

Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet
Institutt for fysikk

Kontaktperson:

Navn: Turid Worren Reenaas

Tlf: 7359 0386

EKSAMEN i FY 2290 Energiressurser

Mandag 8. desember 2008

Varighet: 9-13

Antall sider: 6

Tillatte hjelpemidler: Godkjent kalkulator, HP30S eller Citizen SR-270X.

Fysiske parametere, konverteringstabell og likningsliste finnes på side XX.

Du må svare på alle spørsmålene i alle oppgavene. Vekten til hvert spørsmål er gitt i parentesen først i hver deloppgave.

OPPGAVE 1: LOGISTISK FORBRUKSMODEL

- a) (10%) I én matematisk modell for forbruk av en begrenset ressurs, kan variasjonen i forbruket P som funksjon av tiden t uttrykkes ved

$$P(t) = \frac{1}{\beta} \left(1 - \frac{Q(t)}{Q_{\infty}} \right) Q(t).$$

Hva representerer $Q(t)$ og Q_{∞} i dette uttrykket? Hvilken antagelse har man gjort for sammenhengen mellom $P(t)$ og $Q(t)$ og Q_{∞} ? Er dette realistiske antagelser?

Skisser $P(t)$ som funksjon av tid og marker $Q(t)$ for et tenkt tidspunkt t_0 . Marker også Q_{∞} i figuren.

- b) (5%) Hvordan kan man finne hvordan vekstraten i forbruket endrer seg med tid? Når er vekstraten størst og når er den null?

OPPGAVE 2: FOSSILE BRENSLER

- a) (10%) Hvordan er fossile brensler dannet?
- b) (10%) Hvordan utvinnes olje? Hva kan gjøres for å utvinne mest mulig av oljen? Hva er typisk utvinningsgrad?

- c) (10%) Hva er oljeskifer? Hvordan kan den behandles for å skaffe fossilt brensel? Hva er utfordringene relatert til dette?

OPPGAVE 3: VARMEKRAFTMASKINER

- a) (10%) Hva er en varmekraftmaskin? Hva kan den brukes til?
- b) (10%) Hvordan kan effektiviteten til en varmekraftmaskin bruk til elektrisitetsproduksjon uttrykkes? Tegn et termodynamisk diagram for varmekraftmaskinen. Hva begrenser effektiviteten til slike varmekraftmaskiner?
- c) (10%) Hva er øvre grense for effektiviteten for et gasskraftverk hvis vi antar at gassen brennes ved 1500C og at eksosen ut fra turbinen har en temperatur på 1000C? Hvordan kan energien i gassen utnyttes bedre?

OPPGAVE 4: ENERGIFORSYNING OG ISOLASJON PÅ HYTTA

- a) (5%) Du installerer en liten vindturbin med en effektivitet på 60 % av den teoretiske grensa, på hytta di i Tydalen. Turbinen har en diameter på 1 m, som er en typisk størrelse på en vindturbin for "privat bruk".

Hvor stor effekt gir vindturbinen hvis vindhastigheten er 9m/s?

From the text book (p. 134) we have that the power P_{wind} (measured in kW) in the wind with speed v , per area A equals

$$\frac{P_{wind}}{A} = 6.1 \cdot 10^{-4} v^3$$

Our mill has a diameter $d=0,5m$ and an area of $A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 0,79m^2$, and an

efficiency of 60% of the theoretical maximum. The theoretical maximum is 59%, thus our wind turbine has an efficiency of $\eta = 0,6 \times 0,59 = 35,4\%$.

The electric power output from the turbine is $P_{el} = A \cdot 6.1 \cdot 10^{-4} v^3 \cdot \eta$ [kW]

For a wind speed of $v=6m/s$ the electric power output is

$$P_{el} = 0,79 \cdot 6,1 \cdot 10^{-4} \cdot 6^3 \cdot 0,354 = 0,170kW = 170W.$$

127 124

- b) (5%) Du bruker vindturbinen i a) til å varme 40 liter vann, dvs nok til at fire personer kan dusje med sparedusj.

Hvor lang tid tar det å varme oppvannet fra 5°C til 70°C hvis det hele tiden blåser med en vindhastighet på 9m/s? Anta en generatoreffektivitet på 95%. (Om du ikke fikk til å regne ut svaret i a) så anta at vindturbinen i gir en effekt på 200W, og om du ikke får til å regne ut hvor mye energi som kreves for å varme opp vannet, så anta at det trengs 3kWh.)

To calculate the time needed for the wind mill to operate to produce enough energy to raise the temperature of 20 l water 65C, we first use the equation $\Delta E = \Delta Q = mc\Delta T$, to

calculate the amount of energy required to heat the water, where m is the mass of the water, c the specific heat of the water and ΔT the temperature increase.

40 liters has a mass of $m = \rho v = 1 \text{ kg/liter} \times 40 \text{ liter} = 40 \text{ kg}$. The specific heat capacity is $c = 4190 \text{ J/(K kg)}$, so that

$$\Delta E = mc\Delta T = 40 \text{ kg} \times 4190 \text{ J/(K kg)} \times (70-5) \text{ K} = 10,9 \text{ MJ} \\ = 10,9 \times 10^6 / 3600 / 1000 \text{ kWh} = 3,0 \text{ kWh}.$$

Thus the time needed to heat 40 liters of water 65°C, with generator efficiency of 95%, equals:

$$\Delta t = \Delta E / \Delta P = 3,0 \text{ kWh} / (0,170 \times 0,95) \text{ kW} = 18,8 \text{ h}$$

- c) (2,5%) De dagene det er vindstille og fint vær kan du varme opp vannet i en solfanger med et areal på 2 m^2 og 50 % effektivitet.

Hvor lang tid tar det å varme opp 40 liter vann fra 5°C til 70°C dersom solinnstrålingen er på 200 W/m^2 i snitt de timene sola er oppe en sommerdag?

Solfangereffekt:

$$\Delta P = \eta A G = 50\% \times 2 \text{ m}^2 \times 200 \text{ W/m}^2 = 200 \text{ W}$$

$$\Delta t = \Delta E / \Delta P = 3,0 \text{ kWh} / 200 \text{ W} = 15,1 \text{ h}.$$

Sammenlign med hvor lang tid det tok med vindturbinen og kommenter.

Det tar like ca lang tid med vindturbinen og med solfangeren. (Om arealet på solfangeren hadde vært større ville det tatt kortere tid med solfangeren. 2 m^2 er svært lite.) Det er bare om sommeren dagene er lange nok til å kunne varme opp vannet med 2 m^2 solfanger. For resten av året vil vindturbinen være en sikrere energikilde.

- d) (2,5%) Alternativt kan du varme vannet på en vedfyrte ovn. Anta 65% effektivitet, at veden har et energiinnhold (brennverdi) på 12 MJ/liter og at du fyrer med 1 liter ved i timen.

Hvor lang tid tar det nå å varme opp 40 liter vann fra 5°C til 70°C ?

$$\text{Effekt: } P = 65\% \times 12 \text{ MJ} \times 1 / 3600 \text{ s} = 2,17 \text{ kW}$$

$$\text{Tidsbruk: } \Delta t = \Delta E / \Delta P = 3,0 \text{ kWh} / 2,17 \text{ kW} = 1,4 \text{ h}$$

Sammenlign med hvor lang tid det tok med vindturbinen og solfangeren, og kommenter.

Å varme opp vann med vedfyring er veldig effektivt og viser at "energitettheten" i biomasse er større enn for vind og sol. For å få like rask oppvarming av vannet med solfangeren måtte arealet vært på $A = \Delta E / \Delta t / (\eta G) = 3,0 \text{ kWh} / 1,4 \text{ h} / (50\% \times 200 \text{ W/m}^2) = 21,7 \text{ m}^2$.

Er 12 MJ/liter et realistisk energiinnhold for ved? Er dette mer eller mindre enn energiinnholdet i fossilt brensel?

Ja, 12MJ/liter et realistisk energiinnhold for ved, og det er mindre enn i fossilt brensel (bensin: 34MJ/liter, diesel 38MJ/liter.)

- e) (5%) Hytta har grunnflate på $8 \times 4 \text{ m}^2$, flatt tak og vegghøyde på 2,5m. Isolasjonen består av 30 cm mineralull i gulv, tak og vegger. Vegger, tak og gulv har dessuten 5 cm treverk (furu) på begge sider av mineralullen og et stillestående luftlag på 3mm på innerveggen og 1mm på ytterveggen. Gulvet har luftlag bare på innsiden.

Finn U-verdi for tak, gulv og vegger. Er det ønskelig med lav eller høy U-verdi?

For å finne U-verdien regner vi først ut varmemotstanden R. Siden vegger og tak er konstruert likt, har vi

$$\begin{aligned} R &= R_{\text{roof}} = R_{\text{wall}} \\ &= R_{\text{air in}} + 2R_{\text{pine}} + R_{\text{30 cm mineral wool}} + R_{\text{air out}} \\ &= \left(\frac{0,003}{0,026} + 2 \frac{0,05}{0,14} + \frac{0,30}{0,035} + \frac{0,001}{0,026} \right) \frac{\text{Km}^2}{\text{W}} \\ &= 9,4 \frac{\text{Km}^2}{\text{W}} \end{aligned}$$

mens vi for gulvet har

$$\begin{aligned} R_{\text{floor}} &= R_{\text{air in}} + 2R_{\text{pine}} + R_{\text{30 cm mineral wool}} \\ &= \left(\frac{0,003}{0,026} + 2 \frac{0,05}{0,14} + \frac{0,30}{0,035} \right) \frac{\text{Km}^2}{\text{W}} \\ &= 9,4 \frac{\text{Km}^2}{\text{W}} \end{aligned}$$

Siden luftlaget ute er så tynt har det liten effekt på R verdien.

U-verdien finnes som den inverse av varmemotstanden:

$$U = \frac{1}{R} = 0,11 \text{ W/m}^2 \text{ K}.$$

Det er ønskelig med en så lav U-verdi som mulig for å ha så lite varmetap som mulig.

- f) (5%) Hytta har i tillegg 2 m^2 sydvendte vinduer med dobbelt isolerglass med U-verdi på $1,2 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Graddagstallet for fyringssesongen er 5500 (dager K).

Beregn varmetap (og dermed oppvarmingsbehovet) gjennom vegger, tak, gulv og vinduer i løpet av fyringssesongen.

Varmetapet i fyring sesongen er gitt ved

$$Q = A \cdot U \cdot G \cdot h_{\text{day}}$$

hvor h_{day} er antall timer i et døgn, dvs 24.

Totalt varmetap blir da

$$\begin{aligned}\underline{\underline{Q_{tot}}} &= \left[(A_{walls} + A_{roof} + A_{floor} - A_{window}) \cdot U + A_{window} \cdot U_{window} \right] \cdot G \cdot h_{day} \\ &= \left[122\text{m}^2 \cdot 0,11\text{W}/(\text{Km}^2) + 2\text{m}^2 \cdot 1,2\text{W}/(\text{Km}^2) \right] \cdot 5500(\text{day} \cdot \text{K}) \cdot 24(\text{h}/\text{day}) \\ &= \underline{\underline{2\,025\text{ kWh}}}\end{aligned}$$

VEDLEGG

1) Energikonverteringsfaktorer

		J	kWh
1 joule (J)	er lik	1	2.78×10^{-7}
1 kilowatt hour (kWh)	er lik	3.60×10^6	1
1 toe	er lik	41.868×10^9	

2) Likningsliste

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\text{COP} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L} = \frac{T_H}{T_H - T_L}$$

$$\frac{P}{A} = \varepsilon \sigma T^4$$

$$\lambda_m [\mu\text{m}] = \frac{2898}{T[\text{K}]}$$

$$E_{\text{pot}} = mgh = \rho Vgh$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{P}{A} = 6,1 \times 10^{-4} v^3 [\text{kW/m}^2]$$

$$A = \pi r^2 = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

$$\frac{Q}{t} = A \frac{T_i - T_o}{R}$$

$$R = \frac{1}{k}$$

$$Q = mc\Delta T$$

$$m = \rho V$$

$$Q = A \frac{1}{R} \Delta T \Delta t = AU\Delta T \Delta t$$

$$Q = A \cdot U \cdot G \cdot h_{\text{day}}$$

$$F_a = ma = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$F_h = mg\alpha$$

$$F_r = k_r \cdot m \cdot g \cdot \cos\theta$$

$$F_{\text{ad}} = \frac{1}{2} \cdot A_f \cdot C_D \cdot \rho \cdot v^2$$

3) Liste over fysiske parametre

Tyngdens akselerasjon: $g=9,8\text{m/s}^2$

Stefan-Boltzmanns konstant: $\sigma=5,672 \cdot 10^{-8}\text{W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$

Materiale	Spesifikk varmekapasitet, c [J/(kg K)]	Varmeledningsevne, k [W/(m K)]	Tetthet, ρ [kg/liter]
Vann	4190	0,6	1,000
Tre (furu)	2720	0,14	0,500
Luft	1000	0,026	0,00125
Betong	970	1,73	2,300
Mineralull	900	0,035	0,100
Aluminium	880	237	2,700
Tegl	830	0,7	1,800
Kobber	385	400	8,920