



Försättsblad Prov Original

Kurskod	Provkod	Tentamensdatum
E R O 4 1 G	T 1 0 0	2 0 1 8 - 0 8 - 2 4
Kursnamn	Energiteknik GR (B), Kraft och värme	
Provnamn	Tentamen	
Ort	Sundsvall	
Termin	H18	
Ämne	Energiteknik	

Mittuniversitetet
ER041G, Kraft och värme, 7,5 hp
Skriftlig tentamen
2018-08-24 kl. 08.00-13.00

Tillåtna hjälpmedel:

- Inkluderat formel- och tabellhäfte
- Miniräknare av valfri typ (utan kommunikationsmöjligheter)
- Valfri förlagsutgiven formelsamling utan egna anteckningar, inklusive men inte nödvändigtvis begränsat till följande titlar:
 - Formler och tabeller (Björk, Brolin, Pilström, Alphonse ev. m , Natur och Kultur)
 - TEFYMA (Ingelstam, Rönngren, Sjöberg, ev. m , Studentlitteratur)
 - Tabeller och formler för NV och TE (Ekbom, Lillieborg, Larsson, Ölme, Jönsson, ev. m , Liber)
 - Formler och Tabeller (Pedersen, Gleerups)
 - Physics Handbook (Nordling, Österman, ev. m , Studentlitteratur)
 - Energiteknik - Formler och tabeller (Elovsson, Alvarez, Studentlitteratur)
 - EnBe - Energiberäkningar (Soleimani-Mohseni, Bäckström, Eklund, Studentlitteratur)

Poängberäkning görs separat för problem och teorifrågor. För att behålla någon form av sammanhang i provet är de teori- resp. problemrelaterade uppgifterna i blandad ordning. Deluppgifter som bidrar till teoriresultatet är markerade med T, medan problemuppgifter är märkta med P. Provet poängbedöms och betygsätts med A-F på en proportionell skala upp till 80 poäng, varav minst 40 poäng krävs för att resultatet ska bedömas som godkänt. Dock måste minst 50% uppnås på vardera av teori- och problemdelarna för godkänt betyg. Godkända inlämningsuppgifter ger bonuspoäng upp till maximalt 10 % av resp. dels maxpoäng enligt särskild mall som kommer att meddelas.

Kontakta Daniel Nilsson på 0703-402755 vid frågor eller funderingar.



Både vi människor och andra djur är ganska bräckliga blomster, och de temperaturer som under den senaste värmeböljan uppmätts i Sydeuropa och andra varma delar av världen kombinerade med hög luftfuktighet (som minskar svettningens avdunstningskyllning) kan vara direkt dödliga.

Temperature Humidity Index (THI)									
Relative Humidity %									
C	20	30	40	50	60	70	80	90	100
22	66	66	67	68	69	69	70	71	72
24	68	69	70	70	71	72	73	74	75
26	70	71	72	73	74	75	77	78	79
28	72	73	74	76	77	78	80	81	82
30	74	75	77	78	80	81	83	84	86
32	76	77	79	81	83	84	86	88	90
34	78	80	82	84	85	87	89	91	93
36	80	82	84	86	88	90	93	95	97
38	82	84	86	89	91	93	96	98	100
40	84	86	89	91	94	96	99	101	104

No heat stress (light blue)

Moderate heat stress (green)

Severe heat stress (yellow)

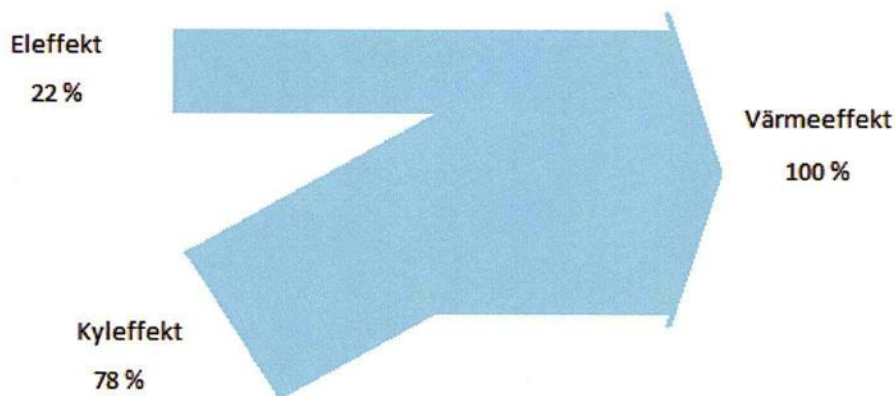
Dead cows (red)

From www.nadis.org.uk



Effektbehovet för luftkonditionering kan orsaka stora påfrestningar på nationell kraftförsörjning, särskilt i många länder i t ex Mellanöstern, där man dessutom gärna bygger hus av oisolerad betong.

- 1.T Nedanstående Sankey-diagram beskriver en luftkonditioneringsanläggnings energiomvandling. Hur stor eleffekt kräver den resp. hur stor värmeeffekt måste den avge om kyleffekten är 9 kW? (4 p)



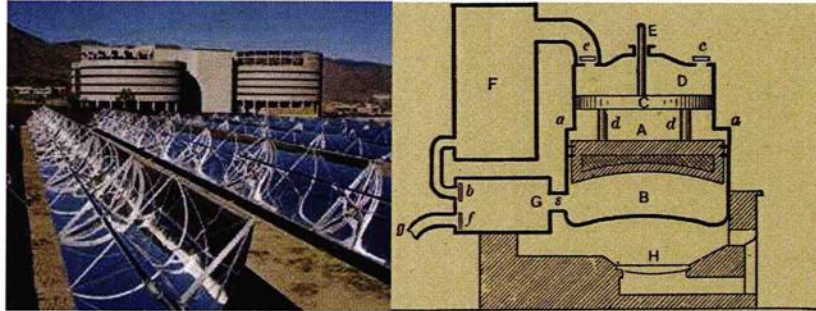
- 2.P Anta att en typisk luftkonditionerad lägenhet i Saudiarabien vid dessa temperaturer har en värmetransmission utifrån och in av 9 kW. Anta vidare att vart och ett av Saudiarabiens 3,0 miljoner hushåll

skulle köra en luftkonditioneringsanläggning på 9 kW kyleffekt enligt sankeydiagrammet ovan samtidigt. Hur stor eleffekt skulle de totalt kräva? (4 p)

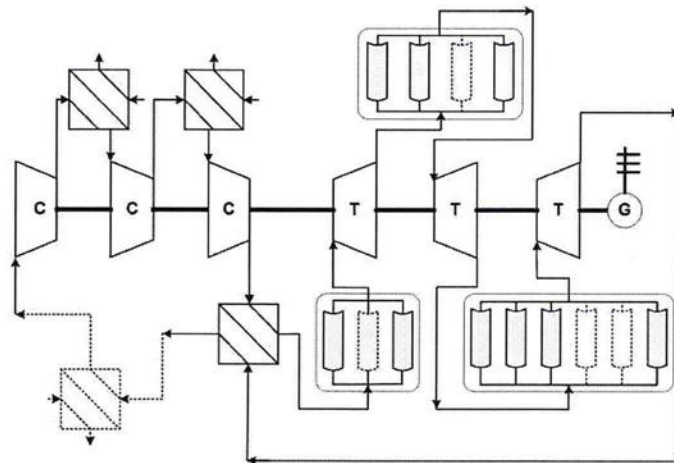
I Sverige är det (ännu) inte så illa som i Mellanöstern, men anta att nu under värmeböljan en lufttemperatur av 28 C vid relativa luftfuktigheten 60% har uppmätts inomhus någonstans. En AC-anläggning kyler en luftström från detta tillstånd i inloppet till 12 C vid mättnadstillstånd i utloppet, under kondensation och bortförsl av överflödigt fukt som vätska. Därefter antas den kylda luften återigen värmas till 28 C utan fuktutbyte med omgivningen.

3.T Rita in tillståndsändringarna i mollierdiagrammet för fuktig luft. Markera ändringarna noggrant och beskriv och motivera i ord vad du har gjort och varför. Använd vid behov även lämpliga antaganden som du också meddelar. (6 p)

4.P Man mäter mängden avgivet kondensvatten vid kylningsprocessen till 1 liter under loppet av 27 min. Hur stort volymflöde fuktig luft kyler anläggningen och hur stor kyleffekt krävs av AC-anläggningen för detta? (10 p)



Man experimenterar bl a med gasbaserade värmemaskiner för kraftutvinning ur koncentrerad solstrålning, f n oftast stirlingmotorer. En besläktad maskin uppfanns av John Ericsson redan 1853, men kolvmotor kan den av olika skäl inte byggas särskilt effektiv. Om den realiseras med ett flertal gasturbiner med förvärmnings/mellankylningssteg kommer man däremot närmare dess teoretiska verkningsgrad, som du ska räkna på i det följande.



En ideal Ericsson-cykel är uppbyggd av fyra tillståndsändringar:

- 1-2: Isoterm kompression (värme bortförs)
- 2-3: Isobar expansion (värme tillförs)
- 3-4: Isoterm expansion (värme tillförs)
- 4-1: Isobar kompression (värme bortförs)

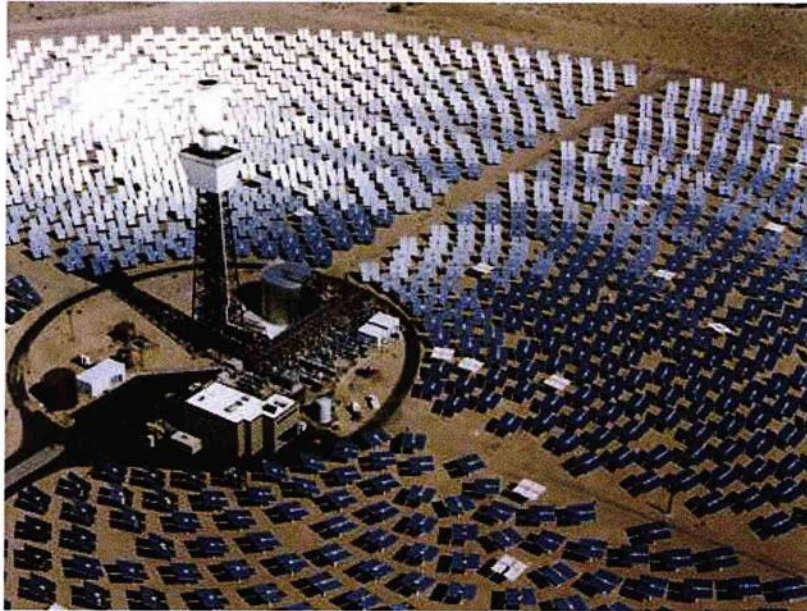
5.T Skissa cykeln i ett pV-diagram och ett TS-diagram, identifiera respektive tillståndsändringar i diagrammen, och markera cykelns omloppsriktning. (8 p)

6.P I ett hypotetiskt driftfall med luft som arbetsmedium sker kompressionen till det maximala trycket 350 bar, och uppvärmning sker till maximala temperaturen 600 °C från 20 °C och trycket 1 bar. I en starkt idealiserad modell antar vi alltså att $t_1 = t_2 = 20\text{ °C}$ och $t_3 = t_4 = 600\text{ °C}$, samt att $p_1 = p_4 = 1\text{ bar}$ och $p_2 = p_3 = 350\text{ bar}$.

a) Visa att total tillförd värmeeffekt i cykeldelen 2-3-4 är 24.6 kW. Massflödet av luft genom systemet är 0.012 kg/s, luftens specifika värmekapacitet vid konstant tryck är 1.0 kJ/(kg·K) och luftens molmassa 29 g/mol. (8 p)

b) Anta att man lyckas åstadkomma en mycket bra regenereringsprocess och vill approximera den med det ideala förhållandet att hela effekten som annars skulle avges i samband med den isobara kompressionen i steg 4-1 kan tillvaratas. Den tillförda effektens belopp kan då minskas med den effekt som motsvarar temperatursänkningen i det steget från 600 °C till 20 °C. Vad blir kretsprocessens verkningsgrader med resp. utan regenerering om den tillförda värmeeffekten utan regenerering är 24.6 kW och den mekaniska nettoeffekt som utvecklas genom hela cykeln 1-2-3-4 är 11.7 kW? Massflödet av luft genom systemet är 0.012 kg/s, luftens specifika värmekapacitet vid konstant tryck är 1.0 kJ/(kg·K) och luftens molmassa 29 g/mol. (8 p)

c) Beräkna och jämför med teoretiskt maximala verkningsgraden för en värmemotor som arbetar mellan två reservoarer med temperaturerna 600 °C och 20 °C. (4 p)



- 7.P I kaliforniska Ivanpah finns ett av världens största koncentrerande solkraftverk. Solstrålningen fokuseras mot en ångpanna i toppen av ett torn, med hjälp av ett stort antal samverkande plana speglar över ett stort landområde. Solstrålningen fokuseras med hjälp av 136000 individuellt rörliga speglar, var och en med höjden 2,20 m och bredden 3,20 m. Den största enheten i Ivanpah är försedd med en SST-900-turbin från Siemens Sverige som förses med överhettad ånga av temperaturen 540 C vid trycket 160 bar av pannan i tornet. Vid maximal effekt är ångflödet 210 kg/s. Anläggningen har en speciellt konstruerad luftkyld kondensator, i vilken absoluttrycket 0,13 bar råder.
- a) Beräkna anläggningens teoretiska termiska verkningsgrad med givna data, under förutsättning att den följer en enkel rankinecykel med överhettning och att matarvattnet antas hålla samma temperatur som kondensatet. Förklara tydligt vilka värden som har avlästs i tabeller och diagram och varför de använts. (8 p)
- b) Beräkna pannverkningsgraden under givna förutsättningar, om varje spegel antas reflektera en effekt av 900 W/m² från solen. Förklara tydligt vilka värden som har avlästs i tabeller och diagram och varför de använts. (6 p)

- 8.T Siemens SST-900 är en flexibel turbinkonstruktion i två huvudsteg som även kan konfigureras för mellanöverhettning, vilket kommer att utnyttjas i Ivanpah-anläggningen. Rita en principskiss över hur en tvåstegsturbin med mellanöverhettning är uppbyggd. (6 p)
- 9.P Beräkna teoretiska termiska verkningsgraden för tvåstegsturbinen med mellanöverhettning. Trycket mellan turbin- stegen är 35 bar och mellanöverhettningen görs till $480 \text{ }^\circ\text{C}$. (8 p)

