Tentamen Blijvende Energiebronnen (4P510)

Datum:	**20 januari 2011**
Tijd:	**14.00 – 17.00 uur**

N.B. Aangezien de vraagstukken van dit tentamen door verschillende docenten worden beoordeeld, dient u elk vraagstuk op een afzonderlijk vel te zetten onder vermelding van:

1. het vraagstuknummer
2. uw naam en voorletters
3. uw identiteitsnummer
4. uw faculteit

Maakt u toch meerdere vraagstukken op één vel papier, dan wordt alleen het eerste vraagstuk beoordeeld, terwijl de andere vraagstukken daarmee komen te vervallen.

Het tentamen bestaat uit 9 opgaven. Voor elke opgave zijn maximaal 11 punten te behalen, met 1 bonuspunt zijn in totaal 100 punten te halen.

Het gebruik van dictaten en aantekeningen is niet toegestaan.
Het gebruik van eenvoudige rekenmachines is toegestaan.

Veel succes!

Examination Renewable Energy Sources (4P510)

Date:	**January 20, 2011**
Time:	**14.00 – 17.00 hours**

Note: Different lectures will correct the answers to the various problems for this examination. Would you be so kind to write down every answer on a different sheet of paper. Please note on every sheet of paper you use the following:

1. the problem number
2. your last name and initials
3. your identity (student) number
4. your department

Should you write down answers to more than one problem on one piece of paper, then the first answer will be corrected and the other answers will be void.

The exam consists out of 9 questions. For each question 11 points are available, with 1 extra point the maximum score is 100 points.

The use of course books and notes is not allowed.
The use of simple calculators is allowed.

Good luck!

Vraagstuk 1 Algemene inleiding

a) Noem de drie bronnen die het grootste aandeel hebben in de opwekking van elektriciteit.

Een van de manieren om de uitstoot van CO_2 te verminderen bij de productie van elektriciteit uit fossiele brandstoffen is door CO_2 af te vangen en op te slaan. In het dictaat worden drie belangrijke manieren genoemd.

b) Noem de drie verschillende manieren om CO_2 af te vangen bij de productie van elektriciteit. Geef van elk een korte beschrijving.
c) Noem drie belangrijke nadelen / barrières voor toepassing van deze technologie op grote schaal.

Problem 1 General introduction

a) Mention the three sources which have the largest share in the production of electricity.

One of the ways to reduce the emission of CO_2 at the production of electricity from fossil fuels is CO_2 capture and sequestration. In the reader three important ways to capture CO_2 are mentioned.

b) Mention the three ways to capture CO_2 at the production of electricity. Give a short description of each technology.
c) Mention three important disadvantages / barriers for the application of this technology on large scale.

Vraagstuk 2 Biomassa

a) Geef de namen van de diverse zones in het biomassa bed van een 'updraft gasifier', bespreek wat er gebeurt in elke laag.
b) Geef drie eigenschappen van Fischer-Tropsch vloeistoffen die verschillen van die van de standaard fossiele brandstoffen.
c) Een mens heeft ongeveer 200 watt nodig en in de landbouw wordt met een rendement van ongeveer 0.5% zonne-energie omgezet in voedsel (landbouwproducten).
Hoeveel m^2 is er dan nodig om een mens in Nederland van voedsel te voorzien (instraling 1000 kWh per m^2 per jaar)?

Problem 2 Biomass

a) Give the names of the different zones in a biomass bed of an updraft gasifier and discuss what happens in each of the zones.
b) Give three properties of Fischer-Tropsch liquids which differ from normal fossil liquids.

c) A human being needs about 200 watt. In agriculture solar energy is converted into food (agriculture products) with an efficiency of about 0.5%. How many m^2 is then required to provide a human being with food, in the Netherlands (irradiation 1000 kWh per m^2 per year)?

Vraagstuk 3 Fotovoltaïsche omzetting

Definieer de stroom-spanning (IV) vergelijking voor een zonnecel als het zonlicht erop schijnt en leidt daaruit de vergelijking af welke de openklemspanning definieert (V_{oc}).

Teken het diagram van de vermogen-spanning (PV) vergelijking voor een zonnecel en wijs aan waar het *maximum power point* (P_{mp}) is. Bereken de P_{mp} voor een zonnecel met een *fill factor* (FF) of 0.70, een kortsluitstroom (I_{sc}) van 33 mA/cm^2 en een openklemspanning (V_{oc}) van 580 mV.

Teken een nauwkeurige schets van het elektrische circuit van een autonoom PV systeem met accu opslag en beschrijf de functie van de verschillende componenten.

Problem 3 Photovoltaic conversion

Define the current-voltage (IV) equation for a solar cell under illumination and derive the equation which defines the open circuit voltage (V_{oc}).

Draw the diagram of the power-voltage (PV) characteristic of a solar cell and indicate where the maximum power point (P_{mp}) is located. Calculate the P_{mp} for a solar cell characterized by a fill factor (FF) of 0.70, a short circuit current (I_{sc}) of 33 mA/cm^2 and an open circuit voltage (V_{oc}) of 580 mV.

Draw the electric diagram of an autonomous PV system with battery storage and describe the function of the several components.

Vraagstuk 4 Zonnecollectoren

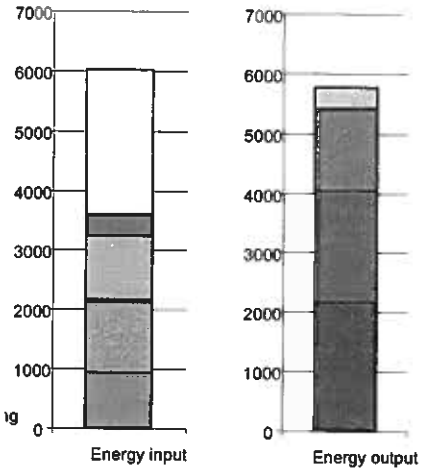
a) Noem drie verschillende typen zonnecollectoren met hun typische werktemperatuur.
b) Waarom is glas met een laag ijzergehalte beter als transparante afdekplaat voor zonnecollectoren.
c) Beschrijf de werking van een spectraal-selectieve coating.

Problem 4 Solar collectors

a) List three different types of solar collectors with their typical working temperature.
b) Why is low-iron glass better as a transparent cover for a solar collector.
c) Describe the functioning of a spectral selective coating.

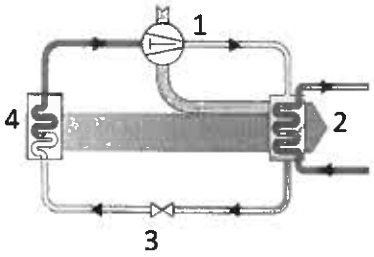
Vraagstuk 5 Duurzame energie in de gebouwde omgeving

a) Beschouw een (oude) bestaande woning met natuurlijke ventilatie over een periode van een jaar. Benoem de verschillende in- en uitgaande energieposten en schat getalsgrootte (met de juiste eenheden voor energie) af zoals in de grafiek hiernaast van een nieuwbouwwoning.



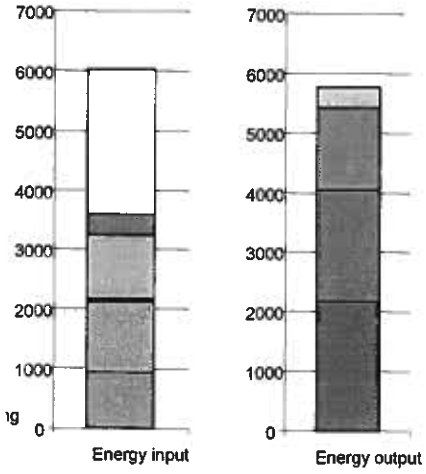
b) Een elektrische compressiewarmtepomp verpompt warmte van 8 °C naar 55 °C. De compressor heeft 1 kW elektriciteit nodig om de warmtepomp 3,7 kW warmte te laten leveren. De compressor (1) is een van de 4 hoofdonderdelen van een warmtepomp.

a) wat zijn de andere drie hoofdonderdelen?
b) geef de definitie van COP;
c) bereken de ideale (Carnot) COP van deze warmtepomp;
d) wat is de daadwerkelijke COP van de warmtepomp?



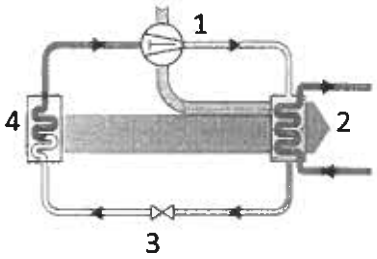
Problem 5 Renewable energy in the built environment

a) Assume an old existing house with a natural ventilation system over a period of a year. Define the different terms for energy losses and energy gains and estimate the value of these terms as well as the correct (energy) units. An example of a new dwelling is given beside.



b) An electric compression heat pump transfers heat from 8 °C to 55 °C. The compressor needs 1 kW of electrical power to let the heat pump deliver 3,7 kW of heat. The compressor (1) is one of the four main components of the heat pump.

a) which are the three other main components?
b) give the definition of the COP;
c) calculate the ideal (Carnot)COP of this heat pump;
d) what is the actual COP of this heat pump?

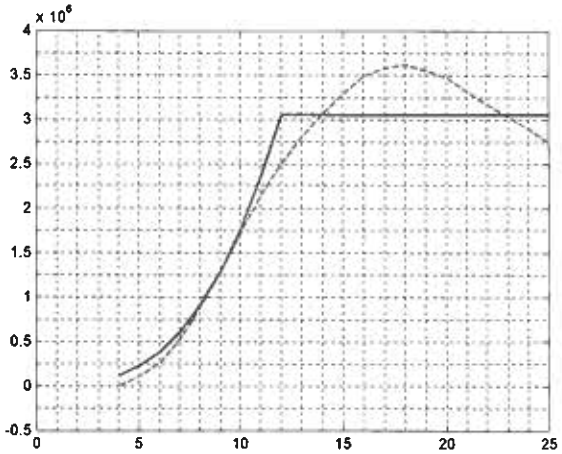


Vraagstuk 6 Windenergie

a) De gemiddelde windsnelheid op hoogte H_1=10 m is 6.0 m/s; bereken de gemiddelde windsnelheid op hoogte H_2=100 m; ga uit van z_0=0.03 m.

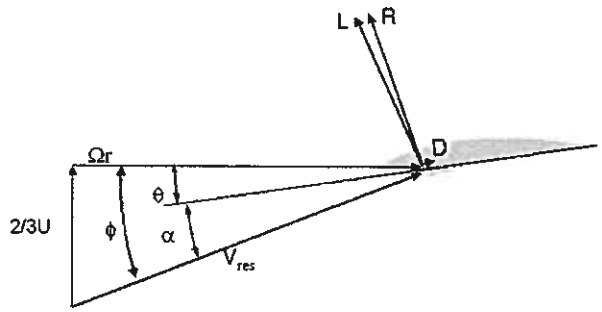
b) Het windklimaat wordt beschreven door de Weibull verdeling (gespecificeerd door de schaal parameter a en vorm parameter k). De meeste windturbines worden stil gezet boven een cut-out windsnelheid van 25 m/s. Bepaal het aantal uren per jaar dat dit gebeurt; ga uit van a=9.0 m/s en k=2.

c) De Vestas V90 turbine (diameter 90 m) is een variabel toeren turbine. De vermogens kromme is hieronder weergegeven. In geval deze turbine op een constant toerental van 1.56 rad/s zou draaien zou een andere vermogens kromme worden verkregen; ook weergegeven in de figuur. Welke lijn (doorgetrokken of onderbroken) komt overeen met de situatie van constant toerental?



d) Op grond van bovenstaande figuur is het mogelijk om de optimale snellopendheid te bepalen; hoe groot is die?

e) Ga ervan uit dat de Vestas V90 turbine op een rotatie snelheid van 2 rad/s draait bij een gemiddelde windsnelheid van 10m/s (de inductie factor is gelijk aan 1/3 en de pitchhoek 0 graden; zie ook onderstaande figuur). Voor deze situatie is de invalshoek aan de bladtip gelijk aan 4.24 graden (de blad twisthoek aan de tip is gelijk aan 0 graden). Hoe groot dient de blad twisthoek te zijn op een radiale afstand van 20 m om te zorgen dat de lokale invalshoek hetzelfde is?



f) Het Prinses Amalia windpark bestaat uit 60 Vestas V80 windturbines (rotordiameter 80 m en ashoogte 59 m) van 2 MW elk. Schat de jaarlijkse energie opbrengst van dit park op grond van een capaciteitsfactor van 0.40.

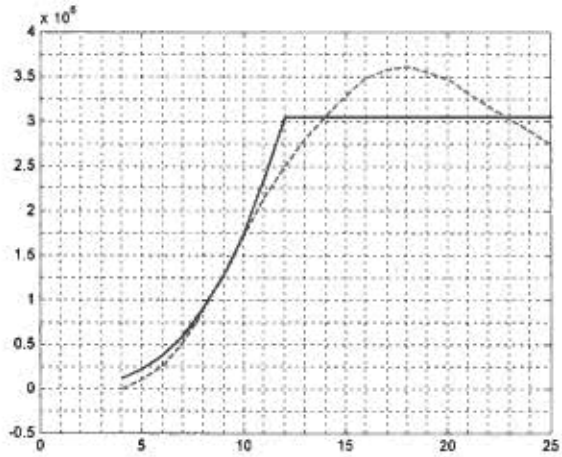
Geef je antwoorden in 3 significante cijfers (dus schrijf 8.2591108 als 8.26); vergeet niet om de eenheid te vermelden.

Problem 6 Wind energy

a) The mean wind speed at height H_1=10 m equals 6.0 m/s; calculate the mean wind speed at height H_2=100 m; assume z_0=0.03 m.

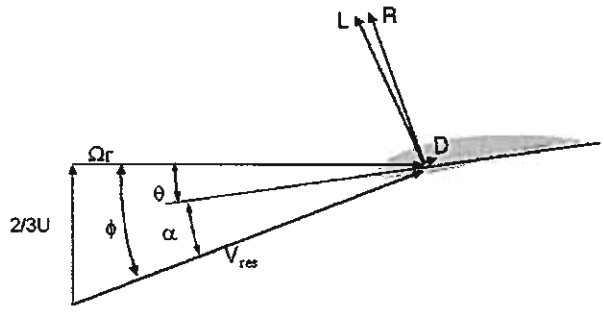
b) The wind climate can be described by the Weibull distribution (specified by the scale parameter a and shape parameter k). Most wind turbines are shut down above a cut-out wind speed of 25 m/s. Determine the number of hours per year this happens; assume a=9.0 m/s and k=2.

c) The Vestas V90 turbine (diameter 90 m) is a variable speed turbine. The power curve is shown below. In case this turbine would be operated at a constant rotor speed of 1.56 rad/s a different power curve will be obtained; also shown in the graph. Which line (solid or dashed) corresponds to the constant speed situation?



d) Based on the graph above, the optimal tip speed ratio can be determined; how large is it?

e) Assume the Vestas V90 turbine is operating at a rotational speed of 2 rad/s at a mean wind speed of 10m/s (the induction factor equals 1/3 and the pitch angle 0 degrees; see also graph below). For this situation the angle of attack at the blade tip equals 4.24 degrees (the blade twist angle at the tip equals 0 degrees). What should be the blade twist angle at a radial position of 20 m in order to have the same local angle of attack?



f) The Princess Amalia wind farm consist out of 60 Vestas V80 wind turbines (rotor diameter 80 m and hub height 59 m) of 2 MW each. Estimate the yearly energy yield of this farm based on a capacity factor of 0.40.

Specify your answers in 2 significant digits only (i.e. write 8.2591108 as 8.26); do not forget to mention units.

Vraagstuk 7 Waterkracht

Geef het meest precieze antwoord a, b of c:

1) Een Pelton-turbine is een typisch voorbeeld van:
   a. Een impulse turbine
   b. Een reactie turbine
   c. Zowel een impulse- als een reactie turbine

2) Het rendement (van hydro-potentiële naar elektrische energie) van waterkrachtcentrales:
   a. Is altijd kleiner dan 100 %
   b. Kan gelijk zijn aan 100 %
   c. In het algemeen kleiner dan 50 %

3) Voor gegeven valhoogte en debiet, draait een Pelton turbine onder optimale omstandigheden:
   a. Sneller
   b. Langzamer
   c. Gelijk
   in vergelijking met een propeller (Kaplan, Francis) turbine.

4) Kosten van waterkrachtcentrales, per kW geïnstalleerd vermogen:
   a. Nemen af
   b. Nemen toe
   c. Veranderen niet significant
   naar mate valhoogte kleiner wordt.

5) Op dit moment ligt het wereldwijde geïnstalleerde productievermogen van waterkrachtcentrales in the range van:
   a. > 50 %
   b. tussen 5 % en 50 %
   c. < 5 %
   van het theoretisch wereldwijde productievermogen (voor standaard techniek).

Problem 7 Hydropower

Please give the most precise answer a, b or c:

1) A Pelton turbine is a typical example of:
   a. An impulse turbine
   b. A reaction turbine
   c. Both an impulse and a reaction turbine

2) The efficiency (from hydropotential- to electrical energy) of hydropower plants:
   a. Is always less than 100 %
   b. Can be equal to 100 %
   c. In general less than 50 %

3) For given head and flow rate, for optimal conditions, a Pelton turbine rotates:
   a. Faster
   b. Slower
   c. Equal
   compared to a propeller (Kaplan, Francis) turbine.

4) Costs of hydropower plants, per kW installed:
   a. Decrease
   b. Increase
   c. do not change significantly
   with lower heads.

5) Currently, worldwide installed hydropower generation capacity is in the range of:
   a. > 50 %
   b. between 5 % and 50 %
   c. < 5 %
   of the theoretical worldwide production potential (for current technology standard).

Vraagstuk 8 Waterstof

Waterstof speelt al een belangrijke rol in de productie van schone transportbrandstoffen. Waterstof kan daarnaast een efficiënte energiedrager worden in de toekomst die een duurzame koolstofvrije economie mogelijk maakt.

a) Stoom reforming van methaan wordt momenteel voornamelijk gebruikt voor de productie van waterstof. Geef de totaalreactie voor dit proces? Waarom wordt dit als een niet-duurzaam proces beschouwd?
b) Hoe kan dit proces duurzaam gemaakt worden?
c) Noem 2 manieren om op een duurzame(re) manier waterstof te maken en bediscussieer de belangrijkste aspecten.

De vrije energie en enthalpieverandering van de reactie $H_2 + ½ O_2 \rightarrow H_2O$ zijn respectievelijk 237 kJ/mol en 286 kJ/mol.

d) Geef schematisch de werking van een brandstofcel aan en geef de twee electrochemische halfreacties van een waterstof brandstofcel.
e) Bereken de maximale efficiëntie van een waterstof brandstofcel onder 'open circuit' condities.

Problem 8 Hydrogen

Hydrogen plays already an important role in the production of clean transportation fuels. It might become an efficient energy carrier in the future facilitating a shift to a sustainable low carbon society.

a) Steam reforming of methane is the main route for H_2 production. Give the overall reaction of steam methane reforming? Why is this process not regarded as a sustainable production process for hydrogen?
b) How can this industrial process be made more sustainable?
c) Mention two other ways to make H_2 in a sustainable manner.

The free energy and enthalpy change for the reaction $H_2 + ½ O_2 \rightarrow H_2O$ are 237 kJ/mol and 286 kJ/mol, respectively.

d) Give a schematic representation of a fuel cell and give the two electrochemical halfreactions of a hydrogen fuel cell.
e) Compute the maximum efficiency of a hydrogen fuel cell under open circuit conditions.

Opgave 9 Warmte opslag

1. Met een seizoensopslag van warmte is het mogelijk om de zonnewarmte, geoogst in de zomer, voor de volledige warmtebehoefte in de winter te gebruiken. Het verwarmingssysteem is dan 100% duurzaam. Voor de seizoensopslag van warmte voor een woonhuis kiezen we een kubus gevuld met water van 95 °C. De lengte van de zijden is 4,64 meter. De wand van de kubus bestaat uit vacuüm geïsoleerde panelen met een warmteweerstand R van 21,979 m^2K/W.
   a) Wat is het vermogen aan warmte dat de opslag verliest (in Watt) als de buitentemperatuur 10 °C is?
   b) Als de opslag 100 dagen lang warmte moet leveren, wat is dan de totale hoeveelheid warmte die uit de opslag door de isolatie verloren gaat? Neem aan dat de temperaturen constant blijven.
   c) De nuttig opgeslagen warmte is alle warmte met een temperatuur hoger dan 45 °C. De Cp van water is 4,2 kJ/kgK. Hoeveel warmte is nuttig opgeslagen en wat is de verhouding tussen nuttig opgeslagen warmte en warmteverlies?

2. Teken een grafiek met op de x-as temperatuur en op de y-as de warmte-inhoud per kg materiaal. Teken in de grafiek twee lijnen die typerend zijn voor een sensibel en voor een latent warmteopslagmateriaal.

Problem 9 Heat Storage

1. With a seasonal storage the complete heat demand in winter can be covered using the heat harvested by a solar collector in summer. The heating system then is fully renewable. For the seasonal heat storage for a single family house we choose a cube filled with water of 95 °C. The sides have a length of 4 m 64. The walls of the cube are vacuum insulated panels with a heat resistance R of 21.979 m^2K/W.
   a) What is the power of the heat loss of the storage (in Watts) if the outside temperature is 10 °C?
   b) If the storage has to supply heat during 100 days, what is the total amount of heat that is lost through the insulation? Assume that temperatures remain constant.
   c) The usefully stored heat is all heat with a temperature higher than 45 °C. The Cp of water is 4,2 kJ/kgK. How much heat is usefully stored and what is the ratio between useful heat and heat lost?

2. Draw a graph with the x-axis representing temperature and the y-axis the heat contained in a kg material. Draw two curves in this graph, typical for a sensible and for a latent heat storage material.