



PROVINCIA DELL'AQUILA  
COMUNE DI LUCO DEI MARSI



**IMPIANTO DI DEPURAZIONE "CAPOLUOGO"**  
Ai sensi del D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.

PROGETTO DEFINITIVO

Committente:



**CONSORZIO ACQUEDOTTISTICO MARSICANO CAM SpA**  
ATO N.2 Marsicano  
*SERVIZIO QUALITA' ACQUE E DEPURAZIONE*

Progettista:

Dott. Ing. Luisa Braccesi



STUDIO ASSOCIATO ATRE INGEGNERIA  
Via Luca Landucci 5r - 50136 Firenze  
tel. 055476528 fax 0553986924  
info@atreingegneria.net  
P.IVA 01932910514



UNI EN ISO 9001:2015



Elaborato:

C1

Titolo:

RELAZIONE IDRAULICA E PROFILO  
IDRAULICO

Scala:

Data:

09/2021

5				
4				
3				
2	09/2021	Revisione progetto definitivo	R. Romanelli	L. Braccesi
1	02/2021	Emissione progetto definitivo	R. Romanelli	L. Braccesi
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato

**CONSORZIO ACQUEDOTTISTICO MARSICANO  
C.A.M. S.P.A.**

*PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO E  
POTENZIAMENTO DELLA CAPACITÀ DEPURATIVA DELL' IMPIANTO DI  
DEPURAZIONE DI LUCO DEI MARSÌ DENOMINATO CAPOLUOGO E  
RICADENTE NELL'ATO N.° 2 MARSICANO*

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE IDRAULICA E PROFILO IDRAULICO**

SETTEMBRE 2021

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA IN PRESSIONE .....</b>	<b>2</b>
2.1	Calcolo dei Diametri di progetto .....	2
2.2	Calcolo perdite di carico .....	2
<b>3</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE A GRAVITÀ DI PROGETTO .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>DIMENSIONAMENTO STRAMAZZI IN PARETA SOTTILE .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>CALCOLO ALTEZZA CRITICA CANALETTE A PELO LIBERO .....</b>	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>CALCOLO PROFILO IDRAULICO.....</b>	<b>5</b>

## 1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano le equazioni di calcolo utilizzate per determinare il profilo idraulico nelle varie sezioni dell'impianto. Le ipotesi di progetto sono state definite in maniera da garantire salti idraulici con adeguati franchi di sicurezza per scongiurare condizioni di riflusso/rigurgito verso monte. Si considera la portata di punta afferente ad ogni sezione per il calcolo del profilo idraulico di progetto. Per i valori dei coefficienti di punta e per i sistemi di by-pass, si rimanda alla relazione di processo.

## 2 DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA IN PRESSIONE

Le dimensioni della condotta in pressione sono ricavate in funzione delle portate di progetto calcolate come sopra specificato, ma, soprattutto, in base alla portata assegnata alle elettropompe, portata che, ovviamente, non sarà inferiore a quella di punta prima calcolata.

### 2.1 Calcolo dei Diametri di progetto

Per il dimensionamento delle condotte in pressione di progetto, si è ipotizzato un valore del diametro interno della tubazione e si è verificato che, alla portata media ed alla portata massima, la velocità all'interno della tubazione stessa fosse rispettivamente  $> 0.5$  m/s (scongiurare la possibilità di depositi di materiale in condotta e quindi di intasamento) e  $< 2$  m/s (per evitare la sovrappressione generata dal colpo di ariete). In realtà, sono stati accettati anche valori più bassi di  $0.5$  m/s per la velocità alla portata media, affinché venisse rispettato il limite di  $2$  m/s (più stringente) alla portata massima.

### 2.2 Calcolo perdite di carico

Per la valutazione delle perdite di carico si è provveduto alla determinazione di:

- Perdite di carico distribuite, per le quali si è fatto ricorso alla formula di Hazen – Williams:

$$\Delta h_{distr} = L \cdot \frac{10.675}{d^{4.8704}} \cdot \left(\frac{q}{C}\right)^{1.852}$$

con:

Y = perdita di carico [m];

L = lunghezza della tubazione [m];

d = diametro interno della tubazione;

q = portata massima [m<sup>3</sup>/d];

C = coefficiente legato alla rugosità (120 per acciaio e PeAD)

- Perdite di carico concentrate, dovute alla presenza di organi meccanici e/o pezzi speciali che fanno variare la sezione di passaggio del flusso:

$$\Delta h_{conc} = k_t \cdot \frac{v^2}{2g}$$

con:

$k_t$  = coefficiente di resistenza localizzata totale, dipendente dalla configurazione geometrica della tubazione; esso sarà costituito dalla somma del coefficiente di imbocco ( $k_i = 0.5$ ) per il numero di imbocchi, del coefficiente di sbocco ( $k_s = 1$ ) per il numero di sbocchi, e dei coefficienti di curvatura ( $k_{90^\circ} = 1$ ;  $k_{60^\circ} = 0.6$ ;  $k_{45^\circ} = 0.4$ ) per il numero di curve presenti lungo il tratto in esame (rispettivamente, a 90°, 60° e 45°);

$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$  m/s; velocità media che si stabilisce nella tubazione.

Le perdite di carico distribuite totali sono quindi state calcolate come:

$$\Delta h = \Delta h_{distr} + \Delta h_{conc} \quad [m]$$

### 3 DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE A GRAVITÀ DI PROGETTO

La sezione è stata verificata, in condizioni idrauliche di moto uniforme utilizzando la relazione di Chèzy:

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

dove

- Q: portata massima transitante nel condotto in esame (m<sup>3</sup>/s)
- S: sezione di deflusso del condotto (m<sup>2</sup>)
- c: parametro di resistenza al moto
- R: raggio idraulico della sezione, R=S/C, con C il contorno bagnato della sezione
- i: pendenza del condotto.

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

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

$$\chi = K \cdot R$$

dove k (m<sup>1/3</sup>/s<sup>-1</sup>) è il coefficiente di scabrezza di della condotta secondo Gaukler e Strickler, il cui valore è in funzione del tipo di materiale e dello stato di conservazione è stato stimato, a titolo cautelativo, pari a 120 per i condotti in PVC.

#### 4 DIMENSIONAMENTO STRAMAZZI IN PARETA SOTTILE

In molti punti dell'impianto sono state utilizzate delle soglie di stramazzo in parete sottile (o di Bazin) per il passaggio della portata da un comparto di trattamento all'altro.

Procedendo lungo la linea di trattamento si riscontra la presenza di soglie di stramazzo in parete sottile in ingresso e uscita dalla vasca di denitrificazione, nei pozzetti di uscita delle vasche di ossidazione (esistente e di progetto), lo stesso profilo Thomson del sedimentatore secondario circolari è una soglia di stramazzo in parete sottile, in ingresso e uscita alla vasca di disinfezione.

Il dimensionamento della lunghezza degli stramazzi viene fatto in funzione della perdita di carico che si accetta rispetto al comparto di valle, che equivale all'altezza liquida che si instaura sulla soglia.

Le perdite di carico legate al passaggio della portata attraverso una bocca a stramazzo in parete sottile sono state calcolate attraverso la seguente formula:

$$Q = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$
$$\mu = \left(0.405 + \frac{0.003}{h}\right) \cdot \left(1 + 0.55 \cdot \frac{h^2}{H^2}\right)$$

con:

Q = portata del getto [m<sup>3</sup>/s];

$\mu$  = coefficiente di efflusso;

h = altezza del fluido sopra la soglia [m];

H = altezza totale del fluido a monte della soglia [m];

b = larghezza della soglia [m].

La formula del calcolo di una bocca a stramazzo a parete sottile viene quindi invertita per determinare l'altezza del fluido sopra la soglia (h), che, come indicato in precedenza, corrisponde alla perdita di carico rispetto al comparto di valle.

#### 5 CALCOLO ALTEZZA CRITICA CANALETTE A PELO LIBERO

Per il calcolo dell'altezza idrica che si istaura nella canalina a valle del profilo Thomson della sedimentazione secondaria, si è invece fatto riferimento al calcolo dell'altezza critica e dell'altezza massima per le correnti a pelo libero:

$$h_{cr} = \left[ \frac{Q^2}{g \cdot B^2} \right]^{1/3} \quad [m]$$

Da tale espressione, applicando il teorema della quantità di moto al volume compreso tra la generica sezione e quella terminale, si ottiene in maniera implicita l'altezza idrica massima in canalina:

$$h_m = \sqrt{3} \cdot h_{cr} \quad [m]$$

## 6 CALCOLO PROFILO IDRAULICO

Si riportano di seguito i dati e i calcoli di progetto per la definizione del profilo idraulico. La verifica del profilo idraulico è eseguita, sezione per sezione, in condizioni di portata di punta. Si considera come quota finale di valle la quota della tubazione di uscita dall'impianto, considerata cautelativamente uguale alla quota del fondo del pozzetto di uscita impianto esistente.

<b>Dati di progetto</b>			
Dotazione idrica	250	l/ab d	
Coefficiente afflusso in fognatura $\alpha$	0,8		
AE	10000	ab	
Coefficiente punta al biologico	3		
Coefficiente punta pretratt. e disinfez.	4		
Ricircolo Miscela Aerata	4,36		
Ricircolo fanghi sec.	1		
Qm	0,0231	m <sup>3</sup> /s	Portata media
Qp	0,0694	m <sup>3</sup> /s	Portata di punta biologico
Qp pretratt	0,0926	m <sup>3</sup> /s	Portata di punta pretr. e disinfez.
QML	0,1009	m <sup>3</sup> /s	Portata ricircolo miscela aerata
QR	0,0231	m <sup>3</sup> /s	Portata ricircolo fanghi

<b><u>Pozzetto Uscita Impianto</u></b>			
<b>qv_finale</b>	<b>655,65</b>	<b>m</b>	<b>quota fondo tubazione di uscita</b>
Diametro	0,4	m	
Hriemp	0,251	m	68%--> 94 l/s >4Qm
<b>q1 =</b>	<b>655,901</b>	<b>m</b>	<b>quota pelo libero, pozzetto campionamento uscita</b>

<b><u>Vasca di Disinfezione esistente</u></b>			
Q=	0,09	m <sup>3</sup> /s	portata 4Qm
qf =	656,84		quota fondo disinfezione esistente
Altezza stramazzo	1,15		altezza stramazzo
qs =	657,99		quota soglia stramazzo
m =	0,42		coefficiente stramazzo rettangolare
Ls =	1,00		lunghezza stramazzo
h =	0,14		altezza liquida su soglia
<b>q2 =</b>	<b>658,13</b>		<b>quota in vasca di disinfezione esistente</b>
H battente	1,29	m	

<b><u>Tubazione</u></b>			
<b><u>Disinfezione nuova- Disinfezione esistente</u></b>			
da:	Disinfezione nuova		
a:	Disinfezione esistente		
MATERIALE	PEAD		
n linee	1		
Q=	0,093 m <sup>3</sup> /s	portata	4Qm
L =	5 m	lunghezza condotta m	
D =	0,45 mm	diametro condotta	
Di =	0,40 m	diametro interno condotta m	
Area utile	0,12 m <sup>2</sup>		
v =	0,75 m/s	velocità m/s	
Perdite di carico concentrate			
Ki =	0,5	imbocco	
Ks =	1	sbocco	
n°curve 90°			
n°curve 60°			
n°curve 45°	3		
Kc 90 =	1		
Kc 60° =	0,6		
Kc 45° =	0,4		
Kt =	2,7		
Perdite di carico distribuite Hazen-Williams			
ks=	150	PEAD	
v=	0,750	m/s	
J=	1,098	km/m	
Y =	0,001	m/m	
Perdite di carico totali			
Dh =	$J \cdot L + K_t \cdot V^2 / (2g)$		
Dh_distr =	0,01		
Dh_conc =	0,08		
<b>Dh =</b>	<b>0,08 m</b>	<b>Perdite di carico totali</b>	
qv =	658,13 M	quota pelo libero a valle (disinf. esistente)	
<b>q3 =</b>	<b>658,21 m</b>	<b>quota pelo libero vasca disinfezione nuova</b>	

<b><u>Vasca di Disinfezione nuova</u></b>			
Q=	0,09 m <sup>3</sup> /s	portata	4Qm
q1 =	656,19	quota fondo disinfezione	
<b>q3 =</b>	<b>658,21</b>	<b>quota in vasca di disinfezione nuova</b>	

H battente	2,02 m
------------	--------

<b><u>Tubazione Sedimentazione-Disinfezione</u></b>			
<b><u>Pozzetto uscita sedimentazione</u></b>			
da:	Sedimentazione		
a:	Disinfezione nuova		
MATERIALE	PEAD		
n linee	1		
Q=	0,0694 m <sup>3</sup> /s	portata	3Qm
L =	2,3 m	lunghezza condotta m	
D =	0,4 mm	diametro condotta	
Di =	0,353 m	diametro interno condotta m	
Area utile	0,098 m <sup>2</sup>		
v =	0,712 m/s	velocità m/s	
Perdite di carico concentrate			
Ki =	0,5	imbocco	
Ks =	1	sbocco	
n°curve 90°	1		
n°curve 60°			
n°curve 45°			
Kc 90° =	1		
Kc 60° =	0,6		
Kc 45° =	0,4		
Kt =	2,5		
Perdite di carico distribuite Hazen-Williams			
ks=	150	PEAD	
v=	0,712 m/s		
J=	1,143	km/m	
Y =	0,001	m/m	
Perdite di carico totali			
Dh =	$J*L + Kt*V^2/(2g)$		
Dh_distr =	0,0026	m	
Dh_conc =	0,0645	m	
Dh =	0,0671	m	
qv =	658,2082	m	quota pelo libero a valle
<b>q4 =</b>	<b>658,2753</b>	<b>m</b>	<b>quota pelo libero pozzetto uscita sedimentazione</b>

**Sedimentatore, CANALINA**

Q =	0,093 m <sup>3</sup> /s	portata m <sup>3</sup> /s	3Qm+Qr
b =	0,400 m	larghezza interna canalina m	
hc =	0,176 m	altezza critica in canalina	
hm =	0,305 m	altezza massima in canalina	
qf =	659,390 m	quota fondo canalina	
<b>q5 =</b>	<b>659,695 m</b>	<b>quota pelo libero in canalina</b>	

**Sfioro uscita Sedimentatore**

Diametro	13,2 m	Diametro profilo sfioro	
Ls =	41,448 m	lunghezza sfioro m	
m =	0,42	coefficiente stramazzo rettangolare	
Q=	0,093 m <sup>3</sup> /s	portata	3Qm+Qr
hst =	0,011 m	carico sulla soglia dello stramazzo	
Disconnessione	0,500 m	franco tra sfiori monte-valle	
qst	659,890 m	quota stramazzo/soglia	
<b>q6 =</b>	<b>659,901 m</b>	<b>quota pelo libero in vasca di SED</b>	

**Tubazione Ossidazione Esistente- Sedimentazione**

**Pozzetto uscita ossidazione esistente**

da:	Ossidazione esistente		
a:	Sedimentazione		
MATERIALE	PEAD		
n linee	1		
Q=	0,093 m <sup>3</sup> /s	portata	3Qm+Qr
L =	20 m	lunghezza condotta m	
D =	0,4 mm	diametro condotta	
Di =	0,353 m	diametro interno condotta m	
v =	0,949 m/s	velocità m/s	
Perdite di carico concentrate			
Ki =	0,5	imbocco	
Ks =	1	sbocco	
n°curve 90°	1		
n°curve 60°			
n°curve 45°	2		
Kc 90 =	1		
Kc 60° =	0,6		
Kc 45° =	0,4		
Kt =	3,3		

Perdite di carico distribuite Hazen-Williams

ks=	150	PEAD
v=	0,949	m/s
J=	1,947	km/m
Y =	0,002	m/m

Perdite di carico totali

Dh =	$J \cdot L + Kt \cdot V^2 / (2g)$	
Dh_distr =	0,039	m
Dh_conc =	0,151	m
Dh =	0,190	m
Disconnessione	0,310	m franco tra pelo libero e quota sfioro a monte
qf =	659,901	m quota pelo libero a valle
<b>q7 =</b>	<b>660,092</b>	<b>m quota pelo libero pozzetto uscita ossidazione esistente</b>

**Sfioro uscita Ossidazione esistente**

Ls =	4	m	lunghezza sfioro
m =	0,42		coefficiente stramazzo rettangolare
Q=	0,194	m <sup>3</sup> /s	portata <span style="float: right;">3Qm+Qml+Qr</span>
hst =	0,088	m	carico sulla soglia dello stramazzo
Disconnessione	1,110	m	franco tra sfiori monte-valle
qst	660,400	m	quota stramazzo/soglia
qf	656,890	m	quota fondo vasca
Hliq	3,598	m	per Qp
<b>q8 =</b>	<b>660,488</b>	<b>m</b>	<b>quota pelo libero in vasca di ossidazione esistente</b>

**Tubazione Ossidazione nuova- Ossidazione esistente**

**A pressione.**

da:	Ossidazione nuova		
a:	Ossidazione esistente		
MATERIALE	PEAD		
n linee	1		
Q=	0,193518519	m <sup>3</sup> /s	portata <span style="float: right;">3Qm+Qml+Qr</span>
L =	33,5	m	lunghezza condotta m
D =	0,56	mm	diametro condotta
Di =	0,4936	m	diametro interno condotta
v =	1,012	m/s	velocità m/s

Perdite di carico concentrate

Ki =	0,5	imbocco	
Ks =	1	sbocco	
n°curve 90°	3		
n°curve 60°			
n°curve 45°	1		
Kc 90° =	1		
Kc 60° =	0,6		
Kc 45° =	0,4		
Kt =	4,9		
Perdite di carico distribuite Hazen-Williams			
ks=	150	PEAD	
v=	1,011818398	m/s	
J=	1,481298773	km/m	
Y =	0,001481299	m/m	
Perdite di carico totali			
Dh =	$J \cdot L + K_t \cdot V^2 / (2g)$		
Dh_distr =	0,050		
Dh_conc =	0,256		
Dh =	0,305	m	
qf =	660,488	m	quota pelo libero a valle
<b>q9 =</b>	<b>660,793</b>	<b>m</b>	<b>quota pelo libero pozzetto uscita ossidazione nuova</b>

<b><u>Ossidazione Nuova</u></b>			
Ls =	2,4	m	lunghezza sfioro
m =	0,42		coefficiente stramazzo rettangolare
Q=	0,194	m <sup>3</sup> /s	portata <span style="float: right;">3Qm+Qml+Qr</span>
hst =	0,123	m	carico sulla soglia dello stramazzo
qst	661,410	m	quota stramazzo/soglia
qf	656,760	m	quota fondo vasca
Hliq	4,773	m	per Qp
<b>q10 =</b>	<b>661,533</b>	<b>m</b>	<b>quota pelo libero in vasca di ossidazione nuova</b>

<b><u>Pre-Denitrificazione</u></b>			
Ls =	11,2	m	lunghezza sfioro
m =	0,42		coefficiente stramazzo rettangolare
Q=	0,194	m <sup>3</sup> /s	portata <span style="float: right;">3Qm+Qml+Qr</span>
hst =	0,044	m	carico sulla soglia dello stramazzo

Disconnessione	0,550 m	franco tra sfiori monte-valle
qst	661,960 m	quota stramazzo/soglia
qf	656,760 m	quota fondo vasca
Hliq	5,244 m	per Qp
<b>q11 =</b>	<b>662,004 m</b>	<b>quota pelo libero in vasca di denitrificazione</b>

<b><u>Sfioro pozzetto ingresso Denitro</u></b>		
Ls =	1,5 m	lunghezza sfioro
m =	0,42	coefficiente stramazzo rettangolare
Q=	0,194 m <sup>3</sup> /s	portata <span style="float: right;">3Qm+Qml+Qr</span>
hst =	0,169 m	carico sulla soglia dello stramazzo
Disconnessione	0,4 m	franco tra sfiori monte-valle
qst	662,36 m	quota stramazzo/soglia
<b>q12 =</b>	<b>662,53 m</b>	<b>quota pelo libero in pozzetto ingresso denitro</b>