PORTATE MASSIME

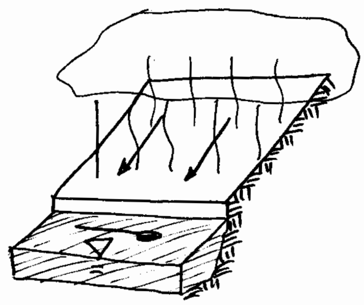
METODO CINEMATICO

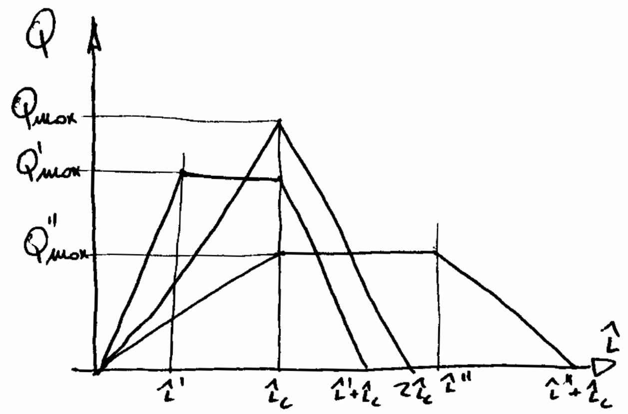
S: superficie
τ: durata di pioggia
h: altezza di pioggia

$$\Rightarrow \begin{cases} \varphi S h & \text{defluita} \\ (1-\varphi) S h & \text{trattenuta} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad Q_{eff} = \frac{\varphi S h}{\tau + \tau_c} \quad \text{(portata media efficace)}$$

con τ_c: ritardo di corrivazione





(1) Caso $\tau < \tau_c$

$$V_d = Q_{max} \cdot \frac{(\tau_c - \tau') + (\tau_c + \tau')}{2} = Q_{max}\,\tau_c \quad \text{(volume invasato nel tempo } \tau' + \tau_c\text{)}$$

$$Q'_{max} = \frac{V_d}{\tau_c} = \frac{\varphi \cdot S \cdot h}{\tau_c} \quad \text{(portata al colmo)}$$

(2) Caso $\tau > \tau_c$

$$V_d = Q_{max} \frac{(\tau'' - \tau_c) + (\tau'' + \tau_c)}{2} = Q_{max} \cdot \tau''$$

$$Q''_{max} = \frac{\varphi \cdot S \cdot h}{\tau''}$$

(3) Caso $\tau = \tau_c$

$$Q_{max} = \frac{\varphi S h}{\tau_c} = \frac{\varphi S h}{\tau}$$

situazione peggiore, massima portata al colmo

$$\begin{cases} h = a\,\tau^n \\ j = \dfrac{h}{\tau} = a\,\tau^{n-1} \end{cases} \Rightarrow u = \frac{Q_{max}}{S} = \begin{cases} 0.1157\,\varphi \dfrac{h}{\tau_c} & [\tau_c] = \text{giorni} \\ 2.78\,\varphi \dfrac{h}{\tau_c} & [\tau_c] = \text{ore} \end{cases} \quad [h] = \text{mm}$$

(coeff. udometrico) $[u] = \dfrac{l}{s \cdot ha}$

Calcolo di τ_c

L: lunghezza della rete
V: velocità di deflusso $\Rightarrow \quad \tau_c = \dfrac{L}{V}$

metodi empirici:

$$\tau_c = 1.085\sqrt{S} \qquad \text{(Turazza)}$$

$$\tau_c = 0.315\sqrt{S}$$

$$\tau_c = 0.0053\sqrt{\frac{S}{i}} \qquad \text{(Ventura)}$$

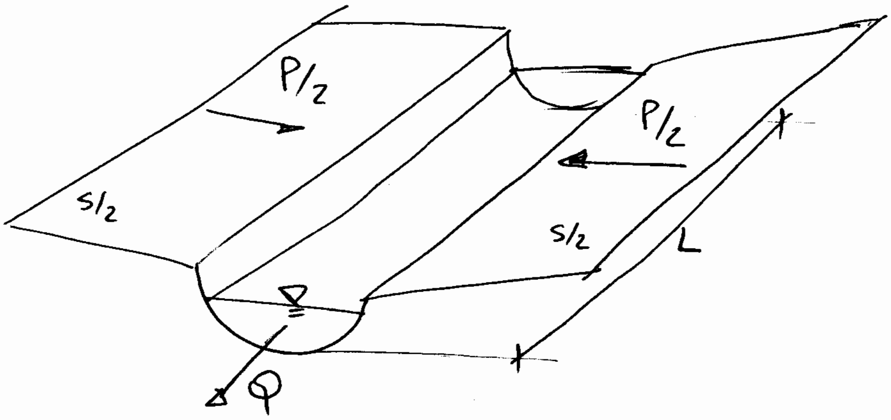
$$\text{con} \quad i = \frac{L}{\frac{L_1}{\sqrt{i_1}} + \frac{L_2}{\sqrt{i_2}} + \dots}$$

$$\tau_c = \frac{0.0045}{\sqrt{i}}\sqrt[3]{SL} \qquad \text{(Pasini)}$$

$[S] = km^2$
$[\tau_c]$ = giorni
L: massima distanza dalla sezione di chiusura
L_1: distanza del tratto a pendenza i_1

METODO dell'INVASO

Equazione dei serbatoi:

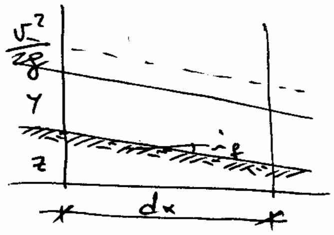


Volume invasato:

- per $t \le \tau$
$$P - Q = \frac{dV}{dt}$$
- per $t > \tau$
$$-Q = \frac{dV}{dt}$$

con τ: tempo di pioggia

Ipotesi di moto uniforme:



$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{1}{g}\frac{\partial v}{\partial t} - J \qquad \text{(Eulero)}$$

$$\cancel{\frac{\partial y}{\partial x}} - i_f + \cancel{\frac{\partial\left(\frac{v^2}{2g}\right)}{\partial x}} + J + \cancel{\frac{1}{g}\frac{\partial v}{\partial t}} = 0 \qquad \text{(Saint Venant)}$$

$$\Rightarrow i_f = J \qquad \text{(moto uniforme)}$$

Equazione fondamentale:

$$\left.\begin{array}{l} V = A \cdot L \\ V_0 = A_0 \cdot L \end{array}\right| \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{A}{A_0}$$

$$Q = A \cdot v = A \cdot k_s \cdot \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \cdot i^{1/2} = c \cdot A^{\alpha}$$

$$\left\{\begin{array}{l} Q = c\, A^{\alpha} \\ Q_0 = c\, A_0^{\alpha} \end{array}\right. \Rightarrow \frac{Q}{Q_0} = \left(\frac{A}{A_0}\right)^{\alpha} \Rightarrow A = A_0 \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

$$\Rightarrow V = V_0 \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \Rightarrow \frac{dV}{dQ} = \frac{V_0}{Q_0^{1/\alpha}} \cdot \frac{1}{\alpha}\, Q^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dV}{dQ} \cdot \frac{dQ}{dt} \Rightarrow \frac{dV}{dt} = \frac{V_0}{Q_0^{1/\alpha}} \cdot \frac{1}{\alpha}\, Q^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \cdot \frac{dQ}{dt}$$

$$\Rightarrow p - Q = \frac{V_0}{\alpha\, Q_0^{1/\alpha}}\, Q^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}\, \frac{dQ}{dt} \qquad \text{per } t < \tau$$

$$\Rightarrow dt = \frac{V_0}{\alpha\, Q_0^{1/\alpha}} \cdot \frac{Q^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{p - Q}\, dQ$$

(equazione di riempimento del serbatoio durante la pioggia)

<u>Sezioni chiuse</u>

$\alpha = 1$ (relazione lineare tra volume e portata)

$$\Rightarrow dt = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \frac{dQ}{p - Q} \Rightarrow t_2 - t_1 = \frac{V_0}{Q_0} \int_{Q_1}^{Q_2} \frac{dQ}{p - Q} = \frac{V_0}{Q_0} \ln \frac{p - Q_1}{p - Q_2}$$

istante iniziale: $t_1 = 0$; $Q_1 = 0$

istante finale: $t_2 = t_r$ (tempo di riempimento) ; $Q_2 = Q_0$

$$\Rightarrow t_r = \frac{V_0}{Q_0} \ln \frac{p}{p - Q_0} = \frac{V_0}{Q_0} \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}$$

$$\text{con } \varepsilon = \frac{p}{Q_0} = \frac{\varphi \cdot j \cdot S}{Q_0} = \frac{\varphi \cdot a\, \tau^{n-1}\, S}{Q_0}$$

$$\Rightarrow \tau = \left(\frac{\varepsilon\, Q_0}{\varphi \cdot S \cdot a}\right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$\text{per } t_r = \tau \Rightarrow V_0 = \frac{\left(\frac{\varepsilon Q_0}{\varphi S a}\right)^{\frac{1}{n-1}} Q_0}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}} = \frac{S}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}}\, u \left(\frac{\varepsilon\, u}{\varphi \cdot a}\right)^{\frac{1}{n-1}}$$

$$\text{con } u = \frac{Q_0}{S}$$

$$\Rightarrow \quad u = e^{-\frac{1}{n}} \left(\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \frac{(\varphi a)^{\frac{1}{n}}}{v_0^{\frac{1-n}{n}}} \qquad \text{con } v_0 = \frac{V_0}{S}$$

l'evento che sollecita in maggiore misura la rete è dato dalla condizione

$$\frac{du}{d\varepsilon} = 0 \Rightarrow \varepsilon = \frac{P}{Q_0} = \varepsilon(n) \Leftarrow n = 1 + (\varepsilon - 1) \ln \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}$$

posto $n = 0.25 \div 0.50$ abbiamo $\varepsilon = 3.94 - 8.21\,n + 6.23\,n^2 \ldots$

esprimendo

$[v_0] = \frac{m^3}{ha}$

$[S] = ha$

$[a] = \frac{mm}{h^n}$

$[u] = \frac{l}{s \cdot ha}$

$$\Rightarrow \begin{cases} u = 10^{\frac{1}{n}}\, 0.278\, e^{-\frac{1}{n}} \left(\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \dfrac{(\varphi a)^{\frac{1}{n}}}{v_0^{\frac{1-n}{n}}} \\ k_c = \left(\dfrac{10 \varphi a}{\varepsilon \cdot 3.6^n} \right)^{\frac{1}{1-n}} \dfrac{1}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \quad u = \left(\frac{k_c}{v_0} \right)^{\frac{1-n}{n}}$$

Sezioni aperte

$\alpha \cong 1.5$

$$\begin{cases} dt = \dfrac{V_0}{\alpha Q_0^{\frac{1}{\alpha}}} \cdot \dfrac{Q^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{1 - \frac{Q}{P}}\, dQ \\ z = \dfrac{Q}{P} \Rightarrow dQ = P\, dz \end{cases}$$

$$\Rightarrow t_2 - t_1 = \frac{V_0 P^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{\alpha Q_0^{\frac{1}{\alpha}}} \int_{z_1}^{z_2} \frac{z^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{1 - z}\, dz \qquad \Big| \; \xi_\alpha(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{k\alpha + 1}$$

$$= \frac{V_0 P^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{Q_0^{\frac{1}{\alpha}}} \left[z_2^{\frac{1}{\alpha}} \xi_\alpha(z_2) - z_1^{\frac{1}{\alpha}} \xi_\alpha(z_1) \right]$$

istante iniziale: $t_1 = 0$; $z_1 = 0$ ossia $\begin{cases} Q_1 = Q \\ z = \frac{Q}{P} \end{cases}$

istante finale: $t_2 = t_r$; $z_2 = z$

$$\Rightarrow t_r = \frac{V_0}{P} \left(\frac{P}{Q_0} \right)^{\frac{1}{\alpha}} z^{\frac{1}{\alpha}} \xi_\alpha(z) = \frac{V_0}{P} \xi_\alpha(z) = \frac{V_0}{Q_0} \xi_\alpha(z)$$

N.B.: i valori di $\xi_\alpha(z)$ sono nella tabella a pag. 100

$$i = \left(\frac{a}{j}\right)^{\frac{1}{1-n}} = \left(\frac{\varphi a z S}{Q}\right)^{\frac{1}{1-n}}$$

per $i = t_r \Rightarrow \frac{V_o}{Q_o} = z\,\xi_\alpha(z) = \left(\frac{\varphi a z S}{Q_o}\right)^{\frac{1}{n-1}}$

$$\Rightarrow Q_o = \left[V_o\,\xi_\alpha(z)\right]^{\frac{n-1}{n}} z\,(\varphi a S)^{\frac{1}{n}}$$

$$\Rightarrow u = \frac{Q_o}{S} = \left[V_o\,\xi_\alpha(z)\right]^{\frac{n-1}{n}} z\,\frac{(\varphi a)^{\frac{1}{n}}}{v_o^{\frac{1-n}{n}}}$$

l'evento che sollecita in maggiore misura la rete è dato dalla condizione

$$\frac{du}{dz} = 0 \Rightarrow z\left[\xi_\alpha(z)\right]^{\frac{n-1}{n}} = (\lambda_1\alpha + \lambda_2)\,n \quad \text{(approssimazione)}$$

$[u] = \frac{l}{s \cdot ha}$

$[a] = m \cdot g^{-n}$ $\Rightarrow u = (26\alpha + 66)\,n\,\frac{(\varphi a)^{\frac{1}{n}}}{v_o^{\frac{1-n}{n}}}$

$[v_o] = m$ $\qquad = \cdot 24$ se $[a] = m \cdot h^{-n}$

Volume d'invaso

Il calcolo del coeff. udometrico dipende strettamente dalla stima del volume d'acqua invasato:

$$\frac{du}{u} = -\frac{1-n}{n}\,\frac{dv_o}{v_o} \qquad \left(= \begin{cases} 1.5 \text{ per } n = 0.4 \\ 2.33 \text{ per } n = 0.3 \end{cases}\right)$$

Bonifica: $v_o \sim 100 \div 150 \ \frac{m^3}{ha}$

Fognatura: volume d'invaso = volume nelle condotte a monte + volume dei piccoli invasi v_s (velo idrico, caditoie, pozzetti, ristagni)

valori:

- velo idrico $\sim 10 \div 25 \ \frac{m^3}{ha}$
- altri volumi $\sim 10 \div 35 \ \frac{m^3}{ha}$

$\Rightarrow v_s \sim 40 \div 50 \ \frac{m^3}{ha}$

(40: aree a forte pendenza; 50: aree a debole pendenza)