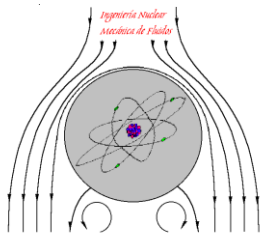


eman ta zabal zazu

11.Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.



Gorka Alberro Eguilegor
Joseba Aranburu Aierbe
Ganix Esnaola Aldanondo
Maddi Garmendia Antín
Estibalitz Goikoetxea Miranda

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PRESIO ESTATIKO, DINAMIKO ETA TOTALAREN KONTZEPTUAK.

Bernoulli-ren ekuazioaren funtsezko aplikazioetako bat fluidoaren ezaugarriak adierazten dituzten neurgailuak prestatzea eta abian jartzea da.

Elementu horiek garrantzi handikoak dira fluidoaren garraioa eta toki aldatzea burutzen duten hainbat industriatan, hala nola oleoduktuak, zirkuitu pneumatikoak... dituztenetan. Horrelakoetan propietate lokalak (abiadura, presioa, tenperatura, dentsitatea, biskositatea...) neurtu behar izaten dira, edo propietate integratuak (fluxu masikoa eta fluxu bolumetrikoa) eta propietate globalak (fluidoaren eremu osoaren bistaratzea).

Kapitulu honetan, Bernoulli-ren ekuazioak neurketarako elementuetan eta fluxu jakin bateko emarien eta presioen determinaziorako bestelako sistemetan dituen aplikazio garrantzitsuenak azalduko dira.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PRESIO ESTATIKO, DINAMIKO ETA TOTALAREN KONTZEPTUAK.

Altuera geodesikoa mantentzen duen fluido-fluxu bati dagokion Bernoulli-ren ekuazioak adierazpen hau du:

$$p + \rho \cdot \frac{v^2}{2} = C$$

non:

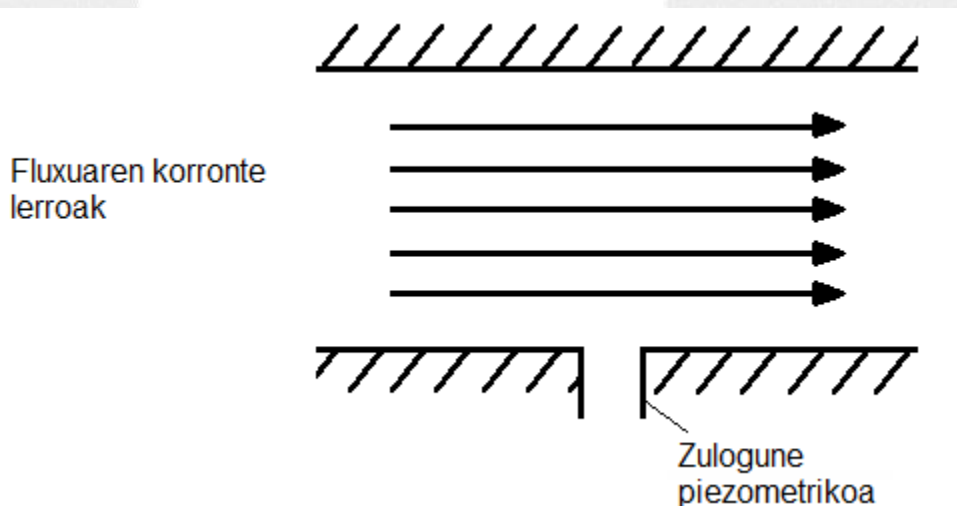
p : presio estatikoa

$\rho \cdot \frac{v^2}{2}$: presio dinamikoa

Presio estatikoa fluxuarekin batera higituko litzatekeen neurgailu baten bidez neurtuko litzatekeena da.

PRESIO ESTATIKOAREN NEURGAILUAK: PIEZOMETROA ETA TUTU ESTATIKA.

Korrante-lerroak zuzenak direnean, ezin daiteke presioaren aldakuntzarik egon lerroekiko norabide perpendikularrean. Baieztapen hau higitzen ari den fluidoaren presio estatikoa neurtzeko baliagarria da, zulo (piezometiko) bat egin dezakegularik korrante-lerroak zuzenak diren eskualde bateko horman, presioa kalkulatzeko.

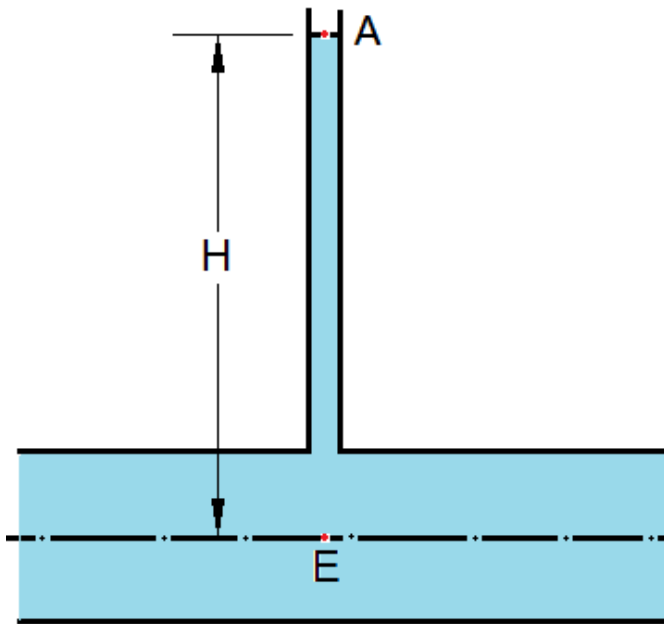


11.1 Irudia. Korrante lerroak eta zulogune piezometrika. Geure irudia.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PRESIO ESTATIKOAREN NEURGAILUAK: PIEZOMETROA ETA TUTU ESTATIKA.

Piezometroa



$$\frac{P_A}{\gamma} + z_A = \frac{P_E}{\gamma} + z_E$$

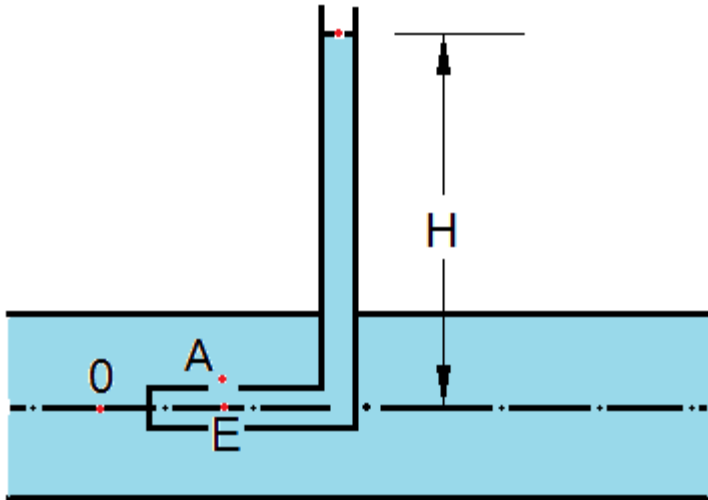
$$\frac{P_E}{\gamma} = z_A - z_E = H$$

11.2 Irudia. Piezometroa.
Geure irudia.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PRESIO ESTATIKOAREN NEURGAILUAK: PIEZOMETROA ETA TUTU ESTATIkoa.

Tutu estatikoa



11.3 Irudia. Hodi estatikoa (A hodi estatikoaren kanpoan dagoen puntua, E hodi estatikoaren barruan dagoen puntua). Geure irudia.

$$\frac{P_0}{\gamma} + z_0 + \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = \frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{v_A^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{P_0}{\gamma} = \frac{P_A}{\gamma}$$

Aldakuntza hidrostatikoa denez :

$$\frac{P_A}{\gamma} = \frac{P_E}{\gamma}$$

Estatika aplikatuz :

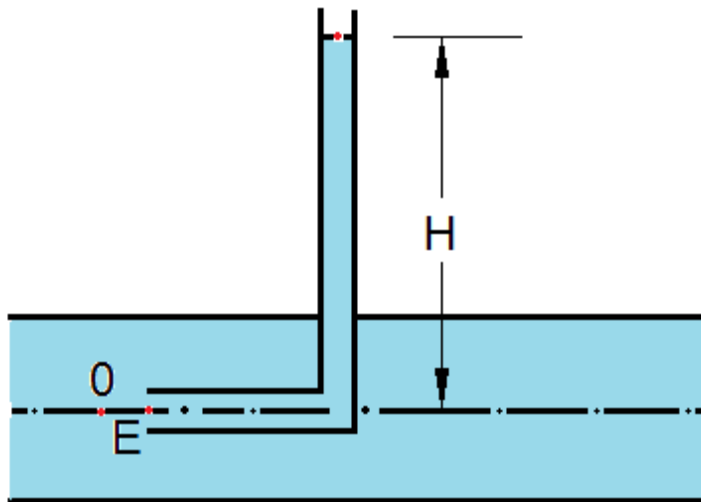
$$\frac{P_E}{\gamma} = H \rightarrow \frac{P_0}{\gamma} = H$$

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PRESIO TOTALAREN NEURGAILUAK: PITOTEN TUTUA.

Gelditze-presioa (edo estankamendu-presioa), marruskadurarik gabeko prozesu batean higitzen ari zen fluidoak dezeleratuz joan ondoren zero abiadura lortzean fluidoak izango lukeen presioaren balioa da. Kasu horretan, Bernoulliren ekuazioa fluido konprimaezin bati aplikatuz eta kota-diferentziak mespretxatuz:

$$\frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = \frac{p_E}{\gamma} + \frac{v_E^2}{2 \cdot g}$$



eta $v_E = 0$ denez, gelditze-presioa honelaxe adieraz daiteke:

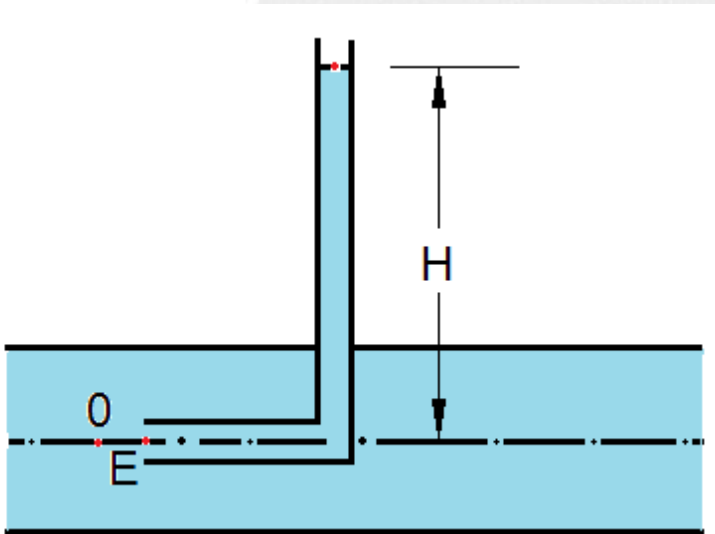
$$\frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = \frac{p_E}{\gamma}$$

11.4 Irudia. Pitot-en hodia.
 Geure irudia.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PRESIO TOTALAREN NEURGAILUAK: PITOT-EN TUTUA.

Pitoten hodia



11.4 Irudia. Pitot-en hodia.
 Geure irudia.

Gelditze-presioak fluxuaren presio totala ere adierazten du, eta presio estatikoaren eta presio dinamikoaren batura da:

Presio total hori neurtzeko, Pitot-en hodia erabiltzen da. O sekzioa uretan gorakoa izanik eta E sekzioa Pitot-en hodiaren sarrerakoa izanik:

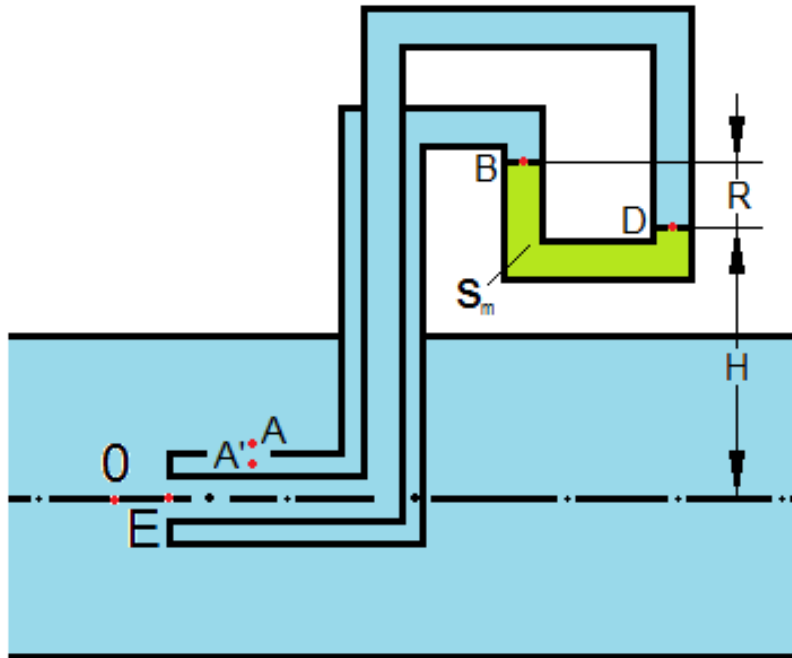
$$\frac{p_E}{\gamma} = \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{p_E}{\gamma} = H \rightarrow \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = H$$

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

ABIADURAREN NEURGAILUAK: PRANDTL-EN TUTUA ETA PITOT-EN TUTUA ETA PIEZOMETROAREN ARTEAN OSATUTAKO NEURGAILUA.

Prandtl-en hodia



Irudian Prandtl-en hodi bat erakusten da, ρ dentsitateko fluidoaren korrontean sarturik eta manometro diferentzial batera konektaturik, zeinaren likido manometrikoak ρ_m balioko dentsitatea duen.

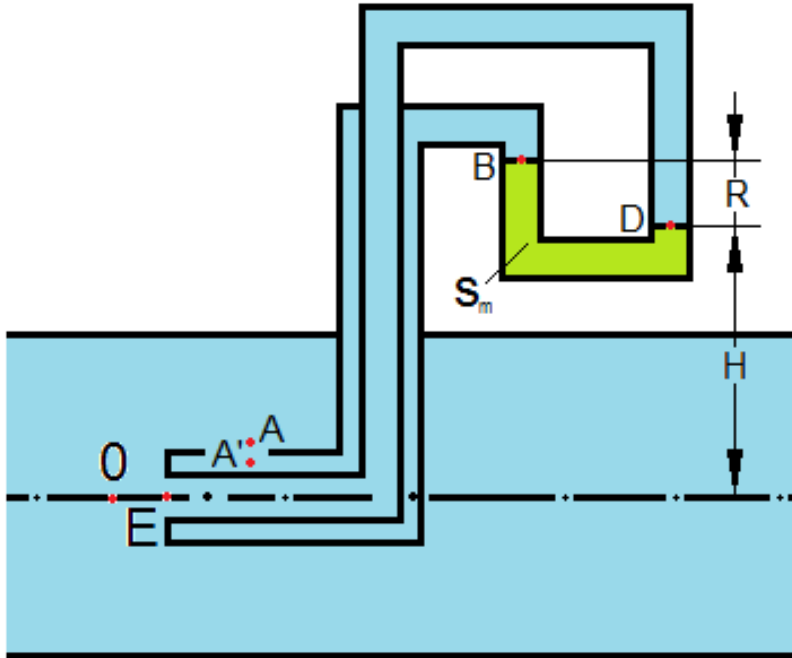
Fluidoan sartzean, Prandtl-en hodiaren sarreran gelditze-puntu bat sortzen da, Pitot-en hodiak bezala. 0 puntua uretan gorakoa da, E puntua hodiaren sarrerakoa, eta A puntua Prandtl-en hodiak barnean duen hodi piezometrikoaren sarrerakoa. Hodi piezometriko horrek ez du korrontea perturbatzen eta, hortaz, presio estatikoa neurtzen du.

11.5 Irudia. Prandtl-en hodia.
 Geure irudia.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

ABIADURAREN NEURGAILUAK: PRANDTL-EN TUTUA ETA PITOT-EN TUTUA ETA PIEZOMETROAREN ARTEAN OSATUTAKO NEURGAILUA.

Prandtl-en hodia



11.5 Irudia. Prandtl-en hodia.
 Geure irudia.

$$\frac{P_0}{\gamma} + z_0 + \frac{v_0^2}{2 \cdot g} = \frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{v_A^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{P_0}{\gamma} = \frac{P_A}{\gamma}$$

Aldakuntza hidrostatikoa denez :

$$\frac{P_A}{\gamma} = \frac{P_{A'}}{\gamma}$$

$$\frac{P_E}{\gamma} = \frac{P_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$$

Estatika aplikatuz :

$$P_E = P_D + \gamma \cdot H = P_B + \gamma_m \cdot R + \gamma \cdot H$$

$$= P_{A'} - \gamma \cdot (H + R) + \gamma_m \cdot R + \gamma \cdot H$$

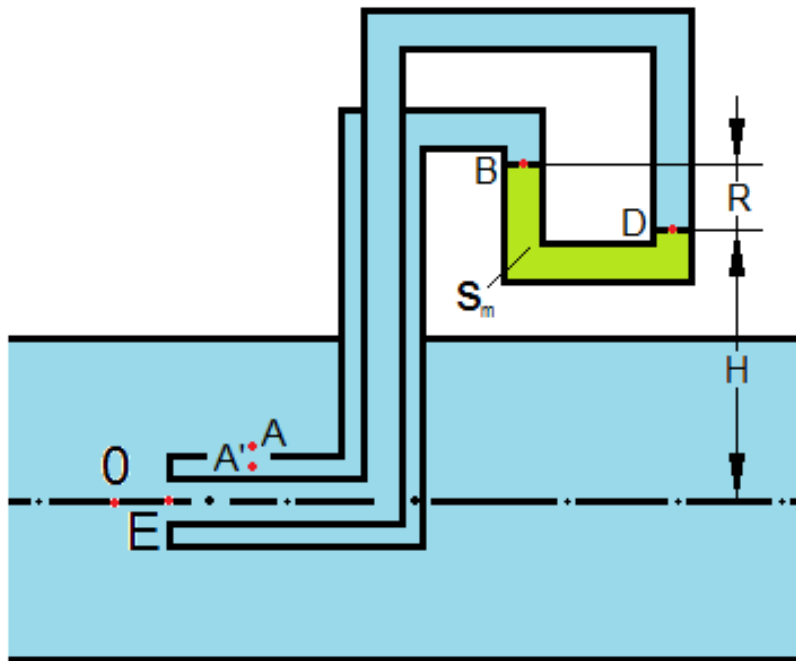
$$P_E = P_{A'} + R \cdot (\gamma_m - \gamma)$$

$$P_E - P_{A'} = R \cdot (\gamma_m - \gamma)$$

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

ABIADURAREN NEURGAILUAK: PRANDTL-EN TUTUA ETA PITOT-EN TUTUA ETA PIEZOMETROAREN ARTEAN OSATUTAKO NEURGAILUA.

Prandtl-en hodia



$$\frac{P_E}{\gamma} - \frac{P_{A'}}{\gamma} = \frac{P_E}{\gamma} - \frac{P_A}{\gamma} = \frac{P_E}{\gamma} - \frac{P_0}{\gamma}$$

$$\frac{P_E}{\gamma} - \frac{P_0}{\gamma} = \frac{R \cdot (\gamma_m - \gamma)}{\gamma} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{v_0^2}{2 \cdot g} = R \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1 \right)$$

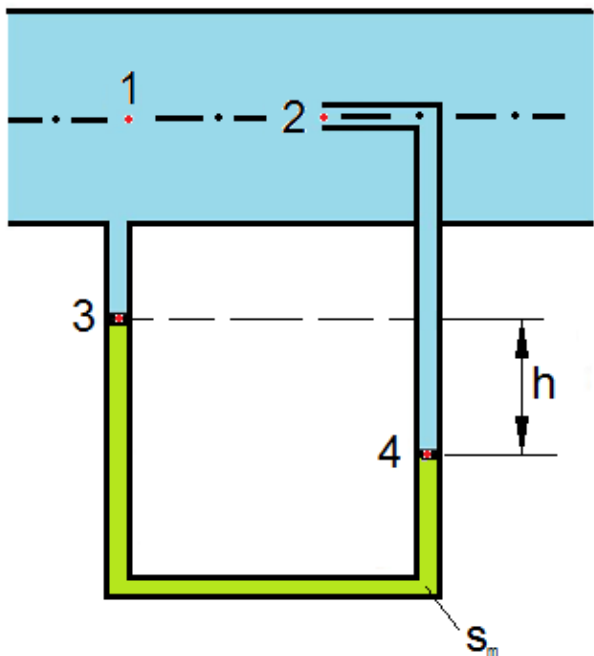
$$v_0 = \sqrt{2 \cdot g \cdot R \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1 \right)}$$

11.5 Irudia. Prandtl-en hodia.
 Geure irudia.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

ABIADURAREN NEURGAILUAK: PRANDTL-EN TUTUA ETA PITOT-EN TUTUA ETA PIEZOMETROAREN ARTEAN OSATUTAKO NEURGAILUA.

Pitot-en hodia + Tutu estatikoa



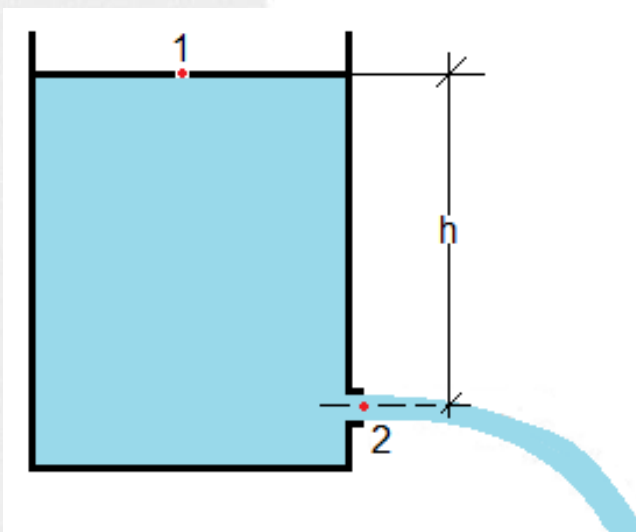
$$v_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1 \right)}$$

11.6 Irudia. Pitot-en hodia hodi piezometriko batekin elkartua.
 Geure irudia.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

ONTZI BATEN NEURKETA ZULOA. TORRICELLIREN EKUAZIOA

Demagun irudiko depositua dugula, hondoan edo alboko paretetan zulo bat duelarik.



11.7 Irudia. Ontzi bateko zulogunea.
Geure irudia.

Irudian ageri denez, gainazal askea zuloarekiko h altuera batetara dugu.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

ONTZI BATEN NEURKETA ZULOA. TORRICELLIREN EKUAZIOA

$$z_1 + h_{p1} + h_{v1} = z_2 + h_{p2} + h_{v2}$$

$$z_1 - z_2 = \frac{v_{2t}^2}{2 \cdot g}$$

Adierazpen hau, deposituaren hustuketa atmosferara egiten bada eta karga galerak mespretxagarriak badira, da baliagarria.

$$v_{2t} = \sqrt{2 \cdot g \cdot (z_1 - z_2)} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Errealitatean, irteerako emaria, abiaduraren adierazpen honekin lortutakoa baino txikiagoa da, ez bait dira guztiz ematen Bernoulli-ren ekuazioa erabiltzeko baliagarriak diren baldintzak.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

ONTZI BATEN NEURKETA ZULOA. TORRICELLIREN EKUAZIOA

Bernoulli-ren ekuazioarekin lan egiteko beste aukera bat, karga galeren terminoa erabili beharrean, termino errealekin lan egitea da. Horretarako abiadura, uzkurdura eta deskarga koefizienteak kalkulatu behar dira:

$$C_v = \frac{v_r}{v_t}$$

$$C_c = \frac{A_r}{A_t} = \frac{A_{txorrotada}}{A_{zuloa}}$$

$$C_d = \frac{Q_r}{Q_t} = \frac{v_r}{v_t} \cdot \frac{A_r}{A_t} = C_v \cdot C_c$$

Zulogunearen arabera (angelu zuzenadun sarrera, sarrera konikoa, zirkulu laurdeneko sarrera, eta abar) uzkurdura koefizienteak balio desberdina izango du.

Frogatu depositu hustuketa batean honako adierazpen hau betetzen dela :

$$k = \frac{1 - C_v^2}{C_v^2}$$

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

ONTZI BATEN NEURKETA ZULOA. TORRICELLIREN EKUAZIOA

Zailtasuna koefizienteen kalkuloan, aldagai errealak (abiadura, azalera, emaria) kalkulatzeko datza, aldagai teorikoak lortzeko errazak bait dira. Horretarako

- Abiadura errealak, Pitot-en hodi bat deposituaren irteeran jarriaz, lortzen da.
- Linnimetro batek txorrotadaren diametroaren irakurketa ematen digu.
- Metodo bolumetrikoa erabiltzen ohi da emari errealak kalkulatzeko.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

DEPOSITUEN HUSTUKETA ERREGIMEN IRAUNKORREAN

Deposituko ur altuera jeisten denez, irteerako abiadura ere txikitzen doa.

$$v_{2_i} = \sqrt{2 \cdot g \cdot (z_1 - z_2)} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

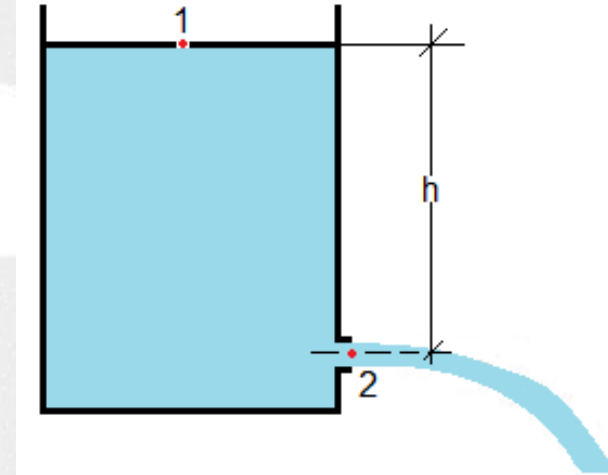
Hustutako jariakinaren bolumena:

$$dV(t) = Q_r \cdot dt = -A_{dep} \cdot dz$$

Ondorioz, hustutzen denbora kalkulatzeko:

$$dt = \frac{-A_{dep} \cdot dz}{Q_{err}} = \frac{-A_{dep} \cdot dz}{C_d \cdot A_{zuloa} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(\frac{P_1}{\gamma} + z \right)}}$$

$$\int_0^t dt = \int_{h_{hasiera}}^{h_{bukaera}} \frac{-A_{dep} \cdot dz}{C_d \cdot A_{zuloa} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(\frac{P_1}{\gamma} + z \right)}}$$



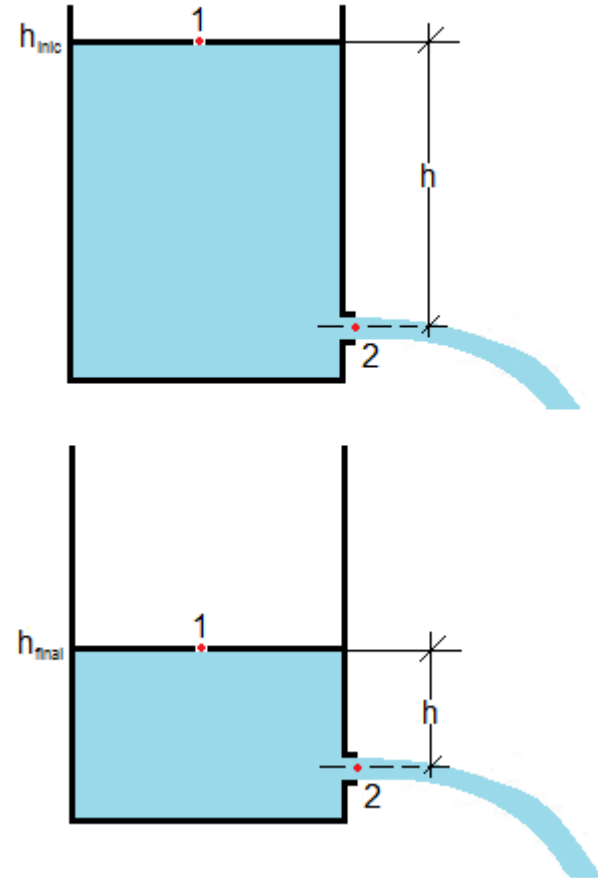
11.8 Irudia Ontzi baten hustutzea.
 Geure irudia.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

DEPOSITOEN HUSTUKETA ERREGIMEN IRAUNKORREAN

$P_1 = 0$ bada :

$$t = \frac{\sqrt{2} \cdot A_{dep}}{C_d \cdot A_{zuloa} \cdot \sqrt{g}} \cdot \left(\sqrt{h_{hasiera}} - \sqrt{h_{bukaera}} \right)$$



11.9 Irudia. Ontzi hustutze prozesua. Geure irudia.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

APARATU DEPRIMOGENOAK: VENTURIMETROA, TOBERA, DIAFRAGMA ETA UKONDO-NEURGAILUA.

Estatika aplikatuz:

$$P_C = P_A + \gamma \cdot (h + l + z)$$

$$P_C = P_D + \gamma_m \cdot z$$

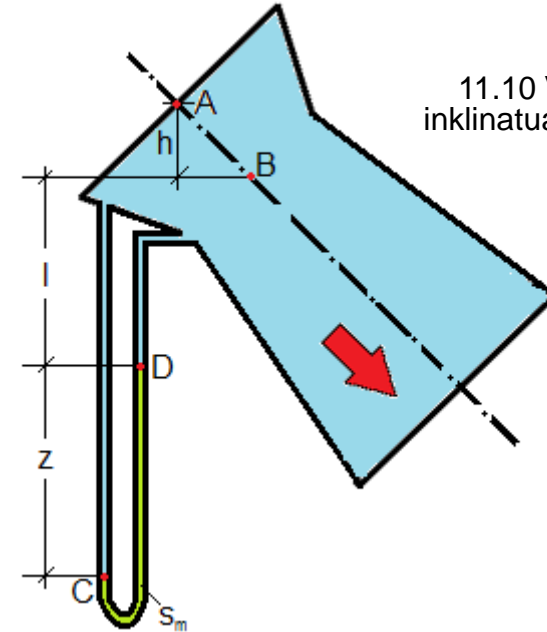
$$P_D = P_B + \gamma \cdot l$$

$$P_A + \gamma \cdot (h + l + z) = P_B + \gamma \cdot l + \gamma_m \cdot z$$

$$\frac{P_A}{\gamma} - \frac{P_B}{\gamma} = \frac{\gamma_m}{\gamma} \cdot z - (h + z) = z \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1\right) - h$$

$$\frac{P_A}{\gamma} - \frac{P_B}{\gamma} + h = z \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1\right)$$

$$\frac{P_A}{\gamma} - \frac{P_B}{\gamma} + (z_A - z_B) = z \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1\right)$$



11.10 Venturimetro inklinatua. Geure irudia.

$$\frac{P_A}{\gamma} + z_A + \frac{v_A^2}{2 \cdot g} = \frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{v_B^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{v_B^2}{2 \cdot g} - \frac{v_A^2}{2 \cdot g} = R \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1\right)$$

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

APARATU DEPRIMOGENOAK: VENTURIMETROA, TOBERA, DIAFRAGMA ETA UKONDO-NEURGAILUA.

Jarraitutasuna aplikatuz :

$$Q_A = Q_B$$

$$c_{v_A} \cdot v_{A_t} \cdot c_{c_A} \cdot A_{A_t} = c_{v_B} \cdot v_{B_t} \cdot c_{c_B} \cdot A_{B_t}$$

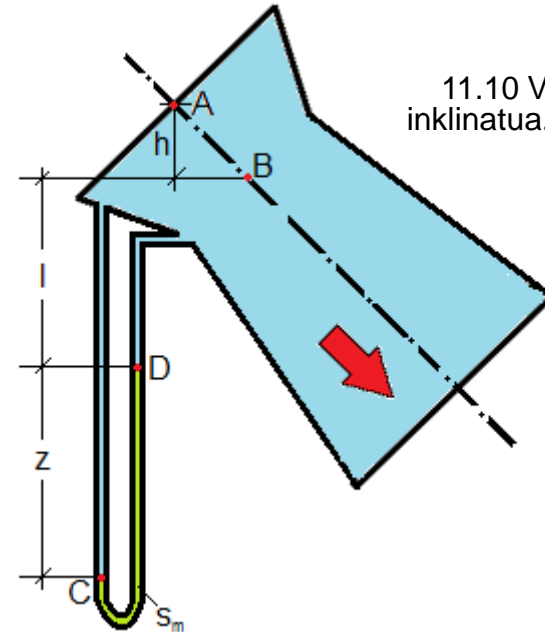
Suposatuz $c_{v_A} = c_{v_B}$ eta $c_{c_A} = 1$:

$$v_{A_t} \cdot A_{A_t} = v_{B_t} \cdot c_{c_B} \cdot A_{B_t}$$

$$v_{A_t} = c_{c_B} \cdot v_{B_t} \cdot \frac{A_{B_t}}{A_{A_t}}$$

$$\frac{v_{B_t}^2}{2 \cdot g} - \frac{\left(c_{c_B} \cdot v_{B_t} \cdot \frac{A_{B_t}}{A_{A_t}} \right)^2}{2 \cdot g} = R \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1 \right)$$

$$v_{B_t}^2 \cdot \left(1 - \left(c_{c_B} \cdot \frac{A_{B_t}}{A_{A_t}} \right)^2 \right) = 2 \cdot g \cdot R \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1 \right)$$



11.10 Venturimetro inklinatua. Geure irudia.

$$v_{B_t} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot R \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1 \right)}{1 - \left(c_{c_B} \cdot \frac{A_{B_t}}{A_{A_t}} \right)^2}}$$

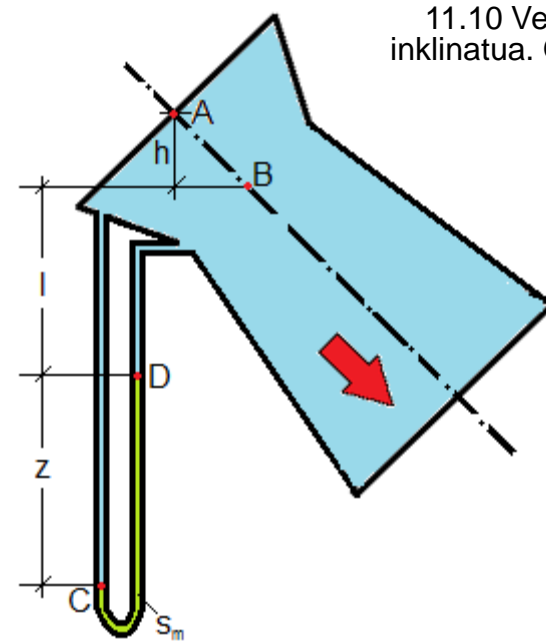
11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

APARATU DEPRIMOGENOAK: VENTURIMETROA, TOBERA, DIAFRAGMA ETA UKONDO-NEURGAILUA.

Ondorioz :

$$Q_{B_r} = c_{v_B} \cdot c_{c_B} \cdot A_{B_t} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot R \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1\right)}{1 - \left(c_{c_B} \cdot \frac{A_{B_t}}{A_{A_t}}\right)^2}}$$

$$Q_r = c_{v_B} \cdot c_{c_B} \cdot A_B \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot R \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1\right)}{1 - \left(c_{c_B} \cdot \frac{A_B}{A_A}\right)^2}}$$

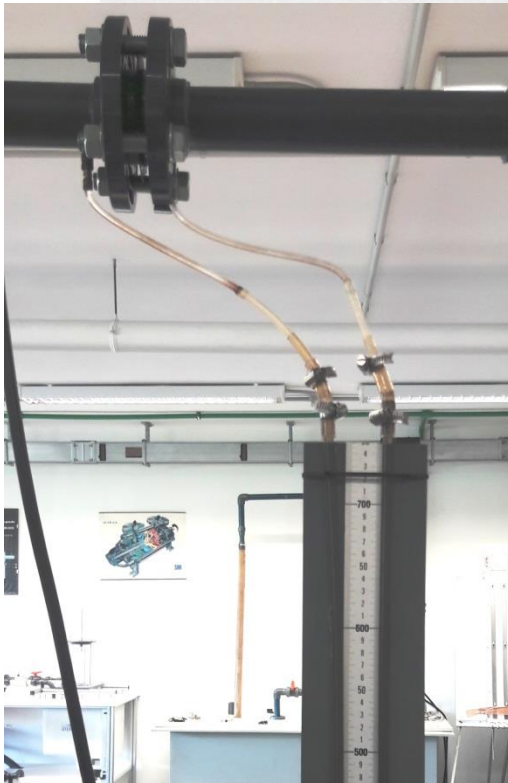


11.10 Venturimetro inklinatua. Geure irudia.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

APARATU DEPRIMOGENOAK: VENTURIMETROA, TOBERA, DIAFRAGMA ETA UKONDO-NEURGAILUA.

Diafragma:



11.11 Irudia. Diafragma instalazio batean.
Geure irudia.



11.12 Irudia. Diafragma.
Geure irudia.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

APARATU DEPRIMOGENOAK: VENTURIMETROA, TOBERA, DIAFRAGMA ETA UKONDO-NEURGAILUA.

| Venturimetroa | Diafragma | Tobera |
|---|---|--|
| $C_{CB}=1$ | $C_{CB} \neq 1$ | $C_{CB}=1$ |
| $Q_r = C_{bent} \cdot A_B \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot R \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1\right)}{1 - \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2}}$ | $Q_r = C_{diafr} \cdot A_B \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot R \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1\right)}$ | $Q_r = C_{tobera} \cdot A_B \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot R \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1\right)}$ |
| $C_{bent} = C_{v_B}$ | $C_{diafr} = \frac{C_{v_B} \cdot C_{c_B}}{\sqrt{1 - \left(c_{c_B} \cdot \frac{A_B}{A_A}\right)^2}}$ | $C_{tobera} = \frac{C_{v_B}}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_B}{A_A}\right)^2}}$ |
| Ez dituzte karga galera gehigarriak | Karga galera gehigarriak handiak dira | Karga galera gehigarriak txikiak dira |
| Garestiena Laborategietan | Merkeena Industrian | |

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

ISURGAILUAK

Isurgailuak: Kanaletan erabiltzen diren emari neurgailuak. Jariakina isuri egiten delako datorkio. Kanalean dagoen oztopo bat da, ura geldiarazten duena eta haren gainetik isuritzen dena. Motak:

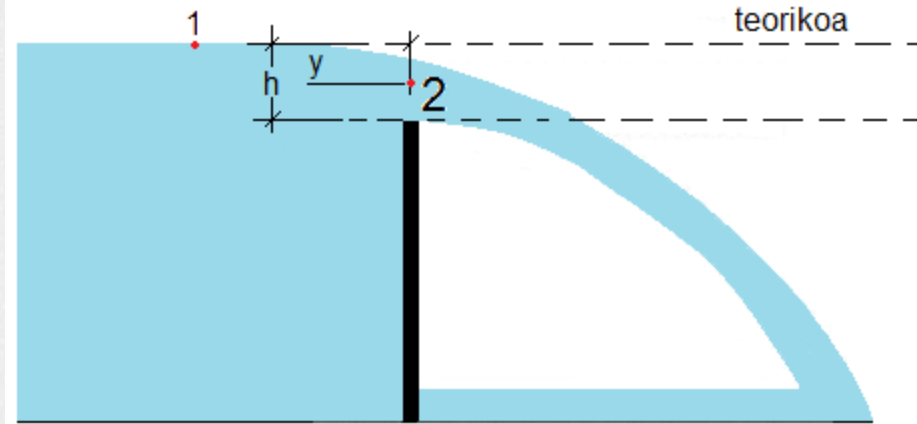
- Pareta mehekoak
 - ❖ Horizontala
 - ❖ U erakoa edo alboko uzkurduraduna
 - ❖ V erakoa edo triangeluarra
- Pareta lodikoak



11.13 Irudia. Isurgailua.
Geure irudia.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PARETA MEHEKO ISURGAILUAK



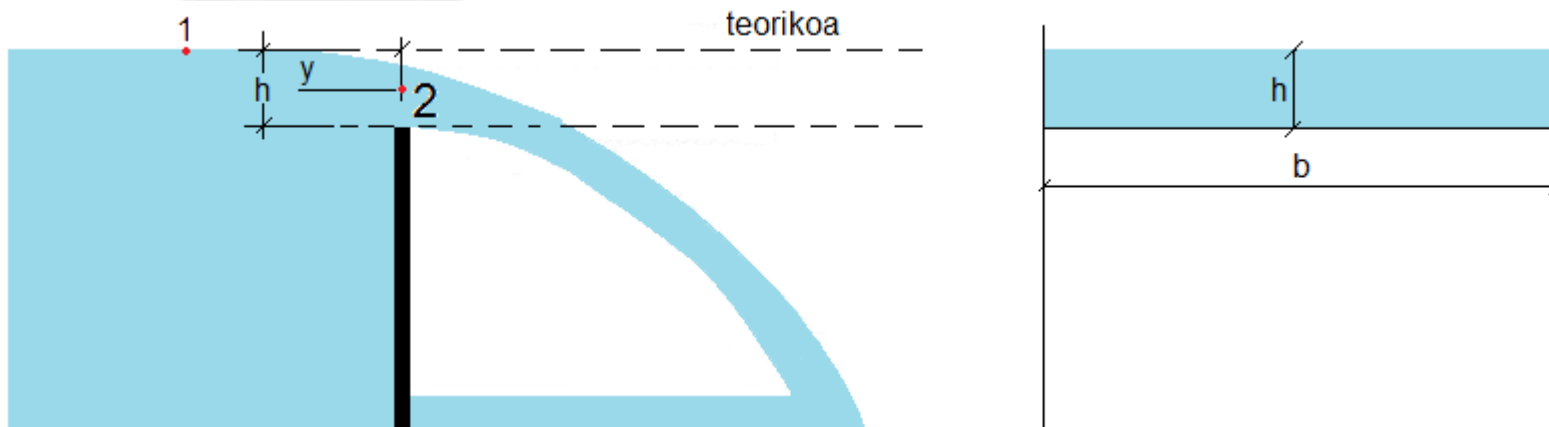
11.14 Irudia. Paret meheko isurgailua.
Geure irudia.

Hasierako hipotesiak

- Isurgailu aurreko jariakinaren abiadura zero, ondorioz energia zinetikoa zero.
- Fluxua ez da deformatzen.
- Presioa atmosferikoa da txorota osoan.
- Karga galera mespretxagarriak.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PARETA MEHEKO ISURGAILUAK



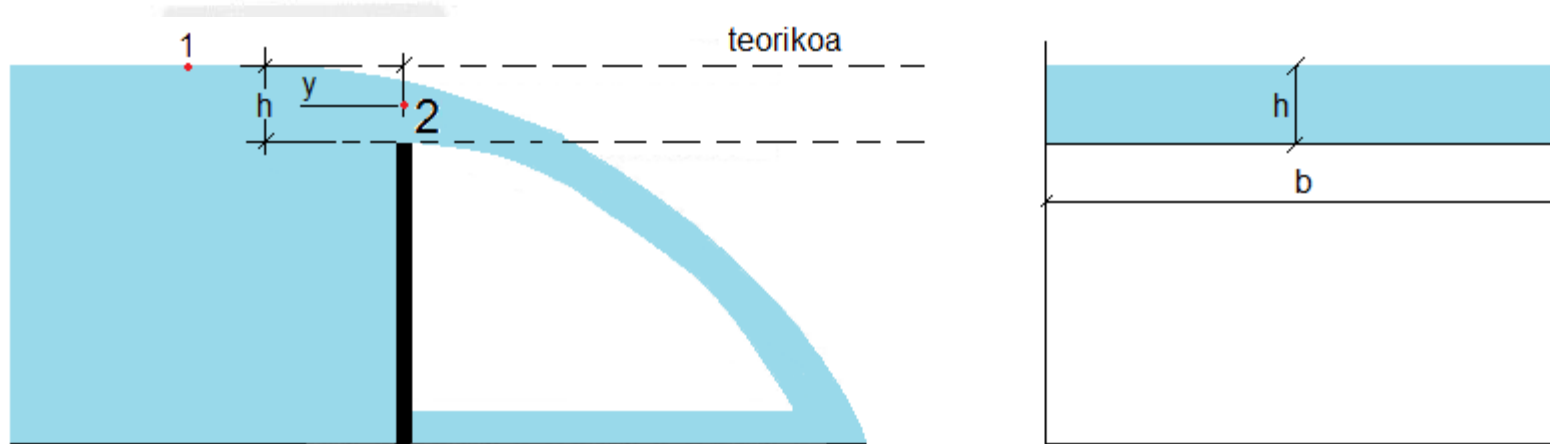
11.15 Irudia. Paretta meheko isurgailua. Horizontala.
 Geure irudia.

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \Rightarrow v_2 = \sqrt{\left(z + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \right) 2 \cdot g}$$

$$dQ = b \cdot dz \cdot v = b \cdot dz \cdot \sqrt{\left(z + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \right) 2 \cdot g}$$

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PARETA MEHEKO ISURGAILUAK



11.15 Irudia. Pareta meheko isurgailua. Horizontala.
 Geure irudia.

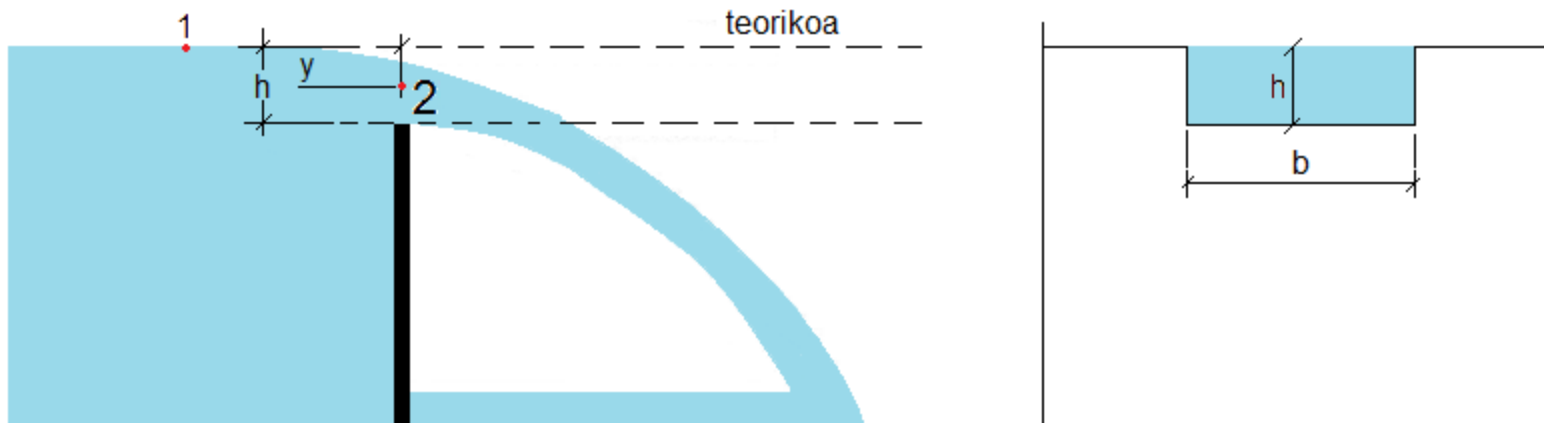
$$Q = \frac{2}{3} \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \left[\left(z + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \right)^{3/2} \right]_0^h = \frac{2}{3} \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \left[\left(h + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \right)^{3/2} - \left(\frac{v_1^2}{2 \cdot g} \right)^{3/2} \right]$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \approx 0 \end{array} \right\} Q_{teorikoa} = \frac{2}{3} \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

$$Q_{erreala} = C \cdot \frac{2}{3} \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PARETA MEHEKO ISURGAILUAK



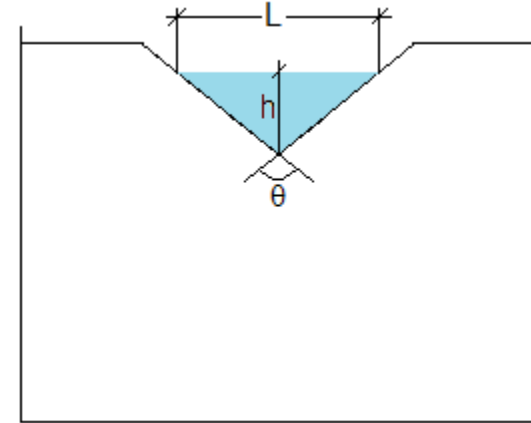
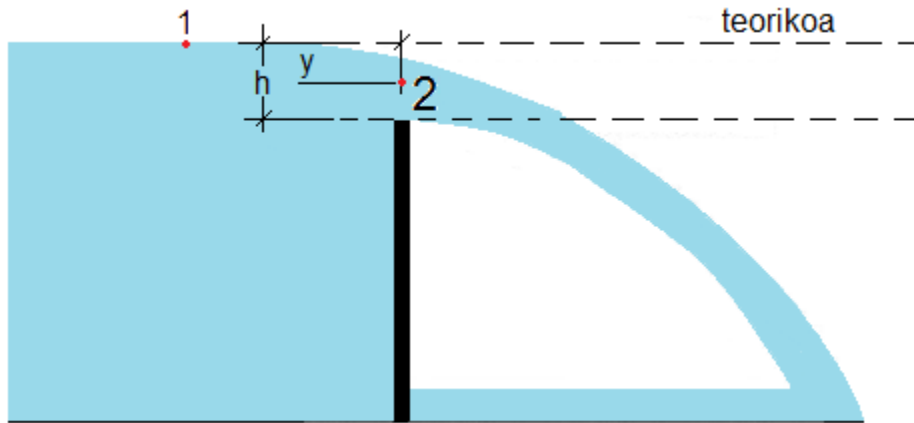
11.16 Irudia. Paretta meheko isurgailua. Alboko uzkurduraduna (n=2). Geure irudia.

$$Q_{teorikoa} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (b - 0,1 \cdot n \cdot h) \cdot h^{3/2}$$

$$Q_{erreala} = C \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (b - 0,1 \cdot n \cdot h) \cdot h^{3/2}$$

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PARETA MEHEKO ISURGAILUAK



11.17 Irudia. Pareta meheko isurgailua. Hirukiarra.
 Geure irudia.

$$Q_{teorikoa} = \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \operatorname{tg}(\theta/2) \cdot h^{5/2}$$

$$Q_{erreala} = C \cdot \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \operatorname{tg}(\theta/2) \cdot h^{5/2}$$

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PARETA LODIKO ISURGAILUAK



11.18 Irudia. Pareta lodiko isurgailua. Geure irudia.

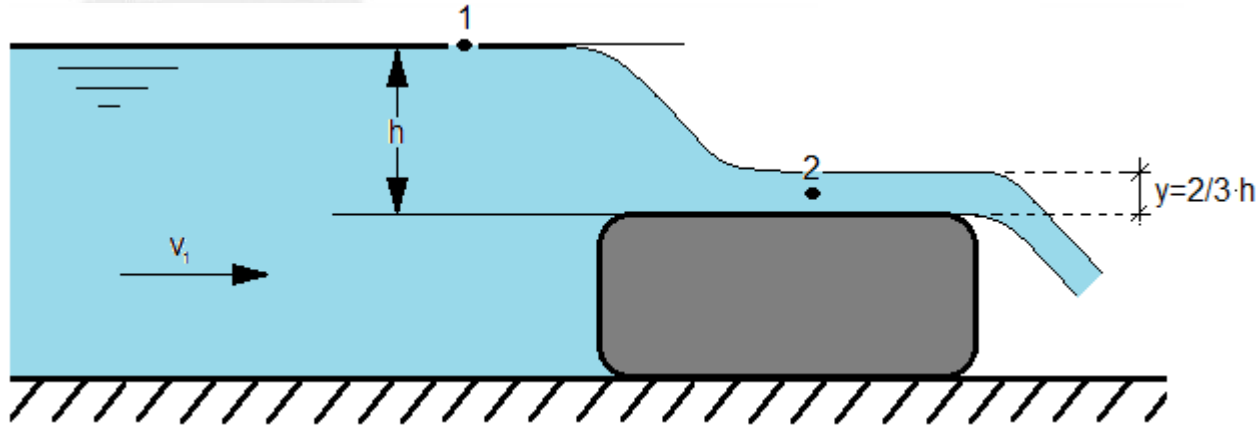
Pareta lodiko isurgailuak: Isurgailuak kanalaren zabalera osoa hartzen du.

Hasierako hipotesiak

- Isurgailu aurreko jariakinaren abiadura zero, ondorioz energi zinetikoa zero.
- Isurgailu gainean presio aldakuntza hidrostatikoa.
- Karga galera mespretxagarriak.

11. Gaia: Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioak. Neurgailuak.

PARETA LODIKO ISURGAILUAK



11.19 Irudia. Paretan lodiko isurgailua (2 puntuan presio bariazioa, hidrostatikoa). Geure irudia.

$$\frac{v_1^2}{2 \cdot g} + h + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + y_2 + \frac{P_2}{\gamma}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + h &= \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + z_2 + (y - z_2) \\ \frac{v_1^2}{2 \cdot g} &\approx 0 \end{aligned} \right\} v_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h - y)} \rightarrow Q_{erreala} = v_2 \cdot A = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h - y)} \cdot y \cdot L$$

$$Q_{erreala} = \frac{2 \cdot h}{3} \cdot L \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h / 3}$$