

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:

OPERE STRADALI

OPERE D'ARTE

Sottopasso Via Città di Nimes - Rete acque grigie

Relazione

CONCORRENTE

ATI:

SOVECO
COSTRUZIONI SPA

CONSORZIO COOPERATIVE COSTRUZIONI
CCC

Società cooperativa
(MANDATARIA/CAPOGRUPPO)

APTS
Advanced Public
Transport Systems bv

ALPIQ
Alpiq InTec Verona S.p.A.

MAZZI
Impresa Generale Costruzioni
S.p.A.

Balfour Beatty
Rail

SCALA	-
RIF. N°	PD-B0201-RS04-A.dwg
ALLEGATO N°	PD B0201 RS04A

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.

1. INTRODUZIONE	2
2. PLUVIOMETRIA	2
2.1. ELABORAZIONE DEI DATI PLUVIOMETRICI	2
2.2. DATI PLUVIOMETRICI.....	3
2.3. ANALISI STATISTICA.....	4
3. CARATTERISTICHE DELLA RETE DELLE ACQUE METEORICHE	5
3.1. GENERALITÀ.....	5
3.2. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DELLE ACQUE METEORICHE.....	5
3.3. SISTEMA DI DISPERSIONE.....	6
3.3.1. <i>Infiltrazione da pozzi</i>	7
3.4. DIMENSIONAMENTO DELLA STAZIONE SOLLEVAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE	8
3.4.1. <i>Criterio di dimensionamento della vasca di accumulo</i>	8
3.4.2. <i>Criteri generali di dimensionamento degli impianti di sollevamento</i>	9
3.4.3. <i>Dimensionamento dell'impianto di sollevamento</i>	12

1. INTRODUZIONE

Per quanto riguarda il corretto dimensionamento delle opere per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche viene individuato il migliore assetto da assegnare al sistema rispetto al recapito finale tenendo conto:

- o della sollecitazione meteorica di progetto;
- o dei vincoli dettati dalle normative vigenti;
- o dei vincoli dettati dalle prescrizioni degli Enti competenti;
- o della funzionalità del sistema di trattamento delle acque;
- o della situazione morfologica ed idraulica dell'area.

2. PLUVIOMETRIA

2.1. Elaborazione dei dati pluviometrici

La valutazione delle portate che la rete di drenaggio deve essere in grado di convogliare e smaltire è stata effettuata con opportuni metodi di trasformazione afflussi-deflussi, che consentono di associare ad una determinata grandezza idrologica un'assegnata probabilità di accadimento a partire da eventi pluviometrici caratterizzati dalla medesima probabilità.

Volendo determinare le portate che comportano la crisi del sistema di drenaggio, si deve fare prima una premessa sulla durata dei diversi eventi. Gli eventi meteorici sono convenzionalmente suddivisi in:

- eventi di breve durata, i cosiddetti scosci; essi hanno una durata mediamente inferiore all'ora e sono caratterizzate da forte intensità e perciò sviluppano elevate portate alla sezione di chiusura del bacino idrografico;
- eventi di lunga durata; essi hanno una durata superiore all'ora hanno minore intensità ma sviluppano elevati volumi alla sezione di chiusura del bacino idrografico;

Per definire le altezze di precipitazione corrispondenti a tali eventi pluviometrici vengono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica (CPP), elaborate a partire dalle registrazioni di altezza di pioggia effettuate nelle stazioni pluviometriche.

Le due tipologie di eventi meteorici descritti in precedenza hanno caratteristiche differenti e per questo si ritiene opportuno analizzarli in modo separato e perciò ricavare due curve di possibilità pluviometrica di progetto una per gli eventi di breve durata ed una per quelli di lunga durata.

Lo scopo dell'elaborazione statistica dei dati è la determinazione dei coefficienti **a** (mm/ore) e **n** che compaiono nelle equazioni di possibilità pluviometrica:

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

dove: **h** = altezza di pioggia in mm

t = tempo in ore

Il concetto di rischio idraulico è quantificato dal tempo di ritorno T_r , definito come l'inverso della frequenza media probabile del verificarsi di un evento maggiore, ossia il periodo di tempo nel quale un certo evento è mediamente uguagliato o superato.

$$T_r = 1 / [1 - P(h \leq H)]$$

L'equazione di possibilità pluviometrica fornisce, per un fissato tempo di pioggia **t**, il massimo valore di **h** nel periodo pari al tempo di ritorno T_r e viene utilizzata, nei modelli afflussi-deflussi, per la determinazione della portata afferente all'area interessata.

2.2. Dati pluviometrici

La ricerca presso gli enti dei dati pluviometrici ha portato all'individuazione di una stazione pluviometrica, gestita da ARPAV, prossima alla zona di intervento. Le serie storiche delle piogge ci sono state fornite dal Centro Meteorologico di Teolo.

I dati idrologici, derivanti dalla stazione di "Villafranca" sono registrati negli archivi del Centro Meteo di Teolo e interessano un periodo di osservazione che va dal 1990 al 2006.

STAZIONE	COORDX E	COORDY N
Villafranca di Verona	1643529	5025977

Si sono analizzate sia le piogge intense, cioè quelle di durata inferiore all'ora, che le piogge di lunga durata in quanto le prime mettono in crisi il sistema di drenaggio che fa parte delle opere di urbanizzazione, mentre le seconde mettono in crisi il sistema di laminazione dell'intero lotto.

Per il progetto si utilizzeranno i dati relativi ad eventi critici con tempo di ritorno T_r pari a 10 anni per il dimensionamento del sistema di captazione ed allontanamento delle acque meteoriche dei piazzali e viabilità interne.

2.3. Analisi statistica

Qui di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'analisi statistica ampiamente descritta nell'elaborato PD-A0201-RS01-A.

Curva di possibilità climatica riferita al tempo di ritorno Tr 10.

PIOGGE DI DURATA INFERIORE ALL'ORA	
Tempo di ritorno (anni)	Curva di possibilità Valide per 5 min < t < 45 min (h [mm], t [h])
10	$h = 53,20 \cdot t^{0,470}$

Curva di possibilità climatica riferita al tempo di ritorno Tr 10.

PIOGGE DI DURATA INFERIORE ALL'ORA	
Tempo di ritorno (anni)	Curva di possibilità Valide per t > 45 min (h [mm], t [h])
10	$h = 47,16 \cdot t^{0,159}$

3. CARATTERISTICHE DELLA RETE DELLE ACQUE METEORICHE

3.1. Generalità

Le acque meteoriche vengono convogliate alla vasca di accumulo e sollevamento e successivamente rilanciate al recapito finale, il canale Camozzoni.

È previsto una vasca di accumulo pensata per raccogliere la portata in arrivo nel caso di mal funzionamento dell'impianto di sollevamento che garantisce un accumulo pari al tempo necessario per l'intervento di riparazione. Tale vasca realizzata sotto la viabilità sarà munita di pozzi perdenti. Si è inoltre prevista la possibilità di immagazzinare un eventuale sversamento accidentale contenente liquidi potenzialmente inquinanti e/o nocivi; essi saranno accumulati nella vasca di sollevamento senza convogliarli alla vasca di dispersione ne esser sollevati verso il canale Camozzoni.

3.2. Dimensionamento della rete delle acque meteoriche

Tratti. N°	S progr [mq]	Dc [m]	L [m]	j	u [l/s*ha]	pend condotta	Qp [l/s]	v [m/s]	Gr. Riemp. livello
1	93	0.3	8	0.9	181	6.00%	276.99	1.01	5.00%
2	164	0.3	15	0.9	601	6.00%	276.99	1.76	12.30%
3	241	0.3	13	0.9	1090	6.00%	276.99	2.50	21.33%
4	320	0.3	14	0.9	606	6.00%	276.99	0.24	0.50%
5	400	0.3	13	0.9	2013	6.00%	276.99	3.46	38.38%
6	480	0.3	14	0.9	456	6.00%	276.99	2.36	19.34%
7	553	0.3	13	0.9	350	6.00%	276.99	2.23	17.87%
8	630	0.3	13	0.9	3215	6.00%	276.99	4.31	64.94%
9	670	0.3	7	0.9	340	6.00%	276.99	2.41	20.00%
10	155	0.3	8	0.9	432	0.04%	21.16	0.27	40.18%
11	279	0.3	18	0.9	89	0.04%	21.16	0.20	23.89%
12	396	0.4	17	0.9	736	0.04%	45.56	0.39	59.48%
13	57	0.3	9	0.9	11	0.04%	21.16	0.04	2.30%
14	1026	0.4	23	0.9	1531	0.56%	182.25	1.64	73.20%
15	1243	0.3	22	0.9	258	0.56%	84.62	1.13	43.99%
16	1243	0.4	24	0.9	414	0.56%	182.25	1.27	37.81%
17	1243	0.5	13	0.9	2187	0.56%	330.44	1.89	70.60%
18	162	0.3	9	0.9	417	0.56%	84.62	0.72	19.51%
19	315	0.3	17	0.9	1088	0.56%	84.62	1.15	45.58%
20	402	0.4	10	0.9	1362	0.56%	182.25	1.29	39.08%
21	198	0.3	12	0.9	399	0.56%	84.62	0.76	21.22%
22	313	0.3	12	0.9	1600	0.56%	84.62	1.26	56.69%
23	524	0.4	21	0.9	795	0.56%	182.25	1.20	34.00%
24	710	0.4	17	0.9	1422	0.56%	182.25	1.50	54.48%
25	908	0.3	17	0.9	544	0.56%	84.62	1.25	56.22%
26	1155	0.3	21	0.9	154	0.56%	84.62	0.97	32.72%
27	1155	0.3	14	0.9	84	0.56%	84.62	0.81	23.56%
28	1155	0.6	16	0.9	772	0.04%	136.24	0.52	60.36%
29	1155	0.6	14	0.9	910	0.04%	136.24	0.53	67.41%
30	162	0.3	10	0.9	295	0.04%	21.46	0.25	33.64%

Tratti. N°	S progr [mq]	Dc [m]	L [m]	j	u [l/s*ha]	pend condotta	Qp [l/s]	v [m/s]	Gr. Riemp. livello
31	159	0.3	20	0.9	164	0.04%	21.46	0.21	24.33%
32	85	0.3	11	0.9	177	0.04%	21.46	0.17	17.87%
33	93	0.3	6	0.9	96	6.00%	276.99	0.54	2.30%
34	162	0.3	12	0.9	183	6.00%	276.99	1.16	6.33%
35	241	0.3	16	0.9	101	6.00%	276.99	1.08	5.67%
36	323	0.3	15	0.9	35	6.00%	276.99	0.70	3.20%
37	392	0.3	12	0.9	24	6.00%	276.99	0.54	2.30%
38	474	0.3	14	0.9	227	6.00%	276.99	1.81	12.79%
39	555	0.3	14	0.9	304	6.00%	276.99	2.11	16.39%
40	65	0.3	6	0.9	82	0.50%	79.96	0.29	5.00%
41	791	0.3	17	0.9	583	0.50%	79.96	1.18	55.81%
42	914	0.4	9	0.9	1007	0.50%	172.21	1.40	53.37%
43	198	0.3	10	0.9	165	0.50%	79.96	0.53	13.11%
44	344	0.3	17	0.9	259	0.50%	79.96	0.75	23.22%
45	163	0.3	10	0.9	57	0.50%	79.96	0.35	6.67%
46	313	0.3	17	0.9	31	0.50%	79.96	0.36	7.00%
47	459	0.3	21	0.9	27	0.50%	79.96	0.39	8.00%
48	594	0.3	17	0.9	214	0.50%	79.96	0.85	28.56%
49	718	0.3	16	0.9	280	0.50%	79.96	0.96	35.62%
50	832	0.3	20	0.9	570	0.50%	79.96	1.19	56.80%
51	908	0.3	11	0.9	419	0.50%	79.96	1.13	50.00%

3.3. Sistema di dispersione

In base allo studio geologico la permeabilità dei territori attraversati dell'infrastruttura varia, e la costante di permeabilità K può essere assunta 10^{-4} m/s.

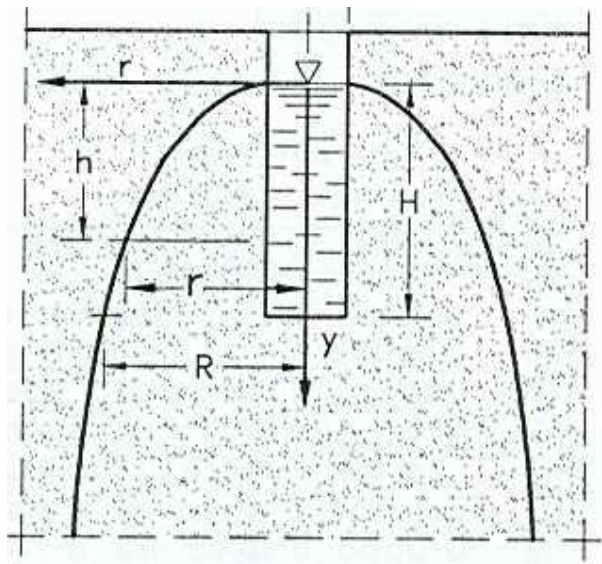
Il sistema di dispersione sarà composto dai seguenti elementi:

- trincee disperdenti posate ad una profondità maggiore del metro rispetto al piano di campagna composte da uno strato di ghiaia avvolto in un geotessuto con al loro interno una tubazione finestrata;
- pozzi perdenti di raggio interno pari a 0.75m e altezza di 3.0m.

Nei paragrafi successivi si andranno a descrivere le metodologie adottate nel dimensionamento del sistema di dispersione.

3.3.1. Infiltrazione da pozzi

Il calcolo della portata dispersa da un pozzo in un mezzo permeabile non è del tutto agevole. Tuttavia alcune ragionevoli e ammesse ipotesi consentono la trattazione in modo relativamente semplice. Nel nostro caso la falda si trova ad una profondità variabile da zona e zona, ma comunque tale da non influenzare il moto di filtrazione dal pozzo.



Per il calcolo della portata dispersa si possono effettuare le seguenti ipotesi:

- falda a profondità illimitata
- H = variabile altezza d'acqua all'interno del pozzo
- $r_0 = 0.75$ m raggio del pozzo

la formula adottata è la seguente:

$$Ql = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot (H^2)}{\ln(R/r_0)}$$

dove:

- K coefficiente di filtrazione
- H altezza dell'acqua all'interno del pozzo
- r_0 raggio del pozzo

La formula fa riferimento allo schema di moto filtrante riportato nella figura in alto ed a essa si deve aggiungere la portata dispersa dal fondo del pozzo.

$$Qf = \pi \cdot K \cdot r_o^2$$

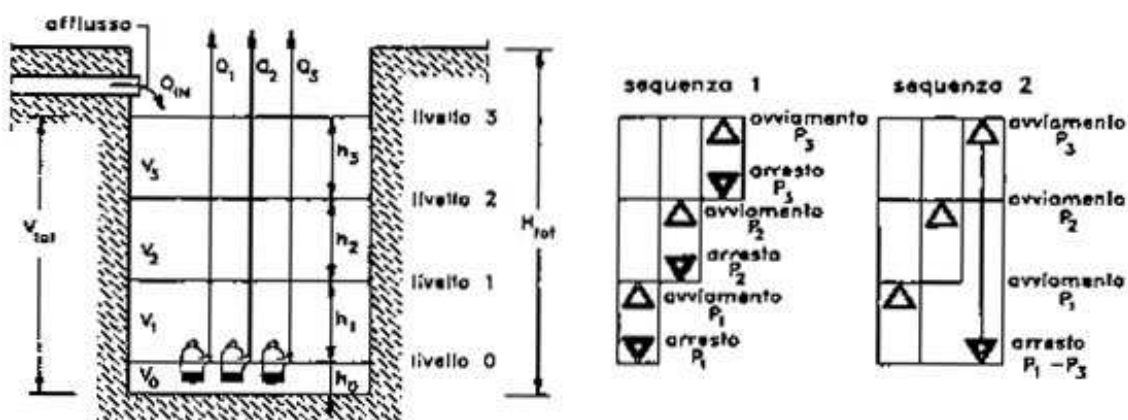
A tale sistema di dispersione si associa un'efficienza pari al 70% per tenere conto del suo funzionamento a lungo termine.

3.4.2. 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:

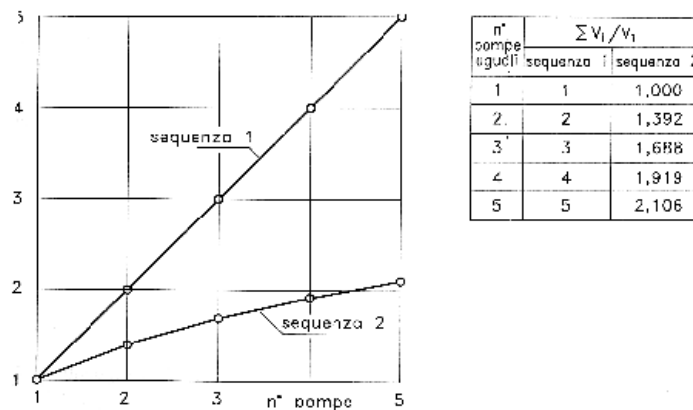
1. Sequenza 1: prevede l'attacco di ogni pompa quando il livello dell'acqua raggiunge nella vasca una prefissata quota e il suo stacco quando il livello scenda fino a quello per il quale è previsto l'avviamento della pompa che opera al livello inferiore;
2. Sequenza 2: prevede ancora l'attacco di ogni 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:

ΔH_{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;

ΔH_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

β_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

3.4.3. Dimensionamento dell'impianto di sollevamento

Si è stimato che l'impianto dovrà essere in grado di evacuare una portata di 397 l/s che verrà scaricata alla vasca di sollevamento delle acque meteoriche e successivamente convogliate al canale Camozzoni. Vista la portata si è pensato di installare 3 pompe 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 in 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

Qu = 397 l/s

N° pompe

N = 3

Volume utile pompa n° 1

V1u = 20 m³

Volume di riserva

Vr = 0 m³

Dimensioni interne della vasca

l = 5 m

b = 5 m

h1(*) = 0.2 m

(*) franco fra attacco e stacco

Prevalenza

H = 17 m

Potenza installata

P = 108.7 kW potenza installata

Tempo di ciclo

tc = 10 min

Sequenza di avviamento

n = 1

Volume utile complessivo

Vu = 60 m³

Volume complessivo

Vu = 60 m³

Altezza utile interna

h = 3 m

Rendimento

η = 60%

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. Per si ritiene quindi che le misure minime necessarie siano una larghezza di 5 m ed una lunghezza di 5 m. Come sei può vedere dalla tabella con questi valori l'altezza utile all'interro della vasca (h) si attesta sui 3.0 m.