



SCARICATORI DI PIENA

*Meccanismi di funzionamento ed
indicazioni progettuali*

Prof. Ing. Corrado Gisonni

*Dipartimento di Ingegneria
Università degli Studi della Campania «L. Vanvitelli»*

E-Mail: corrado.gisonni@unicampania.it



Università
degli Studi
della Campania
Luigi Vanvitelli
Dipartimento di
Ingegneria

Contenuti:

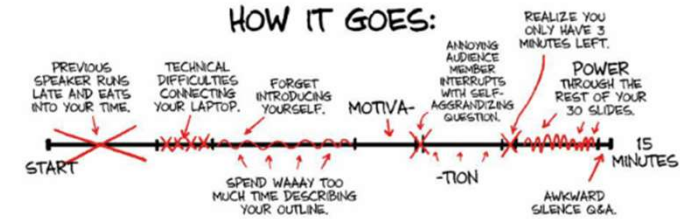
- Introduzione
- Tipologie di manufatti
- Sfiatori laterali
- Scaricatori a salto di fondo
- Conclusioni

YOUR CONFERENCE PRESENTATION

HOW YOU PLANNED IT:



HOW IT GOES:



JORGE CHAN © 2015



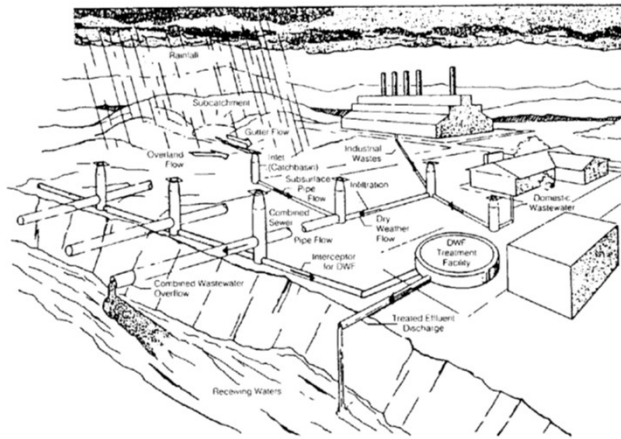
Acque meteoriche, acque di prima pioggia ed acque reflue

Normalmente si assume che le acque meteoriche non siano vettore di sostanze inquinanti.

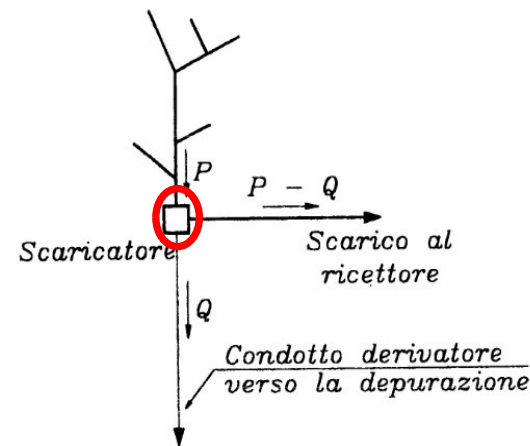
Nella realtà non è così, soprattutto per le acque di prima pioggia originate dai primi istanti durante i quali le superfici scolanti servite dal sistema di drenaggio sono dilavate.

Per contro le acque reflue sono certamente caratterizzate da notevoli concentrazioni di sostanze inquinanti, di natura organica o inorganica, a seconda della provenienza.

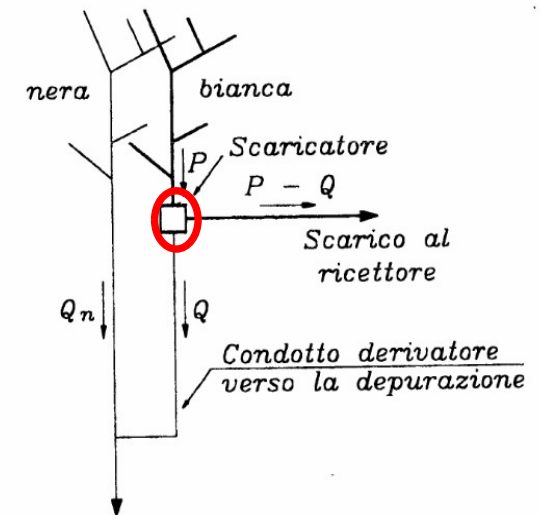
Complessità di un sistema di drenaggio urbano



Rete fognaria unitaria



Rete fognaria separata





D.P.C.M. 4/3/1996

ALLEGATO 1. DIRETTIVE GENERALI E DI SETTORE PER IL CENSIMENTO DELLE RISORSE IDRICHE

8.3. Smaltimento

8.3.1. Depurazione

Gli scarichi delle acque di fognatura immesse nel corpo ricettore debbono essere conformi ai requisiti di qualità fissati dalle vigenti normative. Nel caso di fognature miste l'obbligo è esteso agli scarichi delle acque meteoriche fino al limite di diluizione stabilito in convenzione, espresso come multiplo della portata media di tempo asciutto, che consente il rispetto dei limiti normativi.

Tale limite, in assenza di diverse e puntuali indicazioni, non può essere inferiore a tre volte la portata media di tempo asciutto.



D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Art. 113

Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia

- [1] Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni, previo parere del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, disciplinano e attuano:
- le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;
 - i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque meteoriche di dilavamento, effettuate tramite altre condotte separate, siano sottoposte a particolari prescrizioni, ivi compresa l'eventuale autorizzazione.
- [2] Le acque meteoriche non disciplinate ai sensi del comma 1 non sono soggette a vincoli o prescrizioni derivanti dalla parte terza del presente decreto.
- [3] Le regioni disciplinano altresì i casi in cui può essere richiesto che le acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne siano convogliate e opportunamente trattate in impianti di depurazione per particolari condizioni nelle quali, in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose o di sostanze che creano pregiudizio per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici.
- [4] E' comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.

La «regionalizzazione» dei criteri di salvaguardia e risanamento acque



Regolamento Regionale 29 marzo 2019 - n. 6

- Le acque di prima pioggia corrispondono alla precipitazione di 5 mm uniformemente distribuita sulla superficie scolante.
- La portata nera diluita senza preventiva raccolta in vasche di accumulo viene assunta pari al più elevato dei valori derivanti dai seguenti criteri:
 - a) apporto pro capite di 750 l/AE/giorno, uniformemente distribuito nelle 24 ore. Il valore viene incrementato a 1000 l/AE/giorno quando le acque sfiorate sono direttamente recapitate in laghi, ovvero sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo;
 - b) rapporto di diluizione pari a 2 rispetto alla portata nera, calcolata come media giornaliera per quanto attiene gli apporti civili e come media su 12 ore per quanto attiene gli scarichi industriali.



Il Decreto Legislativo 152/1999 ed il successivo 152/2006 demandano alle Regioni il compito di disciplinare i casi e le modalità con cui tali acque debbano essere smaltite.

La «regionalizzazione» dei criteri di salvaguardia e risanamento acque



Deliberazione della Giunta Regionale 14 febbraio 2005, n. 286

- *Acqua di prima pioggia*: i primi 2,5 – 5 mm. di acqua meteorica di dilavamento uniformemente distribuita su tutta la superficie scolante servita dal sistema di drenaggio
- ...le portate nere diluite siano commisurate a 3÷5 volte le portate nere medie; ne consegue che nell'impianto di trattamento saranno convogliate portate di pioggia pari a 2 ÷ 4 volte le portate nere medie.
- ..Al fine di evitare lo sfioro degli scolmatori delle reti unitarie in condizioni di tempo secco, il valore della portata di sfioro dovrà comunque essere maggiore almeno del 30% della portata massima.



Il Decreto Legislativo 152/1999 ed il successivo 152/2006 demandano alle Regioni il compito di disciplinare i casi e le modalità con cui tali acque debbano essere smaltite.



**Commissariato straordinario per le acque e le bonifiche della Regione Campania (2000)
*Deliberazione del Consiglio regionale n. 114/6 del 30 novembre 1982 (BURC 10 Febbraio 1983)***

- *“...dovrà essere afferita agli impianti di depurazione la totalità dei reflui civili e industriali gravitanti sulle reti degli agglomerati urbani superiori o uguali a 2000 abitanti, con la possibilità, per i sistemi unitari, di collettare in tempo di pioggia sino a cinque volte la portata nera di tempo secco, nonché, per tutti i tipi di rete, un volume di prima pioggia di almeno 25 m³/ha riferito alle superfici stradali direttamente connesse con i sistemi fognari”.*

La «regionalizzazione» dei criteri di salvaguardia e risanamento acque



Il Decreto Legislativo 152/1999 ed il successivo 152/2006 demandano alle Regioni il compito di disciplinare i casi e le modalità con cui tali acque debbano essere smaltite.



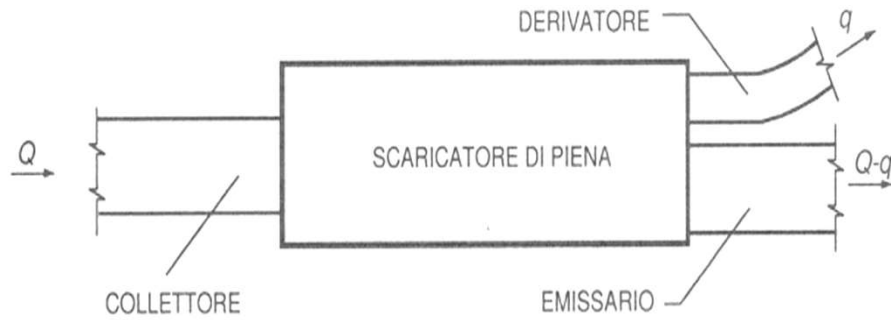
UNI EN 16933-2:2017

Connessioni di scarico e collettori di fognatura all'esterno degli edifici - Progettazione -
Parte 2: Progettazione idraulica

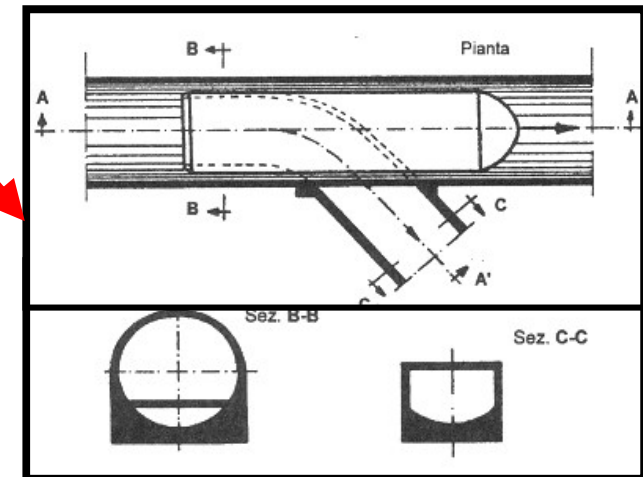
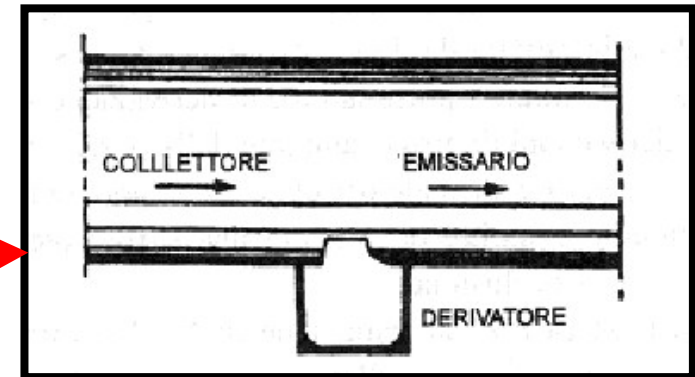
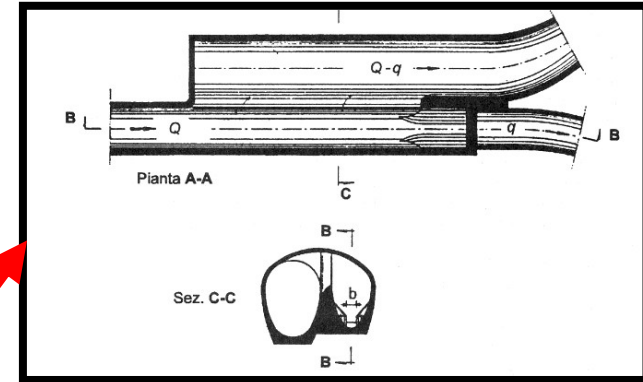
Two relatively simple approaches are also available. A combined sewer overflow may be designed to begin overflow discharge only after reaching a critical rainfall intensity, generally in a range of rates of 10 l/s ha (impermeable area) to 30 l/s ha (impermeable area), depending on the degree of protection required.

Alternatively, when the self-purifying capacity is not at risk, a single criterion (commonly a dilution of 5 to 8 times dry weather flow before spill) may be used as an emission standard.

Come ottenere una buona separazione?



Partizione della portata in uno scaricatore di piena.



Gli scaricatori si suddividono in varie categorie:

a) Scaricatori che deviano la portata in eccesso nell'emissario:

- sfioratori laterali a soglia alta e limitatore di portata al fondo;
- sfioratori laterali a soglia inclinata;
- sfioratori laterali a soglia bassa;
- sifoni.

b) Scaricatori che deviano la portata da depurare:

- scaricatori a salto;
- derivatori frontali;
- derivatori laterali.

c) Scaricatori per mitigazione dell'impatto di inquinanti:

- scaricatori a bacino di calma;
- scaricatori a vortice.

La scelta della tipologia di scaricatore cui ricorrere dipende fortemente da:

- *Condizioni al contorno*
(caratteristiche idrauliche della corrente in ingresso al manufatto, pendenza dei collettori di recapito)
- *Rapporto tra portata sfiorata/derivata su portata totale*
- *Entità delle portate di progetto*
- *Geometria e spazio disponibile all'interno dell'area ove installare il manufatto di separazione*



In linea generale, il comportamento idraulico dei manufatti fognari è fortemente influenzato dal **contenuto energetico delle correnti in ingresso ai manufatti**:

❑ **Correnti in arrivo SUBcritiche**

- Similitudine tra le correnti a pelo libero e quelle in pressione (*modellazione 1D*)
- Necessità di stimare le **perdite di carico concentrate** e di caratterizzare i **profili di corrente**
- Limitazione delle zone di “acqua morta”

❑ **Correnti in arrivo SUPERcritiche**

- A rigore *approccio di tipo 3D*
- Equazioni di natura empirica fondate sui risultati di prove di laboratorio
- Necessità di limitare le irregolarità/instabilità superficiali (**shock waves**)

Nel caso di collettori fognari a sezione circolare (di diametro D), detta Q la portata defluente ed h il tirante idraulico, il **numero di Froude** può essere calcolato ($0.20 < h/D < 0.85$) con un'accuratezza del $\pm 3\%$ come:

$$F = Q / (gDh^4)^{0.5}$$

Nella modellazione idraulica delle correnti a pelo libero, in cui gli effetti scala siano trascurabili, il parametro idraulico principale è proprio rappresentato dal numero di Froude, il cui valore suggerisce importanti informazioni sul comportamento della corrente:

- $0.00 < F < 0.70$ correnti **subcritiche o lente**
- $0.70 < F < 1.50$ correnti **di transizione** (instabile, risalto idraulico ondulato)
- $1.50 < F < 3.00$ correnti **supercritiche o veloci**
- $F > 3.00$ correnti **ipercritiche** (gravi danni in presenza di ostacoli)

SFIORATORE LATERALE

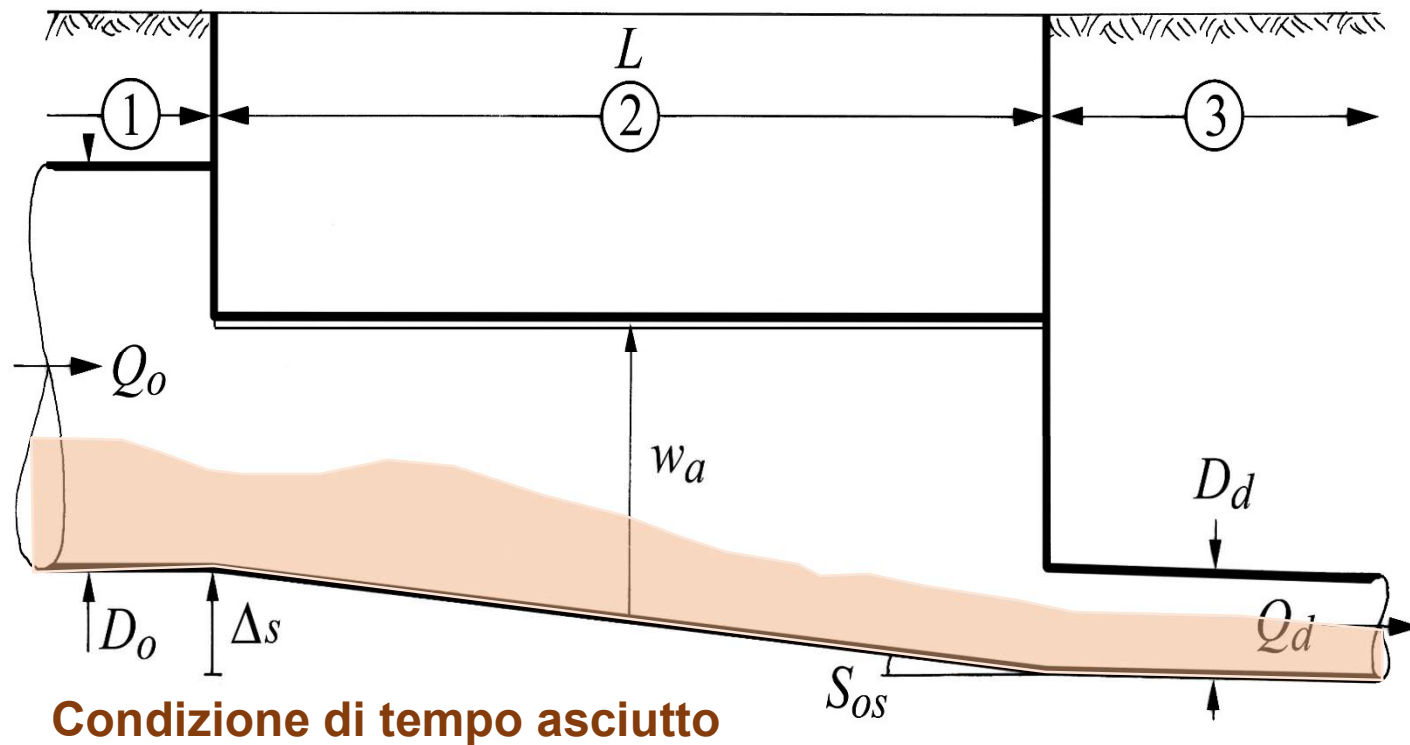
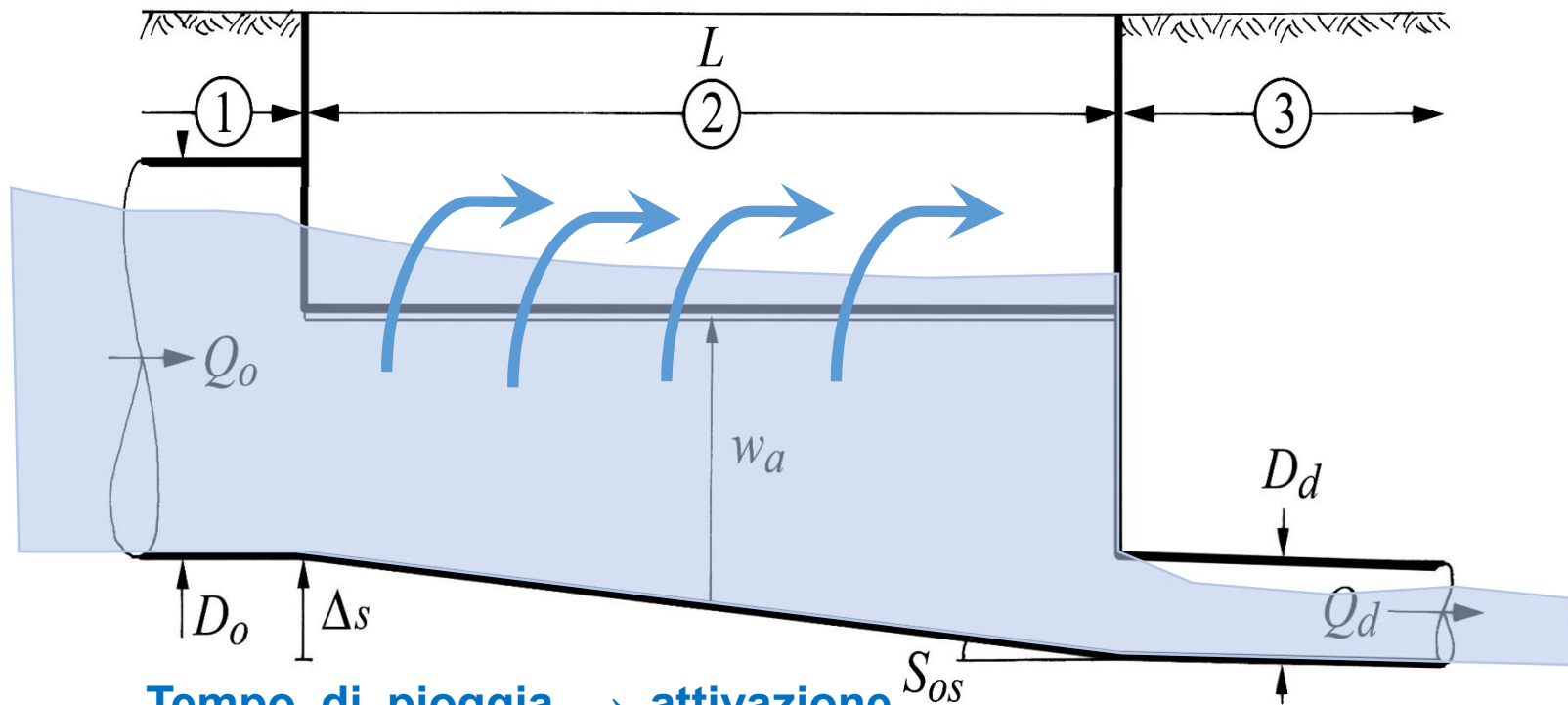


Figura. Configurazione tipica di uno sfioratore laterale: ① Collettore in arrivo con diametro D_o e portata Q_o , ② Sfiatore laterale con altezza della soglia media w_a , lunghezza L e dislivello tra sezione iniziale e terminale Δs , ③ Canale derivatore con diametro D_d e portata Q_d

SFIORATORE LATERALE



Tempo di pioggia → attivazione della soglia sfiorante

Figura. Configurazione tipica di uno sfioratore laterale ① Collettore in arrivo con diametro D_o e portata Q_o , ② Sfiatore laterale con altezza della soglia media w_a , lunghezza L e dislivello tra sezione iniziale e terminale Δs , ③ Canale derivatore con diametro D_d e portata Q_d

SFIORATORE LATERALE

Lo sfioratore laterale funziona bene se la corrente in arrivo è *stabilmente lenta*, cioè $F_o < 0.70-0.75$ (meglio se valori inferiori!).

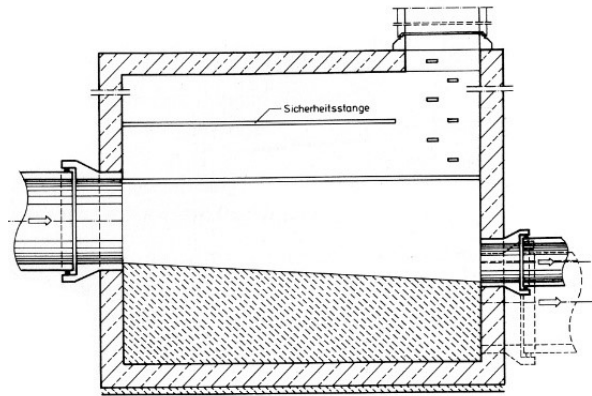
Il manufatto è composto da:

- Collettore in arrivo di diametro D_o
- Sfiatore laterale con cresta orizzontale e pendenza $S_o = \Delta s / \Delta L$
(SIA 190: $\Delta s > 0.05$ m ATV: $\Delta s \geq 0.03$ m)

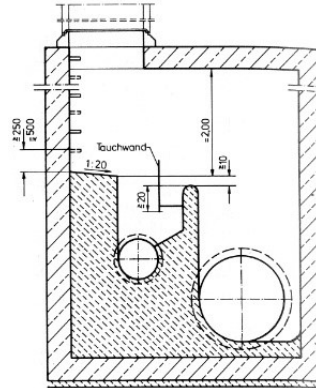


- Canale derivatore avente diametro D_d

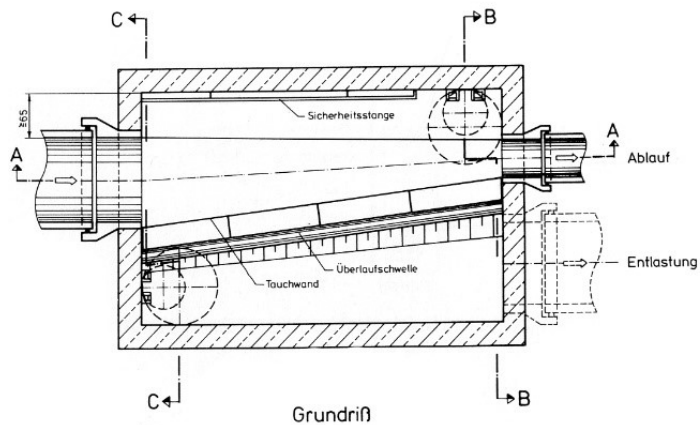
SFIORATORE LATERALE



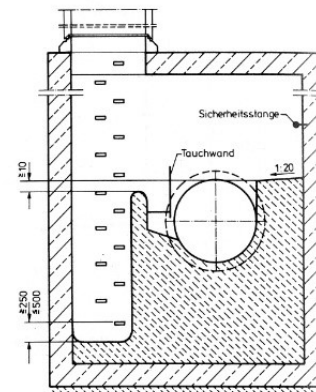
Schnitt A-A



Schnitt B-B



Grundriss



Schnitt C-C



SFIORATORE LATERALE

Portate di progetto

Q_K = Portata di progetto dell'impianto di trattamento (anche detta *portata di soglia o massima portata nera diluita*)

Q_M = Portata pluviale massima

- La soglia sfiorante si attiva se la portata in arrivo $Q_o > Q_K$
- Per $Q_o = Q_M$, il valore della portata Q_d che imbecca il derivatore dovrebbe essere contenuto entro il valore massimo $1.2 \cdot Q_K$, per evitare scompensi all'impianto di depurazione.

Accorgimenti particolari:

- Piccolo *sovralzo idrico* a monte a causa della presenza del manufatto di sfioro
- Presenza minima di *sedimenti e depositi* lungo il canale sfioratore

SFIORATORE LATERALE

Profilo di corrente

È possibile ipotizzare che le *forze resistenti siano compensate dalla pendenza del canale* e che le *perdite energetiche dovute all'efflusso laterale siano trascurabili*.

Stante questa ipotesi, si può applicare l'**equazione di Bernoulli** (conservazione dell'energia) nel caso di un canale a sezione praticamente rettangolare (approssimazione della sezione trasversale ad U):

$$H = h_o + Q_o^2/[2gD_o^2h_o^2]^2 = h + Q^2/[2gD^2h^2]^2 \quad \text{Eq. (1)}$$

con H = energia specifica valutata rispetto al fondo del canale sfioratore

$h = h(x)$ tirante idrico

$Q = Q(x)$ portata variabile

$D = D(x)$ diametro variabile (canale sfioratore convergente)

SFIORATORE LATERALE

Sfioratore convergente

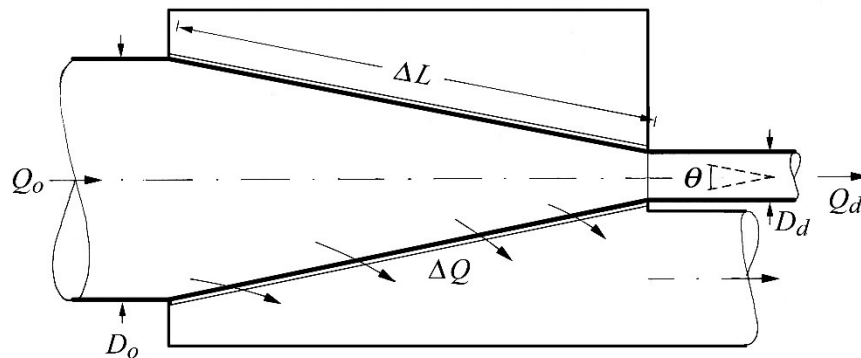


Fig. Sfioratore laterale convergente a doppia soglia con condotta limitatrice di portata

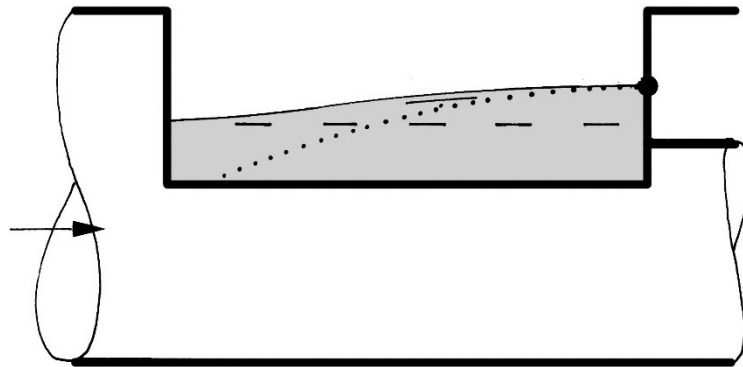


Fig. profili idrici in uno sfioratore laterale (...) prismatico, (—) convergente per corrente lenta; (- - -) tirante idrico pseudo-uniforme

La configurazione convergente induce un profilo idrico più prossimo all'orizzontale rispetto al canale prismatico.

La condizione di moto pseudo-uniforme è, pertanto, un importante indirizzo progettuale che andrebbe applicato a tutti i canali a portata variabile: tirante idrico, velocità e portata sfiorata per unità di lunghezza restano costanti lungo la soglia di sfioro.

Ovviamente, tale condizione può essere imposta per la sola portata di progetto.

Confronto tra il profilo idrico di uno *sfioratore prismatico* con quelli di uno *sfioratore convergente* nel caso di corrente lenta.

SFIORATORE LATERALE

Profilo di corrente

Nel caso di sezioni pressoché rettangolari, il numero di Froude della corrente in arrivo è $F_o = Q_o / (gD_o^2 h_o^3)^{1/2}$, per cui l'Eq. (1) diventa:

$$1 + (1/2)F_o^2 = (h/h_o) + (1/2)F_o^2[(Q/Q_o)(D_o/D)(h_o/h)]^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

L'equazione ammette una soluzione esplicita per il calcolo del profilo $y=h/h_o$

$$y = 1 + (1/2)[F_o^2(1 - P^2)/(1 - P^2F_o^2)] \quad (\text{Eq. 3})$$

Secondo il parametro di pseudo-uniformità $P = [(Q/Q_o)(D_o/D)]$, il tirante idrico lungo lo sfioratore può crescere ($P < 1$) o ridursi ($P > 1$).

SFIORATORE LATERALE

Profilo di corrente

Il parametro P rappresenta un fattore ausiliario nell'ambito della procedura di dimensionamento degli sfioratori:

- Per $P = 1$ l'altezza d'acqua è *costante*. Questa condizione richiede quindi esplicitamente che risulti

$$D/D_o = Q/Q_o \quad (\text{Eq. 4})$$

- In prossimità della fine dello sfioratore si ha che $Q \rightarrow 0$, per cui risulta:

$$y_u = 1 + \beta F_o^2 \quad (\text{Eq. 5})$$

In condizioni ideali di moto a potenziale il fattore β risulterebbe pari a $1/2$. Dati sperimentali dimostrano che nella realtà è meglio assumere $\beta = 2/3$; in tal modo, si tiene conto dell'incremento di energia specifica dovuto all'efflusso laterale.

SFIORATORE LATERALE

Valutazione della portata sfiorata

La portata ΔQ sfiorata lungo il manufatto di lunghezza ΔL può essere calcolata a mezzo dell'equazione standard:

$$\Delta Q = C_{da} [2g(h_o - w_a)^3]^{1/2} \Delta L \quad (\text{Eq. 6})$$

con C_{da} = coefficiente medio di efflusso.

In generale, $C_{da} = 0.402$ per stramazzo in parete sottile e $C_{da} = 0.325$ per stramazzo in parete grossa.

Per sfioratori bilaterali C_{da} può essere calcolato come:

$$C_{da} = 1 + (1/2)(\Delta L/D_o)F_o^2 \quad 3 < \Delta L/D_o < 6 \quad (\text{Eq. 7})$$

SFIORATORE LATERALE

Valutazione della portata sfiorata

In base alle Eq. (6) e (7) la portata ΔQ varia in funzione di:

- altezza idrica sulla soglia ($h_o - w_a$)
- lunghezza dello sfioratore ΔL
- tirante idrico della corrente in ingresso al manufatto h_o
- numero di Froude della corrente in arrivo F_o

SFIORATORE LATERALE

Valutazione della portata sfiorata

Da studi effettuati anche su modello fisico emerge che:

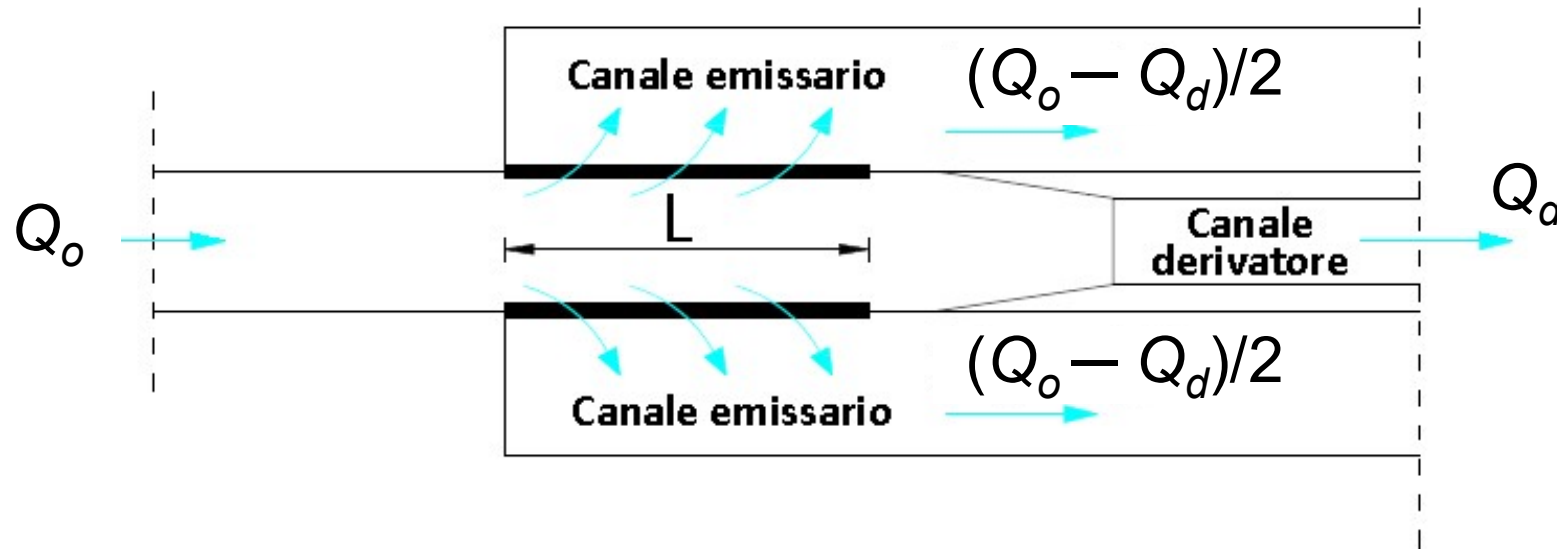
- L'altezza relativa della soglia deve essere $0.40 < w_a/D_o < 0.80$
- la corrente in arrivo dovrebbe essere caratterizzata da $F_o < 0.4$
- la portata Q_d alla fine dello sfioratore dipende dal tirante idrico di valle h_u secondo la relazione (*efflusso a battente*)

$$Q_d/(gD_d^5)^{1/2} = 1.11 C_d [(h_u/D_d) - C_d]^{1/2} \quad (\text{Eq. 8})$$

con C_d pari a circa 0.70 (coeff. di efflusso per luce a battente).

SFIORATORE LATERALE

Il caso dello sfioratore bilaterale a soglia bassa ($w_a/D_o < 0.40$)



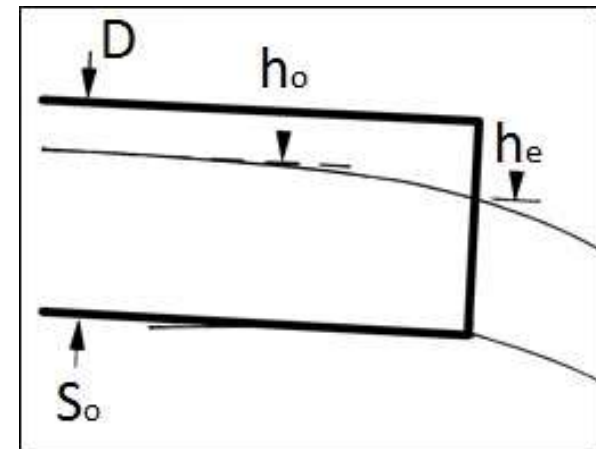
- incremento della portata sfiorata a parità di ingombro (L)
- simmetria assiale lungo il canale sfioratore
- buona efficienza di sfioro, anche per soglie basse e correnti in ingresso supercritiche (test sperimentali su modello fisico)

SFIORATORE LATERALE

Lo sfioratore bilaterale a soglia bassa

Il tirante h_e all'imbocco del canale sfioratore bilaterale può essere stimato con sufficiente accuratezza approssimando il profilo di corrente a monte della soglia bassa a quello di una vena libera a valle di un canale bruscamente interrotto, per cui:

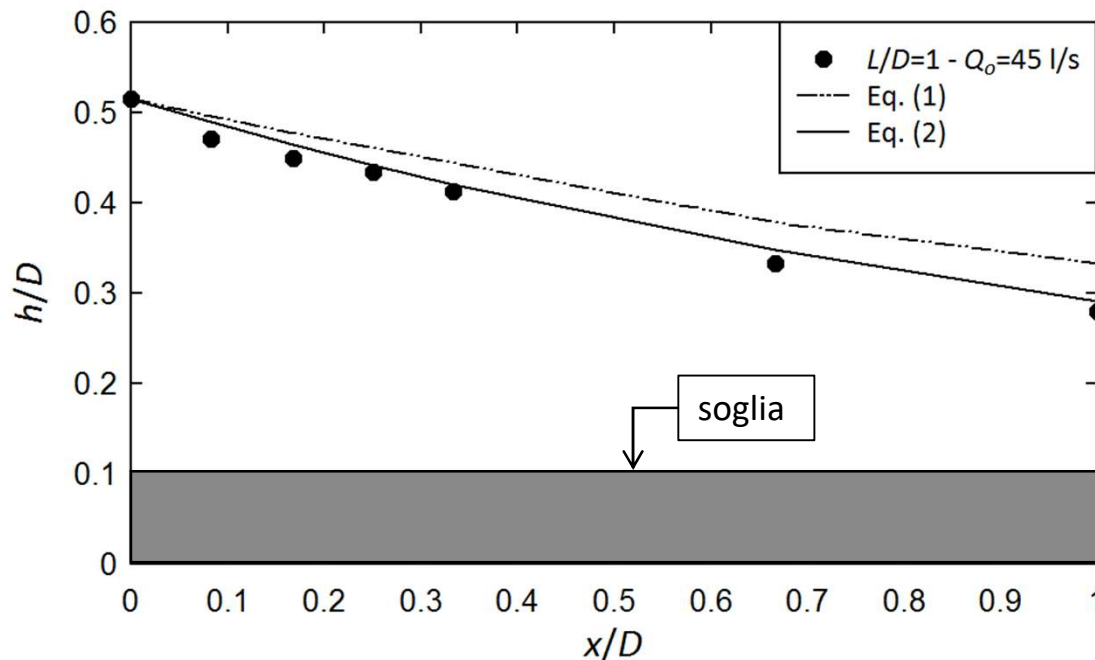
$$h_e = 0.763 \cdot h_o$$



SFIORATORE LATERALE

Lo sfioratore bilaterale a soglia bassa

Il profilo di corrente può essere tracciato con accuratezza maggiore ricorrendo al **principio di conservazione dell'energia** (pari all'energia dalla corrente nella sezione di imbocco) piuttosto che al bilancio di quantità di moto.



$$\frac{(y - W)}{(c - W)} = Ne^{\left(\frac{-n^* X/2}{1.4 - 2.5|W - 0.1|^{2.5}} \right)}$$

(Gisonni e Hager, 2012)

profilo misurato in laboratorio



bilancio delle quantità di moto



conservazione dell'energia



SFIORATORE LATERALE

Esempio numerico

È assegnato un collettore fognario avente le seguenti caratteristiche:

$$D=1.00 \text{ m}, S_o=0.15\%, D_d=0.35 \text{ m}, S_{od}=0.5\%, k_s=80 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$$

Le portate di progetto sono:

$$Q_M=0.8 \text{ m}^3/\text{s}, Q_{Ta}=0.060 \text{ m}^3/\text{s}, Q_K=0.18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dimensionare lo sfioratore laterale.

Condizione di moto uniforme

Calcolo del tirante di moto uniforme a mezzo della formula approssimata ($\pm 10\%$)

(Hager, 1985; Gisonni e Hager, 2012):

$$y = h/D = 4/3 \cdot [(1/k_s) \cdot Q_o / (S_o^{1/2} D^{8/3})]^{0.5}$$

SFIORATORE LATERALE

Esempio numerico

Le condizioni di moto uniforme per le varie portate di progetto:

Condizione	Q	h_o	V_o	F	H
	[m ³ s ⁻¹]	[m]	[ms ⁻¹]	[-]	[m]
Tempo asciutto	0.06	0.162	0.78	0.73	0.192
Portata di soglia	0.18	0.285	1.04	0.71	0.341
Portata pluviale massima	0.80	0.691	1.34	0.54	0.782

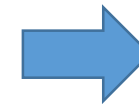
Per tutte e tre le portate il valore del numero di Froude F è inferiore a 0.80.

SFIORATORE LATERALE

Esempio numerico

- Altezza della soglia sfiorante w :

➤ $0.30 < w/D < 0.80$ (indicazione da prove in laboratorio)

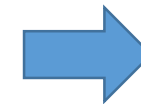


$$w = 0.3 \cdot D = 0.30 \text{ m}$$

➤ $w > h_{Ta}$ nella condizione di deflusso della portata di soglia

- Pendenza di fondo del canale sfioratore S_{os} :

➤ La pendenza può essere determinata imponendo che nella condizione di tempo asciutto (Q_{Ta}) il tirante a monte dello sfioro sia uguale a quello a valle.



$$h_{oTa} = h_{dTa} = 0.162 \text{ m}$$

$$y_{dTa} = h_{dTa}/D_d = 0.463$$

Con un'accuratezza del $\pm 5\%$, la pendenza di moto uniforme in un canale, con grado di riempimento $0.20 < y < 0.95$, è (Hager, 1995):

$$S_{os} = \left\{ \left(\frac{1}{k_s} \cdot \frac{Q_{Ta}}{D_d^{8/3}} \right) / \left[\frac{3}{4} \cdot y_{dTa}^2 \cdot (1 - 7/12 \cdot y_{dTa}^2) \right] \right\}^2 = 0.8 \%$$

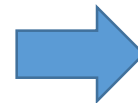
SFIORATORE LATERALE

Esempio numerico

- Lunghezza dello sfioratore ΔL :
 - portata sfiorata da progetto $\Delta Q = Q_M - Q_K$
 - Coefficiente di efflusso per soglie in parete sottile

$$C_{da} = 0.402$$

$$\Delta Q = C_{da}[2g(h_o - w)^3]^{1/2}\Delta L$$



$$\Delta L = 1.43 \text{ m}$$

SCARICATORI A SALTO DI FONDO

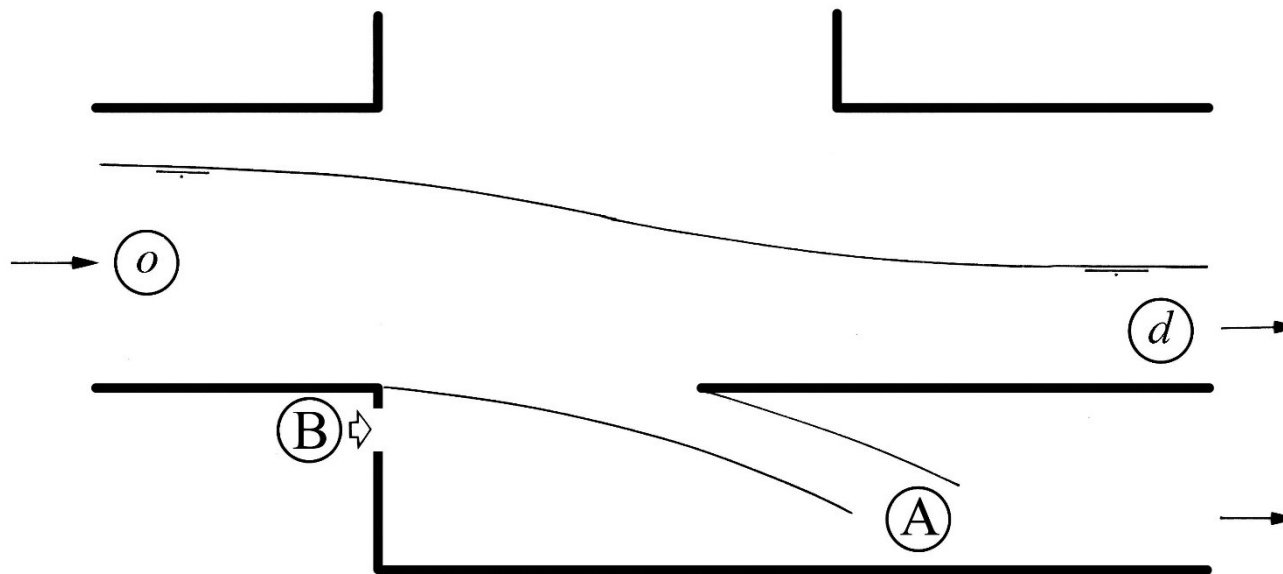


Fig. Schema di scaricatore a salto: collettore in arrivo (o), corrente deviata verso il trattamento (A) ed emissario delle acque pluviali (d); aerazione del getto (B).

SCARICATORI A SALTO DI FONDO

Gli scaricatori a salto di fondo sono tipicamente utilizzati nel caso di correnti in ingresso *veloci*, con numero di Froude $F_o > 1.5$.

- Descrizione Sezione ad U prismatica e pendenza costante
luce di fondo rettangolare in pianta, con larghezza b e lunghezza ΔL
corrente derivata con vena completamente aerata
- Vantaggi esiste una standardizzazione degli scaricatori a salto con criteri per lo studio del funzionamento
installazione semplice
operazioni di manutenzione agevoli

SCARICATORI A SALTO DI FONDO

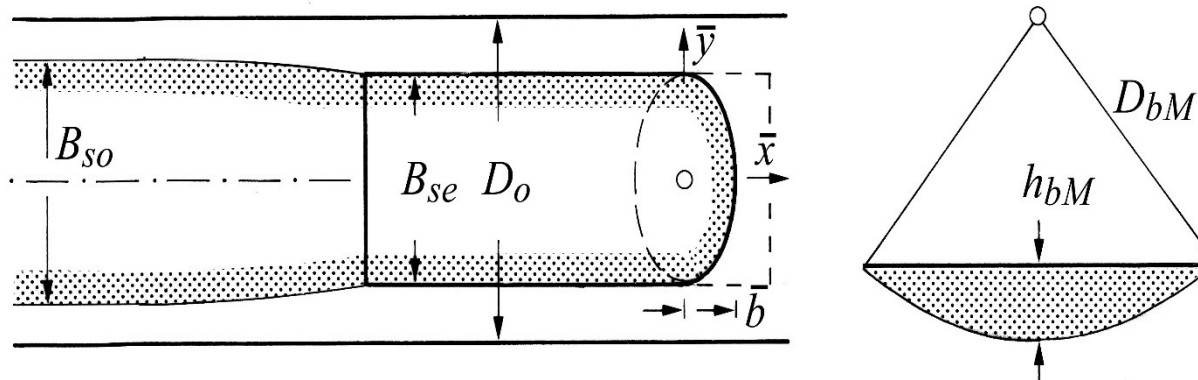


Fig. Schema di scaricatore a salto: pianta (sinistra) e sezione trasversale (destra)

- il *collettore in arrivo* di diametro D_o si estende oltre la luce di fondo per evitare la formazione di onde di shock dovute alla riduzione di diametro;
- la *luce di fondo* ha forma rettangolare in pianta;
- il foro sul fondo del collettore presenta un profilo ellittico in corrispondenza delle estremità di valle della luce. Tale profilo funge da *elemento di separazione* delle portate, ed è spesso realizzato mediante la posa in opera di un setto orizzontale,

SCARICATORI A SALTO DI FONDO

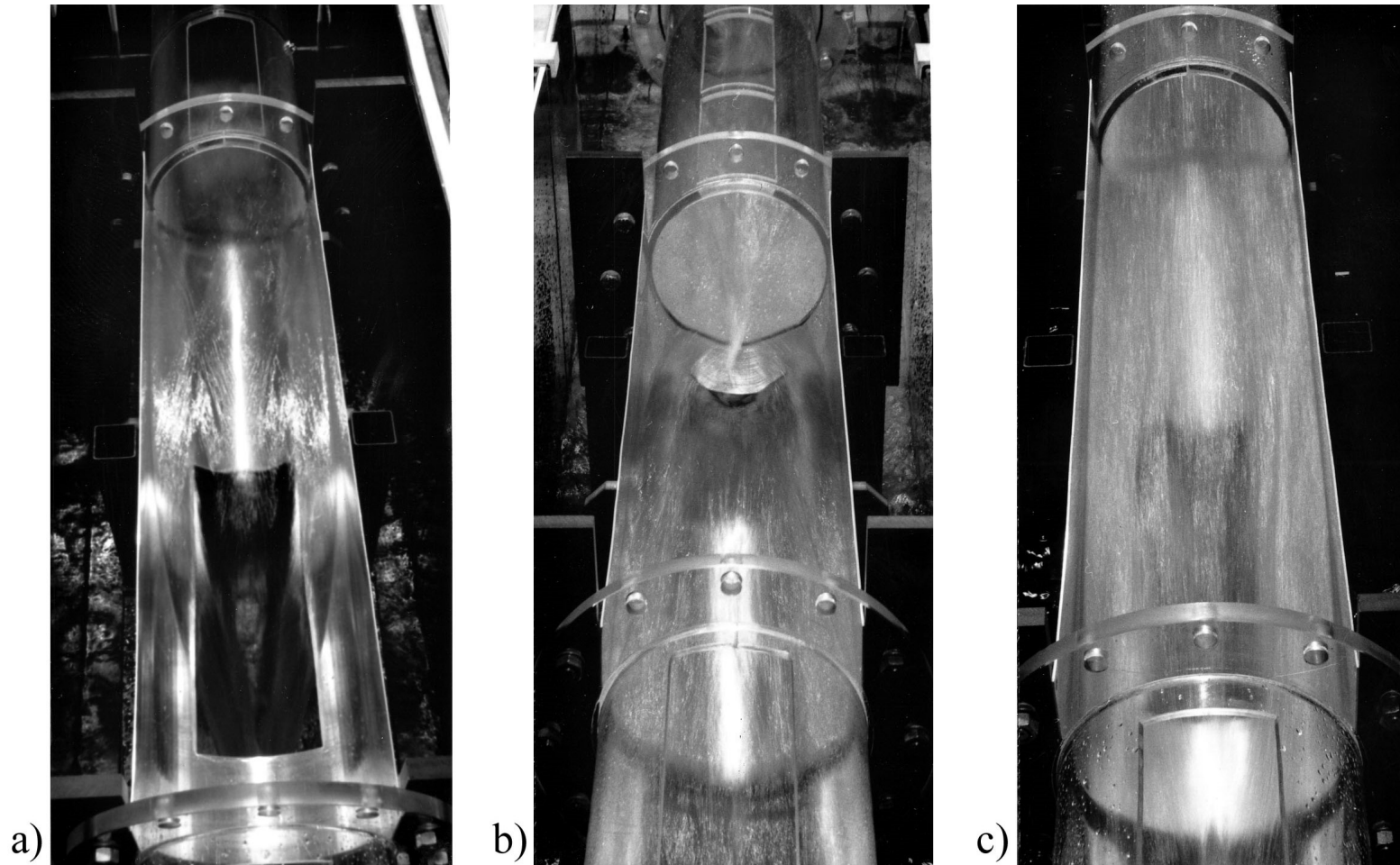


Fig. Vista dall'alto del funzionamento dello scaricatore per $Fo =$ a) 1, b) 2, c) 3

SCARICATORI A SALTO DI FONDO

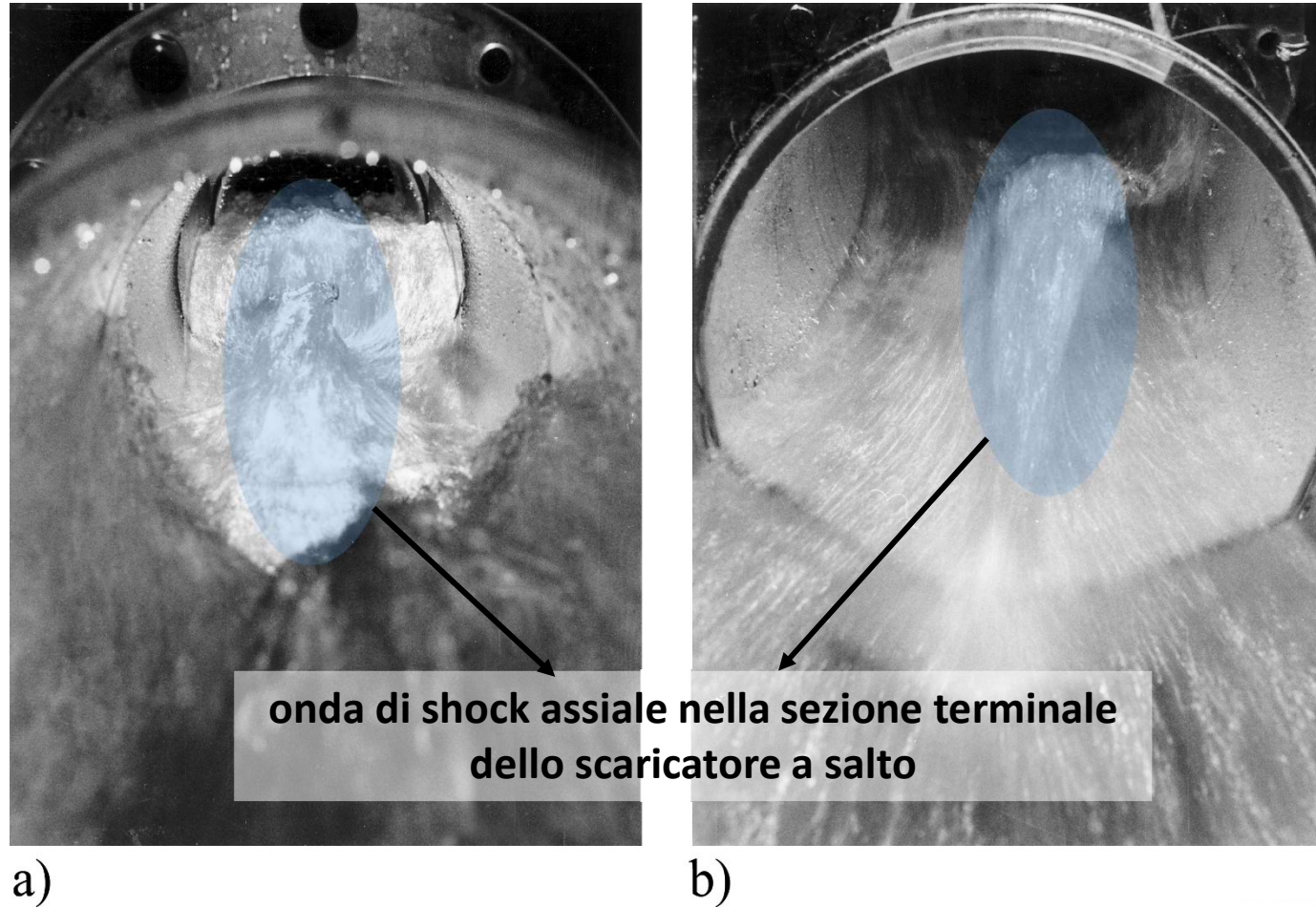


Fig. Sezione terminale dello scaricatore a salto: vista a) da valle, b) da monte

SCARICATORI A SALTO DI FONDO

Calcolo della portata derivata

Il funzionamento idraulico delle luci di fondo è piuttosto complesso a causa della variabilità spaziale, della formazione delle onde di shock e della distribuzione della velocità non-uniforme. Un modello semplice basato sulla definizione della *velocità torricelliana* $V_o = (2gh_o)^{1/2}$ e della estensione in pianta della luce $b\Delta L$ porta a:

$$\Delta Q = C_{da} b (2gh_o)^{1/2} \Delta L \quad (\text{Eq. 9})$$

Il coefficiente di efflusso è $C_{da} = 0.611$.

In base ad osservazioni sperimentali (Oliveto *et al.* 1997)

$$C_{da} = 0.61 - 0.1 \beta^{1/2} y_o^{1/2} (D/\Delta L) F_o \quad (\text{Eq. 10})$$

SCARICATORI A SALTO DI FONDO

Calcolo della portata derivata

Il valore del coefficiente C_{da} si riduce all'aumentare di:

- numero di Froude della corrente in arrivo $F_o = Q_o / (gDh_o^4)^{1/2}$
- larghezza relativa della luce di fondo $\beta = b/D$
- grado di riempimento della sezione ad $U y_o = h_o/D$
- lunghezza relativa della luce $\Delta L/D$ e

Una volta assegnati h_o , b , ΔL , D e Q_o , la portata derivata ΔQ può essere calcolata.

L'efficienza di separazione del manufatto è preservata ($Q_d/Q_k \leq 1.20$) se risulta:

$$0.6 \leq \beta \leq 0.8$$

SCARICATORI A SALTO DI FONDO

Calcolo della lunghezza della luce

Per determinare la lunghezza ΔL della luce di fondo necessaria affinché tutta la portata in arrivo sia convogliata all'impianto di trattamento, basta imporre $Q_o = \Delta Q$ (Eq. 9).

Poiché la portata da depurare Q_K è generalmente piccola rispetto alla massima portata in attivo da monte Q_M , il grado di riempimento $y_o = h_o/D$ corrispondente a Q_K è generalmente inferiore al 30%.

Per valori $0.10 < y_o < 0.35$, la lunghezza dell'apertura può essere semplicemente stimata mediante la relazione (Oliveto et al. 1997):

$$\Delta L = h_o F_o$$

SCARICATORI A SALTO DI FONDO

Note aggiuntive

- le perdite di carico dovute alla presenza della luce di fondo sono trascurabili, o addirittura **negative** per effetto del *richiamo* esercitato dalla luce di fondo;
- si può applicare il *teorema di Bernoulli* (conserv. energia) per il calcolo del tirante idrico di valle e per il calcolo del profilo della vena liquida in uscita dalla luce.

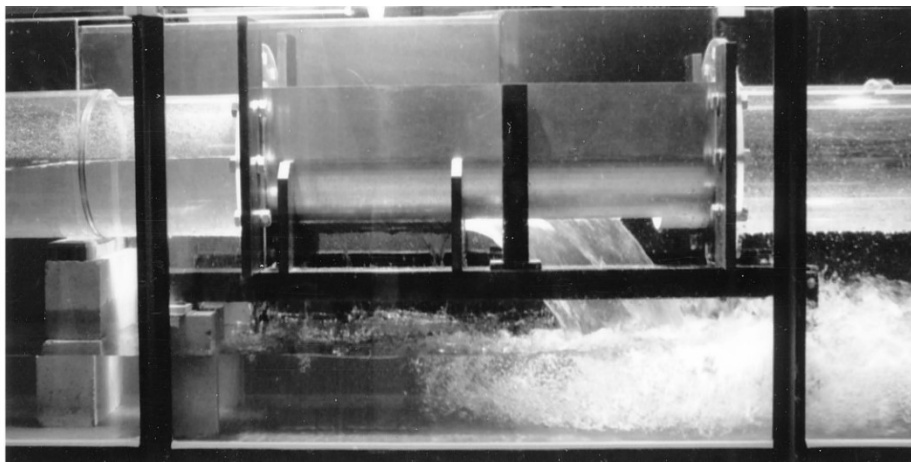


Fig. Vista longitudinale della luce di fondo

SCARICATORI A SALTO DI FONDO

Esempio numerico

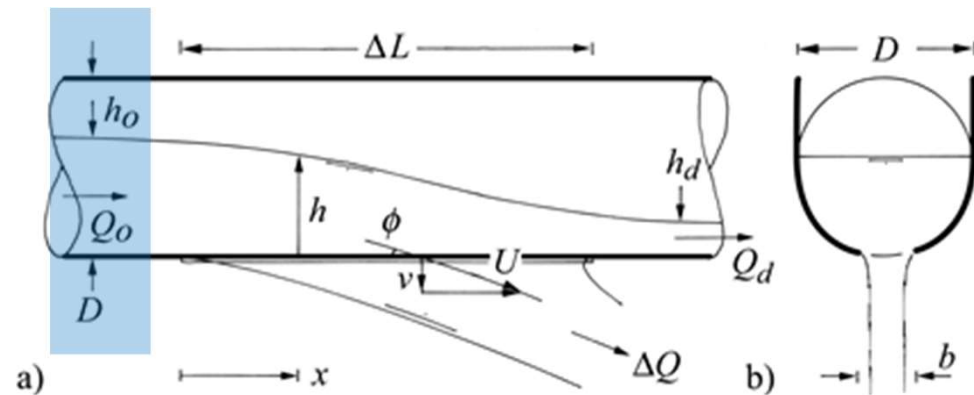
È assegnato un collettore fognario avente le seguenti caratteristiche:

$$D=0.90 \text{ m}, S_o=6\%, k_s=85 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$$

Definire la *geometria della luce di fondo*, volendo inviare alla depurazione tutta la portata in arrivo pari a $Q_o=0.2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Condizione di moto uniforme

Calcolo del tirante di moto uniforme h_o a mezzo della formula approssimata ($\pm 10\%$) (Hager, 1985; Gisonni e Hager, 2012):



$$y_o = h_o/D = 4/3 \cdot [(1/k_s) \cdot Q_o / (S_o^{1/2} D^{8/3})]^{0.5} = 0.15$$

$$h_o = 0.15 \cdot 0.90 = 0.135 \text{ m}$$

$$F_o = Q_o / (g \cdot D \cdot h_o^4)^{0.5} = 3.7$$

corrente veloce

SCARICATORI A SALTO DI FONDO

Esempio numerico

Ipotesi: la larghezza della luce b è posta pari alla larghezza del pelo libero della corrente in arrivo B_o

La larghezza di pelo libero della corrente in arrivo B_o può essere calcolata a mezzo della relazione approssimata (Hager, 1995):

$$B_o/D = \beta_o = 2(y_o - y_o^2)^{1/2} = 0.71 \rightarrow B_o = 0.64 \text{ m}$$



$$b = 0.65 \text{ m}$$

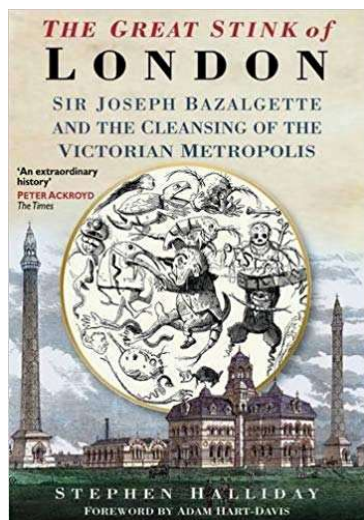
La lunghezza della apertura sul fondo ΔL può essere stimata come:

$$\Delta L = h_o F_o = 0.50 \text{ m}$$

CONCLUSIONI

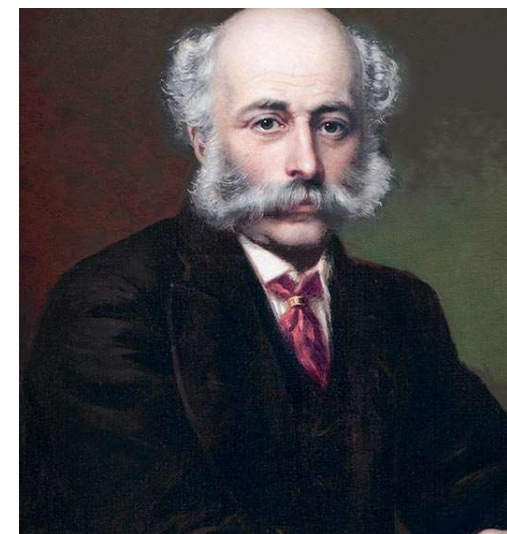
- La risoluzione di problemi di progetto e/o verifica dei manufatti di separazione può richiedere l'utilizzo combinato dei risultati di modelli teorici e studi sperimentali.
- L'effetto delle forze resistenti al moto, che spesso complica le procedure di calcolo, può essere trascurato grazie alla lunghezza limitata dei manufatti.
- Il numero di Froude influenza in maniera significativa il funzionamento idraulico degli scaricatori di piena.
- Nella gestione di questa tipologia di manufatti, bisogna prestare attenzione agli effetti provocati da accumulo di sedimenti e corpi grossolani trasportati dal fluido.

LA GRANDE PUZZA DI LONDRA (LUGLIO/AGOSTO, 1858)



«Bazalgette, dal canto suo, si dedicò ad altri progetti. Costruì alcuni dei più bei ponti di Londra, a Hammersmith, Battersea e Putney, e per alleggerire il traffico nel cuore della città aggiunse diverse nuove strade piuttosto audaci, fra cui Charing Cross Road e Shaftesbury Avenue. Negli ultimi anni della sua vita venne nominato cavaliere, ma in realtà non ottenne mai la fama che avrebbe meritato. **Capita di rado agli ingegneri fognari!**»

(Bill Bryson, "Breve storia della vita privata")



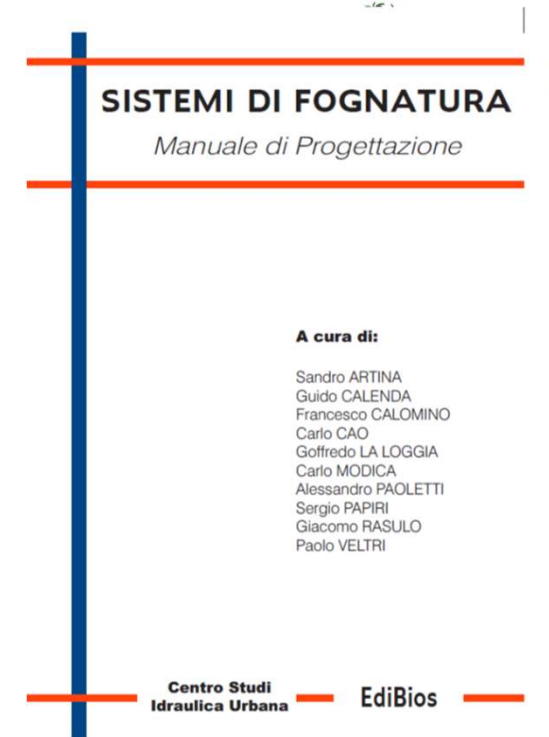
Sir Joseph Bazalgette (1819 –1891)

Grazie per la vostra
attenzione!



...domande?

Corrado Gisonni
corrado.gisonni@unicampania.it



Idraulica dei sistemi fognari....
il **lavoro sporco!**