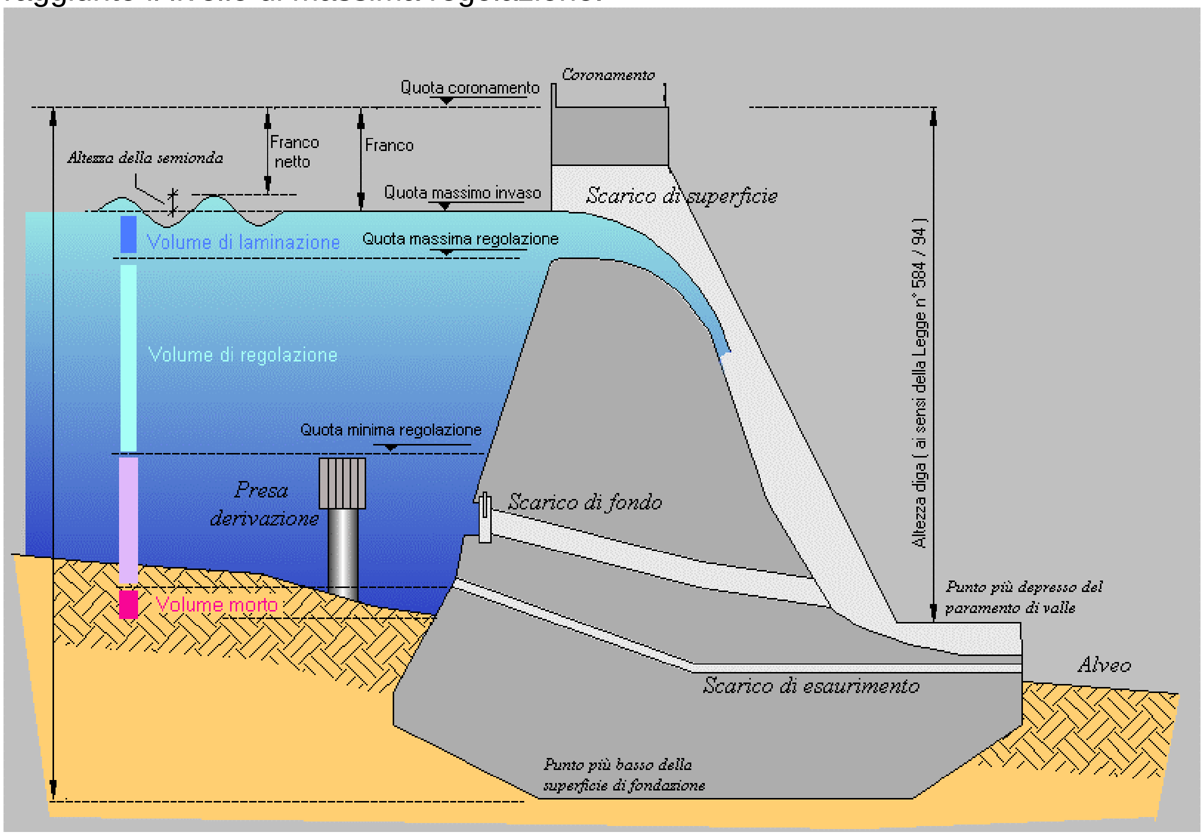
Invaso di laminazione

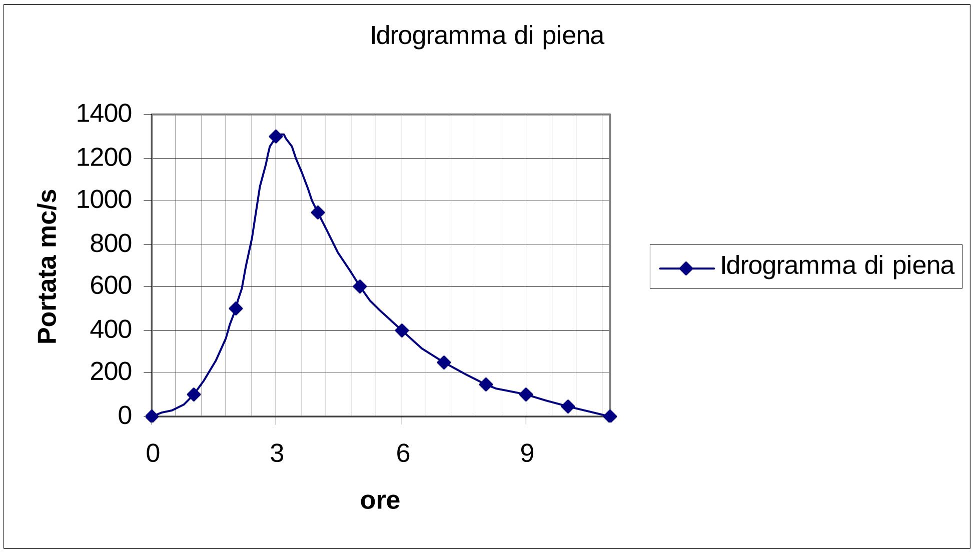
Abbiamo visto come il serbatoio artificiale sia un serbatoio ad uso multiplo.
Tra le funzionalità del bacino, artificiale ma anche naturale, l'azione di laminazione delle portate in ingresso, è sempre presente, anche qualora il livello dell'acqua nell'invaso abbia già raggiunto il livello di massima regolazione.



Esercizio

Una diga è dotata di uno scaricatore di superficie costituito da una soglia sfiorante sagomata con profilo Creager di lunghezza 35 m.
La superficie del lago artificiale creato dalla diga in corrispondenza del ciglio sfiorante ha una superficie di 2 kmq e non varia molto per quote superiori di livello idrico.
Si verifichi lo scaricatore per la piena di tempo di ritorno pari a 1000 anni e definita dal seguente andamento delle portate in ingresso.

t	Qe(t)
ore	mc/s
0	0
1	100
2	500
3	1300
4	950
5	600
6	400
7	250
8	150
9	100
10	50
11	0



Determinare l'andamento delle portate sfiorate, la portata massima sfiorata ed il corrispondente massimo sopraelevamento h_{max} del livello al di sopra del ciglio sfiorante, nell'ipotesi che la piena giunga con un livello idrico del lago pari a quello del ciglio sfiorante.

$Qu(t)$;

Qu_{max};

h_{max}.

Le equazioni che reggono il processo di laminazione sono tre:

L'equazione di continuità;

L'equazione che regola il deflusso sopra lo sfioratore;

La legge d'invaso del bacino naturale.

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{d}{dt} W(t)$$

(1)

$$Q_u(t) = \mu \cdot L \cdot h(t)^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{2 \cdot g}$$

(2)

$$W(t) = W(h(t))$$

(3)

Per la determinazione della portata uscente si può risolvere il sistema delle equazioni (1) e (2) mediante il metodo delle differenze finite e considerando che W(t) è pari a :

$$W(h(t)) = \int_0^h S(h)\, dh$$

Ammettendo che la superficie oltre la quota di massima regolazione risulti di valore costante pari a 2 kmq e ammettendo in prima approssimazione che il coefficiente di deflusso siia pari a 0,48.

$$\frac{\left(Q_e(t) + Q_e(t+\Delta t)\right)}{2} - \frac{\left(Q_u(t) + Q_u(t+\Delta t)\right)}{2} = S \cdot \frac{\left(h(t+\Delta t) - h(t)\right)}{2}$$

Ricavando le espressioni di h(t) dall'equazione di deflusso e sostituendole nell'equazione sopra si ottiene:

$$Q_u(t+\Delta t) = -Q_u(t) + \left(Q_e(t) + Q_e(t+\Delta t)\right) + 2 \cdot \frac{S}{\Delta t \cdot \left(\mu \cdot L \cdot \sqrt{2 \cdot g}\right)} \cdot \left(Q_u(t)^{\frac{2}{3}} - Q_u(t+\Delta t)^{\frac{2}{3}}\right)$$

Scelto un Δt di integrazione pari a 15' (0,25h), si risolve l'equazione ipotizzando come condizione iniziale Qu(0)=0 e si ricava il valore della portata sfiorata a istanti successivi. Si ottiene quindi anche l'andamento del volume invasato e mediante la (3) l'andamento del tirante idrico sulla soglia

$y = Q_u$

$y := 0$

$$y_{0.25} := \mathrm{root}\left[y + 0 - (25+0) - 2 \cdot \frac{2000000}{900 \cdot \left(0.48 \cdot 35 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81}\right)^{\frac{2}{3}}} \cdot \left(0^{\frac{2}{3}} - y^{\frac{2}{3}}\right), y, 0, 250 \right]$$

$y_{0.25} = 0.031$

$$y_{0.50} := \mathrm{root}\left[y + 0.031 - (50+25) - 2 \cdot \frac{2000000}{900 \cdot \left(0.48 \cdot 35 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81}\right)^{\frac{2}{3}}} \cdot \left(0.031^{\frac{2}{3}} - y^{\frac{2}{3}}\right), y, 0, 250 \right]$$

$y_{0.50} = 0.249$

$$y_{0.75} := \mathrm{root}\left[y + 0.088 - (75+50) - 2 \cdot \frac{2000000}{900 \cdot \left(0.48 \cdot 35 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81}\right)^{\frac{2}{3}}} \cdot \left(0.249^{\frac{2}{3}} - y^{\frac{2}{3}}\right), y, 0, 250 \right]$$

$y_{0.75} = 0.839$

Determinate le portate sfiorate si possono ricavare le altezze di sopraelevamento corrispondenti:

$$h_0 := \left(\frac{y}{0.48 \cdot 35 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$h_0 = 0$

$$h_{0.25} := \left(\frac{y_{0.25}}{0.48 \cdot 35 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$h_{0.25} = 5.618 \times 10^{-3}$

$$h_{0.50} := \left(\frac{y_{0.50}}{0.48 \cdot 35 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

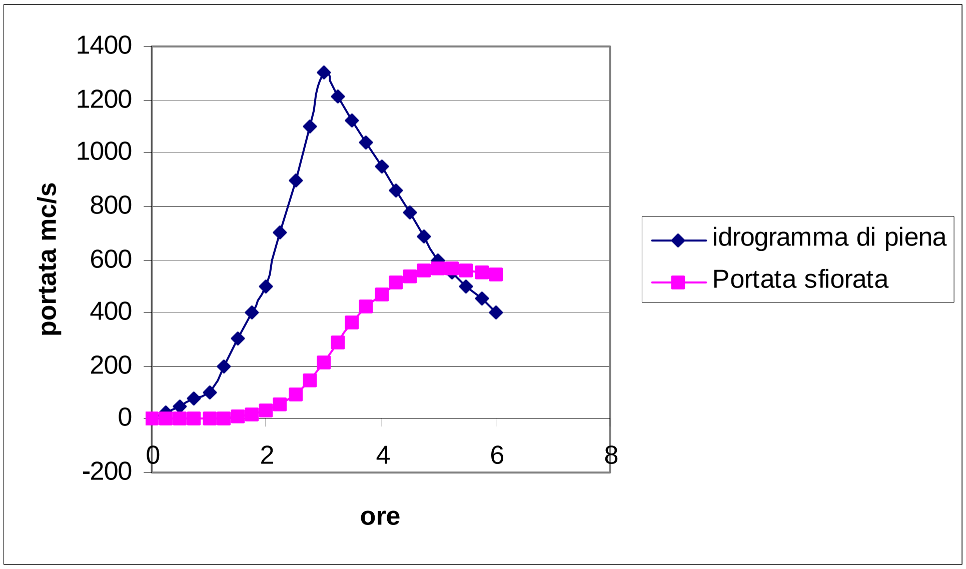
$h_{0.50} = 0.022$ m

$$h_{0.75} := \left(\frac{y_{0.75}}{0.48 \cdot 35 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

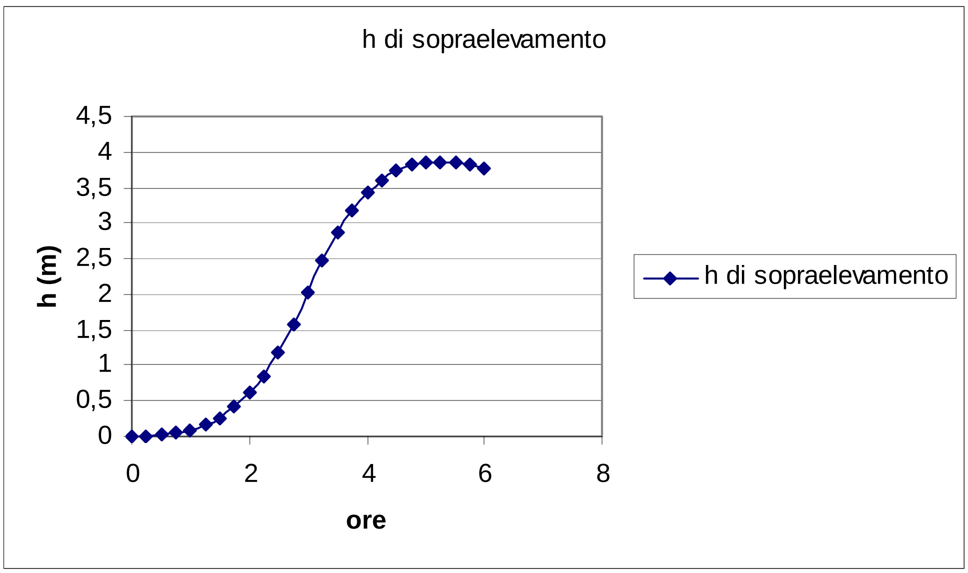
$h_{0.75} = 0.05$

Procedendo in questo modo si ricava questa tabella:

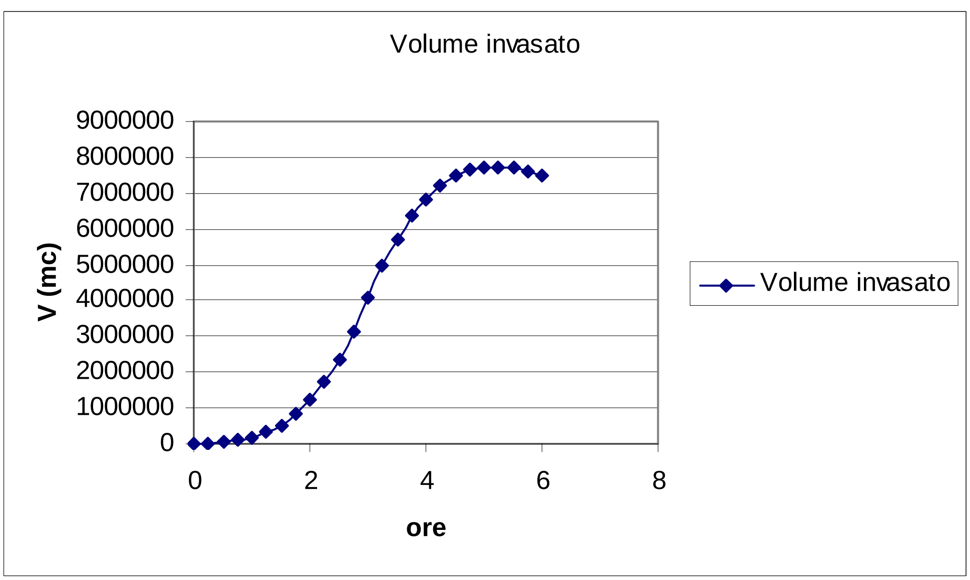
t	Qe(t)	Qu(t)	h(t)	W(t)
ore	mc/s	mc/s	m	mc
0	0	0	0	0
0,25	25	0	0,006	12000
0,5	50	0,2	0,022	44000
0,75	75	0,8	0,05	100000
1	100	2	0,089	178000
1,25	200	4,5	0,155	310000
1,5	300	10,1	0,264	528000
1,75	400	19,9	0,415	830000
2	500	35	0,605	1210000
2,25	700	58,7	0,854	1708000
2,5	900	95,3	1,179	2358000
2,75	1100	147,1	1,575	3150000
3	1300	215,7	2,033	4066000
3,25	1212,5	291,4	2,484	4968000
3,5	1125	360,6	2,864	5728000
3,75	1037,5	420,9	3,174	6348000
4	950	470,8	3,421	6842000
4,25	862,5	510	3,608	7216000
4,5	775	538,4	3,741	7482000
4,75	687,5	556,3	3,823	7646000
5	600	564,5	3,861	7722000
5,25	550	565,5	3,865	7730000
5,5	500	561,7	3,848	7696000
5,75	450	553,6	3,811	7622000
6	400	541,6	3,756	7512000



1400
1200
1000
800
600
400
200
0
-200
portata mc/s
0
2
4
6
8
ore
idrogramma di piena
Portata sfiorata



h di sopraelevamento
4,5
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
h (m)
0
2
4
6
8
ore
h di sopraelevamento



Volume invasato
9000000
8000000
7000000
6000000
5000000
4000000
3000000
2000000
1000000
0
V (mc)
0
2
4
6
8
ore
Volume invasato

La portata massima sfiorata è pari a Qumax=565.5 mc/s; Il volume massimo invasatoWmax=7730000 mc, il massimo sopraelevamento hmax=3.865 m.
Qualora l'altezza massima non sia accettabile per il mantenimento del franco netto della diga, occorre limitare il sopraelevamento del livello d'acqua ad una quota voluta.
Lo scaricatore di superficie è cioè insufficiente a verificare l'onda di piena eccezionale.
Si procede quindi ad aumetare la lunghezza dello sfioratore e a verificarne l'altezza massima raggiunta.
L2.................................Qu'..................................hmax'
L3.................................Qu''.................................hmax''
Per ottenere il massimo effetto di laminazione con lo stesso volume di invaso e la stessa altezza massima , occorre regolare le portate in uscita (con scarichi superficiali e di fondo) in modo che l'idrogramma di piena coincida con la portata scaricata per un primo tratto, poi la portata scaricata deve mantenersi costante, ed infine diminuire di portata mantenendosi comunque al di sopra della portata entrante.

– Laminazione ottimale