

1) Osnovne karakteristike fluida - fizička svojstva fluida

Osnovna razlika između čvrstih tela i fluida je u tome što se pod dejstvom spoljne sile čvrsta tela deformišu do neke određene mere, a **fluidi se deformišu sve dok na njih deluje sila**.

Delovanje kontinualne sile na fluidni delić izaziva **kretanje fluida koje se naziva strujanje**.

Fluidi se uglavnom lako deformišu i ne vraćaju se u prethodni oblik - mogu da "teku". Fluid je stanje materije u kome ona može da teče i menja oblik i zapreminu pod dejstvom veoma slabih međumolekularnih sila.

Definicija fluida i pritiska

Супстанца у природи налази се у једном од три агрегатна стања:

- **чврстом** (колекција честица које при дејству спољашњих поремећаја задржавају свој облик и запремину),
- **течном** (колекција честица која задржава своју запремину, али облик формира према посуди у којој се налази)
- **гасовитом** (колекција честица која и облик и запремину прилагођава посуди у којој се налази).

Флуид је колекција случајно распоређених молекула које на окупу држи **слаба кохезиона сила** и зидови суда у ком се налази.

И течности и гасови спадају у флуиде.

Mehanika fluida se bavi tečnim i gasovitim faznim stanjem.



Model fluida u stanju mirovanja se **pojednosatvljuje** još i time što se uzima da u fluidu nema sila trenja između delića.

Trenje se javlja tek pri kretanju fluida.

Pod **nestišljivim fluidom** smatraju se fluidi kod kojih je zapremina nepromenljiva.

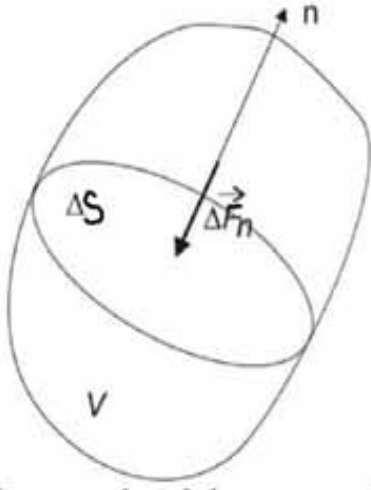
Idealan fluid je onaj fluid kod koga između delića nema trenja.

Stišljiv fluid je fluid kod koga su elastične sile dominantne, te zbog toga dolazi do promena zapremine. Model se najčešće primenjuje u dinamici gasova.

Realan fluid se karakteriše postojanjem i elastičnih sila i sila trenja.

Pritisak je specifično predstavljanje unutrašnih elastičnih sila u fluidu.

Posmatra se jedan proizvoljni prostor ispunjen fluidom. Ako se odstrani jedan njegov deo kao na slici dejstvo tog dela može se zameniti normalnom silom ΔF_n .



Pritisak u tački je granična vrednost odnosa normalne sile na površinu i same površine, kada površina teži nuli.

Pritisak se definiše kao:

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F_n}{\Delta S} = \frac{dF_n}{dS}$$

Osnovna jedinica pritiska je **1 Pa** (paskal) definiše se kao:

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2 \text{ m}^2}$$

Gustina

je osobina materije koja opisuje na koji način je „**spakovana**“ materija, tj. na koji način su povezani atomi i samim tim **koju zapreminu zauzima određena masa materije**:

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

m - označena masa

V - zapremina materije čija gustina se određuje

Stišljivost

Pod dejstvom pritiska fluidi menjaju zapreminu.

Ova pojava definiše se kao svojstvo fluida.

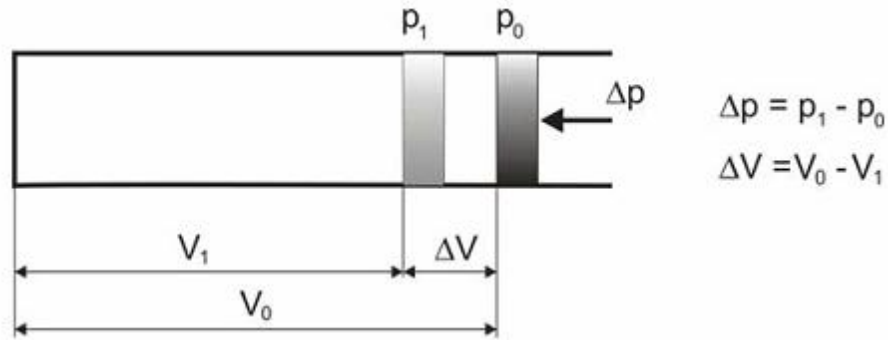
Smanjenje zapremine je u lineranoj zavisnosti od povećanja pritiska.

Ovo svojstvo fluida iskazuje se **koeficijentom stišljivosti**.

On se definiše na sledeći način:

$$s = - \frac{\Delta V}{V_0} \times \frac{1}{\Delta p} \text{ [Pa}^{-1}\text{]}$$

Znak "minus" u jednačini ukazuje na to da se **zapremina smanjuje pri povećanju pritiska**.



Viskoznost

Viskoznost je svojstvo fluida koje se manifestuje samo **pri kretanju fluida**.

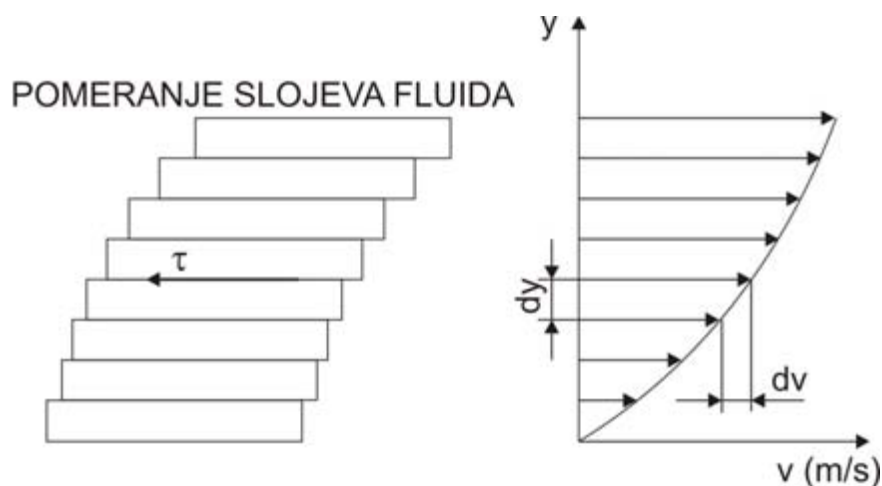
Naime, pri posmatranju translatornog kretanja slojeva fluida jednog u odnosu na drugi, javlja se tangencijalni napon.

Između elementarnih slojeva javlja se suprotstavljano kretanje (**unutrašnje trenje**) koje se manifestuje pojavom **tangencijalnog napona τ** .

$$\tau = \eta \times \frac{dv}{dy} \quad [\text{N/m}^2]$$

Vidi se da tangencijalni napon linearno zavisi od gradijenta brzine.

η [Pa s] - **dinamička viskoznost** - koeficijent proporcionalnosti koji predstavlja svojstvo fluida.

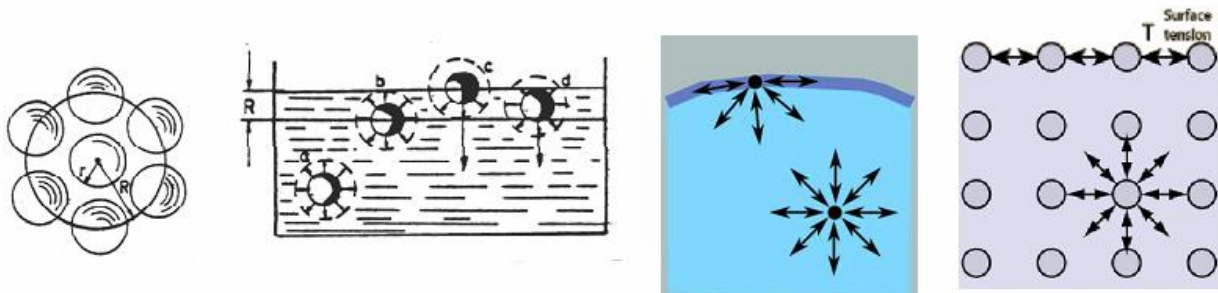


Viskoznost **opada sa porastom temperature** fluida.

Površinski napon - (uslovljava i pojavu kapilarnosti)

nastaje usled neravnomernih sila privlačenja između molekula na graničnoj površini fluida. Ova pojava je naročito izražena kod tečnosti. Naime, ako se posmatra prvi sloj molekula tečnosti u slobodnoj površini, analizom privlačnih sila dolazi se do zaključka da njihova rezultanta deluje naniže.

Ova pojava prouzrokuje veoma visoki lokalni napon, koji se naziva površinski napon.



Usled postojanja površinskog napona, tečnosti teže da **smanje svoju slobodnu površinu**.

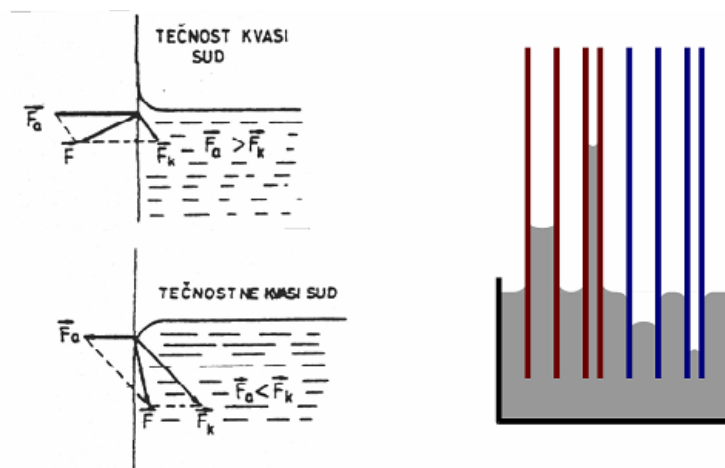
Kapilarnost - (direktna posledica površinskog napona)

U zavisnosti od vrste čvrste površine tečnost može da se "**izdiže**" ili "**spušta**" ako se nalazi uz neku čvrstu vertikalnu površinu.

Koji od ova dva slučaja će se desiti zavisi od osobine fluida i osobina čvrste površine.

Tečnost se diže \Rightarrow kvasi \Rightarrow jače **adhezione** sile.

Tečnost se spušta \Rightarrow ne kvasi \Rightarrow jače **kohezione** sile.



Kavitacija

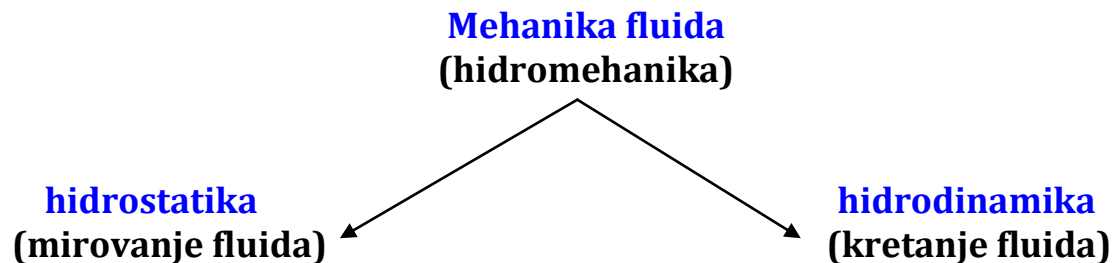
je posledica dostizanja ravnotežnih pritiskaka ili temperatura promene faze.

Ova pojava je posledica **termodinamičkih** svojstava tečnosti.

Ako se pritisak u struji tečnosti snizi do ravnotežnog nastaju mehuri zbog isparavanja tečnosti.

Nepoznavanje ove pojave može dovesti do ozbiljnih erozija i havarija hidrauličnih mašina, jer sa kolapsiranjem mehurova (kondenzacijom pare u mehuru) sitne kapljice velikom brzinom udaraju u čvrste površine mašine i oštećuju ih.

S druge strane, pojava mehurova može izazvati prekid strujanja tečnosti kroz mašinu.



2) Osnovne hidrostatičke

Proračun hidrostatičkog opterećenja na objekte

Hidrostatika predstavlja posebnu oblast hidraulike u okviru koje se izučavaju **tečnosti u mirovanju**.

Pošto nema relativnog kretanja delića tečnosti tangencijalni naponi kod tečnosti u mirovanju su jednaki **nuli**.

Zbog toga se kod tečnosti u mirovanju javljaju samo **normalni naponi**, odnosno **pritisci**.

U okviru hidrostatičke razmatraće se **dve** posebne oblasti :

1. **analiza pritisaka** i njihove promene unutar posmatrane zapremine tečnosti u mirovanju
2. **analiza dejstva sila pritisaka** na konačne površine.

U hidrostatici važe sledeće **predpostavke**:

- a) Gustina tečnosti je konstantna, tj. tečnost se smatra **nestišljivim**

$$\rho = \frac{dm}{dV} = \frac{m}{V} = \text{const} \quad \dots \quad \text{za vodu} \Rightarrow \rho = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$$

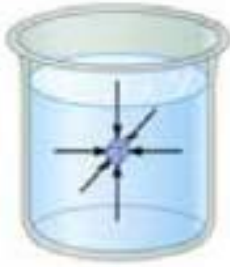
za vodu $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$

- b) Od **zapreminskih sila** (sila proporcionalna masi) deluje samo **težina tečnosti**.

$$G = \gamma \times V \quad \dots \quad G = \rho \times g \times V \quad \dots \quad \rho = \text{const}$$

- c) Od **površinskih sila** deluje samo **sila pritiska**.

Hidrostatski pritisak



Gravitaciona sila deluje na sve čestice fluida.

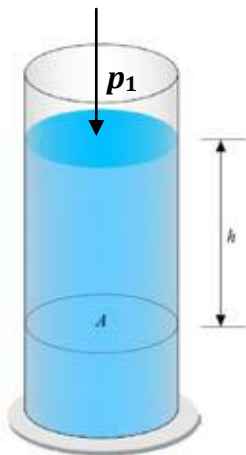
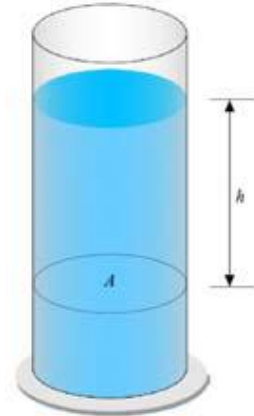
- svaka čestica vrši pritisak svojom težinom na čestice koje se nalaze ispod nje
- pritisak raste sa dubinom

Pritisak uslovljen težinom fluida (**gravitacionom silom**) naziva se **hidrostatski pritisak**.

Pritisak na dubini h suda zavisi samo od h .

$$p = \frac{F}{A} = \frac{m \times g}{A} = \frac{\rho \times V \times g}{A} = \frac{\rho \times A \times h \times g}{A} = \rho \times g \times h$$

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

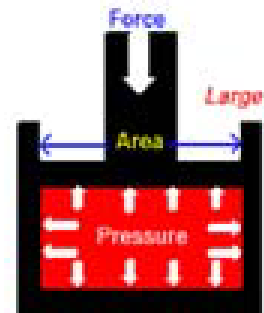


Ako na fluid dejtuje neki spoljašnji pritisak p_1

- atmosferski pritisak,
- pritisak drugog fluida ili
- pritisak pod dejstvom klipa

onda je na dubini h **ukupni pritisak**:

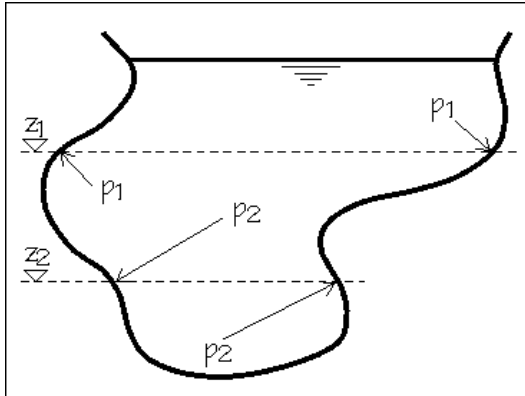
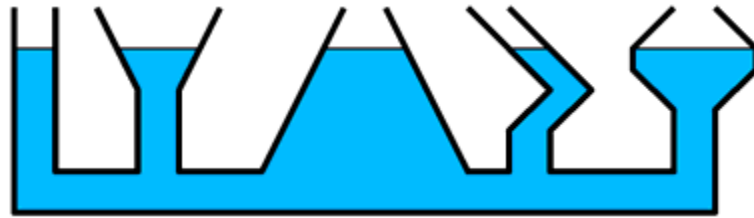
$$p = p_1 + \rho g h$$



Pritisak u jednoj tački dejstvuje na sve strane i **normalan je na površinu** na koju dejstvuje jer je i sila uvek normalna.

Osobine hidrostatskog pritiska :

- pritisak ima istu vrednost u svim tačkama koje se nalaze na istom nivou,
- pritisak ne zavisi od oblika suda u kome se nalazi fluid – hidrostatski paradoks,
- slobodne površine fluida u svim spojenim sudovima imaju iste nivoe bez obzira na oblik sudova.



Sila na granične površine koja je prouzrokovana dejstvom pritiska tečnosti mora biti **upravna** na površinu u svim tačkama jer tečnost u mirovanju **ne može prenositi** tangencijalne napone.

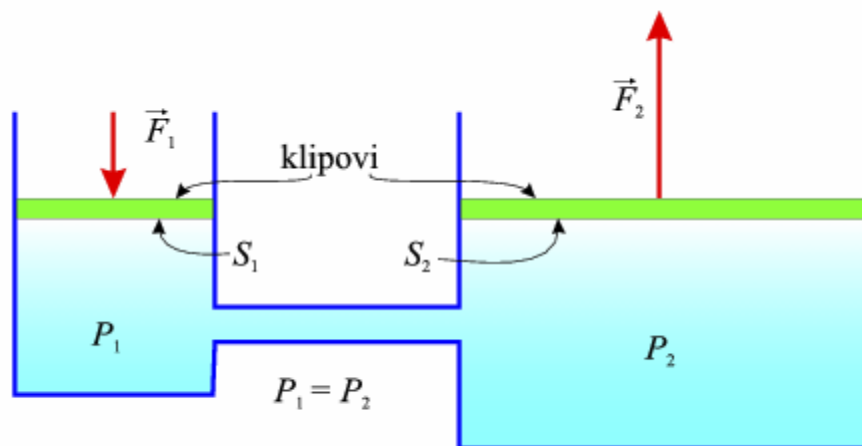
Paskalov zakon

Pritisak koji se spolja vrši na neku tečnost prenosi se kroz nju nesmanjenim intenzitetom **na sve strane podjednako**.

Kod čvrstih tela pritisak se prenosi u **pravcu** dejstva sile.

Spoljni pritisak kod fluida se prenosi **podjednako u svim pravcima**.

Paskalov zakon - primena - hidraulični sistemi



Hidraulični sistem sa dva cilindra i dva klipa

Sud sa dva klipa.

Sila F_1 deluje na klip površine $S_1 \Rightarrow$ Sila pomera klip za Δx_1 i vrši rad:

$$A_1 = F_1 \times \Delta x_1 = p_1 \times S_1 \times \Delta x_1$$

Iz cilindra se istiskuje tečnost zapremine $S_1 \times \Delta x_1$

Pošto je tečnost nestišljiva ona će delovati na klip površine S_2 silom $F_2 \Rightarrow$ dolazi do pomeranja klipa za rastojanje Δx_2 .

Zapremina istisnute i utisnute tečnosti je ista $S_1 \times \Delta x_1 = S_2 \times \Delta x_2$

Sila F_2 pomera klip za Δx_2 i vrši rad $\Rightarrow A_2 = F_2 \times \Delta x_2 = p_2 \times S_2 \times \Delta x_2$

Klipovi se kreću bez trenja pa je rad $A_1 = A_2 \Rightarrow p_1 \times S_1 \times \Delta x_1 = p_2 \times S_2 \times \Delta x_2$

pošto je $S_1 \times \Delta x_1 = S_2 \times \Delta x_2 \Rightarrow p_1 = p_2$

Paskalov zakon - pritisak koji se spolja vrši na neku tečnost prenosi se kroz nju na sve strane podjednako.

Iz Paskalovog zakona sledi \Rightarrow Sila koja deluje na veći klip veća je od sile koja deluje na manji klip onoliko puta koliki je odnos površina klipov.

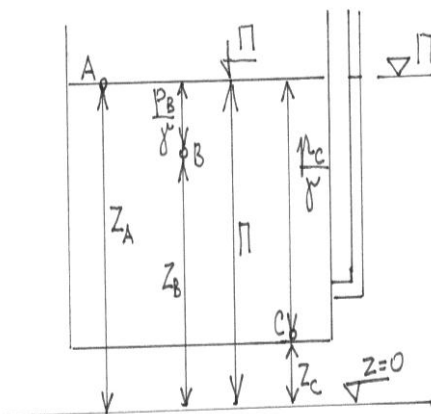
princip rada hidraulične prese $\Rightarrow p_1 = p_2 \Rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \Rightarrow F_2 = F_1 \frac{S_2}{S_1}$

Osnovna jednačina hidrostatičke

$$\frac{p}{\rho \cdot g} + z = const$$

$\frac{p}{\rho \cdot g}$ - je **visina pritiska** i ima dimenziju dužine, najčešće se izražava u (m)

z - je **položajna kota** i predstavlja odstojanje od kote $z = 0$

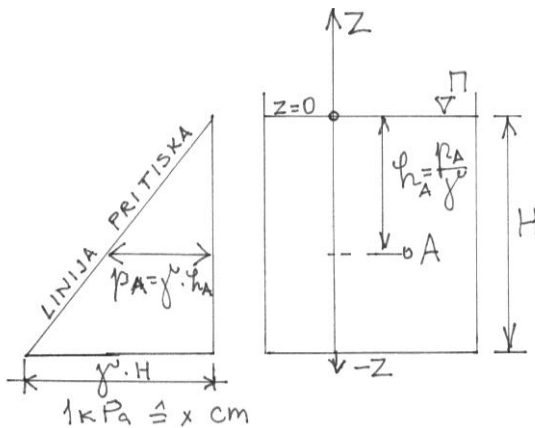


Pritisak u jednoj neprekidnoj fluidnoj sredini konstantne gustine, pod dejstvom težine, **zavisi samo od visinskog položaja** - smanjenje pritiska je srazmerno porastu visine.

$$\Pi = \frac{p}{\rho \cdot g} + z = const$$

Za sve tačke neke fluidne sredine u mirovanju pijezometarska kota je ista (konstantna).

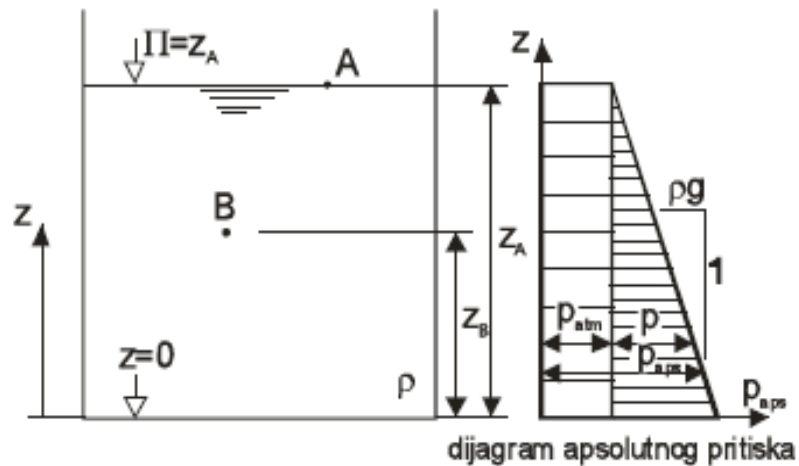
$$\frac{p_a}{\rho \cdot g} + z_a = \frac{p_b}{\rho \cdot g} + z_b = \frac{p_c}{\rho \cdot g} + z_c = \Pi = const$$



Zbir visine pritiska $\frac{p}{\rho \cdot g}$ (odnosno $\frac{p}{\gamma}$) i položajne kote, z , predstavlja piježometarsku kotu Π .

$p = \gamma \cdot h$ raspored hidrostatičkog pritiska

Piježometarska kota je horizontalna ravan gde je **hidrostatički pritisak = 0**, a to je i slobodna površina tečnosti.



Sve tačke u **horizontalnoj ravni** neke tečnosti u mirovanju imaju **isti pritisak**.

Slobodna površina tečnosti \Rightarrow hidrostatički pritisak = 0

- izabere se referentna nulta kota $z = 0$
- na slobodnoj površini tečnosti se uvek nalazi Π kota
- hidrostatički pritisak u bilo kojoj tački tečnosti može se izračunati primenom osnovne jednačine hidrostatičke

$$\Pi = \frac{p}{\rho \cdot g} + z$$

U praksi se najčešće teži da se izbegne korišćenje pojma apsolutni pritisak zbog toga što atmosferski pritisak varira od mesta do mesta (najveći je na nivou mora i opada sa nadmorskom visinom).

U inženjerskoj praksi pri rešavanju praktičnih problema najčešće uzima u obzir samo hidrostatički pritisak dok se uticaj atmosferskog pritiska zanemaruje.

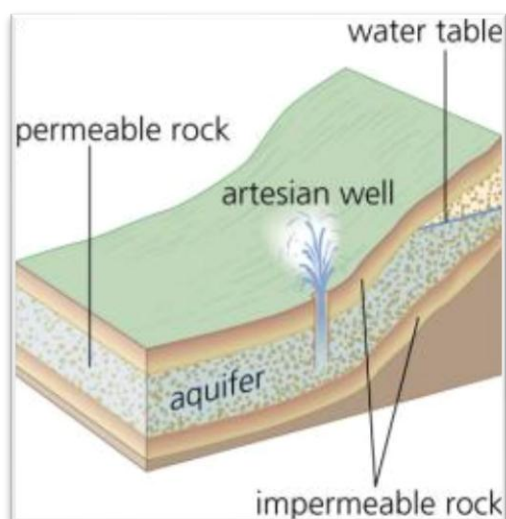
Ako je ipak neophodno da se i atmosferski pritisak uzme u obzir onda se pretpostavlja da je on približno jednak pritisku koji stvara stub vode visine **10 m**:

$$p_{atm} / \gamma = 10 \text{ mvs} \dots\dots\dots p_{atm} = 10 \cdot 9,81 \text{ kN/m}^3 = 98,1 \text{ kPa} \approx 100 \text{ kPa}$$

Merenje pritiska

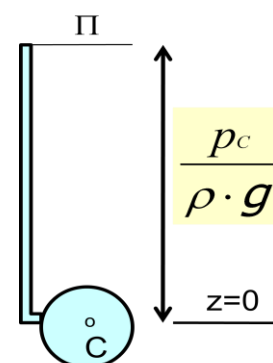
Za merenje pritiska u fluidu koriste se direktne i indirektno metode.

1) Pijezometri



Pijezometar je cev koja je jednim krajem povezana sa sudom u kome se želi izmeriti pritisak a na drugom kraju je **otvorena** ka atmosferi:

- cev kroz koju protiče fluid
- pijezometri se izuzetno mnogo koriste za merenje nivoa podzemnih voda



Ukoliko je potrebno meriti pritisak u **sudovima pod pritiskom** primena pijezometra nije praktična jer bi zahtevala izuzetno **dugačke cevi** :

Predpostavimo da se u nekom cevovodu nalazi voda pod pritiskom $p = 300 \text{ kPa}$. Kolika je visina pritiska, odnosno koliko je potrebna da bude dugačka pijezometarska cev?

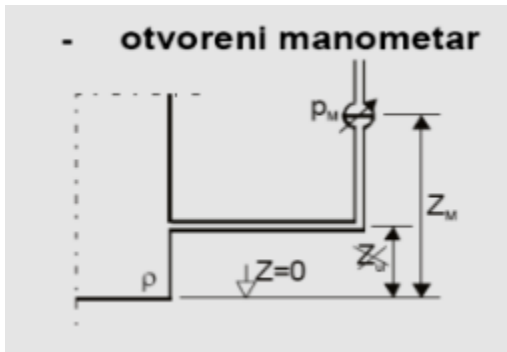
$$\Pi = \frac{p_c}{\rho \cdot g} + z = \frac{300}{9,81} + 0 = 30,58 \text{ m} \dots \text{ Dužina pijezometarske cevi trebalo bi da bude oko } \mathbf{30 \text{ m}}$$

2) Manometri

Manometar meri razliku pritisaka između dve tačke.

U osnovi je i **manometar pijezometarska cev** koja ima krivinu u obliku latiničnog slova U.

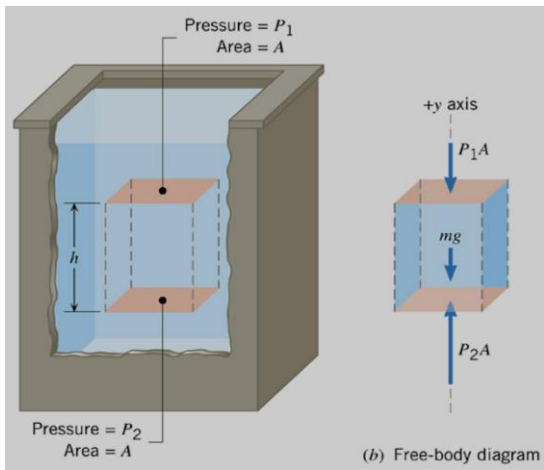
U toj krivini se nalazi fluid sa većom gustinom od gustine vode (najčešće živa čija gustina je 13,6 puta veća od gustine vode)



Otvoreni manometar prikazuje hidrostatički pritisak tečnosti na koti na kojoj se nalazi manometar Z_M :

$$p_M = \rho \cdot g (\Pi - Z_M)$$

Hidrostatički pritisak - pritisak koji je posledica delovanja gravitacione sile



$$\sum_i F_i = 0 \quad p_2 S - p_1 S - Q = 0$$

$$p_2 S - p_1 S - \rho S h g = 0$$

$$p_2 = p_1 + \rho g h$$

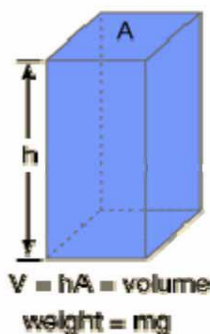
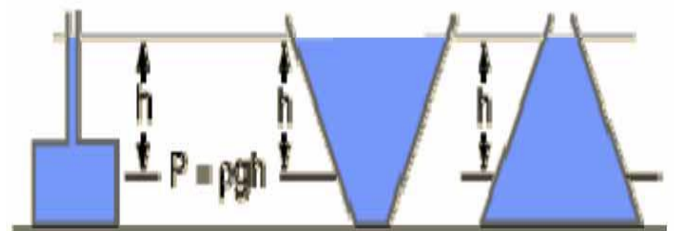
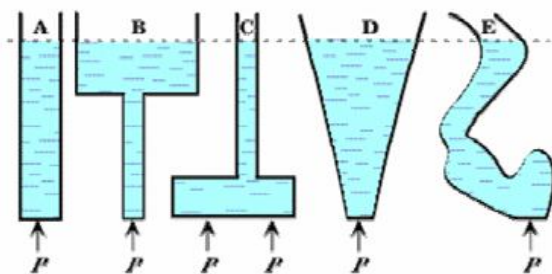
ili:

$$p = \frac{Q}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho V g}{S} = \frac{\rho S h g}{S} = \rho g h$$

$$p = \rho g h$$

Paskalov paradoks

Statički pritisak u fluidu zavisi samo od dubine h, ne zavisi od oblika, ukupne količine ili težine, ili oblika površine fluida (tečnosti) u sudu.



Hidrostatički pritisak ne zavisi od oblika suda niti od mase tečnosti u sudu samo od **visine vodenog stuba**.

Sila na dno suda = težini zapremine tečnosti koja se može smestiti iznad dna do pijezometarske ravni. Ta sila može da bude znatno veća od težine stvarne zapremine koja se nalazi u sudu.

Paradoks: Ako bi zaledili tečnost u sudu tada bi opterećenje na dno suda bilo jednako težini stvarne tečnosti u sudu.

Potisak - Arhimedov zakon

Svako telo uronjeno u tečnost **prividno gubi od svoje težine** toliko koliko teži **istisnuta tečnost**.

Na sva tela **potopljena** u tečnost deluje sila **suprotnog smera od gravitacione**, koja teži da **istisne** telo iz tečnosti - **sila potiska**.

Na telo koje je potopljeno u tečnosti, deluje sila potiska jednaka težini istisnute tečnosti.

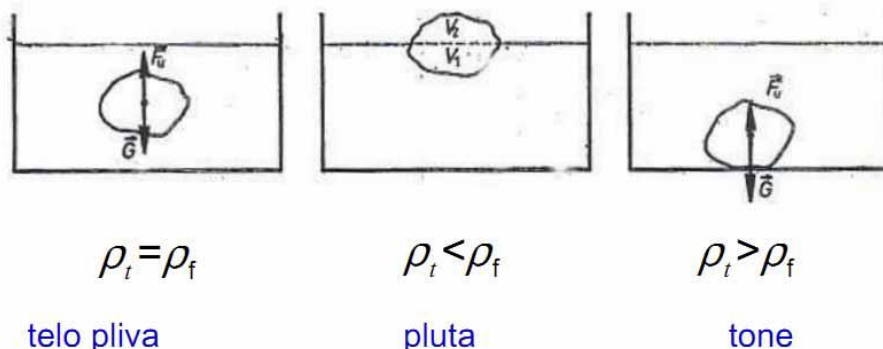
$$Q_{ef} = Q - F_p = (\rho_t - \rho_f) g V$$

Horizontalna komponenta sile hidrostatičkog pritiska na telo **je nula**, jer su sile istog intenziteta, istog pravca i suprotnog smera, pa se **potiru**.

Uslov plivanja

$$F = G - F_u = mg - \rho_f g V = \rho_t g V - \rho_f g V$$

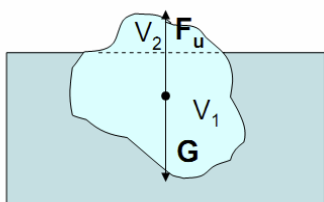
$$F = g V (\rho_t - \rho_f)$$



Na telo uronjeno u tečnost deluje sila uzgona jednaka težini zapremine istisnute tečnosti.

Čvrsta tela deluju svojom masom $G = m \cdot g$

Koliki deo ledene sante viri iznad morske površine?



$$V = V_1 + V_2$$

$$F_u = G$$

$$\rho_f g V_1 = \rho_l g (V_1 + V_2)$$

$$V_2 = V - V_1$$

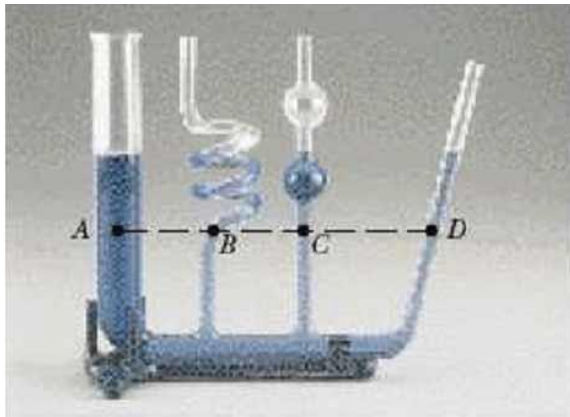
$$V_2 = \left(1 - \frac{\rho_l}{\rho_f} \right) = 0.118 V$$

Gustina leda je 900 kg/m^3 .

Gustina morske vode 1020 g/m^3 .

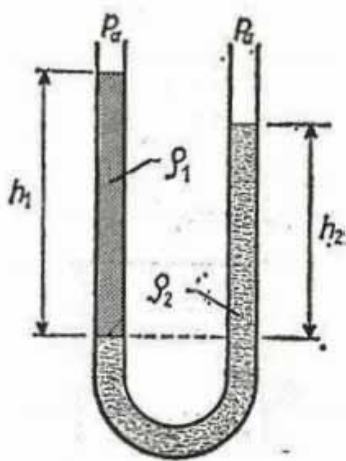
Sile deluju u težištu tela.

Zakon spojenih sudova



U medjusobno **spojenim** posuda **nivo tečnosti** u svim posudama je **isti** bez obzira na oblik posuda – jer je hidrostatski pritisak jednak u svim tačkama na istoj dubini.

Prema zakonu spojenih sudova **rade** uređjaji za merenje pritiska : **manometri, barometri.**

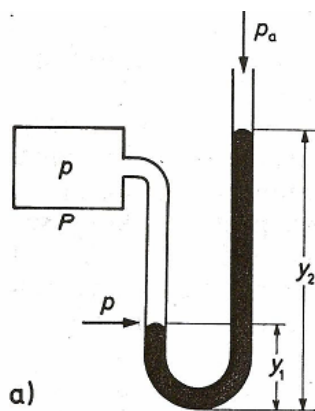


Za dve različite tečnosti, ρ_1 i ρ_2

$$p_a + \rho_1 g h_1 = p_a + \rho_2 g h_2$$

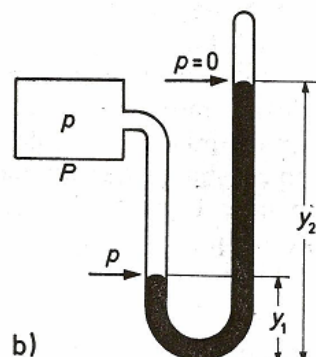
$$\rho_2 = \rho_1 \frac{h_1}{h_2}$$

Način rada manometra = korišćenje zakona za hidrostatski pritisak



Otvoreni manometar :

$$p = p_a + \rho g (y_2 - y_1) = p_a + \rho g h$$



Zatvoreni manometar :

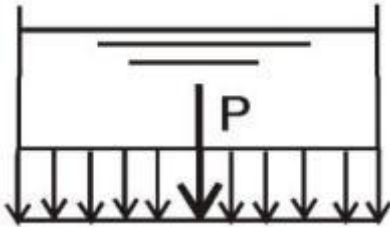
$$p = \rho g (y_2 - y_1) = \rho g h$$

Sile na površine usled hidrostatičkog pritiska

Prilikom **projektovanja** rezervoara, zidova, sudova, ustava, brana, neophodno je poznavati **sile** kojima će tečnost **delovati** na **površine** tih objekata.

Osim **vrednosti** sila potrebno je znati **napadne tačke** tih sila u odnosu na površine koje deluju.

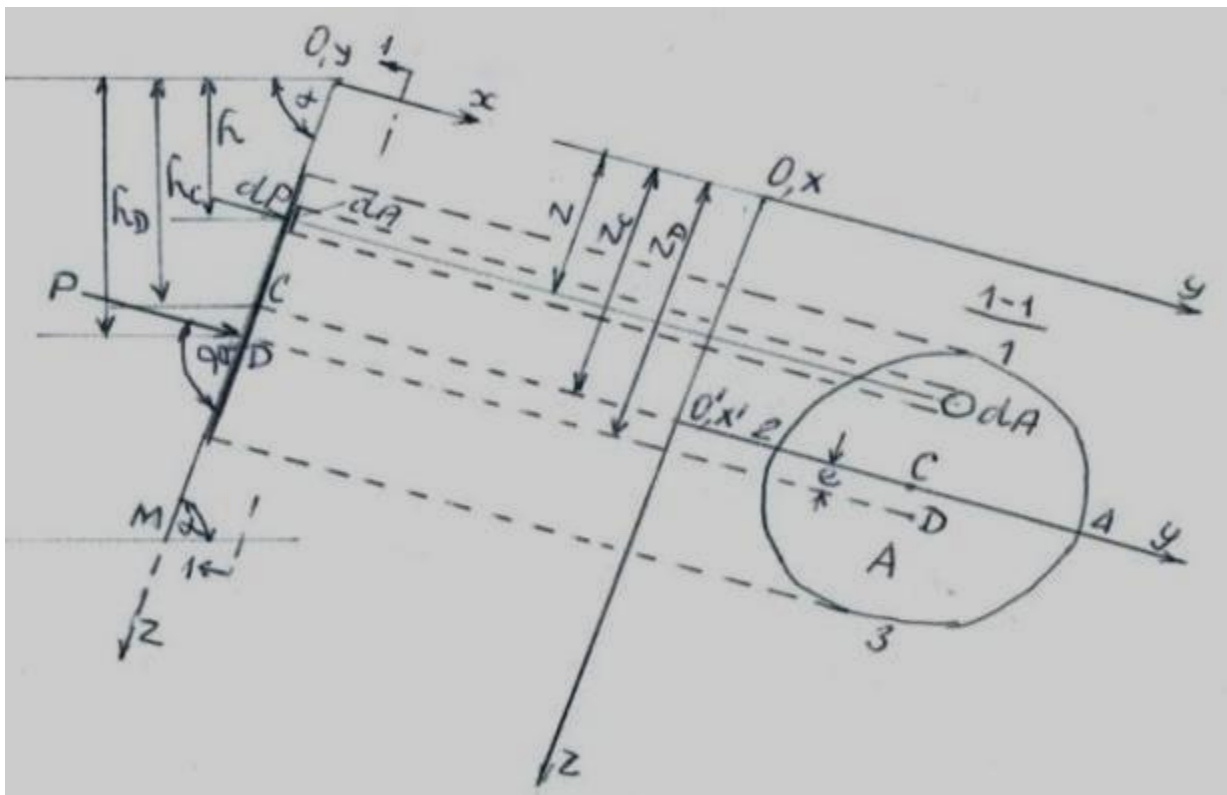
Hidrostatička sila na horizontalnu ravnu površinu



$$dP = p \cdot dA \dots\dots P = p \cdot A \dots\dots p = \text{const}$$

- Pravac sile je vertikalnan.
- Smer sile je ka konturi.
- Napadna tačka sile prolazi kroz težište površine A.

Hidrostatička sila na kosu ravnu površinu



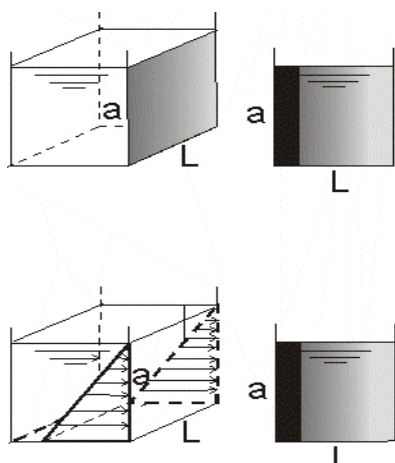
$$dP = p \cdot dA \Rightarrow dP = \rho \cdot g \cdot h \cdot dA \Rightarrow P = \rho \cdot g \cdot h_c \cdot A \Rightarrow P = p_c \cdot A$$

Hidrostatička sila na kosu ravnu površinu jednaka je **proizvodu** posmatrane **površine** i **hidrostatičkog pritiska** u njenom težištu.

Napadna tačka se određuje na osnovu Varinjonove teoreme.

		površina	položaj težišta	momenat inercije
PRAVOUGAONIK		$A = b h$	$h_T = \frac{h}{2}$	$I_{yy} = \frac{b h^3}{12}$
TROUGAO		$A = \frac{b h}{2}$	$h_T = \frac{h}{3}$	$I_{yy} = \frac{b h^3}{36}$
KRUG		$A = \frac{\pi d^2}{4}$	$h_T = \frac{d}{2}$	$I_{yy} = \frac{\pi d^4}{64}$
POLUKRUG		$A = \frac{\pi d^2}{8}$	$h_T = \frac{4r}{3\pi}$	$I_{yy} = \frac{\pi d^4}{128}$
ELIPSA		$A = \frac{\pi b h}{4}$	$h_T = \frac{h}{2}$	$I_{yy} = \frac{\pi b h^3}{64}$
POLUELIPSA		$A = \frac{\pi b h}{4}$	$h_T = \frac{4h}{3\pi}$	$I_{yy} = \frac{\pi b h^3}{128}$
PARABOLA		$A = \frac{2}{3} b h$	$z_T = \frac{3h}{5}$ $y_T = \frac{3b}{8}$	$I_{yy} = \frac{2 b h^3}{7}$

Hidrostatska sila na vertikalnu ravnu površinu



$$P = p_t \cdot A$$

Intenzitet ukupne **hidrostatske sile P** na površinu $a \cdot L$ može se dobiti i kao **zapremina** dijagrama pritiska na tu površinu.

Sila je **upravna** na površinu i deluje u **težištu** zapremine dijagrama.

$$P = \frac{p \cdot a}{2} \cdot L = \frac{\rho \cdot g \cdot a \cdot a}{2} \cdot L$$

Ravanski zadatci – sile i raspored opterećenja

Iako su svi **problemi** koji rešava hidraulika u suštini **prostorni**, neki put je moguće izvršiti pojednostavljenje problema i smatrati ga ravanskim problemom.

Ravanski zadatak je onaj zadatak koji je dovoljno proučiti u jednoj ravni jer je u svim ostalim ravnima paralelnim sa ravni proučavanja stanje potpuno isto – to je **ravan crteža**.

U toj ravni **površina A** na koju se traži sila prikazana **linijom**.

Površina se pruža dužinom **L** u pravcu **normalnom** na crtež.

U ovom slučaju se sila određuje preko komponenti **P_x** i **P_y**.

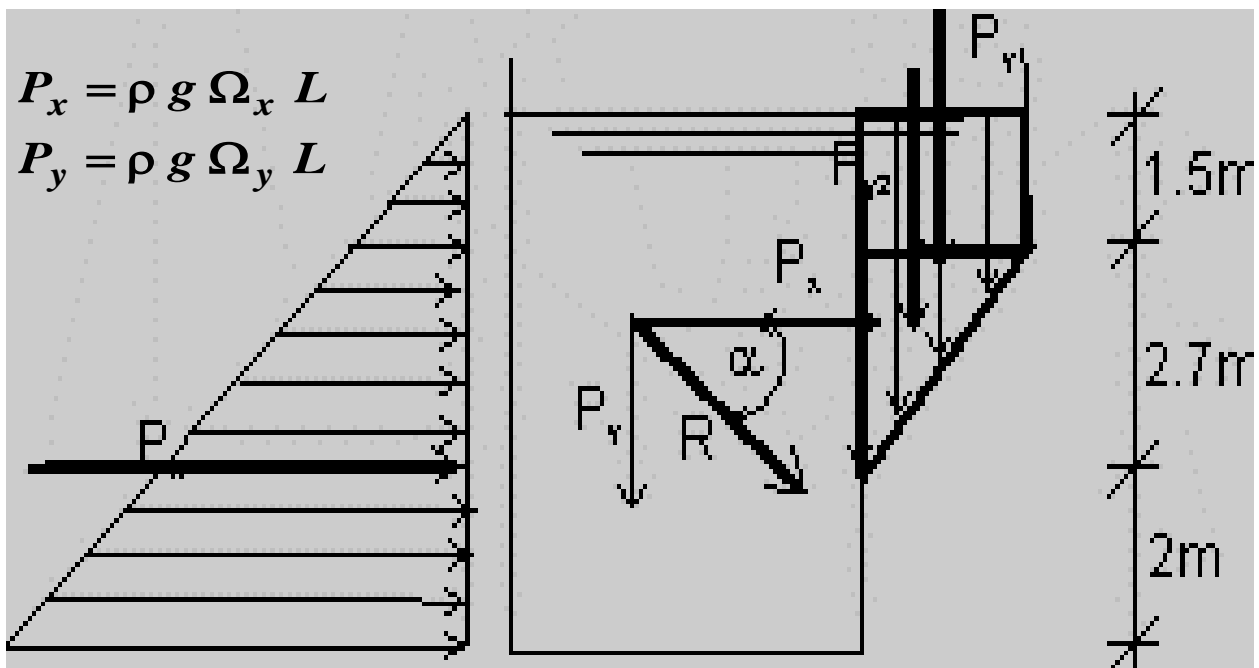
Rezultanta se nalazi vektorskim sabiranjem: $R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$

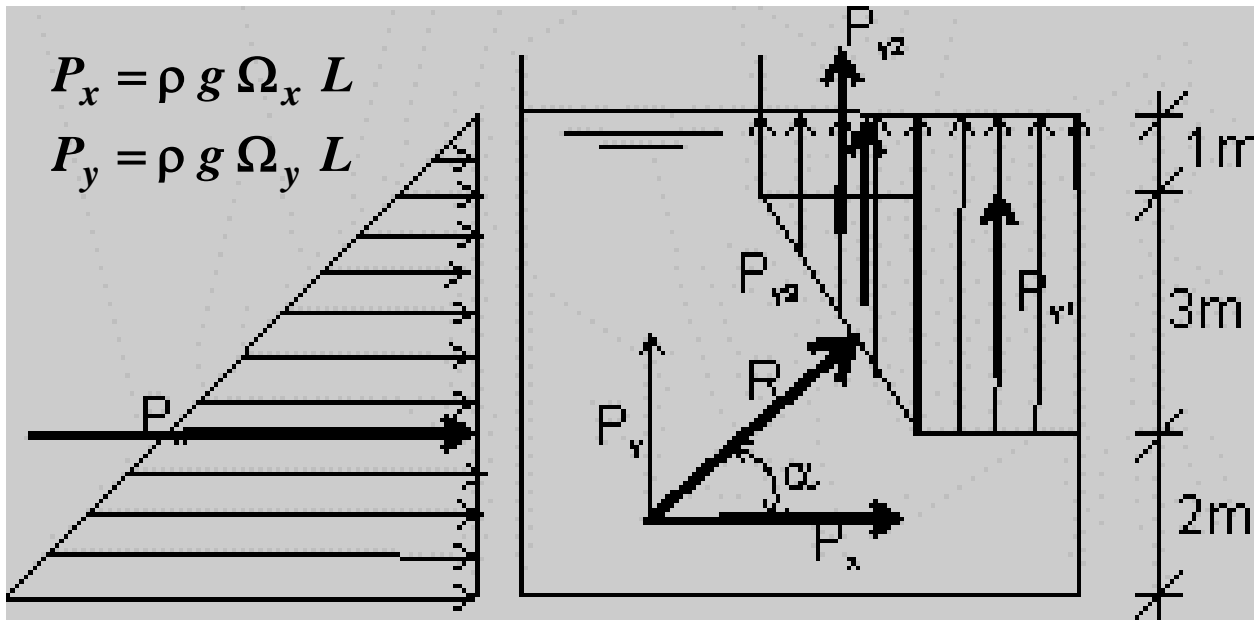
Umesto dijagrama pritisaka **p** crta se dijagram visine pritiska **p/γ**.

Taj dijagram se zove **Ω_x**, odnosno **Ω_y** dijagram.

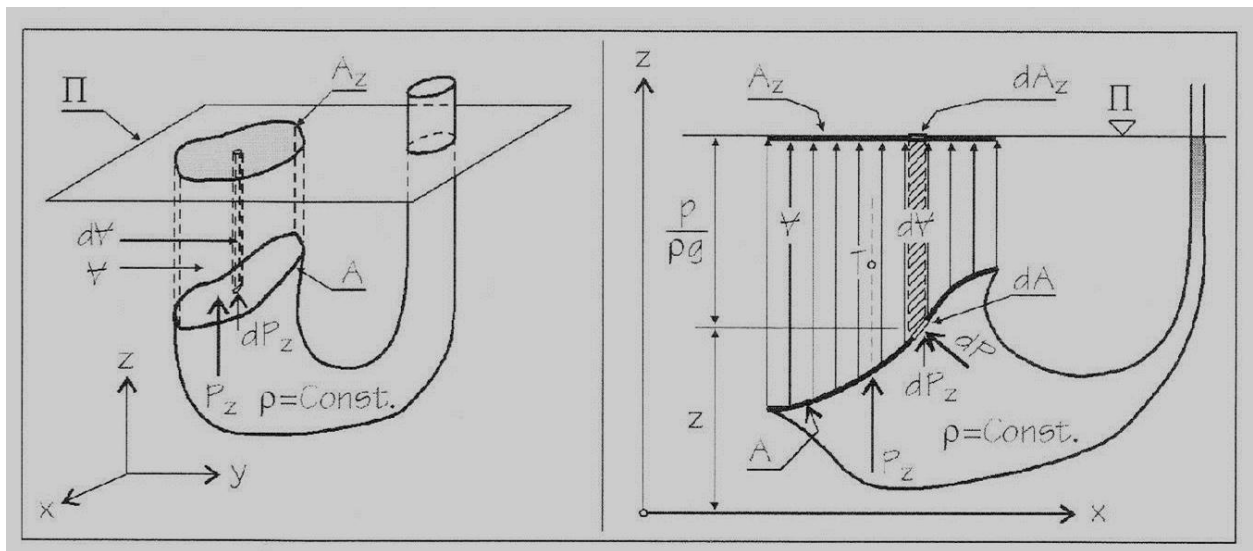
Za **horizontalnu** komponentu, dijagram ima nulu u nivou **Π** kote i zaklapa ugao od 45° sa vertikalnom osom (trougao je jednakokraki). Od dijagrama važi samo onaj deo koji je u nivou posmatrane površine.

Za **vertikalnu** komponentu dijagram se pruža od posmatrane površine do njene projekcije u ravan **Π** kote.





Vertikalna komponenta sile pritiska na površinu



$$dP = p \cdot dA$$

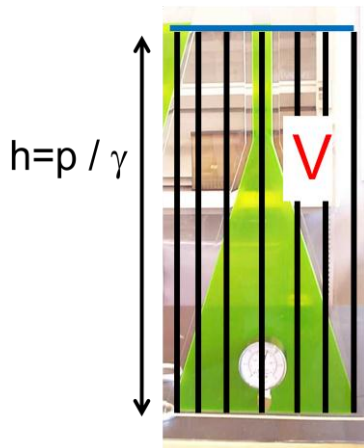
Vertikalna komponenta kojom fluid deluje na površinu jednaka je **težini** fluida koja se može smestiti u zapreminu između površine i njene projekcije u ravni piježometarske kote (u ravni gde je pritisak =0).

Sila prolazi kroz **težište** navedene zapremine.

$$P_z = \gamma \cdot V$$

II

Paskalov hidrostatički paradoks



Hidrostatički pritisak ne **zavisi** od oblika suda niti od mase tečnosti u sudu samo od **visine** vodenog stuba.

Sila na dno suda = težini zapremine tečnosti koja se može smestiti iznad dna do pjezometarske ravni.

Ta **sila** može da bude znatno **veća** od težine **stvarne zapremine** koja se nalazi u sudu.

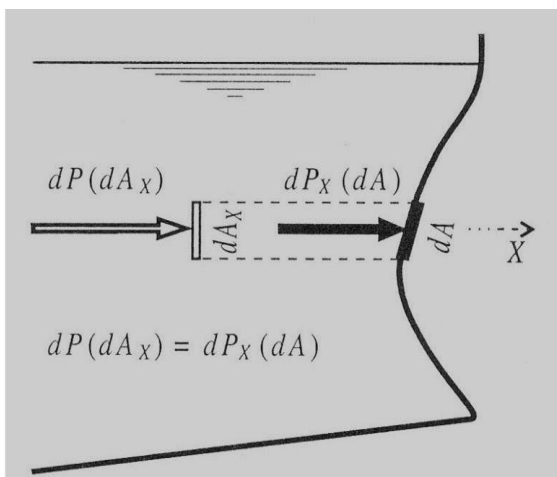
Paradoks:

Ako bi zaledili tečnost u sudu tada bi opterećenje na dno suda bilo jednako težini stvarne tečnosti u sudu.

Horizontalna komponenta sile pritiska na površinu

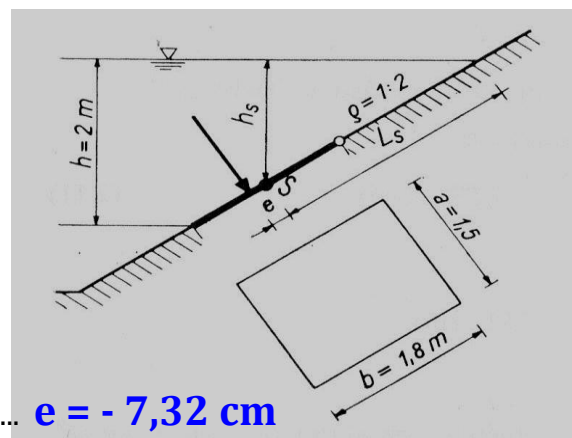
Elementarna sila: $dP = p \cdot dA$ deluje **upravno** na površinu dA .

A_x je **projekcija** površine A na ravan upravnu na osu x .



Horizontalna komponenta, dP_x , elementarne sile dP , jednaka je **proizvodu** pritiska i projekcije elementarne površine dA na ravan upravnu na x osu.

$$P_x = p_t \cdot A_x$$



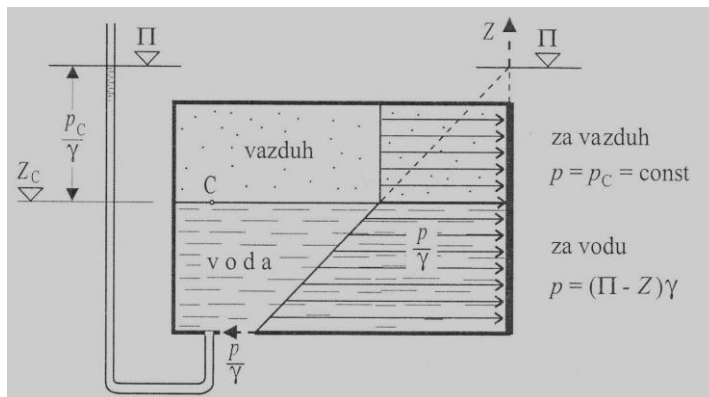
$$P = p_t \cdot A \dots e = -7,32 \text{ cm}$$

Sile pritiska gasova u zatvorenim sudovima

Razmatraju se sile kojima gas deluje na površine suda u kome je zatvoren.

Specifična težina gasa je veoma **malena** (u odnosu na γ tečnosti), pa je uticaj sile težine gasa na promenu pritiska **zanemarljiv**.

Tada se **može uzeti** za celu zapreminu gasa koji miruje u zatvorenom sudu **$p = \text{const}$** .



Komponenta za bilo koji pravac sile kojom gas deluje na površinu suda u kome je zatvoren **jednaka** je sili na projekciju površine, normalnu na pravac za koji se komponenta određuje, prolazi kroz težište projekcije.

$$P = p \cdot A$$