

# TTY

## Luonnontieteiden ja ympäristötekniikan tdk

### Energia- ja prosessitekniikka

# ENER 8200. Höyrytekniikka (5 op)

Tentti 20.11.2008

Kirjallisuuden käyttö kielletty

OSA I (aikaa 1 h)

1.

a) Selosta Benson-kattilan ajotapaa osakuormalla. (5)

b) Mitkä asiat rajoittavat ylikriittisen höyryvoimalaitoksen prosessiarvojen ja kytkentämahdollisuuksien valintaa. (9)

c) Mitä asioita voidaan tarkastella kartiosäännöllä? (6)

2.

a) Miksi höyryvoimalaitoksen lauhdutinpaineen alentaminen alkaa jossain vaiheessa rajoittaa voimalaitoksen kokoa? (5)

b) Mitä asioita tulipesärasitustunnusluvut lähinnä ottavat huomioon kattilan mitoituksessa? (5)

c) Kattilan nuohousmenetelmät? (5)

d) CHP-laitosten kaasuturbiinien pakokaasukattilat ovat yleensä lieriökattiloita vaikka niillä ajetaan liukuvan paineen ajotavalla. Mitä ristiriitaa asiassa on? (5)

**TTY**

**Luonnontieteiden ja ympäristötekniikan tdk**

**Energia- ja prosessitekniikka**

**ENER 8200. Höyrytekniikka (5 op)**

Tentti 20.11.2008

Kirjallisuuden käyttö sallittu

OSA II (aikaa 2 h)

3. Kaukolämpöä tuottavan lämmitysvoimalaitoksen tuorehöyryn tila on 90 bar, 770 K. Kaukolämmönvaihtimia on kaksi, jotka ovat kytkeytyt turbiinin ( $\eta_s=0,87$ ) perään (asteisuus  $+3^\circ\text{C}$ ) ja turbiinin väliottoon (asteisuus  $+3^\circ\text{C}$ ). Turbiinin jälkeinen paine on 0,6 bar. Kaukolämpövesivirtaus 120 kg/s tulee laitokselle lämpötilassa  $60^\circ\text{C}$  ja poistuu lämpötilassa  $100^\circ\text{C}$ . Väliottoon kytketyn lämmönvaihtimen lauhde palautetaan vastapaine-lämmönvaihtimeen. Lämmönvaihtimien jälkijäähdytykset ovat  $4^\circ\text{C}$ . Laske kaukolämmönvaihtimiin tulevat höyryvirrat. (20)

4. Savukaasu tulee kattilan tulistimiin kohtisuorasti lämpötilassa  $1220^\circ\text{C}$  nopeudella 18 m/s. Laske teräksisten tulistinputkien ulkopuolinen kokonaislämmönsiirtokerroin sekä lämmönläpäisykerroin savukaasusta höyryyn, kun savukaasun koostumus on seuraava: 19 vol-%  $\text{CO}_2$ , 13 vol-%  $\text{H}_2\text{O}$  ja typpeä ja happea loput. Putken pintalämpötila on  $560^\circ\text{C}$  ja halkaisija 55 mm. Putket ovat porrastetusti ( $t_q=220$  mm ja  $t_l=150$  mm). Ulkopuolella on 0,3 mm:n likakerros lentotuhkaa ja sisäpuolella 0,1 mm kattilakiveä. Putken seinämän vahvuus on 3,6 mm ja höyryn nopeus tulistimessa 22 m/s. Vesihöyrylle on viskositeetti  $\nu=6\cdot 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s, lämmönjohtavuus  $\lambda=0,14$  W/(mK),  $Pr=1,12$  ja savukaasulle  $\nu=2,5\cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s ja  $\lambda=0,11$  W/(mK). (20)

5. Huippuvoimalakäyttöön on ajateltu suunniteltavan suuri maan-alainen kallioluola, johon varastoitaisiin 30 barista kylläistä vettä 100000 tonnia. Vedestä tuotettaisiin tulistettua höyryä 4 bar, 440 K, joka paisutettaisiin turbiinissa ( $\eta_s=0,88$ ) paineeseen 0,1 bar. Laske jos laitoksen on tuotettava sähköä täydellä lämpöva-rastolla maksimiteholla 1 h, niin mikä tuo maksimiteho on. Selvitä ensin miten tuo turbiinin höyry valmistetaan. Turbiinin mekaaninen teho muuttuu sähköksi hyötysuhteella 99. Muut häviöt voit unohtaa.(20)