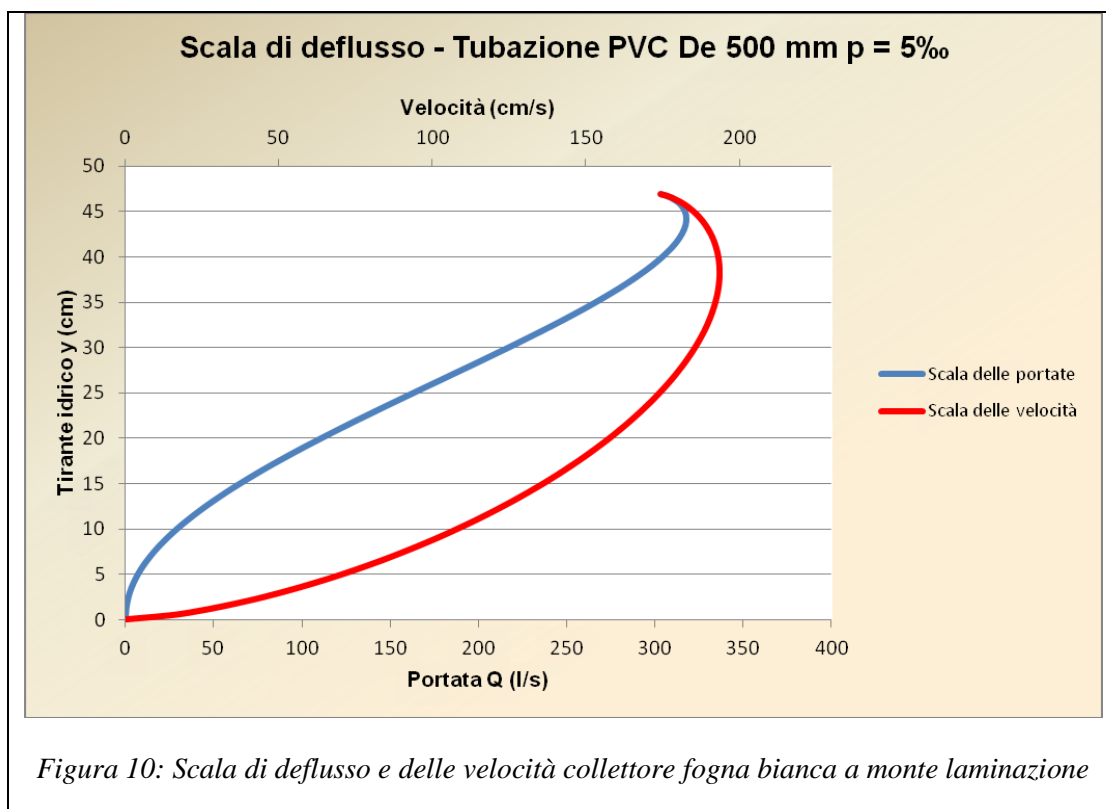
$$Q_{sez.,piena} = 303,5 \text{ l/s}$$

$$Q_{max} = 318 \text{ l/s}$$

La portata di progetto di 104 l/s verrebbe smaltita con un livello di riempimento della sezione pari al 41% circa e una velocità del flusso di 1,55 m/s, accettabile considerata la frequenza statisticamente associata agli eventi di progetto.

Il livello di riempimento calcolato indica che, nel caso in esame, gli stessi collettori della fognatura bianca di progetto sono appositamente sovradimensionati in modo da poter contribuire a realizzare un ulteriore volume di accumulo temporaneo in linea che andrebbe a sommarsi al volume utile della vasca di laminazione, già superiore al valore minimo di normativa, con un effetto certamente cautelativo nei confronti di eventi di eccezionale intensità.

La figura seguente riporta la scala di deflusso e delle velocità per il collettore PVC De 500 adottato.



In conclusione, si ribadisce ulteriormente che la condotta di progetto qui dimensionata colletterà esclusivamente le acque meteoriche derivanti dalle aree di nuova costruzione del Lotto Finda, in quanto sarà completamente indipendente dalle fognature esistenti.

3.3.2.2 Dimensionamento collettore di scarico

Richiamando quanto scritto nel paragrafo 3.2.5 a pagina 18, il coefficiente udometrico (portata per unità di superficie del bacino contribuente) per terreni permeabili non urbanizzati quali sono quelli agricoli (ossia l'area ante-trasformazione in oggetto) è posto usualmente pari a 10 l/(s·ha). La portata complessivamente drenata si calcola poi facilmente moltiplicando tale coefficiente per la superficie del bacino di interesse, cioè, nel caso in esame:

$$10 \text{ l/(s·ha)} * 0,40 \text{ ha} = 4 \text{ l/s}$$

Il collettore di scarico dovrà quindi essere in grado di smaltire correttamente tale valore di portata, che costituisce anche, in ossequio al principio di invarianza idraulica, il valore limite superiore di portata in uscita; durante gli eventi di piena, con il riempimento dell'opera di laminazione si instaura un battente che determina l'aumento della portata allo scarico, rispetto all'ordinario funzionamento a canaletta, fino a superare tale valore massimo consentito. Pertanto, non potendo dimensionare il collettore di scarico sulla base della portata massima uscente in funzione del battente, in quanto si otterrebbero diametri eccessivamente piccoli e non accettabili, si opterà così per la realizzazione di un'ostruzione localizzata all'ingresso del collettore di scarico, ossia una paratoia circolare regolabile, posizionata in modo tale che limiti la portata in transito nel collettore al valore massimo desiderato anche durante gli eventi di piena non compromettendone però il corretto e regolare funzionamento a canaletta che si ha negli eventi di magra e nei tratti a valle.

Di seguito si dà giustificazione analitica dei concetti sopra esposti.

Il collettore di scarico per il recapito al corpo idrico ricettore costituito dal Fosso Nord-Ovest deve essere dimensionato, quindi, per consentire il deflusso di una portata massima di 4 l/s, corrispondente alla portata di colmo nella situazione ante-operam, tenendo in considerazione il battente che potrà crearsi nel dispositivo di laminazione.

In condizioni di funzionamento a canaletta una tubazione in PVC De 250 posata alla pendenza del 5‰ (cinquepermille), farebbe defluire i 4 l/s approssimativamente con un tirante idrico di 5 cm, corrispondente a un riempimento del 20% circa e una velocità del flusso di 0,65 m/s. Occorre verificare, però, quale sia la portata massima di tale collettore nel caso di funzionamento a battente, condizione che si verifica al riempimento dell'invaso di laminazione.

Semplificando e assimilando lo scarico all'efflusso da un serbatoio a pelo libero attraverso una bocca circolare a luce fissa, si può usare la classica formula di foronomia:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

essendo:

- Q → portata effluente dalla luce (m^3/s)
- m → coefficiente di contrazione (adimensionale)
- A → area della bocca di efflusso (m^2)
- g → accelerazione di gravità (m/s^2)
- h → carico idrico, considerato come distanza fra pelo libero e baricentro della luce (m)

Per quanto concerne il carico, si considera il livello massimo previsto in vasca, ossia 0,80 m sul fondo, in condizioni di sbocco non rigurgitato (situazione sfavorevole di invaso pieno e canaletta a valle vuota, ipoteticamente al termine dell'evento meteorico). Resta da valutare il coefficiente di contrazione corrispondente al caso specifico; assumendo un valore favorevole pari a 0,5 (giustificabile paragonando il caso in esame a quello di efflusso da serbatoio con tubo addizionale interno), si otterrebbe:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0.5 \cdot 0.0434 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.675} \approx 0.079 \text{ m}^3/s = 79 \text{ l/s}$$

Il valore ottenuto è addirittura di un ordine di grandezza superiore rispetto alla portata massima accettabile a valle, pertanto, per evitare di scendere a tubi con diametri assai inferiori, occorre realizzare un'ostruzione localizzata in corrispondenza della testata della condotta di scarico, tale che limiti la portata di scarico al valore desiderato: ciò può essere ottenuto tramite l'installazione di una paratoia regolabile o di un dispositivo limitatore/regolatore della portata.

Optando per la prima soluzione, bisogna verificare a quale altezza la paratoia debba sezionare la testata di monte del tubo di scarico. Tale calcolo può essere condotto in via semplificativa sfruttando la formula di foronomia precedentemente utilizzata, ponendo ora come dato noto la portata massima di 4 l/s e come incognita il diametro della luce libera, da interpretare poi come altezza dal fondo alla quale sezionare il tubo: trattasi naturalmente di un calcolo approssimativo (infatti nella formula la bocca di efflusso è intesa circolare, mentre il sezionamento di un tubo con paratoia dà una geometria diversa), per il quale si ottiene un valore di circa 5,5 cm, che tuttavia può bene rappresentare, nella sostanza, l'ordine di grandezza dell'altezza a cui porre la lama della paratoia, comunque regolabile. Poiché il tirante idrico corrispondente alla portata massima nel

funzionamento a canaletta si attesta sui 5,5 cm, come precedentemente calcolato, la lama di sezionamento della paratoia sarà posta alla quota di 6 cm sul fondo, non cambiando nella sostanza la portata così effluente verso lo scarico

3.3.2.3 Pozzetto di collegamento fogna bianca-vasca di laminazione

Richiamando quanto scritto nel paragrafo 3.3, con riferimento al paragrafo 18 delle Linee Guida di Hera in cui si legge che “*Al fine di ridurre gli eventi di allagamento delle aree verdi dovranno realizzarsi manufatti che consentano lo riempimento e lo svuotamento delle aree come da schema di seguito riportato (Figura 20).*”, il nodo di scolmo sarà costituito da un pozzetto di collegamento fognatura bianca-vasca di laminazione realizzato sulla base dello schema, ancora tratto dalle citate linee guida, riportato nella Figura 8 a pagina 22.

Tale pozzetto avrà in ingresso il collettore finale di progetto della fognatura bianca, PVC De 500, e in uscita, sul lato del pozzetto e in direzione all'incirca ortogonale, il collettore di scarico PVC De 250 sezionato da paratoia regolata a circa 6 cm dal suo scorrimento; in linea con il collettore finale di progetto, in uscita avremo lo scolmatore PVC De 500 di ingresso alla vasca di laminazione, con lo scorrimento posto cautelativamente a 5 cm dal fondo del pozzetto stesso e con valvola antiriflusso terminale all'arrivo in vasca, mentre in ingresso avremo il tubo di scarico della vasca PVC De 250 con scorrimento posto ovviamente sul fondo e presidiato, all'arrivo nel pozzetto, da valvola antiriflusso.

La paratoia sulla testata del tubo di scarico generale, in uscita dal pozzetto, garantirà comunque che al fosso ricettore non giungano portate superiori al valore massimo consentito.

Sono fatte salve le pendenze precedentemente indicate per i collettori.

Infine, a monte del nodo di scolmo-collegamento, sarà installata una valvola di intercettazione di emergenza (saracinesca) facilmente accessibile e manovrabile, che potrà essere attivata in caso di incidenti a potenziale impatto ambientale per escludere ogni rischio di contaminazione delle aree verdi e relativo sottosuolo ad opera di sostanze eventualmente inquinanti.

3.3.3 Opere accessorie alle vasche di laminazione

Pur esulando dagli scopi della presente trattazione, come anche specificato nel paragrafo 4 a pagina 41, si ritiene utile richiamare l'importanza di installare idonea recinzione lungo il perimetro degli invasi di laminazione, con possibilità di accesso riservata al solo personale incaricato della manutenzione, nonché cartellonistica di informazione e avvertimento della presenza dello stesso e della sua natura di area allagabile quindi non fruibile in quanto avente funzione di accumulo di

acque meteoriche, anche in osservanza delle Linee Guida Hera (cfr. par. 18: “...Le aree verdi di avvallamento del terreno dovranno avere pendenze dei bordi non superiori al 25% (1 su 4). In alternativa dovranno essere recintate e dotate di opportuni sistemi di sicurezza e protezione...”).

Le pareti della vasca avranno pendenza 1 su 1 o 1 su 2, il fondo sarà livellato con pendenza tale da facilitare lo scolo delle acque invasate verso lo scarico di fondo in fase di svuotamento.

L'immissione dello sfioratore (che sarà dotato di valvola antiriflusso terminale) in arrivo dalla fognatura e l'uscita della tubazione di scarico (che sarà dotata di valvola antiriflusso terminale) dalla vasca saranno presidiati da apposito manufatto in c.a.. Parimenti, il fondo e le pareti della vasca, in corrispondenza e ai lati del manufatto, saranno protetti con cls o lastre di trachite.

Pareti e fondo dell'invaso saranno opportunamente inerbiti a limitare la possibilità di trasporto solido durante gli eventi di invaso/svaso della vasca: si sottolinea l'importanza della manutenzione in questo senso.

Si ribadisce, comunque, la necessità di inserire un pozzetto di sedimentazione, da sottoporre a regolare manutenzione, per evitare l'intasamento della condotta di scarico della vasca da parte del terreno che inevitabilmente, data la tipologia dell'invaso, la corrente trasporterà durante gli svuotamenti; tale pozzetto sarà completo di griglia superiore carrabile di protezione in acciaio.

3.4 Verifica idraulica fossi esistenti

Si fa riferimento al metodo di calcolo del coefficiente idrometrico descritto nel paragrafo 3.2.5 a pagina 18.

Per una verifica dei due fossi che costituiscono i corpi idrici ricettori delle fognature bianche delle aree in oggetto, occorre innanzitutto considerare l'estensione dei bacini di riferimento.

Distinguendo i due fossi e relativi bacini contribuenti, si ottiene quanto segue:

RICETTORE: FOSSO NORD-OVEST

Portata per drenaggio terreni agricoli

ante-trasformazione: $10 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} * 4,70 \text{ ha} = 47 \text{ l/s}$

Portata da area già costruita (Lotto A): $100 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} * 0,48 \text{ ha} = 48 \text{ l/s}$

Totale ante-trasformazione: 95 l/s

Portata per drenaggio terreni agricoli

post-trasformazione: $10 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} * 4,10 \text{ ha} = 41 \text{ l/s}$

Portata laminata da area impermeabilizzata Opere di cessione:

(post-trasformazione: 2.000 mq): (vedi par. 3.3.1.2) 2 l/s

Portata laminata da area impermeabilizzata Lotto Finda:

(post-trasformazione: 4.000 mq): (vedi par. 3.3.2.2) 4 l/s

Portata da area già costruita (Lotto A): $100 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} * 0,48 \text{ ha} = 48 \text{ l/s}$

Totale post-trasformazione: 95 l/s

Aggravio di portata dovuto alla

impermeabilizzazione da trasf. urb.: $95 - 95 \text{ l/s} = 0 \text{ l/s}$

Risulta quindi rispettata l'invarianza idraulica

Portata per la verifica del Fosso Nord-Ovest: **95 l/s**

RICETTORE: FOSSO SUD-EST

Portata per drenaggio terreni agricoli: $10 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} * 2,40 \text{ ha} = 24 \text{ l/s}$

Portata da area già costruita a monte: $100 \text{ l/(s} \cdot \text{ha)} * 2,15 \text{ ha} = 215 \text{ l/s}$

Portata complessiva (area impemeabile+terreni agricoli): $24 + 215 \text{ l/s} = 239 \text{ l/s}$

Aggravio di portata: 0 l/s

Per quanto riguarda il Fosso Sud-Est, poiché l'intervento di progetto non modifica in alcun modo la situazione attuale, per la quale, inoltre, non sono state segnalate problematiche di tipo idraulico, si omette la verifica della sezione.

Si procederà, invece, alla verifica del Fosso Nord-Ovest, anche se, considerata la prevista realizzazione delle vasche di laminazione a servizio delle aree oggetto di trasformazione, non subirà aggravio di portata rispetto alla condizione attuale.

Per la verifica occorre innanzitutto determinare le caratteristiche geometriche del fosso, quali sezione e pendenza, e quelle idrauliche, ossia la scabrezza, per la quale si considera la condizione di fosso con pareti normalmente inerbite, nell'ipotesi che esso sia soggetto a regolare manutenzione (sfalcio erba, operazioni di controllo che non sia oggetto di interrimento o vi siano depositi di oggetti che ne diminuiscano la sezione).

Tali dati sono ricavati dal rilievo topografico fornito dal Committente Progettista Generale.

Nel calcolo si fa riferimento alla condizione di moto uniforme.

La portata che un canale è in grado di smaltire in condizioni di moto uniforme è ricavabile dalla formula seguente, nella quale è sufficiente inserire i valori dell'area (A) e del raggio idraulico (R) corrispondenti al livello di massimo riempimento per ottenere la portata massima:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

FOSSO NORD-OVEST

Considerando una sezione trapezoidale avente base minore 0,35 m, base maggiore 1,10 m (per pareti con pendenza 1.33/1) e altezza 0,50 m, posta la pendenza del fondo pari al 7.5‰, al massimo livello di riempimento si ha:

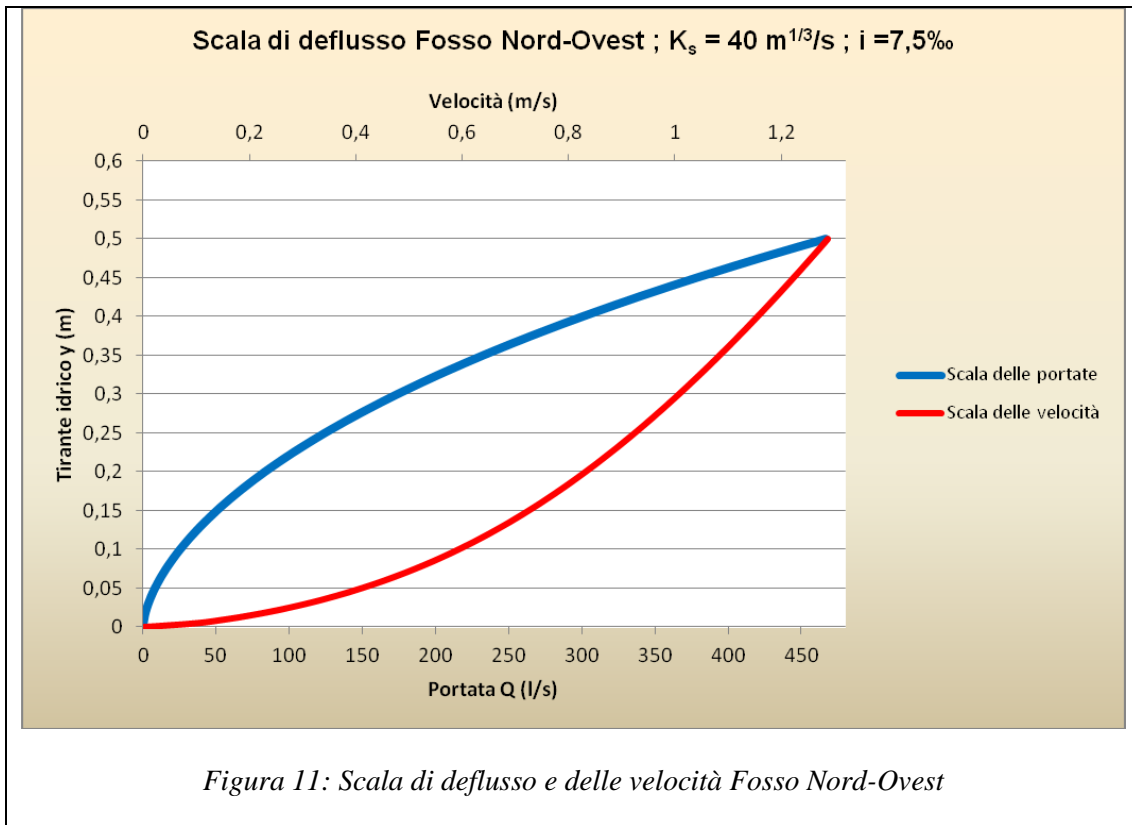
$$Q = 40 \cdot 0,363 \cdot 0,227^{2/3} \cdot 0,0075^{1/2} = 0,467 \text{ m}^3/\text{s} = 467 \text{ l/s}$$

Nella formula è stato utilizzato un valore di scabrezza secondo Gauckler-Strickler di 40 m^{1/3}/s, che può ben interpretare canali in terra con erba sul fondo e corsi d'acqua naturali regolari: si sottolinea il fatto che, per corrispondere a tali condizioni, il fosso deve essere oggetto di regolare manutenzione, in caso contrario, con la crescita di erba e vegetazione a diminuire la sezione utile, si dovrebbe considerare piuttosto un coefficiente di scabrezza non superiore a 30 m^{1/3}/s, riducendosi la portata massima esitabile di un 25% a 350 l/s.

Fatto salvo quanto sopra precisato, la sezione del fosso è verificata, in quanto la portata complessiva gravante sullo stesso risulta inferiore al valore sopra riportato, nelle condizioni attuali così come successivamente alla trasformazione urbanistica per il principio dell'invarianza idraulica rispettata grazie alle vasche di laminazione in progetto; è infatti:

$$95 \text{ l/s} < 467 \text{ l/s}$$

Resta inteso che il fosso dovrà avere, ovunque nel suo percorso, sezione e pendenza non inferiori rispetto a quelle considerate nella verifica.



FOSSO SUD-EST

Come anticipato, poiché l'intervento di progetto non modifica in alcun modo la situazione attuale relativamente al corpo idrico ricettore per la quale, inoltre, non sono state segnalate problematiche di tipo idraulico, si omette la verifica della sezione del Fosso Sud-Est.

In conclusione, si vuole comunque sottolineare la necessità di una regolare manutenzione dei fossi esistenti, in quanto la crescita di vegetazione o addirittura il parziale interrimento del fosso ne comprometterebbero l'efficienza idraulica nel tempo.

4 Conclusioni

I calcoli idraulici esposti nelle pagine precedenti fanno riferimento a tubazioni in PVC rigido a parete piena, rispondenti alla Norma UNI EN 1401-1.

Potranno comunque essere utilizzate anche tubazioni in PVC a parete strutturata conformi alla norma EN 13476-1: dal punto di vista idraulico non vi è sostanziale differenza, in quanto lo spessore è leggermente superiore, quindi il diametro interno solo di poco inferiore rispetto alle tubazioni a parete piena di pari diametro.

Per quanto riguarda il fosso Nord-Ovest, l'unico dei due fossi ricettori esistenti soggetto ad aggravio di apporto idraulico, sarà presidiato da due indipendenti dispositivi di laminazione, i quali consentiranno di mantenere inalterato l'attuale regime idraulico del fosso e saranno ricavati entrambi sfruttando aree verdi depresse. **Il volume disponibile per l'accumulo temporaneo in ciascuno di essi sarà comunque superiore a quello minimo di normativa, onde avere un margine di sicurezza in caso di eventi eccezionali; inoltre, un ulteriore margine di tutela è dato dal dimensionamento dei collettori finali di progetto a monte della laminazione, che lascia disponibile un volume di accumulo all'interno degli stessi, considerati i livelli di riempimento calcolati per gli eventi di piena.**

Si precisa e sottolinea che la presente relazione e gli elaborati grafici allegati si limitano al dimensionamento e verifica delle fognature, della vasca di laminazione e delle opere idrauliche ad esse complementari (scarico, immissione acque nere nella fognatura esistente), nonché alla conseguente verifica del fosso esistente ricettore delle acque meteoriche (Fosso Nord-Ovest): non sono oggetto del presente incarico le opere relative alla sistemazione dell'area circostante, con particolare riferimento a quelle necessarie per la messa in sicurezza quali recinzioni, parapetti, cartellonistica e segnaletica di sicurezza ecc...

Sarà inoltre cura dell'Appaltatore approntare presidi eventualmente necessari ad evitare interazioni fra le aree verdi avvallate e la falda acquifera in modo tale da non pregiudicare la capacità idraulica del dispositivo di laminazione durante gli eventi meteorici più intensi.

Il Tecnico