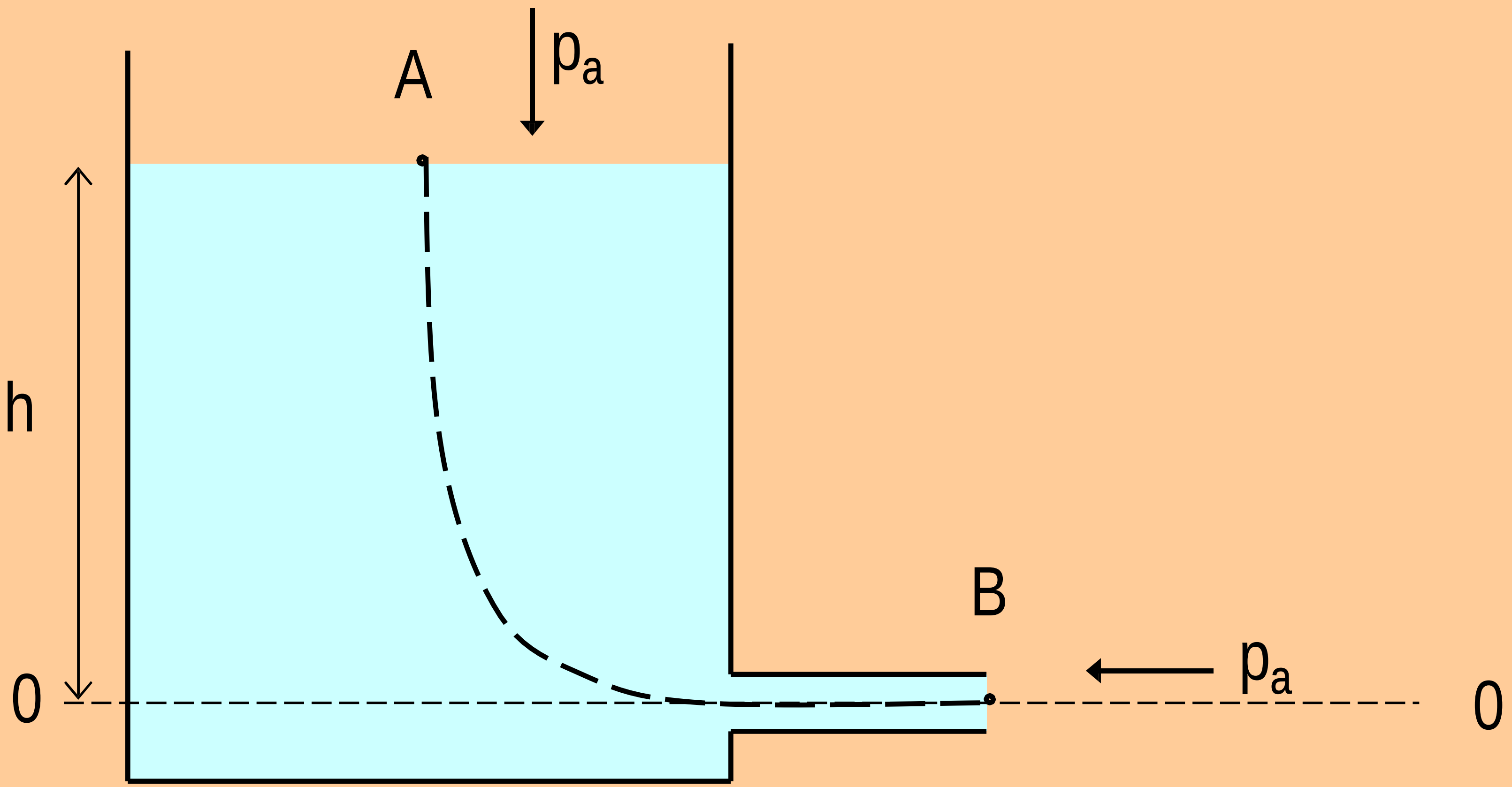
Isticanje kroz male otvore



h držimo konstatnim. BJ za tačke A i B daje:

$$\frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} + h = \frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g} + 0$$

ako je otvor malen, $v_A \approx 0$, pa se ovo svodi na:

$$v_B = \sqrt{2gh}$$

ovo je Toričelijeva jednačina za brzinu isticanja.

v_B=brzina pada sa visine h!!!

stvarna brzina istjecanja je manja zbog gubitaka na izlaznom otvoru:

$$\Delta h_g = \zeta \frac{v_B^2}{2g}$$

pa BJ postaje:

$$\frac{v_A^2}{2g} + h = \frac{v_B^2}{2g} + \Delta h_g$$

sa rješenjem:

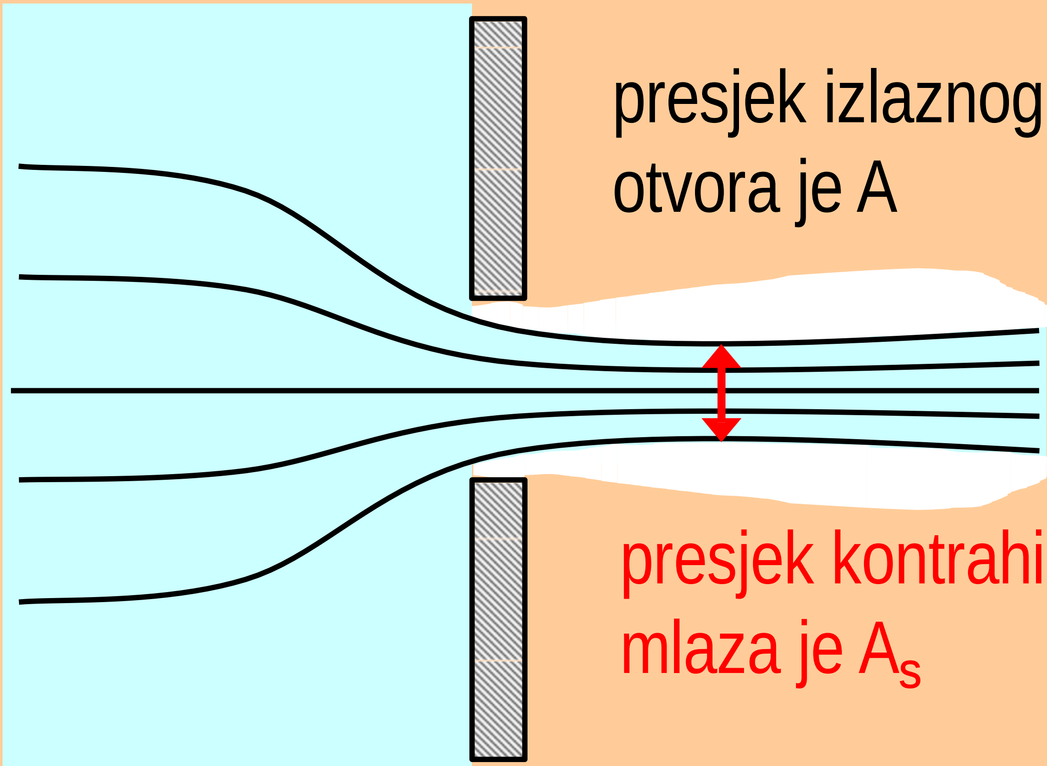
$$v_B = \sqrt{\frac{2gh}{1+\zeta}}$$

ako se izlazni uređaj sastoji samo od otvora na posudi, svi gubici dolaze od njega i opisuju se koeficijentom smanjenja brzine:

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{1+\zeta}}$$

pa izraz za brzinu postaje: $$v_B = \varphi v_{Torr}$$

φ se određuje eksperimentalno, a pravilnim zaobljenjem rubova dostiže se $\varphi=0,98$.



$$\mu = \frac{A_s}{A}$$

pa je protok kroz otvor $$Q = vA = \varphi v_{Torr} \mu A$$

uvodimo koeficijent isticanja $$\alpha = \varphi\mu$$

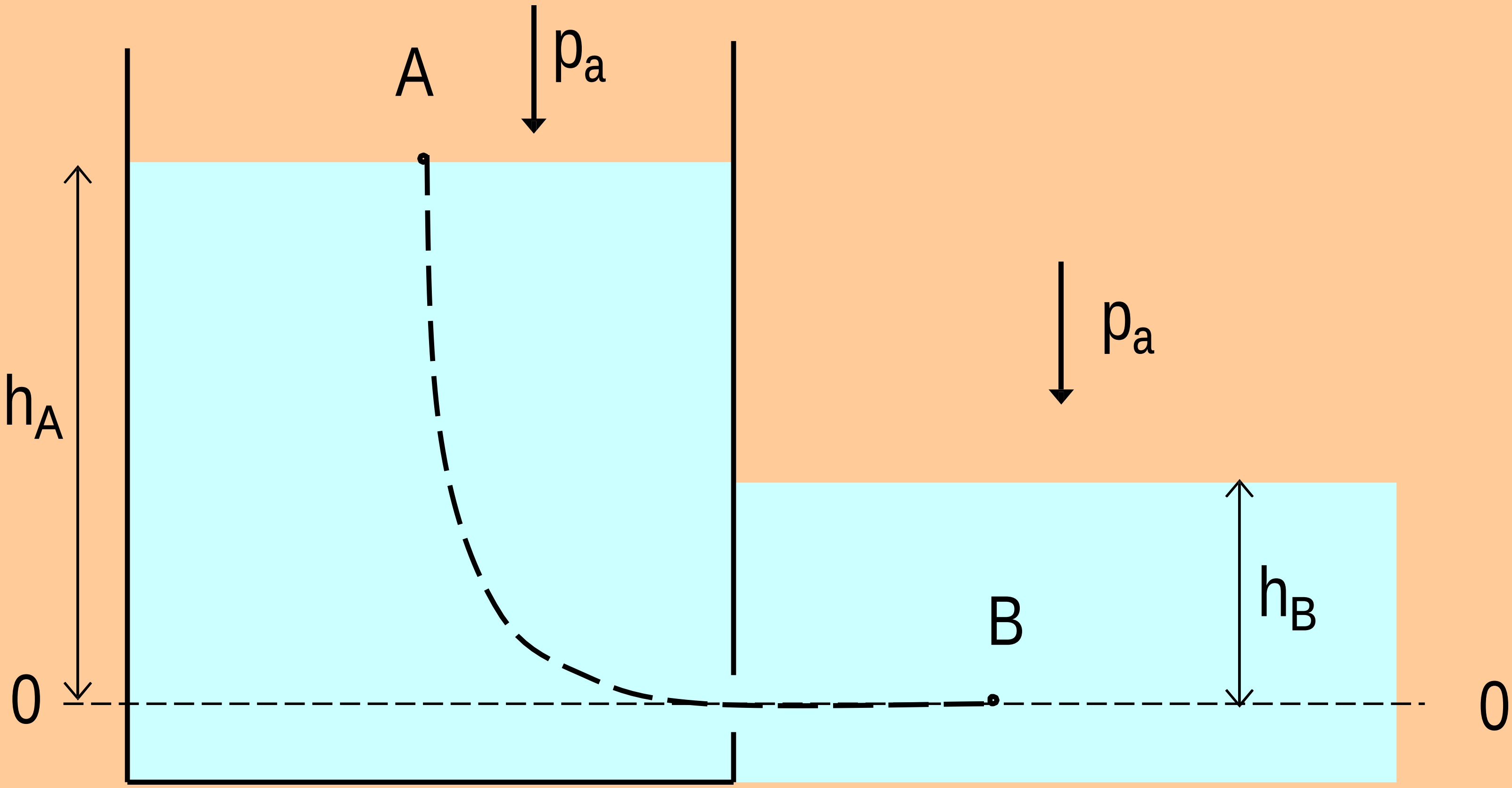
pa izraz za protok postaje:

$$Q = vA = \alpha A\sqrt{2gh}$$

Prednost: koeficijent isticanja možemo direktno eksperimentalno mjeriti preko protoka!

primjer: za okrugli otvor oštrih rubova je φ=0,61.

Isticanje ispod **nivoa tečnosti**



B.J. sad glasi

$$\frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} + h = \frac{p_B}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g} + 0$$

$$p_B = p_a + \rho g h_B$$

a, kao i prije, $v_A \approx 0$

pa za ovaj slučaj Toričelijeva brzina iznosi:

$$v_{Torr} = \sqrt{2g(h_A - h_B)}$$

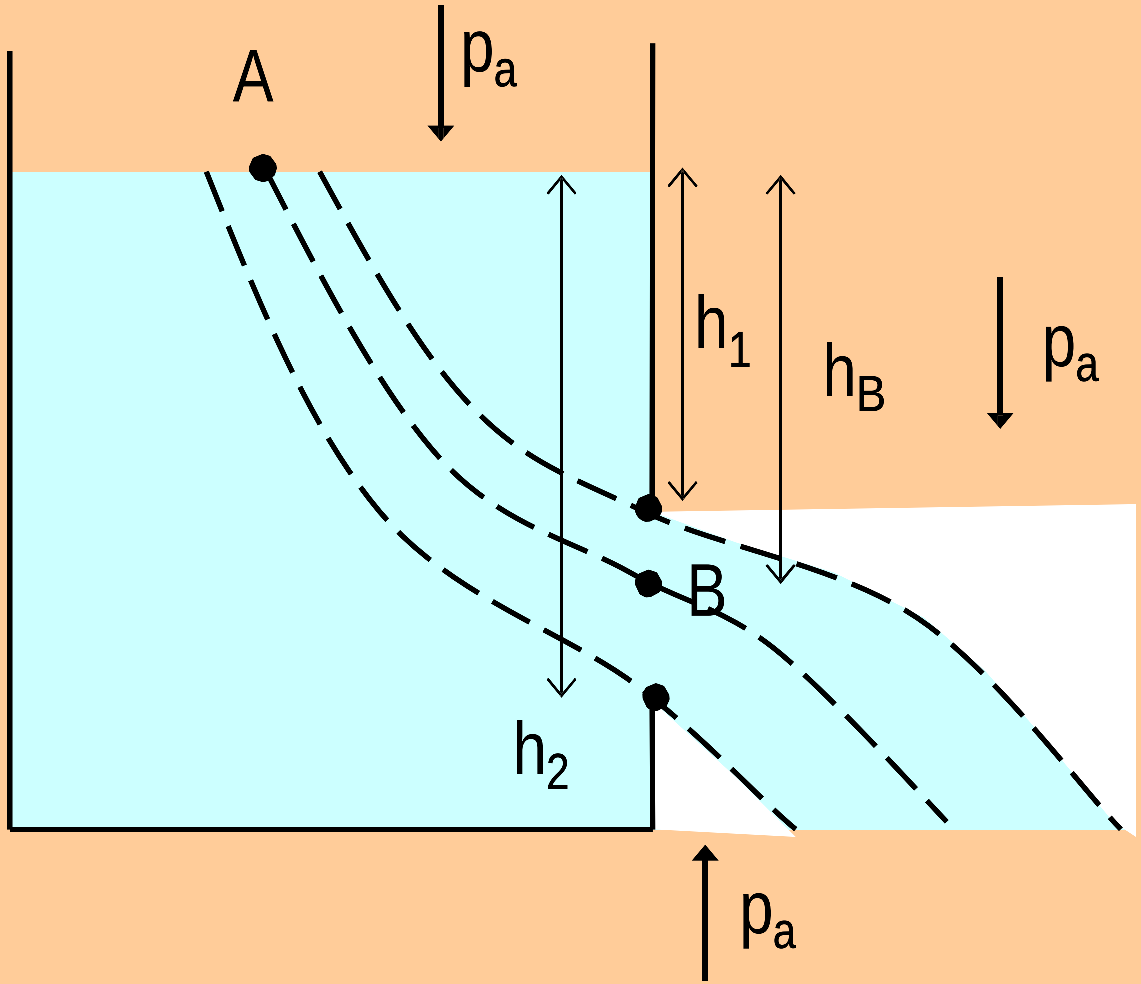
stvarnu brzinu nalazimo kao i kod jednostavnog isticanja uz pomoć koeficijenta protoka izlaznog otvora i koeficijenta isticanja:

$$v_B = \varphi v_{Torr}$$

i

$$Q = vA = \alpha A v_{Torr}$$

Isticanje kroz veliki otvor



B.J. od A do B (uz $v_A \approx 0$ i $p_B \approx p_a$) bi dala

$$v_B \approx \sqrt{2gh_B}$$

Ovo nije sasvim tačno jer je strujnica zakrivljena pa postoji doprinos centrifugalne komponente pritiska .

Istovremeno, za tačke 1 i 2 na krajevima otvora bi našli da je:

$v_1 = \sqrt{2gh_1}$ i $v_2 = \sqrt{2gh_2}$

naravno, kako je $h_2 > h_1$ i $v_2 > v_1$

pa protok moramo naći integracijom preko površine otvora. Radi jednostavnosti uzmimo da je otvor pravougaonog presjeka, širine b:

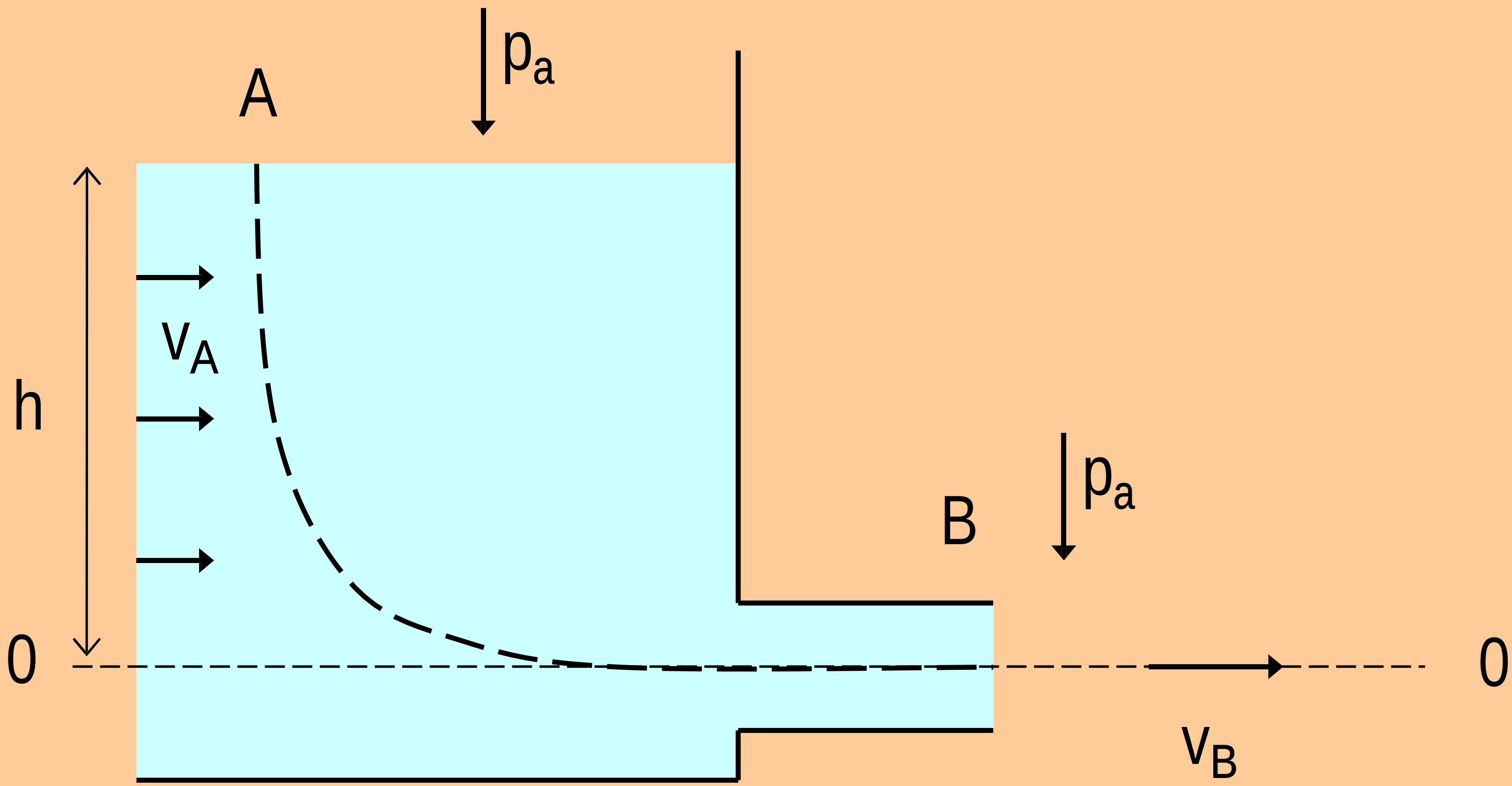
$$dQ = \mu b\sqrt{2ghdh}$$

$$Q = \int_{h_1}^{h_2} dQ$$

integracija kao konačni rezultat daje ovaj izraz:

$$Q = \frac{2}{3}\mu b\sqrt{2g}\left(h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}}\right)$$

Istjecanje kroz otvor pred kojim **tečnost** ne miruje



brzinu v_a sad ne možemo zanemariti, pa BJ postaje:

$$\frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} + h = \frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g} + 0$$

sa rješenjem:

$$v_B = \sqrt{2gh + v_A^2}$$

kod velikog otvora protok opet nalazimo integriranjem.

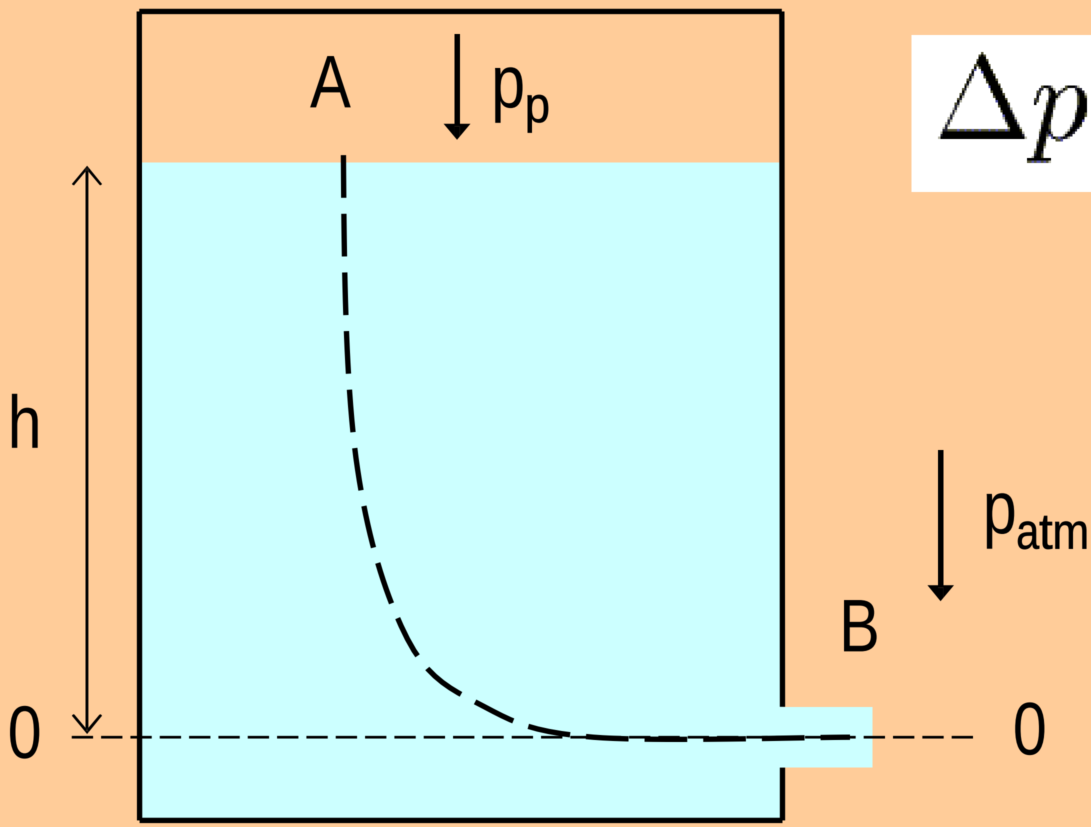
npr., za pravougaoni otvor nalazimo:

$$Q = \frac{2}{3}\mu b\sqrt{2g}\left[\left(h_2 + \frac{v_A^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(h_1 + \frac{v_A^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}\right]$$

odn. za preliv:

$$Q = \frac{2}{3}\mu b\sqrt{2g}\left[\left(h + \frac{v_A^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{v_A^2}{2g}\right)^{\frac{3}{2}}\right]$$

Isticanje iz posuda pod pritiskom



$$\Delta p = p_p - p_{atm}$$

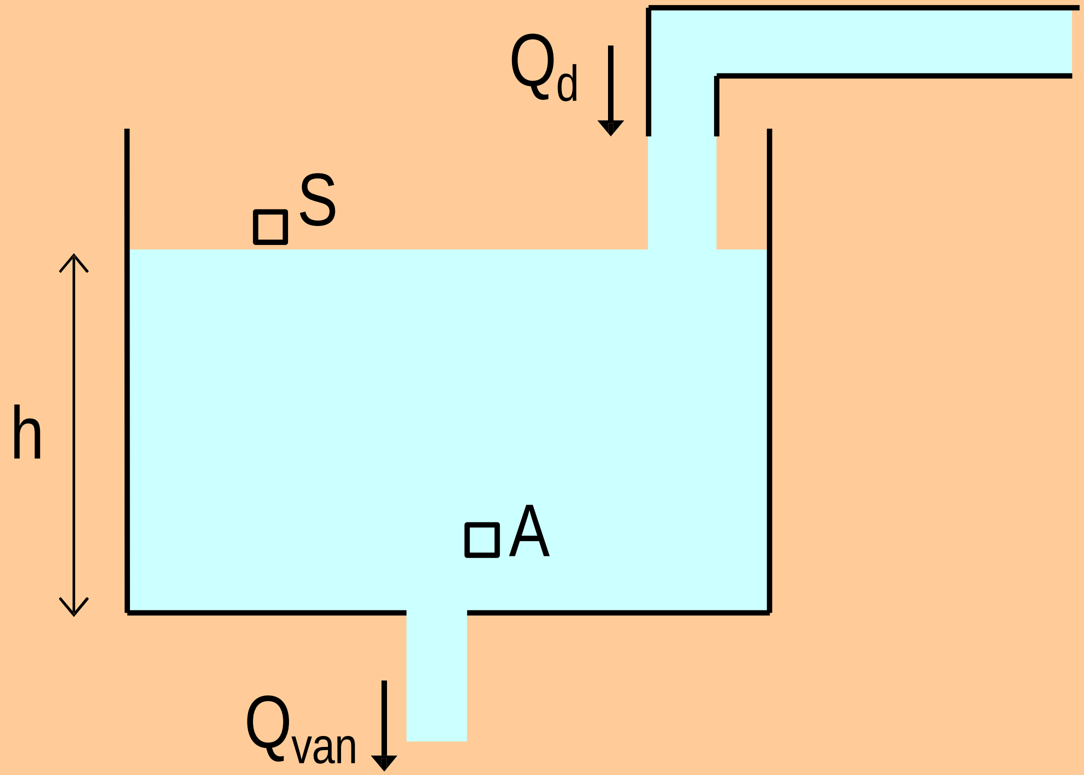
BJ za ovaj slučaj je:

$$\frac{p_{atm} + \Delta p}{\rho g} + \frac{v_A^2}{2g} + h = \frac{p_{atm}}{\rho g} + \frac{v_B^2}{2g} + 0$$

sa rješenjem:

$$v_B = \sqrt{2g\left(h + \frac{\Delta p}{\rho g}\right)}$$

Isticanje u nestacionarnim uslovima



npr. bazen koji se neravnomjerno puni i prazni (rezervoar za vodu i sl.)

protok kroz rupu na dnu zavisi od dubine vode iznad otvora:

$$Q_{van} = \alpha A \sqrt{2gh}$$

$$Q_d = Q_{van} \quad \rightarrow \quad h_\circ = \frac{Q_d^2}{2g(\alpha A)^2}$$

ako je dubina veća od h_o, ona se smanjuje prema h_o, a ako je manja, onda raste prema h_o!

da nađemo vrijeme potrebno da se dubina promijeni sa h_1 na h_2 postavimo jednačinu očuvanja zapremine :

$$S dh = Q_d dt - \alpha A \sqrt{2gh} dt$$

a otuda integracijom nalazimo traženo vrijeme:

$$t = \frac{1}{\alpha A \sqrt{2g}} \int_{h_1}^{h_2} \frac{S(h) dh}{\sqrt{h_\circ} - \sqrt{h}}$$

ako je posuda prizmatična, S je konstantan i rješenje lako nađemo:

$$t = \frac{2S}{\alpha A\sqrt{2g}}\left(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} + \sqrt{h_\circ}\ln\frac{\sqrt{h_\circ} - \sqrt{h_1}}{\sqrt{h_\circ} - \sqrt{h_2}}\right)$$

prekinemo li dotok (h_o=0!) rezervoar se prazni:

$$t = \frac{2S}{\alpha A\sqrt{2g}}\left(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2}\right)$$

a potpuno će se isprazniti (h_2=0!) za:

$$t = \frac{2S\sqrt{h_1}}{\alpha A\sqrt{2g}}$$