

STOOMTHECHNIEK EPT:
NLQF/EQF OTEP niveau 5
(nr. 209)

Datum	:	
Tijdsduur	:	2 uur
Aantal vragen	:	13
Bijlagen	:	h-s diagram en T-s diagram Formuleblad.
Toegestane hulpmiddelen	:	rekenmachine, stoomtabel en h-s en T-s diagram
Totaal te behalen punten	:	280

Vraag 1:

Van een proces is gegeven dat de warmte wordt toegevoerd met een gemiddelde temperatuur van 475 °C en dat de warmte wordt afgevoerd met een gemiddelde temperatuur van 65 °C.

Gevraagd:

- (10) Bereken het rendement van deze installatie.

Vraag 2:

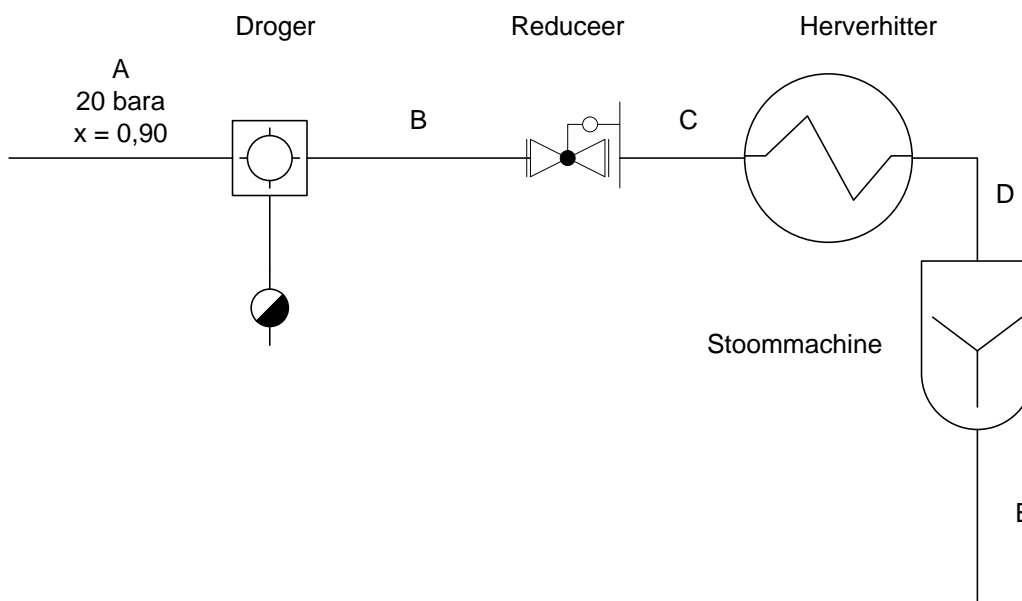
- (10) Wat wordt verstaan onder verzadigde stoom?

Vraag 3:

Stoom met een druk van 20 bara en een dampgehalte van 90% (conditie A) wordt in een droger gedroogd, ontwatert, tot deze juist verzadigd is, de druk blijft 20 bar (conditie B). Daarna wordt de stoom met conditie B gereduceerd tot 3 bara (=conditie C). De stoom van conditie C wordt in een herverhitter verhit tot 360 °C, de druk blijft tijdens het herverhitten constant. Na de herverhitter heeft de stoom conditie D. De stoom met conditie D expandeert in een stoommachine adiabatisch tot een druk van 0,03 bara. Het inwendig rendement van de stoommachine bedraagt 85%. De werkelijke eindconditie van de stoom is dan conditie E.

Gevraagd:

- (20) a. Teken het proces in het h-s diagram. Neem de punten vanuit onderstaande tekening over in het h-s diagram.
 (5) b. Bepaal met behulp van het h-s diagram de enthalpie en het dampgehalte in punt E.
 (5) c. Bepaal vanuit het h-s diagram hoeveel arbeid één kilogram stoom levert in de stoommachine.

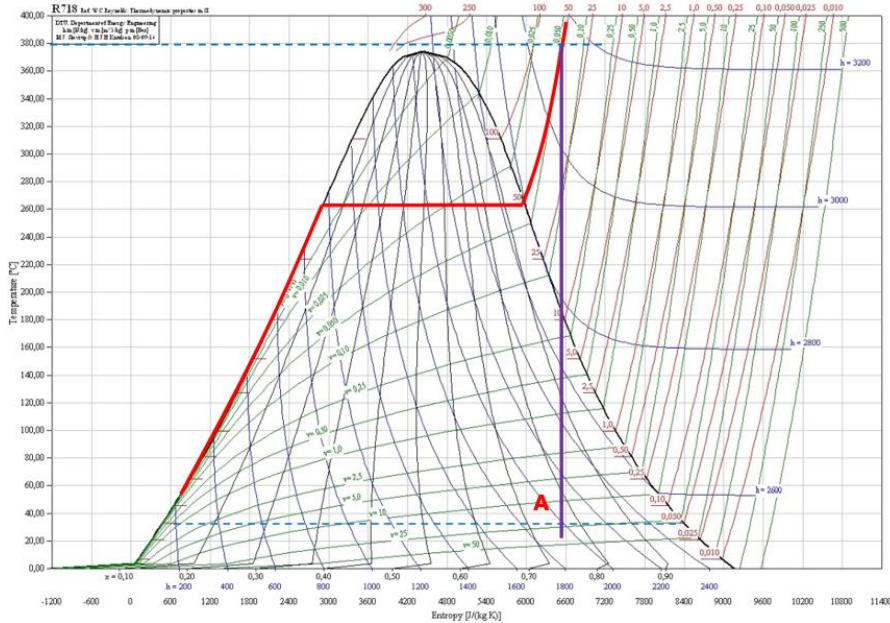


Vraag 4:

Er is gegeven dat de oververhitte stoom met een druk van 50 bar absoluut en een temperatuur van 380 °C, isentroop expandeert (dat wil zeggen dat de entropie constant blijft) tot de condensordruk van 0,05 bar absoluut, punt A.

Gevraagd:

- (10) Bereken van dit punt A de enthalpie op twee verschillende manieren.



Vraag 5:

We gaan een vat met een bepaalde inhoud verwarmen met behulp van oververhitte stoom. De hoeveelheid warmte die we nodig hebben bedraagt 30.000 kW. We hebben oververhitte stoom met een druk van 80 bara (8 MPa) en een temperatuur van 460 °C. Neem aan dat de oververhitte stoom in het vat volledig wordt omgezet in kokend water.

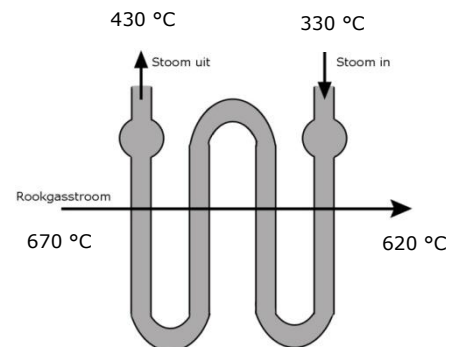
Gevraagd:

- (10) Bereken hoeveel stoom hiervoor benodigd is in kg/s.

Vraag 6:

Gegeven is een oververhitter die in kruis tegenstroom geschakeld is. Van de oververhitter zijn de volgende gegevens bekend:

t_1	= Rookgastemperatuur intrede ovo	670 °C
t_2	= Rookgastemperatuur uittrede ovo	620 °C
t_3	= Stoomtemperatuur intrede ovo	330 °C
t_4	= Stoomtemperatuur uittrede ovo	430 °C
δ	= Wanddikte pijp	8 mm.
λ	= Warmtegeleiding coëfficiënt staal	40W/(m·K)
α_{in}	= Warmteoverdracht staal – stoom	350 W/(m ² ·K)
α_{uit}	= Warmteoverdracht rookgas – staal	40 W/(m ² ·K)
A	= Oppervlak ovo	1150 m ²
p	= Stoomdruk	44 bara



Gevraagd:

- (10) a. Bereken de k waarde van de ovo.
 (20) b. Bereken de warmte die de stoom in de ovo opneemt.

Vraag 7.

Van een ontgasser is het volgende gegeven:

De druk in de ontgasser bedraagt 4 bara (0,4 MPa). De druk en de temperatuur van de stoom om de ontgasser te verwarmen bedragen 5 bara (0,5 MPa) en 240 °C.

Er wordt 300 ton condensaat per uur aan de ontgasser toegevoerd.

De temperatuur van het condensaat bedraagt 135°C.

Aan suppletiewater wordt 4 kg/s toegevoerd.

De temperatuur van het suppletiewater bedraagt 25°C.

Op de ontgasser zijn twee ontluchtingspijpen geplaatst, die beiden open staan. De diameter van de in de ontluchting geplaatste orifice bedraagt 6 mm. De contractiefactor van de orifice bedraagt 0,85. Voor de soortelijke warmte van het water geldt:

$c_w = 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$. De exponent n bedraagt 1,28. De buitenluchttemperatuur bedraagt 20 °C.

De buitenluchtdruk bedraagt 1 bara.

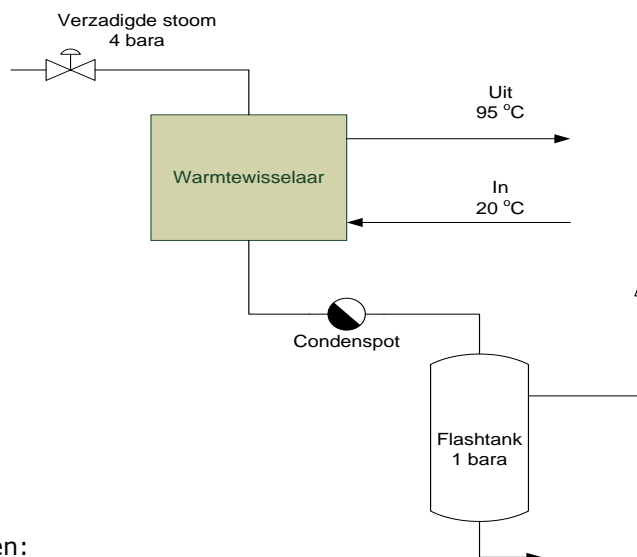
Bereken:

- (20) a. De hoeveelheid stoom die aan de ontgasser moet worden toegevoerd.
 (10) b. De hoeveelheid warmte die met de ontsappingsstoom verloren gaat.
 (10) c. De theoretische druk die in de ontgasser vlak bij de veergeregelde sproeiklep heerst.

Vraag 8.

- (20) Teken een kringloop van een ketel, ontgasser en een condensatieturbine met aftapstoom en een vacuümcondensator. Wat is het voordeel van een vacuümcondensator ten opzichte van een atmosferische condensator? Wat is ongeveer de elektriciteitsderving in procenten als gebruik wordt gemaakt van aftapstoom?

Vraag 9.



Gegeven:

De druk in de flashtank bedraagt 1 bara.

Druk verzadigde stoom 4 bara.

In de warmtewisselaar wordt water opgewarmd van 20°C naar 95°C.

De massastroom water $\dot{m}_w = 100 \text{ kg} / \text{s}$

De specifieke warmte van het water $c_w = 4,186 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K})$

De warmtedoorgangcoëfficiënt van de warmtewisselaar bedraagt $k = 3300 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Gevraagd:

- (10) a. Bereken het oppervlak van de warmtewisselaar. Houdt rekening met 14% vervuiling.
 (10) b. Bereken het massa percentage stoom dat in de flashtank theoretisch ontwijkt.
 (10) c. Als de maximale snelheid in de leiding na de condenspot 9 m/s mag zijn, bereken dan de minimale inwendige diameter van deze leiding.

Vraag 10.

Gegeven is een goede afdichtende condenspot. De druk van de verzadigde stoom voor de condenspot bedraagt 4 bara. Na de condenspot bedraagt de druk van het condensaat plus de druk van damp als gevolg van naverdampen 1 bara. Er wordt 30 kg condensaat per seconde afgevoerd.

Gevraagd:

- (10) Bereken het verlies als gevolg van deze naverdamping.

Vraag 11.

Van een ketelinstallatie is het volgende gegeven:

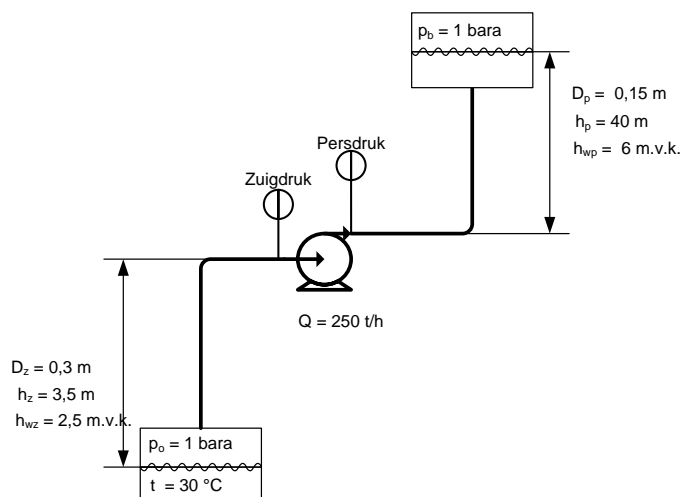
Druk oververhitte stoom	: $p_{os} = 60$ bara
Temperatuur oververhitte stoom	: $t_{os} = 460$ °C
Druk voedingwater	: $p_{vw} = 80$ bara
Temperatuur voedingwater	: $t_{vw} = 140$ °C
Condensordruk	: $p_c = 0,05$ bara

Gevraagd:

- (10) Bereken het rendement volgens Carnot.

Vraag 12.

Gegeven is de onderstaande installatie, zie bijgevoegde schets.



Druk in de zuigtank	: $p_o = 1$ bara
Weerstand zuigleiding	: $h_{wz} = 2,5$ m.v.k.
Temperatuur van het water	: $t_w = 30$ °C
Versnelling zwaartekracht	: $g = 9,81$ m/s ²
Diameter zuigleiding	: $D_z = 0,3$ m
Opbrengst pomp	: $\dot{m} = 250$ t/h
Zuighoogte	: $h_z = 3,5$ m
Druk in het persvat	: $p_b = 1$ bara
Weerstand persleiding	: $h_{wp} = 6$ m.v.k.
De pershoogte	: $h_p = 40$ m
Diameter persleiding	: $D_p = 0,15$ m

Gevraagd:

- (20) a. Bereken de zuigdruk van de pomp.
 (20) b. Bereken de persdruk van de pomp.
 (10) c. Bereken $p_{manometrisch}$.

Vraag 13.

- (10) Als we stoom voor verwarmingsdoeleinden willen gebruiken gaat de voorkeur dan uit naar stoom met hoge druk en temperatuur of juist naar stoom met een lage druk? Motiveer uw antwoord.

LET OP HIERNA KOMEN DE UITWERKINGEN

Datum :
 Tijdsduur : 2 uur
 Aantal vragen : 13
 Totaal te behalen punten : 280

Antwoord vraag 1:

(10) Toegevoerde warmte bij 475 °C dus $T_1 = 748,15$ K

Afgevoerde warmte bij 65 °C dus $T_2 = 338,15$ K

Het rendement wordt dan:

$$\eta = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \cdot 100\%$$

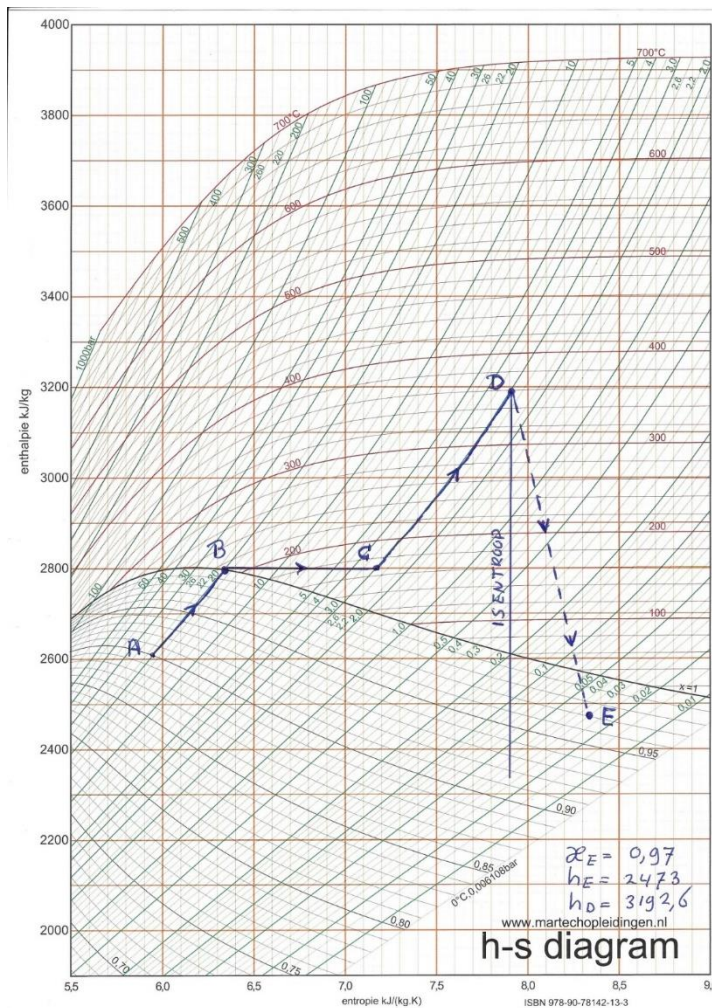
$$\eta = \left(1 - \frac{338,15}{748,15}\right) \cdot 100\% = 54,80\%$$

Antwoord vraag 2:

(10) Onder verzadigde stoom wordt verstaan: stoom met dezelfde temperatuur als het kookpunt van het water, bij de heersende druk, waarbij deze stoom totaal geen water of waterdruppeltjes bevat.

Antwoord vraag 3:

(20) Zie het onderstaande h-s diagram.



- (5) b. $x_E = 0,97$
 $h_E = 2437 \text{ kJ/kg}$
- (5) c. $W = h_D - h_E$
 $W = 3192,6 - 2473 = 719,6 \text{ kJ/kg}$

Antwoord vraag 4:

In tabel III van de stoomtabel vinden we bij 5 MPa en 380 °C:

$$h_{os} = 3146,83 \text{ kJ/kg}$$

$$s_{os} = 6,5731 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$$

In tabel II vinden we bij 0,05 bara, (0,005 MPa):

$$h_{vs} = 2560,77 \text{ kJ/kg}$$

$$h_w = 137,77 \text{ kJ/kg}$$

$$s_{vs} = 8,39391 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$$

$$s_w = 0,47625 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$$

Condensatietemperatuur: $t = 32,875 \text{ }^\circ\text{C}$
 Condensatietemperatuur: $T = 32,875 + 273,15 = 306,025 \text{ K}$

1^e manier: Voor punt A geldt:

$$s_{ns} = s_w + x \cdot (s_{vs} - s_w)$$

$$6,5731 = 0,47625 + x \cdot (8,39391 - 0,47625)$$

$$x = 0,77003$$

$$h_{ns} = h_w + x \cdot (h_{vs} - h_w)$$

$$h_{ns} = 137,77 + 0,77003 \cdot (2560,77 - 137,77)$$

$$h_{ns} = 2003,55 \text{ kJ / kg}$$

Of:

2^{de} manier: Voor punt A geldt:

$$h = T \cdot s$$

$$h = 306,025 \cdot 6,5731$$

$$h = 2011,53 \text{ kJ / kg}$$

Antwoord vraag 5

- (10) In de stoomtabel vinden we: $h_{os} = 3299,7 \text{ kJ/kg}$ en voor de enthalpie van het kokende water vinden we: $h_w = 1317,1 \text{ kJ/kg}$.

$$\dot{Q} = \dot{m}_s \cdot (h_{os} - h_w) [\text{kW}]$$

$$30.000 = \dot{m}_s \cdot (3299,7 - 1317,1)$$

$$\dot{m}_s = 15,13 \text{ kg / s}$$

Antwoord vraag 6:

- (10) a.

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{in}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{uit}} \right)}$$

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{350} + \frac{0,008}{40} + \frac{1}{40} \right)} = 35,64 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

(20) b.

$$\Delta T_{gem} = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{\ln \frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}}}$$

Bij tegenstroom: $\Delta T_{max} = 620 - 330 = 290 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $\Delta T_{min} = 670 - 430 = 240 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\Delta T_{gem} = \frac{290 - 240}{\ln \frac{290}{240}} = 264,21 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bij meestroom: $\Delta T_{max} = 670 - 330 = 340 \text{ } ^\circ\text{C}$
 $\Delta T_{min} = 620 - 430 = 190 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\Delta T_{gem} = \frac{340 - 190}{\ln \frac{340}{190}} = 257,76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Bij kruis tegenstroom wordt dit:

$$\Delta T_{gem} = \frac{264,21 + 257,76}{2} = 260,98 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta T_{gem}$$

$$\dot{Q} = 35,64 \cdot 1150 \cdot 260,98 = 10.696.525,28 \text{ Watt}$$

$$\dot{Q} = 10,696 \text{ MW}$$

Antwoord vraag 7:

In de stoomtabel vinden we:

$$p = 4 \text{ bara}$$

$$h_{vs} = 2737,6 \text{ kJ / kg}$$

$$v_{vs} = 0,4622 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$t = 143,62 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h_w = 604,67 \text{ kJ / kg}$$

$$p = 5 \text{ bara en } t = 240 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h_{os} = 2940,1 \text{ kJ / kg}$$

(20) a. De temperatuur waarmee het condensaat met het suppletiewater de ontgasser binnenkomt volgt uit:

$$\dot{m}_s \cdot c_w \cdot t_s + \dot{m}_c \cdot c_w \cdot t_c = (\dot{m}_s + \dot{m}_c) \cdot c_w \cdot t$$

$$\dot{m}_s \cdot t_s + \dot{m}_c \cdot t_c = (\dot{m}_s + \dot{m}_c) \cdot t$$

$$4 \cdot 25 + \frac{300.000}{3600} \cdot 135 = \left(4 + \frac{300.000}{3600} \right) \cdot t$$

$$t = 129,96 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Om het water op te warmen van 129,96 °C tot 143,62 °C is aan warmte benodigd:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta t \quad [kW]$$

$$\dot{m} = \dot{m}_s + \dot{m}_c = 4 + \frac{300.000}{3600} = 87,33 \text{ kg / s}$$

$$\dot{Q} = 87,33 \cdot 4,186 \cdot (143,62 - 129,96)$$

$$\dot{Q} = 4993,78 \text{ kW}$$

Deze warmte moet gelijk zijn aan de warmte die de stoom afgeeft:

$$\dot{Q} = \dot{m}_{stoom} \cdot (h_{os} - h_w) \quad [kW]$$

$$4993,78 = \dot{m}_{stoom} \cdot (2940,1 - 604,67) \quad [kW]$$

$$\dot{m}_{stoom} = 2,138 \text{ kg / s}$$

De hoeveelheid stoom die via de twee ontluchtingen ontwijkt vinden we uit:

$$\dot{m}_s \cdot v = A \cdot c \cdot \mu$$

$$A = \text{aantal pijpen} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad [m^2]$$

$$A = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,006^2$$

$$A = 5,6548 \cdot 10^{-5} m^2$$

$$\rho_{stoom} = \frac{1}{v_{vs}} = \frac{1}{0,4622} = 2,1635 \text{ kg / m}^3$$

$$c = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_{stoom}}} \quad m / s$$

$$c = \sqrt{\frac{2 \cdot (4 - 1) \cdot 10^5}{2,1635}} = 526,61 \text{ m / s}$$

$$\dot{m}_s \cdot v_{vs} = A \cdot c \cdot \mu$$

$$\dot{m}_s = \frac{A \cdot c \cdot \mu}{v_{vs}}$$

$$\dot{m}_s = \frac{5,6548 \cdot 10^{-5} \cdot 526,61 \cdot 0,85}{0,4622}$$

$$\dot{m}_s = 0,05476 \text{ kg / s}$$

Voor de totale hoeveelheid stoom die aan de ontgasser moet worden toegevoerd vinden we:

$$\dot{m}_{totaal} = \dot{m}_{stoom} + \dot{m}_s$$

$$\dot{m}_{totaal} = 2,138 + 0,05476$$

$$\dot{m}_{totaal} = 2,1927 \text{ kg / s} \quad (7,89 \text{ ton / uur})$$

- (10) b. De verzadigde stoom die uit de ontgasser komt condenseert eerst tot water (= kokend water) en koelt dan af tot de omgevingstemperatuur.

Voor de hoeveelheid warmte vinden we dan:

$$\dot{Q} = \dot{m}_s \cdot (h_{vs} - h_w) + \dot{m}_s \cdot c_w \cdot \Delta t \quad [kW]$$

$$\dot{Q} = 0,05476 \cdot (2737,6 - 604,67) + 0,05476 \cdot 4,186 \cdot (143,62 - 20)$$

$$\dot{Q} = 145 \text{ kW}$$

- (OF) $\dot{Q} = \dot{m} \cdot (h_{vs} - h_{w1b/20^\circ C}) \Rightarrow \dot{Q} = 0,05476 \cdot (2737,6 - 84,01) = 145,3 \text{ kW}$

(10) c.

$$p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{n}{1-n}}$$

$$p_1 = 4 \text{ bara}$$

$$T_1 = 143,62 + 273 = 416,62 \text{ K (verzadigingstemperatuur)}$$

$$T_2 = 129,96 + 273 = 402,96 \text{ K (water dat binnen komt)}$$

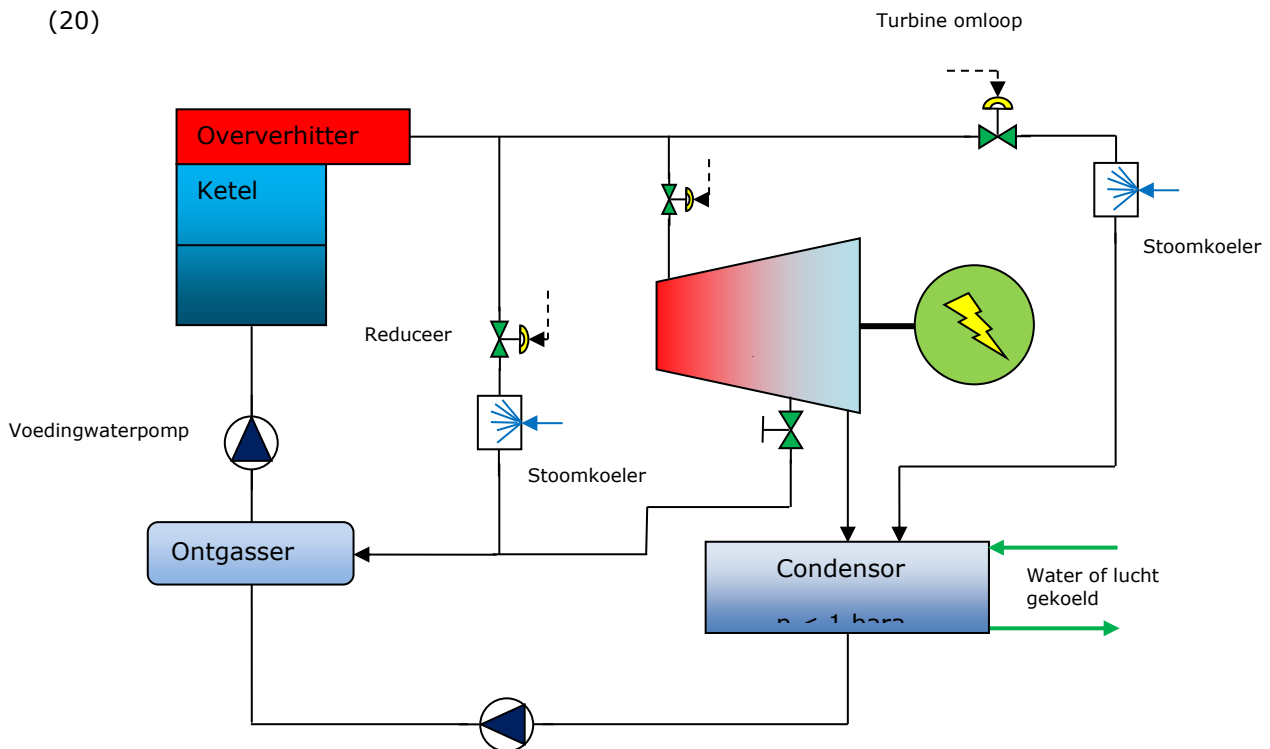
$$n = 1,28$$

$$p_2 = 4 \cdot \left(\frac{416,62}{402,96} \right)^{\frac{1,28}{1-1,28}}$$

$$p_2 = 3,434 \text{ bara}$$

Antwoord vraag 8:

(20)



Het grote voordeel van de vacuümcondensor ten opzichte van de atmosferische condensor is dat de expansie in de turbine verder doorgevoerd kan worden. Er wordt dan meer arbeid geleverd, dus meer elektriciteitsproductie.

Bij gebruik van aftapstoom wordt er circa 10-20% van de warmte die met de aftapstoom afgevoerd wordt minder elektriciteit geleverd.

Antwoord vraag 9:

(10) a.

$$p = 4 \text{ bara}$$

$$t = 143,61 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_{vs} = 2738,06 \text{ kJ / kg}$$

$$h_w = 604,72 \text{ kJ / kg}$$

$$p = 1 \text{ bara}$$

$$t = 99,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_{vs} = 2414,9 \text{ kJ / kg}$$

$$h_w = 417,44 \text{ kJ / kg}$$

$$\Delta T_1 = 143,61 - 20 = 123,61 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 143,61 - 95 = 48,61 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{gem} = \frac{123,61 - 48,61}{\ln\left(\frac{123,61}{48,61}\right)} = 80,35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_w \cdot \Delta t$$

$$\dot{Q} = 100 \cdot 4,186 \cdot (95 - 20)$$

$$\dot{Q} = 31.395 \text{ kW}$$

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta T_{gem}$$

$$31.395 \cdot 1000 = 3300 \cdot A \cdot 80,35$$

$$A = 118,4 \text{ m}^2 \text{ zonder vervuiling}$$

$$A = \frac{118,4}{0,86} = 137,67 \text{ m}^2 \text{ met vervuiling}$$

(10) b.

$$h_{w4} = h_{w1} + x(h_{vs1} - h_{w1})$$

$$604,72 = 417,44 + x \cdot (2674,95 - 417,44)$$

$$x = 0,08295$$

$$\text{In procenten: } 8,295 \text{ massa\%}$$

(10) c.

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta h$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot (h_{vs} - h_w)$$

$$31.395 = \dot{m} \cdot (2738,06 - 604,72)$$

$$\dot{m} = 14,716 \text{ kg / s}$$

Aan stoom is dit in totaal:

$$14,716 \cdot 0,08295 = 1,22 \text{ kg / s na de condenspot}$$

De volumestroom stoom wordt dan:

$$\dot{V} = \dot{m} \cdot g_{Vs}$$

$$\dot{V} = 1,22 \cdot 1,69402 = 2,066 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\dot{V} = A \cdot c$$

$$\dot{V} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot c$$

$$D = \sqrt{\frac{\dot{V} \cdot 4}{\pi \cdot c}}$$

$$D = \sqrt{\frac{2,066 \cdot 4}{\pi \cdot 9}} = 0,540 \text{ m}$$

Antwoord vraag 10:

(10) $p = 4 \text{ bara}$
 $h_{Vs1} = 2737,6 \text{ kJ / kg}$
 $h_{w1} = 604,67 \text{ kJ / kg}$

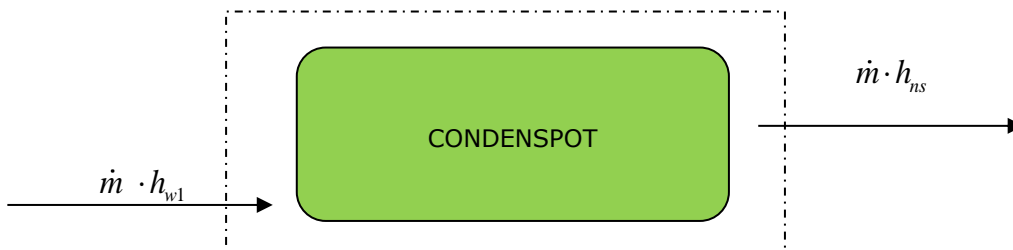
$p = 1 \text{ bara}$
 $h_{Vs2} = 2675,4 \text{ kJ / kg}$
 $h_{w2} = 417,51 \text{ kJ / kg}$

De stoom na de condenspot is dus natte stoom waarvoor geldt:

$$h_{ns} = h_{w2} + x \cdot (h_{Vs2} - h_{w2})$$

$$h_{ns} = 417,51 + x \cdot (2675,4 - 417,51)$$

Kies nu de systeemgrens rond de condensaatpot:



Er moet gelden dat de energie in de stoom voor de condenspot gelijk is aan die na de condenspot, want er wordt geen warmte met de omgeving gewisseld.

$$E_{voor} = E_{na}$$

$$\dot{m} \cdot h_{w1} = \dot{m} \cdot h_{ns}$$

$$30 \cdot 604,67 = 30 \cdot \{417,51 + x \cdot (2675,4 - 417,51)\}$$

$$x = 0,08289 \quad (= 8,289\% \text{ damp})$$

Er ontstaat totaal aan damp:

$$30 \cdot 0,08289 = 2,486 \text{ kg damp / s}$$

De verdampingswarmte bij 1 bara bedraagt:

$$h_{Vs2} - h_{w2} = 2675,4 - 417,51 = 2257,89 \text{ kJ / kg}$$

Aan warmte had er nog afgegeven kunnen worden:

$$2,486 \cdot 2257,89 = 5613,11 \text{ kW}$$

Antwoord vraag 11:

(10) Druk oververhitte stoom	: $p_{os} = 60 \text{ bara}$
Temperatuur oververhitte stoom	: $t_{os} = 460 \text{ °C}$
Enthalpie oververhitte stoom	: $h_{os} = 3327,4 \text{ kJ/kg}$
Entropie oververhitte stoom	: $s_{os} = 6,7559 \text{ kJ/(kg·K)}$
Druk voedingwater	: $p_{vw} = 80 \text{ bara}$
Temperatuur voedingwater	: $t_{vw} = 140 \text{ °C}$
Enthalpie voedingwater	: $h_{vw} = 594,1 \text{ kJ/kg}$
Entropie voedingwater	: $s_{vw} = 1,7311 \text{ kJ/(kg·K)}$

De gemiddelde temperatuur waarbij warmte wordt toegevoerd wordt nu:

$$T_{\text{Gemiddeld}} = \frac{\Delta Q}{\Delta S} = \frac{h_{os} - h_{vw}}{s_{os} - s_{vw}} \quad [K]$$

$$T_{\text{Gemiddeld}} = \frac{3327,4 - 594,1}{6,7559 - 1,7311}$$

$$T_{\text{Gemiddeld}} = 543,96 \quad \text{Kelvin}$$

Volgens Carnot wordt het thermisch rendement dan:

Bij een druk van 0,05 bara hoort een verzadigingstemperatuur van 32,898 °C, afgerond 33 °C.

$$\eta_{\text{Thermisch}} = \frac{T_{\text{Hoog}} - T_{\text{Laag}}}{T_{\text{Hoog}}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{\text{Thermisch}} = \frac{543,96 - (273 + 33)}{543,96} \cdot 100\%$$

$$\eta_{\text{Thermisch}} = 43,74 \quad \%$$

Antwoord vraag 12:

(20) a. Zuigzijde:

$$p_{\text{statisch}} = \rho \cdot g \cdot h_z$$

Bij 1 bara (0,1 MPa) en 30 °C bedraagt de dichtheid van het water:

$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{1}{0,001004} = 996 \text{ kg / m}^3$$

$$p_{\text{statisch}} = 996 \cdot 9,81 \cdot 3,5 = 34.197,66 \text{ N / m}^2$$

$$p_{\text{statisch}} = 0,3419766 \text{ bara}$$

$$p_{\text{dynamisch}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c^2$$

$$\dot{m} \cdot v = A \cdot c$$

$$\frac{250.000}{3600} \cdot 0,001004 = \frac{\pi}{4} \cdot 0,3^2 \cdot c$$

$$c = \frac{250.000 \cdot 0,001004 \cdot 4}{3600 \cdot \pi \cdot 0,3^2} = 0,986 \text{ m / s} \quad 1 \text{ m / s} \quad (\text{afgerond})$$

$$p_{\text{dynamisch}} = \frac{1}{2} \cdot 996 \cdot 1^2 = 498 \text{ N / m}^2$$

$$p_{\text{dynamisch}} = 0,00498 \text{ bara}$$

$$P_{\text{zuig manometer}} = P_o - P_{\text{dynamisch}} - P_{\text{statisch}} - P_{\text{wz}}$$

$$P_{\text{zuig manometer}} = 1 - 0,00498 - 0,3419766 - \frac{996 \cdot 9,81 \cdot 2,5}{10^5}$$

$$P_{\text{zuig manometer}} = 0,408 \text{ bara}$$

(20) b. Perszijde:

$$P_{\text{statisch}} = \rho \cdot g \cdot h_p$$

$$P_{\text{statisch}} = 996 \cdot 9,81 \cdot 40 = 390830,4 \text{ N / m}^2$$

$$P_{\text{statisch}} = 3,908304 \text{ bara}$$

$$P_{\text{dynamisch}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c^2$$

$$\dot{m} \cdot v = A \cdot c$$

$$\frac{250.000}{3600} \cdot 0,001004 = \frac{\pi}{4} \cdot 0,15^2 \cdot c$$

$$c = \frac{250.000 \cdot 0,001004 \cdot 4}{3600 \cdot \pi \cdot 0,15^2} = 3,94 \text{ m / s}$$

$$c = 3,94 \text{ m / s}$$

$$P_{\text{dynamisch}} = \frac{1}{2} \cdot 996 \cdot 3,94^2 = 7730,75 \text{ N / m}^2$$

$$P_{\text{dynamisch}} = 0,0773075 \text{ bara}$$

Weerstand persleiding:

$$P_{\text{wp}} = \rho \cdot g \cdot h$$

$$P_{\text{wp}} = 996 \cdot 9,81 \cdot 8 = 78166,08 \text{ N / m}^2$$

$$P_{\text{wp}} = 0,7816608 \text{ bara}$$

$$P_{\text{pers manometer}} = P_b + P_{\text{statisch}} + P_{\text{dynamisch}} + P_{\text{wp}}$$

$$P_{\text{pers manometer}} = 1 + 3,908304 + 0,0773075 + 0,7816608$$

$$P_{\text{pers manometer}} = 5,767 \text{ bara}$$

(10) c.

$$P_{\text{manometrisch}} = P_{\text{pers manometer}} - P_{\text{zuig manometer}}$$

$$P_{\text{manometrisch}} = 5,767 - 0,408 = 5,35 \text{ bara}$$

Antwoord vraag 13:

(10) Voor verwarmingsdoeleinden gebruiken we bij voorkeur stoom van lage druk. Dit doen we, omdat stoom van lage druk een grotere condensatiewarmte heeft dan stoom van hoge druk.