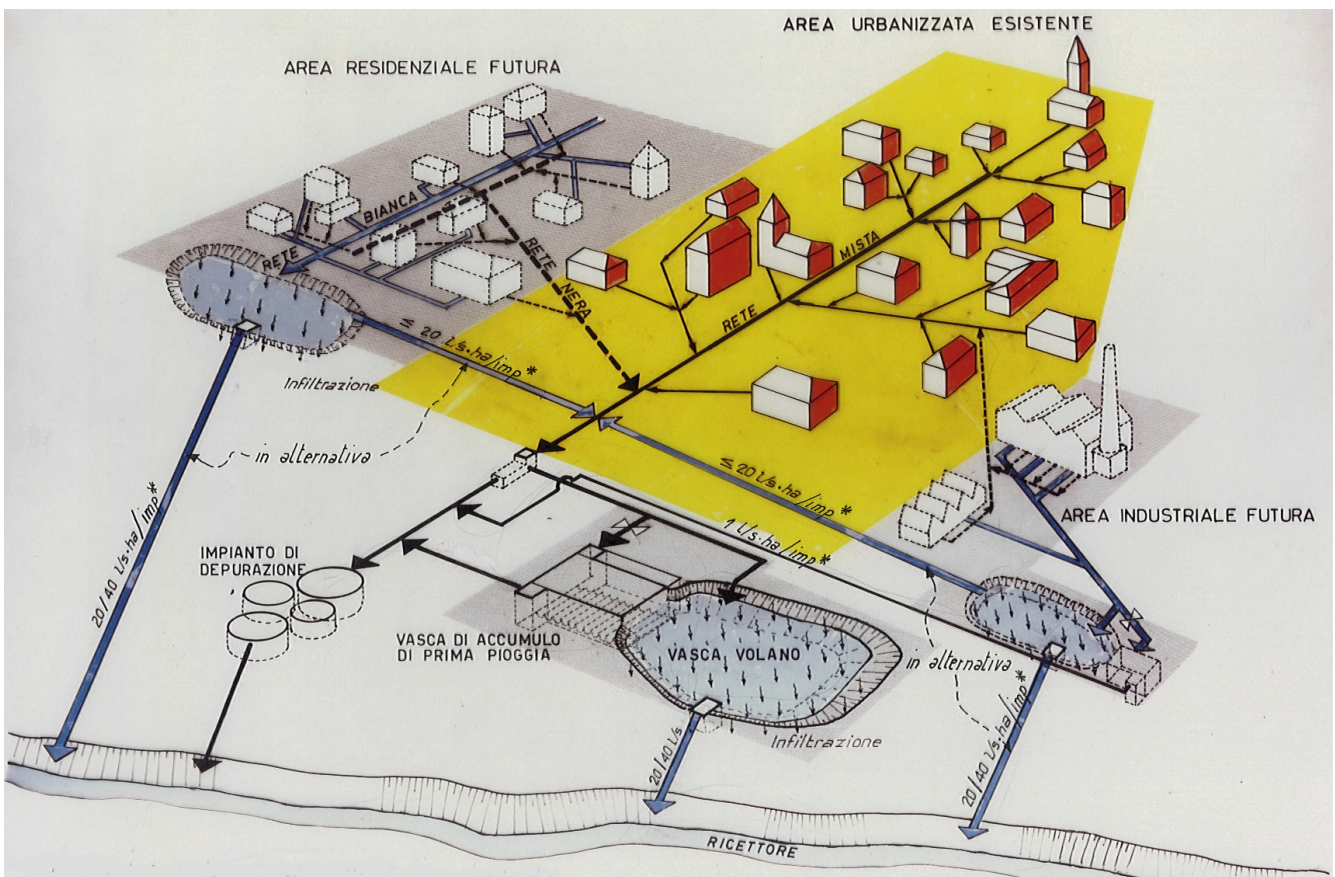


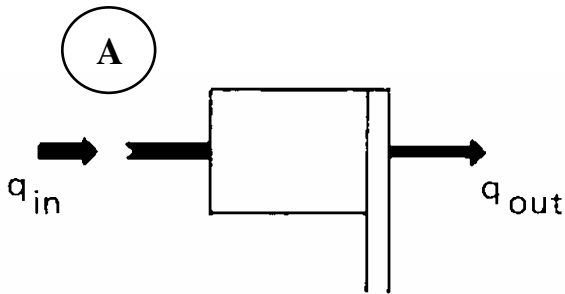
Le vasche volano sono opere di accumulo temporaneo che hanno lo scopo di controllare gli scarichi dal sistema di drenaggio. Sono generalmente costituite da vasche chiuse realizzate in muratura (CLS), spesso suddivise in camere indipendenti, che possono essere anche affiancate da una vasca esterna destinata all'invaso in occasione degli eventi meno frequenti.

Generalmente si dividono in **Vasche di Prima Pioggia** e **Vasche Volano** propriamente dette. Le prime sono destinate all'accumulo della prima parte dell'evento meteorico e hanno essenzialmente la funzione di intrappolare gli inquinanti ad essa associati. Le seconde hanno anche la funzione di laminazione delle portate prima dell'avvio all'impianto di depurazione o dello scarico verso il ricettore.

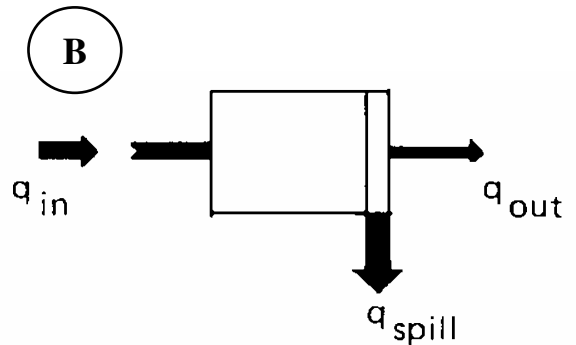
Si usano principalmente nelle reti unitarie, ma possono essere inserite anche nella rete bianca di sistemi separati, allo scopo di controllare lo scarico di inquinanti presenti nelle acque meteoriche verso il ricettore e in qualche caso anche di laminare le portate in esso immesse.



Durante il riempimento



Durante lo sfioro dalla vasca piena



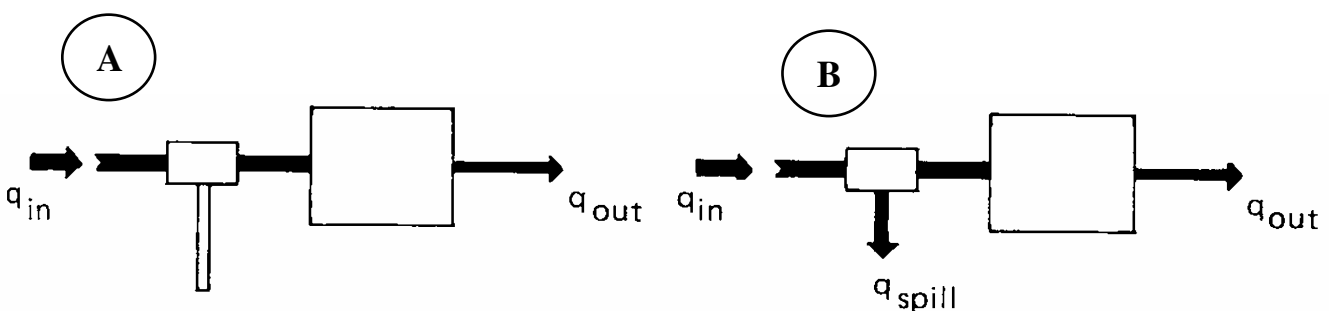
Con sfioratore di troppo pieno

La corrente passa attraverso il bacino senza invasarsi fino a quando la portata raggiunge quella evacuabile dalla bocca d'uscita a pelo libero.

Vantaggi: - i collegamenti idraulici sono semplici;
- possono essere svuotate a gravità.

Svantaggi: - in caso di bocca fissa le portate in uscita sono molto variabili;

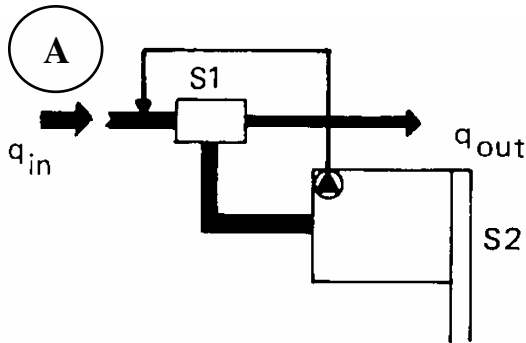
- sono difficili da rendere autopulenti.



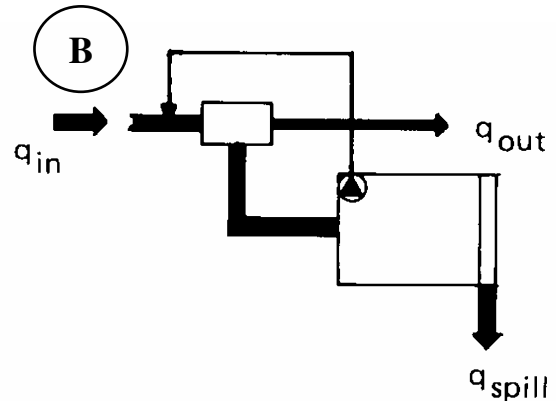
Con scaricatore di piena a monte

Hanno il vantaggio di consentire la non miscelazione tra le acque da convogliare verso valle e quelle da sfiorare.

Durante il riempimento



Durante lo sfiore dalla vasca piena



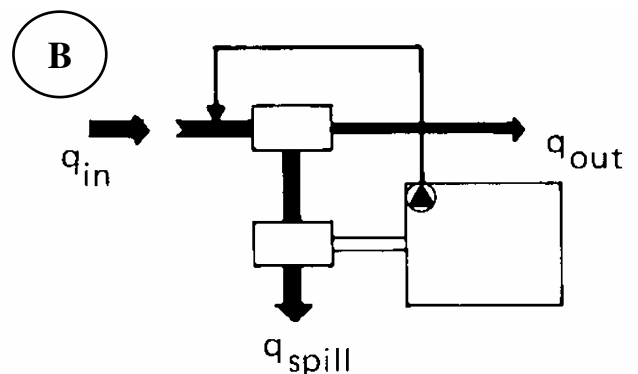
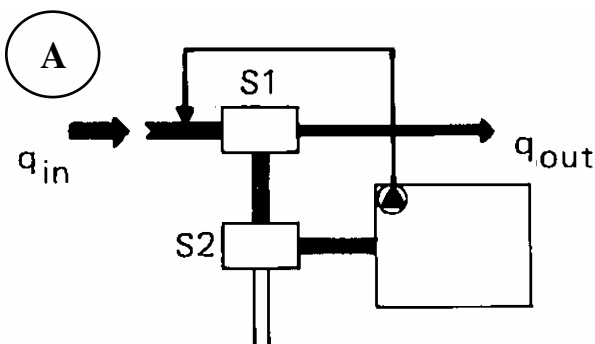
Con sfioratore di troppo pieno

La corrente viene invasata solo quando la portata è superiore ad un certo valore.

Vantaggi: - la portata verso valle è meno variabile rispetto allo schema in serie;

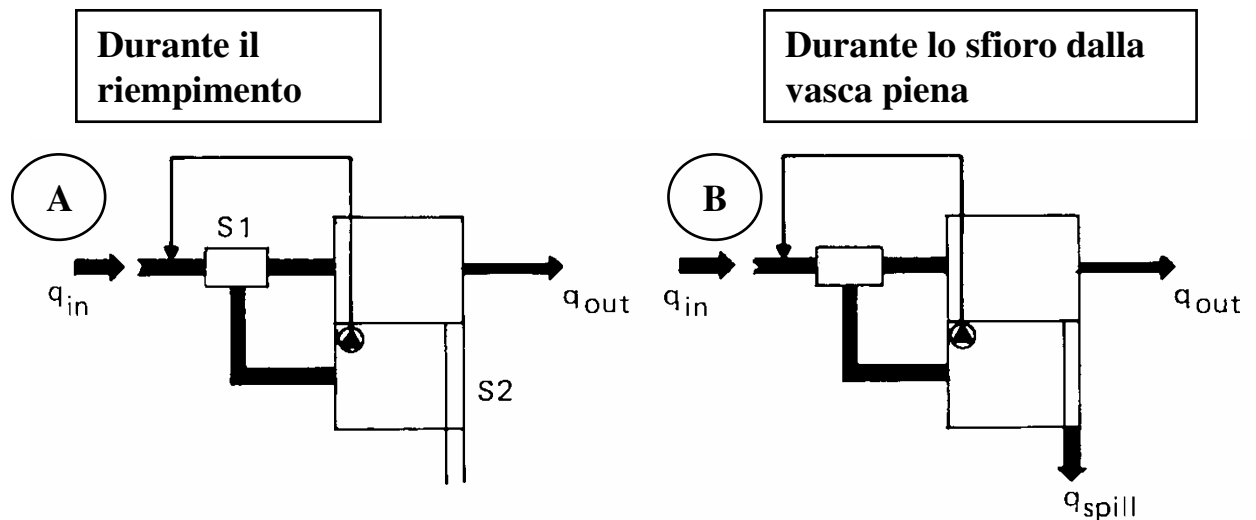
- la vasca è più facilmente inseribile nel tessuto urbano.
- la vasca è asciutta durante i periodi di tempo secco.

Svantaggi: - i collegamenti idraulici sono più complessi;
- è spesso necessario ricorrere a impianti di sollevamento per lo svuotamento.



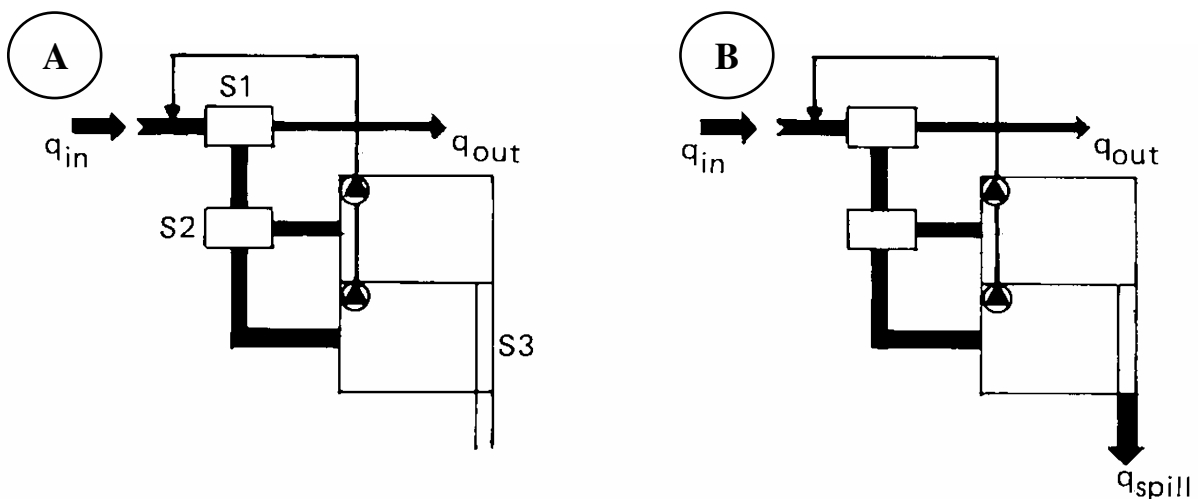
Con doppio scaricatore di piena a monte

Sono più complicate dal punto di vista idraulico e possono consentire lo scarico di rifiuti galleggianti.



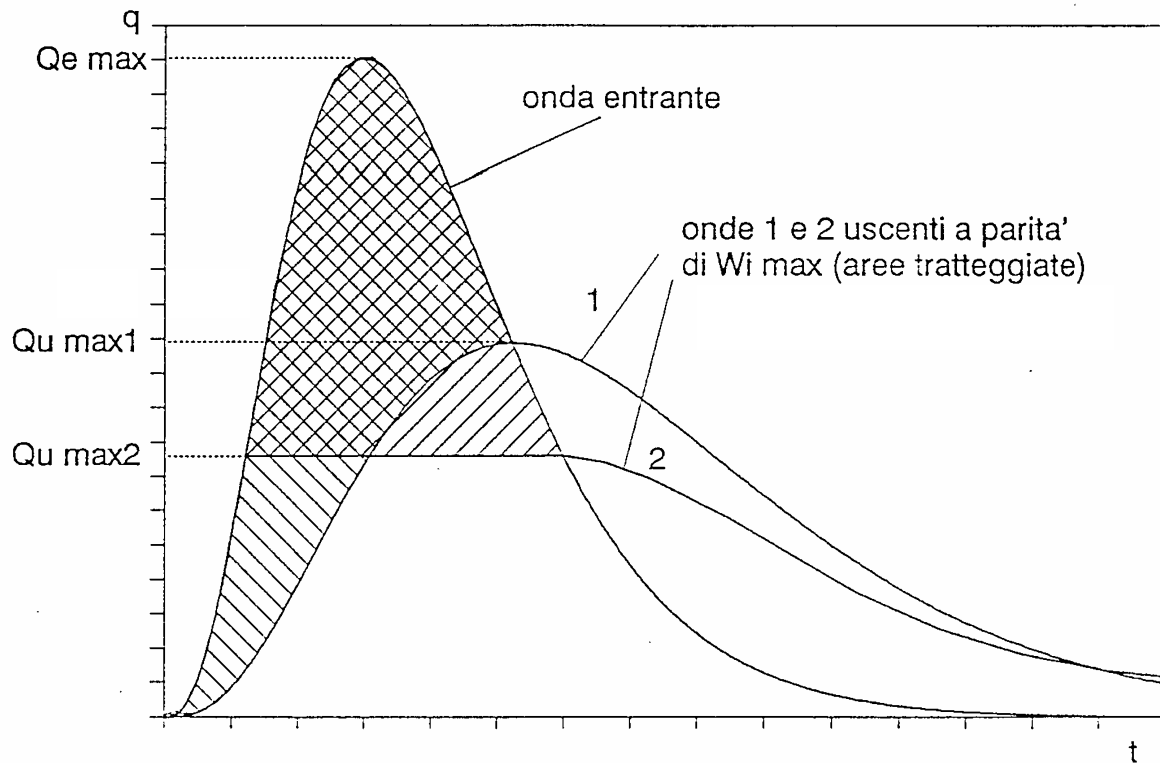
Combinazione serie-parallelo

L'idea di base è quella di trattenere nella prima vasca (in serie) la prima parte dell'evento (più inquinata) e di "purificare" in qualche modo (essenzialmente per sedimentazione) la parte successiva. Questo è particolarmente utile nei casi in cui il fenomeno del FFF è significativo.



Combinazione di vasche in parallelo

Ha il vantaggio ulteriore di avere portate meno variabili verso valle.



$$q_e(t) - q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

$$q_u(t) = q_u[h(t), t]$$

$$W(t) = W[h(t)]$$



$$\begin{matrix} W_{\max} \\ h_{\max} \end{matrix}$$

Sono modelli che consentono, sulla base di alcune ipotesi semplificative, di integrare l'equazione di continuità ricavando relazioni che consentono di stimare in modo diretto il volume massimo invasato e la corrispondente durata critica della pioggia.

$$q_e(t) - q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

Ipotesi semplificativa sull'idrogramma in uscita:
portata in uscita **costante** durante il colmo
(**laminazione ottimale**)

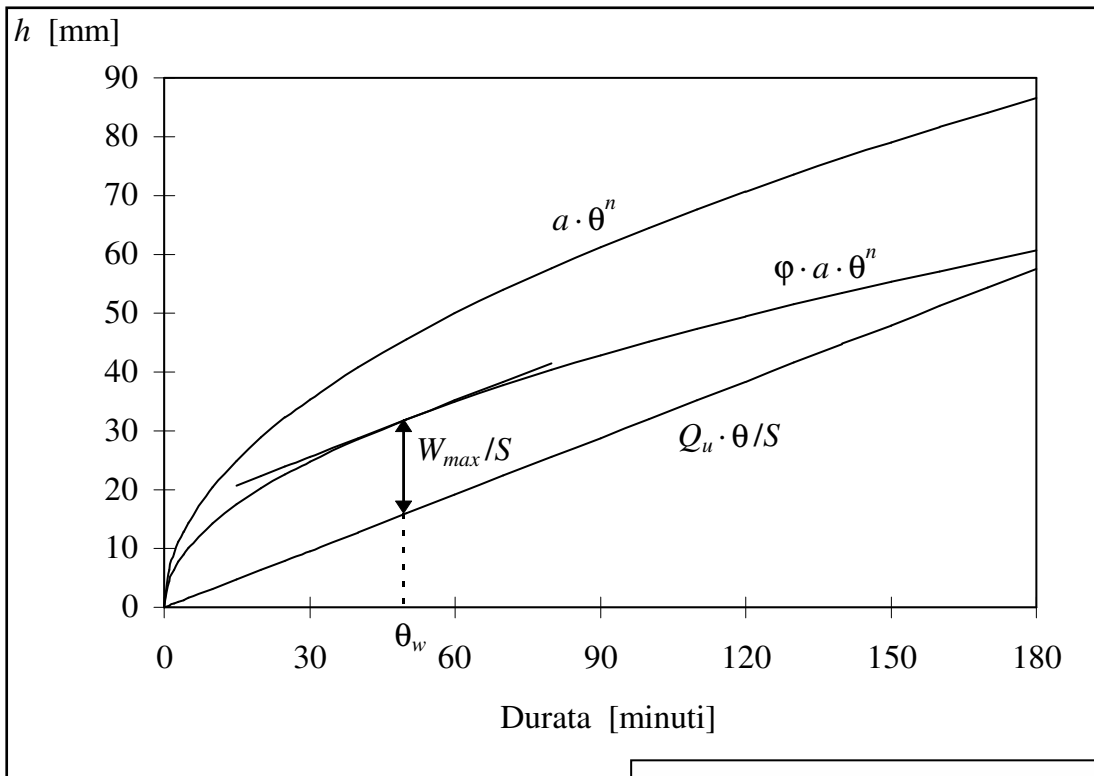
Schematizzazione dell'idrogramma in ingresso sulla base di un **modello concettuale** di trasformazione afflussi-deflussi

$$W_e = S \cdot \varphi \cdot h(\theta) = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta^n$$

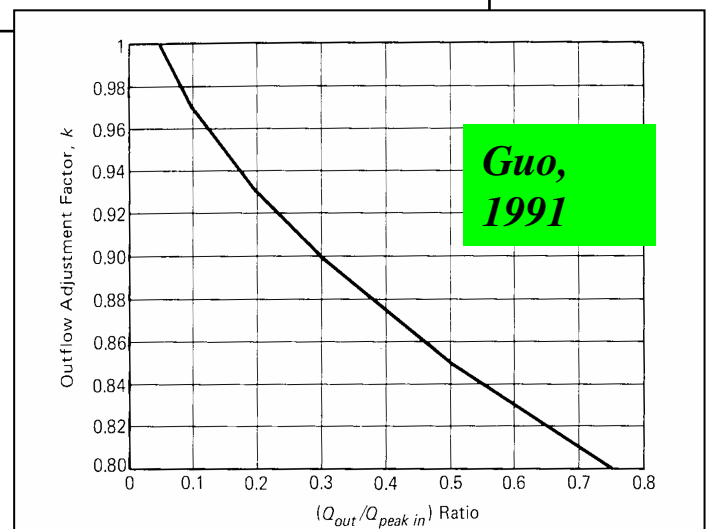
$$W_u = Q_u \cdot \theta$$

$$W = W_e - W_u = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta^n - Q_u \cdot \theta$$

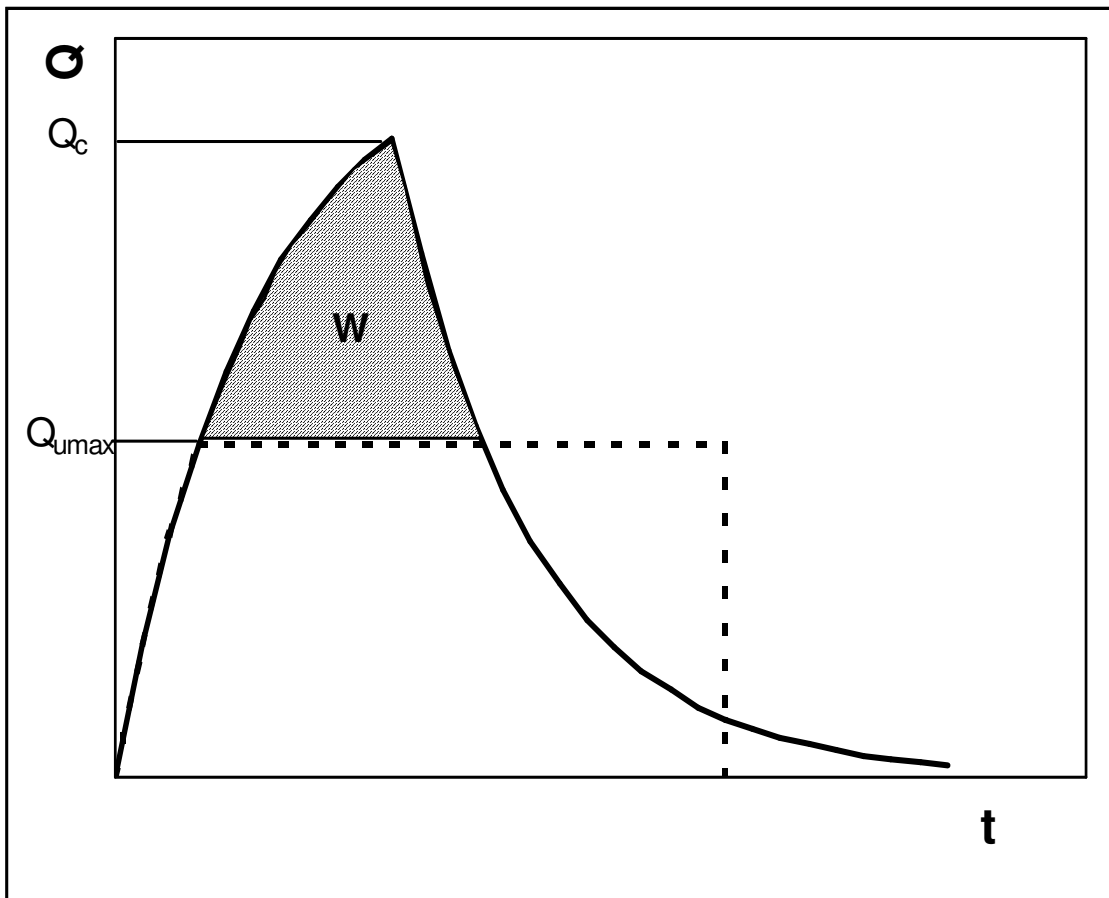
$$W_u = k \cdot Q_u \cdot \theta$$



$$\theta_w = \left(\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$



$$W = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_u \cdot \left(\frac{Q_u}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$



Moriggi e Zampaglione, 1978

rapporto di laminazione

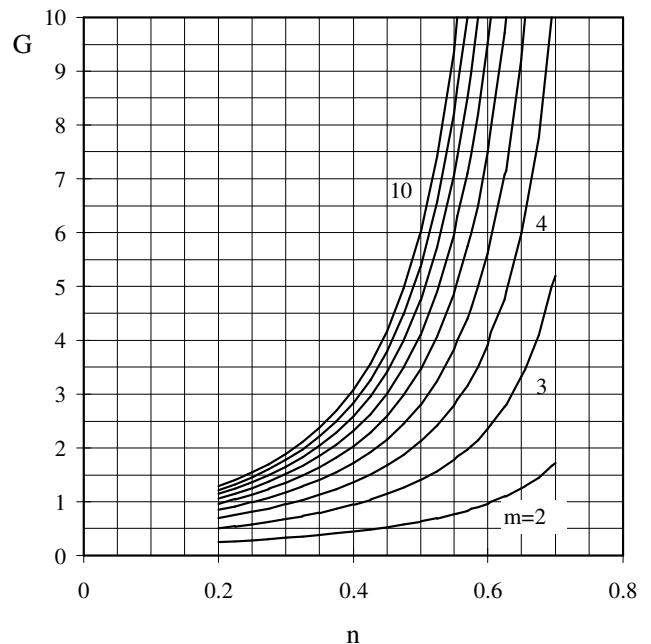
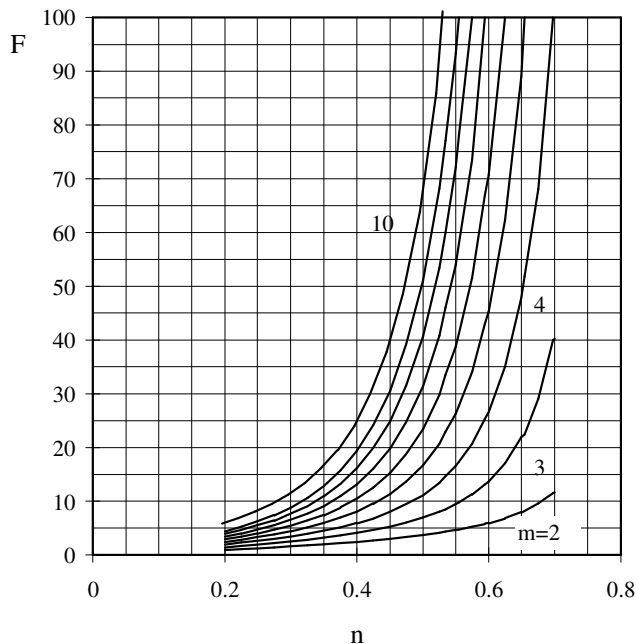
$$W = \varphi \cdot S \cdot a \cdot \theta_w^n \cdot \left(0.95 - \eta^{\frac{2}{3}} \right)^{\frac{3}{2}}$$

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_c}$$

$$\theta_w = \frac{\varphi}{C_2} \left(\frac{Q_u}{n \cdot \varphi \cdot S \cdot a} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$C_2 = \frac{0.165 \cdot n}{\eta + 0.01} - \frac{\eta - 0.1}{30} + 0.5$$

Paoletti e Rege-Gianas, 1979



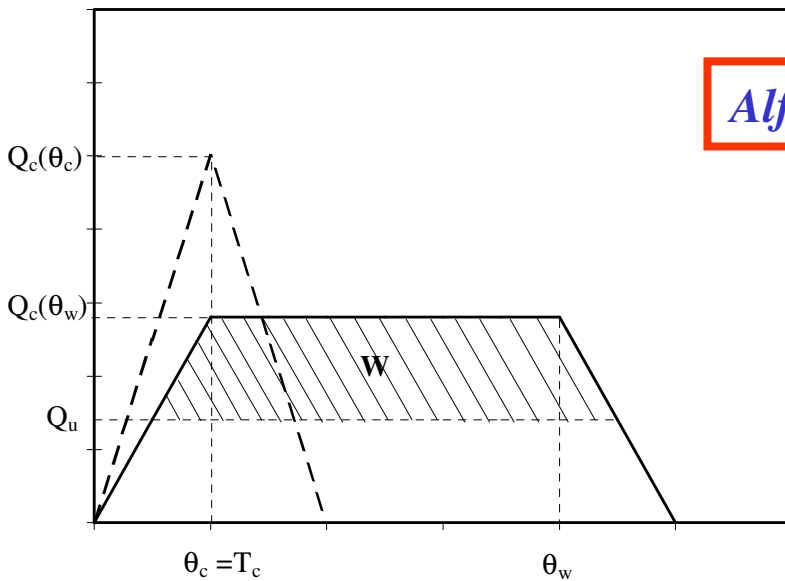
$$F(n, m) = \frac{\theta_w}{k}$$

$$G(n, m) = g(n, m) \cdot F(n, m) = \frac{W}{k \cdot Q_c}$$

$$n \cdot F + (1-n) \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{\frac{D}{m} \cdot F^{2-n}}{1 - e^{-F}} = 0$$

$$m = \frac{1}{\eta} = \frac{Q_c}{Q_u}$$

$$g(n, m) = \frac{F^{n-1}}{D} - \frac{F^{n-2}}{D} \cdot \ln \left(\frac{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1}}{\frac{m}{D} \cdot F^{n-1} - 1} \right) - \frac{1}{m} - \frac{1}{m \cdot F} \cdot \ln \left[\left(\frac{m \cdot F^{n-1}}{D} - 1 \right) \cdot (1 - e^{-F}) \right]$$

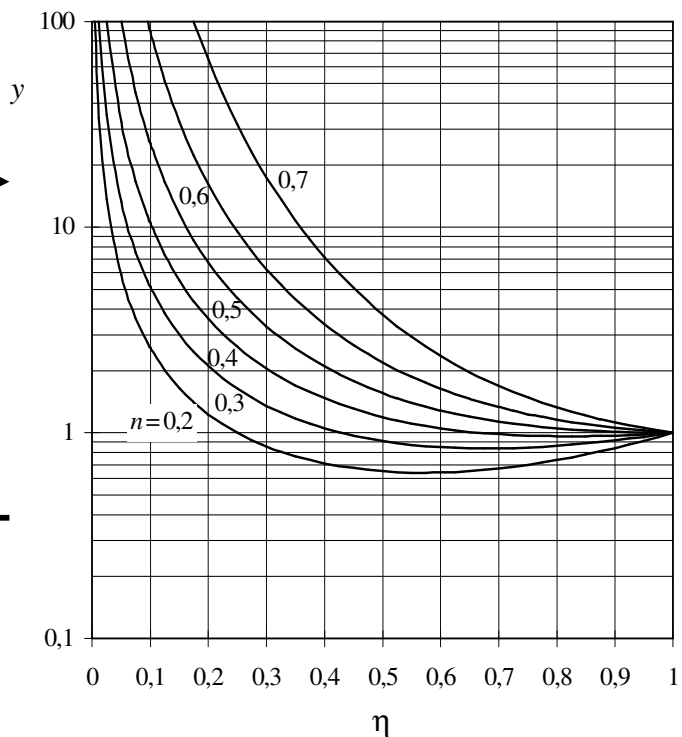


Alfonsi e Orsi, 1979

$$W = \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta^n + T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta^{1-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - Q_u \cdot \theta - Q_u \cdot T_c$$

$$n \cdot \varphi \cdot A \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + (1-n) \cdot T_c \cdot Q_u^2 \cdot \frac{\theta_w^{-n}}{\varphi \cdot A \cdot a} - Q_u = 0$$

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_c}$$



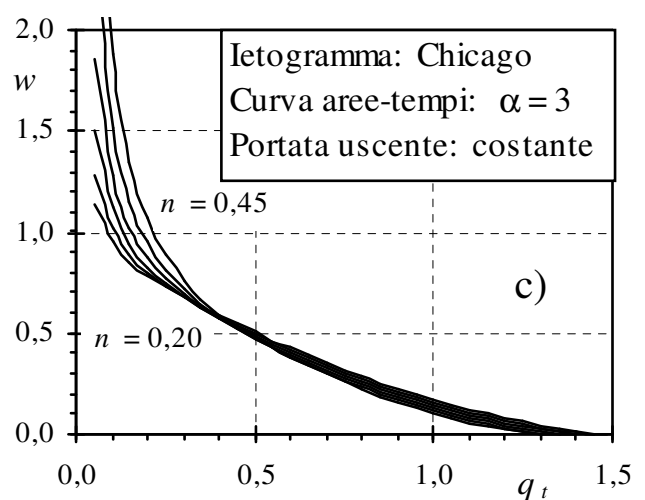
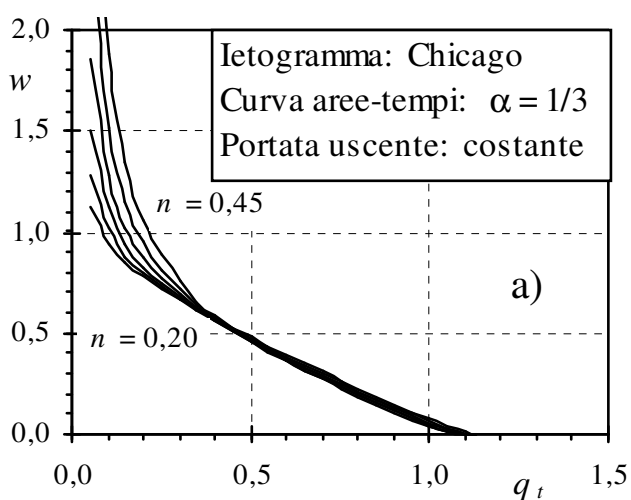
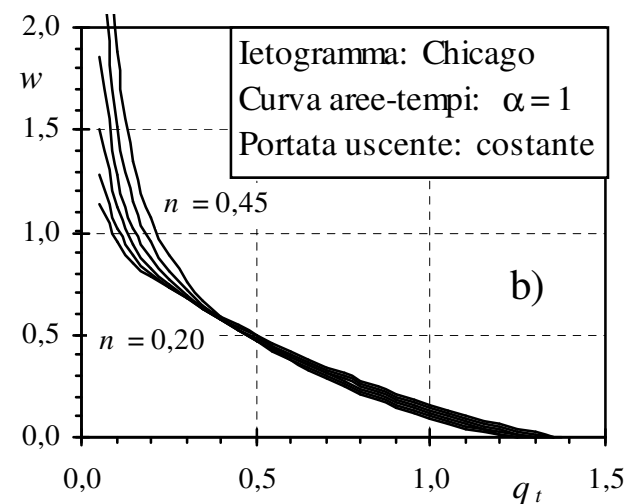
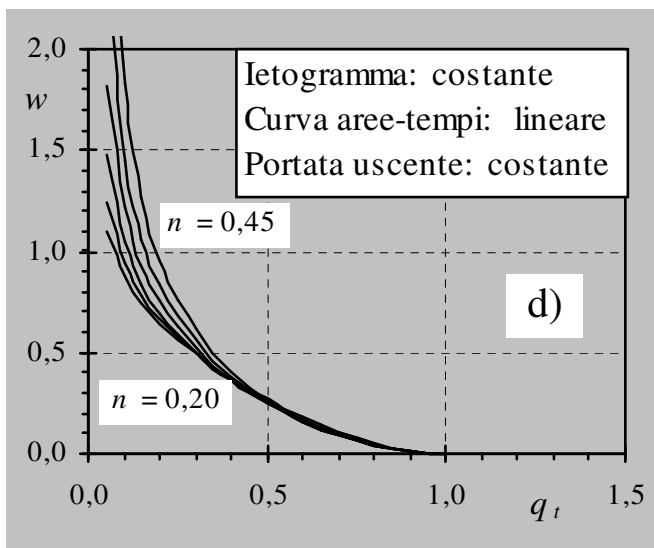
$$y = \frac{\theta_w}{t_c}$$



Modica (1996) ha esteso il metodo cinematico, rimuovendo alcune ipotesi semplificative:

1° ipotesi rimossa:
pioggia costante e
curva aree-tempi lineare

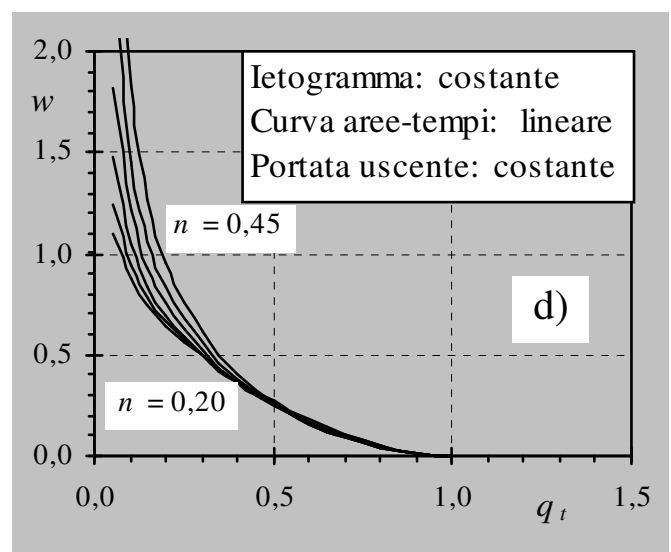
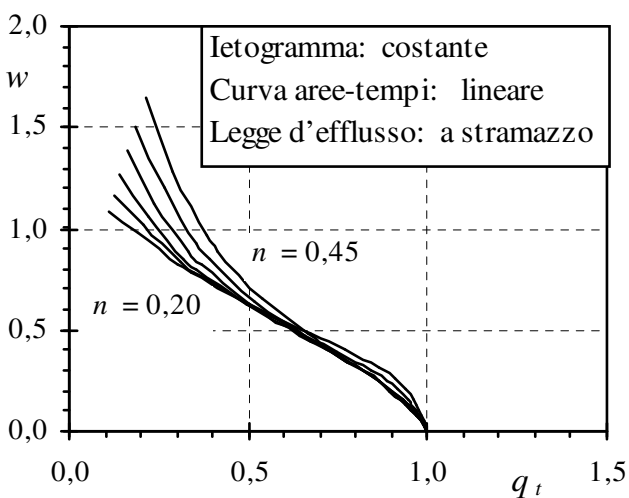
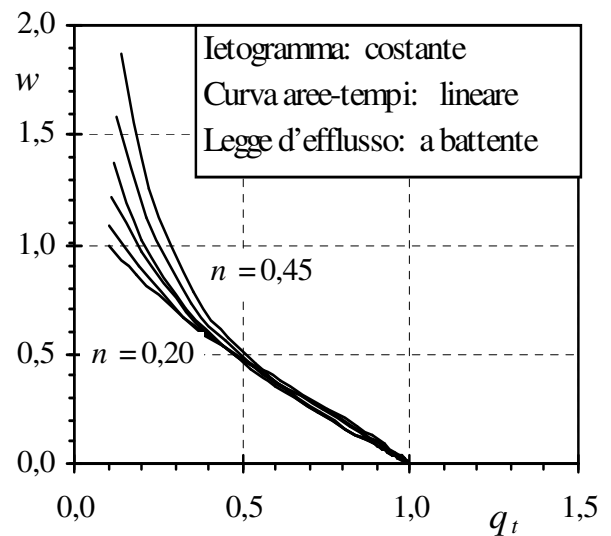
Ietogr. Chicago e
curva aree-tempi
non lineare



2° ipotesi rimossa:
portata in uscita costante

Legge d'efflusso
a battente

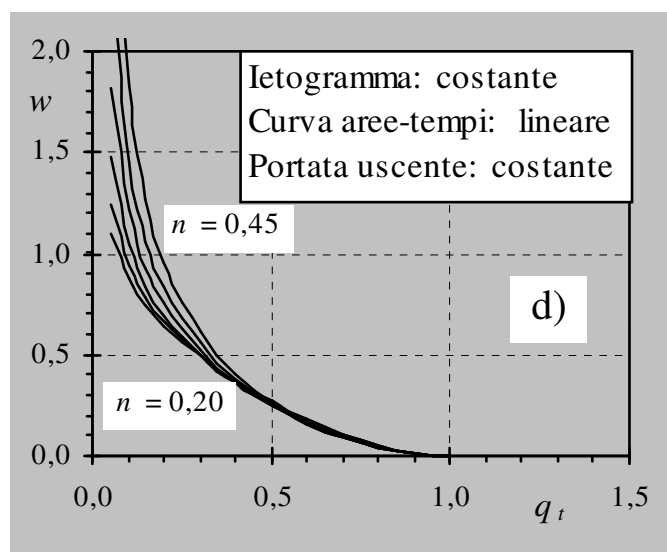
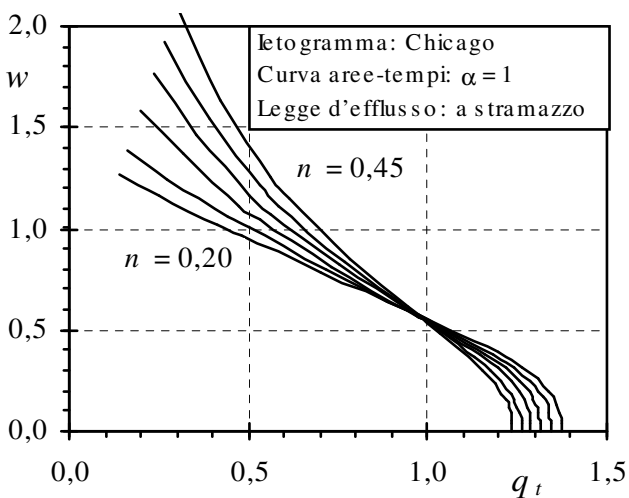
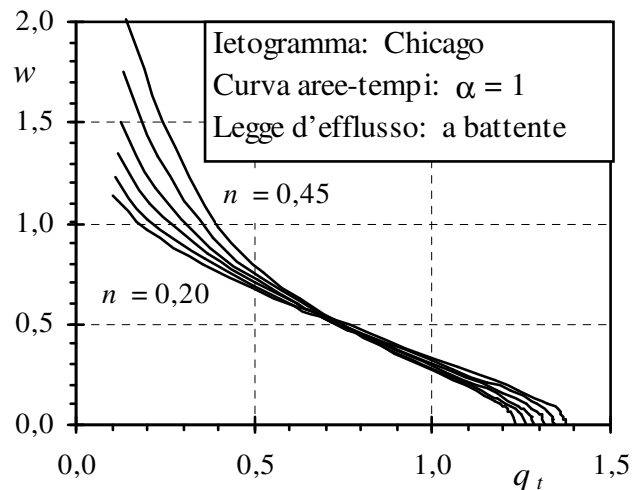
Legge
d'efflusso a
stramazzo



Combinazione dei due casi:

Legge d'efflusso a battente e ietogramma Chicago

Legge d'efflusso a stramazzo e ietogramma Chicago



Marone (1971) ; Boyd (1982 e 1987)

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_c} = \left(1 - \frac{W}{N \cdot W_e} \right)^N$$

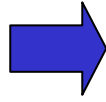
Wycoff e Singh (1976)

$$W = \frac{1.291 \cdot W_e \cdot \left(1 - \frac{Q_u}{Q_c} \right)^{0.753}}{\left(\frac{T_b}{T_c} \right)^{0.411}}$$

Abt e Grigg (1978)

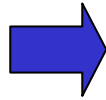
$$W = \left(\frac{1+m}{2} \right) \cdot Q_u \cdot t_c \cdot (1-\alpha)^2 \cdot \left(\frac{60}{43.56} \right)$$

*Laminazione
ottimale*



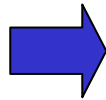
*Regolatori di flusso a portata
variabile*

Pioggia costante



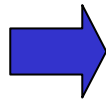
Ietogrammi variabili

Evento singolo



Possibilità di pre-riempimento

Vasca semplice



Vasche multi-camera



**Sottostima o
sovrastima del
volume della
vasca**

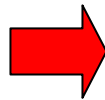


**Predimensionamento
vasca**



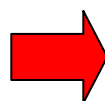
**Simulazione
dettagliata**

**Serie pluviometrica
continua lunga
(almeno 10 ÷ 20 anni)**



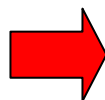
**Simulazione
continua**

**Serie pluviometrica
continua corta
(5 ÷ 10 anni)**



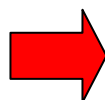
**Modello
stocastico delle
piogge +
simulazione
continua**

**Serie pluviometrica ridotta
(pochi eventi critici)**



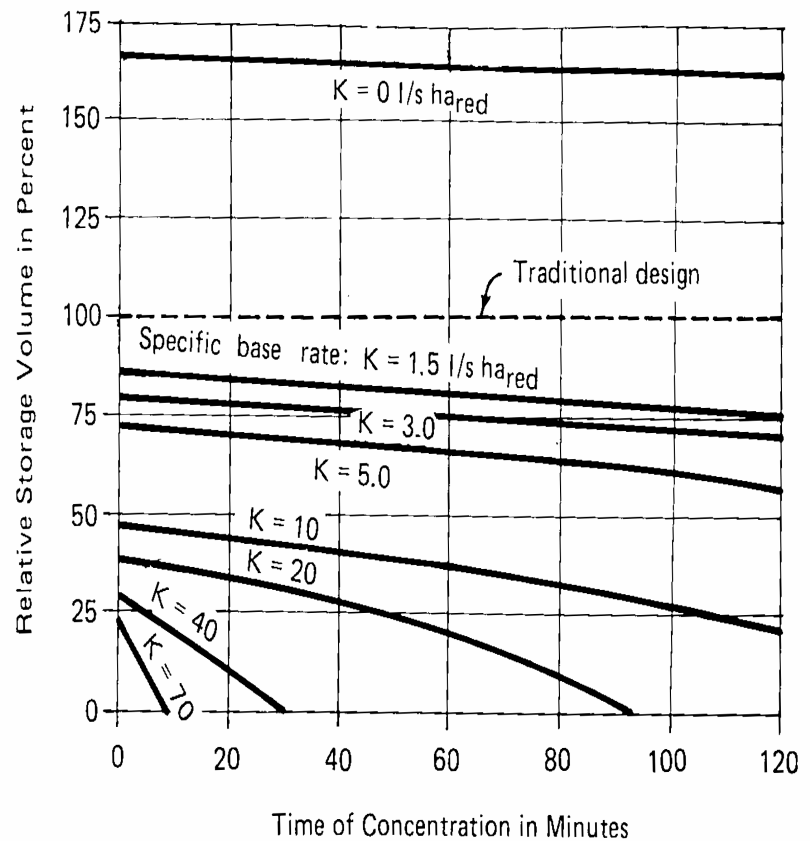
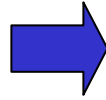
**Ietogramma
reale +
simulazione
d'evento**

**Curve di possibilità
pluviometrica**

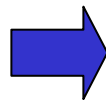


**Ietogramma di
progetto +
simulazione
d'evento**

**Pecher,
1980**

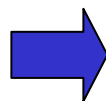


**Mambretti,
1991**



T (anni)	Incremento % del volume rispetto alla simulazione con evento singolo e pioggia costante				
	5	10	20	50	100
Qu (l/sha)					
0.5	17.2	16.8	26.6	28.3	43.1
1.0	14.1	14.9	22.4	10.2	10.2
2.0	11.3	15.1	4.8	19.1	20.6
5.0	18.9	15.0	11.0	20.6	24.6
10.0	33.9	28.2	5.7	6.8	14.4

**Marelli,
1994**



$$\Delta W \cong 50 \% (T=5 \text{ anni}) \div 100 \% (T=2 \text{ anni})$$

Esempio:

Piogge di Milano 1971-1991:

1296 eventi con $h > 3$ mm

**Intervallo medio (ts) tra gli eventi:
5.37 giorni**

Numero eventi con $ts < 10$ ore: 356

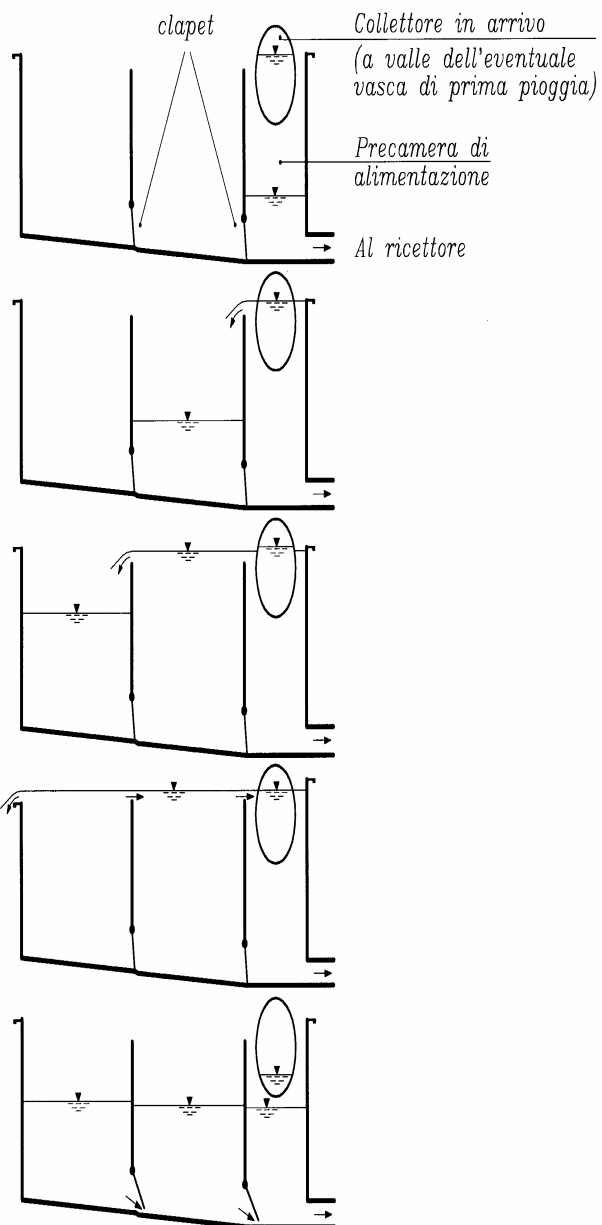
Simulando le piogge reali con il metodo cinematico, si ottiene un volume di circa $720 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{imp}}$ per una vasca volano con $T=20$ anni e portata in uscita costante pari a $20 \text{ l/s ha}_{\text{imp}}$.

Il tempo di completo svuotamento sarà quindi circa pari a 10 ore.

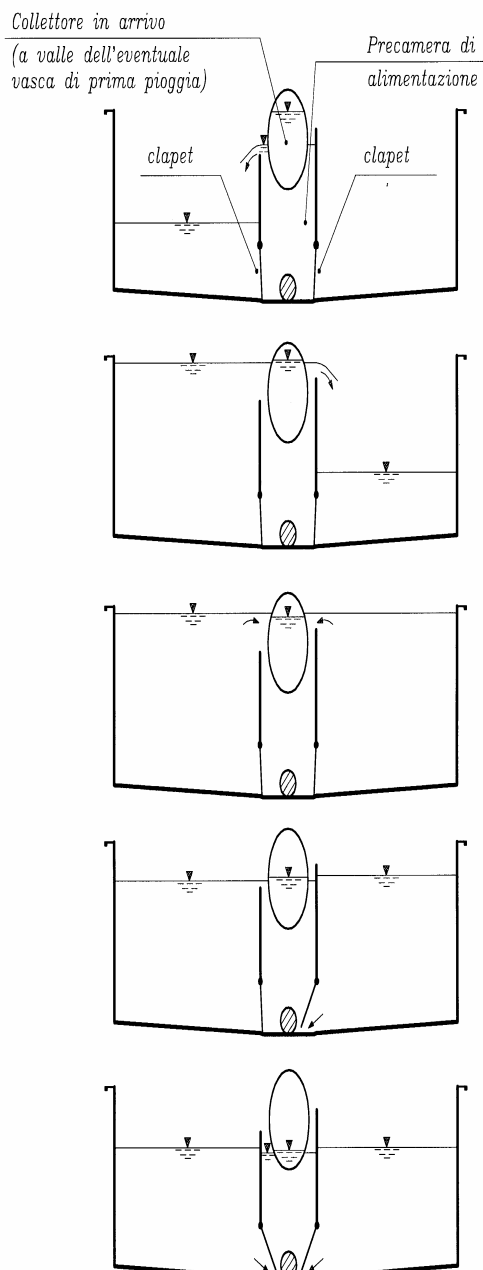
In 6 casi su 21 anni la vasca non sarebbe stata completamente vuota all'inizio dell'evento.

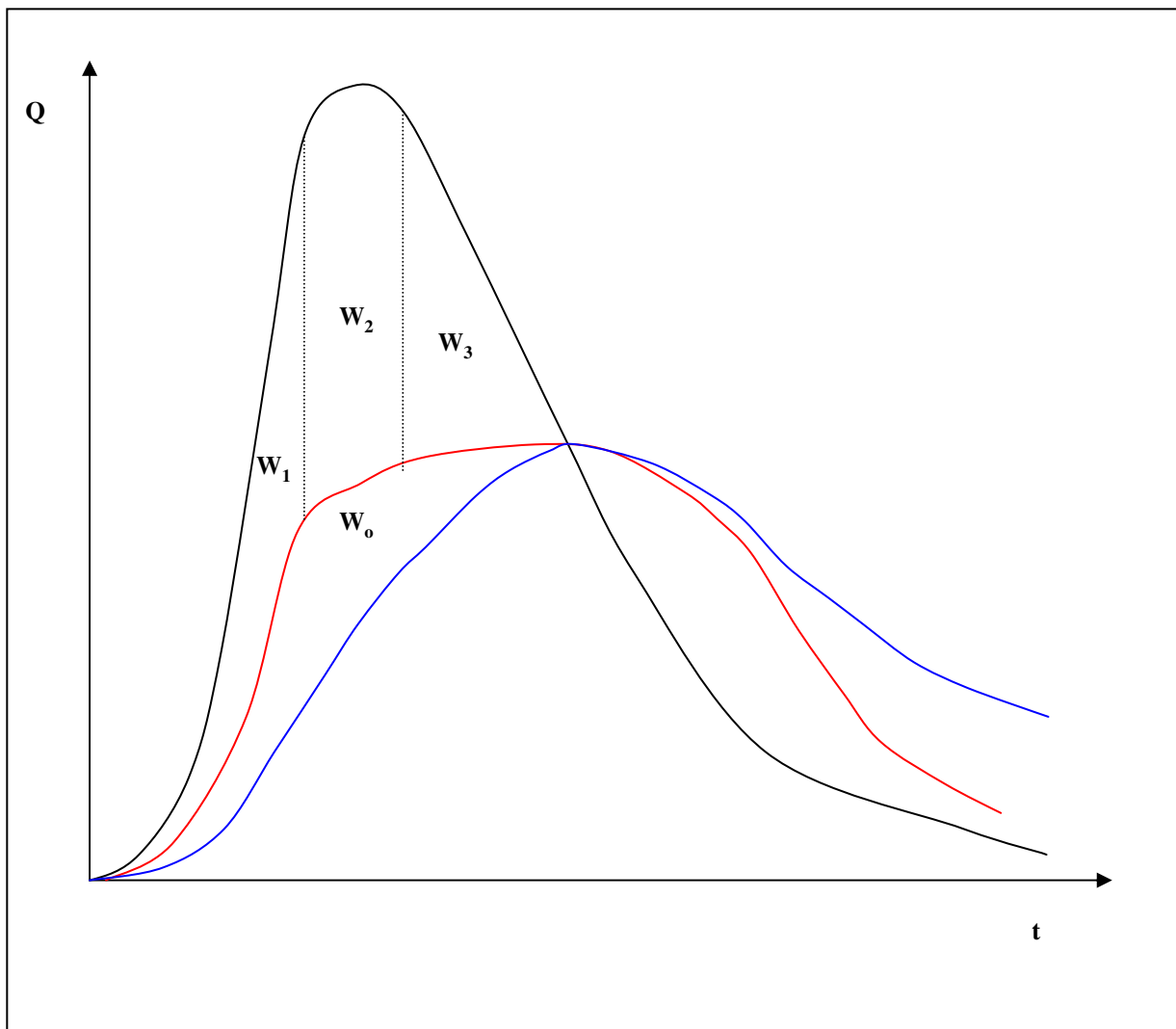
Il valore massimo del pre-riempimento è risultato pari a circa il 40%

Vasche in serie



Vasche in parallelo

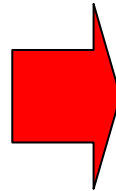




Il volume di una **vasca multicamera** con precamera di ingresso è minore di quello di una **vasca semplice** (+ W_0) a parità di massima portata in uscita.

Lo schema più efficiente è quello con camere in serie e con riempimento e svuotamento attraverso la precamera d'ingresso.

Nel caso che la vasca volano abbia come ricettore direttamente un corso d'acqua, è opportuno favorire al massimo l'abbattimento degli inquinanti prima dello scarico.



Sedimentazione dei solidi sospesi (SS)

Aumento dei tempi di residenza, anche per gli eventi più frequenti

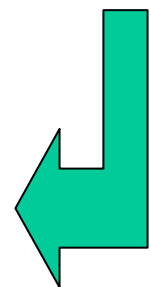
Limitazione della turbolenza nella vasca



- a) Sedimentazione dei SS
- b) Diminuzione del BOD
- c) Diminuzione del DO !!!

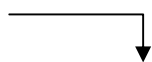
Tempi di residenza non troppo elevati : circa 24 ore (Grizzard et al., 1986)

Aerazione delle vasche.



Sono essenzialmente luci a battente:

legge di efflusso

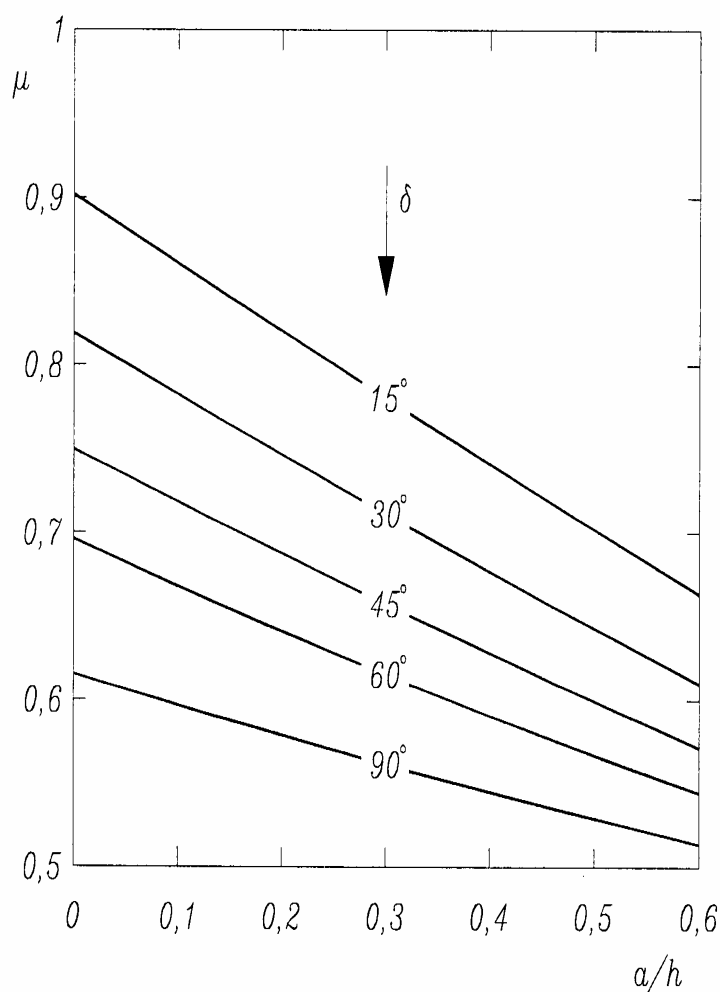
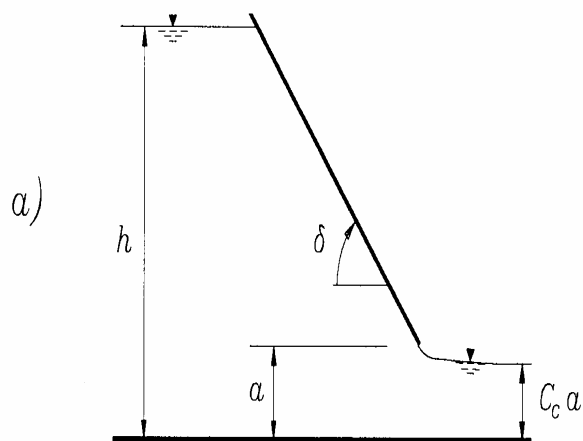


$$Q = \mu A \sqrt{2gh}$$

$$\mu = \frac{C_c}{\sqrt{1 + \frac{C_c a}{h}}} \cdot C_v$$

Con parete verticale ($\delta = 90^\circ$) e per $a/h \rightarrow 0$, $\mu = 0.61$;

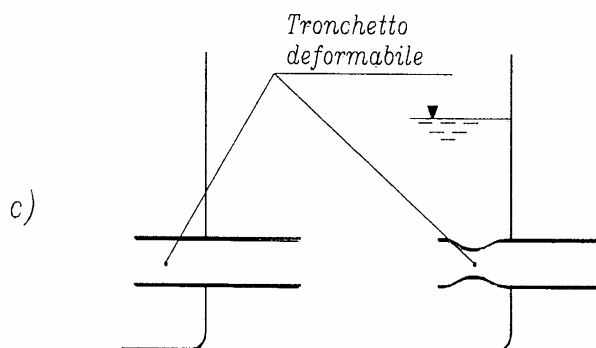
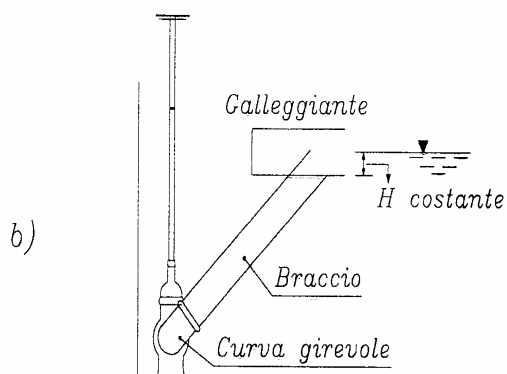
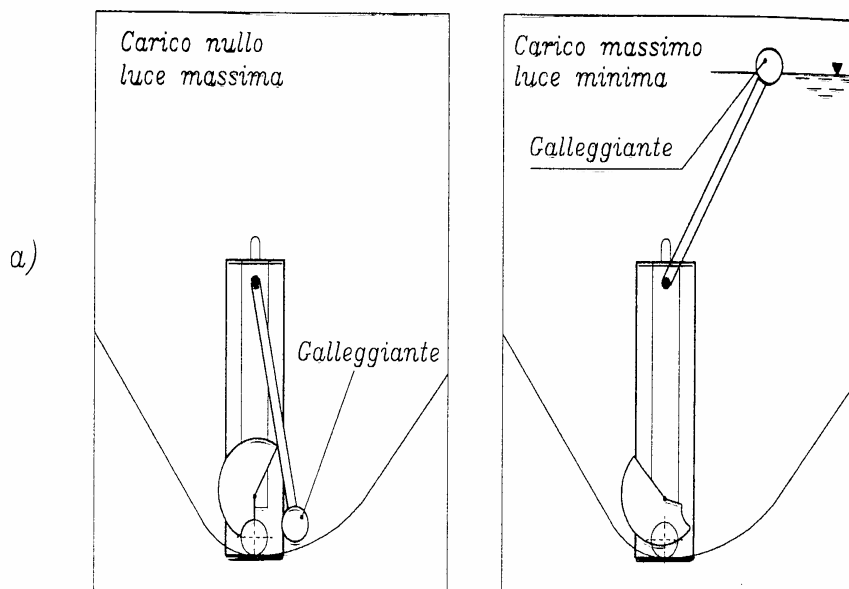
Per a/h grande μ si riduce a causa della presenza d'aria risucchiata che rende l'efflusso irregolare.



Il loro scopo è quello di mantenere la portata in uscita il più possibile costante al variare del carico idraulico h .

Generalmente sono bocche a battente con paratoie regolabili, con imbocco mobile o deformabile.

La luce minima, in condizioni di carico massimo, non deve essere inferiore a 25*25 cm per evitare possibili occlusioni.



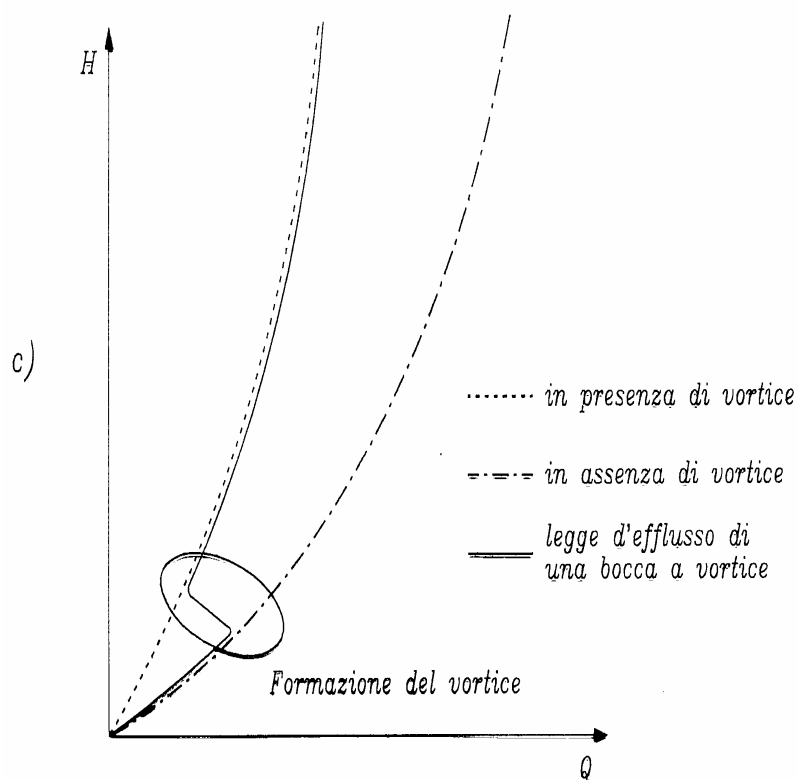
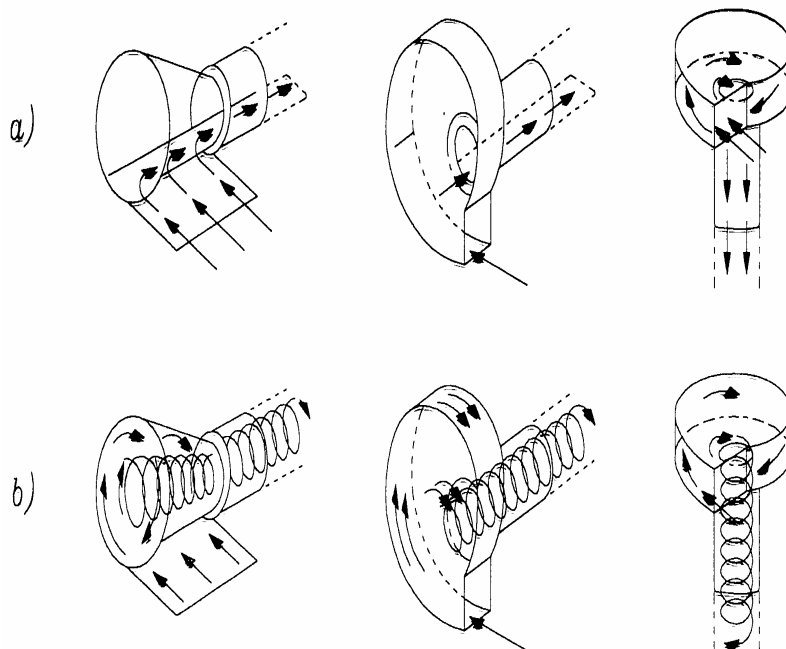
Chiamati anche **hydrobrake** o **vortex amplifier** nella terminologia anglosassone

Possono essere a due o a tre vie.

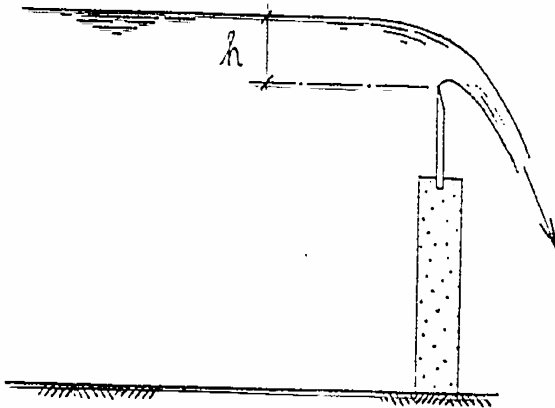
Il moto vorticoso riduce sensibilmente il coefficiente d'efflusso μ (0.2 ÷ 0.3)



Luci più ampie, quindi meno intasabili;
Autopulizia dovuta al vortice.



Sono generalmente luci a stramazzo :

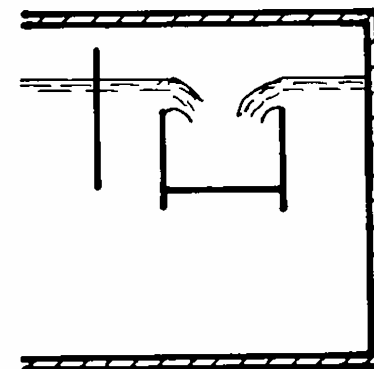
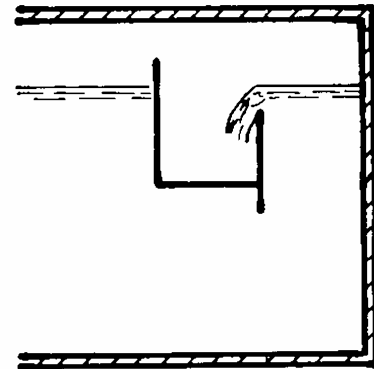
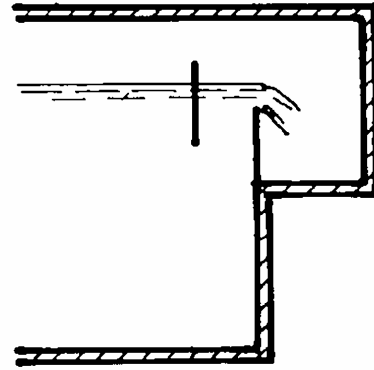


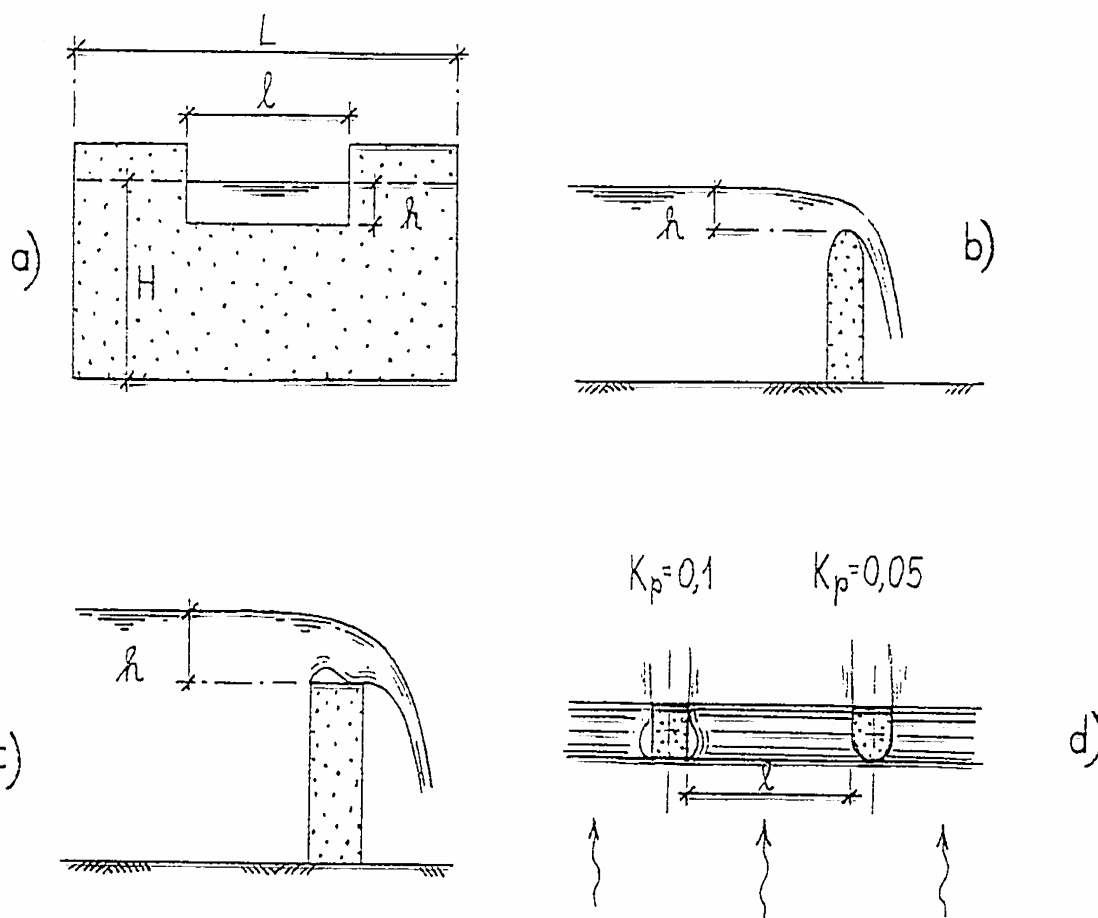
Sfioro libero in
atmosfera e non
rigurgitato

*legge di
efflusso*

$$Q = \mu l h \sqrt{2gh}$$

$$\mu = 0.4$$





Caso a)

$$\mu = \left(0.405 - 0.03 \frac{L-l}{L} + \frac{0.0027}{h} \right) \cdot \left[1 + 0.55 \cdot \left(\frac{lh}{LH} \right)^2 \right]$$

Caso b)

$$\mu = 0.45 \div 0.48$$

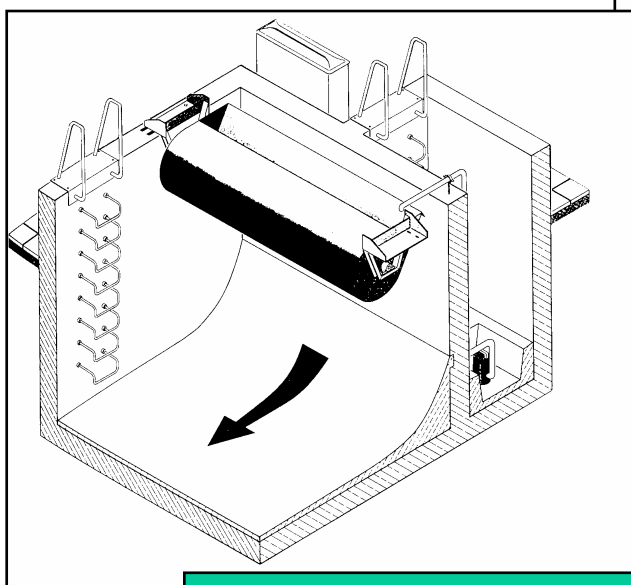
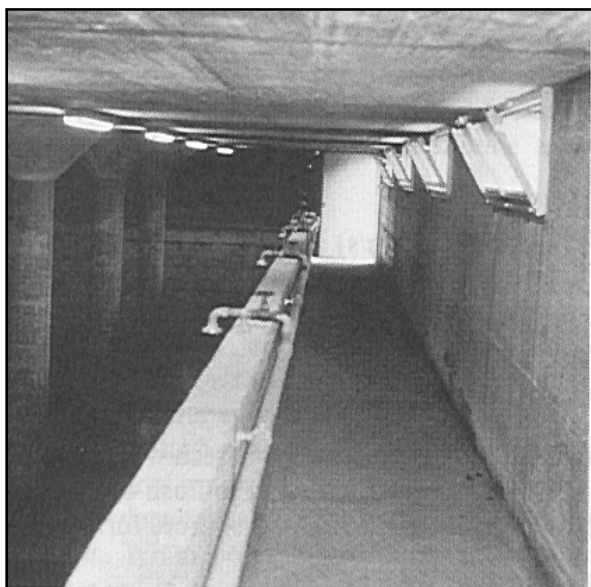
Caso c)

$$\mu = 0.8 \cdot \left(0.405 - 0.03 \frac{L-l}{L} + \frac{0.0027}{h} \right) \cdot \left[1 + 0.55 \cdot \left(\frac{lh}{LH} \right)^2 \right]$$

Caso d)

$$l_{eff} = l - 2 \cdot K_p \cdot h$$

Possono essere sistemi con controllo manuale o sistemi automatizzati, con vasca di accumulo la cui dimensione e geometria dipende dal sistema di lavaggio prescelto.



Possono utilizzare sia l'acqua in arrivo da monte sia acqua pulita.

