

Provincia di Forlì - Cesena

## COMUNE DI FORLIMPOPOLI

### PROPRIETA':

VIOCAR S.p.A., con sede a Forlimpopoli, via Duca d'Aosta n. 44

Matteini Home S.r.l., con sede a Forlimpopoli, via Duca d'Aosta n. 70

**ACCORDO OPERATIVO AI SENSI ART. 38 LR 24/2017 Piano Urbanistico Attuativo  
Insediamento residenziale Ambito A12-5 Comparto Urbano Est Zona SS9  
2° STRALCIO - Scheda n. 51**

## RELAZIONE FOGNATURE E INVARIANZA IDRAULICA

Allegato n. 15

Forlì, 15/02/2024

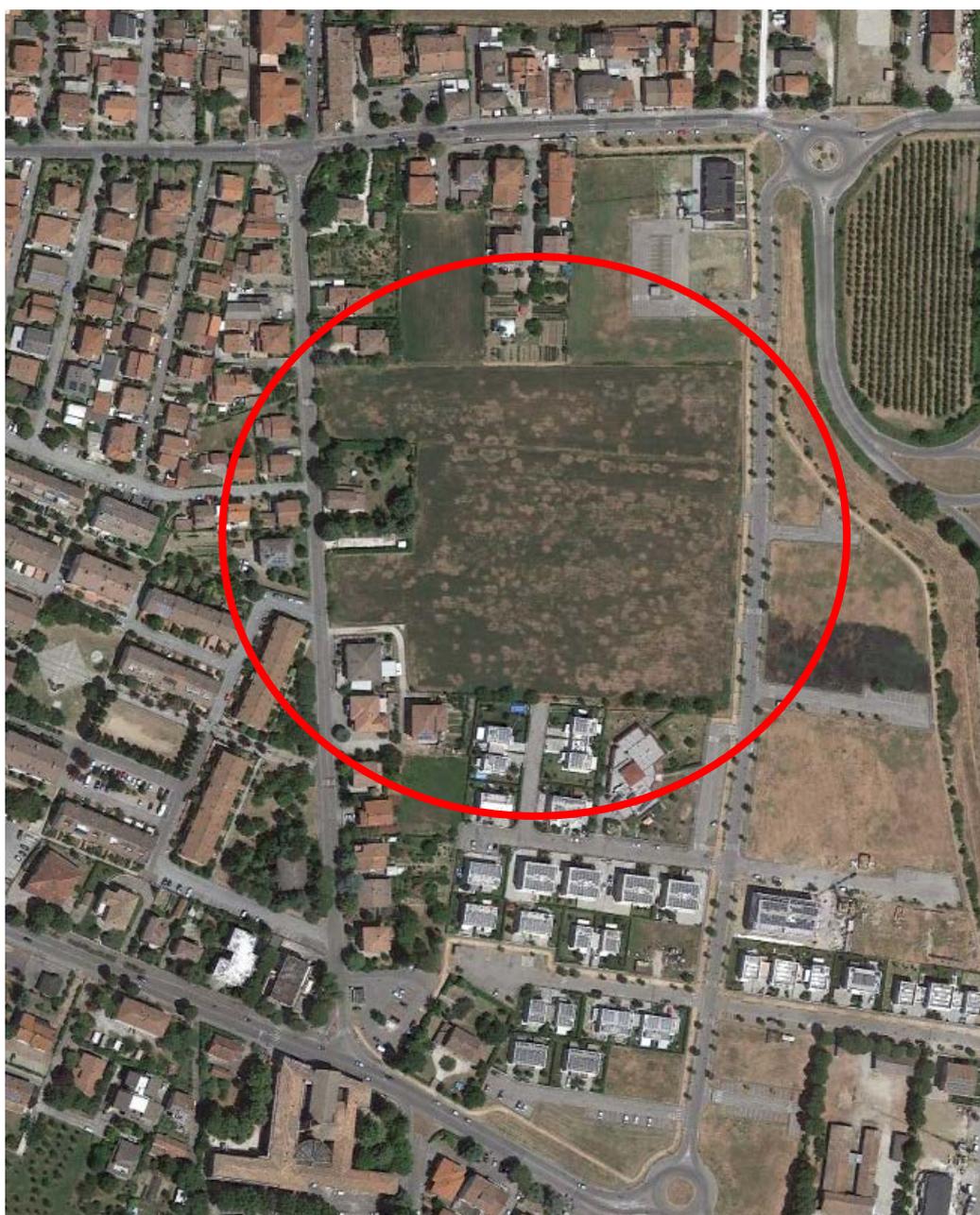
*Progettisti del Piano Urbanistico*  
Arch. Maurizio Vitali  
Ing. Roberto Santolini

*Progettista idraulico*  
Ing. Massimo Plazzi

## 0. PREMESSA

Nella presente relazione specialistica vengono espone le scelte metodologiche e progettuali adottate per il dimensionamento della rete di drenaggio pubblica delle acque meteoriche, a servizio dell'intervento urbanistico in oggetto da realizzarsi in Comune di Forlimpopoli – ambito A12-05 – con particolare attenzione al dimensionamento dei dispositivi atti a garantire l'invarianza idraulica (in osservanza all'Art. 9 "Invarianza idraulica" delle Norme di Piano del vigente Piano Stralcio di bacino per il Rischio Idrogeologico). Verranno inoltre descritte le scelte adottate per la progettazione e il dimensionamento della rete fognaria pubblica di acque nere (acque reflue).

Di seguito si riporta una veduta su base fotografica aerea dell'area.



Il progetto consiste nella realizzazione di 28 lotti privati a destinazione residenziale, unitamente alla realizzazione di tre aree dedicate a parcheggi pubblici di modesta dimensione di due aree di verde pubblico. Si prevede inoltre la realizzazione di una viabilità interna di collegamento tra i lotti di progetto e le vie Ilaria Alpi e Rita Levi Montalcini, la prima adiacente al comparto in esame a Sud e la seconda adiacente al comparto Ovest dello stesso.

Per ulteriori dettagli e per una più chiara comprensione di quanto di seguito esposto si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Nei capitoli seguenti vengono riportate le scelte progettuali adottate ed i calcoli per il dimensionamento delle reti fognarie per acque meteoriche e per acque nere a servizio dell'area di intervento.

Si evidenzia che tutte le grandezze in gioco sono state stimate cautelativamente al fine di dimensionare l'intervento con un buon margine di sicurezza idraulica.

Inoltre, l'iter progettuale ha sempre tenuto in debita considerazione tutte le indicazioni e/o le regole di buona pratica costruttiva fornite dal Consorzio di Bonifica della Romagna e dall'ente gestore delle fognature nere/miste, HERA.

## **1. STATO ATTUALE DEL SISTEMA FOGNARIO**

Per poter avere tutti gli elementi utili necessari per descrivere in modo esaustivo le scelte metodologiche e progettuali adottate per la rete fognaria di progetto (vedi capitoli successivi), vengono di seguito riportate le principali caratteristiche della rete fognaria bianca e nera esistente a servizio dell'area di interesse.

Per una più chiara comprensione di quanto di seguito esposto si rimanda agli elaborati grafici di progetto, tra i quali quello relativo alle reti fognarie a servizio dell'area in esame, di cui successivamente se ne riporta un estratto.

### Fognatura bianca

Attualmente il lotto in esame risulta totalmente sprovvisto di una dorsale fognaria per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche, sia pubblica che privata, in quanto attualmente l'area di intervento risulta totalmente verde agricola. Il recettore ottimale è rappresentato dallo scolo Consorziale Ausetta 5° ramo il quale scorre lungo i lati Sud e Est del comparto oggetto di intervento e con scorrimento in direzione Nord dove confluisce nello Scolo Ausetta, all'altezza di via Papa Giovanni XXIII.

### Fognatura nera

Attualmente il lotto in esame risulta totalmente sprovvisto di una dorsale fognaria per la raccolta e lo smaltimento delle acque reflue, in quanto attualmente l'area di intervento risulta totalmente verde agricola. Per quanto riguarda la fognatura nera si individua un recettore ottimale "obbligato", rappresentato dalla dorsale di fognatura nera esistente DN200 PVC con sedime lungo la via Rita Levi Montalcini e con scorrimento verso Nord.

## 2. STATO DI PROGETTO DEL SISTEMA FOGNARIO

### Fognatura bianca

La rete di fognatura bianca verrà realizzata con uno scatolare di dimensione 1.2x0.8 m, con pendenza variabile tra lo 0.08% e lo 0.05%. La rete di fognatura bianca avrà sedime lungo le nuove strade di comparto.

In particolare, per quanto concerne lo scolo consorziale 5° Ramo Ausetta, avente sedime ovunque su aree private e non demaniali, si evidenzia che esso è oggetto delle seguenti richieste presentate, in sede di incontro tecnico, al competente Consorzio di Bonifica della Romagna:

- 1) Sclassifica a fognatura pubblica comunale del primo tratto tombinato dello scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta sul lato sud-ovest del comparto. Tale tratto infatti verrà intercettato della fognatura bianca di progetto.
- 2) Sclassifica e dismissione del secondo tratto tombinato dello scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta sul lato sud-est del comparto. Tale richiesta è giustificata in quanto nel verde pubblico del presente PUA, nello standard di verde pubblico sul fronte sud-est, l'Amministrazione Comunale prevede l'ampliamento futuro del complesso scolastico Gianni Rodari; tale ampliamento sarebbe da effettuarsi proprio sopra lo Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta.
- 3) Sclassifica dello Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta su tutto il lato nord-est del comparto, nel tratto già tombinato sottostante alla pista ciclabile di via Rita Levi Montalcini. Infatti tale porzione dello scolo consorziale, se il primo tratto sarà declassificato a fognatura pubblica comunale con immissione nella nuova rete fognaria del 2° stralcio Ambito A12-05, rimarrà priva di apporti di acqua.

Si riporta infine il parere del Consorzio di bonifica della Romagna (Prot. 23175 del 08/08/2022) in risposta alla richiesta di sclassifica del canale Ausetta 5 ramo:

*“Sono fatte salve le sotto specificate prescrizioni essenziali:*

***Sarà a carico del richiedente l'obbligo di realizzare misure compensative volte ad assicurare una capacità d'invaso della rete fognaria bianca di progetto, almeno pari a quella dei tratti di canale sclassificato, dandone evidenza negli elaborati a corredo dell'Accordo Operativo del PUA A12-05 2° Stralcio.”***

**Il volume compensativo da reperire risulta pari a quello del secondo tratto sclassificato poiché verrà dismesso. Il primo ed il terzo tratto resteranno in esercizio come dorsali fognarie e di conseguenza il loro volume sarà ancora disponibile e garantiranno ancora la loro capacità di invaso attuale.**

**Il secondo tratto è costituito da una condotta DN 800 CLS di lunghezza di circa 95 metri e il suo volume interno è quindi pari a:**

$$V = 3.14 \times (0.4)^2 \times 95 = 47.3 \text{ mc}$$

Il reperimento dei volumi compensativi richiesti dal Consorzio di bonifica verrà garantito e descritto nei paragrafi successivi.

Per una più chiara comprensione della richiesta descritta si rimanda alla relazione tecnica generale.

### **Fognatura nera**

La fognatura nera di progetto sarà caratterizzata da una condotta DN200 PVC con pendenza pari allo 0.2% e si svilupperà lungo le nuove strade di comparto, con innesto nella fognatura esistente DN200 di via Rita Levi Montalcini.

Per una più chiara comprensione di quanto esposto si rimanda agli elaborati grafici di progetto, ed in particolare a quello relativo alle reti fognarie a servizio dell'area in esame, di cui di seguito se ne riporta un estratto.

Si evidenzia che nella realizzazione della tavola di progetto è stato utilizzata come base di dettaglio per la rete esistente la tavola "as built" relativa alla recente realizzazione del 1° stralcio.

## **3. INVARIANZA IDRAULICA**

### **3.1 Metodo di calcolo dei volumi di compensazione idraulica**

Lo scopo principale di questo paragrafo è quello di riassumere le valutazioni inerenti le modifiche prodotte dall'intervento di progetto al regime idraulico esistente, al fine di dimensionare i dispositivi atti a garantire l'invarianza idraulica secondo la normativa vigente. La normativa di riferimento è rappresentata dall'Art. 9 "Invarianza idraulica" delle Norme di Piano del vigente Piano Stralcio di bacino per il Rischio Idrogeologico (PSRI).

Il calcolo dei volumi di stoccaggio temporaneo dei deflussi ai fini dell'invarianza idraulica è stato svolto impiegando i parametri predisposti dall'Autorità di Bacino, secondo il metodo di calcolo contenuto nella normativa del vigente Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico.

In particolare il Comma 5 dell'Art. 9 del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico indica *"Il volume minimo di cui ai commi precedenti deve essere calcolato secondo la procedura riportata nel capitolo 7 della "Direttiva per le verifiche e il conseguimento degli obiettivi di sicurezza idraulica", approvata con Delibera Comitato Istituzionale n. 3/2 del 20/10/2003 e s. m. e i., che vale ai fini del presente articolo come Regolamento di Attuazione. I Comuni, nell'approvare gli interventi previsti dagli Strumenti urbanistici e regolamenti comunali, secondo le vigenti norme e in base alle procedure correnti, verificano la rispondenza dei piani attuativi e dei progetti ai requisiti di volume di invaso. In base alle indicazioni tecniche di cui al capitolo 7 alla citata Direttiva idraulica, sono fissati i criteri per considerare nel computo del volume richiesto anche il contributo delle reti fognarie. Le caratteristiche funzionali dei sistemi di raccolta delle acque piovane sono stabilite, anche in caso di scarico indiretto nei corsi d'acqua o nei canali di bonifica, dall'Autorità idraulica competente con la quale devono essere preventivamente concordati i criteri di gestione e alla quale dovrà essere consentito il controllo funzionale nel tempo dei sistemi di raccolta"*.

Ciò premesso, si specificheranno nella presente relazione solamente gli elementi di valutazione ed i riferimenti più importanti, fatto salvo tutto quanto è prescritto e definito nelle norme, articoli e pubblicazioni succitate.

Di seguito si riporta uno stralcio fondamentale del Cap. 7 della Direttiva Idraulica e citato dall'Art. 9 del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico "La misura del volume minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione  $I$  (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota  $P$  (tale che  $I + P = 100\%$ ) è data dal valore convenzionale:

$$W = w^{\circ} \left( \frac{\phi}{\phi^{\circ}} \right)^{\frac{1}{1-n}} - 15 I - w^{\circ} P$$

Essendo  $w^{\circ} = 50 \text{ mc/ha}$ ,  $\phi$  coefficiente di deflusso dopo la trasformazione,  $\phi^{\circ}$  coefficiente di deflusso prima della trasformazione,  $n = 0.48$  (esponente delle curve di possibilità climatica di durata inferiore all'ora, stimato nell'ipotesi che le percentuali della pioggia oraria cadute nei 5', 15' e 30' siano rispettivamente il 30%, 60% e 75%, come risulta – orientativamente – da vari studi sperimentali; si veda ad es. CSDU, 1997), ed  $I$  e  $P$  espressi come frazione dell'area trasformata.

Il volume così ricavato è espresso in mc/ha e deve essere moltiplicato per l'area totale dell'intervento (superficie territoriale,  $St$ ), a prescindere dalla quota  $P$  che viene lasciata inalterata.

Per la stima dei coefficienti di deflusso  $\phi$  e  $\phi^{\circ}$  si fa riferimento alla relazione convenzionale:

$$\phi^{\circ} = 0.9 Imp^{\circ} + 0.2 Per^{\circ}$$

$$\phi = 0.9 Imp + 0.2 Per$$

In cui  $Imp$  e  $Per$  sono rispettivamente le frazioni dell'area totale da ritenersi impermeabile e permeabile, prima della trasformazione (se connotati dall'apice  $^{\circ}$ ) o dopo (se non c'è l'apice  $^{\circ}$ ).

Il calcolo del volume di invaso richiede quindi la definizione delle seguenti grandezze:

- quota dell'area di progetto che viene interessata dalla trasformazione ( $I$ ); è da notare che anche le aree che non vengono pavimentate con la trasformazione, ma vengono sistemate e regolarizzate, devono essere incluse a computare la quota  $I$ .

- quota dell'area di progetto non interessata dalla trasformazione ( $P$ ): essa è costituita solo da quelle parti che non vengono significativamente modificate, mediante regolarizzazione del terreno o altri interventi anche non impermeabilizzanti".

Le varie tipologie di superficie vengono ulteriormente chiarite e specificate nella Direttiva Idraulica che cita testualmente:

"Si pone il problema di valutare che cosa sia permeabile. In generale, ogni tipo di copertura che consenta la percolazione nel suolo almeno ai tassi di infiltrazione propri del suolo "naturale" in posto è da considerare permeabile.

Sono quindi certamente permeabili tutte le superfici mantenute a verde, a meno dell'ovvio controesempio di verde al di sopra di elementi interrati quali scantinati e similari, e di giardini pensili. Le coperture del suolo che possono essere considerate permeabili comprendono il caso delle griglie plastiche portanti e di dispositivi similari. Si tratta di strutture di pavimentazione costituite da elementi a griglia con percentuale di vuoti molto alta, e con caratteristiche tali da non indurre una compattazione spinta del terreno.

*Nel caso invece di elementi di pavimentazione tipo "Betonella" e similari, occorre valutare caso per caso il grado di impermeabilizzazione indotto, anche tenendo conto che, essendovi una percentuale di vuoti molto minore e una forte possibilità di compattazione del terreno al di sotto e negli interstizi degli elementi di pavimentazione si può configurare una situazione di impermeabilità di fatto.*

*Con le stesse cautele devono essere trattate le superfici in misto granulare stabilizzato e altri materiali analoghi.*

*In linea di massima, si può considerare superfici di queste ultime due tipologie come permeabili al 50%.*

*Sono invece certamente impermeabili le superfici asfaltate e cementificate, oltre alle coperture degli edifici anche qualora presentino elementi a verde, giardini pensili ecc".*

A seguito di quanto riportato nella Direttiva Idraulica del Piano Stralcio, di cui alcuni stralci sopra riportati, si deduce che la grandezza più importante da valutare per il computo dei volumi di compensazione idraulica è rappresentata dall'incidenza delle superfici permeabili e impermeabili ante operam e post operam.

### 3.2 Calcolo dei volumi per l'invarianza idraulica

Per la determinazione dei volumi da garantire per l'invarianza idraulica sono stati condotti i calcoli riportati nella "Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano".

Si provvederà successivamente anche al progetto dello scarico strozzato, prima della relativa immissione sull'attuale scolo consorziale Ausetta 5° ramo (oggetto di contestuale richiesta di sclassifica a fogna bianca comunale).

La grandezza fondamentale da valutare per il computo dei volumi minimi di compensazione idraulica da reperire ai fini dell'invarianza idraulica è rappresentata dall'incidenza delle superfici permeabili e impermeabili pre e post intervento.

Per determinare i volumi invarianti sono stati svolti due calcoli differenti: nel primo sono state considerate complessivamente la porzione privata e la futura porzione pubblica, dunque l'intero comparto nella sua interezza, senza suddividere pubblico e privato, mentre nel secondo si sono considerati separatamente le nuove porzioni pubbliche e private.

Si riportano le tabelle con il confronto delle superfici costituenti le aree in esame, caratterizzanti lo stato ante e post operam. La prima tabella rappresentata riporta le superfici complessive (pubblico e privato insieme), invece le due successive riportano le superfici pubbliche e private considerate separatamente. **Si sottolinea che per quanto concerne la superficie fondiaria, in essa è stata considerata una porzione "idraulicamente" permeabile minima pari al 30 % (da indice edilizio di permeabilità minimo autoimposto del 40%, di cui almeno il 20% a verde ed il restante con pavimentazioni permeabili, assunte qui cautelativamente semipermeabili!); di conseguenza, la superficie impermeabile del fondiario risulta essere pari al massimo al 70% (tale stima di prima battuta è assai cautelativa, poiché spesso i progetti dei permessi di Costruire prevederanno tassi di permeabilità ben maggiori e saranno quindi oggetto di riconteggio dei volumi invarianti da reperire in sede di richiesta del relativo titolo edilizio).**

	<b>STATO ATTUALE</b>	<b>STATO DI PROGETTO</b>
<b>Superficie permeabile</b>	29719 mq	10453.4 mq
<b>Superficie semipermeabile</b>	0 mq	699 mq
<b>Superficie impermeabile</b>	0 mq	18566.6 mq
<b>TOTALE</b>	29719 mq	29719 mq

*Superfici complessive ante e post opera*

	<b>STATO ATTUALE</b>	<b>STATO DI PROGETTO</b>
<b>Superficie permeabile</b>	12796 mq	5376.50 mq
<b>Superficie semipermeabile</b>	0 mq	699 mq
<b>Superficie impermeabile</b>	0 mq	6720.50 mq
<b>TOTALE</b>	12796 mq	12796 mq

*Superfici pubbliche ante e post opera*

	<b>STATO ATTUALE</b>	<b>STATO DI PROGETTO</b>
<b>Superficie permeabile</b>	16923 mq	5076.9 mq
<b>Superficie semipermeabile</b>	0 mq	0 mq
<b>Superficie impermeabile</b>	0 mq	11846.1 mq
<b>TOTALE</b>	16923 mq	16923 mq

*Superfici private ante e post opera*

Si riporta di seguito la planimetria dello stato di progetto per una maggiore comprensione della natura delle superfici.



accesso privato

Via Mazzolini

Via Uccellini Marco

Via della Madonna

accesso privato

rimozione esistente

possibilità di prolungamento strada o percorso ciclopedonale

Parcheggiamento strutture archeologiche di termine dello spartimento

SCARICHI DI MATERIALE

Verde Pubblico

CL S Ø 800 Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta (non demaniale) tratto soggetto a richiesta prioritaria di scollistica e trasformazione a Fogna PARERE FAVOREVOLE DEL CONSORZIO DI BONIFICA

CL S Ø 800 Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta (non demaniale) tratto soggetto a richiesta prioritaria di scollistica e trasformazione a Fogna PARERE FAVOREVOLE DEL CONSORZIO DI BONIFICA

CL S Ø 800 Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta (non demaniale) tratto soggetto a richiesta di scollistica e trasformazione a Fogna PARERE FAVOREVOLE DEL CONSORZIO DI BONIFICA

Verde Pubblico scolastico

CL S Ø 800 Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta (non demaniale) tratto soggetto a richiesta prioritaria di scollistica e trasformazione a Fogna PARERE FAVOREVOLE DEL CONSORZIO DI BONIFICA

CL S Ø 800 Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta (non demaniale) tratto soggetto a richiesta di scollistica e trasformazione a Fogna PARERE FAVOREVOLE DEL CONSORZIO DI BONIFICA

CL S Ø 800 Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta (non demaniale) tratto soggetto a richiesta di scollistica e trasformazione a Fogna PARERE FAVOREVOLE DEL CONSORZIO DI BONIFICA

CL S Ø 800 Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta (non demaniale) tratto soggetto a richiesta di scollistica e trasformazione a Fogna PARERE FAVOREVOLE DEL CONSORZIO DI BONIFICA

CL S Ø 800 Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta (non demaniale) tratto soggetto a richiesta di scollistica e trasformazione a Fogna PARERE FAVOREVOLE DEL CONSORZIO DI BONIFICA

CL S Ø 800 Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta (non demaniale) tratto soggetto a richiesta di scollistica e trasformazione a Fogna PARERE FAVOREVOLE DEL CONSORZIO DI BONIFICA

CL S Ø 800 Scolo Consorziale 5° Ramo Ausetta (non demaniale) tratto soggetto a richiesta di scollistica e trasformazione a Fogna PARERE FAVOREVOLE DEL CONSORZIO DI BONIFICA

73

Nel primo foglio di calcolo allegato di seguito si riporta la stima del volume minimo d'invaso necessario per garantire l'invarianza idraulica svolto considerando complessivamente la porzione pubblica e privata (i.e. totalità del Comparto).

Lo stato pre intervento del comparto è costituito da una superficie permeabile di 29719 mq, corrispondente alla totalità del lotto in esame e da una superficie impermeabile nulla e con assenza di superfici semipermeabili; invece, nello stato post intervento si individua una superficie permeabile pari a 10453.4 mq, una porzione di 18566.6 mq impermeabile e aree semipermeabili pari a 699 mq.

Si ottiene così:

<b>W tot = 1370.10 mc</b>
---------------------------

CALCOLO DEI VOLUMI MINIMI PER L'INVARIANZA IDRAULICA															
<i>(inserire i dati esclusivamente nei campi cerchiati)</i>															
Superficie fondiaria	=	29719.00	mq	inserire la superficie totale scolante all'interno del nuovo scarico acque meteoriche di progetto											
<b>ANTE OPERAM</b>															
Superficie impermeabile esistente	=	0.00	mq	inserire il 100 % della superficie impermeabile e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Imp°	=	0.00													
Superficie permeabile esistente	=	29719.00	mq	inserire il 100 % della superficie permeabile (verde o agricola) e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Per°	=	1.00													
Imp°+Per°	=	1.00		corretto: risulta pari a 1											
<b>POST OPERAM</b>															
Superficie impermeabile di progetto	=	18916.10	mq	inserire il 100 % della superficie impermeabile e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Imp	=	0.64													
Superficie permeabile progetto	=	10802.90	mq	inserire il 100 % della superficie permeabile (verde o agricola) e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Per	=	0.36													
Imp+Per	=	1.00		corretto: risulta pari a 1											
<b>INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</b>															
Superficie trasformata/livellata	=	29719.00	mq	inserire la superficie di tutte le aree non agricole di progetto. Comprese aree verdi											
I	=	1.00													
Superficie agricola inalterata	=	0.00	mq	inserire la superficie agricola di progetto (ovvero la superficie agricola inalterata)											
P	=	0.00													
I+P	=	1.00		corretto: risulta pari a 1											
<b>CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM</b>															
$\phi^{\circ} = 0.9 \times \text{Imp}^{\circ} + 0,2 \times \text{Per}^{\circ}$	=	0.9	x	0.00	+	0.2	x	1.00	=	0.20	$\phi^{\circ}$				
$\phi = 0.9 \times \text{Imp} + 0,2 \times \text{Per}$	=	0.9	x	0.64	+	0.2	x	0.36	=	0.65	$\phi$				
<b>CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI INVASO</b>															
$w = w^{\circ} (f/f^{\circ})^{(1/(1-n))} - 15 I - w^{\circ} P$	=	50	x	9.52	-	15	x	1.00	-	50	x	0.00	=	461.02 mc/ha	w
$W = w \times \text{Superficie fondiaria (ha)}$	=							461.02	x	29719	:	10'000	=	1'370.10 mc	W

Le linee guida del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico forniscono una classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici, che permette di definire soglie dimensionali in base alle quali applicare considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento. La classificazione è riportata nella seguente tabella:

*Classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulica*

Classe di Intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$

L'intervento in esame ricade nel caso degli interventi a "significativa impermeabilizzazione potenziale" in quanto la superficie di estensione è compresa tra 1 ha e 10 ha: è necessario dunque procedere ad un'ulteriore verifica. È stata quindi svolta la verifica della volumetria per piogge con tempo di ritorno pari a 30 anni e durata di due ore. Viene riportato di seguito il foglio di calcolo della verifica svolta. Come si evince dall'immagine, con tale metodo di calcolo si ottiene un volume nettamente inferiore a W (919.77 mc) e pertanto il volume da reperire risulta essere confermato cautelativamente in **1370.10 mc**.

<b>VERIFICA DELLA VOLUMETRIA PER PIOGGE CON TR 30 ANNI E DURATA d 2h</b>		
<i>Da effettuarsi per casi di Superficie fondiaria &gt; 1 ha</i>		
<i>Inserire dati esclusivamente nei campi cerchiati</i>		
<b>Superficie fondiaria</b>	2.97 ha	superficie totale dell'intervento
<b>TR</b>	30 anni	tempo di ritorno di riferimento
<b>a</b>	48	inserire parametro di zona (vedi tabella)
<b>n</b>	0.30	inserire parametro di zona (vedi tabella)
<b>tp</b>	2.00 ore	durata di pioggia
<b>φ</b>	0.65	coeff. di deflusso dopo la trasformazione
<b>h</b>	59.09 mm	altezza pioggia in tp
<b>Vp</b>	1'756.24 mc	Volume piovuto in tp
<b>Ve</b>	1'133.74 mc	Volume effluente in vasca in tp
<b>Qu</b>	29.72 l/sec	Portata scaricabile dalla strozzatura adottata
<b>Vu</b>	213.97 mc	Volume scaricato dalla vasca nel ricettore in tp
<b>Ve-Vu</b>	<b>919.77 mc</b>	Volume da laminare per evento TR 30 d 2 ore
<b>W</b>	<b>1'370.10 mc</b>	Volume di laminazione (formula del w)
	<b>VERIFICATO</b>	
	<b>W FINALE da adottare=</b>	<b>1'370.10 mc</b>

Lo stesso calcolo è stato poi svolto considerando la porzione pubblica e la porzione privata separatamente. Si riportano di seguito i due fogli di calcolo relativi.

a) AREE PUBBLICHE

La superficie totale delle future aree di cessione pubblica risulta essere pari a 12796 mq.

Allo stato attuale la futura porzione pubblica del Comparto si presenta completamente permeabile, invece nello stato post intervento la superficie permeabile è pari a 5376.50 mq, quella semipermeabile è pari a 699 mq ed infine la porzione impermeabile sarà di 6720.50 mq.

Per la porzione pubblica si ottiene il seguente volume:

<b>W pub = 487.74 mc</b>
--------------------------

CALCOLO DEI VOLUMI MINIMI PER L'INVARIANZA IDRAULICA															
<i>(inserire i dati esclusivamente nei campi cerchiati)</i>															
Superficie fondiaria	=	12'796.00	mq	inserire la superficie totale scolante all'interno del nuovo scarico acque meteoriche di progetto											
<b>ANTE OPERAM</b>															
Superficie impermeabile esistente	=	0.00	mq	inserire il 100 % della superficie impermeabile e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Imp°	=	0.00													
Superficie permeabile esistente	=	12'796.00	mq	inserire il 100 % della superficie permeabile (verde o agricola) e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Per°	=	1.00													
Imp°+Per°	=	1.00		corretto: risulta pari a 1											
<b>POST OPERAM</b>															
Superficie impermeabile di progetto	=	7'070.00	mq	inserire il 100 % della superficie impermeabile e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Imp	=	0.55													
Superficie permeabile progetto	=	5'726.00	mq	inserire il 100 % della superficie permeabile (verde o agricola) e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Per	=	0.45													
Imp+Per	=	1.00		corretto: risulta pari a 1											
<b>INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</b>															
Superficie trasformata/livellata	=	12'796.00	mq	inserire la superficie di tutte le aree non agricole di progetto. Comprese aree verdi											
I	=	1.00													
Superficie agricola inalterata	=	0.00	mq	inserire la superficie agricola di progetto (ovvero la superficie agricola inalterata)											
P	=	0.00													
I+P	=	1.00		corretto: risulta pari a 1											
<b>CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM</b>															
$\phi^{\circ} = 0.9 \times \text{Imp}^{\circ} + 0.2 \times \text{Per}^{\circ}$	=	0.9	x	0.00	+	0.2	x	1.00	=	0.20	$\phi^{\circ}$				
$\phi = 0.9 \times \text{Imp} + 0.2 \times \text{Per}$	=	0.9	x	0.55	+	0.2	x	0.45	=	0.59	$\phi$				
<b>CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI INVASO</b>															
$w = w^{\circ} (f/f^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ} P$	=	50	x	7.92	-	15	x	1.00	-	50	x	0.00	=	381.17 mc/ha	w
$W = w \times \text{Superficie fondiaria (ha)}$	=							381.17	x	12'796	:	10'000	=	487.74 mc	W

L'intervento in esame ricade nel caso degli interventi a "significativa impermeabilizzazione potenziale" in quanto la superficie di estensione è compresa tra 1 ha e 10 ha: è necessario dunque procedere ad un'ulteriore verifica.

E' stata quindi svolta la verifica della volumetria per piogge con tempo di ritorno pari a 30 anni e durata di due ore. Viene riportato di seguito il foglio di calcolo della verifica svolta.

Come si evince dall'immagine, con tale metodo di calcolo si ottiene un volume nettamente inferiore a W (351.50 mc) e pertanto il volume da reperire risulta essere confermato cautelativamente in **487.74 mc.**

<b>VERIFICA DELLA VOLUMETRIA PER PIOGGE CON TR 30 ANNI E DURATA d 2h</b>				
<i>Da effettuarsi per casi di Superficie fondiaria &gt; 1 ha</i>				
<i>Inserire dati esclusivamente nei campi cerchiati</i>				
<b>Superficie fondiaria</b>	1.28 ha	superficie totale dell'intervento		
<b>TR</b>	30 anni	tempo di ritorno di riferimento		
<b>a</b>	48	inserire parametro di zona (vedi tabella)		
<b>n</b>	0.30	inserire parametro di zona (vedi tabella)		
<b>tp</b>	2.00 ore	durata di pioggia		
<b>φ</b>	0.59	coeff. di deflusso dopo la trasformazione		
<b>h</b>	59.09 mm	altezza pioggia in tp		
<b>Vp</b>	756.18 mc	Volume piovuto in tp		
<b>Ve</b>	443.70 mc	Volume effluente in vasca in tp		
<b>Qu</b>	12.80 l/sec	Portata scaricabile dalla strozzatura adottata		
<b>Vu</b>	92.20 mc	Volume scaricato dalla vasca nel ricettore in tp		
<b>Ve-Vu</b>	351.50 mc	Volume da laminare per evento TR 30 d 2 ore		
<b>W</b>	487.74 mc	Volume di laminazione (formula del w)		
<b>VERIFICATO</b>				
<b>W FINALE da adottare= 487.74 mc</b>				
<b>Per Tp&gt;1h e TR 30 anni</b>	<b>RIMINI</b>	<b>CESENA</b>	<b>FORLI</b>	<b>RAVENNA</b>
<b>a</b>	51	51	48	51
<b>n</b>	0.27	0.29	0.30	0.28

#### b) LOTTI PRIVATI

Infine, si riporta il calcolo condotto per la solo porzione privata del comparto. La superficie totale dei futuri lotti privati risulta essere pari a 16983 mq.

Allo stato attuale la futura porzione privata del Comparto (28 lotti) si presenta completamente permeabile, invece nello stato post intervento la superficie permeabile è pari a 5076.9 mq, quella semipermeabile risulta nulla ed infine la porzione impermeabile sarà di 11846.1 mq.

Per la porzione privata si ottiene il seguente volume:

**W priv = 890.23 mc**

<b>CALCOLO DEI VOLUMI MINIMI PER L'INVARIANZA IDRAULICA</b>															
<i>(inserire i dati esclusivamente nei campi cerchiati)</i>															
Superficie fondiaria =		16'923.00	mq	inserire la superficie totale scolante all'interno del nuovo scarico acque meteoriche di progetto											
<b>ANTE OPERAM</b>															
Superficie impermeabile esistente =		0.00	mq	inserire il 100 % della superficie impermeabile e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Imp° =		0.00													
Superficie permeabile esistente =		16'923.00	mq	inserire il 100 % della superficie permeabile (verde o agricola) e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Per° =		1.00													
Imp°+Per° =		1.00		corretto: risulta pari a 1											
<b>POST OPERAM</b>															
Superficie impermeabile di progetto =		11'846.10	mq	inserire il 100 % della superficie impermeabile e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Imp =		0.70													
Superficie permeabile progetto =		5'076.90	mq	inserire il 100 % della superficie permeabile (verde o agricola) e il 50% della superficie di stabilizzato/betonella etc.											
Per =		0.30													
Imp+Per =		1.00		corretto: risulta pari a 1											
<b>INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA</b>															
Superficie trasformata/livellata =		16'923.00	mq	inserire la superficie di tutte le aree non agricole □ di progetto. Comprese aree verdi											
I =		1.00													
Superficie agricola inalterata =		0.00	mq	inserire la superficie agricola di progetto □ (ovvero la superficie agricola inalterata)											
P =		0.00													
I+P =		1.00		corretto: risulta pari a 1											
<b>CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM</b>															
$\phi^{\circ} = 0.9 \times \text{Imp}^{\circ} + 0,2 \times \text{Per}^{\circ} =$		0.9	x	0.00	+	0.2	x	1.00	=	0.20	$\phi^{\circ}$				
$\phi = 0.9 \times \text{Imp} + 0,2 \times \text{Per} =$		0.9	x	0.70	+	0.2	x	0.30	=	0.69	$\phi$				
<b>CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI INVASO</b>															
$w = w^{\circ} (f/f^{\circ})^{1/(1-n)} - 15 I - w^{\circ} P =$		50	x	10.82	-	15	x	1.00	-	50	x	0.00	=	526.05 mc/ha	w
$W = w \times \text{Superficie fondiaria (ha)} =$								526.05	x	16'923	:	10'000	=	890.23 mc	W

L'intervento in esame, come i precedenti, ricade nel caso degli interventi a "significativa impermeabilizzazione potenziale" in quanto la superficie di estensione è compresa tra 1 ha e 10 ha: è necessario dunque procedere ad un'ulteriore verifica.

È stata quindi svolta la verifica della volumetria per piogge con tempo di ritorno pari a 30 anni e durata di due ore.

Viene riportato di seguito il foglio di calcolo della verifica svolta.

Come si evince dall'immagine, con tale metodo di calcolo si ottiene un volume nettamente inferiore a W (568.21 mc) e pertanto il volume da reperire risulta essere confermato cautelativamente in **890.23 mc**.

<b>VERIFICA DELLA VOLUMETRIA PER PIOGGE CON TR 30 ANNI E DURATA d 2h</b>			
<i>Da effettuarsi per casi di Superficie fondiaria &gt; 1 ha</i>			
<i>Inserire dati esclusivamente nei campi cerchiati</i>			
<b>Superficie fondiaria</b>	1.69 ha	superficie totale dell'intervento	
<b>TR</b>	30 anni	tempo di ritorno di riferimento	
<b>a</b>	48	inserire parametro di zona (vedi tabella)	
<b>n</b>	0.30	inserire parametro di zona (vedi tabella)	
<b>tp</b>	2.00 ore	durata di pioggia	
<b>φ</b>	0.69	coeff. di deflusso dopo la trasformazione	
<b>h</b>	59.09 mm	altezza pioggia in tp	
<b>Vp</b>	1'000.06 mc	Volume piovuto in tp	
<b>Ve</b>	690.04 mc	Volume effluente in vasca in tp	
<b>Qu</b>	16.92 l/sec	Portata scaricabile dalla strozzatura adottata	
<b>Vu</b>	121.83 mc	Volume scaricato dalla vasca nel ricettore in tp	
<b>Ve-Vu</b>	<b>568.21</b> mc	Volume da laminare per evento TR 30 d 2 ore	
<b>W</b>	<b>890.23</b> mc	Volume di laminazione (formula del w)	
<b>VERIFICATO</b>			
<b>W FINALE da adottare=</b>		<b>890.23 mc</b>	

In conclusione considerando pubblico e privato separatamente si ottiene la seguente volumetria:

$$\mathbf{W_{pubb} + priv = 487.74 mc + 890.23 mc = 1377.97 mc}$$

che verrà considerata come volumetria totale da reperire; tale scelta progettuale risulta chiaramente a favore di sicurezza in quanto rappresenta il valore maggiore determinato nei calcoli svolti precedentemente.

**Per la determinazione dei dispositivi si sottolinea che i volumi privati ed i volumi pubblici saranno reperiti separatamente e rispettivamente nelle aree private e nelle aree pubbliche.**

### 3.3 Reperimento dei volumi per l'invarianza idraulica

Definiti i volumi di compensazione idraulica da reperire al fine dell'invarianza idraulica, è necessario determinare in quali dispositivi individuare tali volumetrie.

In particolare il volume minimo da reperire per l'invarianza "pubblica" sarà individuato all'interno dei seguenti dispositivi partecipati:

- Dispositivi fognari all'interno delle condotte e dei pozzetti, i quali vengono conteggiati all'80% del loro volume complessivo.

Di seguito verranno quindi descritti i volumi reperiti di invarianza idraulica, individuati separatamente per le superfici pubbliche e private.

### **SUPERFICI PUBBLICHE**

Il volume minimo da reperire ai fini dell'invarianza idraulica per la porzione pubblica di PUA risulta:

<b><math>W_{\text{Pubblico}} = 487.74 \text{ mc}</math></b>
-------------------------------------------------------------

### VOLUME INTERNO DELLA FOGNATURA BIANCA PUBBLICA

Si riporta di seguito il volume totale (contegiato al 100%) interno alle condotte di fognatura bianca pubblica.

<b>Condotte di Fognatura Bianca PUBBLICO</b>				
<b>Ramo</b>	<b>L tubo (m)</b>	<b>A sezione tubo (mq)</b>	<b>Vol_100 (mc)</b>	<b>Materiale DN (mm)</b>
B1-B2	26.7	0.96	25.63	SCAT 1.2X0.8 CLS
B2-B3	28.1	0.96	26.98	SCAT 1.2X0.8 CLS
B3-B4	26.9	0.96	25.82	SCAT 1.2X0.8 CLS
B4-B5	27.5	0.96	26.40	SCAT 1.2X0.8 CLS
B5-B6	31.1	0.96	29.86	SCAT 1.2X0.8 CLS
B6-B7	23.6	0.96	22.66	SCAT 1.2X0.8 CLS
B7-B8	23.4	0.96	22.46	SCAT 1.2X0.8 CLS
B8-B9	29.5	0.96	28.32	SCAT 1.2X0.8 CLS
B9-B10	29.5	0.96	28.32	SCAT 1.2X0.8 CLS
B10-B11	36.7	0.96	35.23	SCAT 1.2X0.8 CLS
B11-B12	32	0.96	30.72	SCAT 1.2X0.8 CLS
B10-B13	26	0.96	24.96	SCAT 1.2X0.8 CLS
B13-B14	26	0.96	24.96	SCAT 1.2X0.8 CLS
B14-B15	34	0.96	32.64	SCAT 1.2X0.8 CLS
B15-B16	36	0.96	34.56	SCAT 1.2X0.8 CLS
B14-B17	28.7	0.96	27.55	SCAT 1.2X0.8 CLS
B14-B18	13.3	0.96	12.77	SCAT 1.2X0.8 CLS
B6-B19	14.4	0.96	13.82	SCAT 1.2X0.8 CLS
B19-B20	12	0.96	11.52	SCAT 1.2X0.8 CLS
B20-B21	22	0.96	21.12	SCAT 1.2X0.8 CLS
			<b>506.30</b>	

Il volume totale delle condotte è quindi pari a:

**$W_{\text{condotte}} = 506.30 \text{ mc}$**

A tale volume si deve detrarre il volume per garantire la compensazione del tratto dismesso dello scolo Ausetta 5 ramo (47.73 mc) come già specificato nei paragrafi precedenti.

Si ottiene pertanto:

$$W \text{ utile condotte} = 506.30 \text{ mc} - 47.73 \text{ mc} = 458.57 \text{ mc}$$

Si procede ora alla determinazione dei volumi invarianti all'interno dei condotti fognari e dei pozzetti costituenti la rete fognaria bianca pubblica di progetto, conteggiati all'80% del loro volume.

All'interno della fognatura bianca pubblica di progetto il volume reperibile nelle condotte è pari a:

$$W \text{ condotte,80\%} = 458.57 \text{ mc} \times 0.8 = 366.85 \text{ mc}$$

All'interno della fognatura bianca pubblica di progetto il volume reperibile nei pozzetti d'ispezione e nelle caditoie è pari a:

Pozzetti di Fognatura Bianca PUBBLICO					
cod. pozz.	Num. Pozz.	Dim. int. (cm)	A (mq)	h (m)	Vol_80 (mc)
B1-B1-B3-B4-B5-B6-B7-B8-B9-B10-B11-B12-B13-B14-B15-B16-B17-B18-B19-B20-B21	21	200*200	4.00	1.65	110.88
Caditoie	84	50*50	0.25	0.7	11.76
					122.64

$$W \text{ pozzetti,80\%} = 122.64 \text{ mc}$$

In totale si ha:

$$W_{\text{FOG}} = 366.85 \text{ mc} + 122.64 \text{ mc} = 489.49 \text{ mc} > 487.74 \text{ mc}$$

I dispositivi invarianti delle superficie pubbliche sono correttamente dimensionati per garantire sia il rispetto dell'invarianza idraulica sia per reperire i volumi compensativi conseguenti alla dismissione del tratto dello scolo Ausetta 5 ramo.

## SUPERFICI PRIVATE

Il volume minimo complessivo da reperire ai fini dell'invarianza idraulica per la porzione privata di PUA risulta:

$$W_{\text{Privato}} = 890.23 \text{ mc}$$

Come già anticipato precedentemente, il volume complessivo minimo da reperire per le superfici private verrà suddiviso tra i 28 lotti privati di progetto in funzione della loro superficie fondiaria: nella tabella di seguito sono indicati i volumi minimi di invarianza che dovranno essere garantiti per ogni singolo lotto privato di progetto, nell'ipotesi di minor tasso di permeabilità ammesso all'interno del lotto.

Se i singoli lotti attueranno in fase esecutiva gradi di permeabilità maggiori al loro interno, essi potranno in sede di richiesta di titolo edilizio riconteggiare i volumi invariati finali e ridefinire conseguentemente il reale volume da implementare all'interno del lotto in dispositivi di laminazione privati interni.

Nella tabella seguente sono confrontati, per ogni singolo lotto privato, i volumi minimi stimati per le superfici private da reperire ai fini dell'invarianza idraulica.

Lotto	Sup. Fondiaria [mq]	Volume da PSRI da reperire nel lotto con min permeabilità [mc]
1	664.00	34.93
2	634.00	33.35
3	637.00	33.51
4	639.00	33.61
5	638.00	33.56
6	1009.00	53.08
7	591.00	31.09
8	606.00	31.88
9	611.00	32.14
10	731.00	38.45
11	757.00	39.82
12	613.00	32.25
13	600.00	31.56
14	662.00	34.82
15	663.00	34.88
16	747.00	39.30
17/18	550.00	28.93
19	591.00	31.09
20	610.00	32.09
21	665.00	34.98
22/23	550.00	28.93
24	600.00	31.56
25	600.00	31.56
26	629.00	33.09
27	549.00	28.88
28	777.00	40.87
<b>Totale</b>	<b>16'923.00</b>	<b>890.23</b>

Ogni singolo lotto dovrà quindi garantire il reperimento, tramite la realizzazione di vasche/depressioni morfologiche private - se possibile – e/o all'interno della rete fognaria privata di progetto.

**Naturalmente, si ribadisce che il volume da invariare in ogni lotto è al momento calcolato sulla massima impermeabilizzazione possibile. Nel caso in sede di richiesta di Permesso di Costruire di ogni singolo lotto dovesse essere presente una permeabilità di progetto maggiore, dovrà/potrà essere ricalcolato da parte del progettista il suo specifico volume minimo di invarianza.**

#### 4. VERIFICA IDRAULICA DELLA DIMENSIONE DELLA STROZZATURA FINALE

In ultimo, resta solamente da verificare l'efficacia idraulica della tubazione terminale, avente la funzione di "strozzatura limitatrice di portata" in uscita verso l'attuale scolo consorziale Ausetta 5° ramo (sclassificato a fogna bianca pubblica).

L'obiettivo progettuale è di limitare il coefficiente udometrico post intervento delle aree passate da permeabili ad impermeabili a 10 l/s\*ha, pari cioè a quello per aree agricole pre-intervento urbanistico stabilito dal Consorzio di Bonifica della Romagna competente per i territori NO della pianura romagnola. Per le aree già impermeabilizzate, se presenti, si considera un coefficiente udometrico cautelativo pari a 90 l/s\*ha, valore suggerito dal Consorzio stesso.

La portata massima scaricabile in corrispondenza della condotta limitatrice di portata risulta pari a:

$$Q_{MAX} = 29.72 \text{ l/s}$$

Si evince dalla tabella di calcolo sottostante che, in presenza di un battente idraulico stimato preventivamente in circa 169 cm, sarebbe necessario un diametro di circa 104 mm; tuttavia, il diametro minimo funzionale previsto dal Consorzio di Bonifica competente territorialmente è un **DN125 PVC (diametro interno 117 mm)**, che consentirà il passaggio di una portata pari a:

$$Q_{uscente} = 37.16 \text{ l/s.}$$

DIMENSIONAMENTO STROZZATURA			
Portata amm.le (Qagr.=10 l/sec/ha* Perm <sub>o</sub> +90l/sec/ha*Imp <sub>o</sub> )	29.72	l/sec	portata ammissibile effluente al ricettore
Battente massimo h	1.69	m	inserire il valore di <b>progetto (calcolato esplicitamente in relazione)</b> del battente sopra l'asse della strozzatura
<b>DN max condotta di scarico</b>	<b>104.65</b>	<b>mm</b>	
Si adotta condotta DN	117.00	mm	inserire il diametro della condotta scelta, che deve essere inferiore a DN max. Si consente un minimo funzionale DN 125
Portata uscente con la condotta adottata	37.16	l/sec	

Per stimare la portata defluente dalla strozzatura, si possono usare diverse formule, dipendenti dalle modalità idrauliche di funzionamento nel condotto e quindi dalle condizioni al contorno.

In particolare, ipotizzando (**molto cautelativamente**) un funzionamento a battente con tratto breve e sbocco libero, la portata è calcolabile mediante la seguente formula:

$$Q = \mu A (2 g h)^{0.5}$$

Con:

Q portata,

$$\mu = 0,6$$

h = battente.

<b>mu = 0,6</b>	<b>Diametro tubo di scarico (mm)</b>									
battente	80	100	120	150	160	180	200	250	296	315
h (ml)	<b>portata defluente in l/sec</b>									
0.2	5.97	9.33	13.44	20.99	23.88	30.23	37.32	58.31	81.75	92.58
0.3	7.31	11.43	16.45	25.71	29.25	37.02	45.71	71.42	100.12	113.38
0.4	8.44	13.19	19.00	29.69	33.78	42.75	52.78	82.47	115.61	130.92
0.5	9.44	14.75	21.24	33.19	37.77	47.80	59.01	92.20	129.25	146.38
0.6	10.34	16.16	23.27	36.36	41.37	52.36	64.64	101.00	141.59	160.35
0.7	11.17	17.45	25.14	39.27	44.68	56.55	69.82	109.09	152.93	173.20
0.8	11.94	18.66	26.87	41.99	47.77	60.46	74.64	116.63	163.49	185.15
0.9	12.67	19.79	28.50	44.53	50.67	64.13	79.17	123.70	173.41	196.39
1.0	13.35	20.86	30.04	46.94	53.41	67.59	83.45	130.39	182.79	207.01
1.1	14.00	21.88	31.51	49.23	56.02	70.89	87.52	136.76	191.71	217.11
1.2	14.63	22.85	32.91	51.42	58.51	74.05	91.42	142.84	200.24	226.77
1.25	14.93	23.33	33.59	52.48	59.71	75.57	93.30	145.78	204.37	231.44
1.3	15.22	23.79	34.25	53.52	60.89	77.07	95.15	148.67	208.41	236.03
1.4	15.80	24.69	35.55	55.54	63.19	79.98	98.74	154.28	216.28	244.94
1.5	16.35	25.55	36.79	57.49	65.41	82.79	102.21	159.70	223.87	253.53
1.6	16.89	26.39	38.00	59.38	67.56	85.50	105.56	164.93	231.21	261.85
1.7	17.41	27.20	39.17	61.20	69.64	88.13	108.81	170.01	238.33	269.91
1.8	17.91	27.99	40.31	62.98	71.65	90.69	111.96	174.94	245.24	277.73
1.9	18.40	28.76	41.41	64.70	73.62	93.17	115.03	179.73	251.96	285.34
2.00	18.88	29.50	42.49	66.38	75.53	95.59	118.02	184.40	258.50	292.76
2.1	19.35	30.23	43.54	68.02	77.40	97.95	120.93	188.96	264.89	299.99
2.2	19.80	30.94	44.56	69.62	79.22	100.26	123.78	193.40	271.12	307.04

**In conclusione si dichiara che il tratto di fognatura a sezione ristretta terminale, che funge da limitatore di portata verso l'attuale scolo consorziale Ausetta 5° ramo (oggetto qui di contestuale richiesta di sclassifica a fogna bianca comunale), è stato correttamente dimensionato.**

## **5. VERIFICA DELL'OFFICIOSITÀ IDRAULICA DELLA FOGNATURA BIANCA**

Rimane ora da verificare idraulicamente la rete fognaria bianca di progetto; viene di seguito verificato il tratto terminale della rete di fognatura bianca pubblica di progetto:

- Tratto B1-B2: condotta SCATOLARE 1.2X0.8 m pendenza 0.08%;

L'officiosità è stata valutata prendendo a riferimento eventi di precipitazione caratterizzati da tempo da Tr 30 anni, disponendo dei coefficienti a ed n della curva di possibilità pluviometrica per precipitazione di durata inferiore all'ora e Tr = 30 anni per l'area di Forlì, di riferimento per il comparto in esame.

$$a = 47 - n = 0.48$$

L'officiosità della condotta verificata verrà poi confrontata con la portata idrologica massima afferente alla stessa.

Di seguito verrà descritto il procedimento di calcolo per la stima della portata meteorica massima afferente alla condotta da verificare.

Si richiede di fissare alcuni parametri idrologici/idraulici: innanzitutto si deve determinare il coefficiente di deflusso (medio) che rappresenta la quota parte di precipitazione che si trasforma in deflusso superficiale e raggiunge la rete fognaria; tale parametro dipende dalle percentuali di aree permeabili e impermeabili che insistono sui bacini afferenti ai tratti fognari da verificare. Tale coefficiente è stato preso pari a 0.65 ed è stato dedotta dal foglio di calcolo riportato in precedenza relativo al calcolo dei volumi invarianti ed è conseguenza della natura delle superfici di progetto (permeabili e impermeabili) del lotto in esame.

Un ulteriore parametro da definire è il tempo di corrivazione, ossia il tempo impiegato dalla goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura. La portata massima defluente da un bacino, secondo la teoria del metodo cinematico, è quella generata da una pioggia di intensità costante e durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  del bacino stesso. Per precipitazione con durata inferiore di  $t_c$  solo una porzione di bacino contribuirà alla formazione dei deflussi in corrispondenza della sezione di chiusura (ossia i punti del bacino per i quali  $t_c$  è inferiore o uguale alla durata dell'evento meteorico).

Per precipitazioni con durata superiore a  $t_c$ , tutto il bacino contribuirà invece alla formazione dei deflussi in corrispondenza della sezione di chiusura, ma il valore della portata si manterrà costante una volta superato un tempo pari a  $t_c$  e l'intensità di pioggia risulterà inferiore a quella corrispondente a  $t_c$ .

Il tempo di corrivazione è ottenibile dalla somma del tempo di accesso alla rete (tempo necessario a raggiungere i collettori fognari, solitamente compreso tra i 10 e i 15 minuti) e del tempo di rete (tempo di percorrenza all'interno dei collettori fognari). Il tempo di accesso alla rete è stato assunto pari a 10 minuti, mentre il tempo di rete viene stimato applicando il rapporto  $L/v$ , con  $L$  la lunghezza dell'asta principale [m] e  $v$  la velocità all'interno della rete [m/s] ipotizzata pari a 1 m/s.

Come visto precedentemente, i coefficienti  $a$  ed  $n$  della curva di possibilità pluviometrica saranno necessari per calcolare l'altezza e l'intensità di pioggia di riferimento di durata  $d$ :

$$h_d(Tr) = a \times d^n$$

$$i_d(Tr) = h_d(Tr) / d = a \times d^{n-1}$$

A questo punto la stima delle portate meteoriche da considerare è data dalla formula:

$$Q_{max} = C \times i_d(Tr) \times A$$

Con  $C$  il coefficiente di deflusso medio del bacino,  $A$  l'estensione areale del bacino e  $i$  l'intensità dell'evento di pioggia di riferimento.

Nella tabella di seguito allegata è riassunta il valore di portata massima afferente al tratto fognario oggetto di verifica, stimati con il metodo sopra esposto.

Nella tabella seguente è presente anche l'officiosità del tratto fognario.

Tratto dorsale	Area (mq)	Area (ha)	$\phi$ medio (-)	tc (min)	$h_c$ (mm)	$i_c$ (mm/ora)	Q (l/ora)	Q (l/s)	DN (mm)	p (%)	Qoff (l/s)
TRATTO B1-B2	29719	2.97	0.65	15	24.16	96.64	1866881	519	SCAT. 1.2X0.8	0.08	650

Si riportano – nelle pagine seguenti - i calcoli svolti utilizzando il foglio di calcolo del Consorzio di bonifica per determinare la portata che può essere smaltita (officiosità) dallo scatolare di dimensione 1.2x0.8 m con pendenza pari a 0.08% e con un franco di sicurezza pari a 15 cm (grado di riempimento ottimale pari circa all'80%).

Risalendo man mano verso monte, lo scatolare fognario perde progressivamente pendenza (fino allo 0,05% dei rami iniziali), in maniera proporzionale alla graduale riduzione dei bacini scolanti: per questo motivo, tutti i rami di fognatura sono da considerarsi dimensionati con ampio margine di efficienza idraulica.

Si può quindi affermare, visti i notevoli margini differenziali tra la portata idrologica al picco e l'officiosità idraulica dei condotti scotalari, che le dorsali di fognatura previste sono state correttamente dimensionate.

## Manufatto rettangolare

### Formula di Bazin II

$$Q = AV$$

$$V = K\sqrt{RJ}$$

$$K = \frac{87\sqrt{R}}{\sqrt{R} + \gamma}$$

A = Area tombinata  
R = A/C  
C = Contorno bagnato  
J = Pendenza dello scatolare  
 $\gamma$  = coefficiente di scabrezza

franco = 0.15 m

J = 0.00080 m/m

Canali con pareti lisce in cemento

$\gamma = 0.36 \text{ m}^{1/2}$

SCATOLARI PREFABBRICATI (franco F)							
base (mm)		altezza (mm)	Area (mq)	R	K	V (m/sec)	Officiosità $Q_M$ (mc/sec)
1000	x	800	0.65	0.28	51.87	0.78	0.51
1200	x	800	0.78	0.31	52.90	0.84	0.65
1200	x	1000	1.02	0.35	54.14	0.91	0.93
1500	x	1000	1.28	0.40	55.40	0.99	1.26
1600	x	1000	1.36	0.41	55.74	1.01	1.38
1750	x	1000	1.49	0.43	56.19	1.04	1.55
2000	x	1000	1.70	0.46	56.82	1.09	1.85
2500	x	1000	2.13	0.51	57.76	1.16	2.47
2100	x	1100	2.00	0.50	57.63	1.15	2.30
2000	x	1250	2.20	0.52	58.10	1.19	2.62
2250	x	1250	2.48	0.56	58.68	1.24	3.06
2500	x	1250	2.75	0.59	59.16	1.28	3.52
3000	x	1250	3.30	0.63	59.92	1.35	4.46
2000	x	1500	2.70	0.57	58.98	1.26	3.41
2500	x	1500	3.38	0.65	60.13	1.37	4.62
3000	x	1500	4.05	0.71	60.96	1.45	5.89
3500	x	1500	4.73	0.76	61.60	1.52	7.19
2200	x	1700	3.41	0.64	60.05	1.36	4.65
2500	x	1750	4.00	0.70	60.85	1.44	5.77
2750	x	1750	4.40	0.74	61.33	1.49	6.56
3000	x	1750	4.80	0.77	61.74	1.54	7.38
3500	x	1800	5.78	0.85	62.56	1.63	9.42
2500	x	2000	4.63	0.75	61.41	1.50	6.94
2750	x	2000	5.09	0.79	61.91	1.56	7.91
3000	x	2000	5.55	0.83	62.34	1.60	8.91
3250	x	2000	6.01	0.87	62.72	1.65	9.92
3000	x	2250	6.30	0.88	62.82	1.66	10.47
3750	x	2000	6.94	0.93	63.36	1.73	12.00
4000	x	2000	7.40	0.96	63.63	1.76	13.06
3500	x	2250	7.35	0.95	63.57	1.76	12.91
3750	x	2250	7.88	0.99	63.89	1.80	14.16
4000	x	2200	8.20	1.01	64.07	1.82	14.95
4000	x	2250	8.40	1.02	64.17	1.84	15.43
4000	x	2500	9.40	1.08	64.62	1.90	17.86
4500	x	2500	10.58	1.15	65.13	1.98	20.89
5000	x	3000	14.25	1.33	66.31	2.16	30.84
6000	x	3000	17.10	1.46	67.04	2.29	39.20

Dimensione scelta (standard o utente):

1200	x	800	0.78	0.31	52.90	0.84	0.65
------	---	-----	------	------	-------	------	------

## 6. DIMENSIONAMENTO DELLA FOGNATURA NERA

Per un corretto dimensionamento della rete fognaria nera è necessario innanzitutto definire la potenzialità dell'insediamento, ovvero la "sollecitazione" massima in termini di portata di acque reflue scaricate dalla lottizzazione di nuova realizzazione.

Il calcolo della portata reflua si basa sulla stima del numero di Abitanti Equivalenti (A.E.): il concetto di Abitante Equivalente consente infatti di stimare il contributo idraulico degli occupanti in relazione al tipo di attività svolta. Il PUA in esame prevede la realizzazione di 28 nuovi lotti a destinazione residenziale.

Per tale motivo il numero di A.E. verrà stimato facendo riferimento alla media – da ritenersi assai conservativa, vista la tipologia edilizia prevista - di 8 A.E. per ciascun lotto. A seguito di ciò, verranno quindi considerati 224 A.E. complessivi.

Successivamente al calcolo degli Abitanti Equivalenti si può quindi procedere alla stima della sollecitazione massima in termini di portata di acque reflue che verrà scaricata dalla futura lottizzazione nella rete fognaria nera pubblica esistente.

Il calcolo della portata massima giornaliera  $Q_{max}$ , cioè la portata reflua di dimensionamento della rete fognaria nera di progetto a servizio dell'intervento in esame, viene eseguito utilizzando la seguente relazione:

$$Q_{max} = C_{max} \times Q_{med}$$

con  $C_{max}$  il coefficiente di punta per le portate nere massime e  $Q_{med}$  la portata media giornaliera [l/s].

### Portata media giornaliera $Q_{med}$

Il calcolo della portata media giornaliera  $Q_m$  viene eseguito utilizzando il procedimento di seguito illustrato; si evidenzia che per il dimensionamento della fognatura si considera una dotazione idrica pari a 200 l/ab per gg, ipotizzando inoltre cautelativamente un coefficiente di rientro in fognatura pari all'unità (cioè che tutta l'acqua dell'acquedotto utilizzata venga scaricata in fogna nera).

$$Q_{med} = P \times d \times \phi / 86400$$

con P la popolazione prevista, cioè il numero di Abitanti Equivalenti, D la dotazione idrica giornaliera per abitante [l/ab x gg] e  $\phi$  il coefficiente di afflusso alla rete di fognatura nera.

A seguito di quanto sopra, per un numero di Abitanti Equivalenti stimato pari a 224, fissata la dotazione idrica di 200 l/ab per gg e il coefficiente di afflusso in rete pari all'unità, la portata media giornaliera assume il valore di:

$Q_{med} = 0.518 \text{ l/s}$
-------------------------------

### **Coefficiente di punta massimo $C_{max}$**

Per la determinazione del coefficiente di punta per le portate nere massime  $C_{max}$ , esistono differenti formule per il calcolo di tale valore (es *Depurazione delle acque*, pag. 35, Masotti, Ten State Standard, ecc...) e viene qui adottata una stima media di tali formule.

Il coefficiente di punta risulta:

$$C_{max} = 3.3$$

### **Portata massima giornaliera $Q_{max}$**

Nota la portata media giornaliera  $Q_{med}$  di 0.518 l/s ed il coefficiente di punta per le portate nere massime  $C_{max}$  di 3.3, la portata massima giornaliera  $Q_{max}$  – portata massima di progetto – assume un valore pari a:

$$Q_{max} = 1.71 \text{ l/s}$$

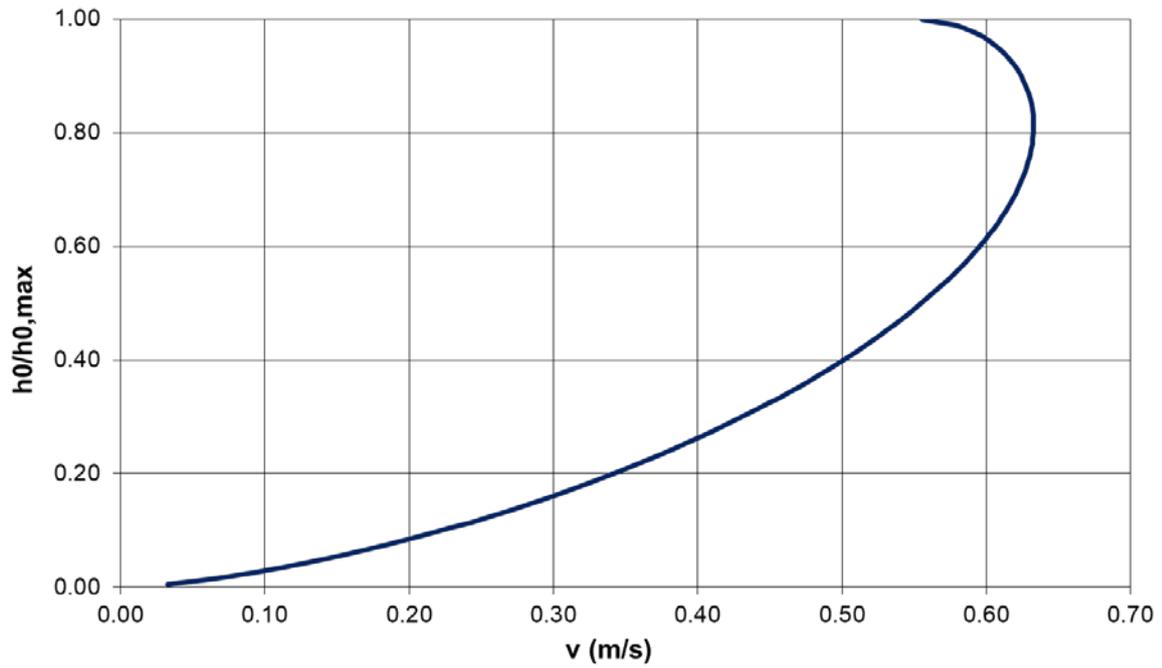
Per trasferire verso valle tale portata risulta senz'altro sufficiente una condotta in PVC DN200 con pendenza di posa pari allo 0.20%, in grado di trasferire verso valle in moto uniforme ed applicando la nota formula di Chézy circa 17 l/s a bocca piena, considerando un coefficiente di scabrezza di Manning di  $0.0105 \text{ s/m}^{1/3}$ , a fronte dei 1.71 l/s di progetto.

In particolare, la rete fognaria nera di progetto verrà totalmente realizzata impiegando tubazioni DN200 (diametro interno 188.2 mm) PVC – pendenza di posa 0.20% - classe di rigidità SN8, per condotte di reflui a pelo libero, che consente il passaggio dei previsti 1.71 l/s con grado di riempimento pari al 22% circa e velocità ottimali dell'ordine di 0,4 m/s.

La fognatura nera di comparto verrà realizzata inoltre conformemente alle prescrizioni tecnico-costruttive dettate dal Gestore HERA attraverso le Linee Guida per le urbanizzazioni, fornite ai progettisti e sempre richiamate nei pareri di competenza.

Di seguito si allega la scala della velocità e delle portate per la condotta costituente la rete fognaria nera di progetto, DN200 PVC con pendenza 0.20%.

**Velocità idrica (m/s) - PVC DN200 - p = 0.20%**



**Scala delle portate Q (m<sup>3</sup>/s) - PVC DN200 - p = 0.20%**

