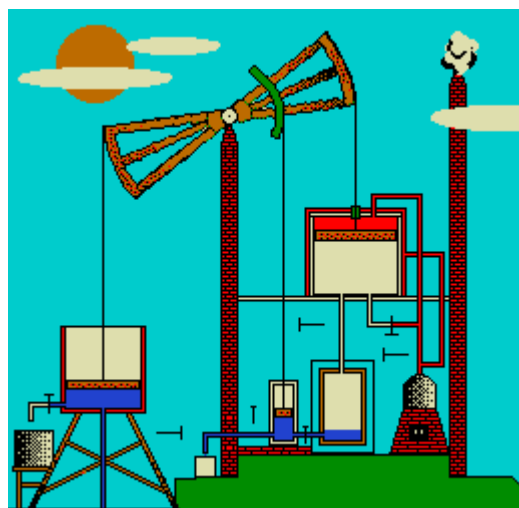


# Øvelsesopgaver i turbine- og kedelanlæg

## Indledning til dampmaskiner.

I årene fra ca. 1760 til 1840 opstår den industrielle revolution i England. På det tidspunkt har man stort set opbrugt alle skove, fordi man ikke hurtigt nok fik tilplantet nye skove. Derfor var træet som blev benyttet til brændsel, stort set opbrugt. Det var derfor nødvendigt at benytte kul som befandt sig i mineskakte. Kul kaldes også for fossilt brændstof, fordi det oprindeligt er blevet dannet ved at træ og planter er gået i forrådnelse og derved over millioner af år er blevet omdannet først til brunkul og senere til stenkul eller grafit. Stenkul er bedre end brunkul, fordi det indeholder en større mængde kulstof. Som vi ved i dag giver afbrænding af kul anledning til en udledning af  $\text{CO}_2$  og  $\text{SO}_2$ . Man kan forestille sig hvor tung røgen må have hængt i de store engelske byer.



Dampteknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

1. Bestem ved hjælp af et h,s diagram for vanddamp følgende :

- 1.1 Entalpien ved 36 bar og 420 grader celsius.
- 1.2 Entalpien ved 0,08 bar og  $x = 0,87$
- 1.3 Entalpien ved 32 bar og 439 grader celsius
- 1.4 Entalpien ved 25 bar og 415 grader celsius
- 1.5 Tørhedsgraden ved 0,1 bar og entalpi på 2390 kJ / kg
- 1.6 Det isentropiske entalpifald i kJ / kg for kraftdamp af 40 bar og 450 grader celsius. kondensatortrykket er 0,06 bar

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

2. Løs følgende opgaver ved hjælp af et h,s diagram for vanddamp :

- 2.1 Tørmættet damp ved 10 bar ekspanderer isentropisk til 0,5 bar. Find entalpifaldet og tørhedsgrad
- 2.2 Ved noget damp ved 5 bar, 250 grader celsius aftager entalpien med 380 kJ / kg ved en isentropisk ekspansion. Find det nye tryk og tørhedsgraden.
- 2.3 Tørmættet damp ved 1,2 bar komprimeres isentropisk til 8,0 bar. Find den nye temperatur og entalpiforøgelsen.
- 2.4 Damp ved 12 bar, 250 grader celsius drøvles til 5,0 bar hvorefter entalpien aftager 630 kJ / kg isentropisk . Find tørhedsgraden.
- 2.5 Tørmættet damp af 12 bar drøvles til 5,0 bar. Hvor mange grader bliver dampen overhedet
- 2.6 Til hvilket tryk skal damp af 15 bar,  $x = 0,98$  drøvles for at blive tørmættet ?

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

3. Bestem ved hjælp af et h,s diagram for vanddamp følgende ;

- 3.1 Temperaturen efter drøvling af tørmættet damp ved 16 bar og til 4 bar.
- 3.2 Damp af 0,2 bar,  $x = 0,82$  får tilført 200 kJ / kg ved konstant tryk. Find den nye tørhedsgrad.


\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

4. Før en dyse er dampens tryk og temperatur henholdsvis 14 bar og 400 grader celsius og dens hastighed er 40 m/s. Efter dysen er trykket 4.0 bar. Der regnes med reversibel adiabatisk ekspansion.

Find / beregn :

- 4.1 Dampens entalpi før dysen
- 4.2 Dampens entalpi efter dysen
- 4.3 Dampens udløbshastighed i m/s
- 4.4 Dampens udløbshastighed efter dysen hvis der ses bort fra tilløbshastigheden.

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

Dampteknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

5. Dampens hastighed før ledetudene er 50 m/s og entalpifaldet er 200 kJ / kg

5.1 Find dampens udløbshastighed i m/s.

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

6. Før en ledetud er dampens tryk 10 bar og dens temperatur er 200 grader celsius. Efter ledetuden er trykket 5,5 bar. Den Isentropiske virkningsgrad er 0,95.

Find :

6.1 Dampens entalpi før ledetuden i kJ / kg.

6.2 Dampens entalpi efter ledetuden i kJ / kg.

6.3 Dampens tørhedsgrad efter ledetuden.

6.4 Dampens hastighed efter ledetuden i m/s

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

7 Dampens tilstand før en dyse er 20 bar, 400 grader celsius. Efter dysen er trykket 10 bar og hastigheden er 610 m/s.

Find :

7.1 Den isentropiske virkningsgrad.

7.2 Dampens temperatur efter dysen.

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

8. Hastigheden før og efter en dyse er 45 m/s og 720 m/s.

Find :

8.1 Dampens entalpifald i kJ / kg.

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

9 I en Laval dyse ekspanderer dampen fra 13 bar, 300 grader celcius til 1,2 bar med  $x = 0,95$ .

Find:

9.1 Dampens enthalpi før dysen i kJ / kg.

9.2 Dampens enthalpi efter dysen i kJ / Kg.

9.3 Entalpifaldet i dysen i kJ / kg.

9.4 Dampens hastighed efter dysen i m/s.

9.5 Hvorfor og hvor bruges en Laval dyse?

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

Dampteknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

10 I en overtryksturbines første ledetude er entalpifaldet  $190 \text{ kJ / kg}$  , og dampstrømmen danner en vinkel på  $12^\circ$  med løbehjulets plan. Dampens relative udløbshastighed fra løbeskovlene er lig med dens absolutte indløbshastighed, og den relative indløbshastighed i løbeskovlene er lig med den absolutte udløbshastighed fra dem. Skovlhastigheden er  $550 \text{ m / s}$ .

Find :

- 10.1 Dampens udløbshastighed fra ledetudene i  $\text{m / s}$ .
- 10.2 Dampens absolutte udløbshastighed fra løbeskovlene i  $\text{m / s}$ .
- 10.3 Dampstrømmen  $C_2$ 's vinkel med løbeskovlenes plan.

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

11 I en enkelttrins enstryksturbine med et dampforbrug på  $900 \text{ kg / h}$  er dampens udløbshastighed fra ledetudene  $500 \text{ m / s}$ , og dampstrømmen danner en vinkel på  $10^\circ$  med løbehjulets plan. Ved udstrømningen fra løbeskovlene er dampstrømmen parallel med turbinens akse. Skovlhastigheden er  $200 \text{ m / s}$ , og der ses bort fra friktionstab.

Find :

- 11.1 Dampens relative indløbshastighed i løbeskovlene
- 11.2 Dampens relative udløbshastighed fra løbeskovlene
- 11.3 Dampens absolutte udløbshastighed
- 11.4 Dampens tryk mod løbeskovlene i dennes bevægelsesretning
- 11.5 Den til løbehjulet afgivne effekt i  $\text{kW}$


\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

12 En turbogenerator afgiver  $20.000 \text{ kW}$  målt på klemmerne, og generatorens virkningsgrad er  $92 \%$ . Kraftdampens tryk er  $50 \text{ bar}$  , temperatur er  $420$  grader celcius og kondensatortrykket er  $0,04 \text{ bar}$ . Kølevandsmængden er målt til  $2900 \text{ t / h}$  og til- og afgangstemperaturerne er  $10$  grader celcius samt  $24$  grader celcius. Dampforbruget er  $80 \text{ t / h}$ .

Find :

- 12.1 Den varmeeffekt kølevandet bortfører i  $\text{kW}$ .
- 12.2 Spildedampens enthalpi i  $\text{kJ / kg}$
- 12.3 Spildedampens tørhedsgrad
- 12.4 Dampens virkelige entalpifald i  $\text{kJ / kg}$ .
- 12.5 Dampens isentropiske entalpifald i  $\text{kJ / kg}$ .
- 12.6 Turbinens indre ydelse i  $\text{kW}$ .
- 12.7 Den indre isentropiske virkningsgrad
- 12.8 Turbinens mekaniske virkningsgrad.
- 12.9 Hvilke tab er der i turbinen?

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

Dampteknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

13. Fra et turbogeneratoranlæg foreligger følgende oplysninger:

- Turbinens indre isentropiske virkningsgrad	0,74
- Turbinens mekaniske virkningsgrad	0,94
- Generatorens mekaniske virkningsgrad	0,95
- Damptryk før turbinens reguleringsventil	85 bar
- Damptemperatur før turbinens reguleringsventil	500 grader Celcius
- Damptryk efter turbinens reguleringsventil	80 bar
- Turbinens modtryk	5 bar

Ved beregningerne skal der ikke tages hensyn til varmeafgivelse til omgivelserne.

- 13.1 Bestem dampens temperatur ved udstrømning fra turbinen
- 13.2 Beregn hvor mange procent dampforbruget pr. produceret kWh ville reduceres hvis turbinens modtryk blev ændret til 0,05 bar, når det forudsættes at turbineanlæggets øvrige data er uændrede.
- 13.3 Beskriv forskellen på drøvleregulering og delbestråling.

\_\_\_\_\_O\_\_\_\_\_

14. Fra et turbineanlægs kondensator foreligger følgende oplysninger :

- Temperatur i fortætningsrummet	28 grader celcius
- Vacuummålerens visning	96 %
- Barometerstand	770 mm Hg

- 14.1 Beregn luftens partialtryk i kondensatorens fortætningsrum angivet i bar
- 14.2 Beregn vacuummålerens visning i % hvis barometerstanden havde været 750 mm Hg.

\_\_\_\_\_O\_\_\_\_\_


15. Spildedamp fra en turbine ledes til en fødevandsforvarmer, der er udført som en pladevarmeveksler. I varmeveksleren opvarmes fødevandet fra 90 grader celcius til 120 grader celsius.

Fra fødevandsforvarmeren foreligger endvidere følgende :

- Tilført fødevandsmængde	60 t/h
- Tilført dampmængde	3800 kg/h
- Damptryk ved tilgang	3 bar
- Entalpi af kondensat ved afgang	550 kJ/kg
- Forvarmerens varmeoverførende areal	25 m <sup>2</sup>

Der ses ved beregningerne bort fra varmetab til omgivelserne.

- 15.1 Beregn spildedampens tørhedsgrad ved tilgang til forvarmeren.
- 15.2 Beregn forvarmerens varmetransmissionskoefficient angivet i W/m<sup>2</sup>\*°C.

Damp teknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

\_\_\_\_\_0\_\_\_\_\_

16. Fra et turbogeneratoranlæg forligger følgende data :

- Turbinens indre isentropiske virkningsgrad	0,73
- Turbinens mekaniske virkningsgrad	0,94
- Generatorens virkningsgrad	0,96
- Damptryk før turbinens reguleringsventil	75 bar
- Damptemperatur før turbinens reguleringsventil	500 grader celcius
- Damptryk efter turbinens reguleringsventil	60 bar
- Turbinens modtryk	0,07 bar

Ved beregningerne skal der ikke tages hensyn til varmeudveksling med omgivelserne.

- 16.1 Bestem dampens temperatur og specifikke volumen ved udstrømning fra turbinen.  
 16.2 Beregn hvor mange procent dampforbruget pr. kWh ville forøges, hvis turbinens modtryk blev ændret til 5 bar. Det forudsættes at anlæggets øvrige data er uændrede.

\_\_\_\_\_0\_\_\_\_\_

17. På en kondensator i drift er følgende målt :

- Temperatur i kondensatorens fortætningsrum	22,5 grader celcius
- Visning på vacuummåler	95 %
- Lufttryk i maskinrum	770 mm Hg

- 17.1 Beregn luftens partialtryk i kondensatoren i bar.  
 17.2 Beregn vacuummålerens visning hvis lufttrykket i maskinrummet havde været 755 mm Hg.

\_\_\_\_\_0\_\_\_\_\_

18. Fra et turbogeneratoranlæg, hvorfra dampen ledes til en separat kondensator, foreligger følgende oplysninger :

- Turbinens indre isentropiske virkningsgrad	0,71
- Turbinens mekaniske virkningsgrad	0,94
- Generatorens virkningsgrad	0,96
- Damptryk før turbinens reguleringsventil	70 bar
- Damptemperatur før turbinens reguleringsventil	510 grader celcius
- Damptryk efter turbinens reguleringsventil	55 bar
- Kondensatortryk	0,06 bar
- Turbinens dampforbrug	5000 kg / h
- Kølevandets temperaturstigning i kondensatoren	7 grader celcius

- 18.1 Beregn generatorens afgivne effekt.  
 18.2 Bestem spildedampens tørhedsgrad ved udstrømning fra turbinen.  
 18.3 Beregn kølevandsmængden gennem kondensatoren, angivet i kg kølevand pr. kg tilført damp.  
 18.4 Hvad formål har spærredampsystemet for et turbineanlæg?

Damp teknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

19. På et idriftværende turbogeneratoranlæg er målt følgende :

- Tilført dampmængde til turbinen	60 t / h
- Damptryk ved tilgang til turbinen	90 bar
- Damptemperatur ved tilgang til turbinen	550 grader celcius
- Damptemperatur ved udløb fra turbinen	210 grader celcius
- Turbinens modtryk	4 bar
- Generatorens afgivne effekt	9570 kW

Turbinens mekaniske virkningsgrad er ifølge databladene 0,95

19.1 Beregn turbinens indicerede effekt.

19.2 Beregn turbinens indre isentropiske virkningsgrad samt generatorens virkningsgrad.

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

20. På et turbineanlæg hvor der anvendes drøvling til regulering af ydelsen har følgende data :

- Damptryk før reguleringsventilen	70 bar
- Damptemperatur før reguleringsventilen	510 grader celcius
- Turbinens indre isentropiske virkningsgrad	0,72
- Kondensatortryk	0,06 bar

Ved en given belastning er damptrykket efter dampventilen 25 bar.

20.1 Beregn hvor mange procent det specifikke dampforbrug i kg damp / kWh ville reduceres ved den givne delast, hvis der i stedet for Drøvleregulering var anvendt dyseregulering. Den indre isentropiske virkningsgrad regnes for uændret.

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

21. Fra et turbogeneratoranlæg foreligger følgende oplysninger :

- Generatorens afgivne effekt	1400 kW
- Generatorens virkningsgrad	0,95
- Damptryk ved tilgang til turbinen	25 bar
- Damptemperatur ved tilgang til turbinen	450 grader celcius
- Turbinens modtryk	1,5 bar
- Damptemperatur ved udløb fra turbinen	210 grader celcius
- Turbinens mekaniske virkningsgrad	0,92

21.1 Beregn turbinens indre isentropiske virkningsgrad

21.2 Beregn turbinens dampforbrug

21.3 Beregn turbinens isentropiske klemmevirkningsgrad.

Damp teknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

22. Fra en dampturbine ledes damp fra et udtag til en pladevarmeveksler, hvori brændolie opvarmes fra 70 grader til 130 grader celcius.

Ved forvarmeren er følgende blevet målt :

- Brændolie gennem forvarmeren	5 t / h
- Damptryk ved tilgangen	6,5 bar
- Damptemperatur ved tilgangen	165 grader celcius
- Damptemperatur ved afgangen	160 grader celcius

Endvidere er der oplyst :

- Brændoliens varmekapacitet	2,0 kJ / kg*°C
- Varmeovergangstal fra damp til hedeflade	6000 w / m <sup>2</sup> *°C
- Varmeovergangstal fra hedeflade til brændolie	4200 w / m <sup>2</sup> *°C
- Varmeledningstal for plademateriale	50 w / m * °C
- Pladetykkelse	1,2 mm

I beregningerne skal der ikke regnes med trykfald i forvarmeren, ligesom der ses bort fra varmeudveksling med omgivelserne.

- 22.1 Beregn den tilførte dampmængde.  
22.2 Beregn varmevekslerens varmeoverførende areal.

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

23. Fra et udstødskedelanlæg i et motorskib ledes dampen til en turbine, der driver en generator. Turbinens indre isentropiske virkningsgrad er ifølge fabrikantens oplysninger 0,68 og generatorens virkningsgrad er 0,94.

Under normal drift er følgende målt på anlægget :


- Generatorens afgivne effekt	754 kW
- Damptryk ved tilgang til turbinen	12 bar
- Damptemperatur ved tilgang til turbinen	280 °C
- Damptryk ved afgang fra turbinen	0,05 bar
- Tilført dampmængde	5150 kg / h

- 23.1 Beregn turbinens indre effekt.  
23.2 Beregn turbinens mekaniske virkningsgrad og tab i kW  
23.3 Beregn turbinens kondensatortab i kW  
23.4 Beregn kondensatorens kølevandsmængde i tons/h ved en  $\Delta t_{\text{vand}}$  på 10 k.

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

24. I forbindelse med en kondensationsturbine ønskes til opvarmningsformål indbygget en



Dampteknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

luftforvarmer i turbinens spildedampledning. For det ombyggede turbineanlæg foreligger der følgende oplysninger :

- Turbinens afgivne effekt	100 kW
- Damptryk ved tilgang til turbinen	20 Bar
- Damptemperatur ved tilgang til turbinen	410 grader celcius
- Turbinens indre isentropiske virkningsgrad	0,80
- Turbinens mekaniske virkningsgrad	0,97
- Damptryk i forvarmer og kondensator	0,3 bar
- Lufttemperatur ved tilgang til luftforvarmeren	5 grader celcius
- Lufttemperatur ved afgang luftforvarmeren	50 grader celcius
- Luftens middelvarmefylde	1,0 kJ / kg*Grader celcius

Det forudsættes at kondensatet ikke underafkøles og at der ikke er varmetab til omgivelserne.

- 24.1 Beregn den maksimale luftmængde pr. time, der kan forvarmes, hvis hele dampmængden fortættes i forvarmeren.
- 24.2 Beregn den nødvendige størrelse af luftforvarmerens varmeoverførende flade, når dennes varmetransmissionskoefficient er  $120 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{grader celcius}$ , og den kan regnes til at være en plan flade.
- 24.3 Hvad forstås ved en kondensationsturbine?
- 24.4 Hvilke karakteristika har en tromleturbine?

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

25. Ved indløbet til dyserne på en turbine er dampens tilstand 16 bar, 250 grader celcius og ekspansionen forgår isentropisk til 5 bar. Idet der ses bort fra indløbshastigheden findes følgende :

- 25.1 Dampens entalpi før og efter dyserne.
- 25.2 Dampens udløbshastighed

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

26. Før en dyse er dampens tryk 12 bar, temperaturen 200 grader celcius og hastigheden er 50 m/s. Ekspansionen foregår adiabatisk til 6 bar med en indre isentropisk virkningsgrad på 0,9 bar. Find / Beregn :


- 26.1 Det isentrope entalpifald
- 26.2 Det virkelige entalpifald
- 26.3 Dampens tørhedsgrad efter dyserne
- 26.4 Dampens udløbshastighed i m/s

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

27. Dampens hastighed før og efter en ledetud er henholdsvis 50 m/s og 650 m/s

- 27.1 Beregn dampens entalpifald.

\_\_\_\_\_ 0 \_\_\_\_\_

Dampteknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

28. Damp med et tryk på 20 bar og en temperatur på 400 grader celcius strømmer til en turbine med en hastighed på 50 m/s. Ved udløbet fra turbinen har dampen tilstanden 3 bar og 210 grader celcius og en hastighed på 180 m/s.

28.1 Beregn det afgivne arbejde i kJ/kg.

\_\_\_\_\_O\_\_\_\_\_

29. Fra et turbogeneratoranlæg foreligger følgende oplysninger :

- Generatorens afgivne effekt	1400 kW
- Generatorvirkningsgrad	0,95
- Damptryk før turbine	25 bar
- Damptemperatur før turbine	450 grader celcius
- Turbinens modtryk	1,5 bar
- Afgangsdampens temperatur	210 grader celcius
- Turbinens mekaniske virkningsgrad	0,92

29.1 Beregn turbinens indre isentropiske virkningsgrad

29.2 Beregn turbinens dampforbrug

\_\_\_\_\_O\_\_\_\_\_

30. Fra et turbinedrevet generatoranlæg i et skib foreligger følgende oplysninger :

- el – effekt	1000 kW
- generatorvirkningsgrad	0,92
- Dampforbrug	13500 kg / time
- Damptryk	20 bar
- Damptemperatur	300 grader celcius
- Tryk efter turbine	1,4 bar
- Turbinens indre isentropiske virkningsgrad	0,68

30.1 Beregn afgangsdampens entalpi, tørhedsgrad og temperatur

30.2 Beregn turbinens mekaniske virkningsgrad.

\_\_\_\_\_O\_\_\_\_\_

31. Et turbineanlæg består af en højtryks – og en lavtryksturbine. Anlægget tilføres damp med en tilstand på 50 bar, 450 grader celcius. Ved afløbet fra Ht – turbinen er trykket 5 bar og ved tilgangen til Lt - turbinen er det 4,5 bar og ved tilgangen til kondensatoren er trykket 0,06 bar. De indre isentropiske virkningsgrader er for Ht – turbinen 0,84 og for Lt – turbinen 0,82.

31.1 Indtegn processen i et Molliers ´s diagram


31.2 Beregn det isentrope entalpifald i Ht – og i Lt - turbinen

31.3 Beregn det virkelige entalpifald i Ht – og i Lt – turbinen.

31.4 Beregn dampens tørhedsgrad ved udløbet af Lt – turbinen.

31.5 Forklar Carnots ´s virkningsgrad for et turbineanlæg.

\_\_\_\_\_O\_\_\_\_\_

Damp teknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

32. En turbinekondensator tilføres 55 t damp pr. time. Et salinometer i kondensatafgangen viser et saltindhold på 0,05 %. Kølevandet indeholder 3,2 % salt

32.1 Beregn hvor mange kg søvand der lækker ind i kondensatoren pr. time.

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

33. På en kondensator viser vacuummåleren 93 % ved en barometerstand på 750 mm Hg.

33.1 Hvad ville vacuummåleren vise ved en barometerstand på 770 mm Hg, når det absolutte tryk i kondensatoren er uændret ?

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

34. På et sted i en dampkedel er hedefladens godstykkelse 16 mm, røggassens temperatur 1020 grader celcius og vandets temperatur 200 grader celcius. Varmeledningstal for stål er  $50 \text{ W / m} \cdot \text{grader celcius}$ , varmeovergangstal er på røggassiden  $35 \text{ W / m}^2 \cdot \text{grader celcius}$  og på vandsiden  $6000 \text{ W / m}^2 \cdot \text{grader celcius}$ .

34.1 Find hedefladens temperatur på røggassiden

Hedefladen får en 5 mm tyk belægning af kedelstem med et varmeledningstal på  $1 \text{ W / m} \cdot \text{grader celcius}$ .

34.2 Beregn hedefladens temperatur på røggassiden, når de øvrige varmeovergangstal er uændrede, og der opretholdes konstant dampproduktion og damptilstand.

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

35. For en dampopvarmet ferskvandsgenerator foreligger følgende oplysninger :

- Ferskvandsproduktion	1200 kg / time
- Temperatur på søvand	20 grader celcius
- Saltindhold i søvand	2,8 %
- Saltindhold i brinen	4,2 %
- Tryk i ferskvandsgeneratoren	0,08 bar
- Damptryk ved tilgang	3 bar
- Kondensattemperatur ved afgang	45 grader celcius

Dampens tilstand forudsættes at være tørmættet ved tilgangen. Udstrålingstab sættes til 4 % af den til ferskvandsgeneratoren tilførte effekt.

35.1 Beregn den tilførte dampmængde.

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

36. På en ferskvandsgenerator i et motorskib er der under normal drift målt følgende :

- Tilgangstemperatur på motorens kølevand	80 grader celcius
- Afgangstemperatur på motorens kølevand	71 grader celcius
- Motorkølevandsmængde gennem ferskvandsgeneratoren	105 t / time
- Tilgangstemperatur på søvandet til generatoren	23 grader celcius
- Saltindhold i søvandet	3,4 %

Damp teknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

- Temperatur på søvandet ved afgang fra kondensatoren 27 grader celcius
- Brinemængde i procent af tilført søvandsmængde 74 %
- Vacuummeterets visning på generatoren 94 %
- Barometerstand i maskinrummet 1028 mbar

- 36.1 Beregn saltindholdet, angivet i %, i ferskvandsgeneratorens brine.  
 36.2 Beregn den producerede ferskvandsmængde, angivet i kg / time  
 36.3 Beskriv hvorledes en ferskvandsgenerators kapacitet reguleres.

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

37. En ferskvandsgenerator, der fremstiller 14000 kg ferskvand pr. time, fødes med saltvand på 18 grader celcius og med et saltindhold på 3,1 %. Den tilførte saltvandsmængde er 3 gange så stor som den producerede ferskvandsmængde. Til opvarmningen anvendes motorkølevand, der afkøles fra 80 grader til 70 grader celcius. Trykmåleren på fordamperen viser 91 % vakuum ved en barometerstand på 75 cm Hg. Der ses i beregningerne bort fra et eventuelt strålingstab.

- 37.1 Beregn saltholdigheden i fordamperen.  
 37.2 Beregn mængden af motorkølevand i kg / time  
 37.3 Beregn varmetabet med brinen i % af den tilførte varmemængde.

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

38. Fra en dampopvarmet brændselolieforvarmer foreligger følgende :

- Brændolieforbrug målt efter forvarmer 6400 l / time
- Brændolietemperatur før forvarmer 20 grader celcius
- Brændolietemperatur efter forvarmer 110 grader celcius
- Brændoliens middelvarmefylde 2,1 kJ / kg \* grader celcius
- Brændoliens massefylde ved 15 grader celcius 980 kg / m<sup>3</sup>
- Damptryk ved tilgang 2,5 bar
- Kondensattemperatur ved afgang 90 grader celcius
- Dampforbrug 530 kg / time


38.1 Beregn dampens tørhedsgrad ved tilgang til brændselolieforvarmeren, når udstrålingstabsene sættes til 2 % af den af dampen i forvarmeren afgivne varmemængde.

\_\_\_\_\_

39.

Fra et udstødskedelanlæg ledes der 4800 kg damp pr. time til en turbogenerator. For turbogeneratoren foreligger følgende oplysninger :

- Damptryk ved tilgang 11 bar
- Damptemperatur ved tilgang 260 grader celcius
- Damptryk efter turbinen 0,05 bar
- Dampturbinens indre isentropiske virkningsgrad 0,67
- Generatorens mekaniske virkningsgrad 0,97

Dampteknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

- Generatorens afgivne effekt 680 kW

Det antages at :

- Driftstilstanden er stationær
- Der ikke er varmelednings – og udstrålingstab fra anlægget.

- 39.1 Beregn turbogeneratorens indre effekt i kW  
 39.2 Beregn turbogeneratorens mekaniske virkningsgrad  
 39.3 Beregn volumenstrømmen af damp ved afgang fra turbinen.  
 39.4 Hvordan opnås det lave tryk i kondensatoren?
- 

40

På tegningen nedenunder er der skematisk vist et turbogeneratoranlæg, hvortil der tilføres damp fra henholdsvis et høj – og lavtrykssystem, idet 55 % af massestrømmen gennem kondensatoren kommer fra højtrykssystemet og 45 % kommer fra lavtrykssystemet.

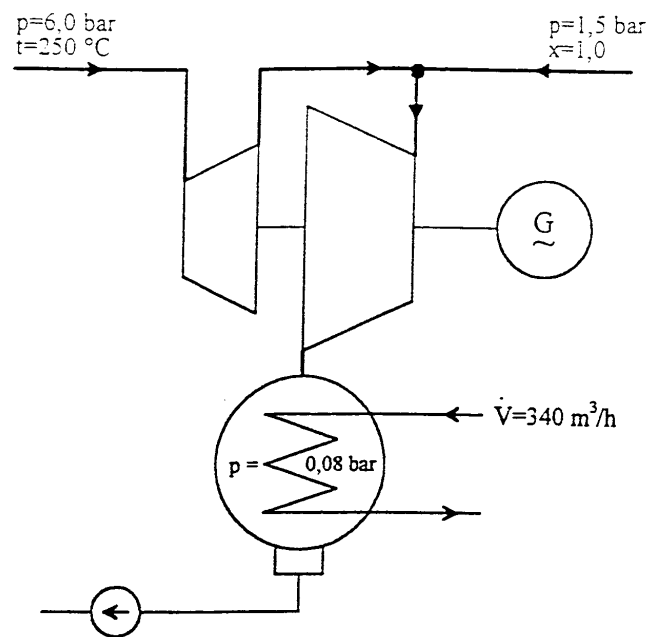
Foruden de på tegningen anførte oplysninger foreligger følgende ved fuldlast :

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| - Indre isentropisk virkningsgrad for begge turbinedele | 0,74                          |
| - Turbinens mekaniske virkningsgrad                     | 0,93                          |
| - Generatorens virkningsgrad                            | 0,95                          |
| - Generatorens afgivne klemmeeffekt                     | 910 kW                        |
| - Middelvarmefylde for kølevand og kondensat            | 4,19 kJ / kg * grader celcius |
| - Densitet af kølevandet til kondensatoren              | 1025 kg / m <sup>3</sup>      |

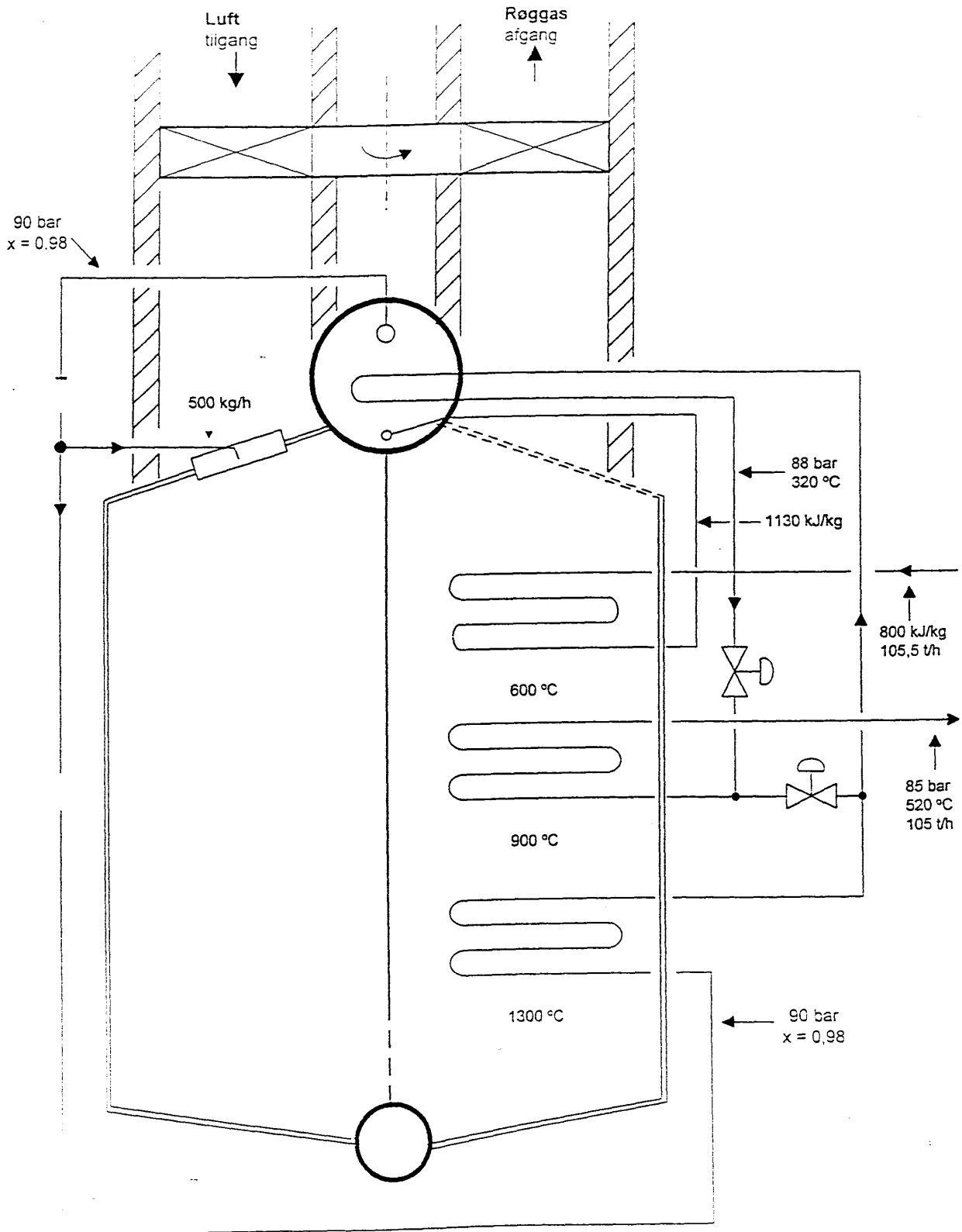
Det antages at:

- Driftsforholdene er stationære
  - Der ikke er luft i kondensatoren
  - Der ikke sker utilsigtet varmeudveksling med omgivelserne
- 40.1 Beregn ved fuldlast massestrømmen af damp til turbinen fra højtrykssystemet  
 40.2 Beregn ved fuldlast kølevandets temperaturstigning gennem kondensatoren.

40



41.



Damp teknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

41

På tegningen er der skematisk vist et dampkedelanlæg.

Kedlen er forsynet med dampforstøvningsbrændere, der forsynes med damp fra kedlens overbeholder. Kedlen tilføres luft fra to eldrevne kedelblæsere. Luften opvarmes i en regenerativ luftforvarmer før den føres til kedlens fyrfront.

For at sikre en konstant damptemperatur ved afgang fra kedlen er denne mellem primær og sekundæroverhederen forsynet med en dampkøler, der er placeret i overbeholderen. Reguleringen opnås ved at sende mere eller mindre damp til dampkøleren. Kedlen er endvidere forsynet med en economiser. Det antages at driftstilstanden er stationær for både kedlen og turbinen.

Foruden de på tegningen anførte oplysninger foreligger følgende oplysninger :

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| - Brændselsolieforbrug                                  | 7264 kg / time                |
| - Brændselsoliens nedre brændværdi                      | 41510 kJ / kg                 |
| - Teoretisk luftforbrug angivet som kg luft pr. kg olie | 13,63 kg luft / kg olie       |
| - Luftens temperatur ved tilgang til blæserne           | 27 grader celcius             |
| - luftens tryk ved tilgang til kedelblæserne            | 1,0 bar                       |
| - Røggassens middelvarmefylde                           | 1,05 kJ / kg * grader celcius |
| - luftens middelvarmefylde                              | 1,00 kJ / kg * grader celcius |

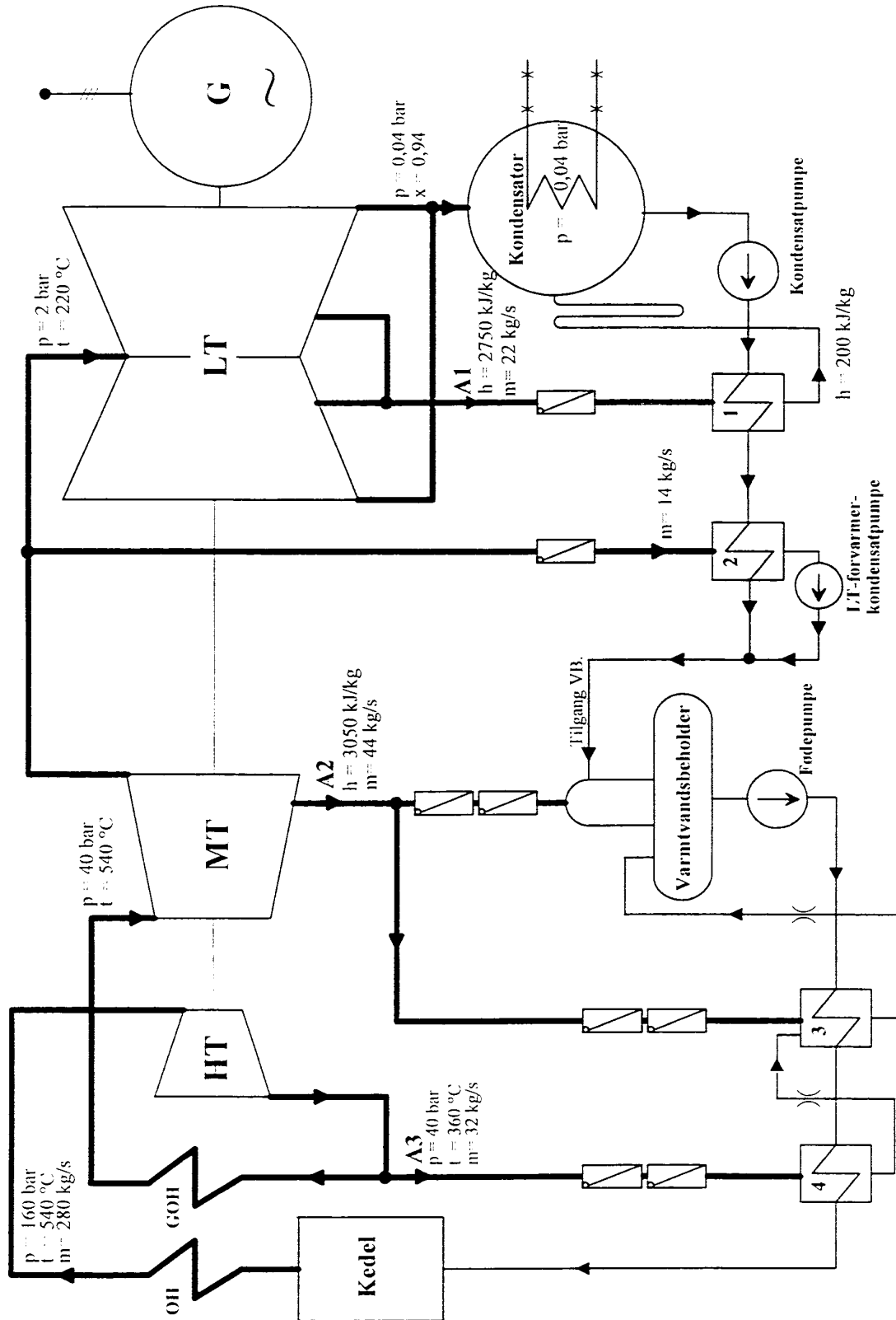
En analyse af tør røggas fra kedlen viser følgende resultater ( Volumenprocenter ) : 14,2 % carbondioxid, 1,8 % oxygen og 84 % nitrogen.


- 41.1 Beregn kedlens virkningsgrad.
- 41.2 Beregn massestrømmen af røggas gennem luftforvarmeren
- 41.3 Beregn dampens entalpi ved afgang fra primæroverhederen
- 41.4 Beregn massestrømmen af damp, der strømmer fra primæroverhederen gennem dampkøleren til sekundæroverhederen.

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_



42.



Damp teknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

42.

På bilaget er der skematisk vist et el-producerende damp turbineanlæg. Foruden de på bilaget anførte oplysninger, der gælder for anlæggets aktuelle driftstilstand, foreligger der følgende :

- |   |      |
|---|------|
| - Turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad. | 0,96 |
| - Elgeneratorens virkningsgrad              | 0,98 |
| - Kedlens virkningsgrad                     | 0,91 |

Det antages at :

- Driftsforholdene er stationære
- At der ikke sker underafkøling af kondensatet i kondensatoren
- At der ikke er varmelednings – og udstrålingstab til omgivelserne
- At der ikke er tryktab i rør
- At der ikke forekommer ental pistigninger på vand / kondensat der passerer pumper

42.1 Beregn højtryksturbinens indre isentropiske virkningsgrad

42.2 Beregn generatorens producerede el-effekt

42.3 Beregn fødevandets entalpi ved tilgang til kedlen

Driftstilstanden ændres, idet der under ellers uændrede fyringsforhold for kedlen opstår belægninger på overheder og genoverheder hvorved dampens temperatur efter overhederen falder med 10 grader celcius og efter genoverhederen falder 20 grader celcius.

Det antages at :

- At de på bilaget anførte tryk er uændrede
- At de til overheder/genoverheder tilførte massestrømme er uændret.
- At HT – turbinens indre isentropiske virkningsgrad er uændret
- At fødevandets entalpi til kedlen er uændret
- At den reducerede overførsel af varmeeffekt i overhederne for kedlens vedkommende kun bevirker et tilsvarende røggastab.

42.4 Beregn kedelvirkningsgraden ved den ændrede driftstilstand.

\_\_\_\_\_O\_\_\_\_\_

43.1 Angiv formålene med at bundblæse en dampkedel.

43.2 Redegør for, evt. vha. en skitse, hvorledes et bundblæsningsarrangement skal være udført på en beholderkedel.

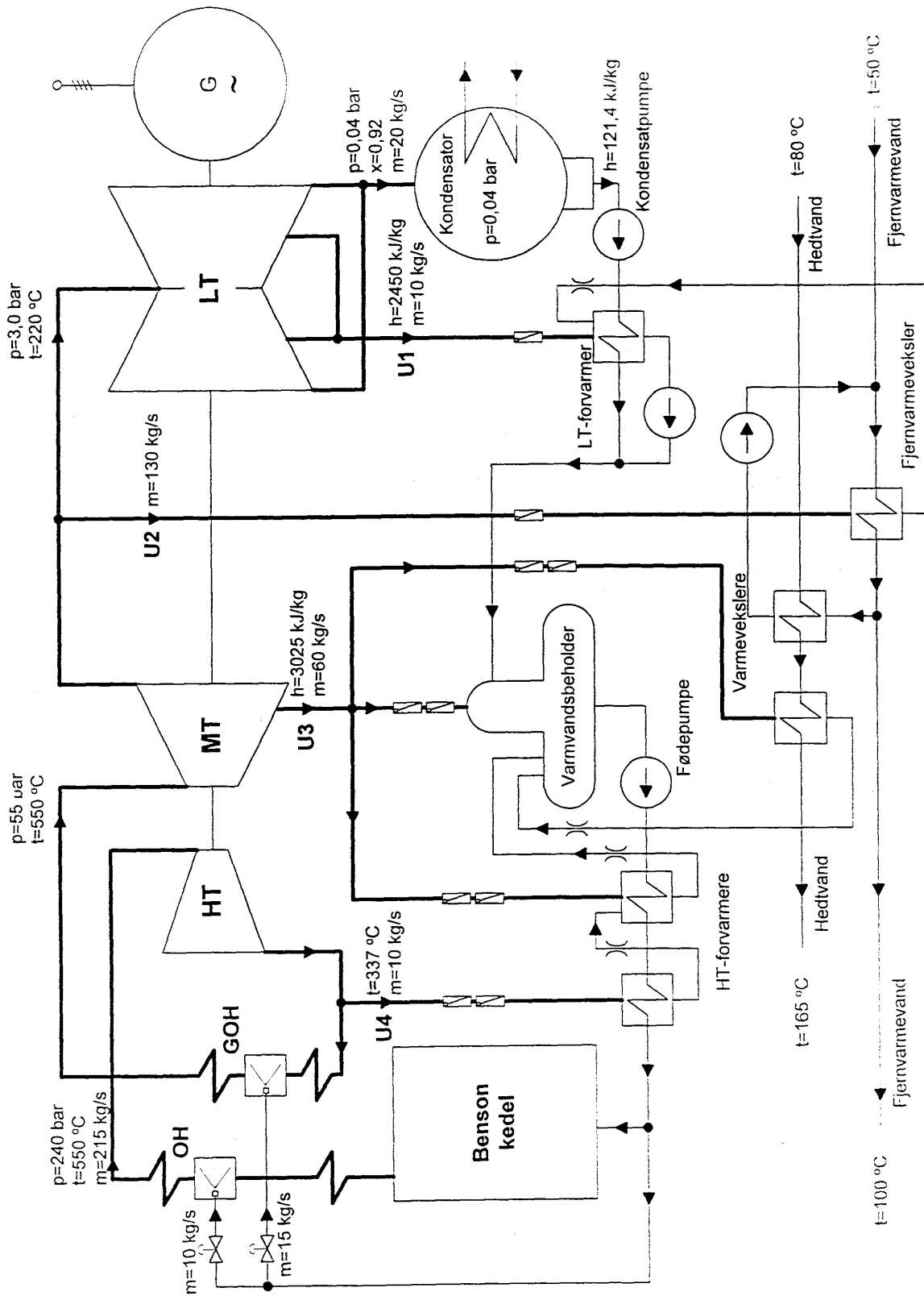
43.3 Redegør for, evt. vha. en skitse, hvorledes et skumblåsningsarrangement skal være udført på en beholderkedel.

43.4 Beskriv hvorledes en turbines mekaniske virkningsgrad kan beregnes.

43.5 Beskriv hvorledes en Curtis – turbine er opbygget samt dens fordele og ulemper.

\_\_\_\_\_O\_\_\_\_\_

44.



Damp teknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

44.

På bilaget er der skematisk vist et kraft / varme/ el - producerende damp turbineanlæg. Foruden de på bilaget anførte oplysninger, der gælder for anlæggets aktuelle driftstilstand med produktion af fjernvarme, hedtvand og el, foreligger der følgende :

- Turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad	0,97
- El – generatorens virkningsgrad	0,98
- Kedlens virkningsgrad	0,93
- Anlæggets producerede fjernvarme og hedtvandseffekt	380 MJ / s

Det antages for de efterspurgte beregninger :

- At driftsforholdene er stationære
- At der ikke er varmeledningstab og strålingstab til omgivelserne
- At der ikke er trykfald i rør og overhedere
- At der ikke er entalpistigninger på kondensat / vand som passerer pumper.

- 44.1 Beregn højtryksturbinens indre isentropiske virkningsgrad  
 44.2 Beregn generatorens producerede effekt  
 44.3 Beregn den i kedlen indfyrede effekt  
 44.4 Beregn anlæggets virkningsgrad.

\_\_\_\_\_0\_\_\_\_\_

45.

For et modtryksturbineanlæg haves følgende oplysninger :

- Dampforbrug	12400 kg / t
- Damptryk	20 bar
- Damptemperatur	300 grader celcius
- Modtryk	3 bar
- Afgiven eleffekt fra generatoren	800 kW
- Tab i generatoren	60 kW
- Turbinens mekaniske tab	20 kW

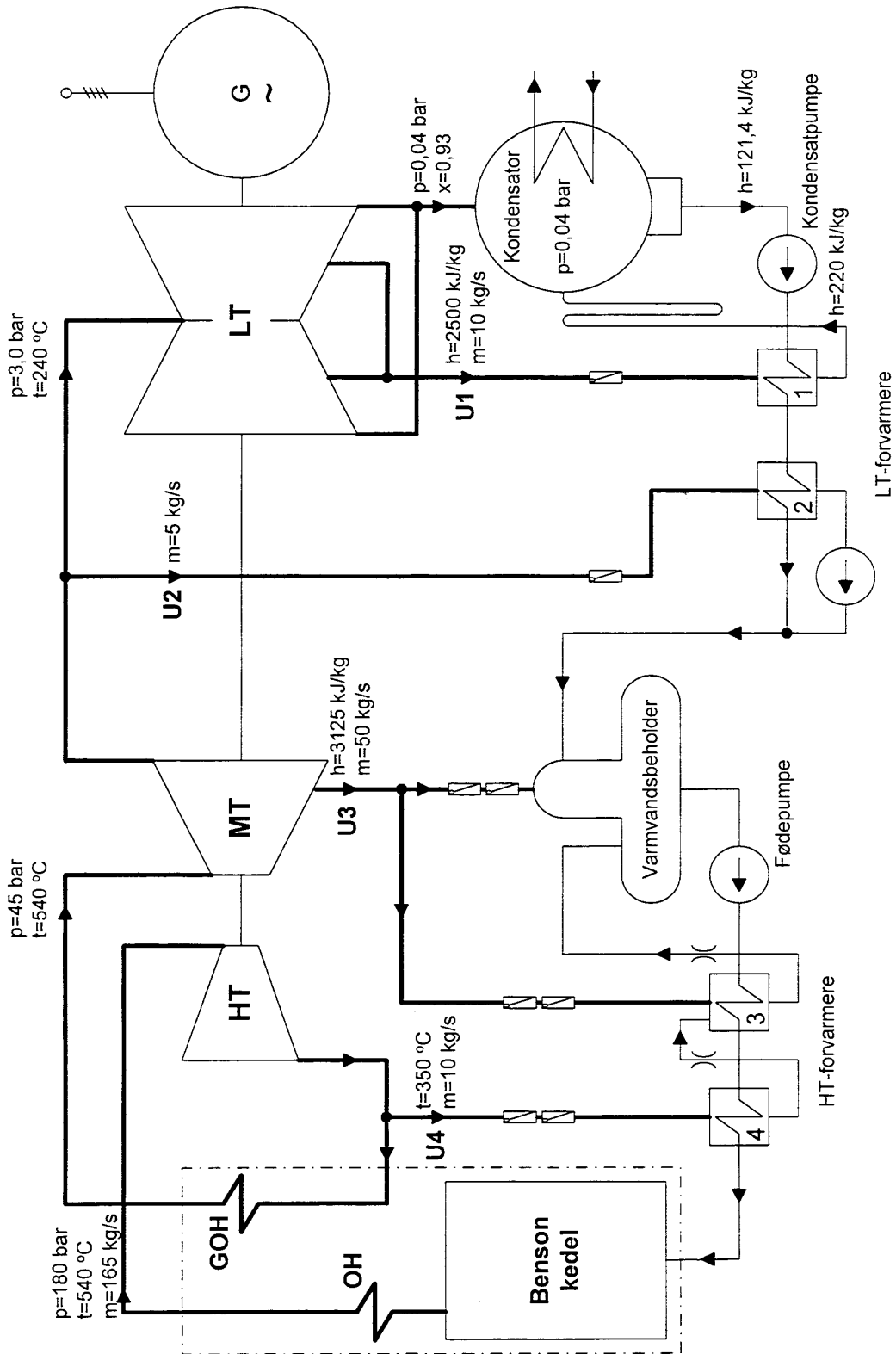
- 45.1 Beregn turbinens indre ydelse i kW  
 45.2 Beregn det virkelige entalpifald i kJ / kg  
 45.3 Beregn det isentropiske entalpifald i kJ / kg  
 45.4 Beregn turbinens indre isentropiske virkningsgrad

Turbinens modtryk skabes af en hedtvandsvarmeveksler.

- 45.5 Beregn den effekt man kan få ud af denne varmeveksler når kondensatet fra denne underafkøles 15 grader celcius og at virkningsgraden er 97 %.

\_\_\_\_\_0\_\_\_\_\_

46.



Damp teknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

46

På bilaget er der skematisk vist et el-producerende damp turbineanlæg. Foruden de på bilaget anførte oplysninger, der gælder for anlæggets aktuelle driftstilstand, foreligger der følgende :

- |   |      |
|---|------|
| - Turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad. | 0,96 |
| - Elgeneratorens virkningsgrad              | 0,98 |
| - Kedlens virkningsgrad                     | 0,94 |

Det antages at :

- Driftsforholdene er stationære
- At der ikke er varmelednings – og udstrålingstab til omgivelserne
- At der ikke er tryktab i rør incl. overheder
- At der ikke forekommer entalpestigninger på vand / kondensat der passerer pumper

46.1 Beregn den i kedlen indfyrede effekt.

Den aktuelle driftstilstand ændres, idet den tilledte dampmassestrøm til lavtryksforvarmer 2 øges fra 5 kg / s og til 10 kg / s. Herved reduceres dampmassestrømmen til lavtryksturbinen og kondensatoren tilsvarende, idet dampmassestrømmen fra udtag U1 dog forbliver uændret

Det antages yderligere at :

- De på bilaget anførte entalper, tryk og temperaturer er uændrede
- Turbineanlæggets indre isentropiske virkningsgrader, turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad, el – generatorens virkningsgrad og kedlens virkningsgrad forbliver uændret.

46.2 Beregn den reducerede kondensatoreffekt.

46.3 Beregn anlæggets termiske virkningsgrad.

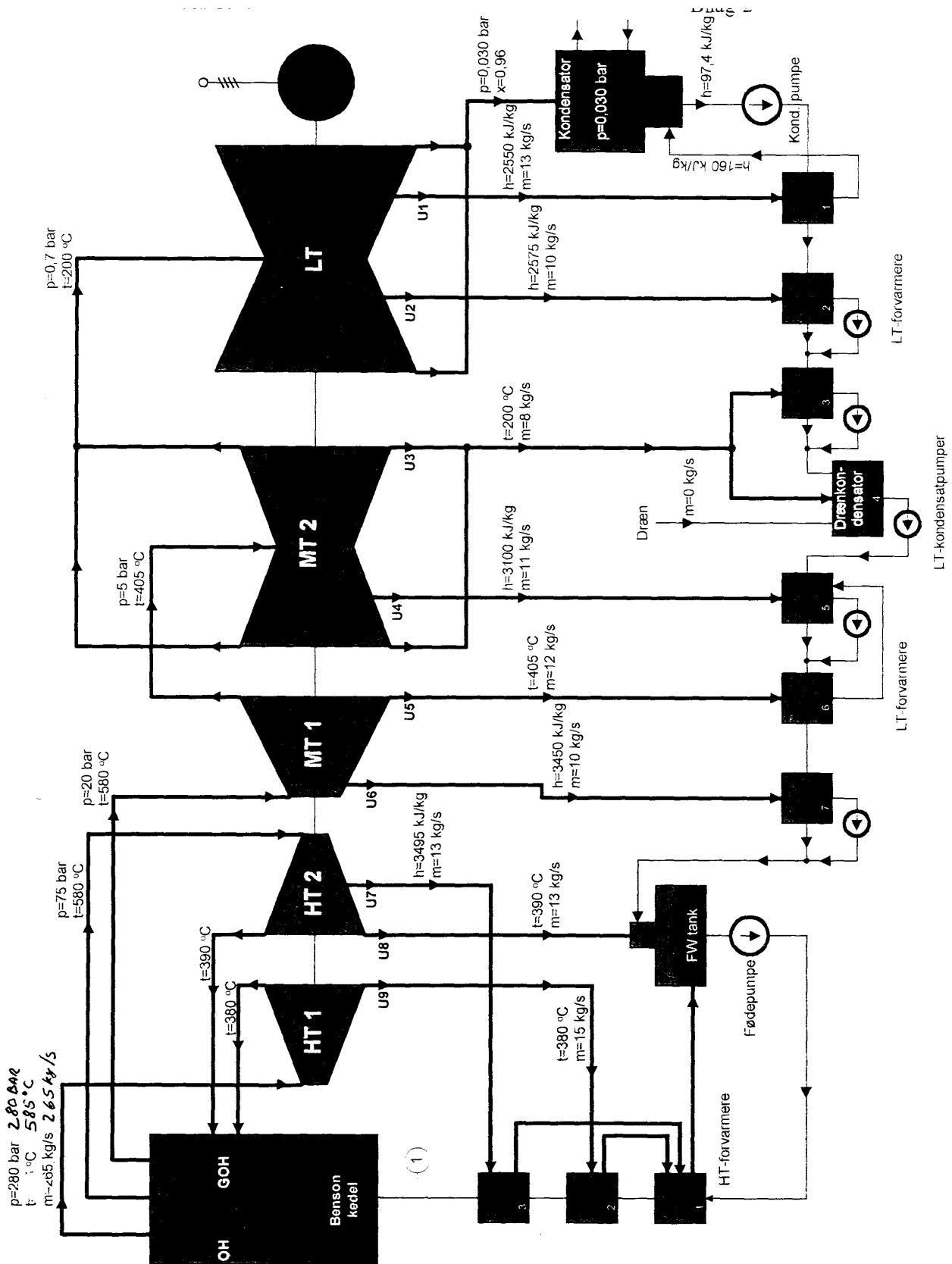
\_\_\_\_\_O\_\_\_\_\_

47.1 Forklar, ved hjælp af en skitse, hvordan et kraftværkturbineanlægs hovedkondensator er placeret, konstrueret samt dens virkemåde.

Skitsen bør indeholde samtlige rørforbindelser udvendigt som indvendigt i kondensatoren, kondensatorens udvendigt placerede udstyr, samt kondensatorens hjælpeudstyr i forbindelse med diverse pumper osv.

\_\_\_\_\_O\_\_\_\_\_

48.



Damp teknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

48. ( 3. årsprøve, November 2002, opgave 3 )

På bilaget er der skematisk vist et el-producerende damp turbineanlæg. Foruden de på bilaget anførte oplysninger, der gælder for anlæggets aktuelle driftstilstand, foreligger der følgende :

- |   |        |
|---|--------|
| - Turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad. | 0,97   |
| - Elgeneratorens virkningsgrad              | 0,98   |
| - Kedlens virkningsgrad                     | 0,95   |
| - Kedlens indfyrede effekt                  | 826 MW |

Det antages at :

- Driftsforholdene er stationære
- At der ikke er varmelednings – og udstrålingstab til omgivelserne
- At der ikke er tryktab i rør incl. overheder
- At der ikke forekommer entalpistigninger på vand / kondensat der passerer pumper

48.1 Beregn anlæggets termiske virkningsgrad

48.2 Beregn fødevandets entalpi ved tilgang til kedlen pos. 1.

Redegør kortfattet formålet med :

48.3 - At kedlen er udstyret med 2 genoverhedere

48.4 – At anlægget er udstyret med de viste forvarmere.

48.5 – Forskellen mellem fødevandstanken ( aflufteren ) og de andre forvarmere.

\_\_\_\_\_0\_\_\_\_\_

49.

Alle turbineanlæg er forsynet med et spærredampsystem.

Besvar følgende spørgsmål kortfattet :

49.1 Hvad er formålet med et spærredampsystem ?

49.2 Beskriv hvorledes man får opbygget det nødvendige undertryk i anlæggets hovedkondensator under opstart.

49.3 Beskriv spærredampregulatorens funktion når anlægget kører :

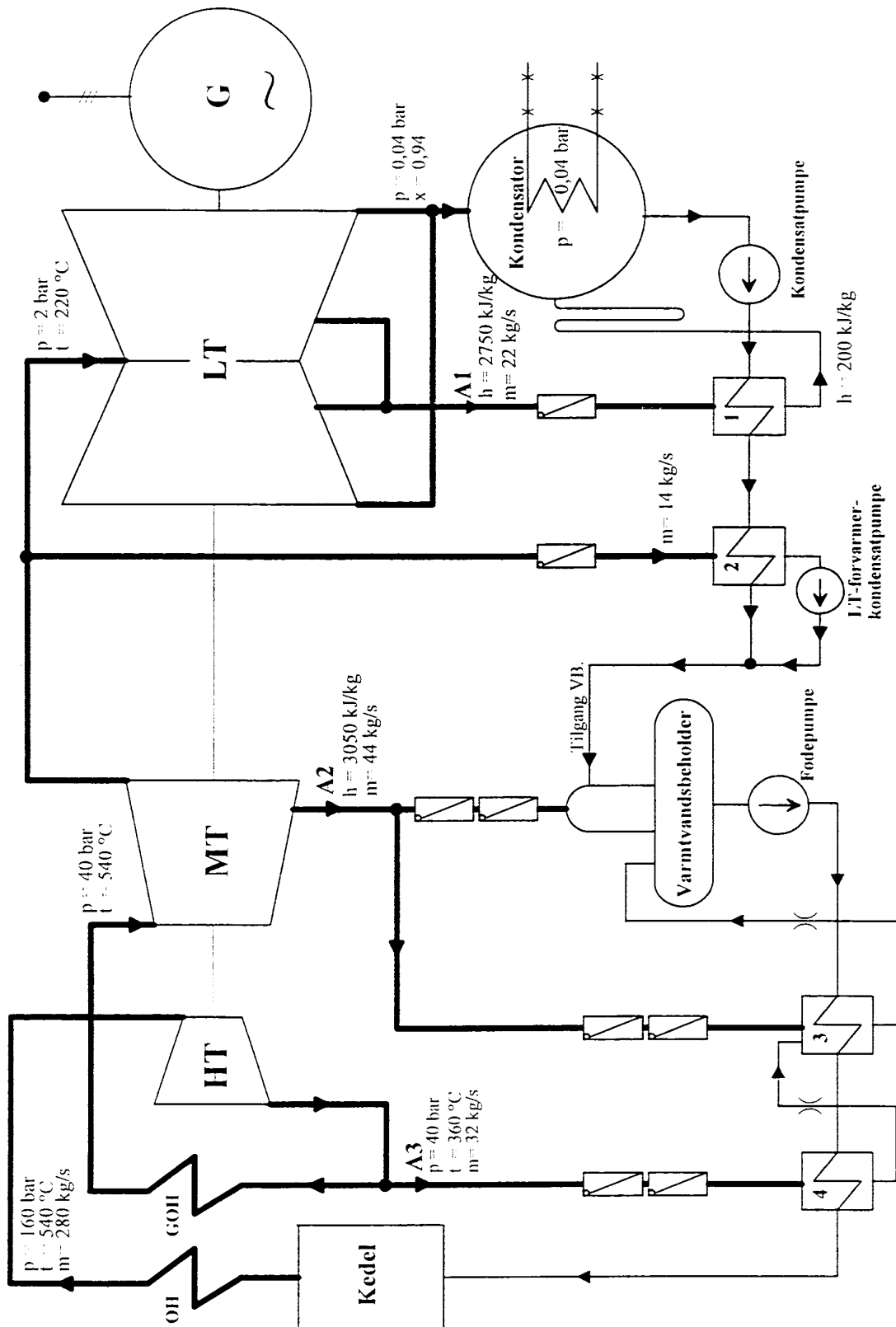
- Lav last
- Halv last
- Fuld last

49.4 Forklar hvorfor det er nødvendigt at afkøle spærredampen til MT – og LT – turbinens akselpakdåser.

\_\_\_\_\_0\_\_\_\_\_



50.



Damp teknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

50

På bilaget er der skematisk vist et el-producerende damp turbineanlæg. Foruden de på bilaget anførte oplysninger, der gælder for anlæggets aktuelle driftstilstand, foreligger der følgende :

- |   |      |
|---|------|
| - Turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad. | 0,96 |
| - Elgeneratorens virkningsgrad              | 0,98 |
| - Kedlens virkningsgrad                     | 0,91 |

Det antages at :

- Driftsforholdene er stationære
- At der ikke sker underafkøling af kondensatet i kondensatoren
- At der ikke er varmelednings – og udstrålingstab til omgivelserne
- At der ikke er tryktab i rør
- At der ikke forekommer entalpistigninger på vand / kondensat der passerer pumper

50.1 Beregn højtryksturbinens indre isentropiske virkningsgrad

50.2 Beregn generatorens producerede el – effekt

50.3 Beregn fødevandets entalpi ved tilgang til kedlen.

Driftstilstanden ændres, idet der under ellers uændrede fyringsforhold for kedlen opstår belægninger på overheder og genoverheder hvorved dampens temperatur efter overhederen falder med 10 grader celcius og efter genoverhederen falder 20 grader celcius

Det antages at :

- At de på bilaget anførte tryk er uændrede
- At de til overheder/genoverheder tilførte massestrømme er uændret.
- At HT – turbinens indre isentropiske virkningsgrad er uændret
- At fødevandets entalpi til kedlen er uændret
- At den reducerede overførsel af varmeeffekt i overhederne for kedlens vedkommende kun bevirker et tilsvarende røggastab.

50.4 Beregn kedelvirkningsgraden ved den ændrede driftstilstand.

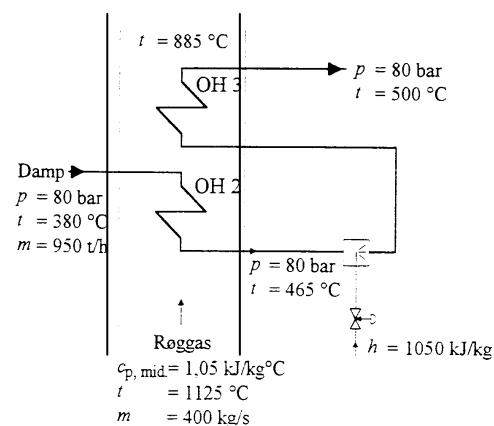
\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_

51.

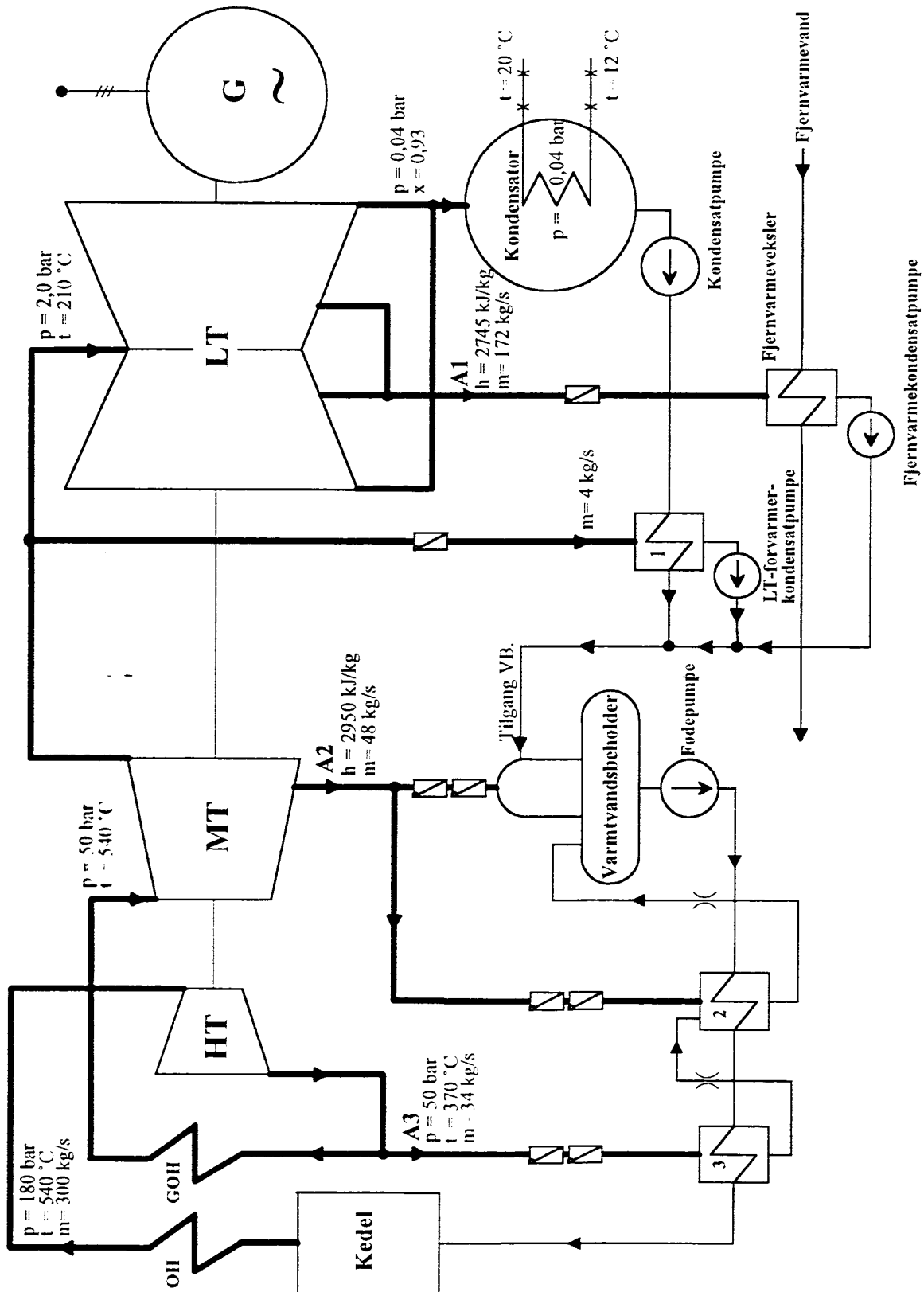
På bilaget er der skematisk vist en del af en dampkedel med vandindsprøjtning mellem 2. og 3. overheder. Data for damp, indsprøjtning vand, og røggas fremgår af bilaget samt vha. en damptabel.

51.1 Beregn massestrømmen af indsprøjtning vand i t / h.

\_\_\_\_\_ O \_\_\_\_\_



52.



Dampteknik	
Underviser : Søren Nyborg Hansen	
Opgaver til turbine- og kedelanlæg	
Periode: 2014-2	

52.

På bilaget er der skematisk vist et kraft / varme/ el - producerende damp turbineanlæg. Foruden de på bilaget anførte oplysninger, der gælder for anlæggets aktuelle driftstilstand med produktion af fjernvarme og el, foreligger der følgende :

- Turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad 0,96
- El – generatorens virkningsgrad 0,98

Det antages for de efterspurgte beregninger :

- At driftsforholdene er stationære
- At der ikke sker underafkøling af kondensatet i fjernvarmeveksleren og kondensatoren
- At der ikke er varmeledningstab og strålingstab til omgivelserne
- At der ikke er trykfald i rør
- At der ikke er entalpistigninger på kondensat / vand som passerer pumper.

52.1 Beregn højtryksturbinens indre isentropiske virkningsgrad

52.2 Beregn massestrømmen af kondensatorkølevand

52.3 Beregn generatorens producerede el – effekt

Driftstilstanden ændres, idet der opstår et akut behov for en større produceret el – effekt, hvorfor fjernvarmeproduktionen afbrydes ( bortkobles ) ved lukning af udtag **A1**.

Det antages herved :

- At den til lavtryksturbinen tilførte dampmassestrøm er uændret, og at hele denne massestrøm ekspanderer til trykket i kondensatoren.
- At turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad, el – generatorens virkningsgrad, turbinernes indre virkningsgrader, samt de øvrige på bilaget anførte oplysninger ikke ændres.

52.4 Beregn for anlægget med den ændrede driftstilstand generatorens producerede el – effekt.

52.5 Beregn for anlægget med den ændrede driftstilstand entalpien af fødevandet ved tilgang til varmtvandsbeholderen ( VB )

\_\_\_\_\_0\_\_\_\_\_