

$$y_a = 0,017 \quad x_a = 0$$

$$y_b = 0,07 \quad x_b = 0,017$$

1. Kaasuseos sisältää  $\text{NH}_3$  ja ilmaa.  $\text{NH}_3$  absorboidaan veteen pohjakolonissa. Kolonissa on 10 seulapohjaa. Kaasuseoksessa olevasta  $\text{NH}_3$ :sta poistetaan 85 %. Kolonniin tuleva kaasuvirta on 1000 kg/h. Laitteeseen tuleva puhdas vesivirta on 4000 kg/h. Tasapainoviiva on seuraava:

x	0,0005	0,00095	0,00152	0,00294	0,00423	0,00762	0,00865	0,01161	0,01875
y	0,00225	0,00371	0,00615	0,01255	0,01781	0,03128	0,03630	0,04805	0,07752

- Määritä ideaaliaskelten lukumäärä.
- Mikä on reaaliaskelen kokonaishyötysuhde?
- Kolonin pohjien lukumäärää lisätään kymmenellä. Kuinka paljon  $\text{NH}_3$  pystytään nyt poistamaan, kun pohjien kokonaishyötysuhde on sama kuin b)-kohdassa ja virtausmäärät ovat samat kuin a)-kohdassa.

2. Typpihappoa ( $\bar{\eta} = 13,5 \text{ mPas}$ ,  $\bar{\rho} = 1310,6 \text{ kg/m}^3$ ) pumpataan varastosäiliöstä ( $p_a = 1 \text{ bar}$ ) prosessin syöttösäiliöön ( $p_b = 1,1 \text{ bar}$ ). Syöttösäiliö on muodoltaan sylinteri, jonka halkaisija on 2 m ja korkeus 4 m. Putkisto on 40 m pitkä ja siinä on kolme lautasventtiiliä, neljä  $90^\circ$  mutkaa ( $R=D$ ) sekä sihti ( $\zeta=2,0$ ) imuputken päässä. Putken ulkohalkaisija on 100 mm, seinämän paksuus 3 mm ja materiaalina on käytetty galvanoitua rautaa. Putken ulostulo syöttösäiliössä on syöttösäiliön nestepinnan yläpuolella ja 10 m varastosäiliön (vakiona pidettyä) nestepintaa korkeammalla.

Pumppaus tapahtuu LIITTEEN 1 mukaisella keskipakopumpulla, johon on käytettävissä kaksi erikokoista juoksupyörää (220 mm ja 266 mm). Happoliuoksen pumppaus aloitetaan aina, kun syöttösäiliön pinnankorkeus on 0,5 m ja lopetetaan, kun pinnankorkeus on 3,5 m.

- Kumpaa juoksupyörää pumpussa on käytettävä, kun syöttösäiliöstä otetaan liuosta  $1 \text{ m}^3/\text{min}$ .
- Määritä tilavuusvirta ( $\text{m}^3/\text{h}$ ), pumppauskertaan kuluva aika (min), pumpun ottama teho (kW) sekä pumppauskertaan kuluva energia (kWh), kun käytetään a) -kohdassa valittua juoksupyörää

3. Absorptioliuosta lämmitetään höyryllä 2-4 -lämmönsiirtimessä  $55^\circ\text{C}$ :sta  $95^\circ\text{C}$ :een. Käytettävä höyry on kylläistä ja sen paine on 6 bar. Liuosta tulee  $120 \text{ kmol/h}$  ja sen moolimassa on  $280 \text{ g/mol}$ . Siirtimessä on 100 kpl putkia, putken ulkohalkaisija on 25 mm ja seinämän paksuus 2 mm. Putkimateriaalin lämmönjohtavuus on  $45 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ . Vaippapuolen keskimääräinen lämmönsiirtokerroin on  $5500 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Absorptioliuos virtaa putkipuolella ja sille voidaan käyttää veden aineominaisuuksia.

tarvittava höyrymäärä, kun talteen saadaan vain lauhtumislämpö.

- lämmönsiirtimen seinämän keskimääräinen lämpötila  $T_w$
- lämmönsiirtimen pinta-ala  $A$

4. Tehdashallissa kulkee pystysuora höyryputki, jonka halkaisija on 200 mm ja pituus 5 m. Putki on eristetty 25 mm paksuisella vuorivillaeristeellä, jonka päällä on ohut suojaletti. Putkessa kulkevan höyryn lämpötila on  $120^\circ\text{C}$ . Putken sisäpuolen lämmönsiirtokerroin on  $500 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tehdashallin lämpötila on  $20^\circ\text{C}$ . Suojalettin pintalämpötila on  $60^\circ\text{C}$ . Suojalettin emissiviteetti on 0,4 ja ympäristö voidaan olettaa mustaksi.

Lämpöhäviöitä halutaan vähentää puoleen alkuperäisistä häviöistä lisäämällä höyryputken ympärille vuorivillaeristettä. Mikä on tarvittava vuorivillaeristekerroksen paksuus ja mikä on tällöin suojalettin pintalämpötila? Oletetaan, että lämmönsiirtokerroin pysyvät samoina kuin alkuperäisessä tapauksessa. Putken seinämän ja suojalettin lämmönsiirtovastus voidaan katsoa mitättömäksi verrattuna vuorivillan lämmönsiirtovastukseen.

