



Försättsblad Prov Original

Kurskod	Provkod	Tentamensdatum
E R 0 4 7 G	T 1 0 1	2 0 1 9 - 0 1 - 0 9
Kursnamn	Energiteknik GR (B), Effektiv resurs- och energianvändning	
Provnamn	Tentamen	
Ort	Sundsvall	
Termin		
Ämne		

TENTAMEN

2019-01-09

Kursmoment:	Tentamen
Kurskod:	ER047G
Kurs:	Energiteknik GR (A), Effektiv resurs- och energianvändning, 6,0 hp
Skrivtid:	5 timmar.
Hjälpmedel:	Räknedosa
Betygsgränser:	Enligt betygsgränser för ämnet samt kunskapsmål för kursen.
Observera:	Skriv din kod på varje blad Endast en uppgift på varje blad Skriv endast på en sida av varje blad (skriv ej på baksidan)

Syfte och lärandemål

Kursen syftar till att introducera energitekniken samt att ge verktyg för en effektiv energi- och naturresursanvändning.

Efter avslutad kurs skall den studerande:

- kunna redogöra översiktligt för energisystemets roll i Sverige och övriga världen.
- förstå och kunna tillämpa energiteknikens grundläggande begrepp och metoder.
- kunna redogöra för de viktigaste energiomvandlingsteknikernas funktion och roll i energisystemet.
- kunna förklara kopplingen mellan naturresursanvändning, miljö och klimat.
- förstå grundläggande energiekonomi
- kunna redogöra för begreppet energieffektivitet och förstå effekten av effektiviseringsåtgärder i ett vidare perspektiv.
- ha kännedom om energiledningssystem och livscykelanalys samt förmåga att genomföra en enklare livscykelanalys

1. Sveriges energisituation (6 p.)

- a) Sveriges elproduktion är ungefär 160 TWh per år. Hur produceras den elektriciteten, dvs i vilken typ av anläggningar och från vilka energikällor. Ange även de två viktigaste energikällorna som används för kraftproduktion i Sverige?
- b) Vilka kraftverk måste ersättas om svensk kraftproduktion skall ske på ett uthålligt sätt? Finns andra åtgärder som kan genomföras för att underlätta en anpassning av kraftsystemet till uthållig produktion?

2. Grundläggande begrepp (4 p.)

- a) Ett klassiskt exempel på en innovativ men omöjlig energiupppfinning är en båt som tar värme från havsvattnet och använder den energin för att driva en motor. Varför kan inte den maskinen fungera?

3. Värmekraftverk (6 p.)

- a) Beskriv hur ett kraftverk som producerar el från värme fungerar. De viktigaste komponenterna i kraftverket skall finnas med i beskrivningen samt vattenångans tillstånd (vätska eller ånga) i de olika stegen.
- b) Beräkna en ångcykels termiska verkningsgrad om det har ångdata enligt tabellen nedan. Processen kan antas arbeta idealt med en isokor pump och en isentrop turbin.

Punkt	Tryck p, (bar)	Temperatur (°C)
1: Före pump	0,03	Mättnadstemperatur
2: Före panna	70	
3: Före turbin	70	500
4: Före kondensator	0,03	Mättnadstemperatur

- c) Matarvattnet har massflödet 14,4 kg/s. Vilket arbete levererar ångcykeln vid detta massflöde? Bilaga. Ångtabeller.

4. Pumpar (6 p.)

- a) Beskriv hur en turbopump (centrifugalpump) fungerar. Vilka viktiga för- och nackdelar har denna pump.
- b) En ideal pump kan anses vara en isokor process eftersom vätska nästan är inkompressibel. Vilken effekt krävs för att höja tryckhöjden på vatten från 1 meter vattenpelare till 35 meter vattenpelare om pumpen kan antas arbeta isokort och om flödet är 10 liter per sekund?
- c) Pumpens verkningsgrad är 65%. Vilken elmotoreffekt krävs för att leverera tryckstegring och flöde enligt uppgift b ovan?
- c) Flödet från en pump kan regleras med varvtalsstyrning eller strypning. Vilken reglerstrategi är energieffektivast och varför är den ena effektivare än den andra?

Ledning:

$$P \text{ (W)} = \frac{P_{\text{nyttig}}}{\eta_{\text{tot}}} = \frac{\dot{m} \cdot g \cdot H}{\eta_{\text{tot}}} = \frac{\rho \cdot \dot{V} \cdot g \cdot H}{\eta_{\text{tot}}} = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p_t}{\eta_{\text{tot}}}$$

där Δp_t är totala tryckhöjningen i pumpen

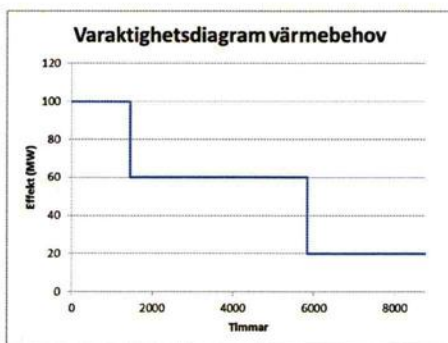
Bilaga: Formelsamling

5. Energi och miljö (6 p.)

- Energianläggningar orsakar påverkan på miljön. Vilka är de viktigaste utsläppen från en stor förbränningsanläggning?
- Beskriv två metoder för att minska utsläppen av skadligt stoft från en förbränningsanläggning.
- Hur kan förbränningsanläggningars klimatpåverkan minskas?

6. Energoptimering (6 p.)

Ett enkelt fjärrvärmesystem har ett varaktighetsdiagram som kan approximeras med tre rektanglar. Under vintern som är två månader produceras 100 MW värme. Under mellansäsongen (sex månader) produceras 60 MW värme. Under sommaren (fyra månader) produceras 20 MW värme.



Värmen produceras i tre anläggningar med följande kostnader:

	Installerad effekt (MW)	Rörlig kostnad (kr/MWh)	Fast kostnad (MKr)
Olja	140	600	15
Fastbränsle	50	200	30
Värmepump	25	175	20

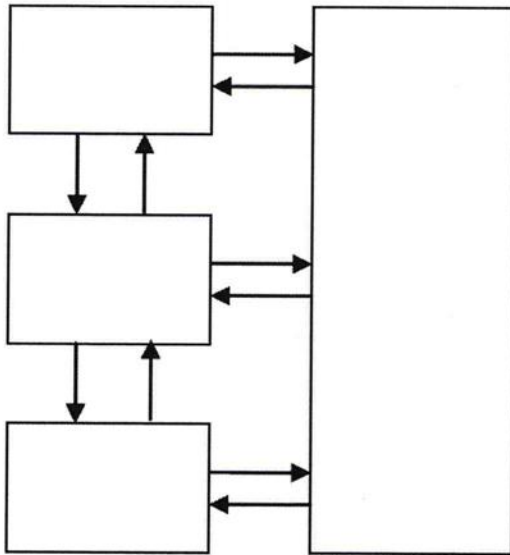
- Optimera driften i detta system så att värmen produceras med så låg kostnad som möjligt, dvs visa hur mycket värme som produceras per säsong i de olika anläggningarna.
- Hur stor är den totala årliga rörliga kostnaden per år och den totala årliga fasta kostnaden per år.
- Hur hög bör fjärrvärmens rörliga avgift vara på vintern om taxan baseras på kortsiktiga marginalkostnader?

7. Energimarknader (6 p)

- Hur prissätts det rörliga elpriset på den nordiska elmarknaden på kort och lång sikt.
- Vad är elcertifikatssystemet och hur kan det bidra till att utbudet av förnybart producerad elektricitet ökar på den svenska marknaden?

8. LCA (6 p)

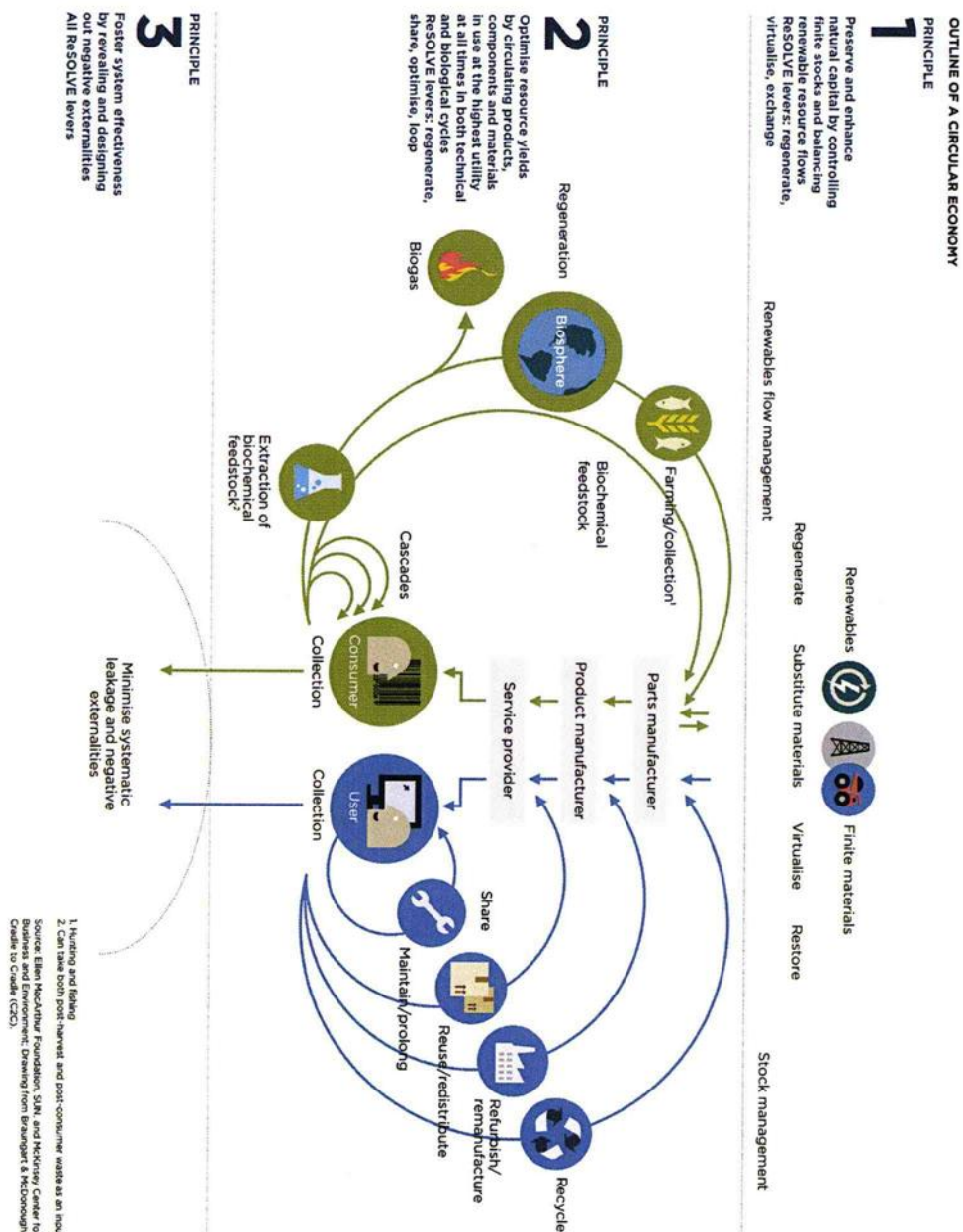
I ISO 14040 standarden för LCA är metoden beskriven om delad i fyra delar / faser, som figuren nedan.



- Vilka är de fyra faserna? (rita figuren i ditt svar och ange vilka faserna är). Beskriv kort respektive fas.
- Beskriv varför pilarna överallt går i båda riktningarna.

9. Cirkulär ekonomi (4 p.)

Figur 8.1 nedan visar en struktur för en cirkulär ekonomi. Strukturen bygger på tre bärande principer. Förklara de tre principerna med egna ord och ge minst tre konkreta exempel per princip som kan genomföras och syfte med åtgärden (till exempel byta från kol till biobränsle för att minska temperaturökningen i atmosfären)



Figur 8.1: Outline of a circular economy



Formelsamling

ER031G. Tillämpad energiteknik för processindustrin

1 Generella formler

$$\text{Hastighet : } c = \frac{ds}{dt}$$

$$\text{Acceleration : } a = \frac{dc}{dt}$$

$$\text{Kraftekvationen : } F = m \cdot a$$

$$\text{Arbete : } dW = F \cdot ds, \quad W = F \cdot s \text{ då } F \text{ är konstant}$$

$$\text{Effekt : } P = \frac{dW}{dt}$$

$$\text{Densitet : } \rho = \frac{m}{V}$$

$$\text{Volymitet : } v = \frac{V}{m}$$

$$\text{Tryck : } p = \frac{F}{A}$$

$$\text{Kontinuitetsekvationen : } \partial_1 \cdot c_1 \cdot A_1 = \partial_2 \cdot c_2 \cdot A_2$$

Kontinuitetsekvationen vid konstant

$$\text{densitet (inkompressibla medier): } c_1 \cdot A_1 = c_2 \cdot A_2$$

$$\text{Bernoullis ekvation : } \frac{c_1^2}{2} + g \cdot h_1 + \frac{p_1^2}{\rho} = \frac{c_2^2}{2} + g \cdot h_2 + \frac{p_2^2}{\rho}$$

$$\text{Verkningsgrad : } \eta = \frac{\text{Nyttig avgiven energi}}{\text{Tillförd energi}}$$

2 Värmelära

Allmänna gaslagen : $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ eller $p \cdot V = n \cdot R_M \cdot T$

där R_M = Allmänna gaskonstanten och n = antal kmol

$$R_M = 8314 \text{ J/kmol} \cdot \text{K}$$

Värme vid konstant tryck : $dQ = m \cdot c_p \cdot dt$

$$Q \approx m \cdot \bar{c}_p \cdot \Delta t \text{ då } c_p \text{ varierar lite}$$

Värme vid konstant volymitet : $dQ = m \cdot c_v \cdot dt$

$$Q \approx m \cdot \bar{c}_v \cdot \Delta t \text{ då } c_v \text{ varierar lite}$$

Samband mellan c_p , c_v och R för ideala gaser :

$$c_p - c_v = R \text{ samt } \frac{c_p}{c_v} = \kappa$$

Tekniskt arbete : $w = -v \cdot dp$

Minustecknet definierar att avgivet arbete (expansion) är >0

Entalpi : $i = u + p \cdot v$

$$dq = di - v \cdot dp$$

$$\text{Entropi : } ds = \left(\frac{dq}{dT} \right)_{\text{rev}}$$

Termodynamiska processer

Isokor process : $V = \text{konstant}$

$$Q = m \cdot c_v \cdot \Delta t$$

$$w = v \cdot \Delta p$$

Isobar process : $p = \text{konstant}$

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta t$$

$$w = 0$$

Isoterm process : $T = \text{konstant}$

$$Q = m \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2} = m \cdot R \cdot T \cdot \ln \frac{v_2}{v_1} = m \cdot T \cdot (s_2 - s_1) = W$$

$$w = R \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2} = R \cdot T \cdot \ln \frac{v_2}{v_1} = T \cdot (s_2 - s_1) = q \text{ för ideal gas}$$

Adiabat, isentrop process : $\Delta Q = 0$

$$Q = 0$$

$$w = i_2 - i_1$$

Cirkelprocess. Carnotprocess : $\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

3 Pumpning

$$\text{Uppföringshöjd : } H_{\text{pump}} = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + h$$

$$\text{Teoretiskt isokort pumparbete : } w = v \cdot \Delta p$$

Systemkaraktäristika :

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + h_2 - h_1 + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2 \cdot g} + \Delta p_{f12} = H_{\text{stat}} + \Delta h_f = H_{\text{stat}} + \text{konst} \cdot \dot{V}^2$$

$$\text{Pumpeffekt : } P = \frac{P_{\text{nyttig}}}{\eta_{\text{tot}}} = \frac{\dot{m} \cdot g \cdot H}{\eta_{\text{tot}}} = \frac{\rho \cdot \dot{V} \cdot g \cdot H}{\eta_{\text{tot}}} = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p_t}{\eta_{\text{tot}}}$$

där Δp_t är totala tryckhöjningen i pumpen

4 Värmeväxling

$$\text{Värmeledning : } P = A \cdot \lambda \cdot \frac{t_1 - t_2}{x_2 - x_1} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot A \cdot (t_1 - t_2)$$

$$\text{Värmöverföring genom plan vägg : } P = A \cdot k \cdot (t_v - t_k) \text{ där } \frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_v} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k}$$

$$\text{Överförd värmeväxlareffekt : } P = A \cdot k \cdot \mathcal{G}_m \text{ där } \mathcal{G}_m = \frac{\mathcal{G}' - \mathcal{G}''}{\ln \frac{\mathcal{G}'}{\mathcal{G}''}}$$

5 Ångkraftprocessen

$$\text{Ånghalt : } x = \frac{i_f - i'}{i'' - i'} = \frac{s_f - s'}{s'' - s'} = \frac{v_f - v'}{v'' - v'}$$

$$\text{Ångbildningsvärme : } r = i'' - i'$$

$$\text{Förenklad teoretisk termisk verkningsgrad : } \eta_{tt} = \frac{i_{\text{oh}} - i_{\text{koh}}}{i_{\text{oh}} - i_{\text{mv}}} \text{ (pumparbetet försummas)}$$

$$\text{Termisk verkningsgrad : } \eta_t = \frac{(i_{\text{oh}} - i_k) - (i_{\text{mv}} - i_k)}{i_{\text{oh}} - i_{\text{mv}}} = 1 - \frac{i_k - i_k'}{i_{\text{oh}} - i_{\text{mv}}} = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

$$\text{Isentropverkningsgrad : } \eta_s = \frac{i_o - i_k}{i_o - i_{ko}}$$

$$\text{Värmebalans förvärmare : } \dot{m}_{1,\text{in}} \cdot i_{1,\text{in}} + \dot{m}_{2,\text{in}} \cdot i_{2,\text{in}} = \dot{m}_{1,\text{ut}} \cdot i_{1,\text{ut}} + \dot{m}_{2,\text{ut}} \cdot i_{2,\text{ut}}$$

$$\text{Massbalans blandningsförvärmare : } \dot{m}_{1,\text{in}} + \dot{m}_{2,\text{in}} = \dot{m}_{1+2,\text{ut}}$$

