



PERMESSO DI COSTRUIRE CONVENZIONATO
RELAZIONE Invarianza Idraulica
Realizzazione di fabbricati ad uso magazzino/logistica
Comune di Calderara di Reno (BO)
VIA DUE SCALE/VIA SAN VITALINO

Sommario

PREMESSA	3
ANALISI IDROLOGICA	4
Curva di possibilità pluviometrica degli scrosci	4
Curva di possibilità pluviometrica precipitazioni orarie.....	6
DESCRIZIONE DELLA RETE DI COLLETTAMENTO	9
Dimensionamento canaline zona baie	10
Dimensionamento pluviali	10
DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI PRIMA PIOGGIA	12
DIMENSIONAMENTO VOLUME DI INVASO BACINO NORD	14
Determinazione del coefficiente di deflusso.....	14
Calcolo del volume di invaso	14
Individuazione del volume di invaso	16
Sistema di scarico nord	19
DIMENSIONAMENTO VOLUME DI INVASO BACINO SUD	20
Determinazione del coefficiente di deflusso.....	20
Calcolo del volume di invaso	20
Individuazione del volume di invaso	21
Sistema di scarico sud.....	24

PREMESSA

La presente relazione riferisce in merito al sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche per il progetto di nuovi depositi per la logistica da realizzarsi all'interno di un'area di 144'407 mq in Comune di Calderara di Reno (BO).

In Figura 0.1 è localizzata in rosso l'area di intervento. I tre nuovi depositi per la logistica oggetto della presente relazione idraulica sono situati in un ambito collocato a nord ovest rispetto al centro abitato di Lippo e a nord dell'aeroporto di Bologna. L'area è collegata alla viabilità pubblica su via San Vitalino e via Due Scale a nord e su via Papa Giovanni XXIII ad est.



Figura 0.1. Inquadramento dell'area oggetto di intervento su immagine satellitare.

All'interno della presente relazione idraulica con oggetto la rete di smaltimento delle acque meteoriche e di invarianza idraulica dal lotto in esame, saranno approfonditi i seguenti temi:

1. dimensionamento della rete di raccolta della copertura dei nuovi fabbricati;
2. dimensionamento della rete di terra delle acque meteoriche a servizio delle coperture dei nuovi fabbricati;
3. dimensionamento della rete di terra delle acque meteoriche a servizio di strade, piazzali, baie di carico e parcheggi e dimensionamento degli impianti di trattamento delle acque di prima pioggia;
4. dimensionamento del sistema di laminazione delle portate e scarico in corpo idrico ricettore.

ANALISI IDROLOGICA

Ai fini del dimensionamento della rete di collettamento delle acque meteoriche e del volume di invaso, si rende necessaria la preventiva definizione delle curve di possibilità climatica rappresentative dei dati pluviometrici caratteristici per la zona geografica di interesse.

Curva di possibilità pluviometrica degli scrosci

I dati pluviometrici disponibili per la Regione Emilia Romagna sono contenuti negli annali, reperibili all'interno del servizio Idro-Meteo-Clima dell'A.R.P.A.

Si considera la stazione pluviometrica di Bologna – Oss. Sez. Idr. e si registrano le precipitazioni di notevole intensità e breve durata che si sono verificate negli anni 1934 -2016 per le durate di pioggia di 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 e 60 minuti.

Tabella 0.1. Valori delle altezze di precipitazioni registrate per gli eventi di notevole intensità e breve durata per gli anni 1934 – 2016 per la stazione di Bologna Oss. Sez. Idrog.

DATI DI PIOGGIA PUNTUALI [mm] Stazione di Bologna Oss. Sez. Idrog.									
t [minuti]	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	60.00
1934						47.80			47.80
1935					33.00				35.00
1936	13.40		29.40						61.00
1937		12.00	14.00	14.60					18.20
1938	10.00	10.00	21.80						22.20
1939		18.80							27.00
1940					20.20				30.80
1941	12.60	14.20							18.20
1942					18.00				21.00
1943					14.20				14.80
1944					21.20				21.20
1945					17.20				17.80
1946					14.40				19.60
1947					17.00				17.20
1948					11.60				13.60
1949					24.80				28.20
1950					34.40				11.60
1951		9.40		24.80			21.20		25.00
1952	13.20			13.20					18.60
1953		21.00	19.60						28.80
1954								29.00	32.20
1955	11.60						22.40		44.40
1956			17.80	13.60					26.60
1957									12.00
1958		12.80			18.00				18.20
1959			22.60	16.60		20.00	22.40		24.60
1960				21.00		25.00	27.00		27.60
1961		14.00	17.00	15.00	30.00				30.00
1962			18.20						18.20
1963		17.40			16.00				48.20
1964			13.20		21.80				22.60
1965									11.00
1966	12.00	18.40	14.40		19.40				20.60
1967		12.20							15.00
1968	10.00	16.60	11.00						18.00
1969									16.00
1970			10.60				22.20		22.20
1971									13.40
1972	10.20	13.40	15.40						20.00
1973		17.20	11.00		15.00				25.60

1974					32.00				38.80
1975			12.00						22.00
1976	10.60	12.20			13.60				15.60
1977					19.80				22.80
1978								18.20	18.60
1979			16.40						27.80
1980									10.40
1981	11.40								25.00
1982			28.00		32.00				44.00
1983			21.00						27.00
1984		19.00			24.20				40.00
1985			14.00				20.60		22.60
1986			14.00		17.40				24.00
1987					12.60				14.00
1988		13.80			20.60				23.20
1989									
1990		16.60			19.00			31.40	34.00
1991		11.40			17.40			22.40	26.80
1992		14.40			19.60			23.40	27.20
1993		8.80			16.40			24.00	29.80
1994		9.40			17.00			20.60	23.40
1995		14.40			19.60			24.60	28.60
1996		9.80			16.20			21.40	26.00
1997		11.00			12.20			13.40	49.80
1998		11.40			13.40			15.60	17.80
1999		12.80			17.60			21.20	22.80
2000		13.40			17.20			23.60	26.40
2001		22.20			24.00			26.00	26.80
2002		22.60			37.60			41.60	42.40
2003		5.80			9.20			12.60	14.60
2004		11.00			15.00			17.60	18.20
2005		7.40			11.80			16.20	17.60
2006		10.00			11.80			15.00	17.20
2007		18.60			24.40			28.80	31.60
2008		14.20			19.80			22.00	24.20
2009		16.20			19.40			22.20	23.60
2010		14.60			18.20			19.20	20.40
2011		25.20			47.20			50.40	51.80
2012		13.20			25.40			27.80	28.20
2013		10.40			13.60			17.00	20.20
2014									
2015									
2016		9.40			18.00			26.60	26.60

A partire dai dati della tabella precedente, è stata fatta un'analisi idrologica sulla base del metodo di Gumbel.

I dati considerati per l'analisi sono stati quelli relativi alle sole durate di pioggia di 15, 30, 45 e 60 minuti, poiché per le rimanenti durate i dati registrati costituivano un campione poco significativo in numero.

Per ognuna delle quattro durate, sono state calcolate la media m_t e la deviazione standard σ_t delle altezze di precipitazione:

$$m_t = \frac{1}{N} \sum h_t$$

$$\sigma_t = \frac{1}{N-1} \sum (h_t - m_t)^2$$

Le altezze di precipitazione vengono calcolate in funzione del tempo di ritorno come segue:

$$h_t = u - \alpha \ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right)$$

dove i coefficienti u e α si ottengono mediante le seguenti relazioni:

$$\alpha = \frac{\sigma_t}{\sqrt{1.645}}$$

$$u = m_t - 0.5772\alpha$$

Sostituendo $Y = \ln h_t$, $X = \ln \theta$, $A = \ln a$ e $N = 4$, si ottiene:

$$Y = A + nX$$

I coefficienti della curva di possibilità pluviometrica $h = at^n$, si determinano con le seguenti equazioni:

$$a = e^{(\bar{Y} - N\bar{X}\bar{Y})}$$

$$n = \frac{\sum X_i Y_i - N\bar{X}\bar{Y}}{\sum X_i^2 - N\bar{X}^2}$$

I coefficienti della curva di possibilità pluviometrica trovati in dipendenza dal tempo di ritorno, vengono elencati nella Tabella 0.2.

Tabella 0.2. Parametri a ed n della curva di possibilità climatica calcolati per $t < 1$ ora.

Gumbel, $T_r = 5$ anni, stazione pluviometrica di Bologna Oss. Sez. Idr.	$a =$	33.38
	$n =$	0.47
Gumbel, $T_r = 10$ anni, stazione pluviometrica di Bologna Oss. Sez. Idr.	$a =$	39.35
	$n =$	0.48
Gumbel, $T_r = 20$ anni, stazione pluviometrica di Bologna Oss. Sez. Idr.	$a =$	45.09
	$n =$	0.50

Curva di possibilità pluviometrica precipitazioni orarie

Si considera la stazione pluviometrica di Bologna – Oss. Sez. Idr. e si registrano le precipitazioni di bassa intensità e lunga durata che si sono verificate negli anni 1934 -2016 per le durate di pioggia di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Tabella 0.3. Valori delle altezze di precipitazioni registrate per gli eventi di bassa intensità e lunga durata per gli anni 1934 – 2016 per la stazione di Bologna Oss. Sez. Idrog.

DATI DI PIOGGIA PUNTUALI [mm] Stazione di Bologna Oss. Sez. Idrog.					
t [ore]	1.00	3.00	6.00	12.00	24.00
1934	47.80	61.40	79.60	80.20	81.60
1935	35.00	35.80	37.60	57.00	64.80
1936	61.00	64.40	64.40	64.40	64.40
1937	18.20	21.80	36.60	43.00	68.20
1938	22.20	22.20	30.20	38.40	43.00
1939	27.00	27.20	28.20	35.60	48.80
1940	30.80	39.40	46.20	74.60	110.00
1941	18.20	20.60	24.60	32.40	52.80
1942	21.00	21.00	23.60	23.60	36.40
1943	14.80	21.40	27.40	44.00	58.40
1944	21.20	25.00	26.40	34.20	68.60
1945	17.80	20.40	20.40	30.40	32.20
1946	19.60	27.20	44.20	53.40	57.20
1947	17.20	18.20	31.00	43.80	54.40
1948	13.60	30.00	49.20	71.80	101.20
1949	28.20	35.00	50.00	57.80	69.40
1950	11.60	15.40	19.60	26.20	29.60
1951	25.00	28.60	33.40	47.20	73.00
1952	18.60	31.00	32.40	39.60	58.80
1953	28.80	28.80	28.80	43.00	55.80
1954	32.20	39.80	40.60	48.60	70.20
1955	44.40	46.60	46.60	49.80	49.80
1956	26.60	28.20	29.40	43.80	50.00
1957	12.00	17.00	22.00	40.60	49.80
1958	18.20	22.60	33.60	50.60	79.40
1959	24.60	30.00	39.40	47.00	63.20
1960	27.60	47.40	53.40	55.80	55.80
1961	30.00	40.00	48.40	49.20	68.00
1962	18.20	19.60	30.80	40.40	64.00
1963	48.20	48.20	53.20	71.80	77.20
1964	22.60	27.20	30.60	36.80	50.80
1965	11.00	16.60	33.00	39.20	54.40
1966	20.60	25.80	35.20	61.00	93.20
1967	15.00	27.60	34.60	48.20	70.00
1968	18.00	24.00	27.40	49.80	57.20
1969	16.00	25.40	33.80	40.40	42.60
1970	22.20	22.20	22.20	30.20	34.00
1971	13.40	21.40	36.20	46.80	48.40
1972	20.00	34.00	50.20	84.80	105.80
1973	25.60	39.00	57.60	64.00	96.20
1974	38.80	39.80	39.80	44.60	56.00
1975	22.00	32.00	53.00	68.00	101.60
1976	15.60	23.40	26.80	40.80	54.00
1977	22.80	40.40	43.40	48.00	78.80
1978	18.60	19.00	23.40	33.20	48.80
1979	27.80	30.00	43.60	71.40	86.00
1980	10.40	27.00	29.40	38.80	58.60
1981	25.00	33.40	33.40	59.00	80.80
1982	44.00	64.80	64.80	65.60	71.00
1983	27.00	74.00	79.80	79.80	86.60
1984	40.00	58.80	58.80	60.20	62.20
1985	22.60	26.60	28.40	40.60	50.60
1986	24.00	48.00	62.00	92.40	102.60
1987	14.00	20.20	32.00	54.20	62.40
1988	23.20	27.80	28.20	29.80	31.80
1989					
1990	34.00	73.20	99.00	119.00	134.60
1991	26.80	29.00	37.60	59.20	85.00
1992	27.20	38.80	39.60	49.00	68.40
1993	29.80	42.00	42.60	42.60	51.40

1994	23.40	33.60	47.60	54.80	88.80
1995	28.60	48.40	70.40	89.20	119.80
1996	26.00	43.60	49.40	58.80	91.60
1997	49.80	66.00	72.20	75.20	79.20
1998	17.80	25.40	35.20	39.40	39.40
1999	22.80	31.20	38.60	45.40	51.40
2000	26.40	37.40	37.40	37.40	37.40
2001	26.80	36.00	34.40	43.00	56.00
2002	42.40	42.40	42.40	45.40	59.40
2003	14.60	31.40	38.40	55.20	66.60
2004	18.20	29.00	44.00	58.60	61.20
2005	17.60	43.00	76.00	105.60	114.20
2006	17.20	29.60	41.40	53.20	59.80
2007	31.60	35.20	46.40	64.20	90.60
2008	24.20	27.40	34.00	43.20	72.00
2009	23.60	23.60	25.60	37.60	47.60
2010	20.40	22.40	26.40	36.20	48.60
2011	51.80	52.20	52.20	54.80	55.00
2012	28.20	28.20	29.40	36.20	43.00
2013	20.20	24.00	30.60	45.80	57.80
2014					
2015					
2016	26.60	32.60	39.20	46.20	54.70

A partire dai dati della tabella precedente, è stata fatta un'analisi idrologica sulla base del metodo di Gumbel (vedere descrizione del metodo al paragrafo precedente).

I coefficienti della curva di possibilità pluviometrica per durate dell'ordine dell'ora trovati in dipendenza dal tempo di ritorno, vengono elencati nella Tabella 0.4.

Tabella 0.4. Parametri a ed n della curva di possibilità climatica calcolati per $t > 1$ ora.

Gumbel, $T_r = 50$ anni, stazione pluviometrica di Bologna Oss. Sez. Idr.	$a =$	50.75
	$n =$	0.27
Gumbel, $T_r = 100$ anni, stazione pluviometrica di Bologna Oss. Sez. Idr.	$a =$	56.26
	$n =$	0.27

DESCRIZIONE DELLA RETE DI COLLETTAMENTO

Al fine di raccogliere e convogliare i contributi di precipitazione verso i corpi ricettori, si rende necessario predisporre adeguata rete di collettamento posta a servizio dell'ambito di intervento. Il sistema di collettamento è diviso in due sottobacini distinti, che verranno di seguito indicati come "bacino nord" e "bacino sud". Il bacino nord è caratterizzato da un'area di scolo di 90'050 mq comprendente i depositi WHA e WHC e relative pertinenze; è localizzato a nord dell'area di intervento.

Il bacino sud è caratterizzato da un'area di 54'357 mq e comprende il deposito WHB, relative pertinenze e un parcheggio; è localizzato a sud dell'area di intervento.

Ognuno dei due bacini in cui è divisa l'area di intervento presenta una rete duale per lo smaltimento delle acque meteoriche: la rete afferente alle coperture e la rete afferente a strade, baie di carico, parcheggi per cui si prevede un trattamento delle acque di prima pioggia prima dello scarico.

Le condotte di convogliamento fungono anche da invaso, per cui, specie per i tratti di monte, sono sovradimensionate rispetto alla sola funzione di convogliamento con funzionamento a gravità.

È previsto l'impiego di tubazioni in CLS con pendenza pari allo 0.1% di diametro interno Ø100-120 cm e scatolari in CLS con pendenza 0.1% di dimensioni interne 150xh100 cm.

Per ulteriori dettagli relativi alla rete meteorica, si rimanda all'elaborato grafico di progetto "Planimetria generale rete acque meteoriche".

Vengono verificati i soli tratti terminali delle reti nella seguente Tabella 0.1, dimostrando che le condotte di progetto sono verificate per un tempo di ritorno di **20 anni** e funzionamento a gravità.

Tabella 0.1. Verifica delle condotte di progetto per $Tr=20$ anni, tempo di corrivazione uguale al tempo di pioggia e pari a 15 minuti.

	D_{tubo} in progetto [cm]	$Q_{\text{convogliabile}}$ $i=0.1\%$, $y/D=70\%$ [l/s]	$A_{\text{impermeabile}}$ [mq]	A_{verde} [mq]	A_{totale} [mq]	$\varphi_{\text{ponderato}}$	Q_{progetto} $Tr=20$ anni [l/s]
tratto B-A	120	1072.96	14058	8389	22447	0.64	292.93
tratto I-H	100	659.83	10417	0	10417	0.90	191.17
tratto M-L	150xh100	1893.26	49278	0	49278	0.90	904.32
tratto NN-MM	150xh100	1893.26	27180	0	27180	0.90	612.77
tratto BB-AA	150xh100	1893.26	16756	4682	21438	0.75	327.85

Dimensionamento canaline zona baie

La portata di progetto per le reali condizioni d'impiego delle canaline zona baie ($T_r = 20$ anni), è stata calcolata mediante il modello cinematico, considerando una superficie afferente di 1430 mq con coefficiente di deflusso 0.90 ed un tempo di accesso in rete di 3 minuti. L'intensità di precipitazione così calcolata, pari a 201.65 mm/h, permette di individuare una portata $Q(T_r=20$ anni) pari a 72.09 l/s.

Di seguito in Tabella 0.2 si riporta la verifica idraulica della canaletta, considerando dimensioni minime interne della sezione pari a $B \times H = 30 \times 40$ cm e trattando il moto come immissione continua di portata distribuita lungo il percorso.

Poiché l'immissione è normale alla direzione del moto (quindi l'energia posseduta è di fatto dissipata all'atto della consegna), l'energia necessaria al moto deve essere acquistata con un sovrizzo del pelo libero a monte. La trattazione del problema si fa con l'applicazione del teorema della quantità di moto. La trattazione semplificata del problema fornisce le seguenti altezze nelle sezioni di valle e di monte:

$$y_v = y_c = \left[\frac{1}{g} \left(\frac{qL}{b} \right)^2 \right]^{1/3}$$

$$y_m = \sqrt{3} y_c$$

Tabella 0.2. Tabella per il dimensionamento delle canaline zona baie; funzionamento a fondo orizzontale con immissione di portata continua.

caratteristiche canaletta		punti di scarico	portata per singolo tratto [l/s]	portata per singolo tratto [mc/s]	y critica all'imbocco	y max a monte	tracimazione
Base	altezza						
0.30	0.40	1	72.09	0.072	0.18	0.31	no

Dimensionamento pluviali

I nuovi depositi presentano una copertura con due falde simmetriche, pertanto verrà analizzata un'unica falda per ogni deposito e poi esteso il ragionamento per simmetria all'altra falda.

Per la verifica idraulica della copertura si considera un'intensità di precipitazione cautelativa di 180 mm/h, in accordo con la buona pratica progettuale dei sistemi pluviali (*Libro "Fognature" Luigi Da Deppo e Claudio Datei Dipartimento di ingegneria idraulica Università degli Studi di Padova*).

In Tabella 0.3 si riportano i calcoli effettuati per la determinazione della portata di progetto. La portata totale afferente alla singola falda viene divisa per il numero dei pluviali previsti per trovare la portata di progetto per il singolo scarico.

Tabella 0.3. Calcolo portate massime generabili in copertura e per ciascun punto di scarico.

area analizzata	intensità di pioggia [mm/h]	coeff.φ	superficie della falda [mq]	portata totale [l/s]	scarichi previsti sulla falda	portata per singolo scarico [l/s]
falda edificio WHA	180	1	10417.00	520.85	5	104.17
falda edificio WHB	180	1	13744.00	687.2	8	85.90
falda edificio WHC	180	1	9925.00	496.25	6	82.71

La portata massima di progetto per ciascun pluviale è pari a 104.17 l/s per i pluviali dell'edificio WHA, 85.90 l/s per i pluviali dell'edificio WHB e 82.71 l/s per i pluviali dell'edificio WHC.

La norma UNI EN 12056-3 tramite le equazioni di Wily-Eaton permette di stabilire il diametro del pluviale per uno scarico verticale come funzione della portata generata sulla falda afferente.

$$Q_{RWP} = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot k_b^{-0,167} \cdot d_i^{2,667} \cdot f^{1,667}$$

dove:

Q_{RWP} è la capacità del pluviale, in litri al secondo (l/s);

k_b è la scabrezza del pluviale, in millimetri (considerata 0,25 mm);

d_i è il diametro interno del pluviale, in millimetri (mm);

f è il grado di riempimento, definito come proporzione della sezione trasversale riempita d'acqua, adimensionale.

diámetro esterno D_e [mm]	diámetro interno D_i [mm]	capacità di portata Q_{rwp} [l/s] 20%	capacità di portata Q_{rwp} [l/s] 33%
315	296.6	84.4	194.6

La portata massima generabile sulla copertura dei tre edifici, nell'ipotesi cautelativa di intensità pari a 180 mm/h, è in linea con la potenzialità di scarico dei pluviali previsti di diametro 315 mm considerando un grado di riempimento pari al 33% come suggerito dalla normativa.

I pluviali confluiscono in un pozzetto in calcestruzzo prefabbricato di dimensione interna 100x100 cm per la dissipazione del getto prima del convogliamento nella linea di terra.

Per evitare sovraccarichi idraulici della rete di collettamento a terra, i pozzetti al piede dei pluviali saranno dotati di griglia superiore anziché di chiusino in modo tale da sfogare i surplus di portata e pressione in occasione degli eventi meteorici estremi.

DIMENSIONAMENTO SISTEMA DI PRIMA PIOGGIA

Per il trattamento delle acque di prima pioggia è prevista la realizzazione di n.3 impianti (denominato IPP) per l'accumulo temporaneo ed il trattamento delle acque di prima pioggia provenienti dalle strade, dai piazzali e dai parcheggi.

Gli impianti di prima pioggia sono dotati di vasca di accumulo dimensionata per trattenere temporaneamente il volume di prima pioggia che corrisponde ai primi 5 mm di pioggia sulle superfici pavimentate. Il volume di prima pioggia temporaneamente accumulato nella vasca (V_{pp}) è, dopo il termine della pioggia, sollevato con apposita elettropompa e sottoposto a trattamento di disoleazione prima dello scarico nel bacino di laminazione.

Il dimensionamento viene effettuato sulla base di quanto indicato all'interno del Dgr n.286 del 14 febbraio 2005 "Direttiva concernente indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne (art.39, DLgs 11 maggio 1999, n.152)" di cui si riporta un estratto:

"[...] Nel definire detti parametri si sono avuti a riferimento i risultati degli studi e delle ricerche svolte su alcuni sistemi di drenaggio e reti scolanti di bacini pilota, anche nel territorio della Regione Emilia Romagna, effettuati da Università ed Enti di ricerca pubblicati sulle riviste tecnico - scientifiche di settore. Detti studi concordano nel ritenere che a fronte dei risultati ottenuti e della prassi progettuale consolidata, il volume di "acque di prima pioggia" da contenere e/o da assoggettare all'eventuale trattamento, di norma, sia compreso nei valori di 25 - 50 mc per ettaro, da riferirsi alla parte di superficie contribuente in ogni punto di scarico effettivamente soggetta ad emissione (ad esempio la superficie pavimentata soggetta a traffico veicolare). Il parametro più elevato di 50 mc per ettaro si ritiene debba applicarsi alle superfici contribuenti comprese in aree a destinazione produttiva/commerciale, in ragione dei più elevati livelli di contaminazione, anche da sostanze pericolose, delle superfici scoperte soggette a dilavamento dalle acque meteoriche [...]"

Nella seguente Tabella 0.1 si riportano i calcoli effettuati per la determinazione del volume di prima pioggia.

Tabella 0.1. Calcolo dei volumi di prima pioggia.

	$A_{impermeabile}$ [mq]	A_{verde} [mq]	A_{totale} [mq]	$\phi_{ponderato}$	$A_{servita}$ [mq]	V_{pp} [mc]
RETE SUD 1	16756	4682	21438	0.75	16016.80	80
RETE NORD 1	19114	0	19114	0.90	17202.60	86
RETE NORD 2	14058	8389	22447	0.64	14330.00	72

L'impianto è costituito da:

- pozzetto di by-pass, realizzato lungo il collettore della fognatura, che invia alla vasca di prima pioggia le acque da trattare e sfiora quelle di seconda pioggia;
- vasca di prima pioggia realizzata in C.A. per immagazzinare temporaneamente il volume di prima pioggia secondo il dimensionamento visto in precedenza;

- n. 2 elettropompe sommergibili (una in servizio più una di riserva) per il sollevamento delle acque di prima pioggia dopo un tempo prefissato dal termine della precipitazione; portata sollevata: circa 4-8 l/s;
- disoleatore statico/ separatore liquidi leggeri alimentato dalla pompa di cui sopra; le acque disoleate e chiarificate vengono scaricate nella fognatura bianca.

Si precisa che il trattamento delle acque di prima pioggia deve essere attuato per eventi meteorici che si succedono a distanza, l'uno dall'altro, non inferiore a 48 ore. È quindi necessario che il "ciclo" della vasca (durante il quale avviene la chiarificazione dell'acqua, la separazione e l'affioramento degli oli e lo svuotamento della vasca) si compia entro 48 ore dal termine della precipitazione.

Affinché il funzionamento avvenga secondo lo schema sopra indicato, è necessario che il sistema di automazione delle pompe sia provvisto di un apposito sensore di pioggia che permetta di accertare la fine della pioggia e che, da quell'istante, azzeri il timer che dopo 46 ore (circa) comanderà l'avvio delle pompe delle vasche.

Il grosso delle particelle sedimentabili e degli oli viene trattenuto all'interno delle vasche che dovranno essere periodicamente (circa una volta all'anno) ripulite mediante aspirazione con autobotte.

Gli oli e le particelle sedimentabili eventualmente sollevati dalle pompe sono trattenuti dall'apposito disoleatore previsto a valle.

DIMENSIONAMENTO VOLUME DI INVASO BACINO NORD

Determinazione del coefficiente di deflusso

Per il calcolo dei volumi da rendere disponibili per l'invaso delle portate generate dall'incremento di impermeabilizzazione del suolo, si è fatto riferimento alle metodologie di calcolo riportate nel paragrafo successivo mediante il coefficiente di afflusso medio. La Tabella 0.1 riporta la suddivisione per tipologia di copertura del suolo ed i corrispondenti coefficienti di deflusso medi.

Nella suddivisione delle aree e nell'individuazione dei rispettivi coefficienti di deflusso si sono fatte le seguenti considerazioni:

- all'area occupata dai fabbricati, dalla pavimentazione non drenante e comunque assimilabile a superficie impermeabile è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0.90;
- all'area a verde è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0.20 ritenendo che queste siano totalmente permeabili e non essendo queste direttamente collegate alla rete di smaltimento delle acque meteoriche.

Tabella 0.1. Tabella riassuntiva della configurazione di progetto del bacino nord, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di afflusso.

STATO DI PROGETTO BACINO NORD		
Tipologia del suolo	superficie mq	φ
impermeabile	73'708.00	0.9
verde	16'342.00	0.2
Totale area	90'050.00	0.77

Calcolo del volume di invaso

Al fine di non aggravare, con le opere di progetto, l'equilibrio idraulico dell'area, si considera accettabile immettere alla rete idrografica una portata specifica pari a 10.00 l/s*ha per un totale di circa 90.05 l/s.

Il valore di portata specifica viene assunto pari a 10 l/s*ha per garantire una portata allo scarico massima pari al valore precedente l'impermeabilizzazione e per un tempo di ritorno di **50 anni**. Per il calcolo del volume di invaso viene utilizzato il metodo delle piogge.

Tramite l'equazione seguente, si possono calcolare i massimi volumi di invaso relativi ad una determinata durata t della precipitazione:

$$W_i = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot \left[\frac{a}{(t+b)^c} \cdot t \right] - Q_u \cdot t$$

dove:

W_i è il volume di invaso;
 W_e è il volume in ingresso;
 W_u è il volume in uscita;
 S è la superficie scolante;
 φ è il coefficiente di deflusso medio dell'area;
 t è la durata della precipitazione.

La durata critica, ossia la durata per la quale si ha il massimo volume di invaso da rendere disponibile, si ottiene ponendo nulla la derivata prima, in funzione del tempo, dell'equazione sopra riportata.

Si ottiene dunque:

$$t = \sqrt[c]{\frac{Qu}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left[-\frac{c \cdot t}{t+b} + 1 \right]}} - b$$

che, a convergenza, porta a determinare:

$$t_{critico} = \sqrt[c]{\frac{Qu}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left[-\frac{c \cdot t_{critico}}{t_{critico} + b} + 1 \right]}} - b$$

e conseguentemente:

$$W_i = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot \left[\frac{a}{(t_{critico} + b)^c} \cdot t_{critico} \right] - Qu \cdot t_{critico}$$

L'applicazione di tale metodo, trascurando il processo di trasformazione afflussi-deflussi che avviene nel bacino scolante, comporta una sopravvalutazione delle portate di piena in ingresso alla rete e conseguentemente dei volumi in invaso.

L'applicazione delle equazioni sopra riportate al bacino nord ha portato ad individuare:

portata consentita allo scarico $Q=90.05$ l/s
durata critica $t=4.39$ ore
massimo volume di invaso $V=3843.64$ mc

Tale volume di 3843.64 mc va confrontato con il volume minimo d'invaso prescritto dal Consorzio di Bonifica competente, derivante dall'applicazione di un coefficiente di invaso di 500 mc/ha.

Il coefficiente di invaso di 500 mc/ha, moltiplicato per l'area totale afferente al bacino nord, (90'050.00 mq) restituisce un volume minimo di invaso pari a 4502.50 mc.

Tale valore è superiore a quello calcolato con il metodo delle piogge e valido per un tempo di ritorno di 50 anni.

In conclusione, il volume minimo di invaso da garantire per il bacino nord al fine dell'invarianza idraulica è pari a **4502.50 mc**.

Individuazione del volume di invaso

Il volume minimo di 4502.50 mc viene previsto all'interno di un bacino di laminazione a cielo aperto ricavato in uno spazio a verde e all'interno delle condotte. Nella Tabella 0.2 vengono riportati i calcoli effettuati per la determinazione del volume contenuto all'interno del bacino a cielo aperto. Nella Tabella 0.3 vengono riportati i calcoli effettuati per la determinazione del volume contenuto all'interno delle condotte.

Il livello di massimo invaso è stato posto a quota -1.50 poiché le baie di carico sono a quota -1.20.

Tabella 0.2. Dimensionamento del volume afferente al bacino di invaso a cielo aperto.

BACINO DI INVASO NORD	
Area bacino su piano campagna	3510.65 mq
Scarpa O/V	1.50
Franco di sicurezza su bacino	1.50 m
Offset per area liquida da dare in cad	2.25 m
Area liquida misurata in cad	2291.39 mq
Quota media piano campagna bacino	0.00 m
tirante h	1.50 m
h/2	0.75 m
Offset per fondo da dare in cad	4.50 m
Area fondo misurata in cad	1126.94 mq
Offset per area fittizia invaso da dare in cad	3.38
Area fittizia invaso misurata in cad	1691.08 mq
Volume invasato	2536.62 mc
Quota fondo bacino	-3.00 m
Quota massimo invaso	-1.50 m
VOLUME INVASATO BACINO NORD	2536.62 mc

Tabella 0.3. Dimensionamento del volume afferente alla rete di condotte.

Verifica disponibilità di invaso		scorr A	Volumi in condotta						L tot	
			AB	BC	CD	DE	EF	FG		
piano campagna	m		0	0	0	0	0	0		
lunghezza rete	ml		42	47	96	81	35	171	471	
pendenza fondo	m/m		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	volume totale	
altezza scatolare	m		1	1	1					
base scatolare	m		1.5	1.5	1.5					
diametro condotta	m		0	0	0	1.2	1	1		
quota scorrimento fondo	m	-2.6	-2.60	-2.56	-2.51	-2.42	-2.34	-2.30		
altezza iniziale	m		1.100	1.059	1.012	0.916	0.835	0.799		
riempimento medio	%		100%	100%	96%	73%	82%	71%		
area liquida media	m ²		1.50	1.50	1.45	0.87	0.68	0.60		
volume in condotta	mc		63.00	70.50	138.82	70.61	23.85	101.98		468.76
distanza dallo scarico	m		0	41	88	184	265	301		
ricoprimento a monte	m		1.41	1.36	1.27	0.99	1.15	0.98		

Verifica disponibilità di invaso		scorr H	Volumi in condotta		
			HI	L tot	
piano campagna	m		0		
lunghezza rete	ml		204	204	
pendenza fondo	m/m		0.001	volume totale	
altezza scatolare	m				
base scatolare	m				
diametro condotta	m		1		
quota scorrimento fondo	m	-2.5	-2.50		
altezza iniziale	m		1.000		
riempimento medio	%		90%		
area liquida media	m ²		0.74		
volume in condotta	mc		150.63		150.63
distanza dallo scarico	m		0		
ricoprimento a monte	m		1.15		

Verifica disponibilità di invaso		scorr L	Volumi in condotta							
			LM	MN	NQ	PZ	NO	QR	RS	ST
piano campagna	m		0	0	0	0	-0.85	0	0	0
lunghezza rete	ml		32	95	46	25	193	10	133	183
pendenza fondo	m/m		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
altezza scatolare	m		1	1	1	1				
base scatolare	m		1.5	1.5	1.5	1.5				
diametro condotta	m		0	0	0	0	1	1.2	1	1
quota scorrimento fondo	m	-3	-3.00	-2.97	-2.87	-2.85	-2.87	-2.83	-2.82	-2.69
altezza iniziale	m		1.500	1.468	1.374	1.351	1.374	1.328	1.318	1.185
riempimento medio	%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
area liquida media	mq		1.50	1.50	1.50	1.50	0.79	1.13	0.79	0.79
volume in condotta	mc		48.00	142.50	69.00	37.50	151.58	11.31	104.46	143.73
distanza dallo scarico	m		0	32	126	149	126	172	182	315
ricoprimento a monte	m		1.82	1.72	1.68	1.68	0.68	1.47	1.54	1.35

Verifica disponibilità di invaso		Volumi in condotta								
		RU	ZV	VY	YX	ZW	WK	KJ	L tot	
piano campagna	m	-0.85	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
lunghezza rete	ml	183	16	175	122	16	175	126	1530	
pendenza fondo	m/m	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	volume totale	
altezza scatolare	m									
base scatolare	m									
diametro condotta	m	1	1	1	1	1	1	1		
quota scorrimento fondo	m	-2.82	-2.83	-2.81	-2.64	-2.83	-2.81	-2.64		
altezza iniziale	m	1.318	1.328	1.312	1.137	1.328	1.312	1.137		
riempimento medio	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
area liquida media	mq	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79		
volume in condotta	mc	143.73	12.57	137.44	95.82	12.57	137.44	98.96		1346.61
distanza dallo scarico	m	182	172	188	363	172	188	363		
ricoprimento a monte	m	0.64	1.16	0.99	0.87	1.16	0.99	0.86		

Il volume risultante dalla somma tra il volume contenuto all'interno del bacino a cielo aperto (2536.62 mc) e quello contenuto all'interno della rete di condotte (1965.99 mc) è pari a 4502.61 mc. Tale volume è maggiore del volume minimo da prevedere (4502.50 mc) quindi la verifica dell'invarianza idraulica è soddisfatta.

Sistema di scarico nord

La massima portata consentita allo scarico, ottenuta considerando un coefficiente udometrico pari a **10 l/s*ha**, e quindi pari a **90.05 l/s**, sarà convogliata allo scarico tramite sollevamento. Si prevede l'installazione di una stazione di sollevamento dotata di n.2 elettropompe (di cui una di riserva) da 90 l/s. La condotta di mandata scarica le acque all'interno di un pozzetto di ispezione e dissipazione di dimensioni interne 150x150 cm in c.a. posto in prossimità del confine dell'area di intervento.

Lo scarico è previsto nel pozzetto esistente n.46 della rete di fognatura pubblica Hera lungo via San Vitalino Ø630 mm mediante una tubazione in PVC Ø400 mm in grado di smaltire, a moto uniforme, con un grado di riempimento pari al 70% ed una pendenza del 2‰, un deflusso di circa 91.18 l/s, garantendo quindi l'allontanamento della portata massima.

DIMENSIONAMENTO VOLUME DI INVASO BACINO SUD

Determinazione del coefficiente di deflusso

Per il calcolo dei volumi da rendere disponibili per l'invaso delle portate generate dall'incremento di impermeabilizzazione del suolo, si è fatto riferimento alle metodologie di calcolo riportate nel paragrafo successivo mediante il coefficiente di afflusso medio. La Tabella 0.1 riporta la suddivisione per tipologia di copertura del suolo ed i corrispondenti coefficienti di deflusso medi.

Nella suddivisione delle aree e nell'individuazione dei rispettivi coefficienti di deflusso si sono fatte le seguenti considerazioni:

- a) all'area occupata dai fabbricati, dalla pavimentazione non drenante e comunque assimilabile a superficie impermeabile è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0.90;
- b) all'area semipermeabile in ghiaio è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0.60;
- c) all'area a verde è stato attribuito un coefficiente di deflusso pari a 0.20 ritenendo che queste siano totalmente permeabili e non essendo queste direttamente collegate alla rete di smaltimento delle acque meteoriche.

Tabella 0.1. Tabella riassuntiva della configurazione di progetto del bacino sud, superfici in mq e corrispondenti coefficienti di afflusso.

STATO DI PROGETTO BACINO SUD		
Tipologia del suolo	superficie mq	ϕ
impermeabile	44'301.00	0.9
semipermeabile	2'878.00	0.6
verde	7'178.00	0.2
Totale area	54'357.00	0.79

Calcolo del volume di invaso

Al fine di non aggravare, con le opere di progetto, l'equilibrio idraulico dell'area, si considera accettabile immettere alla rete idrografica una portata specifica pari a 10.00 l/s*ha per un totale di circa 54.36 l/s.

Il valore di portata specifica viene assunto pari a 10 l/s*ha per garantire una portata allo scarico massima pari al valore precedente l'impermeabilizzazione e per un tempo di ritorno di **50 anni**.

Per il calcolo del volume di invaso viene utilizzato il metodo delle piogge.

L'applicazione di tale metodo, trascurando il processo di trasformazione afflussi-deflussi che avviene nel bacino scolante, comporta una sopravvalutazione delle portate di piena in ingresso alla rete e conseguentemente dei volumi in invaso.

L'applicazione delle equazioni sopra riportate al bacino sud ha portato ad individuare:

*portata consentita allo scarico $Q=54.36$ l/s
durata critica $t=4.53$ ore
massimo volume di invaso $V=2397.43$ mc*

Tale volume di 2397.43 mc va confrontato con il volume minimo d'invaso prescritto dal Consorzio di Bonifica competente, derivante dall'applicazione di un coefficiente di invaso di 500 mc/ha.

Il coefficiente di invaso di 500 mc/ha, moltiplicato per l'area totale afferente al bacino sud, (54'357.00 mq) restituisce un volume minimo di invaso pari a 2717.85 mc.

Tale valore è superiore a quello calcolato con il metodo delle piogge e valido per un tempo di ritorno di 50 anni.

In conclusione, il volume minimo di invaso da garantire per il bacino sud al fine dell'invarianza idraulica è pari a **2717.85 mc**.

Individuazione del volume di invaso

Il volume minimo di 2717.85 mc viene previsto all'interno di due bacini di laminazione a cielo aperto ricavati negli spazi a verde e all'interno delle condotte. Nella Tabella 0.2 vengono riportati i calcoli effettuati per la determinazione del volume contenuto all'interno del bacino a cielo aperto SUD. Nella Tabella 0.3 vengono riportati i calcoli effettuati per la determinazione del volume contenuto all'interno del bacino a cielo aperto EST. Nella Tabella 0.4 vengono riportati i calcoli effettuati per la determinazione del volume contenuto all'interno delle condotte.

Il livello di massimo invaso è stato posto a quota -1.50 poiché le baie di carico sono a quota -1.20.

Tabella 0.2. Dimensionamento del volume afferente al bacino di invaso a cielo aperto SUD.

BACINO DI INVASO SUD	
Area bacino su piano campagna	852.72 mq
Scarpa O/V	1.50
Franco di sicurezza su bacino	1.50 m
Offset per area liquida da dare in cad	2.25 m
Area liquida misurata in cad	479.69 mq
Quota media piano campagna bacino	0.00 m
tirante h	1.50 m
h/2	0.75 m
Offset per fondo da dare in cad	4.50 m
Area fondo misurata in cad	147.17 mq
Offset per area fittizia invaso da dare in cad	3.38
Area fittizia invaso misurata in cad	307.63 mq
Volume invasato	461.45 mc
Quota fondo bacino	-3.00 m
Quota massimo invaso	-1.50 m
VOLUME INVASATO BACINO SUD	461.45 mc

Tabella 0.3. Dimensionamento del volume afferente al bacino di invaso a cielo aperto EST.

BACINO DI INVASO EST	
Area bacino su piano campagna	891.17 mq
Scarpa O/V	1.50
Franco di sicurezza su bacino	1.50 m
Offset per area liquida da dare in cad	2.25 m
Area liquida misurata in cad	513.49 mq
Quota media piano campagna bacino	0.00 m
tirante h	1.10 m
h/2	0.55 m
Offset per fondo da dare in cad	3.90 m
Area fondo misurata in cad	256.74 mq
Offset per area fittizia invaso da dare in cad	3.08
Area fittizia invaso misurata in cad	382.19 mq
Volume invasato	420.41 mc
Quota fondo bacino	-2.60 m
Quota massimo invaso	-1.50 m
VOLUME INVASATO BACINO EST	420.41 mc

Tabella 0.4. Dimensionamento del volume afferente alla rete di condotte.

Verifica disponibilità di invaso		scorr MM	Volumi in condotta						L tot	
			MMNN	NNOO	NNQQ	OOPP	QQRR	NNSS		
piano campagna	m		0	0	0	-0.70	0	0		
lunghezza rete	ml		14	49	65	293	293	121	835	
pendenza fondo	m/m		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	volume totale	
altezza scatolare	m		1	1	1	1	1	1		
base scatolare	m		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5		
diametro condotta	m		0	0	0	0	0	0		
quota scorrimento fondo	m	-2.9	-2.90	-2.89	-2.89	-2.84	-2.82	-2.89		
altezza iniziale	m		1.400	1.386	1.386	1.337	1.322	1.388		
riempimento medio	%		100%	100%	100%	100%	100%	100%		
area liquida media	m ²		1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50		
volume in condotta	mc		21.00	73.50	97.50	439.50	439.50	181.50		1252.50
distanza dallo scarico	m		0	14	14	63	78	12		
ricoprimento a monte	m		1.74	1.69	1.67	0.69	1.38	1.62		

Verifica disponibilità di invaso		scorr AA	Volumi in condotta				L tot	
			AABB	BBCC	CCDD	DDEE		
piano campagna	m		0	0	0	0		
lunghezza rete	ml		11	42	298	40	391	
pendenza fondo	m/m		0.001	0.001	0.001	0.001	volume totale	
altezza scatolare	m		1	1	1	1		
base scatolare	m		1.5	1.5	1.5	1.5		
diametro condotta	m		0	0	0	0		
quota scorrimento fondo	m	-3.0	-3.00	-2.99	-2.95	-2.61		
altezza iniziale	m		1.500	1.489	1.447	1.110		
riempimento medio	%		100%	100%	100%	100%		
area liquida media	m ²		1.50	1.50	1.50	1.50		
volume in condotta	mc		16.50	63.00	447.00	60.00		586.50
distanza dallo scarico	m		0	11	53	390		
ricoprimento a monte	m		2.84	2.80	2.50	2.42		

Il volume risultante dalla somma tra il volume contenuto all'interno del bacino a cielo aperto SUD (461.45 mc), quello contenuto all'interno del bacino a cielo aperto EST (420.41 mc) e quello contenuto all'interno della rete di condotte (1839.00 mc) è pari a 2720.85 mc. Tale volume è maggiore del volume minimo da prevedere (2717.85 mc) quindi la verifica dell'invarianza idraulica è soddisfatta.

Sistema di scarico sud

La massima portata consentita allo scarico, ottenuta considerando un coefficiente udometrico pari a **10 l/s*ha**, e quindi pari a **54.36 l/s**, sarà convogliata allo scarico tramite sollevamento. Si prevede l'installazione di una stazione di sollevamento dotata di n.2 elettropompe (di cui una di riserva) da 54 l/s. La condotta di mandata scarica le acque all'interno dello scolo Canocchia Superiore.

Per non intaccare l'argine, la condotta dovrà essere in acciaio e protetta mediante soletta in cemento armato opportunamente dimensionata per evitare lo schiacciamento della condotta dovuto ai carichi dei mezzi d'opera consortili.