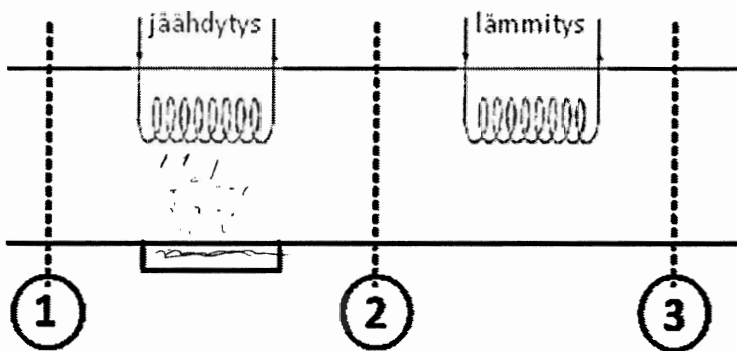


**Sallittu kirjallisuus: Kaavakokoelma  
Palauta kaavakokoelma tentin jälkeen.  
Älä tee merkintöjä kaavakokoelmaan!  
Graafisen laskimen käyttö sallittu.**

Tehtävä 1.

Kosteaa ilmaa lämpötila on  $T_1 = 30\text{ °C}$ , paine  $p_1 = 1\text{ bar}$  ja suhteellinen kosteus  $\phi_1 = 100\%$ , tulee kanavaan, jossa 1-2 välillä ilma jäähdytetään lämpötilaan  $T_2 = 15\text{ °C}$ .

- Mikä on kondensoituneen veden massavirta/ilman massavirta?
- Tilan 2 ilmaa lämmitetään toisessa vaiheessa lämpötilaan  $T_3 = 25\text{ °C}$ , mikä on tämän jälkeen kostean ilman suhteellinen kosteus  $\phi_3$ ?
- Kuinka paljon lämpöä kostean ilman lämpötilan nostoon vaaditaan/ilman massavirta ( $\phi/\dot{m}_i$ )?



Tehtävä 2.

Jäähdytetty varasto, lämpötila on  $-20\text{ °C}$ , on huoneessa, jonka lämpötila on  $20\text{ °C}$

- Mikä olisi ideaali Carnot-prosessin hyötysuhde eli kylmäkerroin, jos se määritellään  $\eta = \text{mitä halutaan/mistä maksetaan}$ ?
- Kuinka paljon sähkötehoa tarvitaan b-kohdan jäähdytyskoneeseen, jos lämpöä pitää siirtää  $2,5\text{ kW}$ ?
- Mikä on tehon tarve todellisuudessa, kun  $\eta = 1$ ?
- Kuinka paljon lämpöä pitää kehittää ydinvoimalaitoksessa, jotta saadaan  $2,5\text{ kW}$  sähköä? (Käytä sopivaa hyötysuhdetta.)

Tehtävä 3.

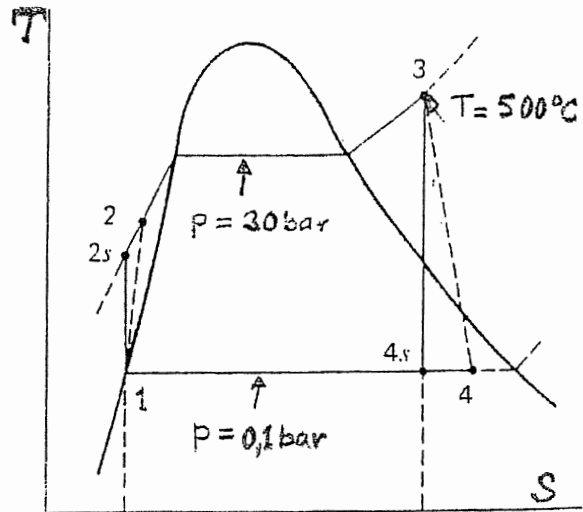
Ilmaa puristetaan isentrooppisesti suljetussa prosessissa alkutilasta  $p_1$  ja  $T_1$  siten, että puristuksen lopussa paine on  $p_2$ .

- Johda kaava puristuksen loppulämpötilalle  $T_2$  lähtemällä yhtälöstä  $p v^\gamma = \text{vakio}$ .
- Mikä on lämpötila  $T_2$  (numeroarvo), jos puristetaan ilmaa alkutilasta  $p_1 = 1\text{ bar}$ ,  $T_1 = 20\text{ °C}$  paineeseen  $p_2 = 3\text{ bar}$ ? Ilman ominaisuuksia on tenttipaperin lopussa.
- Johda ensimmäisestä pääsäännöstä lähtemällä kaava tehdyille työlle (työ/massa).
- Mikä on entropian muutos kohdan a-puristuksessa?
- Mikä on puristustyö, jos kyseessä on isentrooppinen avoin prosessi paineesta  $p_1$  paineeseen  $p_2$ ?

Tehtävä 4.

Kuva esittää yksinkertaista voimalaitosprosessia. Turbiinin isentrooppinen hyötysuhde on 0,82 ja pumpun 0,8.

- Mikä on turbiinin antama teho/massavirta  $P_t/\dot{m}$ ?
- Mikä on pumpun tehontarve/massavirta  $P_p/\dot{m}$ ?
- Mikä on prosessin hyötysuhde, ts. mikä osa viedystä lämmöstä saadaan sähköksi?
- Mikä on prosessin hyötysuhde, jos vastapaine (turbiinin jälkeinen paine) on 0,01 bar, kuten se voi olla kylmässä pohjolassa?



Tehtävä 5.

Kemikaalien saastuttaman maan puhdistukseen käytetään uutto-laitteistoa, jossa kemikaalit liukenevat hiilidioksidiin. Jotta liukeneminen olisi mahdollista, täytyy CO<sub>2</sub> puristaa 250 barin paineeseen.

- Laske kuinka paljon lämpötila nousee puristuksessa, jos sen alkupaine on 50 bar ja lämpötila 20 °C. Puristus oletetaan häviöttömäksi. Määritä ensin  $(\partial T/\partial p)_s$ .
  - Mikä on lämpötilan nousu, jos pumpun hyötysuhde on 0,6?
- $c_p = 2,3 \text{ kJ/kgK}$ ,  $\beta = 6 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$ ,  $\rho = 880 \text{ kg/m}^3$ .

Aineominaisuuksia:

Vesi

$c_p = 4200 \text{ J/kgK}$

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$M = 18 \text{ kg/kmol}$

$\kappa_T = 40 \cdot 10^{-6} / \text{bar}$

$\beta = 2 \cdot 10^{-4} / \text{K}$

Ilma

$c_p = 1000 \text{ J/kgK}$

$M = 28,965 \text{ kg/kmol}$

$\gamma = 1,4$