



Försättsblad Prov Original

Kurskod	Provkod	Tentamensdatum
E R 0 3 8 G	T 1 0 3	2 0 1 9 - 0 1 - 1 6
Kursnamn	Energiteknik GR (A), Introduktion till energisystem	
Provnamn	Skriftlig tentamen	
Ort	Sundsvall	
Termin		
Ämne		

Tentamen 2019-01-16 kl. 08.00-13.00, ER038G Introduktion till energisystem 7,5 hp

Tillåtna hjälpmedel: bifogat häfte "Formelsamling i ER038G" och miniräknare.

Poängberäkning görs separat för problem- och teorifrågor. För att behålla någon form av sammanhang i provet kan teori- och problemuppgifterna vara i blandad ordning. Deluppgifter som bidrar till teorieresultatet är markerade med T, medan problemuppgifter är märkta med P. Problemuppgifternas beräkningar ska redovisas och vara möjliga att följa. Maximal poäng är 72 och godkänt resultat är 36 poäng. Dock måste minst 18 poäng uppnås på teoridelen samt minst 18 poäng uppnås på problemdelen. Betygsättning görs enligt tabell nedan.

Kontakta Kristina Göransson på 010-142 89 81 vid frågor.

Betyg	fr.o.m. poäng
A	65
B	58
C	50
D	43
E	36
F	0

Lycka till!

Som utlovat ger ev. genomförd dugga (under höstterminen år 2018) bonuspoäng på denna tentamen, detta enligt nedanstående tabell:

Poäng på duggan (fr.o.m)	ger	poäng på tentamen
1,5	--->	0,5
3	--->	1,0
4,5	--->	1,5
6	--->	2,0
7,5	--->	2,5
9	--->	3,0
10,5	--->	3,5
12	--->	4,0
13	--->	5,0

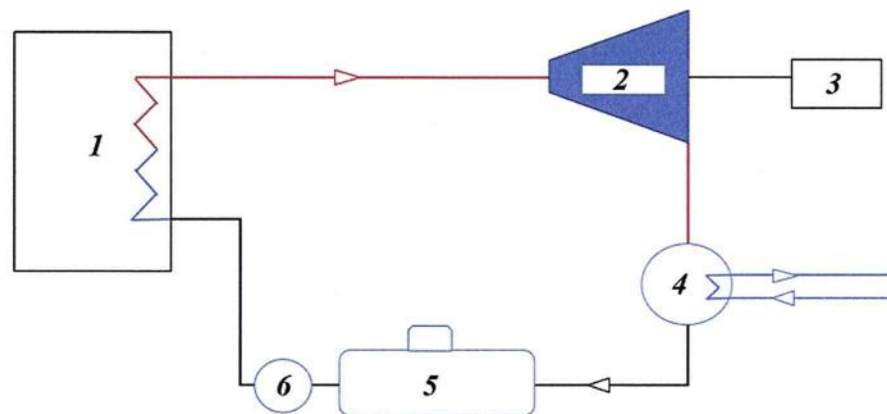
1. T (7 P)

Den lilla staden Härnösand norr om Sundsvall har ett mindre kraftvärmeverk som försörjer Härnösand med el och fjärrvärme.



Bildkälla: presentation från Härnösand Energi & Miljö (hemab.se)

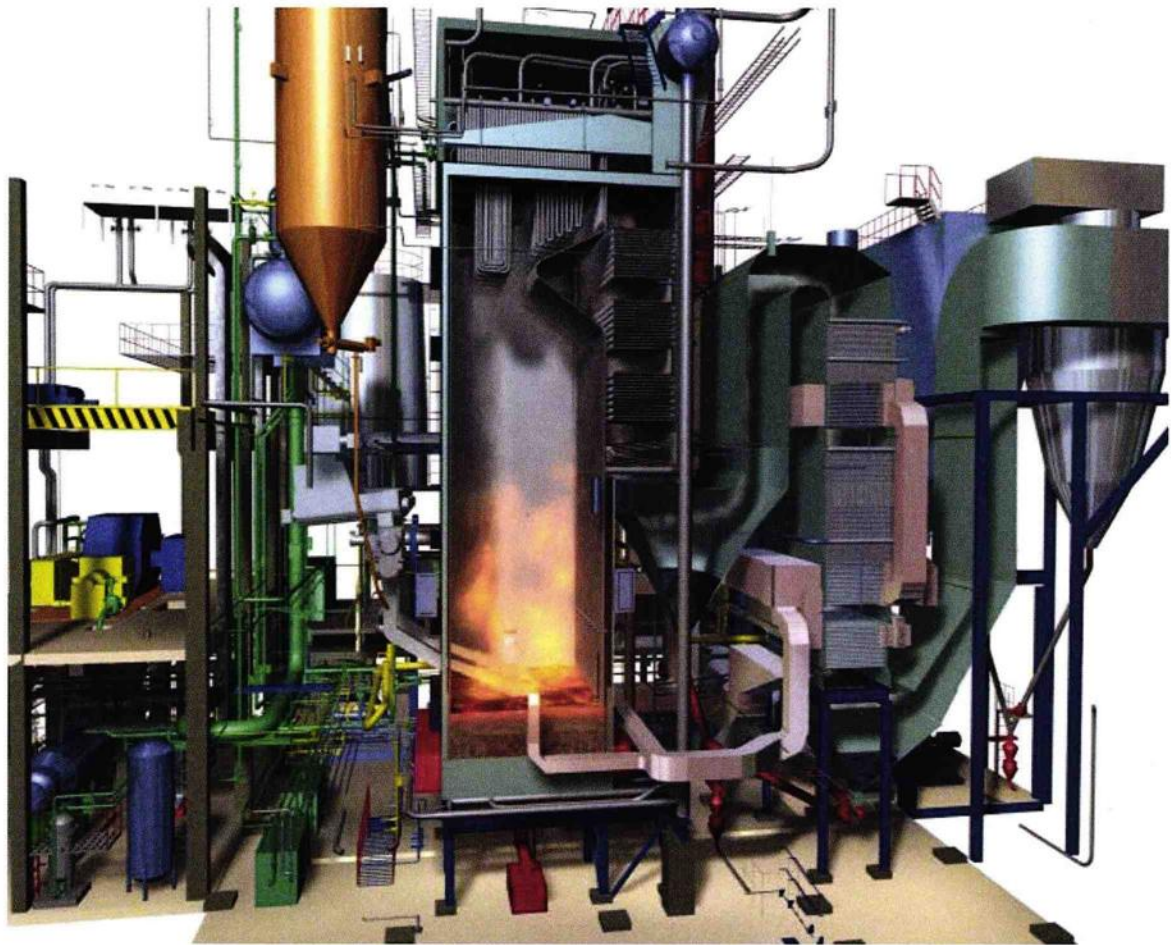
- a) Kraftvärmeverkets ångkraftanläggning består av olika grundläggande komponenter (nummer 1 till 6) som krävs för att vid det givna tillståndet producera ånga och utveckla mekanisk effekt.



Redogör för de komponenter som ingår och förklara kortfattat deras funktion som del av ångkraftanläggningen. (6 P)

- b) Överhettad ånga strömmar från komponent 1 till komponent 2. Nämn en anledning till att man överhettar ångan. (1 p)

2. P (15 P)



Bildkälla: presentation från Härnösand Energi & Miljö (hemab.se)

I Härnösands kraftvärmeverk används en blandning av olika bränslen. I ett driftsfall består bränsleblandningen av 20 % barkflis, 50 % torrflis och 30 % träpulver (värden angivna i massprocent) med effektivt värmevärde enligt nedanstående tabell.

Bränsle	Effektivt värmevärde
barkflis	7300 kJ/kg
träpulver	17700 kJ/kg
torrflis	16600 kJ/kg

Drifingenjören vill nu beräkna hur många ton av bränsleblandningen per timme han måste tillföra pannan, för att kunna producera 13 kg 500 °C överhettad ånga per sekund. Panntrycket är 125 bar vid kokpunkten 328 °C. Matarvattnet har en temperatur på 128 °C. Sätt värmekapaciteteten för vattnet lika med 4,2 kJ/(kg*K), ångbildningsvärmens vid kokpunkten till $1,7 \cdot 10^3$ kJ/kg, samt ångans värmekapacitet till 2,5 kJ/(kg*K). Anta (optimistiskt) att givna värmekapaciteteter är konstanta över respektive temperaturområden.

- a) Hur mycket energi måste tillföras vattnet i pannan för att producera ånga med en temperatur av 500 °C? (7 P)
- b) Hur mycket bränsle i ton/timme måste tillsättas för att få det angivna ångflödet om panneffekten ligger på 38,61 MW och pannverkningsgraden ligger på 65 %? (6 P)
- c) Ångan passerar vidare genom rörsystemet in i mottrycksturbinen. Hur stor är turbinens teoretiska termiska verkningsgrad om ångan efter turbinen har en temperatur av 200 °C? (2 P)

3. T (3 P)

- a) Vilket tillstånd har ångan direkt efter mottrycksturbinen? (1 P)
- b) Kraftvärmeverket i Härnösand har en värmeväxlare installerad i rökaskanalen som värmer kondensatet innan det förs tillbaka till pannan. Vad är dess uppgift och vad brukar den kallas för? (2 p)

4. P (9 P)

- a) En värmeväxlare (se uppgift 3 b)) är installerad i den givna anläggningen, hur stor effekt tillför rökgaserna vattnet om de värmer vattnet från 50 °C till 85 °C? Vattenflödet är detsamma som ångflödet ut ur pannan, d.v.s. 2,86 ton/min. Anta att vattnets värmekapacitet är konstant och lika med 4,2 kJ/(kg*K). (2P)
- b) Rökgasen från processen kyls ner med ovan nämnda värmeväxlare. Rökgasen består av koldioxid CO₂, vatten H₂O, kväve N₂ och ytterst lite svaveldioxid SO₂. Beräkna motsvarande volymprocentandelar för kväve och vatten vid följande rökassammansättning: (5 P)

gaskomponent	massprocent
CO ₂	26 %
N ₂	69 %
H ₂ O	5 %

- c) Beräkna massan av andelen koldioxid i 1 kubikmeter rökgas (volymprocent CO₂ = 18 %) när den lämnar skorstenen med en temperatur av 110 °C och normalt atmosfärstryck. (Ideala förhållanden kan antas) (2 P)

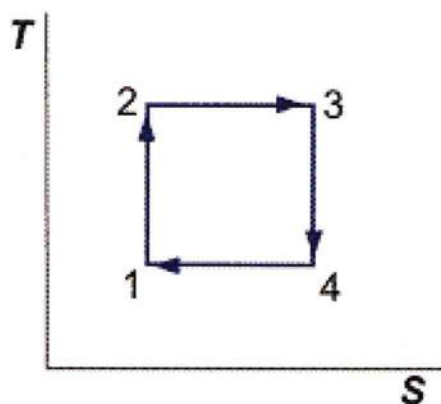
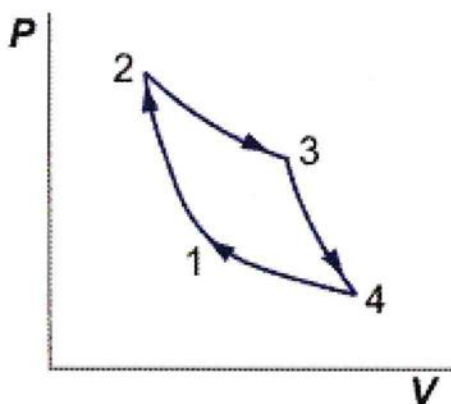
5. T (8 P)

Rita ett Sankey-diagram av ångkraftanläggningen vid Härnösands kraftvärmeverk där förbränning, ångbildning, kraft- och värmeproduktion finns med (exakta värden eller rätt proportioner är inget krav, bara utseendet stämmer principiellt). Värmen nyttjas till fjärrvärmenätet. Notera att all energi inte kan nyttiggöras då det finns förluster i systemet. (8 P)

6. T (12 P)

I en värmemaskin omvandlas värmeenergi till mekaniskt arbete. Carnots kretsprocess anger det största utbytet av mekanisk energi som kan erhållas från en maskin, som arbetar mellan två bestämda temperaturer.

- Vad säger kortfattat termodynamikens första huvudsats? (1 P)
- Vad kännetecknar en Carnot process? (1 P)
- En ideal Carnot process har följande TS- (temperatur, entropi) respektive PV- (tryck, volym) diagram. Vad kännetecknar de 4 tillståndsändringarna mellan $1 \rightarrow 2$, $2 \rightarrow 3$, $3 \rightarrow 4$ och $4 \rightarrow 1$, och var tillförs respektive bortförs värme? (6 P)



- En annan kretsprocess är Otto-cykeln, och ett typiskt exempel är Ottomotor. Ange 2 st egenskaper som kännetecknar en Ottomotor och förklara kortfattat två typer av yttre förluster som kännetecknar kolmotorer! (4 P)

7. T (6 P)

- Definiera absoluttryck, övertryck och undertryck och förklara skillnaden med hjälp av en lämplig skiss. (5 P)
- Hur kan man definiera den relativa luftfuktigheten? (1P)

8. P (12 P)

Energiutvecklingen håller på att förändras i olika delar av världen. I samband med katastrofen i Fukushima beslutade den tyska regeringen att fasa ut samtliga kärnkraftverk. Detta innebar ett intensivt sökande efter alternativa vägar till försörjning av den tyska marknaden med el. Varierande lösningar diskuterades, och en energibesparande lösning var s.k. pumpkraft. Pumpkraftverk är speciella typer av vattenkraftverk som möjliggör lagring av energi i form av uppumpat vatten som kan nyttjas för att producera elenergi vid behov. Man har nu beslutat att bygga ett nytt pumpkraftverk i närheten av en vindkraftpark för att kunna använda överflödigt energi. Det nya pumpkraftverkets bassäng kan hålla upp till $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ vatten och vindkraftparken består av 25 turbiner med en märkeffekt av 2,2 MW.

- a) Vad är vindkraftparkens totala sammanlagda maximala effekt? (0,5 P)
- b) Vad blir turbinens verkningsgrad om vindhastigheten är 14 m/s? Rotorns diameter är 62 m och luftens densitet kan antas vara $1,2 \text{ kg/m}^3$. (1 P)
- c) Hur stor är den maximala vattenenergin om pumpkraftverkets bassäng är placerad 120 m.ö.h. (meter över havet), och hur mycket av denna maximala vattenenergi kan en reversibel pumpturbin 10 m.ö.h. utnyttja om turbinens verkningsgrad är 78 %? Vattnets densitet antas vara 1000 kg/m^3 . Ange svaret i procent av den maximala vattenenergin. (6 P)
- d) Hur länge måste vindkraftverken snurra för att fylla hela bassängen, om den reversibla pumpturbinen drivs med el från vindparken när turbinerna arbetar vid märkeffekt. Anta att vid uppfodring av vattnet förlorar vi 40 % av den producerade vindenergin. (4,5 P)