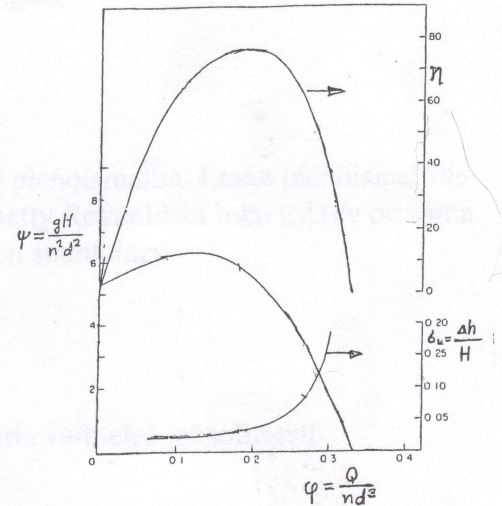


1. Alla olevassa kuvassa on esitetty pumpun, jonka ominaispyörimisnopeus $\sigma = 0,125$, toiminta paine- ja antokertoimen avulla (ψ, φ). Eräässä sovellutuksessa pitää pumpata 20°C vettä säiliöstä toiseen. Säiliöissä veden pintojen korkeusero on 30 m. Pumpattava tilavuusvirta on $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, jolloin putkiston kitkasta syntyvä häviö on 50 m.

Mikä on

- pumpun pyörimisnopeus?
- juoksupyörän halkaisija?
- pumpun ottama teho?
- suurin imukorkeus, jolla pumppu ei kavitoi?
- Kerro miten saadaan selville uusi toimintapiste, jos pyörimisnopeus pienennetään.



Tehtävä 2.

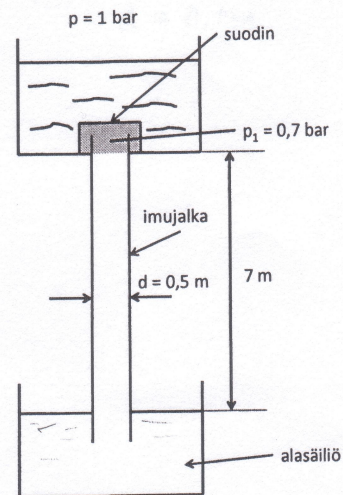
Maakaasua ($\gamma = 1,3, M = 15 \text{ kg/kmol}$) pumpataan putkessa, jonka halkaisija on 1,0 m. Kaasun määrä on $2,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{vuorokaudessa}$ mitattuna paineessa 1 bar ja lämpötilassa 20°C . Kaasun paine ennen seuraavaa kompressoriasemaa saa laskea arvoon 2 bar. Kompressoriasemien välinen etäisyys on 150 km. Mikä pitää olla paine kompressoriaseman jälkeen, jos (ota $f = 0,003$)

- Virtaus on isoterminen? *Kompressoriaseman jälkeen $T = 20^\circ\text{C}$.*
- Virtaus on lämpöeristetty? *— 11 —*

Tehtävä 3

Vieressä on periaatekuva kiekkosuodinprosessista, jossa kuidut erotetaan vedestä. Prosessissa vesi-kuitu suspensio pumpataan avoimeen yläsäiliöön, joka on noin 10 m alasäiliötä ylempänä. Suotimen tarvitsema paine-ero syntyy ns. imujalassa, joka on suora putki.

- Miten paljon vettä virtaa imujalan läpi, jos putken halkaisija on 0,5 m? Veden lämpötila on 50°C .
- Eräät konsultit ovat ehdottaneet, että prosessin energiatehokkuutta voidaan parantaa, jos ilmujalkaan asennetaan vesiturbiini, jolla tehdään sähköä. Onko konsulttien ehdotus järkevä? Pelkkä ei tai kyllä ei riitä, perustele johtopäätöksesi.
- Millä tavalla prosessin energiatehokkuutta voitaisiin parantaa?



Tehtävä 4

- a) Selitä lyhyesti miten ja miksi siipien lukumäärä vaikuttaa slip factoriin?
- b) Tampereella toimiva puhallintehtas aikoo valmistaa puhaltimen, jolle $D_2=2,5$ m, $D_{1s}=0,61$ m, $D_{1h}=0,2$ m, $b_2=0,14$ m, $\beta_{1s}=20^\circ$, $\beta_2=28^\circ$, $dp=25$ kPa, $Q=10$ m³/s, $n=3000$ rpm, $z=7$, $t=10$ mm, $\eta_{tot}=0,9$. Määritä puhaltimen k (slip factor) nostokorkeuden määritelmän avulla sekä Koivikon kaavalla. Voit olettaa, että ahtaumakertoimet $\xi_1=\xi_2=1$ ja $D_{0h}=0$.

$$k = 0.347 + 0.0137 \frac{z}{\varphi^2 \left(\frac{c_{2u}^*}{u_2} \right) \left(\frac{c_{0m}}{u_{1m}} \right)^{\frac{1}{10}}}$$

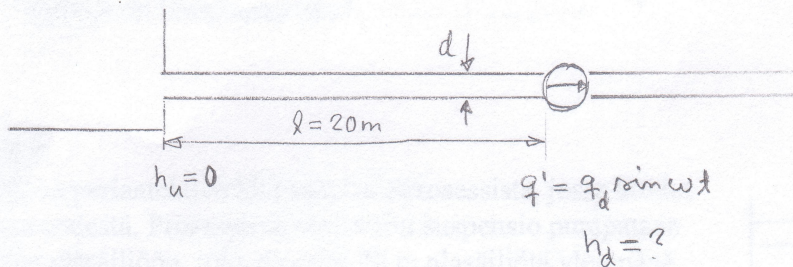
- c) b)-kohdan puhaltimen toimintakäyrä mitataan käyttäen 1:5 pienoismallia. Laske pienoismallille optimaalinen n ja Q siten että ulkohalkaisijan avulla määritetty Reynoldsin luku $u_2 D_2 / \nu$ on sama kuin todellisessa puhaltimessa ja etureunan virtaus on siiven suuntainen.

Tehtävä 5

Alla olevassa kuvassa syrjäytyspumpun läpi menevä tilavuusvirta vaihtelee jaksollisesti

$$q' = q_d \sin \omega t$$

- a) Johda kaava, mistä saadaan paineen vaihtelu h_d ennen pumppua, jos virtaus on kitkaton.
- b) Mitkä ω :n arvot ovat erityisen haitallisia, jos kitka jätetään huomioon ottamatta? Laske numeroarvot.
- c) Jos tehtävä ratkaistaan karakteristikkamenetelmällä, niin mitkä ovat reunaehdot kohdassa u ja d ?
- d) Johda yhtälö, josta saadaan paine h_d , jos kitka otetaan huomioon. Miten saatu yhtälö voidaan ratkaista?



$$a = 1000 \text{ m/s}$$

$$d = 0,1 \text{ m}$$

