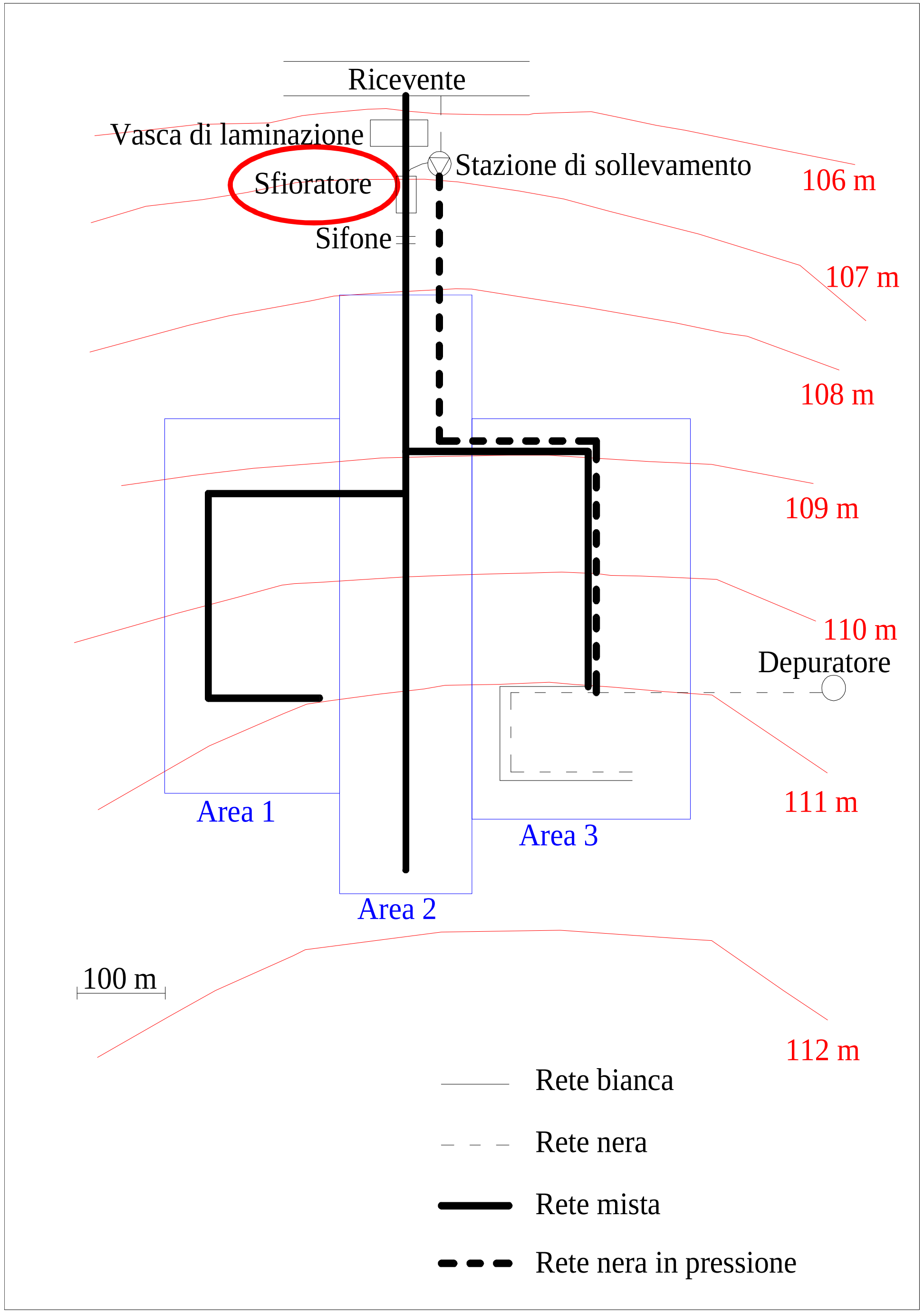
Esercitazione 3 - Sfioratore

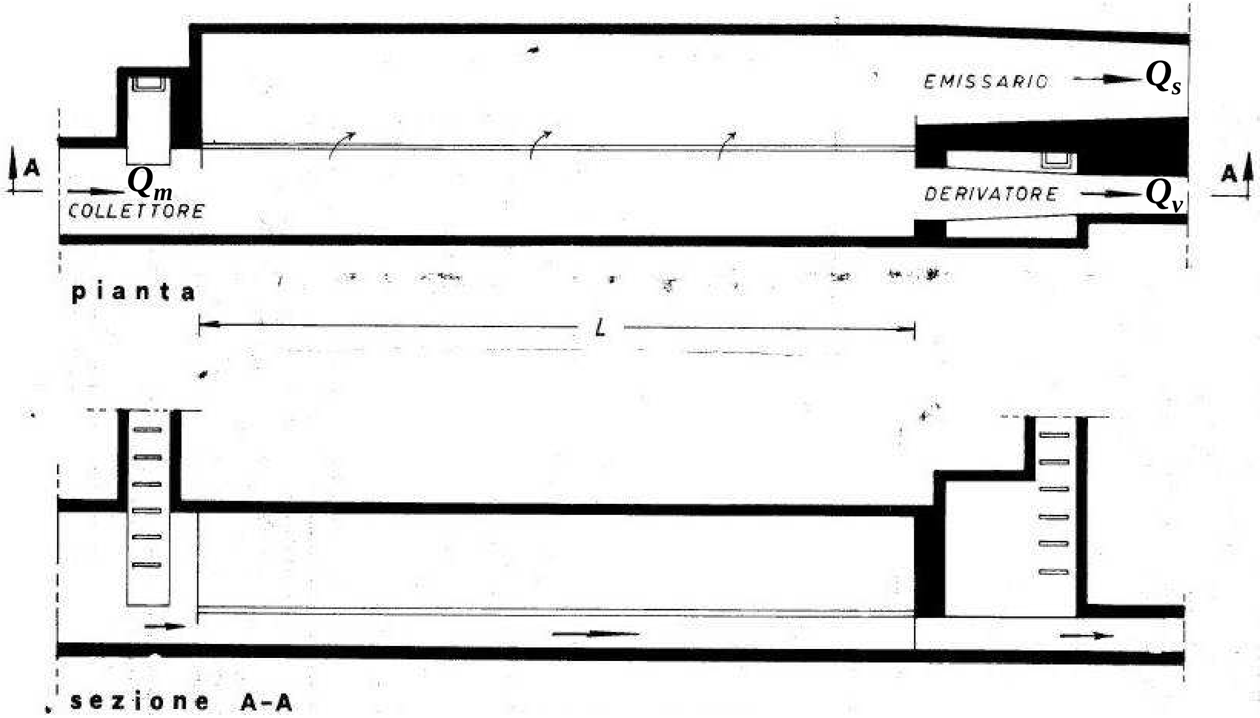
- compito di suddividere le portate in arrivo tra portate:
  - all'impianto di trattamento
  - al corpo idrico ricevente
- limita le portate in arrivo al depuratore al di sotto di una certa soglia
- lo sfioratore è inserito in uno scatolare delle stesse dimensioni del canale in arrivo (D=1.5 m)
- il canale emissario che porta alla vasca di laminazione si trova ad una quota inferiore di 50 cm



Sfioratore

- portata in arrivo da monte Q_m = portata che procede a valle al trattamento Q_v + portata sfiorata Q_s
- lo sfioratore ripartisce per portate superiori alla portata di inizio sfioro Q_{is}

  $Q_{is}= r\, Q_{nm}$
  r coeff. di diluizione > K_{max}
  2÷2.5 grandi centri
  5÷6 piccoli centri
- funzionamento sfioratore
  $Q_m \leq Q_{is}$ ► $Q_v=Q_m$
  $Q_m > Q_{is}$ ► $Q_v=Q_m-Q_s$



- la scelta del tipo di sfioratore e il dimensionamento della lunghezza di sfioro si effettuano con riferimento alla portata di punta $Q_m=Q_{max}$ in arrivo da monte:
- si ha $q_{max}=Q_{max}- Q_s$
- dove q_{max} è la massima portata accettabile per l'impianto di trattamento; $q_{max}=\alpha\, Q_{is}$

  $\alpha = 2$

Sfioratore

- nel mio progetto considero:

  i = 0.0048

  Q_{max}=4.0323 m^3/s

  Q_{nm}=0.0631 m^3/s

  coefficiente di diluizione r = 6

  $Q_{is}=r\ Q_{nm}$ = 0.3786 m^3/s

  $q_{max}= \alpha\ Q_{is} = 2\ Q_{is}$ = 0.7572 m^3/s

  $Q_s=Q_{max}-q_{max}$=3.2751 m^3/s

- devo provare diverse configurazioni:

  1. sfioratore laterale semplice

  2. se la 1 non riesce a sfiorare Q_s, sfioratore laterale con luce di fondo

  3. se la 1 e la 2 non riescono a sfiorare Q_s, sfioratore laterale con luce di fondo e restringimento

1. Sfioratore – sfioratore laterale semplice

- per posizionare la soglia sfiorante devo considerare il moto uniforme relativo alla portata Q_{is}

$$Q_{is} = k_s A_{is} R_{is}^{2/3} i^{1/2}$$

dove A_{is} e R_{is} sono area bagnata e raggio idraulico associati all'altezza h_{is} di moto uniforme

- per sezione rettangolare si ha:

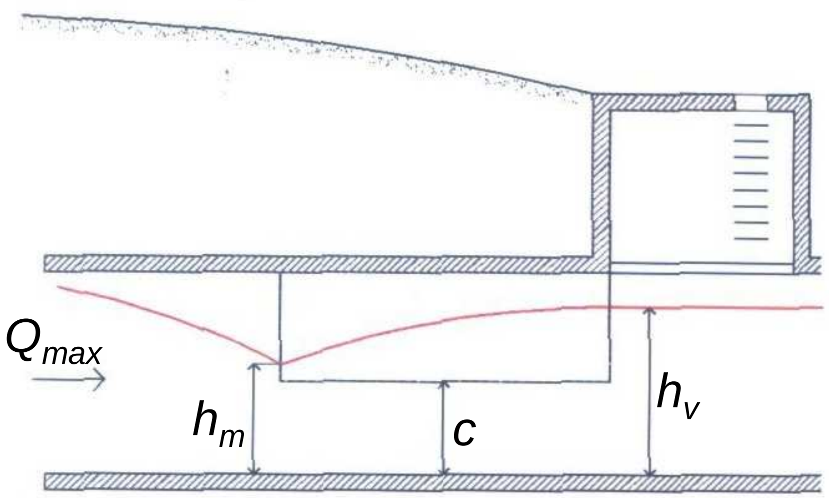
$$A_{is} = B \cdot h_{is}$$

$$R_{is} = \frac{B \cdot h_{is}}{B + 2 \cdot h_{is}}$$

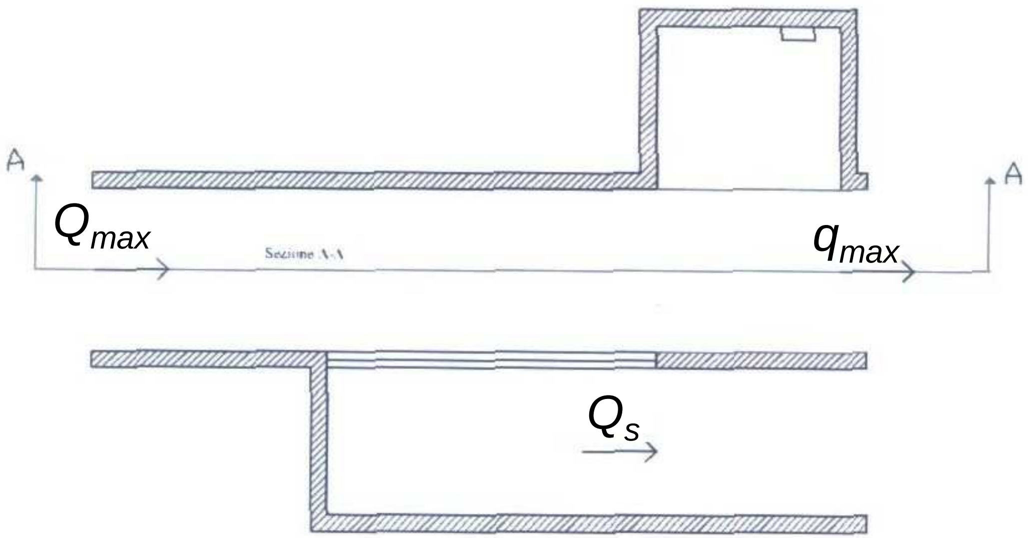
- ricavo h_{is} con un calcolo iterativo

- si può porre $c = h_{is}$

Sezione A-A



Pianta sfioratore



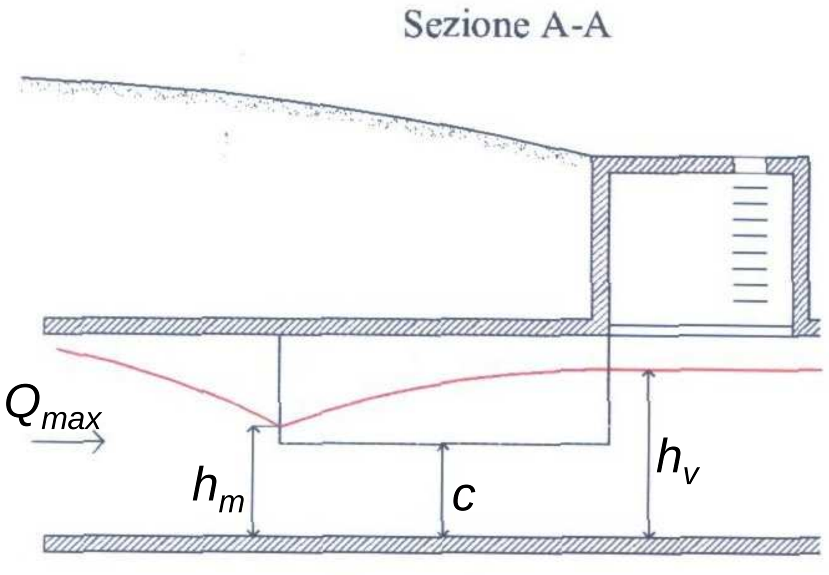
1. Sfioratore – sfioratore laterale semplice

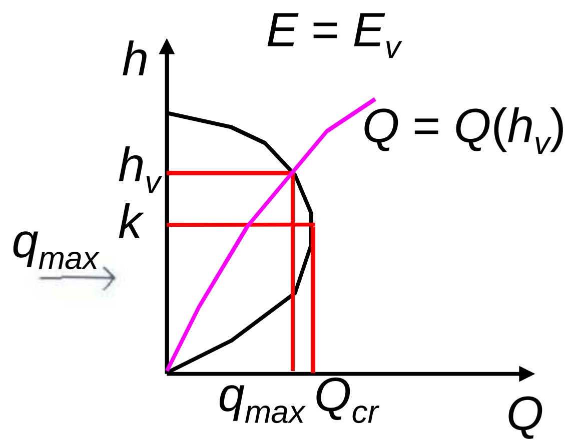
- quando a monte ho $Q_m = Q_{max}$ a valle dovrei avere $Q_v = q_{max}$ in moto uniforme con altezza h_v (calcolato anche in questo caso in modo iterativo)
- posso calcolare anche l'energia di valle:

$$E_v = h_v + \frac{q_{max}^2}{2 \cdot g \cdot B^2 h_v^2}$$

- la portata massima di monte associabile a E_v è quella critica $Q_{cr} = \frac{2}{3\sqrt{3}} B \cdot E_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot E_v}$

- se $Q_{cr} > Q_{max}$, si può dimensionare la lunghezza dello sfioratore; altrimenti provo la paratoia

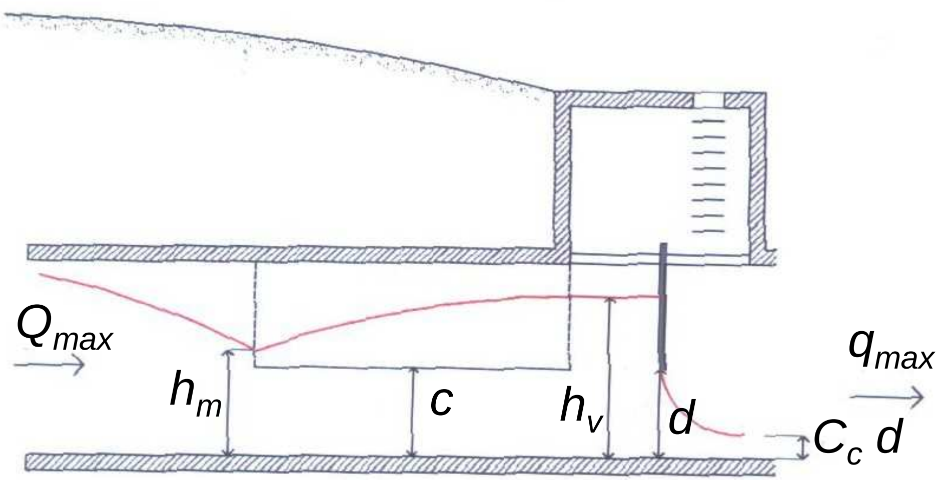




2. Sfioratore – sfioratore laterale con paratoia

- la paratoia può essere posta ad una quota *d* pari alla quota *c* della soglia sfiorante
- in questo caso caso l'altezza h_v e l'energia E_v sono ottenute per mezzo di considerazioni energetiche sull'efflusso

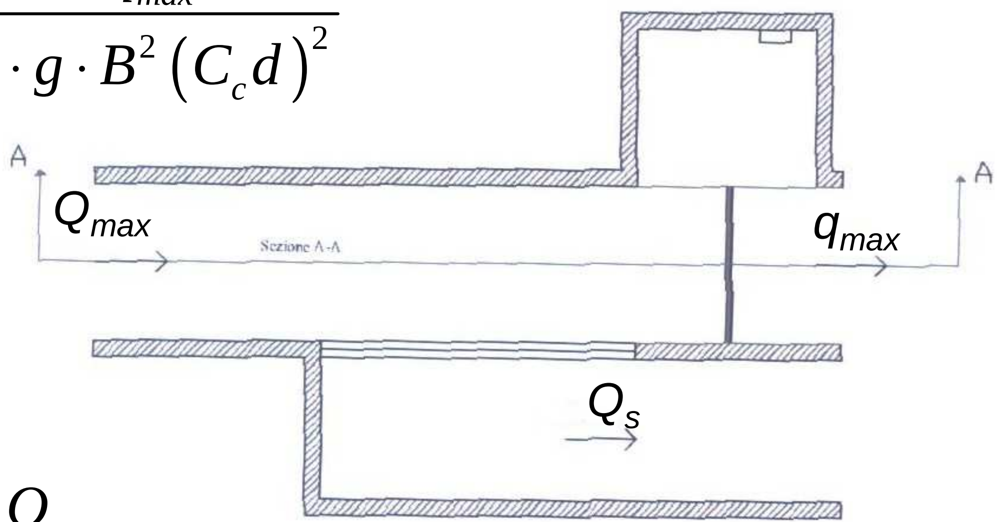
Sezione A-A



- si ha in particolare:

$$E_v = h_v + \frac{q_{max}^2}{2 \cdot g \cdot B^2 h_v^2} = C_c d + \frac{q_{max}^2}{2 \cdot g \cdot B^2 \left(C_c d\right)^2}$$

Pianta sfioratore



- dopo E_v posso calcolare Q_{cr} come nella diap. prec. per vedere se la configurazione con paratoia è sufficiente

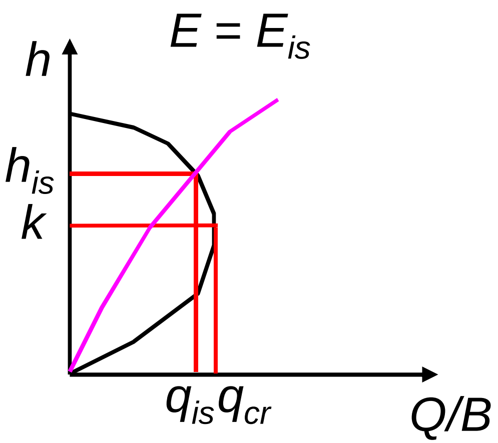
$$Q_{cr} = \frac{2}{3\sqrt{3}} B \cdot E_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot E_v} \geq Q_{max}$$

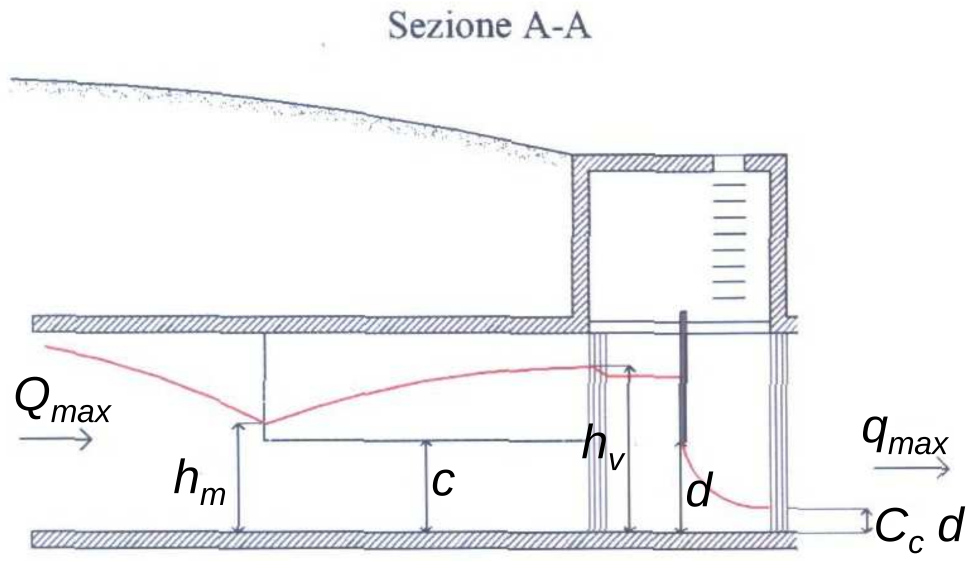
3. Sfioratore – sfioratore laterale con paratoia e restringimento

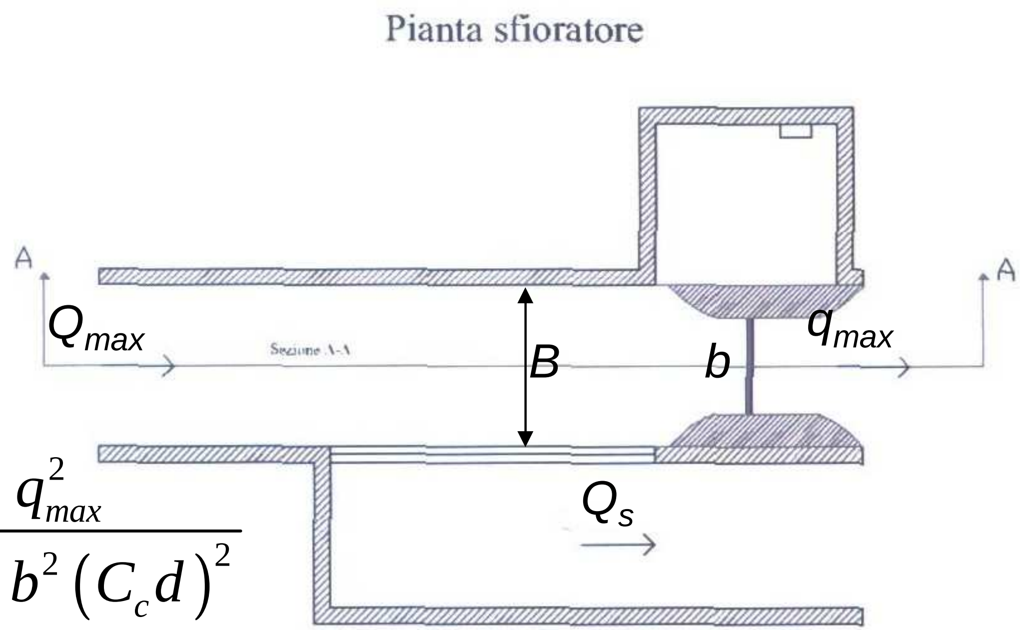
- il restringimento deve avere larghezza *b* tale da fare passare la corrente con portata Q_{is} in stato critico

$$E_{is} = h_{is} + \frac{Q_{is}^2}{2 \cdot g \cdot B^2 h_{is}^2}$$

$$k = \frac{2}{3} E_{is} \qquad b = \sqrt{\frac{Q_{is}^2}{g \cdot k^3}}$$







- calcolo E_v; poi procedo come al solito per vedere se $Q_{cr} \geq Q_{max}$

$$E_v = h_v + \frac{q_{max}^2}{2 \cdot g \cdot B^2 h_v^2} = C_c d + \frac{q_{max}^2}{2 \cdot g \cdot b^2 \left(C_c d\right)^2}$$

3b. Sfioratore – sfioratore laterale con paratoia e restringimento

- posso anche prendere un restringimento *b'* più piccolo di *b* per migliorare l'efficienza di sfioro
- in questo caso:

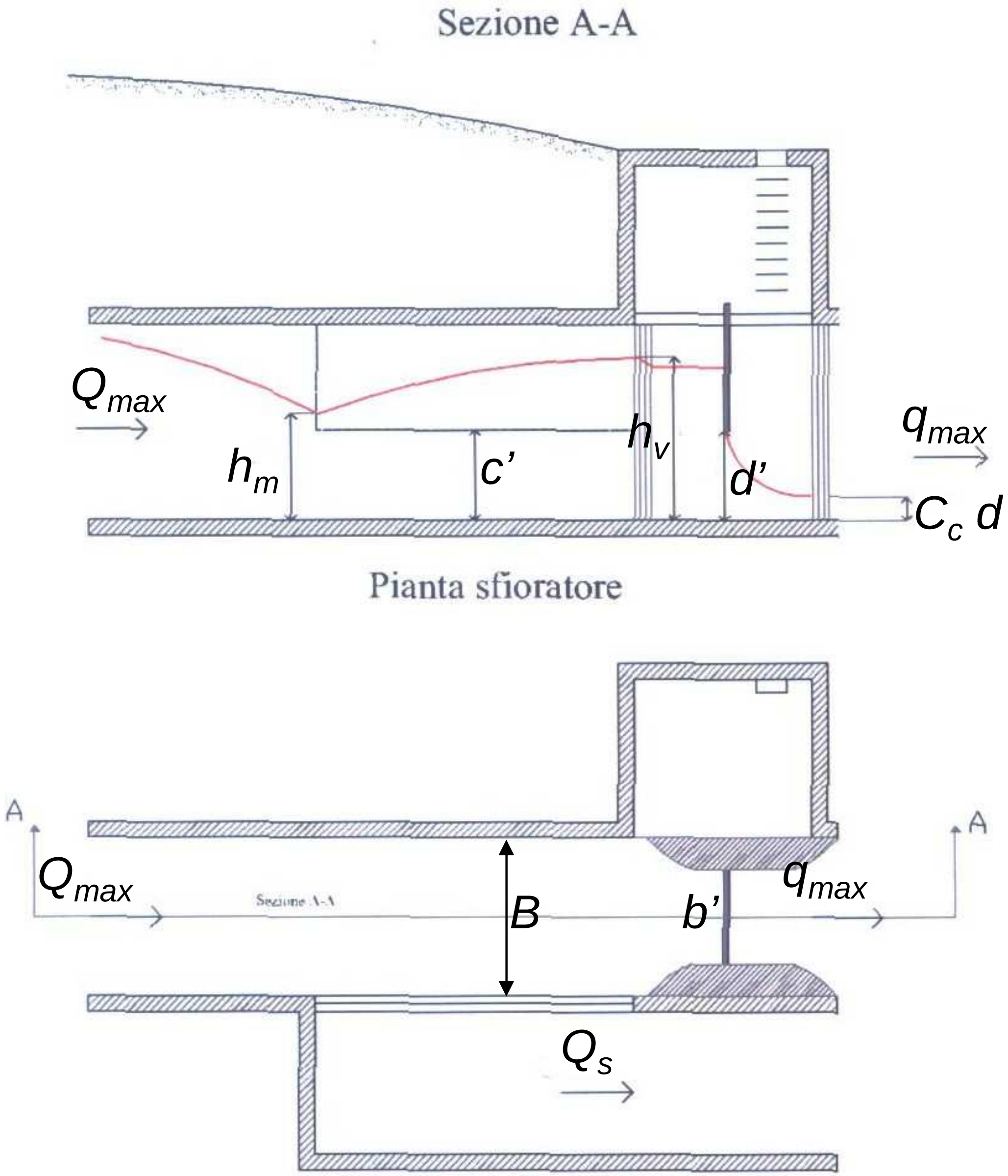
$$k' = \left(\frac{Q_{is}^2}{g \cdot b'^2} \right)^{1/3} \qquad E_c' = \frac{3}{2} k'$$

$$E_c' + \cancel{\Delta y} = c' + \frac{Q_{is}^2}{2 \cdot g \cdot B^2 c'^2}$$

- in questo caso si pone: $d' \geq k'$
- calcolo E_v; poi procedo come al solito per vedere se $Q_{cr} \geq Q_{max}$

$$E_v = h_v + \frac{q_{max}^2}{2 \cdot g \cdot B^2 h_v^2} =$$

$$= C_c d' + \frac{q_{max}^2}{2 \cdot g \cdot b'^2 \left(C_c d' \right)^2}$$



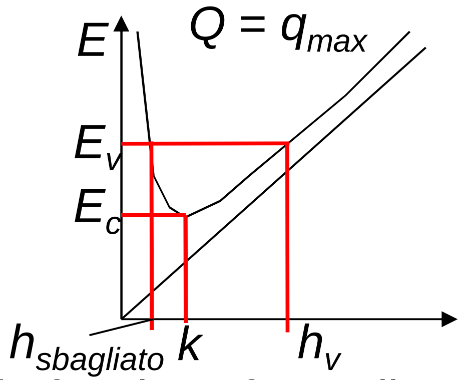
Sfioratore – dimensionamento

- sviluppiamo in modo dettagliato l'ultima relazione; in tutti i casi possiamo valutare E_v in modo agevole e calcolare Q_{cr} verificando che sia non inferiore a Q_{max}

$$Q_{cr} = \frac{2}{3\sqrt{3}} B \cdot E_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot E_v}$$

- il calcolo di h_v richiede una soluzione iterativa di: $E_v = h_v + \frac{q_{max}^2}{2 \cdot g \cdot B^2 h_v^2}$

- a tal fine si definisce la funzione $F(h_v)$



$$F\left(h_v\right) = h_v + \frac{q_{max}^2}{2 \cdot g \cdot B^2 h_v^2} - E_v$$

- di questa funzione è possibile trovare lo 0 mediante la funzione fzero di Matlab
  NB: bisogna dare un valore di partenza di altezza di corrente lenta (superiore all'altezza critica)

- nell'ipotesi di energia costante lungo lo sfioratore si può calcolare l'altezza h_m nella sezione iniziale dello sfioratore con risoluzione iterativa di:

$$E_m = h_m + \frac{Q_{max}^2}{2 \cdot g \cdot B^2 h_m^2} = E_v = h_v + \frac{q_{max}^2}{2 \cdot g \cdot B^2 h_v^2}$$

Sfioratore – dimensionamento

- per calcolare la lunghezza *L* della soglia sfiorante, si suddivide il salto di altezza ($h_v - h_m$) in *N* intervalli prestabiliti di ampiezza d*h* e si ricostruisce il profilo della corrente

$$dh = \frac{h_v - h_m}{N}$$

- Sulla soglia l'energia si mantiene costante e l'efflusso è dato da:

$$q_{sfiorata} = -\frac{dQ}{ds} = \mu\sqrt{2g}\left(h-c\right)^{3/2}$$

- partendo da valle si ha:

$$x\left(0\right) = 0$$

$$h\left(0\right) = h_v$$

$$Q\left(0\right) = q_{max}$$

- posso scrivere per le *N* sezioni a monte della sezione 0

$$h\left(j\right) = h\left(j-1\right) - dh$$

$$Q\left(j\right) = B\cdot h\left(j\right)\sqrt{2g\left(E_v - h\left(j\right)\right)}$$

$$dq\left(j\right) = Q\left(j\right) - Q\left(j-1\right)$$

$$ds\left(j\right) = \frac{dq\left(j\right)}{\mu\sqrt{2g}\left[\frac{h\left(j-1\right)+h\left(j\right)}{2} - c\right]^{3/2}}$$

$$x\left(j\right) = x\left(j-1\right) + ds\left(j\right)$$

- si pone alla fine, quando $h(j)=h_m$, $L = x(j)$
- ciclo for o ciclo while

Sfioratore – verifica

- in fase di verifica si conosce la geometria dello sfioratore (c, L, d, b)
- per assegnata Q_m in arrivo da monte, dobbiamo individuare la Q_v
- noi sappiamo che la Q_v varia nel range [Q_{is}, q_{max}]
- per un generico valore di Q_v posso calcolare h_v e E_v nella configurazione di

  sfioratore che ho dimensionato
- ad esempio nel caso di restringimento:

$$E_v = h_v + \frac{Q_v^2}{2 \cdot g \cdot B^2 h_v^2} = C_c d' + \frac{Q_v^2}{2 \cdot g \cdot b'^2 \left(C_c d'\right)^2}$$

Sfioratore – verifica

- Ricostruisco quindi il profilo; non conosco h_m questa volta e considero un dh piccolo dell'ordine del mm

- Sulla soglia l'energia si mantiene costante e l'efflusso è dato da:

$$q_{sfiorata} = -\frac{dQ}{ds} = \mu\sqrt{2g}\,(h-c)^{3/2}$$

- partendo da valle si ha:

$$x(0) = 0$$
$$h(0) = h_v$$
$$Q(0) = Q_v$$

- posso spostarmi da valle verso monte fino a che $x(j) = L$

$$h(j) = h(j-1) - dh$$
$$Q(j) = B \cdot h(j)\sqrt{2g\left(E_v - h(j)\right)}$$
$$dq(j) = Q(j) - Q(j-1)$$
$$ds(j) = \frac{dq(j)}{\mu\sqrt{2g}\left[\frac{h(j-1)+h(j)}{2} - c\right]^{3/2}}$$
$$x(j) = x(j-1) + ds(j)$$

- in corrispondenza di $x(j) = L$ sono in grado di stimare h_m e Q_m
- ciclo while

Sfioratore – verifica

- ripeto la procedura per un numero N di valori Q_v nel range $[1.01Q_{is}, q_{max}]$

- otterrò quindi un numero N di valori Q_m corrispondenti, che saranno nel range

  $[1.01Q_{is}, Q_{max}]$

- avrò quindi un vettore di portate Q_m e un vettore di portate Q_v corrispondenti

$Q_{m1} = Q_{is}$		$Q_{v1} = Q_{is}$
Q_{m2}		Q_{v2}
....	$\Leftrightarrow$	....
Q_{mN-1}		Q_{vN-1}
$Q_{mN} = Q_{max}$		$Q_{vN} = Q_{max}$

- se mi interessa sapere il valore di Q_v corrispondente ad un valore di Q_m non presente nel primo vettore, posso effettuare l'interpolazione tra i valori presenti nel vettore mediante la funzione interp1 di Matlab
- ovviamente per valori di $Q_m \leq Q_{is}$, ho $Q_v = Q_m$

Sfioratore – esempio

- Q_{max} = 4.03 m^3/s, $Q_{n,tot}$=0.06314 m^3/s, r = 6, q_{max}=2Q_{is}=0.7577 m^3/s, B=1.5 m,

  C_c=0.6, μ=0.4

- risultato finale con paratoia e restringimento più piccolo del restringimento critico:

  b=1 m, c=0.34 m, d=0.24 m, L=1.52 m

- procedura di verifica →