

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
 Institutt for fysikk

Kontaktperson:

Navn: Turid Worren Reenaas
 Tlf: 7359 0386

NORSK + ENGLISH
 Norsk tekst side 1 – 3
 English translation on page 4 – 6
 Vedlegg side /Appendix page 7

EKSAMEN i FY 2290 Energiressurser

Lørdag 5. juni 2010

Varighet: 9-13

Antall sider: 7

Sensurfrist: 26. juni 2010

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

Fysiske parametere, konverteringstabell og likningsliste finnes på side 7.

Du må svare på alle spørsmålene i alle 4 oppgavene. Vekten til hvert spørsmål er gitt i parenteser først i hver deloppgave.

OPPGAVE 1: LOGISTISK FORBRUKSMODELL (15%)

- a) (5%) I én matematisk modell for forbruk av en begrenset ressurs (f.eks. fossilt brensel), 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 β , $Q(t)$ og Q_{∞} i dette uttrykket?

Hvilke antagelser har man gjort for sammenhengen mellom $P(t)$ og $Q(t)$ og Q_{∞} ?

Er dette realistiske antagelser? Hvorfor/hvorfor ikke?

- b) (5%) Skisser $P(t)$ som funksjon av tid og marker $Q(t_0)$ for et tenkt tidspunkt t_0 . Marker også Q_{∞} i figuren. Marker ved hvilken tid forbruket er størst. Hvor mye er det igjen av ressursen da?
- c) (5%) I sin energi statistikk bruker BP faktoren R/P for å si noe om ressursvarighet. Forklar hva R/P er. Forklar hvorfor den kan endres fra år til år. Ca hvor mye er R/P for olje, naturgass og kull i dag?

OPPGAVE 2: DRIVHUSEFFEKTEN (20%)

- a) (10%) Hva er den naturlige drivhuseffekten? (Menneskeskapt drivhuseffekt kommer i oppgave b.)
Hvilke gasser bidrar mest til den naturlige drivhuseffekten?
Hva ville temperaturen på jorda ha vært hvis det ikke var noen atmosfære på jorda?
- b) (5%) Hvordan bidrar menneskelig aktivitet til drivhuseffekten?
Nevn de viktigste drivhusgassene i denne forbindelse og beskriv kort hva man kan gjøre for å redusere utslippene.
- c) (5%) IPCC har estimert hvor mye varmere det blir på jorda ut fra ulike scenarioer og modeller. Hvor varmt blir det i verste fall, i følge disse beregningene?
Nevn tre eksempler på effekten av global oppvarming.

OPPGAVE 3: VARMEKRAFTMASKINER (20%)

- a) (5%) Hva er en varmekraftmaskin?
Hva kan den brukes til?
Hvor tar den varmen fra?
- 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) (5%) 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: ELEKTRISITETSFORSYNING (45%)a) Vannkraft (10%)

Årlig strømforbruk i Norge er på ca 110 TWh. ($1 \text{ TWh} = 10^{12} \text{ Wh}$). Hvis forbruket økes med 10%, hvor stort areal med et 50 m dypt vannmagasin trengs for å generere denne ekstra mengden strøm?

Anta en generatoreffektivitet på 95%, 100m høydeforskjell mellom magasin og turbin, at magasinet tømmes en gang per år og at vann har en tetthet på $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$.

b) Strøm fra solceller (15%)

Forklar hvordan en solcelle fungerer.

Hvor stort areal av Norge må dekkes med solceller for å generere 11 TWh på et år, hvis årlig innstråling er 900 kWh/m^2 og solcellene har typisk effektivitet. (Anta at effektiviteten er 20% om du ikke husker hva den typisk er.)

c) Strøm fra bioenergi (15%)

Hva er bioenergi?

Hva er fordeler og ulemper ved bruk av bioenergi?

Anta at skogene i Noreg kan levere biomasse tilsvarende 100 GJha^{-1} per år. Hvor stort areal (i km^2) med skog trengs da for å generere 11 TWh i et dampturbin-kraftverk som drives med biomasse fra skogen? Anta at kraftverket har en effektivitet på 36%, inkludert generatoreffektiviteten.

$1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2$.

d) Kullkraft (5%)

Hva er typisk effektivitet for et kullkraftverk?

Hvis samme mengde strøm (11 TWh/år) skal leveres av et typisk kullkraftverk, ca hvor mye termisk energi (målt i TWh) må kullet bidra med? (Bruk 40% for effektiviteten om du ikke vet typisk verdi)

Hvor mye kull tilsvarer dette, hvis all kjemisk energi lagret i kullet omdannes til varme i kraftverket?

Hva er fordelene for kullkraft sammenlignet med de tre andre strømkildene (vannkraft, solceller og bioenergi)?

ENGLISH TRANSLATION

Contact:

Name: Turid Worren Reenaas

Tel: 7359 0386

EXAM FY 2290 Energy resources

Saturday June 5th 2010

Duration: 9-13

Number of pages: 7

Grading deadline: June 26th 2010

Permitted aids: Calculator, HP30S or Citizen SR-270X.

Physical parameters, conversion table, energy equivalents and list of equations on page 4.

You have to answer all questions in all 4 problems. The weight for each problem is given in the parenthesis in front of each sub problem.

PROBLEM 1: LOGISTIC CONSUMPTION MODEL (15%)

- a) (5%) In a mathematical model for the consumption of a limited resource (such as fossil fuels), the variation of the consumption P as a function of time can be expressed as

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

What does β , $Q(t)$ and Q_{∞} represent in this expression?

What assumptions have been made about the relationship between $P(t)$ and $Q(t)$ and Q_{∞} ?

Are these realistic assumptions? Why/why not?

- b) (5%) Make a sketch of $P(t)$ as a function of time and indicate $Q(t_0)$ for a given time t_0 . Also indicate Q_{∞} in the figure. Indicate at what time the consumption is largest. How much remains of the resource at that time?
- c) (5%) In BP's energy statistics the ratio R/P is used to say something about how long a resource will last. Explain what R/P is. Explain why it may change from year to year. Approximately how large is R/P for oil, natural gas and coal at present?

PROBLEM 2: THE GREENHOUSE EFFECT (20%)

- a) (10%) What is the natural greenhouse effect? (The human made greenhouse effect comes in problem b) Which gases contribute the most to the natural green house effect?

*Fysiske parametere, konverteringstabell, energiekvivalenter og likningsliste finnes på side 7.
Physical parameters, conversion table, energy equivalents and list of equations on page 7.*

What would the temperature on Earth have been if there was no atmosphere on Earth?

- b) (5%) How do human activities contribute to the greenhouse effect?
List the most important greenhouse gases related to this, and describe shortly what one can do to reduce the emissions.

(5%) IPCC has estimated how much warmer it will get in Earth for various scenarios and models. How warm does it get in worst case, according to these calculations? List three examples of the effect of global warming.

PROBLEM 3: HEAT ENGINES (20%)

- d) (5%) What is a heat engine?
What can it be used for?
Where can the heat be taken from?
- e) (10%) How can one express the efficiency of a heat engine used for electricity production?
Draw a thermodynamic diagram for the heat engine.
What limits the efficiency of such heat engines?
- f) (5%) What is the upper limit for the efficiency of a gas fired power plant, if we assume that the gas burns at 1500 °C and that the exhaust from the turbine has a temperature of 1000 °C?
How can the energy in the gas be better utilised?

PROBLEM 4: ELECTRICITY SUPPLY (45%)

- a) Hydro power (10%)

The annual electricity consumption in Norway is ca 110TWh per year. (1 TWh = 10^{12} Wh). If the consumption increases by 10%, how large area of a 50m deep water reservoir is needed to supply this additional amount of electricity from a hydro power plant with generator efficiency of 95%?

Assume 100m height difference from reservoir to the turbine, that the reservoir is emptied once in a year and that the density of water is $\rho=1000\text{kg/m}^3$.

- b) Electricity from solar cells (15%)

How does a solar cell work?

How large area of Norway need to be covered with solar cells to generate 11TWh electric energy in one year, if the annual solar irradiation is 900kWh/m^2 and the solar cell has a typical efficiency. (If you don't remember the typical efficiency, assume that it is 20%).

- c) Electricity from bioenergy (15%)

What is bioenergy? What are the advantages and problems related to using bioenergy?

Assume that the forests in Norway can supply 100 GJha^{-1} per year, how many km^2 is then needed to generate 11TWh electric energy per year in a steam turbine power plant fuelled with timber from the forests? Assume a steam turbine power plant efficiency of 36% (including the generator efficiency). $1 \text{ ha} = 10^4 \text{ m}^2$.

d) Coal fired power plants (5%)

What is the typical efficiency of a coal fired power plant? If the same amount of electricity (11TWh/year) should be provided by a typical coal fuelled power plant, approximately how much thermal energy should the coal provide (in TWh per year)? (Use 40% for the efficiency if you don't know what it typically is.) How much coal would this correspond to if all the chemical energy stored in the coal is converted to heat in the power plant?

What are the advantages for coal fired power plants compared to hydro power, solar cells and bioenergy?

VEDLEGG/APPENDIX

1) Energikonverteringsfaktorer / Energy conversion

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

2) Likningsliste / List of equations

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

$$Q(t) = \frac{Q_{\infty}}{1 + Ae^{-t/\beta}}$$

$$P(t) = P_0 \left(\frac{Q_{\infty}}{Q_0} \right)^2 \frac{e^{-t/\beta}}{(1 + Ae^{-t/\beta})^2}$$

$$A = \frac{Q_{\infty} - Q_0}{Q_0}$$

$$\beta = (Q_{\infty} - Q_0) \frac{Q_0}{Q_{\infty} P_0}$$

$$t_m = \left(1 - \frac{Q_0}{Q_{\infty}} \right) \frac{Q_0}{P_0} \ln \left(\frac{Q_{\infty}}{Q_0} - 1 \right)$$

$$P_m = P(t_m) = \frac{Q_{\infty}^2 \cdot P_0}{4 \cdot Q_0 \cdot (Q_{\infty} - Q_0)}$$

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

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

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Q = mc\Delta T$$

$$m = \rho V$$

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

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

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

$$F_h = mg\alpha$$

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

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

3) Energiekvivalenter / Energy equivalents

	J	kWh
Råolje / Oil (per fat/barrel, 1 fat/barrel = 159 l)	6.12×10^9	1700
Kull / Coal (per ton, 1 ton = 907 kg)	2.81×10^{10}	7800
Gass / Gas (per 1000 ft ³ , 1 ft ³ = 28.3 l)	1.09×10^9	303
U ²³⁵ (per g)	8.28×10^{10}	36.6

4) Liste over fysiske parametre / List of physical parameters

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2 \quad \sigma = 5.672 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \text{K}^4)$$