

COMUNE DI OZZANO DELL'EMILIA

Progetto per il

Piano Urbanistico Attuativo - PUA

Ambito ANS_C2.1, Parco Centonara

PROPRIETA'

Banca di Bologna Real Estate S.p.a.

Sig. Gianni Ceré

C Holding S.r.l.

Sig.ra Nadia Baldazzi

Sig. Luca Baldazzi

Sig. Roberto Bonora

Sig.ra Chiara Bonora

Sig. Marco Filippi

Sig.ra Nadia Musiani

PROGETTISTA

Ing. Stefano Marzadori

Via Gyula, 43

40054, Budrio (BO)

COLLABORATORE

Arch. Nicoletta Rossi

PROGETTISTA RETI FOGNARIE

Ing. Carlo Baietti



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlo Baietti'.

SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO TECNICO

OGGETTO:

**PROGETTO RETI FOGNARIE
E COPERTURA RIO MARZANO**

SCALA

TAVOLA N°

4.D

REV.	DATA	DESCRIZIONE	N° ARCHIVIO:
1°	16 novembre 2018	Relazione Tecnica illustrativa e idraulica	A/719
2°	13 Marzo 2019		
3°			
4°			
5°			
6°			

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	INQUADRAMENTO DEL COMPARTO.....	3
3	SICUREZZA IDRAULICA	3
4	FOGNATURA BIANCA.....	5
4.1	RETE ESISTENTE E CANALI ESISTENTI	5
4.2	CONFIGURAZIONE DI PROGETTO E CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE.....	6
4.3	CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE.....	6
4.4	DIMENSIONAMENTO RETE FOGNATURA BIANCA.....	8
4.4.1	Stima del valore dei coefficienti di afflusso.....	8
4.4.2	Stima della pendenza dei tronchi della rete.....	8
4.4.3	Caratteristiche dei condotti e del coefficiente di scabrezza	8
4.4.4	Stima del volume specifico di invaso.....	9
4.4.5	Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per diverso tempo di ritorno	9
4.4.6	Metodi di calcolo adottati per le verifiche idrauliche	15
4.4.7	Risultati dei calcoli idraulici	15
4.5	VERIFICA TOMBAMENTO RIO MARZANO ESISTENTE E TOMBAMENTO DI PROGETTO.....	16
5	FOGNATURA NERA	17
5.1	RETE ESISTENTE	17
5.2	RETE DI PROGETTO	17
5.2.1	Caratteristiche costruttive fognatura nera a gravità	17
5.2.2	Dimensionamento idraulico fognatura nera a gravità	17

1 PREMESSA

La presente relazione descrive le caratteristiche e il dimensionamento del sistema di gestione delle acque bianche e delle acque nere di progetto per il Piano Urbanistico Attuativo relativo all'ambito urbanistico ANS C 2.1 "Parco Centonara", nel Comune di Ozzano dell'Emilia (BO).

Lo stesso ambito urbanistico è composto anche da una zona denominata ASC_C2.1 "Ex Ellebigi" che fa parte di un altro progetto.

Il progetto prevede come opera extra-comparto la realizzazione di strada parallela a via Ambiente sul lato est e che collega il comparto alla Nuova Tangenziale di Ozzano.

Inoltre è previsto il tombamento del Rio Marzano per una lunghezza di circa 243 m, nel tratto che attraversa il comparto. La scelta di tombare il Rio Marzano deriva dal fatto che, a monte del tratto in esame, sono presenti sulla rete fognaria mista a servizio dell'abitato di Ozzano degli scolmatori che, durante gli eventi meteorici di una certa intensità, scolmano nel suddetto Rio le acque miste che superano la soglia sfiorante; per motivi igienico-sanitari è dunque opportuno tombare il Rio nel tratto che attraversa il comparto di progetto.

La progettazione delle reti di smaltimento delle acque è stata effettuata seguendo le seguenti linee guida principali:

- Le reti di acque bianche e nere di progetto saranno reti separate e tra loro indipendenti
- Le reti di acque nere avranno come recapito la fognatura pubblica nera
- Le acque bianche saranno scaricate in corpo idrico superficiale
- Le portate di acque bianche date dalle acque meteoriche scolanti sulle nuove superfici impermeabili di progetto saranno laminate mediante sistemi che garantiscano la restituzione ai corpi idrici superficiali di una portata pari a quella ad oggi restituita dalla stessa superficie a verde rispettando così il concetto dell'invarianza idraulica del sistema.

2 INQUADRAMENTO DEL COMPARTO

L'intervento si sviluppa nel comune di Ozzano dell'Emilia, Città Metropolitana di Bologna, nell'area denominata "Parco Centonara" posto lungo via 'Ambiente. In Figura 1 è visibile l'inquadramento geografico.



Figura 1: inquadramento territoriale

3 SICUREZZA IDRAULICA

Le NTA del POC in variante prevedono per l'ambito urbanistico di progetto ANS C 2.1 "Parco Centonara" l'innalzamento del piano di calpestio ad una quota maggiore di 0,5 m rispetto al ciglio del canale di riferimento, come indicato negli elaborati grafici di progetto (Tavv. 4.A e 4.B). In questo caso, il canale di riferimento è il Rio Marzano e nel progetto delle opere di urbanizzazione è stata rispettata tale richiesta.

La prescrizione è giustificata dal fatto che l'area di intervento ricade tra le aree con livello di pericolosità P2 – Alluvioni poco frequenti, così come definite nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (P.G.R.A.) elaborato dall'Autorità di Bacino del fiume Reno.

Si riportano di seguito uno stralcio della "Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti – Ambito territoriale: reticolo naturale principale e secondario" e della "Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti – Ambito territoriale: reticolo secondario di pianura".

In entrambe le tavole l'area è appunto classificata a pericolosità P2 - Alluvioni poco

frequenti.

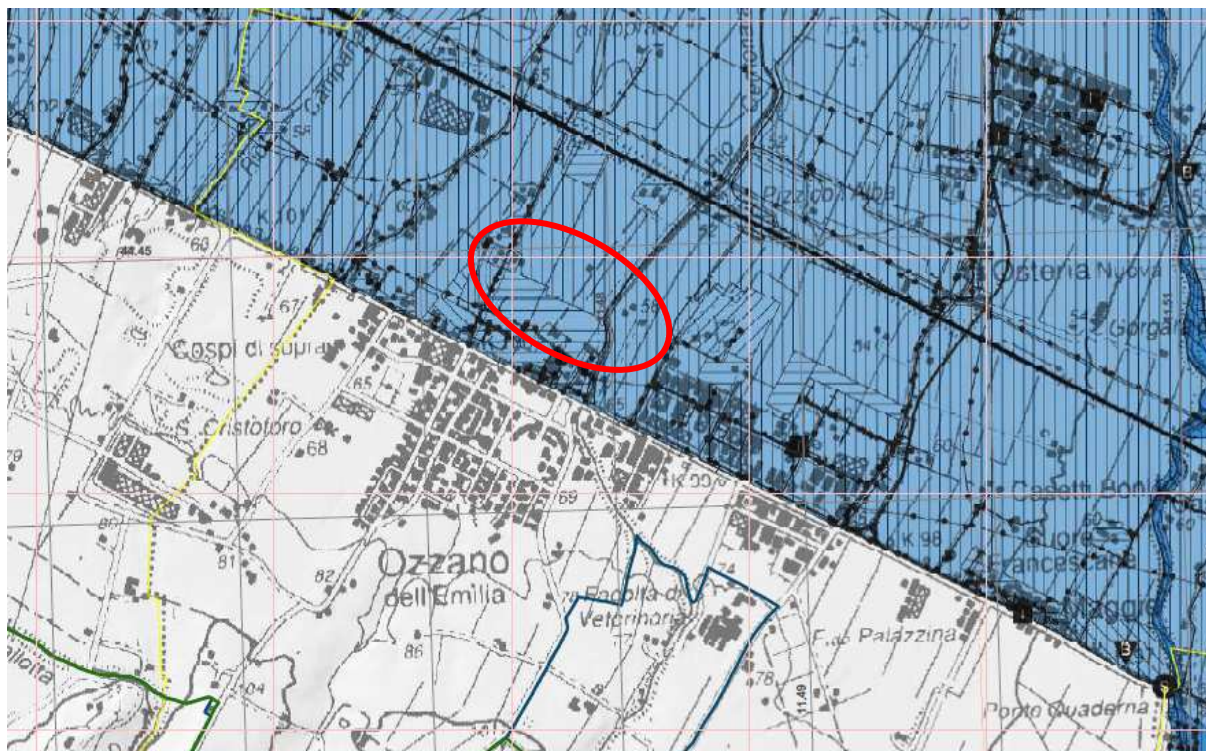


Figura 2: stralcio “Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti – Ambito territoriale: reticolo naturale principale e secondario”

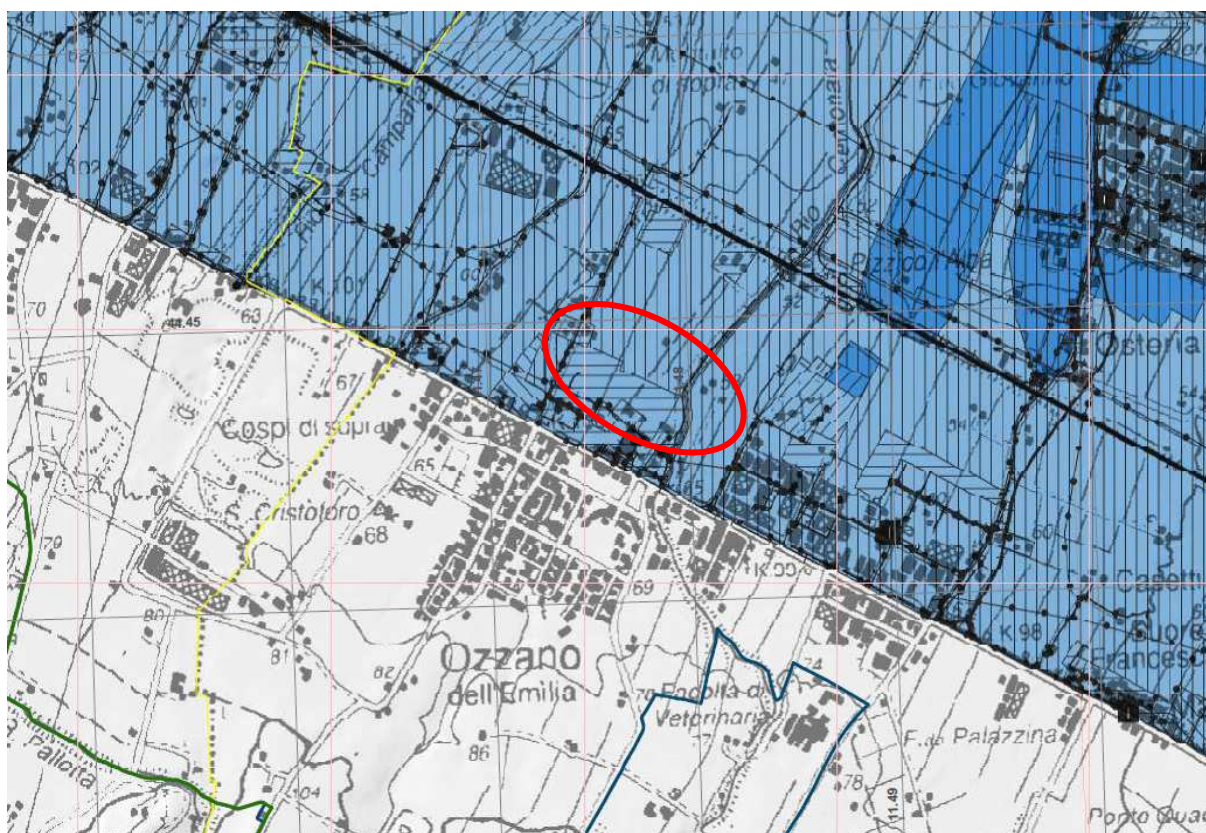





Figura 3: stralcio “Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti – Ambito territoriale: reticolo secondario di pianura”

Scenari di Pericolosità

Legenda

	P3 – H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
	P2 – M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
	P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

4 FOGNATURA BIANCA

4.1 RETE ESISTENTE E CANALI ESISTENTI

Parallelamente a via Ambiente, circa 200 m più ad est, scorre il Rio Marzano, in gestione al consorzio della Bonifica Renana, che scorre in direzione nord fino ad immettersi nel Torrente Quaderna. L'intera rete dei canali di scolo esistenti scarica nel Rio Marzano.

Il Rio Marzano poco a nord del comparto di progetto attraversa la nuova tangenziale di Ozzano e per tale attraversamento è tombato con una sezione armco-finsider di tali dimensioni: luce 3,40m, freccia 2,25m, area 5,62mq. Tale tombamento è stato progettato dal sottoscritto nell'ambito del progetto stesso della tangenziale.

A valle della tangenziale, sul lato ovest del Rio, a sud della ferrovia Bologna - Ancona, è presente una cassa d'espansione del volume di circa 17.000 mc. Tale cassa era stata dimensionata dal sottoscritto tenendo conto delle previsioni di nuova edificazione del PRG allora vigente, che non prevedeva né il comparto ANS C 2.1 "Ex Ellebigi" oggetto di un altro progetto, né il comparto ASC_C2.1 "Parco Centonara" oggetto del presente progetto. Di conseguenza la suddetta vasca non ha volume sufficiente per laminare anche le portate in arrivo dalle nuove aree impermeabilizzate dei due comparti. Prevedendo tuttavia il progetto di laminare le portate di pioggia sia del comparto "Ex Ellebigi", che del comparto "Parco Centonara" all'interno di tale vasca, sarà necessario ampliare quest'ultima e gli spazi esistenti lo consentono.

Anche l'armco-finsider esistente era stato dimensionato senza considerare i due comparti sopra citati. Tuttavia, come sarà dimostrato di seguito, tale sezione sarà sufficiente per convogliare insieme alla portata proveniente dal bacino di monte anche la portata di pioggia massima proveniente dal comparto "Ex Ellebigi" e dal comparto "Parco Centonara".

Per verificare l'adeguatezza della sezione idraulica del suddetto Armco-finsider è stato redatto a supporto della presente progettazione uno studio idrologico e idraulico del Rio Marzano nel suo tratto che va dalla sezione a monte del comparto in oggetto fino al suo punto di recapito nella vasca di laminazione esistente.

Il Rio Marzano sarà quindi il punto di recapito delle acque meteoriche ricadenti sul nuovo comparto nel tratto che attraversa il comparto stesso e che verrà tombato per una lunghezza di 243 m circa.

4.2 CONFIGURAZIONE DI PROGETTO E CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

La rete di fognatura bianca di progetto, avente la funzione di raccolta delle acque meteoriche ricadenti nel lotto in oggetto, avrà come recapito finale il Rio Marzano, che attraversa il comparto in direzione sud-nord.

La rete di progetto scorrerà lungo le strade di progetto per poi riversarsi nel Rio sopra citato attraverso 4 diverse immissioni, di cui una sul lato ovest e tre sul lato est.

Inoltre, ai lati della strada di progetto diretta a nord verso la nuova tangenziale di Ozzano, sono previsti due fossi che avranno una larghezza della base pari a 0,5 m, una profondità media di 0,5 m e le pareti inclinate a 45°; di conseguenza in sommità sarà largo circa 1,5 m.

Lungo il suo percorso, la fognatura di progetto raccoglierà le acque provenienti dai lotti privati e dalle caditoie di progetto a servizio della strada e della pista ciclabile di progetto.

La rete, progettata con una pendenza pari allo 0,2% nella zona ad ovest del Rio Marzano tombato e compresa tra lo 0,3% e l'1% nella zona ad est del Rio Marzano tombato, sarà costituita da condotti in PVC circolari serie SN8 (8 KN/m²) a norma UNI EN 1401-1 con marchio di conformità IIP, con giunto a bicchiere ed anello di tenuta elastomerica, posati su sottofondo rinfiacco e copertura in sabbia avendo in ogni tratto ricoprimenti maggiori di 1 metro. Le tubazioni in PVC di progetto hanno sezioni comprese fra Ø 315 mm e Ø630 mm. Parte della rete di progetto è invece costituita da condotti in CLS circolari con sezione pari a Ø 800 mm.

La raccolta delle acque stradali sarà effettuata tramite caditoie con interasse di circa 15 m, con pozzetto sifonato in cls 50 x 50 cm e griglia in ghisa sferoidale di classe D400.

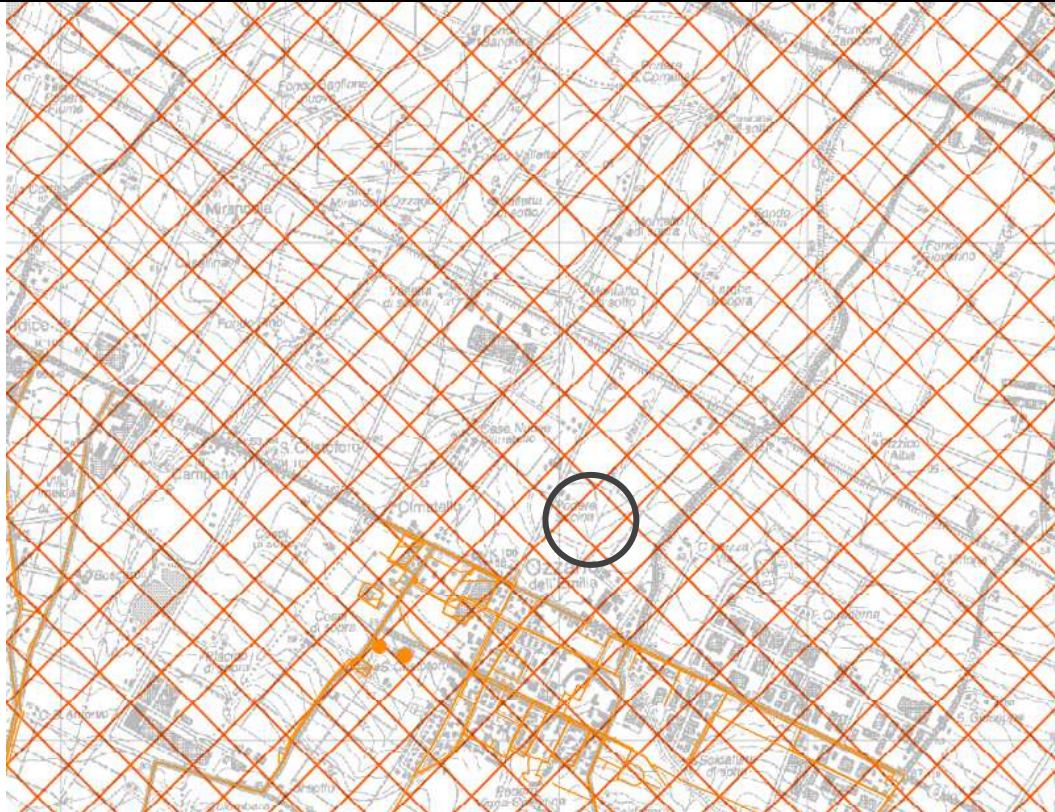
In tutti i punti di deviazione e confluenza, e comunque ogni 50 m, sono stati previsti pozzetti di ispezione in elementi prefabbricati di cls di diametro interno Ø800, Ø1000 e Ø1200 mm, a seconda del diametro delle tubazioni in essi confluenti.

La chiusura dei pozzetti è stata prevista con chiusini in ghisa sferoidale, rispondenti alle norme UNI-ISO 1083 e conformi alle caratteristiche stabilite dalle norme UNI-EN e con resistenza a rottura superiore a 400 KN.

4.3 CALCOLO VOLUME DI LAMINAZIONE

Come suddetto, è presente sul Rio Marzano, a valle dell'immissione di progetto, una cassa d'espansione del volume di 17.000 mc, volume non sufficiente a laminare anche le portate in arrivo dalle nuove aree impermeabilizzate in quanto non previste nel PRG vigente al momento della sua progettazione; è quindi necessario ingrandire tale cassa.

In particolare, le NTA del POC in variante prevedono l'applicazione del requisito dell'invarianza idraulica. Nel PTCP di Bologna infatti, nella tavola 2A "Rischio da frana, assetto versanti e gestione delle acque meteoriche", si osserva che l'area oggetto di intervento ricade nell'"ambito di controllo degli apporti d'acqua in pianura" normata dall'art. 4.8 delle norme del PTCP, che indica la necessità di prevedere un volume di accumulo per la laminazione delle portate pari a 500 mc per ogni ettaro di nuova superficie impermeabile.



Ambito di controllo degli apporti d'acqua in pianura (art.4.8)



Area di intervento

Come sopra anticipato, il volume di laminazione necessario per il comparto in oggetto (così come per il comparto "Ex-Ellebigi" trattato in un altro progetto) verrà ricavato ampliando la vasca di laminazione esistente a Nord della tangenziale.

Il comparto ASC_C2.1 "Parco Centonara" ha una superficie totale di 11,07 ha, di cui 3,05 ha sono di verde compatto; quindi il volume di laminazione necessario risulta pari a circa $(11,7 - 3,05) \text{ ha} \times 500 \text{ mc/ha} = 8,65 \text{ ha} \times 500 \text{ mc/ha} \approx 4325 \text{ mc}$

Per raggiungere tale volume la vasca andrebbe allungata di circa 34 m, se ne prevedono 34,5 m a favore di sicurezza.

Il volume di ampliamento necessario invece per il comparto "Ex-Ellebigi" e la pista ciclabile che verrà realizzata con esso, risulta invece essere pari a $(630 + 35) \text{ mc} = 665 \text{ mc}$.

La vasca esistente andrà quindi allungata per il comparto ex-Ellebigi sul lato sud di ulteriori 4,5 m per contenere tale volume aggiuntivo.

Si può concludere che il volume di laminazione totale del quale sarà incrementata la vasca relativo agli ambiti ANS C 2.1 "Ex Ellebigi" e ASC_C2.1 "Parco Centonara" è pari a 5100 mc. Tale volume può essere ricavato allungando l'attuale cassa di espansione di un totale di 39 m per l'intera larghezza di 133 m.

L'invarianza è garantita dal manufatto di restituzione della cassa di espansione che non verrà modificato rispetto allo stato attuale.

4.4 DIMENSIONAMENTO RETE FOGNATURA BIANCA

Le acque meteoriche verranno raccolte tramite una rete che conferirà nel Rio Marzano, che verrà tombato nel tratto che attraversa il comparto.

Di seguito si riportano i calcoli di dimensionamento idraulico delle reti di raccolta delle acque meteoriche di progetto. Nell'Allegato 1 alla presente relazione è riportato lo schema delle suddette reti.

Per poter effettuare la progettazione delle reti in tempo di pioggia è necessario procedere all'assegnazione dei seguenti parametri:

- a) stima del valore dei coefficienti di afflusso;
- b) pendenza dei tronchi della rete;
- c) caratteristiche dei condotti e del coefficiente di scabrezza;
- d) stima del valore del volume specifico di invaso;
- e) curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per diverso tempo di ritorno.

4.4.1 Stima del valore dei coefficienti di afflusso

Il coefficiente di afflusso ψ che, come è noto, sta ad indicare il rapporto fra la quantità di acqua che arriva alla fognatura da una data area e quella totale di pioggia caduta sull'area stessa, è stato scelto pari a 0.7.

4.4.2 Stima della pendenza dei tronchi della rete

La rete di fognatura bianca è stata progettata assegnando ai vari tronchi una pendenza dello 0.2% nei tratti ad ovest del Rio Marzano tombato e compreso tra 0.3% e 1% nei tratti ad est del Rio Marzano tombato.

4.4.3 Caratteristiche dei condotti e del coefficiente di scabrezza

Le sezioni della rete di fognatura sono state verificate, in ciascun tronco con pendenza e sezione costante, in condizioni idrauliche di moto uniforme utilizzando la relazione di Chèzy:

$$Q = S \cdot \chi \cdot \sqrt{(R \cdot i)}$$

dove

- Q: portata massima transitante nel condotto in esame (m³/s)
- S: sezione di deflusso del condotto (m²)
- x: parametro di resistenza al moto
- R: raggio idraulico della sezione, $R=S/C$, con C il contorno bagnato della sezione
- i: pendenza del condotto.

Le condizioni di moto considerate sono quelle usuali di correnti assolutamente turbolente ossia per numero di Reynolds superiore a 2500, in queste situazioni il parametro di resistenza

al moto, χ , dipende solo dalla scabrezza relativa della condotta e non più dal numero di Reynolds.

Il parametro di resistenza al moto, χ , viene quindi calcolato tramite l'espressione di Gauckler e Strickler:

$$\chi = K \cdot R$$

dove k ($m^{1/3}/s$) è il coefficiente di scabrezza di della condotta secondo Gaukler e Strickler, il cui valore è in funzione del tipo di materiale e dello stato di conservazione è stato stimato, a titolo cautelativo, pari a 100 per i condotti in PVC e pari a 80 per quelli in CLS.

Caratteristiche geometriche dei condotti:

Nome	Dimensioni [m]	Formula	Scabrezza
Ø315	0.30	GS	100.00
Ø400	0.38	GS	100.00
Ø500	0.47	GS	100.00
Ø630	0.59	GS	100.00
Ø800	0.80	GS	80.00

4.4.4 Stima del volume specifico di invaso

Il valore del volume specifico di invaso "Wo" risulta somma di tre termini che, in base alle caratteristiche della zona (pendenza e coefficiente di afflusso), si sono così fissati:

- Piccoli invasi dovuti a pozzetti, caditoie, grondaie, fognoli privati, etc.: $20 m^3/ha$;
- Velo idrico di 2,0 mm sul comprensorio interessato, cui corrisponde un volume specifico di $20 m^3/ha$;
- l'invaso totale dei collettori a monte della sezione della verifica, è invece variabile con le dimensioni della sezione e la lunghezza dei collettori stessi.

4.4.5 Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per diverso tempo di ritorno

Premessa

Le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica della zona interessata possono essere rappresentate dalla seguente equazione geometrica:

$$h = a \cdot t^n$$

dove a ed n sono due parametri che vengono determinati in relazione ai campioni di precipitazioni esaminati.

Il numero di osservazioni a disposizione, rilevate dagli annali idrologici, consente di servirsi di metodi statistici con finalità probabilistiche, ormai di uso comune in idrologia, al fine di poter determinare con prefissato "tempo di ritorno T_r " la curva segnalatrice di possibilità pluviometrica.

Il "tempo di ritorno", detto anche intervallo di ricorrenza, rappresenta il periodo di tempo

(espresso in anni) durante il quale un determinato valore x dell'evento preso in considerazione viene raggiunti o superato una sola volta.

Pertanto per la determinazione della suddetta curva ci si è serviti:

- del metodo di Gumbel (teoria degli estremi) per la regolarizzazione e la estrapolazione degli eventi di uguale durata, trattandosi di eventi pluviometrici massimi annuali;

- della teoria dei minimi quadrati per la regolarizzazione e la estrapolazione degli eventi di diversa durata, ma equiprobabili e con prefissato "tempo di ritorno" al fine di determinare l'equazione : $h = a \cdot t^n$.

I parametri "a" e "n" di tale equazione servono per la determinazione del coefficiente udometrico calcolato con il metodo del volume di invaso.

Dati disponibili

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica sono stati elaborati i dati riguardanti le piogge di massima intensità e di breve durata (da 10 minuti ad un'ora) disponibili presso la stazione di rilevamento pluviometrico del Servizio Idrografico di Bologna che forniva, rispetto agli altri osservatori presenti sul territorio, un maggior numero di registrazioni consentendo così una migliore attendibilità dei risultati. I dati disponibili coprono l'arco temporale che va dal 1934 al 2007.

Le registrazioni sono state oggetto di analisi statistica, intesa a determinare le curve di segnalatrici di possibilità climatica, relative ai tempi di ritorno di 10, 20, 25, e 50 anni.

Nella tabella seguente sono stati riportati i valori delle piogge massime registrate in ogni anno per i tempi di pioggia di 10', 15', 20', 25', 30', 35', 40', e 60'.

ANNO	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min
1934						47.8
1935				33.0		35.0
1936	13.4		29.4			61.0
1937		12.0	14.0			18.2
1938	10.0	10.0	21.8			22.2
1939		18.8				27.0
940				20.2		30.8
1941	12.6	14.2				18.2
1942				18.0		21.0
1943				14.2		14.8
1944				21.2		21.2
1945				17.2		17.8
1946				14.4		19.6
1947				17.0		17.2
1948				11.6		13.6
1949				24.8		28.2
1950				9.8		11.6
1951						25.0
1952	13.2					18.6
1953	21.0					28.8
1954					29.0	32.2
1955	11.6					44.4
1956			17.8			26.6
1957						12.0
1958		12.8		18.0		18.2
1959			22.6			24.6
1960						27.6
1961		14.0	17.0	30.0		30.0
1962			18.2			18.2
1963		17.4		17.4		48.2
1964			13.2	21.8		22.6
1965						11.0
1966	12.0	18.4	18.4	19.4		20.6
1967		12.2				15.0
1968						18.0
1969						16.0

ANNO	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min
1970			10.6		22.2	22.2
1971						13.4
1972	10.2	13.4	15.4			20.0
1973		17.2				25.6
1974				32.0		38.8
1975			12.0			22.0
1976	10.6	12.2		13.6		15.6
1977				19.8		22.8
1978					18.2	18.6
1979			16.4			27.8
1980						10.4
1981	11.4					25.0
1982			28.0	32.0		44.0
1983			21.0			27.0
1984		19.0		24.2		40.0
1985			14.0		20.6	22.6
1986			14.0	17.4		24.0
1987				12.6		14.0
1988		13.8		20.6		23.2
1989	11.6			19.8		25.0
1990		16.6		19.0	31.4	34.0
1991		11.4		17.4	22.4	26.8
1992		14.4		19.6	23.4	27.2
1993		8.8		16.4	24.0	29.8
1994		9.4		17.0	20.6	23.4
1995		14.4		19.6	24.6	28.6
1996		9.8		16.2	21.4	26.0
1997		11.0		12.2	13.4	14.8
1998		11.4		13.4	15.6	17.8
1999		12.8		17.6	21.2	22.8
2000		13.4		17.2	23.6	26.4
2001		22.2		24.0	26.0	26.8
2002		22.6		37.6	41.6	42.4
2003		5.8		9.2	12.6	14.6
2004		11.0		15.0	17.6	18.2
2005		7.4		11.8	16.2	17.6
2006		10.0		11.8	15.0	17.2

ANNO	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min
2007		18.6		24.4	28.8	31.6

Calcolo delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per differenti tempi di ritorno

Trattandosi di fenomeni estremi ed in particolare di massimi si può supporre che la distribuzione di probabilità della variabile casuale "altezza di pioggia" per ogni dato di pioggia sia riconducibile ad una funzione di tipo Gumbel; la legge dei valori estremi proposta da Gumbel, e utilizzata per il calcolo, ha la forma seguente:

$$P(h) = e^{[-e^{-y}]}$$

dove y è la variabile ridotta pari a:

$$y = \beta \cdot (h - N)$$

$$\text{con } \beta = \frac{1}{0.7797 \cdot SQM}$$

$$\text{e } N = m - 0.45 \cdot SQM$$

I due parametri che compaiono nella distribuzione sono funzione di m e di SQM, dove:

m = valore medio della distribuzione

SQM = scarto quadratico medio della distribuzione

In pratica, per ognuna delle serie di campioni di n osservazioni di dati meteorologici relativa ad ogni tempo di pioggia T_p, il primo passo compiuto è stato nella valutazione della media e dello scarto quadratico medio:

$$m = \frac{\sum h}{n}$$

$$SQM = \sqrt{\frac{\sum h^2}{n-1} - \frac{(\sum h)^2}{n \cdot (n-1)}}$$

d (min)	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min
N° casi	11	32	17	43	22	74
Media	12.5091	13.6375	17.8706	19.0558	22.2455	24.4703
SQM	3.0297	4.0511	5.2834	6.4036	6.6281	9.6175
Gumbel	0.4233	0.3166	0.2427	0.2003	0.1935	0.1334
Gumbel u	11.1456	11.8143	15.4928	16.1739	19.2625	20.1419

Fissati diversi "tempi di ritorno T_r" (10, 20, 25, e 50 anni), si è calcolata la probabilità cumulata P(h) corrispondente:

$$P(h) = \frac{T_r - 1}{T_r}$$

Quindi si è determinata la variabile ridotta (y):

$$y = -\ln[-\ln(P(h))]$$

Calcolata la variabile ridotta y , si è avuto immediatamente il corrispondente valore della altezza di pioggia h con tempo di ritorno pari a quello prefissato.

Tutti i valori sono stati riportati nella tabella seguente.

Durata (min)						
Tr	10'	15'	20'	30'	45'	60'
5	14.69	16.55	21.67	23.66	27.01	31.39
10	14.69	16.55	21.67	23.66	27.01	31.39
25	18.70	21.92	28.67	32.14	35.79	44.13
50	20.36	24.14	31.57	35.66	39.43	49.40
100	22.01	26.34	34.44	39.14	43.04	54.64

Infine quindi si sono ottenuti tanti valori dell'altezza di pioggia, uno per ciascun tempo di pioggia T_p di cui si avevano i dati storici, tutti relativi allo stesso tempo di ritorno T_r ; tali valori, avendo ipotizzato una legge di regressione del tipo $h(t) = a \cdot t^n$, (curva segnalatrice di possibilità climatica), sono stati raccordati mediante il metodo dei minimi quadrati, per dare in definitiva la curva di pioggia caratteristica del "tempo di ritorno T_r " prefissato.

Generalmente la curva viene interpolata in due tronchi distinti, uno per valori di t inferiori all'ora ed uno per i valori superiori.

Pertanto per ottenere a ed n , dopo aver dedotto per ogni durata T_p il valore della altezza di pioggia h relativo ad un assegnato "tempo di ritorno" T_r , è stato necessario passare ai logaritmi per cui si ha:

$$\log(h) = \log(a) + n \cdot \log(t)$$

cioè $Y = A + n \cdot X$

dove:

$$Y = \log(h) \quad A = \log(a) \quad X = \log(t)$$

Applicando il metodo dei minimi quadrati alla retta $Y-X$, ed indicando con N il numero delle coppie di valori $h-t$ ricavate per ogni durata T_p attraverso l'elaborazione dei valori estremi di Gumbel, si è ottenuto:

$$A = \left[X^2 \cdot Y - X \cdot \frac{XY}{N} \cdot X^2 - X^2 \right] \quad \text{e} \quad n = \left[N \cdot XY - X \cdot \frac{Y}{N} \cdot X^2 - X^2 \right]$$

Ricavati A ed n si è dedotto il valore del parametro a e quindi si è valutata l'equazione della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica corrispondente ad ogni tempo di ritorno T_r .

Le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ottenute sono:

$$Tr = 5 \quad h = 31.42 \cdot t^{0.4199}$$

$$Tr = 10 \quad h = 36.73 \cdot t^{0.4409}$$

$$Tr = 25 \quad h = 43.44 \cdot t^{0.4607}$$

$$Tr = 50 \quad h = 48.43 \cdot t^{0.4721}$$

$$Tr = 100$$

$$h = 53.37 \cdot t^{0.4816}$$

4.4.6 Metodi di calcolo adottati per le verifiche idrauliche

Il metodo adottato per il calcolo della portata di pioggia è quello italiano o metodo dell'invaso.

Le ipotesi alla base del metodo nella sua versione tradizionale sono quelle di autonomia dei deflussi (assenza di fenomeni di rigurgito) e di sincronia del riempimento dei condotti costituenti la rete (il riempimento e lo svuotamento dei condotti durante l'evento pluviometrico avviene in maniera contemporanea in tutti i condotti).

Nell'ambito del metodo di calcolo utilizzato, il volume specifico d'invaso rappresenta il volume invasato nella rete di drenaggio a monte della sezione oggetto di verifica al momento del passaggio della massima piena nella sezione in esame.

Tale volume può essere scomposto in due contributi: il primo rappresenta quelli invasato nella rete di drenaggio principale, il secondo contributo rappresenta il volume invasato nei rimanenti condotti e in tutti quei volumi diffusi (camerette d'ispezione, caditoie, lama d'acqua superficiale) collegati alla rete drenante.

L'espressione utilizzata per la determinazione del coefficiente udometrico u del metodo italiano o dell'invaso, con particolare riferimento a quello formulato per le reti di fognatura, è la seguente:

$$u = 2168 \cdot \frac{n \cdot (\psi_m \cdot a)^{1/n}}{W_0^{(1/n-1)}}$$

dove:

u = coefficiente udometrico (l/s/ha)

a, n = coefficiente ed esponente della curva segnalatrice di possibilità climatica

W_0 = volume specifico di invasato (riferito cioè all'unità di superficie dell'area considerata) espresso in m^3/m^2

ψ_m = coefficiente di deflusso medio dell'area considerata

2168 = coefficiente numerico, valore medio tra la legge lineare e non lineare di variazione della portata in funzione dell'area del collettore.

4.4.7 Risultati dei calcoli idraulici

Nell'Allegato 2 alla presente relazione sono state riportate le tabelle con dati in ingresso e risultati per l'intera rete bianca di progetto mentre la planimetria schematica di riferimento è riportata nell'Allegato 1.

4.5 VERIFICA TOMBAMENTO RIO MARZANO ESISTENTE E TOMBAMENTO DI PROGETTO

Come precedentemente anticipato, nell'ambito del presente progetto è previsto il tombamento di un tratto del Rio Marzano che attraversa da sud a nord il comparto "Centonara".

La sezione del tratto tombato di progetto sarà una condotta armco-finsider delle stesse dimensioni (luce 3,40m – Freccia 2,25m – Area 5,62mq) del tombamento esistente poco più a valle per l'attraversamento della tangenziale.

Per verificare l'adeguatezza della sezione di tombamento di progetto scelta e di quella esistente, nonché del tratto del Rio Marzano che rimarrà a cielo aperto tra i due tratti coperti è stato redatto uno studio idrologico e idraulico dell'intero tratto.

Le portate in gioco per tale verifica idraulica sono la portata cinquantennale e centennale del bacino urbanizzato di monte rispetto al Comparto "Parco Centonara", la portata derivante dalla rete fognaria di progetto del comparto "Parco Centonara" e la portata derivante dalla rete di progetto del comparto "Ex Ellebigi", ciascuna nel proprio punto di immissione nel tratto del Rio Marzano studiato.

I risultati dello studio idraulico effettuato mediante il Software Hec-Ras 5.0, nonché i parametri utilizzati per il calcolo delle portate, sono dettagliati nell'elaborato "4g - Studio idraulico Rio marzano: Relazione Tecnica illustrativa ed idraulica".

In particolare lo studio effettuato ha portato a verificare che l'Armco Finsider di progetto nel tratto del Rio Marzano che attraversa il "Parco Centonara" è sufficiente a smaltire la portata massima con un franco di 20 cm, mentre risultavano insufficienti le sezioni del canale a cielo aperto a valle di tale tombamento. Il progetto prevede quindi il risezionamento del tratto a cielo aperto tra i due tratti tombati con allargamento del fondo a 2,00 m, regolarizzazione della pendenza delle sponde a una pendenza di 2/3 e leggera arginatura del canale. Anche l'Armco finsider esistente per l'attraversamento della tangenziale (di sezione uguale a quella di progetto), risulta dal modello sufficiente per lo smaltimento delle portate in gioco con un franco di 40 cm. Per il raccordo tra la nuova sezione del canale a cielo aperto leggermente arginata (per un'altezza massima di 90 cm) e il manufatto di copertura sotto la tangenziale andranno previste in fase esecutiva delle ali di raccordo in cls.

Il dettaglio delle sezioni inserite nel modello idraulico è riportato nell'elaborato "4f - Studio idraulico Rio marzano: Planimetria e sezioni trasversali"

5 FOGNATURA NERA

5.1 RETE ESISTENTE

Allo stato attuale è presente una dorsale di fognatura nera che scorre in direzione ovest su via Cesare Maltoni fino a via Ambiente per poi proseguire in direzione nord verso l'impianto di depurazione esistente.

Le acque nere derivanti dall'intervento di progetto saranno recapitate in tale collettore attraverso 3 diverse immissioni in corrispondenza di 2 pozzetti esistenti su via Cesare Maltoni e in un pozzetto di progetto sulla strada a sud ovest del comparto.

5.2 RETE DI PROGETTO

La rete di fognatura nera di progetto sarà realizzata in PVC con diametri pari a Ø200 mm e Ø250 mm nel tratto finale, con pendenza dello 0,2% nei tratti ad ovest del Rio Marzano tombato e compresa tra lo 0,3% e l'1% sui tratti ad est del Rio Marzano tombato. Lungo la rete saranno predisposti pozzetti di ispezione circolari in CLS di diametro interno Ø80 cm a tenuta idraulica, nei punti di interconnessione fra più rami o comunque ad una distanza non superiore a 50-60 m.

5.2.1 Caratteristiche costruttive fognatura nera a gravità

I condotti sono stati previsti del diametro Ø200 e Ø250 mm in PVC serie SN8 (8 KN/m²) a norma UNI EN 1401-1 con marchio di conformità IIP, con giunto a bicchiere ed anello di tenuta elastomerica, posati su sottofondo rinfiato e copertura in sabbia.

I pozzetti di ispezione previsti saranno circolari in CLS di diametro interno Ø80cm con tappo di ispezione sul tubo con H variabile.

La chiusura dei pozzetti è stata prevista con boccaporti in ghisa sferoidale rispondenti alle norme UNI-ISO 1083 e conformi alle caratteristiche stabilite dalle norme UNI-EN 124/95 e con resistenza a rottura superiore a 400 KN.

5.2.2 Dimensionamento idraulico fognatura nera a gravità

La formula adottata per il calcolo della portata massima a bocca piena che un condotto è in grado di smaltire, ipotizzando il verificarsi del moto uniforme, è:

$$Q = S \cdot \chi \cdot \sqrt{(R \cdot i)}$$

Dove:

- Q: portata massima transitante nel condotto in esame (m³/s)
- S: sezione di deflusso del condotto (m²)
- χ : parametro di resistenza al moto

- R: raggio idraulico della sezione, $R=S/C$, con C il contorno bagnato della sezione
- i: pendenza del condotto.

Le condizioni di moto considerate sono quelle usuali di correnti assolutamente turbolente ossia per numero di Reynolds superiore a 2500, in queste situazioni il parametro di resistenza al moto χ , dipende solo dalla scabrezza relativa della condotta e non più dal numero di Reynolds.

Il parametro di resistenza al moto, χ , viene quindi calcolato tramite l'espressione di Gauckler e Strickler:

$$\chi = K \cdot R$$

dove k ($m^{1/3}/s^{-1}$) è il coefficiente di scabrezza di della condotta secondo Gaukler e Strickler, il cui valore è in funzione del tipo di materiale e dello stato di conservazione è stato stimato, a titolo cautelativo, pari a 100 per i condotti in PVC.

Per un corretto dimensionamento è necessario stabilire il numero di abitanti equivalenti relativi all'ambito di progetto. Si sono considerati 4 A.E. ogni 100 mq di superficie utile.

La portata media (Q_{24}) scaricata nella fognatura nera da ciascun comparto è stata calcolata come prodotto della dotazione idrica pro-capite pari a 200 l/A.E./d, moltiplicata per il numero di AE gravanti sulla fognatura, mentre la portata di progetto sarà pari alla portata di punta (Q_p) che è data dalla portata media moltiplicata per un certo coefficiente di punta, come mostrato di seguito.

$$Q_{24} = \frac{Dot \cdot A.E.}{86400} \quad [l/s]$$

$$Q_p = C_{max} \cdot Q_{24} \quad [l/s]$$

dove:

Q_{24} = portata nera media in l/s

Q_p = portata nera di punta in l/s

C_{max} = 3 coefficiente di punta

A.E. = abitanti equivalenti

Dot = Dotazione idrica giornaliera l/AE/d

Essendo la superficie utile totale pari a 17329,20 mq, con il criterio sopra citato risultano 694 AE; la portata media nera risulta di conseguenza pari a circa 1,60 l/s e la portata di punta risulta pari a circa 4,80 l/s

Per lo smaltimento di tale portata, la tubazione in PVC Ø250 mm prevista è ampiamente sufficiente. Tale diametro garantisce infatti lo smaltimento di tale portata con un grado di

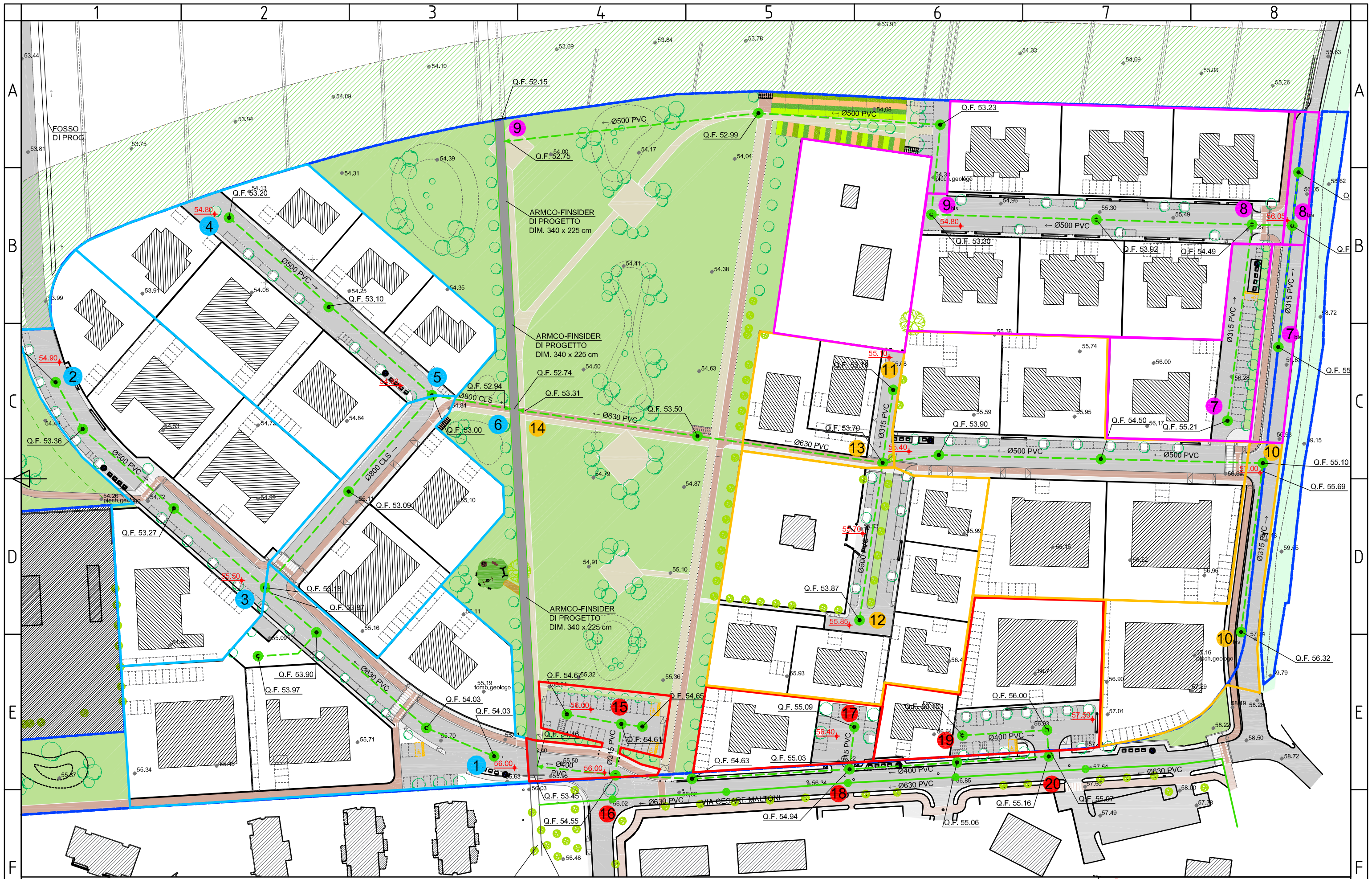
riempimento del 28% circa, considerando la pendenza di progetto dello 0,2% e come coefficiente di scabrezza di Gaukler e Strickler il valore di 100.

Ozzano dell'Emilia, marzo 2019

IL PROGETTISTA
(Dott. Ing. Carlo Baietti)



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Carlo Baietti".



PRATO - Via del Romito, 15/4 Tel. 0574/38297-30304 Fax. 0574/29128
 BOLOGNA - Via Mercadante, 4 Tel.-Fax. 051/478504
 email : prisma@prismaing.it

Divieto di riproduzione e/o cessione a terzi senza preventiva ed esplicita autorizzazione

ALLEGATO 2

RISULTATI CALCOLO RETE ACQUE BIANCHE

TABELLA DATI TRATTI

Nome	Sez	Lungh.	Pend	Ac	Phi	Wo	Tr
		[m]	[-]	[ha]		[mc/ha]	[min]
1-3	Pvc630	80.00	0.002	0.90	0.70	40.00	5.00
2-3	Pvc500	110.00	0.002	0.87	0.70	40.00	5.00
3-5	CLS800	94.00	0.002	0.43	0.70	40.00	5.00
4-5	Pvc500	110.00	0.002	0.95	0.70	40.00	5.00
5-6	CLS800	30.00	0.002	0.00	0.70	40.00	5.00
7-8	Pvc315	73.00	0.010	0.26	0.70	50.00	5.00
7bis-8bis	Pvc315	45.00	0.010	0.08	0.70	50.00	5.00
8bis-8	Pvc315	15.00	0.010	0.03	0.70	50.00	5.00
8-9bis	Pvc500	120.00	0.010	0.97	0.70	50.00	5.00
9bis-9	Pvc500	190.00	0.003	0.34	0.50	50.00	5.00
10-13	Pvc500	140.00	0.010	0.91	0.70	40.00	5.00
11-13	Pvc315	35.00	0.003	0.23	0.70	40.00	5.00
12-13	Pvc500	55.00	0.003	0.79	0.70	40.00	5.00
13-14	Pvc630	140.00	0.003	0.00	0.70	40.00	5.00
10bis-10	Pvc315	63.00	0.010	0.31	0.70	40.00	5.00
15-16	Pvc315	73.00	0.003	0.16	0.70	40.00	5.00
17-18	Pvc315	20.00	0.003	0.18	0.70	40.00	5.00
19-20	Pvc400	45.00	0.003	0.38	0.70	40.00	5.00
20-18	Pvc400	75.00	0.003	0.00	0.70	40.00	5.00
18-16	Pvc400	90.00	0.003	0.00	0.70	40.00	5.00
16-21	Pvc400	30.00	0.003	0.00	0.70	40.00	5.00

Legenda Tabella Tratt

Nome = nome identificativo del tratto inserito lungo il tracciato della rete

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

L = lunghezza del tratto

Pend = pendenza del tratto

Ac = area colante che grava sul tratto

phi = coefficiente di afflusso; indica l'aliquota impermeabile dell'area gravante che effettivamente contribuisce alla formazione della portata nel tratto

Wo = volume dei piccoli invasi; rappresenta la quantità di acqua che resta invasata sul terreno prima che possa cominciare a defluire

Tr = tempo di ruscellamento; rappresenta il tempo che una goccia d'acqua caduta nel punto più sfavorito del bacino impiega per arrivare alla rete

TABELLA DATI DI PIOGGIA, SEZIONE IDRAULICA ASSEGNATA AI DIVERSI TRATTI

Nome	Sez	Actot	Phim	a	n	Wp	u	tr	intensità	Qp
		[ha]		[mm/h ⁿ]		[mc]	[l/s/ha]	[min]	[mm/h]	[mc/s]
1-3	Pvc630	0.90	0.70	43.44	0.46	12.65	230.05	4.55	174.98	0.21
2-3	Pvc500	0.87	0.70	43.44	0.46	16.32	208.58	5.45	158.64	0.18
3-5	CLS800	2.20	0.70	43.44	0.46	57.80	181.52	7.05	138.06	0.40
4-5	Pvc500	0.95	0.70	43.44	0.46	18.02	208.32	5.46	158.44	0.20
5-6	CLS800	3.15	0.70	43.44	0.46	87.86	176.29	7.44	134.08	0.56
7-8	Pvc315	0.26	0.70	43.44	0.46	2.31	208.43	5.46	158.53	0.05
7bis-8bis	Pvc315	0.08	0.70	43.44	0.46	0.62	213.37	5.23	162.29	0.02
8bis-8	Pvc315	0.11	0.70	43.44	0.46	0.88	212.23	5.28	161.42	0.02
8-9bis	Pvc500	1.34	0.70	43.44	0.46	15.67	197.33	6.04	150.09	0.26
9bis-9	Pvc500	1.68	0.66	43.44	0.46	44.42	134.87	10.94	108.88	0.23
10-13	Pvc500	1.22	0.70	43.44	0.46	17.82	227.51	4.64	173.04	0.28
11-13	Pvc315	0.23	0.70	43.44	0.46	1.92	262.57	3.56	199.71	0.06
12-13	Pvc500	0.79	0.70	43.44	0.46	7.49	255.72	3.74	194.50	0.20
13-14	Pvc630	2.24	0.70	43.44	0.46	59.70	180.25	7.14	137.10	0.40
10bis-10	Pvc315	0.31	0.70	43.44	0.46	2.69	260.54	3.61	198.16	0.08
15-16	Pvc315	0.16	0.70	43.44	0.46	2.61	219.10	4.98	166.65	0.04
17-18	Pvc315	0.18	0.70	43.44	0.46	0.96	283.38	3.09	215.54	0.05
19-20	Pvc400	0.38	0.70	43.44	0.46	3.51	257.23	3.70	195.65	0.10
20-18	Pvc400	0.38	0.70	43.44	0.46	8.27	197.23	6.05	150.01	0.07
18-16	Pvc400	0.56	0.70	43.44	0.46	16.20	173.26	7.68	131.78	0.10
16-21	Pvc400	0.72	0.70	43.44	0.46	21.64	169.91	7.97	129.23	0.12

Legenda Tabella Pioggia

Nome = nome identificativo del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

Actot = area colante totale, intesa come somma delle aree dei bacini che gravano, con i loro afflussi, sul tratto in esame;

Phim = coefficiente di afflusso medio delle aree gravanti sul tratto; indica l'aliquota impermeabile media delle aree gravanti sul tratto che effettivamente contribuisce alla formazione della portata

a = coefficiente della legge di pioggia

n = esponente della legge di pioggia

Wp = volume proprio totale invasato dalla rete; è la sommatoria dei volumi propri invasati in tutti i tratti a monte fino al tratto in esame incluso

u = coefficiente udometrico; rappresenta il contributo di piena per unità di superficie Q/A

tr = tempo di riempimento

Qp = portata di pioggia che defluisce lungo il tratto in esame

TABELLA VERIFICHE

Nome	Sez	Qt	hmin	hmax	Grmax	Vmax	Vnp	Vmin
		[mc/s]	[m]	[m]	[%]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
1-3	Pvc630	0.21	0.00	0.33	56.18	1.31	0.00	0.00
2-3	Pvc500	0.18	0.00	0.37	79.78	1.22	0.00	0.00
3-5	CLS800	0.40	0.00	0.47	58.69	1.30	0.00	0.00
4-5	Pvc500	0.20	0.00	0.42	89.52	1.21	0.00	0.00
5-6	CLS800	0.56	0.00	0.60	74.40	1.38	0.00	0.00
7-8	Pvc315	0.05	0.00	0.14	45.91	1.71	0.00	0.00
7bis-8bis	Pvc315	0.02	0.00	0.07	24.89	1.24	0.00	0.00
8bis-8	Pvc315	0.02	0.00	0.09	29.17	1.36	0.00	0.00
8-9bis	Pvc500	0.26	0.00	0.27	57.85	2.54	0.00	0.00
9bis-9	Pvc500	0.23	0.00	0.38	81.44	1.50	0.00	0.00
10-13	Pvc500	0.28	0.00	0.28	59.71	2.57	0.00	0.00
11-13	Pvc315	0.06	0.00	0.22	72.60	1.10	0.00	0.00
12-13	Pvc500	0.20	0.00	0.34	73.25	1.48	0.00	0.00
13-14	Pvc630	0.40	0.00	0.47	79.09	1.74	0.00	0.00
10bis-10	Pvc315	0.08	0.00	0.17	58.29	1.89	0.00	0.00
15-16	Pvc315	0.04	0.00	0.15	50.51	0.98	0.00	0.00
17-18	Pvc315	0.05	0.00	0.19	64.04	1.07	0.00	0.00
19-20	Pvc400	0.10	0.00	0.25	64.98	1.25	0.00	0.00
20-18	Pvc400	0.07	0.00	0.21	54.66	1.18	0.00	0.00
18-16	Pvc400	0.10	0.00	0.25	64.60	1.25	0.00	0.00
16-21	Pvc400	0.12	0.00	0.29	77.45	1.30	0.00	0.00

Legenda Tabella Verifiche

Nome = nome identificativo del tratto

Sez = nome della sezione assegnata al tratto

Qt = portata totale

hmin = tirante minimo inteso come valore dell'altezza idrica con cui la portata nera defluisce lungo il tratto in esame

hmax = tirante massimo inteso come valore dell'altezza idrica con cui la portata totale defluisce lungo il tratto in esame

Grmax = grado di riempimento massimo

Vmax = velocità massima