



Via Enrico Mattei, 17  
61032 Fano (PU)

# VASCA DI ACCUMULO A SERVIZIO DELLO SCOLMATORE DI ACQUE REFLUE URBANE SITO ALLA FOCE DELL'ARZILLA - COMUNE DI FANO

## PROGETTO DEFINITIVO

INDICE	DATA	MODIFICHE	DISEGN.	CONTR.	APPROV.
<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>					
I PROGETTISTI:		HANNO COLLABORATO:		SCALA:	
Dott. Ing. Denis Cerlini		Dott. Ing. Marina Simonetti		-	
Dott. Ing. Alessandro Balbo		Dott. Ing. Daniele Recalcati		DISEGNO:	
Dott. Ing. Giacomo Galimberti				<b>FVA 2.02</b>	
Dott. Ing. Luca Pezzoli					
Dott. Ing. Marta Mirabella					
Dott. Ing. Gaetano Di Franca					
				Marzo 2018	



---

## INDICE

---

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO .....</b>	<b>3</b>
2.1 STATO DI FATTO .....	3
2.2 INTERVENTI IN PROGETTO.....	3
2.3 SCHEMA DI FUNZIONAMENTO IDRAULICO .....	4
<b>3. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE OPERE.....</b>	<b>9</b>
3.1 CALCOLO DELLE PORTATE E DEI VOLUMI DI PROGETTO .....	9
3.1.1 <i>Definizione dei bacini drenati.....</i>	9
3.1.2 <i>Calcolo delle portate meteoriche .....</i>	9
3.1.3 <i>Calcolo dei volumi di accumulo .....</i>	12
3.1.4 <i>Calcolo delle portate nere.....</i>	13
3.2 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE CONDOTTE A GRAVITÀ.....	14
3.3 DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DEGLI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO .....	16
3.3.1 <i>Criteria generali .....</i>	16
3.3.2 <i>Impianto di sollevamento S1 adiacente alla vasca .....</i>	17
3.3.3 <i>Impianto di sollevamento S2 di svuotamento della vasca di accumulo ....</i>	19

## 1. PREMESSA

Nel febbraio 2017 è stata affidata agli scriventi l'attività di progettazione preliminare, definitiva ed esecutiva, nonché di Coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione, del progetto di *“Realizzazione di una vasca di accumulo a servizio dello scolmatore di acque reflue urbane sito alla foce dell'Arzilla nel Comune di Fano”*. L'incarico riguarda la realizzazione di una vasca di accumulo che raccolga le acque di pioggia che transitano nelle reti miste della zona in sinistra idraulica del Torrente Arzilla in evitando lo sfioro nel corso d'acqua, a monte di una zona balneabile e quindi di particolare sensibilità ambientale.

Le acque raccolte verranno accumulate in una vasca interrata in c.a. e poi inviate alla rete fognaria comunale esistente sulla sponda destra del Torrente Arzilla.

Il progetto preliminare è stato consegnato nel maggio 2017; nel giugno 2017 sono stati revisionati alcuni elaborati a seguito di osservazioni del Committente.

Il presente documento costituisce la Relazione idrologica ed idraulica del progetto definitivo.

## **2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO**

### **2.1 Stato di fatto**

L'intervento in progetto riguarda la rete comunale di Fano in sinistra idrografica del Torrente Arzilla e in particolare le acque dei bacini che attualmente afferiscono alla condotta di via del Moletto e di lì all'impianto di sollevamento "Annibale Caro".

Sono stati individuati 2 sottobacini: il primo afferisce al pozzetto di via I Maggio, che riceve la condotta di acque miste DN 500 mm in C.A. proveniente da viale Romagna, nella quale si immettono le condotte provenienti da via del Carmine e da via Poggi. Dal pozzetto di via I Maggio le acque proseguono verso la condotta di acque nere di via del Moletto con una tubazione DN 200 mm.

Il secondo sottobacino è quello afferente allo scolmatore di via del Moletto: questo riceve la condotta DN 450 mm che corre parallelamente alla ferrovia, scaricando nel torrente le acque meteoriche in eccesso. La portata di tempo asciutto viene invece derivata verso la condotta di acque nere che attraversa il fiume in subalveo e si immette nell'impianto sollevamento esistente "Annibale Caro". La stessa condotta di acque nere riceve, oltre alla tubazione DN 200 mm proveniente da via I Maggio, la condotta di via della Baia che raccoglie il bacino di acque nere di via del Carmine.

### **2.2 Interventi in progetto**

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di una vasca di accumulo delle acque raccolte dalla fognatura per il loro successivo invio a depurazione, in modo da ridurre al minimo l'attivazione degli scolmatori di piena. Sono inoltre previste diverse opere sulla rete fognaria esistente a servizio della vasca:

- Condotte DN 500 mm di raccolta delle acque provenienti dalle fognature miste di via del Moletto e via 1° Maggio;
- Condotta DN 200 mm di raccolta delle acque provenienti dalla fognatura nera di via del Moletto;
- Nuovi pozzetti partitori (A1 e B1) delle acque provenienti dalle condotte di acque miste esistenti;

- Condotta in uscita dalla vasca, con un tratto in pressione DN 200 mm ed un tratto a gravità DN 300 mm, con recapito nella fognatura comunale esistente in via Madonna a mare, in sponda destra del Torrente Arzilla.

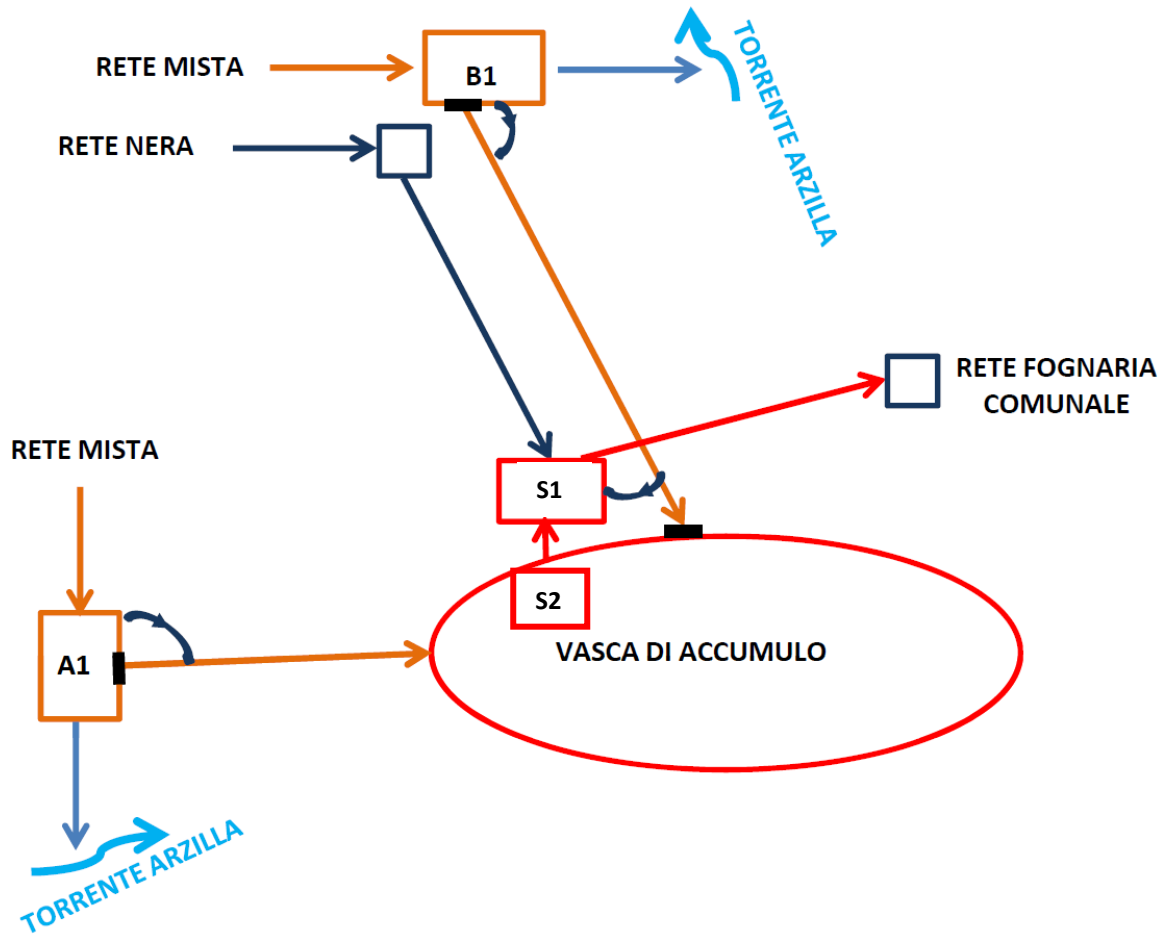
E' inoltre previsto un impianto di sollevamento all'interno della vasca (S2) ed uno immediatamente adiacente (S1) per lo svuotamento della vasca e l'invio delle acque raccolte alla fognatura comunale esistente.

La vasca in progetto verrà realizzata in sponda sinistra, nell'area non edificata tra il Torrente Arzilla e via I Maggio, immediatamente a monte del ponte stradale.

All'esaurirsi del volume disponibile all'interno della vasca, le eventuali acque eccedenti la portata dell'impianto di sollevamento verranno scaricate nel Torrente Arzilla attraverso gli scolmatori esistenti e in progetto.

### **2.3 Schema di funzionamento idraulico**

Di seguito si riporta uno schema idraulico che descrive il funzionamento del sistema di raccolta ed accumulo delle acque secondo lo schema di progetto.



LEGENDA:

- Condotta di acque miste esistente/  in progetto
- Condotta di acque nere/  in progetto
- Condotta di sfioro nel recapito superficiale/  in progetto
- Pozzetto di derivazione con paratoia motorizzata
- Paratoia motorizzata
- Condotta di derivazione delle sole acque nere diluite
- Impianto di sollevamento e condotta di mandata

Le acque provenienti dalle condotte di fognatura mista di via del Moletto e via 1° Maggio vengono convogliate alla vasca tramite condotte di nuova realizzazione, mentre le acque provenienti dalla condotta di acque nere di via del Moletto vengono inviate direttamente, sempre con una condotta di nuova realizzazione, all'impianto di sollevamento S1 adiacente alla vasca.

Quest'ultimo riceve anche le acque di svuotamento della vasca attraverso il sollevamento S2 posto all'interno. La condotta di mandata in uscita dal sollevamento S1 attraversa il Torrente Arzilla in ancoraggio al ponte sulla S.S.16 e, dopo un tratto a gravità, raggiunge la rete fognaria esistente in via Madonna a mare.

Due pozzetti di derivazione, A1 e B1, verranno realizzati a monte delle due condotte di acque miste, per intercettare le condotte esistenti, regolare la portata derivata e permettere lo scarico delle portate eccedenti attraverso gli scolmatori esistenti, in caso di raggiungimento dei massimi livelli di riempimento della vasca per ciascuno dei bacini serviti.

Il funzionamento idraulico del sistema è stato studiato per sfruttare al massimo il volume disponibile all'interno del manufatto, tenendo conto delle diverse quote di scorrimento delle condotte in immissione e delle aree servite.

Infatti, quando il livello in vasca raggiunge la quota -1.52 m slm, che darebbe luogo a rigurgito all'interno della condotta proveniente da via del Moletto, le corrispondenti paratoie vengono chiuse ed il bacino viene disconnesso dalla vasca. La portata nera diluita viene invece inviata direttamente al sollevamento S1 e di lì alla rete fognaria.

Le acque provenienti dal bacino di via 1° Maggio continuano invece a scaricare nella vasca, sfruttandone il volume residuo pari a circa la metà del volume complessivo.

Al pieno riempimento della vasca, corrispondente a quota -0.60 m slm, si chiude anche la paratoia presso il pozzetto di derivazione A1 e le sole acque nere diluite del bacino continuano a recapitare nella vasca.

Nello schema che segue si illustra lo schema di attivazione dei diversi organi elettromeccanici in base a quanto appena descritto.



Livello in vasca z [m slm]	Paratoia A1	Paratoia B1	Pompa P1	Pompa P2	Descrizione
<b>In riempimento</b>					
-3.24 < z < -2.80	aperta	aperta	OFF	OFF	La portata in arrivo viene smaltita attraverso gli impianti di sollevamento senza interessare la vasca
-2.80 < z < -2.29	aperta	aperta	ON	OFF	L'acqua invasa la vasca. Gli sfiori non sono attivi. E' attiva una sola pompa di svuotamento della vasca.
-2.29 < z < -1.52	aperta	aperta	ON	ON	L'acqua invasa la vasca. Gli sfiori non sono attivi. Si attiva la seconda pompa di svuotamento della vasca.
-1.52 < z < -0.60	aperta	chiusa	ON	OFF	La paratoia nel pozzetto B1 viene chiusa e si attiva lo sfioratore di via del Moletto. La portata massima derivata da B1 è pari a 15 l/s. Si chiude la paratoia a monte dell'immissione in vasca e la portata da B1 si immette direttamente nel sollevamento finale. Una sola pompa di svuotamento della vasca rimane attiva.
z = -0.60	chiusa	chiusa	ON	OFF	La paratoia nel pozzetto A1 viene chiusa ed entrambi gli sfioratori sono attivi. La portata massima derivata da A1 è pari a 15 l/s. La portata massima derivata da B1 è pari a 15 l/s.
<b>In svuotamento</b>					
z = -0.60	chiusa	chiusa	ON	OFF	Le paratoie nei pozzetti A1 e B1 sono chiuse ed entrambi gli sfioratori sono attivi. La portata massima derivata da A1 è pari a 15 l/s. La portata massima derivata da B1 è pari a 15 l/s.
-0.60 > z > -0.90	chiusa	chiusa	ON	OFF	Le paratoie nei pozzetti A1 e B1 sono chiuse ed entrambi gli sfioratori sono attivi. La portata massima derivata da A1 è pari a 15 l/s. La portata massima derivata da B1 è pari a 15 l/s.
-0.90 > z > -1.72	aperta	aperta	ON	OFF	La paratoia nel pozzetto A1 viene aperta. La paratoia B1 rimane chiusa.
-1.72 > z > -3.24	aperta	aperta	ON	ON	La paratoia nel pozzetto B1 viene aperta e si attiva la seconda pompa di svuotamento della vasca.

Tabella 1: Schema idraulico di funzionamento del sistema.

Questo sistema permette di sfruttare appieno la capacità della vasca, disconnettendo idraulicamente i due bacini in modo da poter invasare tutto il volume disponibile senza dar luogo a malfunzionamenti nella rete di monte.  
di monte.

### 3. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO DELLE OPERE

#### 3.1 Calcolo delle portate e dei volumi di progetto

##### 3.1.1 Definizione dei bacini drenati

La prima attività è consistita nel tracciamento dei confini dei diversi bacini e sottobacini serviti dalle condotte in progetto, sia con riferimento alle portate meteoriche che con riferimento alle portate nere.

In base alla mappatura della rete fognaria comunale fornita dal Committente sono state individuate le aree servite dalle condotte afferenti alle opere in progetto

I confini dei vari sottobacini sopraccitati sono indicati nella tavola *FVA 1001 "Corografia con indicazione dei bacini drenati"*.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche dei bacini individuati, quali la superficie complessiva, il tempo di corrivazione ed il coefficiente di afflusso:

Bacino	S [ha]	tc [min]	$\phi$ [-]
Via I° Maggio	3.78	20	0.40
Via del Moletto	3.40	18	0.40

Tabella 2: Caratteristiche dei bacini afferenti agli scolmatori esistenti

##### 3.1.2 Calcolo delle portate meteoriche

L'analisi idrologica per il calcolo delle portate di progetto è stata approfondita con l'utilizzo di modelli di regionalizzazione delle piogge. Questi modelli statistici vengono utilizzati per estendere la base di dati disponibile quando questa è troppo limitata per trarne analisi statistiche attendibili.

Per la determinazione del regime pluviometrico si è fatto riferimento ai risultati ricavati nell'ambito dello studio *"La valutazione delle piogge intense su base regionale"* (A. Brath, M. Franchini, 1998) di seguito descritto.

I modelli regionali VAPI si basano sull'ipotesi di esistenza di regioni compatte e idrologicamente omogenee all'interno delle quali le portate di colmo normalizzate rispetto ad una portata di riferimento – la portata indice – siano descrivibili da una stessa distribuzione di probabilità, denominata curva di crescita.

In particolare l'area in esame è stata suddivisa in 5 zone omogenee, ognuna delle quali ha diversi valori dei parametri della curva di crescita:

L'area in oggetto appartiene alla "zona omogenea D". Si assume per questo territorio  $m_1=20.00$  e  $m_G=35.82$ . Il parametro  $\gamma$ , infine, come dimostrato da numerosi studi, risulta poco variabile da sito a sito, e assume il valore di 0.89.

La Tabella 2 riporta i valori calcolati per i parametri a e n delle LSPP per i diversi tempi di ritorno di interesse.

Parametro a [mm/h]				Parametro n
T = 5 anni	T = 10 anni	T = 20 anni	T = 50 anni	[-]
24.85	30.12	35.93	44.44	0.22

Tabella 3: Valori dei parametri delle LSPP per diversi  $T_R$

Nel calcolo della portata di bacini con tempi di corrivazione inferiori all'ora (come nel caso in esame) è necessario far riferimento agli eventi meteorici di breve durata.

Pertanto è stato necessario, applicando una nota metodologia proposta in letteratura, estendere il campo di validità della curve di possibilità pluviometrica anche alle durate di pioggia inferiori all'ora partendo dalle serie storiche di dati disponibili che comprendono unicamente altezze di pioggia registrate per durate superiori all'ora.

In particolare, il sopraccitato metodo parte dall'osservazione che i rapporti  $r_\delta$  fra le altezze di pioggia di durata  $\delta$  inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località [Bell 1969]. Per le finalità del presente studio si è quindi ritenuto legittimo fare riferimento ai dati disponibili per il pluviografo di Milano Monviso dove, su un campione di 17 anni di osservazioni sono stati calcolati i rapporti  $r_\delta$  dei valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata  $h_\delta$ , rispetto al valor medio della massima altezza annua oraria  $h_1$ .

$\delta$ [min]	1	2	3	4	5	10	15	30	45	60
$r_{\delta} = h_{\delta}/h_1$	0.130	0.180	0.229	0.272	0.322	0.489	0.601	0.811	0.913	1.000

Tabella 4: Rapporto tra massime altezze di pioggia annue di diversa durata rispetto al valor medio della massima altezza annua oraria

Nel caso in esame, interpolando i valori in tabella si ottiene, per i due tempi di corrivazione di interesse, rispettivamente:

$r = 0.720$  per via I° Maggio;

$r = 0.684$  per via del Moletto.

Il calcolo della portata meteorica  $Q$  espressa in l/s afferente ai condotti è stato effettuato con la formula razionale:

$$Q = \frac{i \cdot \phi \cdot S}{3600}$$

In relazione ai due bacini individuati si ottengono quindi i seguenti valori della portata idrologica per un tempo di ritorno pari a 10 anni:

Bacino	h [mm]	i [mm/h]	Q [l/s]
Via I° Maggio	21.7	63.9	269
Via del Moletto	20.6	67.3	254

Tabella 5: Calcolo della portata idrologica

Sono state calcolati inoltre i valori di portata corrispondenti alla massima capacità delle condotte a monte dei pozzetti di derivazione, in base ai diametri ed alle pendenze rilevate durante le indagini sul campo.

Da tale calcolo risultano i seguenti valori per le condotte esaminate:

Bacino	DN [mm]	i [-]	Q [l/s]
Via I° Maggio	500	0.001	117
Via del Moletto - rete mista	450	0.003	153
Via del Moletto - rete nera	200	0.002	16
Via del Moletto - rete nera stabilimento	200	0.002	14

Tabella 6: Calcolo della massima capacità di portata

Nel dimensionamento idraulico si è fatto riferimento a questi ultimi valori, verificando allo stesso tempo che le condotte in progetto siano comunque compatibili anche con la portata calcolata idrologicamente, seppur con gradi di riempimento superiori al 70%.

### 3.1.3 Calcolo dei volumi di accumulo

Il metodo utilizzato si basa sul confronto tra la curva cumulata delle portate entranti e quella delle portate uscenti ipotizzando che sia trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi operata dal bacino e dalla rete drenante. In tali condizioni applicando uno ietogramma netto di pioggia a intensità costante il volume che affluisce alla vasca in funzione del tempo è dato da:

$$V_{affl}(t) = h(t) \cdot A \quad [m^3]$$

dove A è la superficie scolante impermeabile del bacino. L'altezza media di pioggia  $h(t)$  in funzione del tempo, è data da:

$$h(t) = \frac{a}{1000} \cdot t^n \quad [m/h]$$

Utilizzando un sollevamento per lo svuotamento della vasca si può considerare la portata in uscita costante, per cui il volume defluito in funzione del tempo risulta essere pari a:

$$V_{defl}(t) = q_{cost} \cdot t \quad [m^3]$$

il volume di laminazione in funzione del tempo è quindi dato dalla differenza tra il volume affluito e quello defluito ovvero da:

$$V(t) = V_{\text{affl}}(t) - V_{\text{defl}}(t) = h(t) \cdot A - q_{\text{cost}} \cdot t = A \cdot \frac{a}{1000} \cdot t^n - q_{\text{cost}} \cdot t \quad [\text{m}^3]$$

Per determinare la durata dell'evento meteorico che massimizza il volume da invasare, basta porre uguale a 0 la derivata, fatta in funzione del tempo, della funzione precedente ottenendo quindi:

$$A \cdot \frac{a \cdot n}{1000} \cdot t^{n-1} - q_{\text{cost}} = 0$$

che esplicitandola in funzione del tempo si ha:

$$t^* = \left( \frac{1000 \cdot q_{\text{cost}}}{A \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad [\text{ore}]$$

Il volume invasato è quindi dato dalla seguente equazione:

$$V_{\text{max}} = A \cdot \frac{a}{1000} \cdot (t^*)^n - q_{\text{cost}} \cdot t^*$$

In base a questo metodo risulta che il volume di accumulo necessario per far fronte ad eventi con tempo di ritorno di 10 anni è pari a 792 m<sup>3</sup>, approssimato a **800 m<sup>3</sup>**.

Per eventi con 50 anni di tempo di ritorno il volume necessario è pari invece a **1300 m<sup>3</sup>**.

### 3.1.4 Calcolo delle portate nere

Per il calcolo delle portate nere ci si è basati direttamente sui dati relativi ai consumi idrici all'interno dei bacini serviti dalle condotte in progetto, resi disponibili dal Committente.

Dai dati sui consumi idrici per l'intero bacino risulta che i consumi idrici complessiva dei due bacini in esame sono pari a 3.8 l/s.

La portata nera media ( $Q_{nm}$ ) e di punta ( $Q_p$ ) è stata calcolata di conseguenza, utilizzando i valori di letteratura per i principali coefficienti: 0.8 per il coefficiente di afflusso in fognatura e 1.5 per entrambi i coefficienti di punta, giornaliero ed orario. La portata nera diluita ( $Q_{nd}$ ), cioè il valore minimo da addurre a depurazione, è stato calcolato in base al Piano di Tutela delle Acque della regione Marche.

Le Norme tecniche di Attuazione, art. 43 comma 5, specificano che *“il rapporto minimo consentito tra la portata di punta in tempo di pioggia e la portata media in tempo di secco nelle 24 ore deve essere pari a 4. Tale rapporto può ridursi a 2.5 per l'ultimo sfioro in prossimità dell'impianto di depurazione.”*. Nel caso in esame quindi la portata minima da derivare dovrà essere pari a **4 volte la portata nera media di tempo secco**.

Si ottengono quindi i seguenti valori per il territorio servito complessivo, suddivisi poi tra i due bacini in base alla superficie del territorio servito.

Bacino	$Q_{nm}$ [l/s]	$Q_p$ [l/s]	$Q_{nd}$ [l/s]
Complessivo	3.1	6.9	12.2
Via I° Maggio	1.6	3.6	6.4
Via del Moletto	1.4	3.2	5.8

Tabella 7: Portata nera stimata

Si osserva comunque che il valore di dimensionamento per l'impianto di sollevamento è legato all'esigenza di svuotare in tempi rapidi la vasca di accumulo. Ci si è quindi basati sulla portata accettabile dalla rete di valle, assunta cautelativamente pari alla portata attualmente immessa dall'impianto di sollevamento "Annibale Caro": 40 l/s, notevolmente superiore ai valori sopra indicati.

### 3.2 Dimensionamento idraulico delle condotte a gravità

Il dimensionamento idraulico delle condotte è stato effettuato considerando la corrente in moto uniforme a superficie libera, utilizzando la formula di Chezy:



$$Q = k_s \cdot R \cdot A \sqrt{i \cdot L}$$

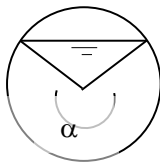
dove Q è la portata convogliata,  $k_s$  il coefficiente di scabrezza di Gauckler e Strickler, A l'area di deflusso, R il raggio idraulico ed i la pendenza della condotta.

I parametri utilizzati nel dimensionamento sono stati assunti pari a:

- $k_s$ : 90 m<sup>1/3</sup>/s-1
- rapporto massimo di riempimento h/D: 70%;

Le variabili A ed R sono dipendenti, oltre che dal diametro del tubo, dal rapporto di riempimento, secondo le formulazioni riportate di seguito:

$$A = \frac{B}{8} (\alpha \sin \alpha), \quad R = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right), \quad \text{dove } \alpha \text{ è l'angolo indicato in figura:}$$



In base ai criteri sopra descritti, ai vincoli dati dalle quote delle condotte interferenti ed alle pendenze disponibili del terreno, le condotte in progetto sono state così dimensionate:

Condotta	DN [mm]	i [-]
Via I° Maggio	500	0.008
Via del Moletto - acque miste	500	0.004
Via del Moletto - acque nere	315	0.004

Tabella 8: Caratteristiche delle condotte in progetto

L'andamento e le caratteristiche geometriche delle condotte sono illustrate nelle tavole FVA 3007 "Planimetrie di dettaglio e profilo longitudinale delle condotte".

### 3.3 Dimensionamento idraulico degli impianti di sollevamento

#### 3.3.1 Criteri generali

In progetto sono previsti due impianti di sollevamento:

- l'impianto per lo svuotamento della vasca di accumulo, con rilancio della portata nella camera di sollevamento adiacente;
- l'impianto di sollevamento finale, per l'invio della portata alla rete esistente attraverso la condotta di mandata in progetto.

Il dimensionamento idraulico delle stazioni di sollevamento è stato effettuato in base ai criteri che verranno descritti nel seguito.

La prevalenza totale  $\Delta H_{tot}$  viene calcolata in base al dislivello geodetico da superare ed alle perdite di carico in condotta. Il dimensionamento dell'impianto di sollevamento è quindi strettamente legato alla scelta della condotta premente. Una volta definito il diametro, è possibile calcolare la prevalenza necessaria per le pompe come somma del dislivello geodetico ( $\Delta H_{geo}$ ) e delle perdite di carico distribuite e concentrate lungo il tratto in pressione ( $\Delta H_d + \Delta H_c$ ).

Il dislivello geodetico è stato calcolato come differenza di quota tra il livello nella cameretta di arrivo della condotta in pressione ( $Z_{out}$ ) ed il livello idrico minimo nella stazione di sollevamento ( $Z_{in}$ ), pari al fondo della vasca maggiorato del livello di sommersione della pompa.

Per il calcolo delle perdite di carico sono state considerate perdite distribuite pari a  $\Delta H_d = J \cdot L$ , dove  $L$  [m] è la lunghezza della condotta premente e  $J$  la cadente piezometrica, che per le condotte circolari può essere calcolata con la formula di Gauckler-Strikler:

$$J = \beta \frac{Q^2}{D^5}, \quad \beta = \frac{10.3}{k_s^2 \cdot D^{1/3}}$$

Le perdite di carico concentrate ( $\Delta H_c$ ) sono generalmente localizzate in corrispondenza del tratto iniziale all'interno della cameretta (a causa di curve, saracinesche, valvole di non ritorno, ecc.).

Sono determinate nella forma:

$$\Delta H_c = k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dove  $v$  è la velocità nella condotta,  $g$  l'accelerazione di gravità e  $k$  un coefficiente che tiene conto del numero e della tipologia degli elementi che inducono perdite di carico concentrate.

Il volume minimo delle vasche di carico dei due impianti è stato calcolato in modo da limitare a 20 il numero massimo di avviamenti orari delle macchine, in funzione della geometria della vasca e dei livelli di attacco e stacco delle pompe. In base al volume utile minimo richiesto ed alla geometria delle vasche di carico è stato definito il dislivello necessario tra la quota di attacco e la quota di stacco.

Negli impianti verrà installata una pompa di "riserva", anche se verrà utilizzato un dispositivo di "rotazione ciclica" al fine di evitare alle macchine periodi di non utilizzo eccessivamente lunghi che potrebbero risultare nocivi.

### 3.3.2 Impianto di sollevamento S1 adiacente alla vasca

L'impianto di sollevamento S1 è stato dimensionato per una portata massima di 40 l/s, pari a quella attualmente sollevata dall'impianto "Annibale Caro" da dismettere. L'impianto di sollevamento S1 riceve le acque provenienti dalla condotta B' di sole acque nere proveniente da via del Moletto e la portata di svuotamento della vasca, tramite l'impianto S2 posto all'interno costituito da due pompe in parallelo ognuna con portata di 15 l/s.

Inoltre, alla chiusura della paratoia di disconnessione tra vasca e condotta B, le acque nere diluite provenienti da tale condotta si immettono direttamente nel sollevamento S1 senza passare dalla vasca di accumulo.

La portata massima in arrivo dalla condotta B alla chiusura della paratoia è pari a 15 l/s grazie al regolatore di portata posto nel pozzetto partitore. Nel momento in

cui la paratoia di disconnessione tra condotta B e vasca si chiude e la portata di 15 l/s si immette direttamente nell'impianto di sollevamento S1, una delle due pompe di svuotamento della vasca si arresta per mantenere invariata la portata in ingresso.

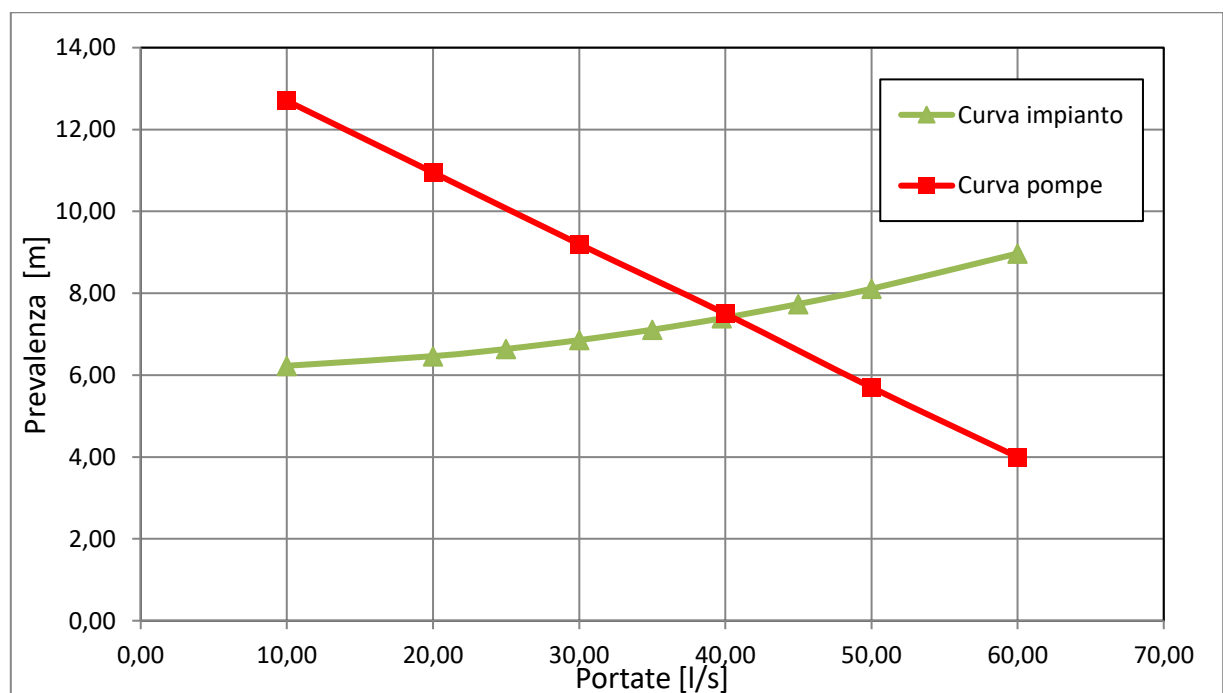
Il volume utile necessario per il corretto funzionamento dell'impianto è di 1.80 mc. Considerate le dimensioni dell'impianto, questo impone un'altezza utile minima di 0.24 m tra livello di attacco e livello di stacco delle pompe.

Ai fini dei calcoli di dimensionamento, le caratteristiche dell'impianto e delle condotte sono le seguenti:

Impianto	Q [l/s]	Z <sub>in</sub> [m slm]	Z <sub>out</sub> [m slm]	L [m]	DN [mm]	K [-]
Soll. finale S1	40 l/s	-1.80	+4.65	99	200	6,35

Tabella 9: Parametri di dimensionamento dell'impianto di sollevamento S1

Di seguito si illustra il dimensionamento dell'impianto effettuato in base ad una possibile curva caratteristica per pompe adeguate alla portata da sollevare. Il dimensionamento andrà evidentemente verificato in base alle apparecchiature effettivamente fornite.



Il punto di funzionamento dell'impianto risulta essere  $Q = 39 \text{ l/s}$ ,  $H = 7.5 \text{ m}$ . La corrispondente velocità nella condotta di mandata è pari a  $1.1 \text{ m/s}$ .

### 3.3.3 Impianto di sollevamento S2 di svuotamento della vasca di accumulo

L'impianto di sollevamento S2 è stato dimensionato per una portata massima di  $30 \text{ l/s}$ . Questo valore è compatibile con la portata di progetto dell'impianto S1, nel quale si immette, lasciando un margine più che cautelativo per tenere conto della portata proveniente dalla condotta B' di acque nere, che si immette direttamente nell'impianto S1.

L'impianto S2 in tempo di asciutta riceve le sole acque nere provenienti dai due scolmatori.

In questa condizione si attiva una sola pompa, con livello di attacco pari a  $-3.16 \text{ m slm}$ . Questo valore è decisamente inferiore alla quota di  $-2.76 \text{ m slm}$  del fondo della vasca vera e propria, per cui in tempo asciutto le acque reflue si mantengono all'interno della camera di carico dell'impianto di sollevamento, senza sporcare il resto della vasca.

Quando, nel corso di eventi meteorici, le portate in ingresso aumentano, i livelli si innalzano e ha inizio il riempimento della vasca.

Le pompe continuano a funzionare in modo da garantire l'invio della portata nera diluita all'impianto di depurazione.

Il sistema di gestione dell'impianto prevede il funzionamento di 2 pompe, per una portata complessiva di  $30 \text{ l/s}$ , finché entrambi gli scolmatori A1 e B1 recapitano direttamente nella vasca (quindi fino al raggiungimento del livello  $-1.52 \text{ m slm}$ ). Per livelli in vasca superiori si chiude la paratoia tra la condotta B e la vasca e le acque nere diluite provenienti da via del Moletto si immettono direttamente nell'impianto di sollevamento S1; di conseguenza una delle due pompe si arresta e la portata si riduce a  $15 \text{ l/s}$ .

Ad evento terminato il sollevamento S2 consente lo svuotamento della vasca di accumulo.

Il tempo di svuotamento complessivo, considerando la vasca a pieno riempimento, è pari a circa  $24 \text{ h}$  a partire dal termine dell'evento meteorico.

Infine, una volta svuotata la vasca, le pompe ricevono le acque di lavaggio della vasca, provenienti dalle camere di flussaggio. Per garantire l'efficacia del lavaggio il volume di lavaggio di ogni pista deve poter essere interamente contenuto nella camera di carico dell'impianto. In questo caso, ciascuna delle camere di flussaggio ha un volume di accumulo di 14 mc; considerando che l'altezza disponibile è pari a 0.5 m, questo ha richiesto una camera di raccolta di 6.5 m di larghezza (pari alla larghezza della prima pista) e di 5 m di lunghezza.

Un requisito di funzionamento è il mantenimento della portata massima di 30 l/s (15 l/s per ciascuna delle due pompe) al variare dei livelli in vasca dalla quota minima di -3.26 m slm fino al livello massimo di -0.60 m. slm.

L'impianto di sollevamento prevede quindi l'utilizzo di pompe con avviamento ad inverter, collegate ad un misuratore di livello ad ultrasuoni, in modo da garantire il requisito di portata costante.

La massima quota della condotta di scarico è stata posta a -0.50 m slm per garantire sempre una prevalenza positiva all'impianto.

Impianto	Q [l/s]	Z <sub>in</sub> [m slm]	Z <sub>out</sub> [m slm]	L [m]	DN [mm]	K [-]
Soll. vasca S2	30 l/s	-3.26	-0.50	3	160	6,35

Tabella 10: Parametri di dimensionamento dell'impianto di sollevamento S2