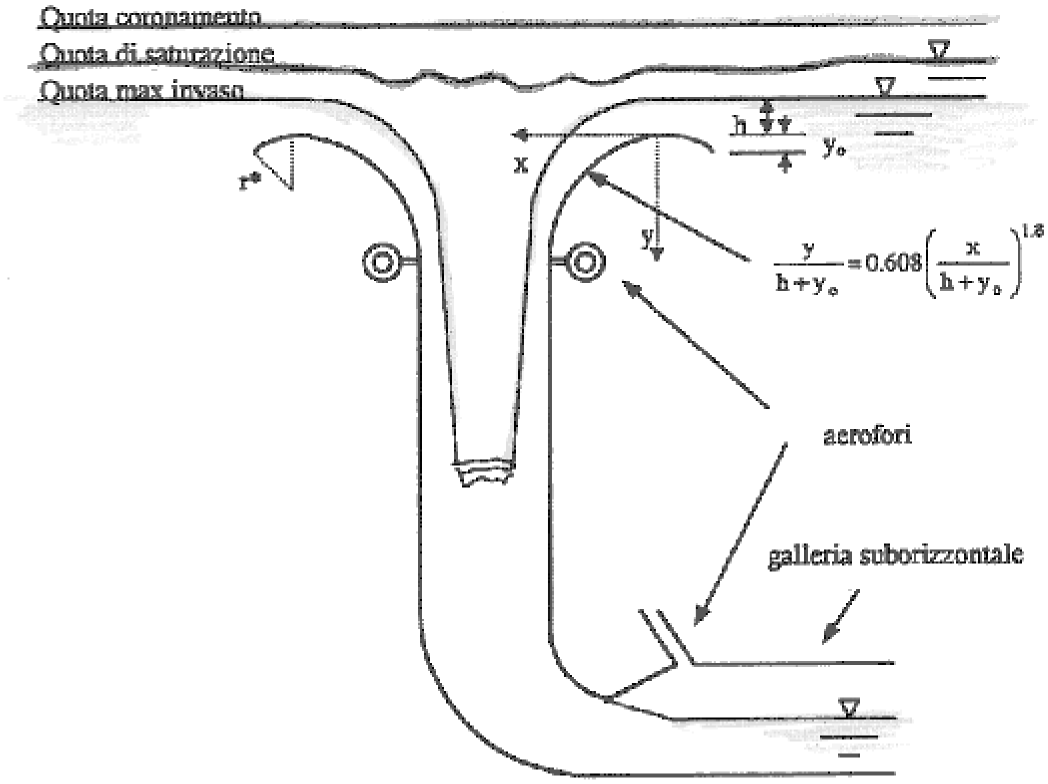
Sfioratori a calice

Gli sfioratori a calice sono dei manufatti particolari che possono funzionare come luce a stramazzo e come luce a battente a seconda dei carichi al di sopra della soglia.
Il passaggio da un tipo di funzionamento all'altro, detto fenomeno di *saturazione*, è governato da fenomeni pneumatici dovuti all'aria trascinata dalla corrente, ed è particolarmente delicato, comportando una diminuizione della portata scaricata a parità di carico idraulico sullo sfioratore.
Il dimensionamentodi questo tipo di scaricatore deve essere accurato e basato su una serie di studi sia teorici che sperimentali su modello.



Si dimensioni uno sfioratore a calice, per lo scarico di superficie della diga (descritta sopra) ipotizzando che lo sbarramento sia realizzato in materiali sciolti.
Il fondo della galleria di sbocco del pozzo è suborizzontale di pendenza pari a i=0.01 e possiede una sezione rettangolare.
Il dimensionamento della struttura di scarico dovrà condurre ai minimi valori dimensionali che permettano di rispettare le prescrizioni contenute nel R.I:D.
In particolare dovranno essere rispettati i vincoli imposti per gli scaricatori superficiali soggetti a fenomeni di saturazione, per lo smaltimento delle piene nei serbatoi realizzati da sbarramenti in materiale sciolto.
Il dimensionamento procede a tentativi assegnando un valore del raggio R del calice esterno in modo che siano rispettate le verifiche sul franco netto e sulla quota di saturazione per valori minori di R e di rp (raggio interno del calice)

	Franco netto
Verifiche	
	Quota di saturazione

Tentativo 1

$R := 8\ m$

Raggio di tentativo

Le caratteristiche geometriche dell'imbocco sono determinate con le formule di Lazzeri:

$$x_o := 0.144\cdot(h + y_o) + 0.011\cdot(R + x_o)$$

$$y_o := 0.055\cdot(h + y_o) + 0.03\cdot\frac{(h + y_o)^2}{(R + x_o)}$$

Dividendo le equazioni per la quantità (R+xo) e assumendo che il rapporto $\frac{(h + y_o)}{(R + x_o)}$ sia uguale a 0.25 per h=hp siottengono le equazioni:

(hp è la differenza tra il livello di massimo invaso e la quota del ciglio sulla soglia di sfioro.)

$$\frac{x_o}{(R + x_o)}$$

$$0.144\cdot0.25 + 0.011 = 0.047$$

$$= \frac{y_o}{(R + y_o)}$$

$$= 0.055\cdot0.25 + 0.03\cdot0.25^2 = 0.016$$

$$x_o := \mathrm{root}\left[0.047 - \frac{x_o}{(R + x_o)}, x_o, 0, 1\right]$$

$$x_o = 0.395$$

$$y_o := \mathrm{root}\left[0.016 - \frac{y_o}{(R + y_o)}, y_o, 0, 1\right]$$

$$y_o = 0.13$$

Le caratteristiche geometriche dello sfioratore sono necessarie per la determinazione dl coefficiente d'efflusso μ e conseguentemente per la determinazione del massimo carico idraulico sullo sfioratore hp.

Il coefficiente d'efflusso è fornito dalla formula teorico sperimentale su questo tipo di sfioratore.

$$\mu := 0.371\cdot\left(\frac{R + x_o}{h_p + y_o}\right)^{0.05}\cdot\left(\frac{R + x_o}{h_p + y_o}\right)^{0.05}$$

$$Q_{max} = 330 \ \frac{m^3}{s}$$

$$h_p := \mathrm{root}\left[Q_{max} - 0.371\cdot\left(\frac{R + x_o}{h_p + y_o}\right)^{0.05}\cdot\left(\frac{R + y_o}{h_p + y_o}\right)^{0.05}\cdot2\cdot\pi\cdot R\cdot h_p^{\frac{3}{2}}\cdot\sqrt{2\cdot g}, h_p, 0, 5\right]$$

$$h_p = 2.322$$

$$\mu := 0.371\cdot\left(\frac{R + x_o}{h_p + y_o}\right)^{0.05}\cdot\left(\frac{R + y_o}{h_p + y_o}\right)^{0.05}$$

$\mu = 0.419$

$Q_{MI} := Q_{MR} + h_p$

$Q_{MI} = 832.922$

$Q_{PC} = 837.23$

$F := Q_{PC} - Q_{MI}$

$F = 4.308$

Dal R.I.D si ricava la semiampiezza dell'onda pari a 1.03 m, quindi il franco netto da verificare risulta:

$F_n := F - 1.03$

$F_n = 3.278$

$F_n > 3.36 = 0$

Non è verifica quindi si procede con un raggio amggiore dello sfioratore.

Tentativo 2

$R := 9\ \mathrm{m}$

Raggio di tentativo

$$x_o := \mathrm{root}\left[0.047 - \frac{x_o}{(R + x_o)}, x_o, 0, 1\right]$$

$x_o = 0.444$

$$y_o := \mathrm{root}\left[0.016 - \frac{y_o}{(R + y_o)}, y_o, 0, 1\right]$$

$y_o = 0.146$

$$h_p := \mathrm{root}\left[Q_{max} - 0.371\cdot\left(\frac{R + x_o}{h_p + y_o}\right)^{0.05}\cdot\left(\frac{R + y_o}{h_p + y_o}\right)^{0.05}\cdot 2\cdot\pi\cdot R\cdot h_p^{\frac{3}{2}}\cdot\sqrt{2\cdot g}, h_p, 0, 5\right]$$

$h_p = 2.119$

$$\mu := 0.371\cdot\left(\frac{R + x_o}{h_p + y_o}\right)^{0.05}\cdot\left(\frac{R + y_o}{h_p + y_o}\right)^{0.05}$$

$\mu = 0.427$

$Q_{MI} := Q_{MR} + h_p$

$Q_{MI} = 832.719$

$Q_{PC} = 837.23$

$F := Q_{PC} - Q_{MI}$

$F = 4.511$

Dal R.I.D si ricava la semiampiezza dell'onda pari a 1.03 m, quindi il franco netto da verificare risulta:

$F_n := F - 1.03$

$F_n = 3.481$

$F_n > 3.36 = 1$

Il raggio verifica il franco netto.
La seconda verifica da effettuarsi nel caso di sfioratore a calice è quella relativa all aquota di saturazione.
Nel caso presente la verifica si riconduce alla determinazione del raggio interno del pozzo rp.
Il RID (Art.H.4) prevede come quota di sturazione quella di massimo invaso aumnetata di due terzi del franco netto.

$$Q_{SAT} := Q_{MI} + \frac{2}{3} \cdot F_n$$

$$h_s := Q_{MI} + \frac{2}{3} \cdot F_n - Q_{MR}$$

$h_s = 4.44$

Carico sulla soglia

$$\mu := 0.371 \cdot \left(\frac{R + x_o}{h_s + y_o} \right)^{0.05} \cdot \left(\frac{R + y_o}{h_s + y_o} \right)^{0.05}$$

$\mu = 0.398$

$$Q_s := \mu \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h_s^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{2 \cdot g}$$

$$Q_s = 932.881 \ \frac{m^3}{s}$$

Nella condizione di saturazione devono uguagliarsi le portate derivanti da stramazzo libero e da luce a battente. per il deflusso con luce a battente a valle del gomito si assume un'area Ac parial 95% dell'area del pozzo.

$r_p := 3.927$

$\eta := 0.59$

$A_c := 0.95 \cdot \pi \cdot r_p^{\,2}$

$r_c := 0.975 \cdot r_p$

$\mu_b := 0.90$

$y := Q_{MR} - Q_F - r_c$

$y = 40.541$

$k := 0.001$

$$\Delta h := k \cdot y \cdot \frac{Q_s^{\,2}}{\left(2 \cdot r_p\right)^5}$$

$\Delta h = 1.181$

$$Q_s - \mu_b\left(0.95\cdot\pi\cdot r_p^{\,2}\right)\cdot\sqrt{2\cdot g\cdot\eta\cdot\left[y + h_s - k\cdot y\cdot\frac{Q_s^{\,2}}{\left(2\cdot r_p\right)^5}\right]} = 0.162$$

$$\mu_b\cdot\left(0.95\cdot\pi\cdot r_p^{\,2}\right)\cdot\sqrt{2\cdot g\cdot\eta\cdot\left[y + h_s - k\cdot y\cdot\frac{Q_s^{\,2}}{\left(2\cdot r_p\right)^5}\right]} = 932.719$$

Questa condizione fornisce il valore di rp, pari a 3.92 m.
Nella galleria di scarico suborizzontale di larghezza pari a 2xrp, la portata Qs di saturazione molto maggiore della portata di progetto, passerà con una altezza di moto uniforme hu e una velocità media v

$K_s := 70$

$B := 2\cdot r_p$

$B = 7.854$

$i_o := 0.01$

$i := 0.01$

$$h_u := \mathrm{root}\left[Q_s - K_s\cdot B\cdot h_u\cdot\left(\frac{B\cdot h_u}{B + 2\cdot h_u}\right)^{\frac{3}{2}}\cdot i_o^{\frac{1}{2}}, h_u, 1, 8\right]$$

$h_u = 5.121$

$$v := \frac{Q_s}{h_u\cdot B}$$

$v = 23.195$

$$h_c := \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{Q_s}{B}\right)^2}{g}}$$

$h_c = 11.288$

Si dimensioni il canale areoforo, sapendo che il rapporto dell'aria con la portata d'acqua è pari a

$\beta = 0.03\cdot\left(F_r - 1\right)^{1.06}$

Il numero di Froude viene calcoloato in corrispondenza dela sezione contratta, pari a 0.90 Ac

$$F_r := \frac{Q_s}{\left(0.90\cdot A_c\right)\cdot\sqrt{g\cdot\frac{\left(0.9\cdot A_c\right)}{2\cdot r_p}}}$$

$F_r = 3.131$

$\beta := 0.03\cdot\left(F_r - 1\right)^{1.06}$

$\beta = 0.067$

$$Q_{aria} := Q_s \cdot \beta$$

$$Q_{aria} = 62.408 \ \frac{m^3}{s}$$

Ipotizzando una canna circolare con velocità pari a 50 m/s(campo tra 40-100), ottengo il diametro:

$$v_{aria} \quad 50 \frac{m}{s}$$

$$D_{aria} \quad \sqrt{4 \frac{Q_{aria}}{\pi \ v_{aria}}}$$

$$D_{aria} \quad 1.261 \ m$$