

# SISTEMA DI TRASPORTO PUBBLICO DI TIPO FILOVIARIO

GARA D'APPALTO PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA,  
L'ESECUZIONE DEI LAVORI E LA FORNITURA DEI VEICOLI

OFFERTA TECNICA  
B2 - PROGETTO DEFINITIVO



PROGETTO:

DEPOSITO  
PROGETTO ARCHITETTONICO  
Reti tecnologiche - Acque nere  
Relazione idraulica

CONCORRENTE  
ATI:

**SOVECO**  
COSTRUZIONI SPA

**CONSORZIO COOPERATIVE COSTRUZIONI**  
CCC  
Società cooperativa  
(MANDATARIA/CAPOGRUPPO)

**ALPIQ**  
Alpiq InTec Verona S.p.A.

**MAZZI**  
Impresa Generale Costruzioni  
S.p.A.

**Balfour Beatty**  
Rail

**APTS**  
Advanced Public  
Transport Systems bv

|             |                       |
|-------------|-----------------------|
| SCALA       | -                     |
| RIF. N°     | PDD0104RTO1A.doc      |
| ALLEGATO N° | <b>PD 00104 RTO1A</b> |

PROGETTAZIONE  
COSTITUENDO R.T.P.:



(MANDATARIA/CAPOGRUPPO)

DIRETTORE TECNICO

Dott. Ing. Massimo Raccosta



DIRETTORE TECNICO

Dott. Arch. Valentina Butterini

| REV. | DATA      | DESCRIZIONE | ELABORAZIONE | REDATTO | VISTO  | APPROVATO |
|------|-----------|-------------|--------------|---------|--------|-----------|
|      |           |             |              |         |        |           |
| A    | Dic. 2010 | Emissione   | Girpa        | Buttura | Panzan | Butterini |

Il presente documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato, in tutto o in parte, senza il consenso scritto. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguito a norma di legge.  
This document may not be copied, reproduced or published, either in part or entirely, without the written permission. Unauthorized use will be prosecuted by law.

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUZIONE .....</b>                                                    | <b>2</b>  |
| <b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>                                            | <b>2</b>  |
| MATERIALI FOGNATURA.....                                                        | 3         |
| <b>3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....</b>                                     | <b>4</b>  |
| <b>4. CALCOLO DELLA PORTATA NERA .....</b>                                      | <b>5</b>  |
| 4.1. DEPOSITO DI PROGETTO .....                                                 | 5         |
| 4.2. FUTURO AMPLIAMENTO .....                                                   | 6         |
| 4.3. DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE NERE .....         | 6         |
| 4.4. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO.....                         | 8         |
| 4.4.1. Criterio di dimensionamento della vasca di accumulo .....                | 8         |
| 4.4.2. Criteri generali di dimensionamento degli impianti di sollevamento ..... | 9         |
| 4.4.3. Dimensionamento dell'impianto di sollevamento .....                      | 11        |
| <b>5. CONCLUSIONI .....</b>                                                     | <b>13</b> |

## **1. INTRODUZIONE**

Nell'ambito della progettazione del sistema di trasporto pubblico di tipo filoviario, si rende necessaria la realizzazione di opere di urbanizzazione primaria e secondaria a servizio del polo logistico situato nel Comune di Verona. Per quanto riguarda il corretto dimensionamento delle opere per la raccolta e lo smaltimento delle acque reflue viene individuato il migliore assetto da assegnare al sistema rispetto al recapito finale tenendo conto:

- o dei vincoli dettati dalle normative vigenti;
- o dei vincoli dettati dalle prescrizioni degli Enti competenti;
- o dall'analisi delle sensibilità del sistema (fascia delle risorgive, particolari aree di ricarica degli acquiferi, aree di salvaguardia di captazioni idropotabili, vocazione ittica);
- o della situazione morfologica ed idraulica dell'area;
- o della portata utilizzata all'interno del lotto da convogliare alla fognatura nera.

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

- Circolare Min. LL.PP. n.11633 del 7.01.1974, "Istruzioni per la compilazione degli elaborati dei progetti di fognature";
- Disposizioni del Ministero dei LL.PP. 4 febbraio 1977 - Criteri metodologie e norme tecniche generali di cui all'art. 2, lettere b), d), e) della legge 10.05.76 , n. 319 recante norme per la tutela delle acque dall'inquinamento;
- Circolare Comitato dei Ministri per la tutela delle acque dall'inquinamento G.U. n.48 del 21.02.1977, "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento";
- D.M. 12.12.1985, "Norme tecniche relative alle tubazioni";
- Circolare Min. LL.PP. n.27291 del 20.03.1986, "Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni (Decreto Min. LL.PP. 12.12.85)";
- D.P.C.M. 4 marzo 1996 – Disposizioni in materia di risorse idriche;
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 – Riordino coordinamento e integrazione norme in materia ambientale e s.m.i;
- Legge n°267 del 3 agosto 1998;
- Direttiva Presidenza del Consiglio dei Ministri 3 marzo 1999 – Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici (Direttiva PUGSS);
- Normativa ATV 127 1979;
- prEN 13476-1 – "Connessioni di scarico";
- UNI EN 1610 – "Pratiche per l'installazione interrata";
- ENV 1046;

- Regolamento del servizio fognatura e depurazione nell'A.T.O. Veronese giugno 2007.

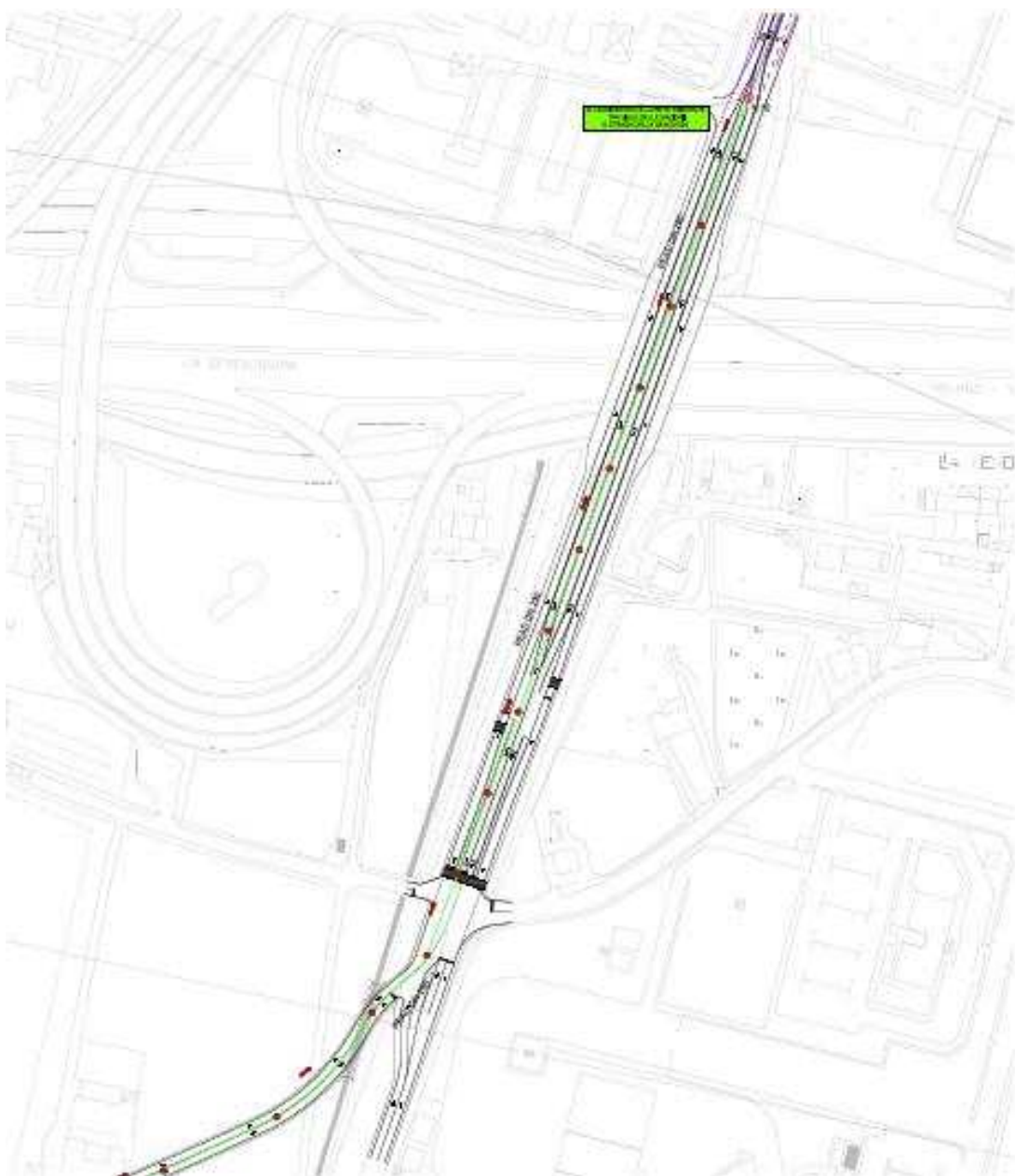
### **Materiali fognatura**

- UNI EN 1401-1 (PVC);
- UNI EN 681-1 (Guarnizioni Elastomeriche);
- UNI EN 124 (Chiusini);
- UNI 12201 (PEAD in pressione);
- UNI EN 1074 (saracinesche in ghisa grigia);
- UNI EN 1092 (flange in acciaio);
- UNI EN 13244 (tubazioni in PE per fognature in pressione);
- UNI EN 13244 (tubazioni in PE per fognature in pressione);
- DIN 4034 (Pozzetti in calcestruzzo semplice).

### 3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto di realizzazione del deposito filo-tramviario, prevede di raccogliere le acque reflue con una rete di tipo separato.

Le acque nere, cioè quelle provenienti dagli scarichi delle utenze civili, saranno raccolte con una rete apposita di tipo a gravità che le colleterà ad una vasca di accumulo situata lungo il confine Nord-Est del lotto. Dalla vasca di raccolta le portate reflue saranno spinte, attraverso un tratto di condotta in pressione, alla rete esistente in viale delle Nazioni come sotto riportato.



**Fig. 3.1 – Recapito della rete di fognatura nera alla rete esistente**

#### 4. CALCOLO DELLA PORTATA NERA

##### 4.1. DEPOSITO DI PROGETTO

Per il dimensionamento della rete fognaria nera, si è fatto riferimento alla portata pari alla dotazione idrica, che tiene conto del fabbisogno complessivo d'acqua per tutti gli usi compresi sprechi e perdite, considerando la specificità della lottizzazione destinata ad ospitare un ricovero mezzi di trasporto, uffici, magazzini ed infrastrutture per il deposito e la manutenzione dei filobus.

I fabbisogni idrici di utenze di tipo industriale (logistico) sono relativi alla richiesta d'acqua da parte degli addetti (uso domestico) e alla risorsa impiegata per il lavaggio quotidiano dei mezzi.

Per la stima della dotazione idrica si è considerato che il consumo medio giornaliero sia legato al numero di ore lavorative degli addetti impiegati ed alla specificità di mansione.

Essendo un insediamento di tipo produttivo, secondo tali considerazioni e le peculiarità delle attività previste, è stata valutata idonea una dotazione idrica pari a 60 l/g per addetto impiegato.

A seguito di indagini di mercato e per quanto verificabili in strutture analoghe a quelle possibili insidiabili, nell'area lottizzata abbiamo stimato un indice previsionale di addetti alla logistica pari a 0.008/mq di superficie coperta, pari a 8 addetti ogni 1'000 mq di superficie coperta.

Nel caso degli uffici amministrativo/commerciale abbiamo stimato un indice previsionale di 1 addetto ogni 90 mc di volume destinato ad uffici.

|                      | [mc]  | [mq]                     | N° addetti |
|----------------------|-------|--------------------------|------------|
| Uffici               | 30075 |                          | 334        |
| Uso logistico        |       | 8139                     | 65         |
| Uso logistico futuro |       | 9660                     | 77         |
|                      |       | Totale personale addetto | 477        |

Il numero di utilizzatori della fognatura in progetto è quindi previsto in 477 potenziali utenti.

A questa richiesta idrica si aggiunge il contributo dovuto alla presenza, all'interno dell'aria di deposito, di un tunnel di lavaggio, la cui portata in fognatura è stata calcolata considerando una dotazione idrica di 500 l per ogni lavaggio e 40 mezzi che vengono puliti ogni giorno.

Non tutta l'acqua erogata dall'acquedotto giunge alla fognatura, poiché una parte di essa si disperde per evaporazione ed infiltrazione. Tali perdite possono essere valutate nell'ordine del 20% dell'acqua erogata. Pertanto la portata media annua (in l/s) è stata valutata nel seguente modo:

$$Q_a = \frac{(1-e) \cdot d \cdot P}{86400} = 0.45 \text{ l/s}$$

dove:  $Q_a$  = portata media annua di deflusso in fognatura (l/s)  
 $P$  = numero di addetti serviti  
 $d$  = 80 l/g dotazione idrica per abitante  
 $e$  = 0.2 coefficiente di efflusso alla fognatura

Il coefficiente di punta orario  $C_p$  pari al rapporto tra la portata massima oraria e la portata media annua è stato valutato con la formulazione di Giffit ed è pari a:

$$C_p = \frac{5}{P^{\frac{1}{6}}} = 7.02$$

Quindi i valori di portata risultano:

$Q_a = 0.45 \text{ l/s}$ , portata media annua di deflusso in fognatura  
 $Q_n = 3.14 \text{ l/s}$ , portata massima oraria, con  $C_p = 7.02$ .

#### **4.2. FUTURO AMPLIAMENTO**

Come si può notare dal paragrafo precedente, nel calcolo della dotazione idrica per l'acquedotto e per il dimensionamento della fognatura nera, si è previsto un futuro ampliamento delle strutture all'interno dell'area di deposito. Nel progetto è stata considerata la realizzazione di un'altra area ad utilizzo logistico, con una superficie di 9660 mq, per la quale sono stati previsti gli attacchi alle reti che si andranno a realizzare con questa prima fase di progetto.

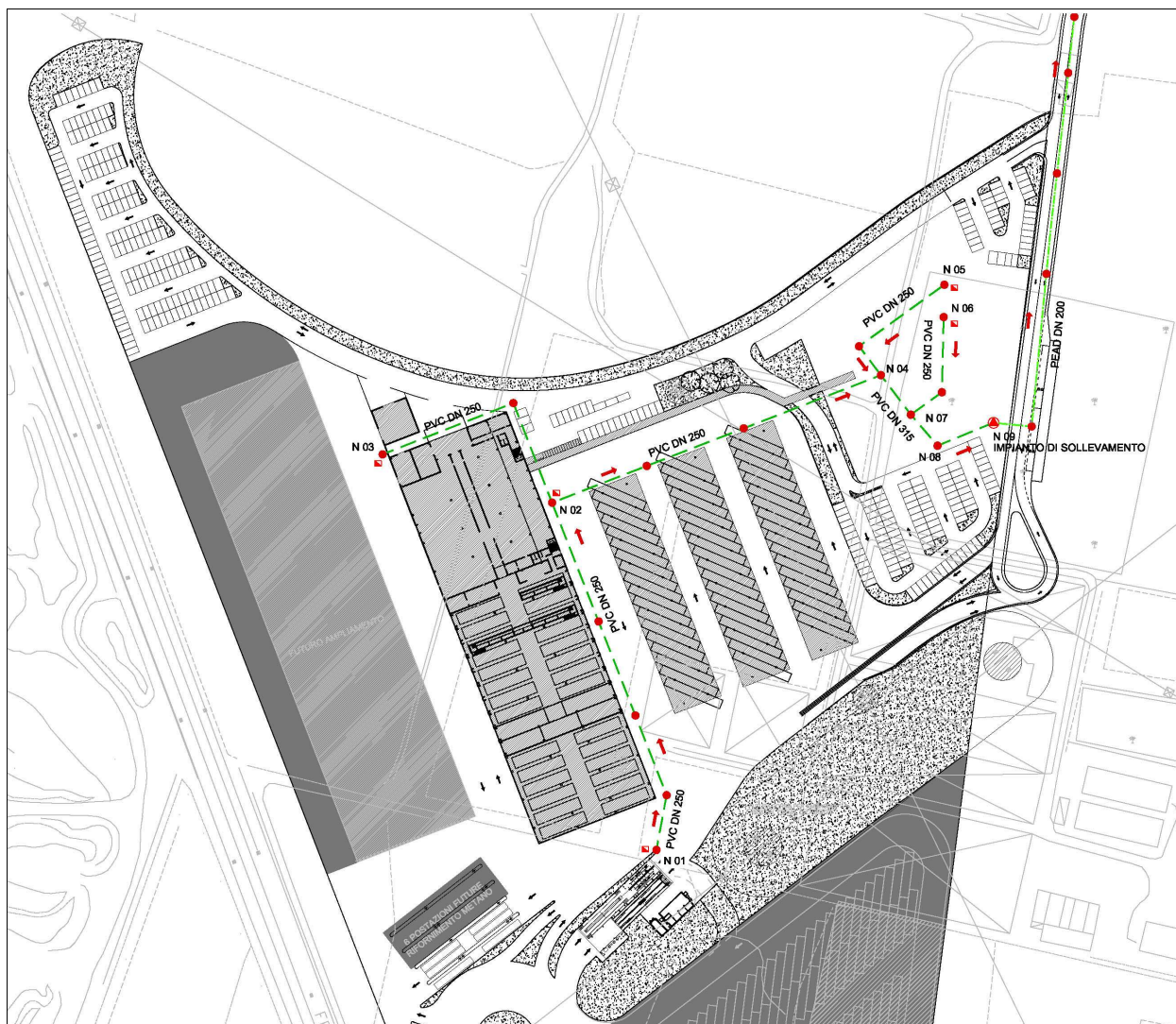
#### **4.3. DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE DI DRENAGGIO DELLE ACQUE NERE**

Il progetto prevede la realizzazione di nuove condotte per la fognatura nera, mediante tubazioni in PVC-U rigido, con classe di rigidità anulare SN8 kN/m<sup>2</sup>. Questa classe di rigidità è stata ritenuta sufficiente per sostenere i carichi che interessano la rete stradale interferita dalla nuova rete fognaria.

Le livellette di progetto sono state tracciate in modo da:

- o Permettere futuri ampliamenti della rete;
- o Minimizzare le interferenze con le altre reti;
- o Evitare per quanto possibile fenomeni di intasamento e conseguenti fenomeni di produzione di composti gassosi idrogenati maleodoranti e corrosivi con seri inconvenienti quali fuoriuscita di odori molesti.

La rete fognaria deve garantire inoltre la capacità di collettare in ogni condizione di deflusso, oltre ai reflui liquidi anche il loro contenuto solido, e deve assicurare buone condizioni di aerazione dei liquami onde evitare l'instaurarsi di processi anaerobici che potrebbero provocare la formazione di gas molesti e corrosivi.



**Fig. 3.1 – Schema della rete di fognatura nera all'interno del deposito**

La verifica idraulica delle tubazioni è stata effettuata con la classica formula di moto uniforme utilizzando il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler, posto pari a  $85 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

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

dove:

$Q$  = portata di progetto [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];

$A$  = sezione idraulica bagnata [ $\text{m}^2$ ];

$K_s$  = scabrezza di Gauckler-Strickler [ $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ];

$R$  = raggio idraulico [ $\text{m}$ ];

$i$  = pendenza di fondo [ $\text{m}/\text{m}$ ].

La verifica delle tubazioni consiste nel controllo del rispetto delle condizioni dettate dalle "Istruzioni per la progettazione delle fognature", emanate dal Ministero LL.PP. mediante la Circolare n° 11633 del 07/01/1974:

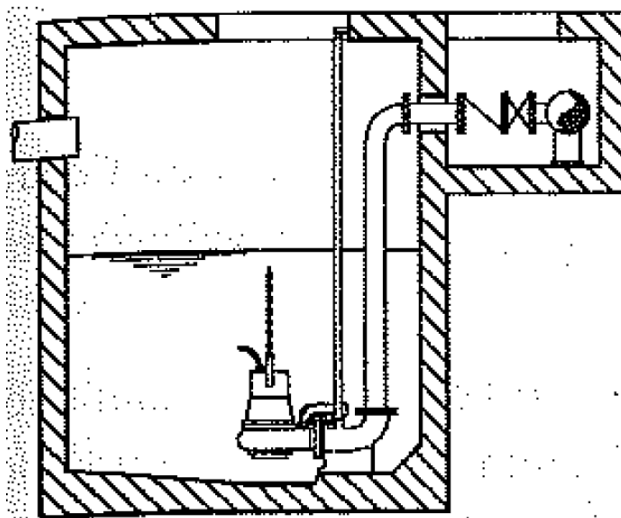
- $A_{rid} / A_c < 0.70$  il grado di riempimento delle condotte deve essere tale che il rapporto tra la sezione bagnata e la sezione piena della condotta sia minore di 0.70; si è considerato un valore così basso in quanto tali condotte con il tempo e durante gli eventi di minore intensità possono essere soggette a fenomeni di depositi di inerti.
- La velocità relativa alle portate medie non dovrà di norma essere inferiore ai 50 cm/s. Quando ciò non si potesse realizzare dovranno essere interposti in rete adeguati sistemi di lavaggio.
- La velocità relativa alle portate di punta non dovrà di norma essere superiore ai 4 m/s.

Le tubazioni che così dimensionate risultano avere un diametro di 250 mm, eccetto l'ultimo tratto che convoglia i reflui all'impianto di sollevamento che risulta avere un diametro di 315 mm, come si può vedere dall'immagine sottostante.

#### 4.4. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

##### 4.4.1. Criterio di dimensionamento della vasca di accumulo

La vasca di accumulo sarà collocata a nella zona nord-est del lotto nei pressi dei parcheggi dipendenti. Lo schema dell'impianto nel suo complesso può essere schematizzato con la figura seguente (SISTEMI DI FOGNATURA, Manuale di progettazione, HOEPLI):



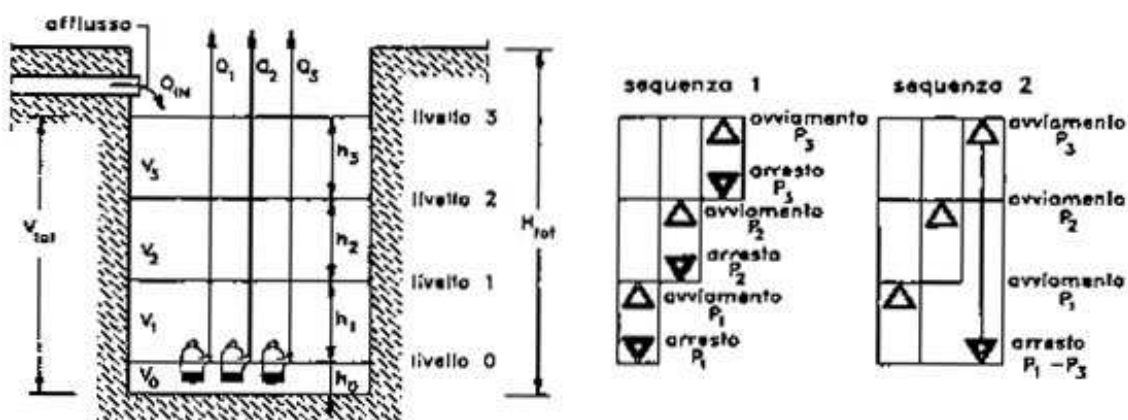
All'interno della vasca saranno installati tutti i dispositivi e sensori atti a individuare e segnalare eventuali anomalie nel normale funzionamento dell'impianto.

#### 4.4.2. Criteri generali di dimensionamento degli impianti di sollevamento

Durante l'avviamento il motore elettrico delle pompe di un impianto di sollevamento può essere caratterizzato da una coppia non molto grande e da un assorbimento di corrente notevolmente elevato. Per questo motivo, per garantire una lunga durata delle parti motrici è necessario che le pompe operino con un adeguato intervallo di tempo tra un avviamento ed il successivo, dando modo agli avvolgimenti di dissipare il calore prodotto dalla corrente di spunto. Tale risultato si ottiene non solo costruendo le pompe seguendo particolari accorgimenti, ma anche dimensionando correttamente le vasche di accumulo. Per le macchine in commercio il numero di avviamenti/ora varia normalmente tra 12 e 4 in dipendenza dal tipo di pompa e dalla sua potenza, in particolare all'aumentare della potenza il numero di attacchi deve diminuire. Nelle stazioni equipaggiate con più pompe sono possibili due sequenze di attacco-stacco:

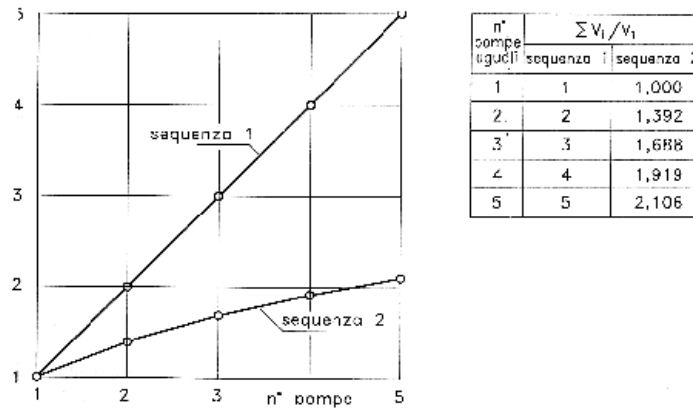
1. Sequenza 1: prevede l'attacco di ogni pompa quando il livello dell'acqua raggiunge nella vasca una prefissata quota e il suo stacco quando il livello scenda fino a quello per il quale è previsto l'avviamento della pompa che opera al livello inferiore;
2. Sequenza 2: prevede ancora l'attacco di ogni pompa ad un prefissato livello, ma lo stacco avviene per tutte le pompe una volta che il livello sia disceso fino al minimo previsto nella vasca di raccolta.

Le due sequenze di funzionamento sono rappresentate graficamente nella figura sottostante (da "Fognature", Da Deppo-Datei, Seconda Edizione).



Per non appesantire al di là del necessario la trattazione, ci si limita a riportare le relazioni che consentono di fissare i volumi nel caso di un impianto con un numero di qualsivoglia pompe uguali, con entrambe le combinazioni per dare anche il dato di potenzialità dell'impianto qualora si decidesse a parità di volume di utilizzare la sequenza 2.

Nella figura seguente sono riportati, in maniera adimensionale, i volumi richiesti con la sequenza 1 e 2 per un numero di pompe uguali variabile da 1 a 5 (da "Fognature", Da Deppo-Datei, Seconda Edizione).



Sull'asse delle ordinate è riportato il valore del rapporto

$$\sum_{i=1}^k V_i/V_1$$

Dove:

$V_1$  definito come segue

$$V_1 = t_{c1} \cdot \frac{Q_1}{4}$$

è il volume d'invaso (o utile) afferente alla prima pompa che attacca con tempo di ciclo  $T_{c1}$  con una portata sollevata  $Q_1$ .

$V_i$  è invece il volume di invaso (o utile) afferente alla i-esima pompa.

Una volta definito il numero di pompe che si intendono installare, utilizzando l'abaco, il calcolo del volume da assegnare alla vasca di accumulo e locale pompe è immediato, Infatti tale volume sarà pari a:

$$V_{TOT} = \frac{\sum V_i}{V_1} \cdot V_1$$

Si ricorda che l'impianto di sollevamento nel suo complesso deve comprendere una pompa di riserva di caratteristiche analoghe a quella più potente.

Al momento della scelta delle pompe per il dimensionamento della stazione di sollevamento, la portata non è l'unico parametro che si deve tenere in considerazione, infatti risulta di massima importanza anche la prevalenza che una determinata macchina deve avere.

È noto che la prevalenza  $H$  è definita dalla somma di due termini:

$$H = \Delta H_{geo} + \Delta H_f$$

dove:

$\Delta H_{geo}$  è il dislivello geodetico, ossia il livello compreso tra la quota minima cui si trova l'acqua da sollevare e la quota massima che deve raggiungere l'acqua;

$\Delta H_f$  sono le perdite di carico, divise in perdite di carico continue e localizzate.

Il dislivello geodetico è dato dalla geometria del problema, mentre le perdite di carico si possono calcolare con le seguenti relazioni.

Per le perdite di carico continue si possono usare una delle numerose formule presenti in letteratura, ad esempio la formula di Colebrook :

$$\Delta H_{fC} = J \cdot L = (\beta_C \cdot Q^2 \cdot D^{-5}) \cdot L$$

dove :

$L$  = lunghezza totale della tubazione

$\beta_C$  = valore tabulato della scabrezza della tubazione secondo Colebrook

$Q$  = portata sollevata dalla pompa

$D$  = diametro della tubazione

Le perdite localizzate si possono invece esprimere con la seguente relazione:

$$\Delta H_{fL} = K \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dove:

$K$  = coefficiente numerico di perdita di carico

$v$  = velocità dell'acqua nella condotta

Nella tabella sottostante vengono riportati alcuni coefficienti utilizzati per stima di queste perdite.

| Installazione      | Valore di K |
|--------------------|-------------|
| curva 90°          | 0.80        |
| curva 30°          | 0.50        |
| curva 45°          | 0.50        |
| piede acc.         | 0.30        |
| saracinesca        | 0.15        |
| innesco a T        | 0.60        |
| valvola di ritegno | 0.30        |
| sbocco             | 1.00        |

#### 4.4.3. Dimensionamento dell'impianto di sollevamento

All'interno della vasca di sollevamento oltre alla portata delle acque nere viene convogliata l'acqua sollevata dall'impianto di prima pioggia. Si è stimato che l'impianto dovrà essere in grado di evacuare una portata totale di 5,14 l/s che verrà scaricata alla vasca di sollevamento e successivamente convogliata al collettore comunale di viale delle Nazioni. Vista la portata non eccessiva si è pensato di installare una sola

pompa più una identica di riserva, usate in modo alternato per evitare una eccessiva usura di uno dei due dispositivi. Il tempo di ciclo viene fissato pari a 10 min.

In questa fase vista l'incertezza dei dati sulla portata si è deciso di dimensionare l'impianto con la sequenza 1 che garantisce in maniera cautelativa un maggiore volume della vasca, rispetto al dimensionamento con la sequenza 2. Nella tabella seguente sono riassunti i valori utilizzati per il dimensionamento della vasca.

## SOLLEVAMENTO

### DATI

#### Portata sollevata

$Q_u =$  5 l/s

#### Tempo di ciclo

$t_c =$  10 min

#### N°pompe

$N =$  1

#### Sequenza di avviamento

$n =$  1

#### Volume utile pompa n°1

$V_{1u} =$  1 m<sup>3</sup>

#### Volume utile complessivo

$V_u =$  1 m<sup>3</sup>

#### Volume di riserva

$V_r =$  0 m<sup>3</sup>

#### Volume complessivo

$V_u =$  1 m<sup>3</sup>

#### Dimensioni interne della vasca

$l =$  2 m

$b =$  2 m

$h_1(*) =$  0.2 m

(\*) franco fra attacco e  
stacco

#### Altezza utile interna

$h =$  0.22 m

#### Prevalenza

$H =$  15 m

#### Rendimento

$\eta =$  60%

#### Potenza istallata

$P =$  1 kW      potenza  
installata

Una volta assegnato tempo di ciclo e numero di pompe non resta che decidere la larghezza (b) e lunghezza (l) della vasca di accumulo. Ovviamente questi valori devono tener conto degli ingombri delle pompe e dello spazio necessario all'operatore che deve occuparsi della manutenzione. Si ritiene quindi che le misure minime necessarie siano una larghezza di 2 m ed una lunghezza di 2 m. Come si può vedere dalla tabella, con questi valori l'altezza utile all'interro della vasca (h) si attesta sui 0,22 m. Tale valore è decisamente troppo piccolo, quindi si è deciso di fissare la distanza tra attacco e stacco a 0,5 m.

## **5. CONCLUSIONI**

Il progetto prevede la realizzazione della rete di smaltimento delle acque nere derivanti dalle utenze future dell'area di deposito.

La rete principale di fognatura nera è ubicata nel tratto stradale a nord del lotto. Le varie tratte che la compongono sono compatibili con la realizzazione del futuro ampliamento interno.

Analizzando l'andamento delle portate reflue si è verificato una scarsa velocità del flusso ( $V < 0.5\text{m/s}$ ) che non permette l'autopulitura delle condotte, per questo verranno installati pozzetti di cacciata nei punti di partenza delle tratte fognarie. La portata di picco orario calcolata al recapito finale della rete è pari a 3.14 l/s.

Il punto di scarico dei tratti fognari a gravità è costituito da una vasca di sollevamento situata a nord-est del lotto, alla quale confluisce anche l'acqua in uscita dalla vasca di prima pioggia. La vasca di sollevamento sarà fornita di un impianto costituito da due elettropompe sommerse (tipo Flygt C 3057) funzionanti singolarmente in maniera alternata o contemporaneamente nel caso di apporti idrici eccezionali.

Il punto di recapito finale della fognatura in pressione proveniente dalla vasca di sollevamento (tubo in PE100 DN200) è rappresentato da un nuovo pozzetto di linea sulla fognatura nera esistente in viale delle Nazioni.

Il progetto è stato realizzato nel rispetto della normativa vigente, nazionale e regionale.