



Società Metropolitana Acque Torino S.p.A.

Sede legale Corso XI Febbraio 14 – 10152 Torino

Tel. 011.4645.111 - Fax 011.4365.575

Capitale Sociale Nominale € 345.533.761,65

C.F. - P.IVA e Registro delle Imprese di Torino 07937540016

sito: www.smatorino.it

e-mail: info@smatorino.it



PROG. 2956

COMUNE di BRICHERASIO

PROGETTO DEFINITIVO

**ALLACCIAMENTO DEL DEPURATORE DI BRICHERASIO
AL COLLETTORE DI VALLE**

**RELAZIONE IDRAULICA
RETE FOGNATURA NERA E SFIORO**

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Autorizzazione	Modifiche
0	Marzo 2019	CB			



Società Metropolitana Acque Torino S.p.A.

IL DIRETTORE GENERALE
Ing. Marco ACRI

Codifica Piano dei Conti:

Tipologia di spesa:

Centro di Responsabilità:

Oggetto di controllo:

Divisione:

Collaboratori:

Il Progettista:



Ing. Claudio Badariotti

Allegato n.

Elaborato n.

Archivio file:

27

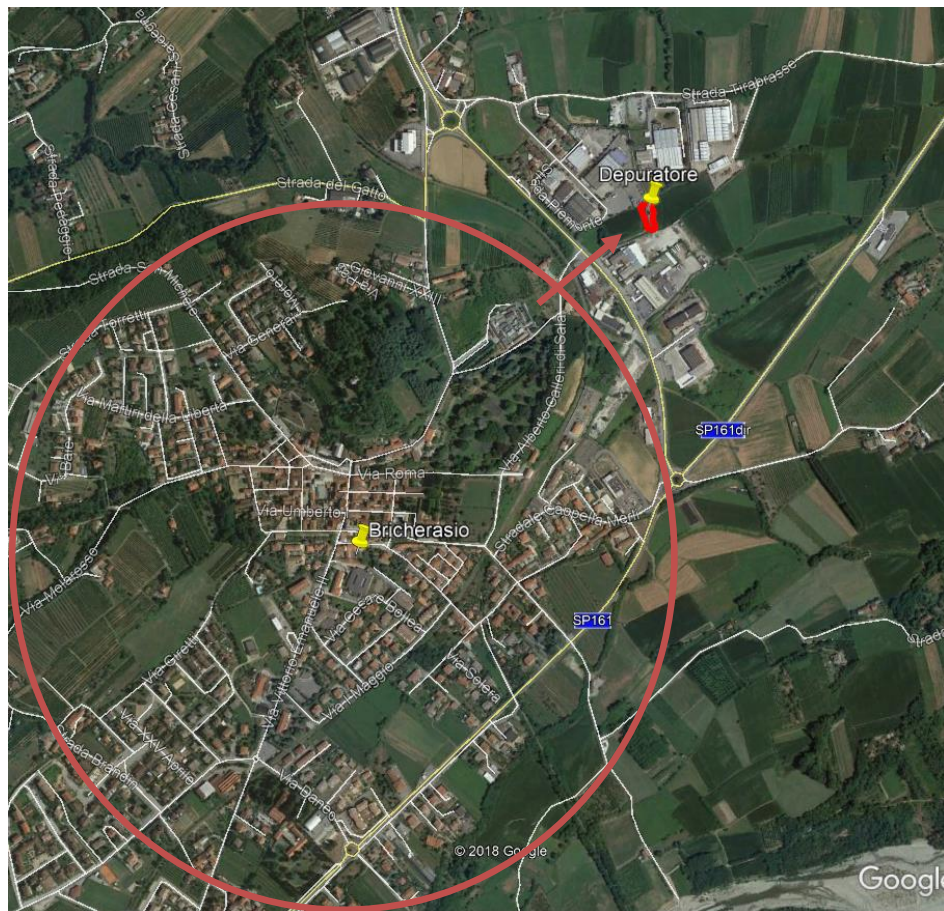
SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	3
A. CALCOLO DELLE PORTATE DELLE ACQUE BIANCHE.....	3
B. CALCOLO DELLA PORTATA DELLE ACQUE NERE.....	10
C. CALCOLO DELLA PORTATA EVACUABILE TRAMITE LA CONDOTTA OVOIDALE ESISTENTE	11
D. CALCOLO DELLA PORTATA DI INIZIO SFIORO DELLE ACQUE NERE (5Qm)	15
E. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DA SOTTOPORRE A GRIGLIATURA..	17
F. RIASSUNTO DELLE PORTATE UTILI AL PROGETTO.....	17
3. DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE	18
A. DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA DELLE ACQUE NERE (fino a 5Qm)	18
B. DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA DELLE ACQUE DI SFIORO (oltre 5Qm)	21
4. DIMENSIONAMENTO DEGLI SFIORATORI	24
A. DIMENSIONAMENTO DELLO SFIORO PER LA $Q > 5Q_m$	25
B. DIMENSIONAMENTO DELLO SFIORO PER LA $Q > Q_{grigliabile}$	27
5. DIMENSIONAMENTO PER IL TRATTAMENTO DI GRIGLIATURA	31
A. CARATTERISTICHE DELLA GRIGLIA MECCANICA	31
B. DIMENSIONAMENTO DEL CANALE CHE ALLOGGERA' LA GRIGLIA MECCANICA.....	32

1. PREMESSA

Sul territorio del Comune di Bricherasio è presente un impianto di depurazione che attualmente svolge la funzione di depurare le acque miste in arrivo dal collettore fognario che raccoglie le acque miste, quindi sia nere che bianche, del centro abitato di Bricherasio.

Si riporta di seguito la vista aerea con l'indicazione del centro abitato del Comune di Bricherasio e del punto in cui è ubicato l'impianto di depurazione attualmente in funzione:



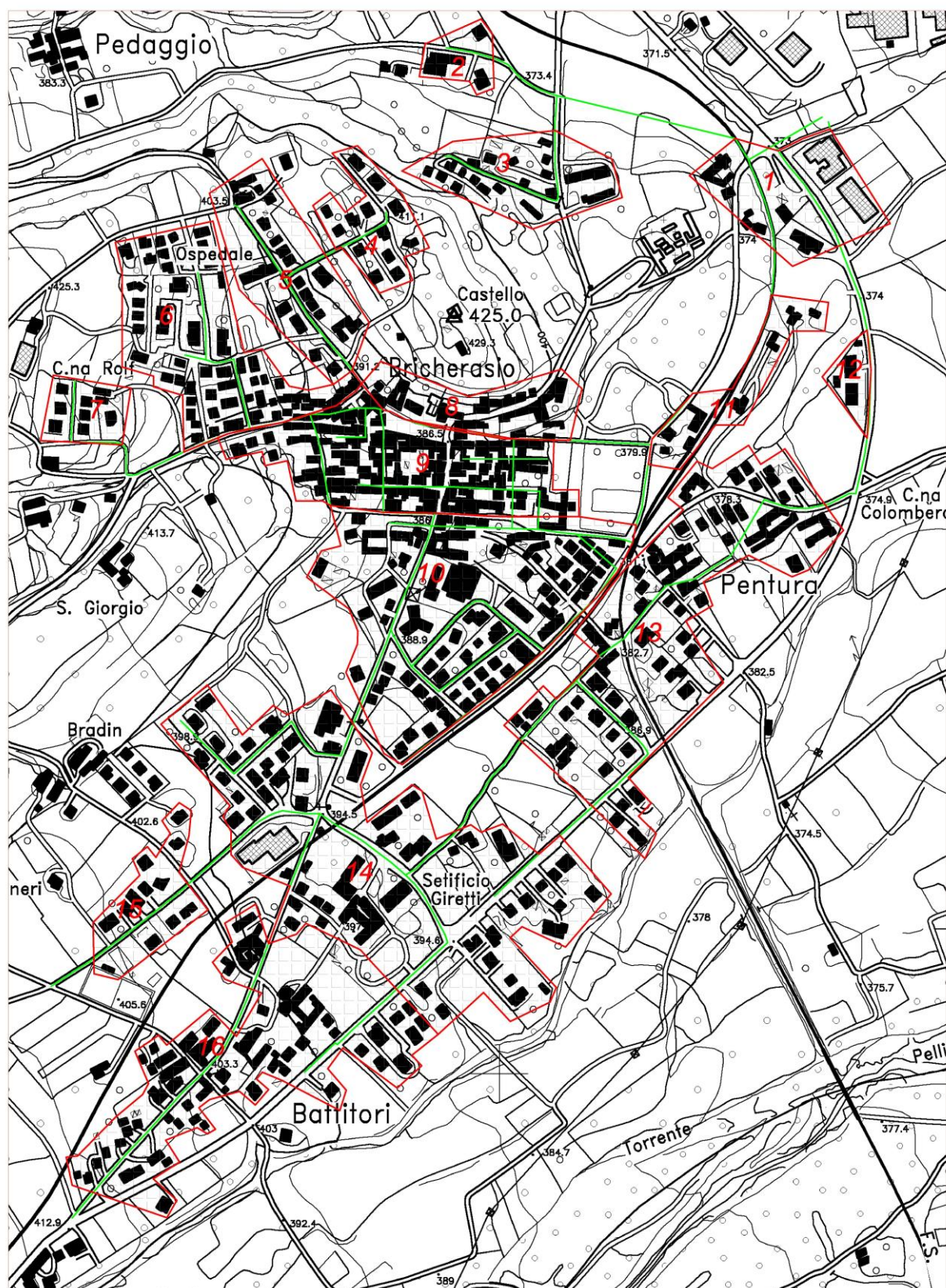
Tale depuratore risulta essere sottodimensionato in quanto, in caso di eventi di pioggia eccezionali, l'area in oggetto subisce notevoli allagamenti. Per questo motivo l'ACEA Pinerolese ha decretato la dismissione dell'impianto, pertanto le acque in arrivo dal collettore fognario verranno indirizzate verso il collettore di valle che raccoglie le acque nere dei Comuni della Val Pellice. Il progetto prevede la realizzazione del tratto di fognatura nera di collegamento al collettore di valle, oltre ad una vasca in cui avverrà lo sfioro delle acque in esubero rispetto alla portata che può essere convogliata nel suddetto collettore.

2. CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO

Al fine di poter dimensionare le opere è necessario determinare la portata massima in arrivo presso l'impianto di depurazione attualmente in funzione. La portata massima è pari alla somma della portata delle acque bianche associate ad un determinato tempo di ritorno e alla portata delle acque nere. Si procede quindi con la determinazione della portata delle acque bianche e nere, tuttavia, data la scarsità di dati a disposizione, si assume come portata massima la portata che deriva dalla verifica dell'effettiva capacità di smaltimento delle acque del collettore ovoidale esistente. Successivamente si determina la portata pari a 5 volte la portata media delle acque nere ($5Q_m$), la quale è la portata massima che può essere convogliata nella condotta di fognatura per le acque nere in progetto. Oltre tale valore la portata verrà sfiorata ed evacuata nel Canale delle Quaie, ovvero nel corso d'acqua esistente a valle dell'impianto di depurazione attualmente in funzione, come meglio individuabile nelle planimetrie di progetto.

A. CALCOLO DELLE PORTATE DELLE ACQUE BIANCHE

Poiché non sono disponibili dati in merito alla portata di progetto del collettore fognario in arrivo dal centro abitato di Bricherasio, si determina la portata delle acque bianche ipotizzando una serie di aree di competenza, a partire dal tracciato noto della rete fognaria esistente, così come di seguito rappresentato (in colore verde è rappresentato il tracciato della fognatura esistente):



Sulla base dei dati forniti è presente un'opera di sfioro nei pressi dell'edificio adibito ad uso di supermercato (di beni di recupero) ubicato lungo la Stradale Cappella Merli. Tale manufatto permette di sfiorare una parte delle acque bianche in arrivo da una porzione del territorio di Bricherasio: le acque sfiorate vengono convogliate nel canale a cielo aperto che si trova nelle prossimità del supermercato stesso. Pertanto nel calcolo che segue non si terrà più conto della portata delle acque bianche derivanti dalla porzione di territorio di competenza dello sfioratore, in quanto tale portata viene smaltita nel canale a cielo aperto già esistente e pertanto non raggiunge né interferisce con l'impianto di depurazione attualmente in funzione.

Pertanto si determina la portata per un evento di precipitazione associato a tempo di ritorno 20 anni. La portata delle acque bianche viene stimata a partire dall'intensità di precipitazione di progetto, a sua volta stimata a partire dai dati di massimo annuo delle precipitazioni.

Il valore dell'intensità di precipitazione di progetto $i_{medio\ d}$ si ricava dalla formula seguente:

$$i_{medio\ d} = a \cdot d^{n-1}$$

in cui d è la durata di pioggia critica, e si assume pari al tempo di corrivazione, a ed n sono parametri da stimare.

Si sceglie di determinare l'intensità di precipitazione partendo dai dati di pioggia tratti dall'Atlante delle piogge intense disponibile sul sito dell'Arpa Piemonte. Il servizio Atlante delle piogge intense consente di ricavare in un qualsiasi punto del territorio regionale le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno per le durate da 10 minuti a 24 ore. L'analisi statistica ha utilizzato tutta la base dati disponibile comprensiva delle stazioni storiche del Servizio Idrografico e Mareografico nazionale funzionanti dal 1913 al 2002 e delle stazioni della rete regionale realizzata a partire dal 1987.

Si riportano quindi di seguito i dati ricavati dall'Atlante delle piogge intense per il punto in prossimità dell'area di interesse:

Atlante piogge intense in Piemonte (GEV)



Comune di **Bricherasio** (lat: 4964709.95493 , lon: 365905.454713)

Parametri della curva di probabilità pluviometrica. **a: 27.2 n: 0.41**

CSV

Excel

Fattore di crescita KT

K2	K5	K10	K20	K50	K100	K200
0.9	1.3	1.5	1.7	2	2.2	2.4

Piogge di assegnato tempo di ritorno per durate da 10 minuti a 24 ore (mm)

CSV

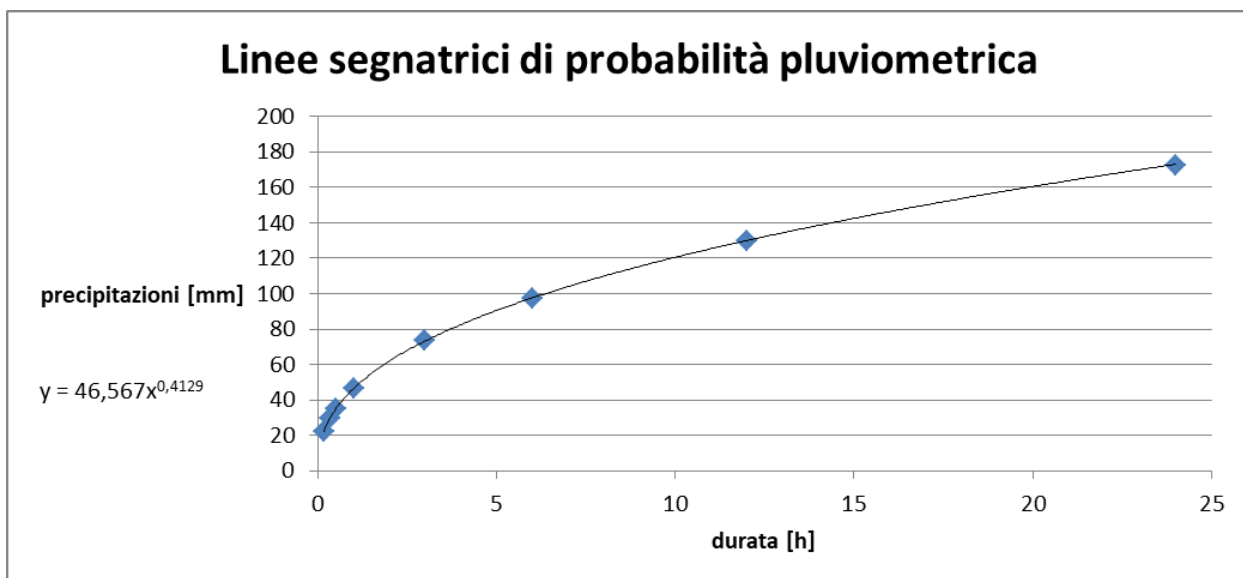
Excel

Durata	Tempo di ritorno in anni						
	2	5	10	20	50	100	200
10 minuti	12.1	16.5	19.3	22.1	25.5	28.1	30.7
20 minuti	16.2	22.1	26	29.6	34.3	37.8	41.2
30 minuti	19.2	26.2	30.7	35.1	40.6	44.7	48.8
1 ora	25.6	34.9	40.9	46.7	54.1	59.5	64.9
3 ore	40.2	54.8	64.3	73.4	85	93.6	102
6 ore	53.4	72.8	85.5	97.6	113	124.4	135.7
12 ore	71	96.9	113.8	129.8	150.3	165.5	180.4
24 ore	94.5	128.8	151.3	172.6	199.9	220.1	240

Per ricavare i parametri a ed n si rappresentano su un grafico i valori di $P(d)$ per il tempo di ritorno scelto, in questo caso 20 anni, e si interpolano i dati con una linea che ha come equazione una legge di potenza, per cui noti dal grafico il termine noto e la pendenza della retta è possibile stimare i 2 parametri a ed n .

Si riporta di seguito il grafico elaborato:

durata [h]	precipitazioni [mm]
0,17	22,1
0,33	29,6
0,5	35,1
1	46,7
3	73,4
6	97,6
12	129,8
24	172,6
Tr 20 anni	



I parametri a ed n sono rispettivamente pari a 46,567 e a 0,4129.

A questo punto si considerano una serie di aree affluenti (1-16), S [kmq]; si determinano per ogni area le lunghezze del percorso di drenaggio, L [km], e l'altitudine media, H [m].

Scelto un tempo di ritorno pari a 20 anni, e stabiliti i parametri a ed n associati alla località in esame e al tempo di ritorno di 20 anni, si può calcolare il tempo di corrivazione (tc [ore] in tabella) con la formula di Giandotti:

$$tc = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$$

in cui:

- ✓ tc è il tempo di corrivazione in [ore], da calcolare;
- ✓ S è la superficie di ogni area in [kmq];
- ✓ L è la lunghezza in [km] del percorso idraulicamente più lungo;
- ✓ H è l'altitudine media in [m] dell'area considerata rispetto alla sezione di chiusura (ovvero il punto di immissione delle acque nella condotta fognaria).

Si considera il coefficiente di afflusso (rapporto tra l'altezza della pioggia netta h_e e l'altezza totale di pioggia h) ϕ e si calcola l'altezza di precipitazione h_c [mm], secondo la formula:

$$h_c = a t_c^n$$

in cui:

- ✓ h_c è l'altezza di pioggia in [mm], da calcolare;
- ✓ a ed n sono i parametri di pioggia determinati;
- ✓ t_c è il tempo di corrivazione in [ore], calcolato.

La portata massima, Q_{max} [mc/s], viene calcolata come:

$$Q_{max} = \phi \frac{h_c}{t_c} S / 3,6$$

in cui:

- ✓ Q_{max} è la portata massima in [m³/s] delle acque bianche associata al tempo di ritorno scelto, da calcolare;
- ✓ ϕ è il coefficiente di afflusso scelto;
- ✓ h_c è l'altezza di pioggia in [mm], calcolata;
- ✓ t_c è il tempo di corrivazione in [ore], calcolato;

✓ S è la superficie del bacino in [km²], nota.

Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti:

Calcolo portata acque bianche						
					Tr 20	
				fi	a	n
				0,5	46,567	0,4129
zone	S [kmq]	L [km]	H [m]	t _c [ore]	h _c [mm]	Qmax [mc/s]
1	0,039	0,081	1	1,14	49	0,23
2	0,009	0,064	1	0,60	38	0,08
3	0,034	0,120	1	1,14	49	0,20
4	0,021	0,120	1	0,95	46	0,14
5	0,043	0,070	0,5	1,65	57	0,21
6	0,063	0,121	0,5	2,09	63	0,26
7	0,013	0,058	0,5	0,94	45	0,08
8	0,026	0,113	1	1,01	47	0,17
9	0,067	0,049	0,5	1,96	61	0,29
10	0,123	0,133	0,5	2,83	72	0,43
11	0,021	0,092	0,5	1,26	51	0,12
12	0,007	0,077	0,5	0,79	42	0,05
						2,27

Si ricorda che nei calcoli non sono state considerate le aree n° 13-16 in quanto le portate derivanti da tale porzione di territorio vengono sfiorate nel canale a cielo aperto ubicato nei pressi del supermercato lungo Stradale Cappella Merli, pertanto non vengono convogliate nel collettore fognario in arrivo presso l'impianto di depurazione di Bricherasio.

La portata delle acque bianche associata ad un tempo di ritorno pari a 20 anni, portata convogliata nel collettore fognario in arrivo dal centro abitato di Bricherasio, risulta essere pari a **2,27 m³/s**.

B. CALCOLO DELLA PORTATA DELLE ACQUE NERE

Si calcola la portata delle acque nere di progetto Q_m [litri/giorno] applicando la formula dipendente dalla dotazione idrica giornaliera:

$$Q_m = P \cdot d_{ab} \cdot \varepsilon$$

Si assumono i seguenti dati:

- ✓ un numero di abitanti P pari a 3800;
- ✓ una dotazione media annua d_{ab} di 250 litri/abitante;
- ✓ un coefficiente di afflusso ε pari all'80%.

Si riportano di seguito i calcoli svolti:

Calcolo portata acque nere		
Numero abitanti P	3.800	ab
Dotazione idrica giornaliera d_{ab}	250	l/(d·ab)
Coefficiente di afflusso in fognatura ε	0,80	-
Portata media Q_m	760.000	l/giorno
Portata media Q_m	760	mc/giorno
Portata media Q_m	32	mc/h
Portata media Q_m	0,009	mc/s

La portata media delle acque nere proveniente dal collettore fognario in arrivo dal centro abitato di Bricherasio, risulta essere pari a **0,009 m³/s**.

Sommando la portata delle acque bianche e la portata delle acque nere si ottiene un valore di portata massima pari a: **2,27 m³/s + 0,009 m³/s = 2,279 m³/s ≈ 2,28 m³/s**.

Somma portate acqua bianche	2,27	mc/s
Somma portate acque nere	0,009	mc/s

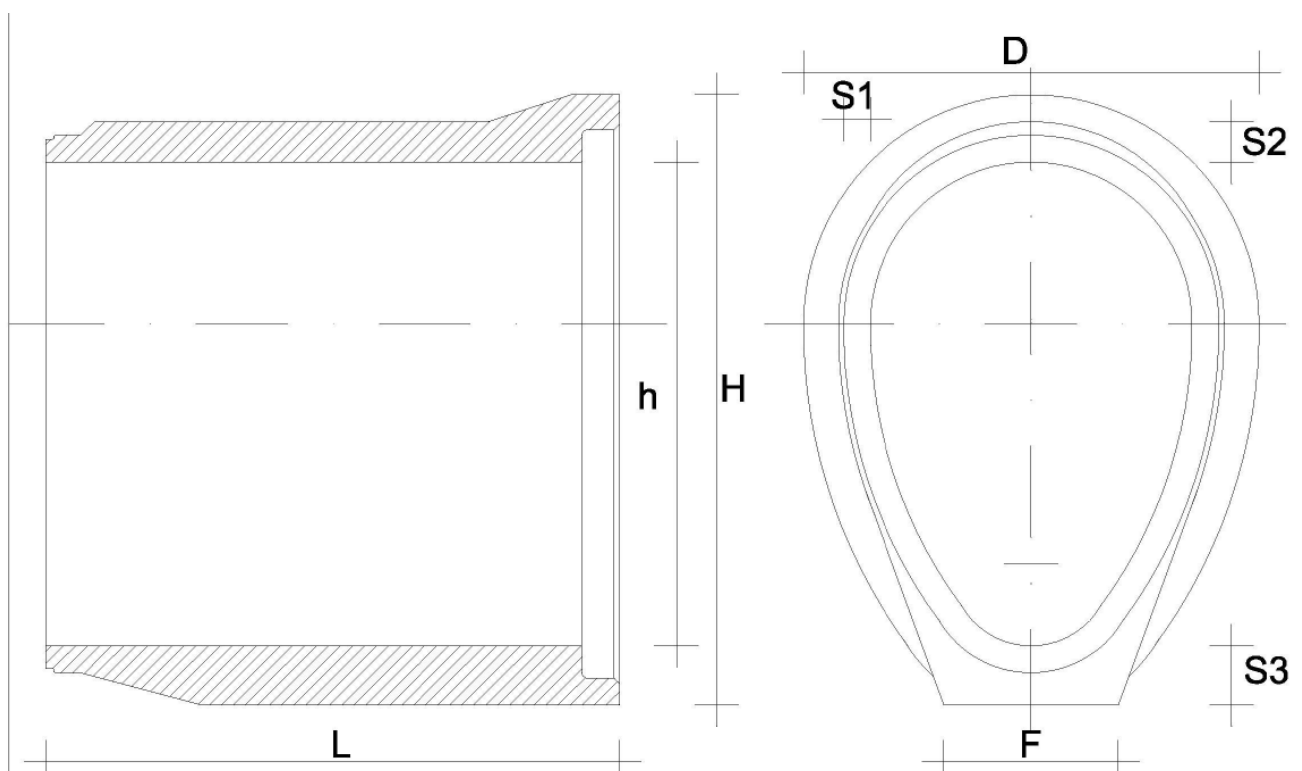
Somma portate acqua bianche e acque nere

2,279

mc/s

C. CALCOLO DELLA PORTATA EVACUABILE TRAMITE LA CONDOTTA OVOIDALE ESISTENTE

Il collettore fognario delle acque miste in arrivo presso l'impianto di depurazione di Bricherasio è una condotta in calcestruzzo di forma ovoidale come quella di seguito rappresentata:



CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

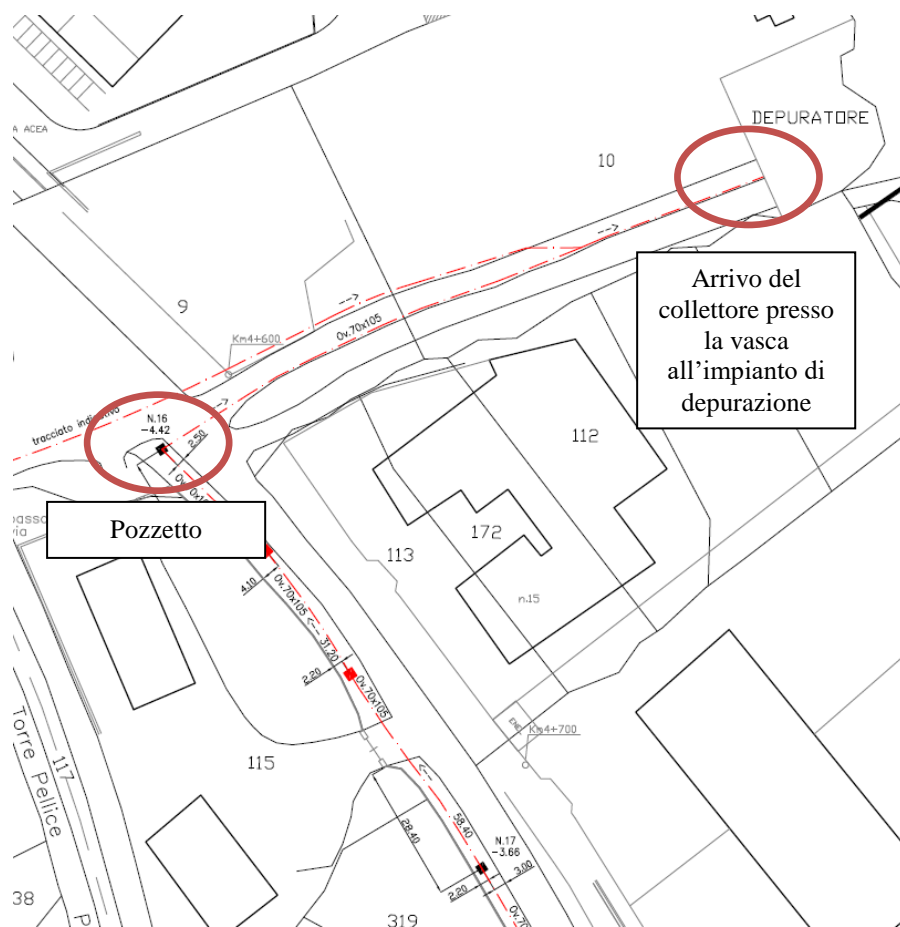
DIAMETRO mm. d x h	spessori			base	bicch.	PESO	D	H	lungh.	area	tipo	contorno
	S1	S2	S3	F	T2	kg./mt.	mm.	mm.	L	interna	anello	bagnato
700 x 1050	84	95	110	440	115	1050	1030	1360	2000	5628	20/3100	2,80
800 x 1200	94	110	130	520	110	1200	1170	1540	2000	7351	20/3400	3,20
1000 x 1500	110	146	160	600	120	1900	1420	1900	2000	11486	24/4300	4,00
1200 x 1800	122	160	180	750	140	2300	1660	2300	2000	16545	24/5500	4,80

Secondo i dati forniti e dal rilievo effettuato sul posto la condotta è di dimensioni 800 x 1200 mm.

Si costruisce la scala di deflusso della condotta a sezione ovoidale, ovvero una curva che mostra la variazione della portata evacuabile in relazione ad uno specifico tirante d'acqua.

Sono note le caratteristiche geometriche della condotta, la tipologia di materiale. Non è nota la pendenza del collettore per cui, non essendo possibile determinare la pendenza del collettore fognario in arrivo dal centro abitato di Bricherasio, si sceglie di considerare come pendenza quella rilevata tra l'ultimo pozzetto del collettore fognario (collocato sulla strada SP 161) e l'ingresso del collettore nella vasca, presente prima dell'impianto di depurazione. Sono note le quote al piano campagna dei due punti, le profondità: pertanto è possibile determinare la quota di scorrimento all'interno del pozzetto e all'ingresso del collettore nella vasca. Nota la distanza che intercorre tra il pozzetto e il punto di ingresso nella vasca e note le quote è possibile determinare la pendenza dell'ultimo tratto del collettore.

Pendenza tra ultimo pozzetto e vasca esistente		
quota pozzetto piano campagna	422,535	m s.l.m.
profondità pozzetto	4,42	m
quota scorrimento pozzetto	418,115	m s.l.m.
quota scorrimento vasca esistente	417,15	m s.l.m.
distanza	146	m
pendenza	0,0066	m/m
	0,66%	



Si ricava pertanto una pendenza pari allo **0,66%**.

Si assumono quindi come dati noti sia la pendenza della condotta ricavata, pari al 0,66%, che la scabrezza del materiale, in questo caso calcestruzzo, con un coefficiente di Strickler pari a $100 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. A questo punto, nota la geometria della sezione, si ipotizzano alcuni valori del tirante idrico e per ognuno di questi si determinano l'area e il contorno bagnato. Rapportando i due valori si ottiene il raggio idraulico. La portata viene calcolata con la formula:

$$Q = k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot v_i$$

dove:

✓ Q è la portata [m^3/s];

✓ k_s è la scabrezza della condotta [$m^{1/3}/s$];

✓ R è il raggio idraulico della condotta [m];

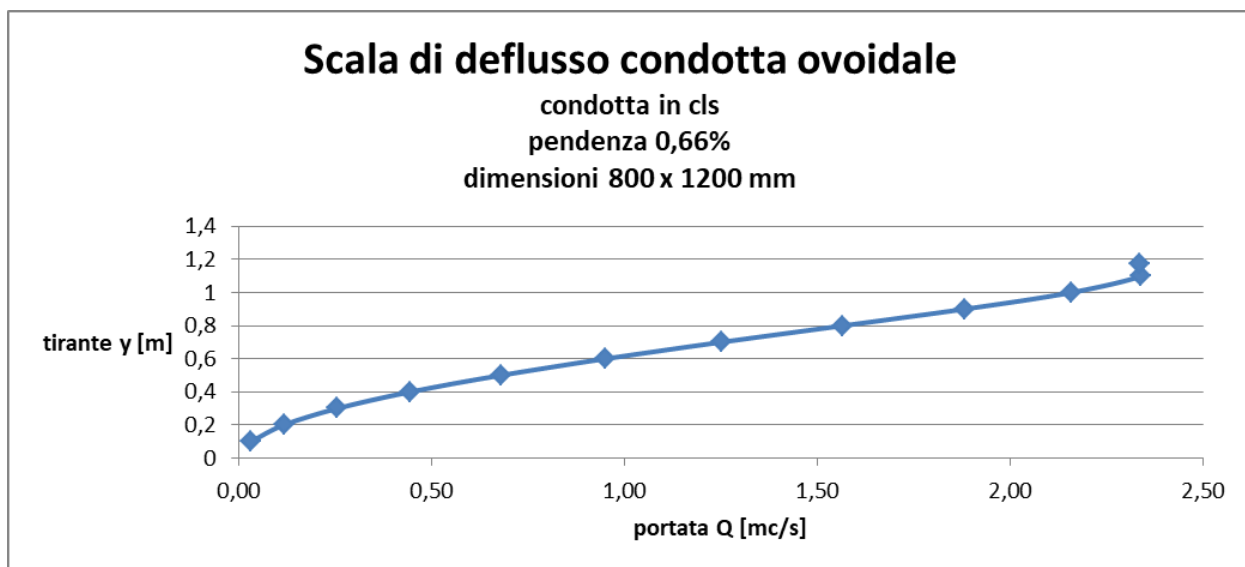
✓ A è l'area bagnata [m^2];

✓ i è la pendenza della condotta [-].

Si riportano di seguito i valori ottenuti e la scala di deflusso delle portate. Come è possibile osservare, la portata massima evacuabile con una condotta in calcestruzzo a sezione ovoidale, con le caratteristiche sopra descritte, è pari a **2,34 m³/s**.

Scala di deflusso condotta ovoidale		
Pendenza	0,0066	-
Scabrezza k_s	100	$m^{1/3}/s$

Tirante y [m]	Area A [mq]	Perimetro P [m]	Raggio idraulico R [m]	Portata evacuabile Q [mc/s]
0,1	0,02	0,43	0,06	0,03
0,2	0,07	0,66	0,10	0,12
0,3	0,12	0,89	0,13	0,26
0,4	0,18	1,10	0,16	0,44
0,5	0,25	1,31	0,19	0,68
0,6	0,33	1,52	0,21	0,95
0,7	0,40	1,72	0,24	1,25
0,8	0,48	1,92	0,25	1,57
0,9	0,56	2,12	0,26	1,88
1	0,63	2,34	0,27	2,16
1,1	0,70	2,61	0,27	2,34
1,17	0,72	2,89	0,25	2,34



La condotta ovoidale pertanto risulta essere in grado di evacuare la portata massima calcolata come somma della portata delle acque bianche e della portata delle acque nere, pari a $2,27 \text{ m}^3/\text{s} + 0,009 \text{ m}^3/\text{s} = 2,279 \text{ m}^3/\text{s} \approx 2,28 \text{ m}^3/\text{s}$.

Si sceglie di utilizzare come portata di progetto massima in arrivo nel collettore $2,34 \text{ m}^3/\text{s}$ ($8418 \text{ m}^3/\text{h}$), ovvero la massima portata evacuabile dalla condotta ovoidale.

D. CALCOLO DELLA PORTATA DI INIZIO SFIORO DELLE ACQUE NERE (5Qm)

La portata in arrivo alla vasca esistente, da cui attualmente si diparte la condotta che porta le acque all'impianto di depurazione, dovrà essere indirizzata al collettore fognario di valle, oppure al corpo idrico recettore nel momento in cui la portata cresce e supera un valore che da normativa risulta essere pari a 5 volte la portata media delle acque nere (5Qm). Il valore di 5Qm da normativa deve essere impiegato per il dimensionamento dello sfioro.

Facendo un calcolo di massima, utilizzando la formula già utilizzata per il calcolo della portata delle acque nere:

$$Q_m = P \cdot d_{ab}$$

Assumendo i seguenti dati:

- ✓ un numero di abitanti P pari a 3800;
- ✓ una dotazione media annua d_{ab} di 250 litri/abitante;

E moltiplicando il risultato per 5 si ricava un valore di $5Q_m$ pari a circa $200 \text{ m}^3/\text{h}$, valore cautelativo.

Se invece si utilizza la formula estesa per il calcolo della Q_m , quindi tenendo conto di un fattore di riduzione dovuto al fatto che non tutta l'acqua utilizzata dai singoli abitanti viene poi riversata nella fognatura, si ricava un valore di portata media nera che moltiplicato per 5 fornisce un valore di $5Q_m$ pari a circa $158 \text{ m}^3/\text{h}$, ovvero **$0,044 \text{ m}^3/\text{s}$** .

Si riporta di seguito la tabella con i risultati ottenuti:

Calcolo $5Q_m$		
Numero abitanti P	3.800	ab
Dotazione idrica giornaliera d_{ab}	250	l/(d·ab)
Coefficiente di afflusso in fognatura ϵ	0,80	-
Portata media Q_m	760.000	l/giorno
Portata media Q_m	760	mc/giorno
Portata media Q_m	32	mc/h
Portata media Q_m	0,009	mc/s
Portata di inizio sfioro $5 \cdot Q_m$ (calcolo di massima)	200	mc/h
Portata di inizio sfioro $5 \cdot Q_m$ (calcolo di massima)	0,056	mc/s
Portata di inizio sfioro $5 \cdot Q_m$	158	mc/h
Portata di inizio sfioro $5 \cdot Q_m$	0,044	mc/s

E. DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DA SOTTOPORRE A GRIGLIATURA

La portata sfiorata in esubero rispetto alla $5Q_m$ verrà sottoposta a trattamento di grigliatura, per evitare di riversare nel Canale i rifiuti derivanti dalla fognatura.

Si utilizza a tal scopo una griglia meccanica (fare riferimento al Paragrafo 5 dedicato alle caratteristiche della griglia) che tuttavia risulta essere in grado di trattare una portata pari a **$700 \text{ m}^3/\text{h}$ ($0,194 \text{ m}^3/\text{s}$)**. Poiché la griglia non è in grado di filtrare la portata massima in arrivo dal collettore fognario ovoidale, nel momento in cui si supera il valore di portata grigliabile è previsto un secondo sfioro che si attiverà solamente in caso di portate eccezionali.

F. RIASSUNTO DELLE PORTATE UTILI AL PROGETTO

Si riporta di seguito una tabella con l'indicazione delle diverse portate calcolate e utilizzate per il dimensionamento della vasca di sfioro e della condotta di fognatura delle acque nere in progetto:

Portata massima di progetto Q_{max}	2,34	mc/s	8418	mc/h
Portata nera media Q_m	0,009	mc/s	32	mc/h
Portata $5Q_m$	0,044	mc/s	158	mc/h
Portata di sfioro $Q_s = Q_{max} - 5Q_m$	2,294	mc/s	8260	mc/h
Portata grigliabile Q_g	0,194	mc/s	700	mc/h
Portata non grigliabile $Q_{ng} = Q_s - Q_g$	2,100	mc/s	7560	mc/h

Dove:

- la Q_{max} è la portata massima evacuabile dal collettore ovoidale in arrivo presso la vasca di sfioro esistente, quindi la massima portata che può interessare il manufatto (per il calcolo di tale portata fare riferimento al Paragrafo 2.C);

- la Q_m è la portata media delle acque nere (per il calcolo di tale portata fare riferimento al Paragrafo 2.B);

- la $5Q_m$ (da normativa) è la portata massima che può essere convogliata verso l'impianto di depurazione (in questo caso verso il collettore di valle). Oltre questo valore la portata viene sfiorata. Questo valore di portata è stato utilizzato per dimensionare la sagoma della tubazione in polipropilene all'interno della vasca, tubazione che prosegue con la condotta della fognatura nera. La tubazione sagomata funge da sfioro per la $5Q_m$ (per il calcolo di tale portata fare riferimento al Paragrafo 2.D);

- la Q_s è la portata che deve essere sfiorata, non convogliabile nella condotta della fognatura nera in progetto. La Q_s verrà sfiorata in due fasi: un primo sfioro, che avviene in corrispondenza del collettore sagomato, per convogliare la portata da grigliare al canale dove è ubicata la griglia (per il dimensionamento dello sfioro fare riferimento al Paragrafo 4.A), e un secondo sfioro, che avviene in corrispondenza della soglia sfiorante, per convogliare la portata non grigliabile direttamente verso lo scarico (per il dimensionamento dello sfioro fare riferimento al Paragrafo 4.B);

- la Q_g è la portata grigliabile, ovvero la portata che può essere sottoposta al trattamento di grigliatura. Tale portata verrà sfiorata in corrispondenza del collettore sagomato (per le caratteristiche della griglia meccanica fare riferimento al Paragrafo 5);

- la Q_{ng} è la portata non grigliabile, ovvero la portata in esubero che non può subire il processo di grigliatura. Tale portata verrà sfiorata in corrispondenza della soglia sfiorante.

3. DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE

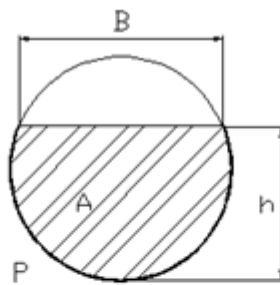
Si tratta ora di determinare i diametri delle condotte che dovranno evacuare rispettivamente la portata delle acque nere, portate fino alla $5Q_m$, e la portata di sfioro, portate oltre la $5Q_m$.

A. DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA DELLE ACQUE NERE (fino a $5Q_m$)

A questo punto si determina il diametro utile per evacuare la portata pari a $5Q_m$.

Si sceglie di utilizzare una condotta in polipropilene e si determina il diametro a partire dalla portata da evacuare nota, conoscendo le caratteristiche del materiale della condotta.

Essendo note le caratteristiche della condotta in progetto sono note la pendenza e la scabrezza. Si assume un riempimento pari al 80% e si calcolano area A e contorno bagnati P secondo le formule riportate di seguito:



$$A = \frac{1}{2} r^2 \left[\frac{\pi}{90^\circ} \cdot \arccos \left(1 - \frac{h}{r} \right) - \sin \left[2 \arccos \left(1 - \frac{h}{r} \right) \right] \right]$$

$$P = r \left[\frac{\pi}{90^\circ} \arccos \left(1 - \frac{h}{r} \right) \right]$$

dove:

- ✓ h è il tirante della corrente, dato dal prodotto tra il diametro della condotta e il grado di riempimento;
- ✓ r è il raggio, pari alla metà del diametro della condotta.

Noti area e contorno bagnato si calcola il raggio idraulico R come rapporto tra i due valori, e successivamente si determina la portata secondo la formula seguente:

$$Q = k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot v_i$$

dove:

- ✓ Q è la portata [m^3/s];
- ✓ k_s è la scabrezza della condotta [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$];
- ✓ R è il raggio idraulico della condotta [m];
- ✓ A è l'area bagnata [m^2];
- ✓ i è la pendenza della condotta [-].

Scrivendo la formula come:

$$k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot \sqrt{i} - Q = 0$$

Si determina il valore del diametro tale per cui l'equazione sia nulla; diametro che corrisponde a quello utile per evacuare la portata Q_m di progetto.

Si sceglie di utilizzare, indipendentemente dal risultato della verifica, un diametro interno della condotta pari a **400 mm**, pertanto si verifica con le medesime formule la portata che è in grado di evacuare tale tubazione.

Utilizzando la formula di Chezy nella forma:

$$Q = k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot \sqrt{i}$$

Si ricava che la condotta di diametro 400 mm con le caratteristiche assunte è in grado di evacuare una portata pari a **0,17 m^3/s** , ampiamente superiore al valore di $5Q_m$ (0,044 m^3/s).

Si riporta di seguito la tabella con i risultati ottenuti:

Determinazione diametro condotta per $5Q_m$		
Diametro condotta	0,24	m
Pendenza	0,003	-

Scabrezza k_s	120	$m^{1/3}/s$
Grado di riempimento h/D	0,8	-
Tirante h	0,19	m
par 1	126,87	-
par 2	-0,96	-
Sezione idrica A	0,0390	mq
Perimetro bagnato P	0,5326	m
Raggio idraulico R	0,0732	m
Portata di inizio sfioro $5 \cdot Q_m$	0,044	mc/s
Portata evacuabile Q	0,00	mc/s

Diametro D condotta acque nere scelto	0,40	m
---	------	---

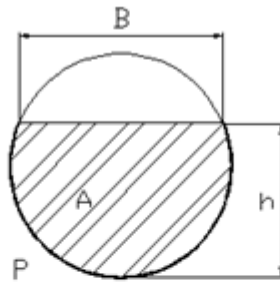
Verifica diametro condotta scelto per $5Q_m$		
Diametro condotta	0,40	m
Pendenza	0,003	-
Scabrezza k_s	120	$m^{1/3}/s$
Grado di riempimento h/D	0,8	-
Tirante h	0,32	m
par 1	126,87	-
par 2	-0,96	-
Sezione idrica A	0,1078	mq
Perimetro bagnato P	0,8857	m
Raggio idraulico R	0,1217	m
Portata di inizio sfioro $5 \cdot Q_m$	0,044	mc/s
Portata evacuabile Q	0,17	mc/s

B. DIMENSIONAMENTO DELLA CONDOTTA DELLE ACQUE DI SFIORO (oltre $5Q_m$)

A questo punto si determina il diametro utile per evacuare la sfiorata rispetto alla $5Q_m$.

Si sceglie di utilizzare una condotta in cls e si determina il diametro a partire dalla portata da evacuare nota, conoscendo le caratteristiche del materiale della condotta.

Essendo note le caratteristiche della condotta in progetto, la pendenza e la scabrezza. Si assume un riempimento pari al 80% e si calcolano area A e contorno bagnati P secondo le formule riportate di seguito:



$$A = \frac{1}{2} r^2 \left[\frac{\pi}{90^\circ} \cdot \arccos \left(1 - \frac{h}{r} \right) - \sin \left[2 \arccos \left(1 - \frac{h}{r} \right) \right] \right]$$

$$P = r \left[\frac{\pi}{90^\circ} \arccos \left(1 - \frac{h}{r} \right) \right]$$

dove:

- ✓ h è il tirante della corrente, dato dal prodotto tra il diametro della condotta e il grado di riempimento;
- ✓ r è il raggio, pari alla metà del diametro della condotta.

Noti area e contorno bagnato si calcola il raggio idraulico R come rapporto tra i due valori, e successivamente si determina la portata secondo la formula seguente:

$$Q = k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot v_i$$

dove:

- ✓ Q è la portata [m^3/s];
- ✓ k_s è la scabrezza della condotta [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$];
- ✓ R è il raggio idraulico della condotta [m];
- ✓ A è l'area bagnata [m^2];
- ✓ i è la pendenza della condotta [-].

Scrivendo la formula come:

$$k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot \sqrt{i} - Q = 0$$

Si determina il valore del diametro tale per cui l'equazione sia nulla, diametro che corrisponde a quello utile per evacuare la portata di sfioro di progetto.

Si sceglie di utilizzare, indipendentemente dal risultato della verifica, un diametro interno della condotta pari a **1000 mm**, pertanto si verifica con le medesime formule la portata che è in grado di evacuare tale tubazione.

Utilizzando la formula di Chezy nella forma:

$$Q = k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot \sqrt{i}$$

Si ricava che la condotta di diametro 1000 mm con le caratteristiche assunte è in grado di evacuare una portata pari a **3,05 m³/s**, ampiamente superiore al valore della portata sfiorata (2,294 m³/s)..

Si riporta di seguito la tabella con i risultati ottenuti:

Determinazione diametro condotta per la Q sfiorata		
Diametro condotta	0,90	m

Pendenza	0,01	-
Scabrezza k_s	100	$m^{1/3}/s$
Grado di riempimento h/D	0,8	-
Tirante h	0,72	m
par 1	126,87	-
par 2	-0,96	-
Sezione idrica A	0,5445	mq
Perimetro bagnato P	1,9909	m
Raggio idraulico R	0,2735	m
Portata di sfioro da evacuare	2,294	mc/s
Portata evacuabile Q	0,00	mc/s

Diametro D condotta acque nere scelto	1,00	m
---	------	---

Verifica diametro condotta scelto per 5Qm		
Diametro condotta	1,00	m
Pendenza	0,01	-
Scabrezza k_s	100	$m^{1/3}/s$
Grado di riempimento h/D	0,8	-
Tirante h	0,80	m
par 1	126,87	-
par 2	-0,96	-
Sezione idrica A	0,6736	mq
Perimetro bagnato P	2,2143	m
Raggio idraulico R	0,3042	m
Portata di sfioro da evacuare	2,294	mc/s
Portata evacuabile Q	3,05	mc/s

4. DIMENSIONAMENTO DEGLI SFIORATORI

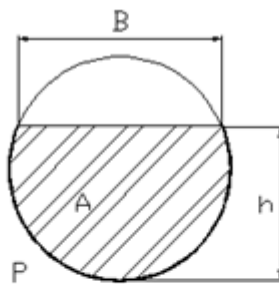
Si dimensionano ora due sfioratori che consentiranno lo sfioro rispettivamente della portata che dovrà essere grigliata (sfioro che entra in funzione nel momento in cui si supera la

5Q_m) e della portata in esubero rispetto alla portata grigliabile (sfioro che entra in funzione nel momento in cui si supera la portata grigliabile).

A. DIMENSIONAMENTO DELLO SFIORO PER LA Q>5Q_m

Si determina l'altezza che dovrà avere lo sfioro al fine di consentire l'allontanamento della portata nel momento in cui questa supera il valore calcolato pari a 5Q_m. In questo caso si sceglie di utilizzare all'interno della vasca in progetto una condotta circolare di diametro 400 mm interna sezionata ad un'altezza pari da consentire la fuoriuscita della portata che supera il valore della 5Q_m. In questo modo è sufficiente determinare il tirante associato alla portata 5Q_m all'interno della condotta circolare di diametro 400 mm, così che la condotta stessa sarà sezionata ad un'altezza pari al tirante calcolato; la portata nera verrà incanalata nella condotta di fognatura nera in progetto, con le stesse caratteristiche in termini di diametro e materiale della condotta sezionata utilizzata per lo sfioro, mentre la portata in esubero verrà allontanata in un altro canale.

Si assume una condotta circolare in polipropilene di diametro interno 400 mm. Sono noti i parametri di progetto: diametro, caratteristiche del materiale, e di conseguenza la scabrezza, e pendenza della condotta. Si assume un valore del tirante h di tentativo e si determinano area A e contorno bagnato P secondo le formule riportate di seguito:



$$A = \frac{1}{2} r^2 \left[\frac{\pi}{90^\circ} \cdot \arccos \left(1 - \frac{h}{r} \right) - \sin \left[2 \arccos \left(1 - \frac{h}{r} \right) \right] \right]$$

$$P = r \left[\frac{\pi}{90^\circ} \arccos \left(1 - \frac{h}{r} \right) \right]$$

dove:

✓ h è il tirante della corrente, assunto con un valore di tentativo;

✓ r è il raggio, pari alla metà del diametro della condotta.

Noti area e contorno bagnato si calcola il raggio idraulico R come rapporto tra i due valori, e successivamente si determina la portata secondo la formula seguente:

$$Q = k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot \sqrt{i}$$

dove:

✓ Q è la portata [m^3/s];

✓ k_s è la scabrezza della condotta [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$];

✓ R è il raggio idraulico della condotta [m];

✓ A è l'area bagnata [m^2];

✓ i è la pendenza della condotta [-].

Scrivendo la formula come:

$$k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot \sqrt{i} - Q = 0$$

Si determina il valore del tirante tale per cui l'equazione sia nulla; tirante che corrisponde a quello di una portata pari alla $5Q_m$, ovvero la portata massima evacuabile tramite condotta per le acque nere. Oltre tale valore la portata viene deviata in un altro canale.

Si riporta di seguito la tabella con i risultati ottenuti:

Dimensionamento sfioratore laterale per $Q > 5Q_m$		
Diametro condotta	0,40	m

Pendenza	0,01	-
Scabrezza k_s	120	$m^{1/3}/s$
Tirante h	0,10	m
par 1	59,83	-
par 2	0,87	-
Sezione idrica A	0,0244	m^2
Perimetro bagnato P	0,4177	m
Raggio idraulico R	0,0584	m
Portata di inizio sfioro $5 \cdot Q_m$	0,044	m^3/s
Portata evacuabile Q	0,00	m^3/s
Riempimento	0,25	-

Si ricava che il tirante all'interno della condotta circolare è pari a **0,10 m**, pertanto la tubazione verrà sezionata a 10 cm all'interno della vasca. La tubazione avrà un riempimento pari al 26 %.

B. DIMENSIONAMENTO DELLO SFIORO PER LA $Q > Q_{grigliabile}$

La portata in eccesso rispetto al valore calcolato della $5Q_m$ viene convogliata verso una condotta di scarico che si immette nel Canale delle Quaie, canale a pelo libero esistente a valle dell'impianto di depurazione esistente. Per migliorare la qualità delle acque di scarico si intende effettuare un trattamento di grigliatura meccanica con griglia sub-verticale.

La griglia in progetto è in grado di trattare una portata pari a $700 \text{ m}^3/h$ (vedere Paragrafo 5 per le caratteristiche della griglia in progetto), ovvero $0,194 \text{ m}^3/s$, che corrispondono a circa l'8% della massima portata in arrivo tramite il collettore ovoidale esistente. Poiché però la portata massima si registra solamente nel caso di eventi di pioggia eccezionali (si ricorda che la portata delle acque bianche calcolata per il territorio di Bricherasio pari a $2,27 \text{ m}^3/s$ è una portata di piena associata a tempo di ritorno 20 anni), si sceglie di non impiegare un sistema di macchine in grado di effettuare il trattamento di grigliatura su una portata di piena, pertanto, qualora la portata in arrivo alla vasca di sfioro in progetto superi il valore di $700 \text{ m}^3/h$, la portata massima trattabile dalla griglia, l'acqua verrà sfiorata e convogliata direttamente alla condotta di scarico.

Si tratta ora di dimensionare tale sfioratore: si determina il tirante assunto dalla portata massima grigliabile all'interno della vasca di sfioro in progetto. A questo valore del tirante corrisponde una soglia sfiorante che entrerà in funzione nel momento in cui la portata in arrivo dal collettore ovoidale della rete fognaria supererà il valore della portata massima grigliabile (700 m³/h).

Per il calcolo si ricorre alla formula di Chezy:

$$Q = k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot \sqrt{i}$$

dove:

- ✓ Q è la portata, pari alla portata massima grigliabile con la macchina scelta [m³/s];
- ✓ k_s è la scabrezza del canale [m^{1/3}/s];
- ✓ R è il raggio idraulico del canale [m];
- ✓ A è l'area bagnata [m²];
- ✓ i è la pendenza del canale [-].

L'area e il perimetro bagnati vengono calcolati con le formule per la sezione rettangolare:

$$A = b \cdot h$$

$$P = b + 2 \cdot h$$

dove:

- ✓ b è la base del canale [m];

✓ h è il tirante [m].

Si assume una base b del canale pari alla larghezza massima del collettore ovoidale in arrivo (80 cm), la scabrezza del cls, materiale di cui è realizzata la vasca di sfioro, la pendenza da progetto della vasca.

Utilizzando la formula di Chezy nella forma:

$$k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot \sqrt{i} - Q = 0$$

Si determina il valore del tirante tale per cui l'equazione sia nulla, tirante che corrisponde alla portata massima grigliabile, pari all'altezza della soglia sfiorante oltre il quale la portata in arrivo viene scaricata direttamente senza essere sottoposta a processo di grigliatura.

Una volta assunta l'altezza di sfioro si determina l'altezza del tirante sopra la soglia sfiorante, per verificare che l'acqua risulti contenuta all'interno della vasca in progetto.

Si sceglie una larghezza di sfioro pari a 1,70 m, l'altezza della soglia sfiorante è pari al tirante determinato, si calcola il coefficiente di efflusso sopra la soglia:

$$\mu = (0,405 + \frac{0,003}{h}) \cdot (1 + 0,55 \cdot \frac{h^2}{H^2})$$

dove:

✓ h è l'altezza totale del fluido sopra la soglia sfiorante [m];

✓ H è l'altezza totale del fluido a monte della soglia [m].

Si determina la portata transitabile sopra la soglia sfiorante con la formula seguente:

$$Q = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

dove:

- ✓ μ è il coefficiente di efflusso calcolato prima [m];
- ✓ b è la larghezza della soglia sfiorante [m];
- ✓ g è l'accelerazione di gravità [m/s²];
- ✓ h è l'altezza totale del fluido sopra la soglia sfiorante [m];
- ✓ Q è la portata che deve transitare al di sopra della soglia sfiorante, data dalla differenza tra la portata massima in arrivo dal collettore ovoidale e la portata massima che subirà il trattamento di grigliatura meccanica [m³/s].

Ponendo la formula nella forma:

$$\mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2} - Q = 0$$

Si determina il valore di H tale per cui l'equazione sia nulla.

Si ricava che l'altezza della soglia sfiorante dovrà essere pari a **13 cm**, con una larghezza pari a **1,70 m**, dimensioni che determinano un'altezza del fluido a monte della soglia di **76 cm**, pertanto, anche in caso di piena, la portata risulta essere interamente contenuta all'interno della vasca di sfioro.

Si riportano di seguito i calcoli svolti:

Dimensionamento sfioratore laterale per $Q > Q_{\max}$ grigliabile		
Canale rettangolare: dimensionamento altezza sfioro		
Base B canale	0,8	m
Pendenza	0,01	-

Scabrezza k_s	100	$m^{1/3}/s$
Tirante h	0,12	m
Sezione idrica A	0,096	mq
Perimetro bagnato P	1,039	m
Raggio idraulico R	0,092	m
Portata evacuabile Q	0,00	mc/s
Portata di inizio sfioro = Q_{max} griglia	0,194	mc/s
Altezza soglia di sfioro scelta	0,13	m
Canale rettangolare: dimensionamento larghezza sfioro		
Larghezza della soglia Δs	1,700	m
Altezza soglia c	0,13	m
Altezza totale del fluido a monte della soglia H	0,76	m
Altezza totale del fluido sopra la soglia (battente) h	0,63	m
Coefficiente di efflusso μ	0,56	-
Portata da sfiorare = Q_{max} - Q_{max} grigliabile	2,10	mc/s
Portata sfiorata Q	0,00	mc/s

5. DIMENSIONAMENTO PER IL TRATTAMENTO DI GRIGLIATURA

A. CARATTERISTICHE DELLA GRIGLIA MECCANICA

È prevista all'interno del manufatto in progetto una griglia di tipo meccanico per effettuare il trattamento di grigliatura delle acque di sfioro.

La griglia prevista è del tipo meccanico e verrà calata direttamente nel canale a contatto con il fondo e con le pareti laterali, è costituita da una serie di barre in acciaio zincato con spaziatura delle barre di 15 mm.

Il sollevamento e compattazione dei corpi solidi separati saranno allontanati da un pettine collegato ad una catena. Su questa griglia sono trattenute le particelle solide (di dimensioni superiori a quella della fessura interstiziale); il fluido così ripulito, attraverserà per gravità la griglia fissa e verrà convogliato alla tubazione di scarico nel Canale delle Quaie. Un apposito dispositivo costituito da pettini, in acciaio inox, solidali ad una catena di trascinamento,

provvede alla pulizia della griglia e al convogliamento del materiale grigliato verso lo scivolo di scarico in quota.

La griglia sub-verticale permette lo scarico del grigliato ad una quota sufficiente per la compattazione o per l'evacuazione in cassonetto. I materiali solidi privi di acqua sono scaricati direttamente in un sacco della nettezza urbana ubicato all'interno di apposito cassonetto, evitando così agli addetti la manipolazione dei solidi.

Il dimensionamento della griglia è effettuato in base alla portata massima di progetto: in realtà, poiché la portata massima di progetto è una portata di piena, questa si verifica solamente in caso di eventi meteorici eccezionali, pertanto si sceglie di utilizzare per il dimensionamento della griglia una portata standard per queste tipologie di griglie, provvedendo ad evacuare la portata in eccesso tramite ulteriore sfioratore.

Si assumono pertanto i seguenti dati di progetto:

- portata grigliabile: $700 \text{ m}^3/\text{h}$;
- larghezza canale: 1000 mm;
- altezza zona filtrante: 1000 mm;
- luce di filtrazione: 15 mm;
- inclinazione della griglia: 75° .

B. DIMENSIONAMENTO DEL CANALE CHE ALLOGGERA' LA GRIGLIA MECCANICA

Si tratta ora di dimensionare il canale che ospiterà la griglia meccanica. Per il calcolo si ricorre alla formula di Chezy:

$$Q = k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot \sqrt{i}$$

dove:

- ✓ Q è la portata, pari alla portata massima grigliabile con la macchina scelta [m^3/s];
- ✓ k_s è la scabrezza del canale [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$];
- ✓ R è il raggio idraulico del canale [m];
- ✓ A è l'area bagnata [m^2];
- ✓ i è la pendenza del canale [-].

L'area e il perimetro bagnati vengono calcolati con le formule per la sezione rettangolare:

$$A = b \cdot h$$

$$P = b + 2 \cdot h$$

dove:

- ✓ b è la base del canale [m];
- ✓ h è il tirante [m].

Si assume una base b del canale pari a 1 m, ovvero l'ingombro della griglia meccanica, una pendenza pari all'1%, è nota la scabrezza in quanto la vasca è interamente realizzata in cls.

Utilizzando la formula di Chezy nella forma:

$$k_s \cdot R^{2/3} \cdot A \cdot vi - Q = 0$$

Si determina il valore del tirante tale per cui l'equazione sia nulla. Si determina che il tirante in corrispondenza della griglia è pari a **10 cm**, pertanto il canale risulta ampiamente soddisfatto in quanto la portata da grigliare è contenuta all'interno del canale.

Si calcola inoltre la velocità del flusso all'interno del canale come rapporto tra portata grigliabile e area bagnata: si ricava una velocità di **1,92 m/s**, la quale risulta accettabile ai fini del buon funzionamento della griglia.

Si riportano di seguito i calcoli svolti:

Verifica canale che ospita la griglia meccanica		
Base B canale	1,00	m
Pendenza	0,01	-
Scabrezza k_s	100	$m^{1/3}/s$
Tirante h	0,10	m
Sezione idrica A	0,10	mq
Perimetro bagnato P	1,20	m
Raggio idraulico R	0,08	m
Portata da grigliare	0,194	mc/s
Portata evacuabile Q	0,00	mc/s
Velocità V	1,92	m/s