

Tilladte hjælpemidler:

Formelsamling, damptabel-  
ler og regnemaskine.

Bilag:

- 1 - bilag med fig. 1 og 2,
- 2 - bilag med fig. 3, 4 og 5,
- 3 - Mollier-diagram for vanddamp,
- 4 - Mollier-diagram for fugtig luft.

1. På bilag 1, fig. 1 er der skematisk vist en del af et damp-turbineanlæg, der arbejder med genoverhedning af dampen. Foruden de på figuren angivne data oplyses følgende:

- indre isentropisk virkningsgrad for ht-turbine .....	0,82
- indre isentropisk virkningsgrad for mt-turbine .....	0,79
- indre isentropisk virkningsgrad for lt-turbiner .....	0,76
- mekanisk virkningsgrad for såvel ht-, mt- og lt-turbiner .....	0,97
- generatorens virkningsgrad .....	0,98
- brændstofforbrug .....	64 kg/s
- brændstoffets nedre brændværdi .....	25100 kJ/kg

Det antages, at der er indtruffet stationær driftstilstand, og at der ikke sker varmeudveksling med omgivelserne.

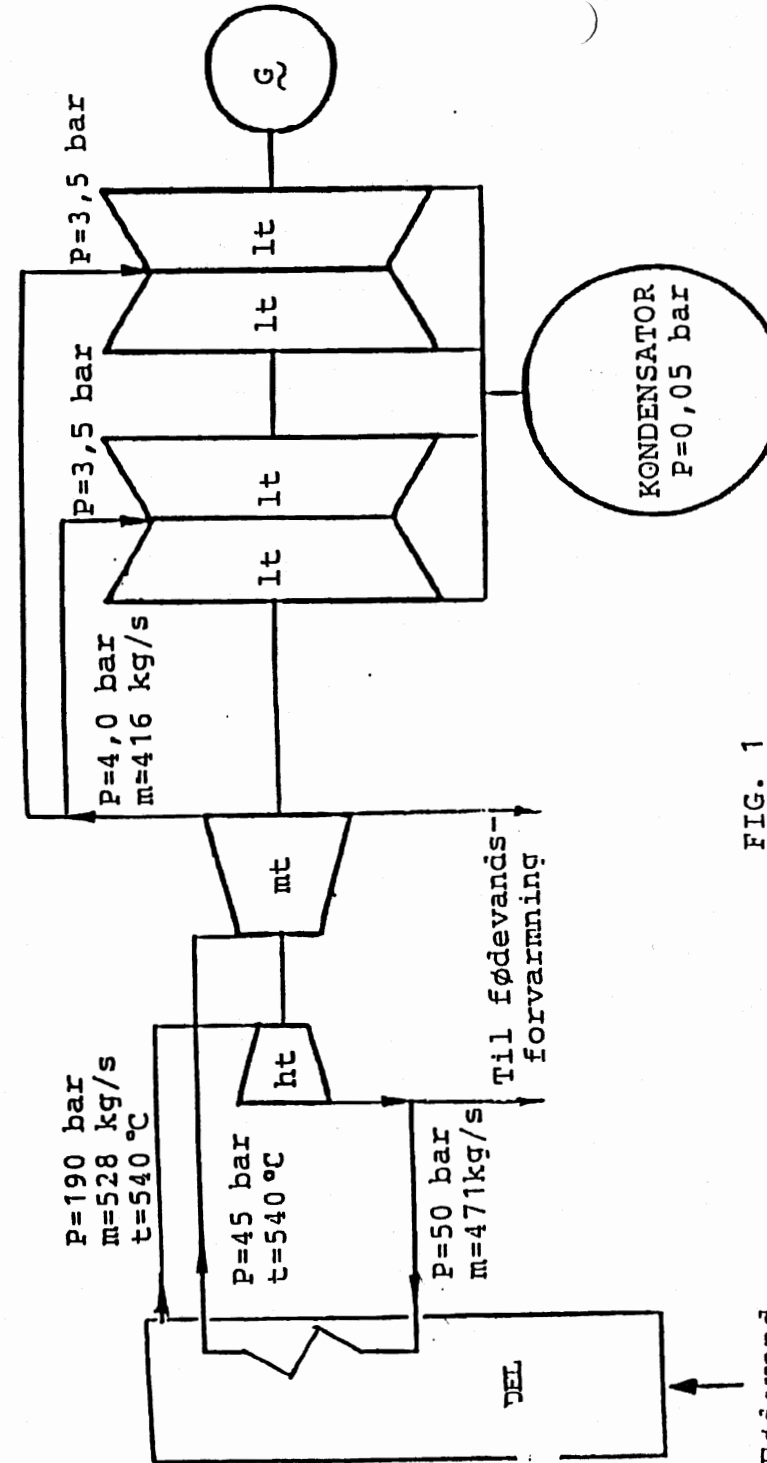
Beregn:

- 1.1.1 - generatorens afgivne effekt, angivet i MW,
- 1.1.2 - anlæggets termiske virkningsgrad (inkl. kedelen), når effekt til drift af pumper og lign. ikke medregnes.
- 1.2 Skitsér og beskriv princippet for fødevandsforvarmning arrangeret i kaskadekobling.

fortsættes

3

Maskinlære  
Bilag 1



Maskinmestereksamen  
3. årsprøve  
Juni 1991

FIG. 1

**Maskinmestereksamen****3. årsprøve****Maj 1998****Maskinlære**

4 timer

*forsat*

- 1.5 - varmevekslerens temperaturvirkningsgrad, dvs. forholdet mellem den opnåede temperaturændring og den maksimalt opnåelige temperaturændring.

*De til besvarelsen anvendte tilstandspunkter fra pos. 1 til pos. 9 markeres tydeligt i det udleverede diagram (bilag 4).*

- 
2. På bilag 1 fig. 2 er der skematisk vist en simpel understøttet vandret bjælke belastet med en enkeltkraft. På bjælken hviler der via ruller en vandret bjælke belastet med en enkeltkraft og en jævnt fordelt belastning. Reaktionen ved C og D overføres gennem rullerne. Samtlige angrebspunkter i de to bjælker befinder sig regningsmæssigt i bjælkerens neutrale akser.

Bjælkerne, som begge er HE 200 B profiler, er placeret således, at flangerne er vandrette.

Data for bjælkeprofilen fremgår af tabel 1 på bilag 1.

I beregningerne ses der bort fra bjælkerens egenvægt.

- 2.1 Tegn momentkurven for bjælken CD, idet der udregnes bøjningsmomenter i et passende antal karakteristiske støttepunkter.
- 2.2 Tegn tværkraftkurven for bjælken AB.
- 2.3 Beregn største bøjningsspænding i bjælken AB.

- 
3. På bilag 2 er der skematisk vist et kraft/varme-producerende dampturbineanlæg. 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 hedtvands effekt.....	380 MJ/s

Det antages for de efterspurgte beregninger,

- at driftsforholdene er stationære,
- at der ikke er varmelednings- og varmeudstrålingstab til omgivelserne,
- at der ikke er tryktab i rør inkl. overheder og genoverheder,
- at der ikke forekommer entalpiændringer ved fødevandets/kondensatets passage gennem pumper.

*fortsættes*

**Maskinmestereksamen**

3. årsprøve

Maj 1998

**Maskinlære**

4 timer

*forsat*Beregn for anlægget:

- 3.1 - højtryksturbinens indre isentropiske virkningsgrad,
- 3.2 - generatorens producerede el-effekt,
- 3.3 - den i kedlen indfyrede effekt,
- 3.4 - anlæggets termiske virkningsgrad.

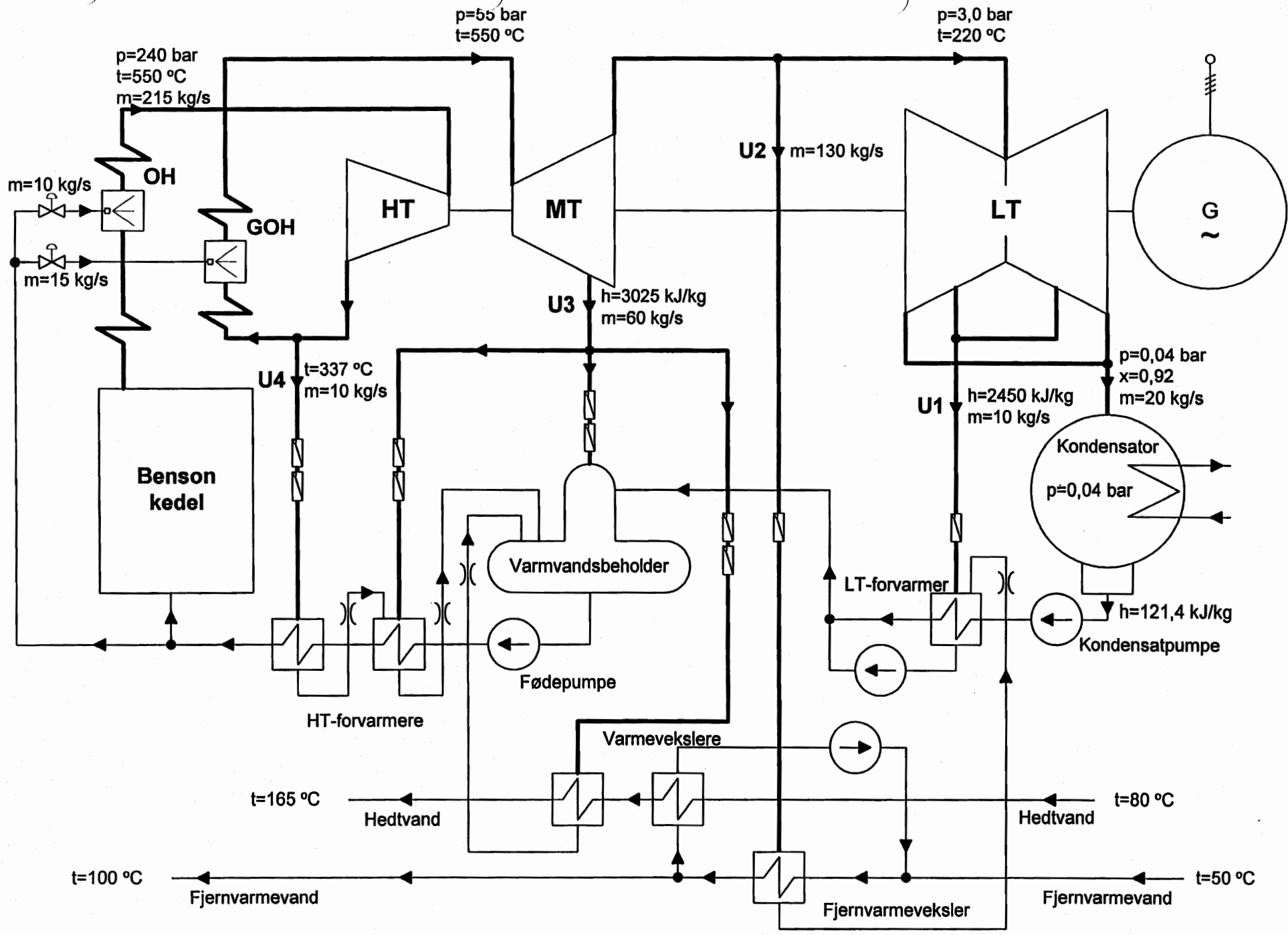
*De til besvarelsen anvendte tilstandspunkter markeres tydeligt i det udleverede diagram (bilag 5).*

---

4. På bilag 3 fig. 4 er der vist et lukket cirkulationssystem med ekspansionsbeholder inkl. to ens centrifugalpumper i parallel, hvoraf den ene er med variabelt omdrejningstal. Rørfriktionen kan regnes at variere med kvadratet på den gennemstrømmende væskevolumenstrøm.  
Fig. 5 viser pumpekaraktistikken for én centrifugalpumpe ved 1500 omdr. pr. minut samt driftspunktet, når der alene er én pumpe i drift ved anførte omdrejningstal.
- 4.1 Bestem driftspunktet for centrifugalpumperne, når begge pumper kører med omdrejningstallet 1500 omdr. pr. min.
- 4.2 Bestem det omdrejningstal pumpen med det variable omdrejningstal skal indstilles til for i paralleldrift med pumpen, der kører med omdrejningstallet 1500 omdr. pr. minut, at give en samlet væskevolumenstrøm på  $500 \text{ m}^3/\text{h}$ .  
Den samlede væskevolumenstrøm ved dette driftspunkt regnes som summen af de to pumpevæskevolumenstrømme ved den til driftspunktet svarende trykhøjde.

---

Eksamenskommissionen



**Maskinmestereksamen**  
**3. årsprøve**  
**November 1998**

**Maskinlære**  
 4 timer

*forsat*

- 1.4 - den varmeeffekt der overføres til luften i anlæggets varmeplade B,  
 1.5 - varmevekslerens entalpi-virkningsgrad, dvs. forholdet mellem den opnåede entalpi-ændring og den maksimalt opnåelige entalpi-ændring.

*De til besvarelsen anvendte tilstandspunkter fra pos. 1 til pos. 9 markeres tydeligt i det udleverede diagram (bilag 4).*

- 
2. På bilag 1 fig. 2 er der skematisk vist en simpel understøttet vandret bjælke belastet med en enkeltkraft og en jævnt fordelt belastning på en del af bjælkestrækningen. Samtlige angrebepunkter befinder sig regningsmæssigt i bjælkens neutrale akse.

Bjælkeprofilet, som er vist på bilag 1 fig. 3, er en sammensvejest konstruktion af et HE 200 B profil og et U profil nr. 200.

Bjælken er understøttet på HE-profilets frie vandrette flange.

Data for HE-profilet fremgår af tabel 1 på bilag 1.

Data for U-profilet fremgår af tabel 2 på bilag 1.

I beregningerne ses der bort fra bjælkens egenvægt.

- 2.1 Tegn momentkurven for bjælken AB, idet der udregnes bøjningsmomenter i et passende antal karakteristiske støttepunkter.
- 2.2 Beregn den største bøjningsspænding i bjælken AB.

- 
3. På bilag 2 er der skematisk vist et el-producerende dampturbineanlæg. Foruden de på bilaget anførte oplysninger, der gælder for anlæggets aktuelle driftstilstand med produktion af el, foreligger der følgende:

- turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad.....	0,96
- el-generatorens virkningsgrad.....	0,98
- kedlens virkningsgrad.....	0,94
- densiteten af kølevand til kondensator.....	1020 kg/m <sup>3</sup>
- varmekapaciteten for kølevand til kondensator.....	4,19 kJ/(kg·°C)

*fortsættes*

**Maskinmestereksamen****3. årsprøve  
November 1998****Maskinlære**

4 timer

*forsat*

Det antages for anlægget,

- at driftsforholdene er stationære,
- at der ikke er varmelednings- og varmeudstrålingstab til omgivelserne,
- at der ikke er tryktab i rør inkl. overheder,
- at der ikke forekommer entalpiændringer ved fødevandets/kondensatets og kølevandets passage gennem pumper.

3.1 Beregn anlæggets termiske virkningsgrad.

3.2 Den aktuelle driftstilstand, hvor der er to ens parallelkoblede kølevandspumper i drift, ændres til en driftstilstand med kun én kølevandspumpe i drift. Herved fremkommer der en driftssituation, hvor kølevandets temperaturdifferens stiger 2 °C.

Kølevandspumperne er centrifugalpumper med et fast omdrejningstal på 720 omdr. pr. min. På bilag 3 er pumpekaraktistikken vist for en kølevandspumpe ved dette omdrejningstal.

Det antages yderligere,

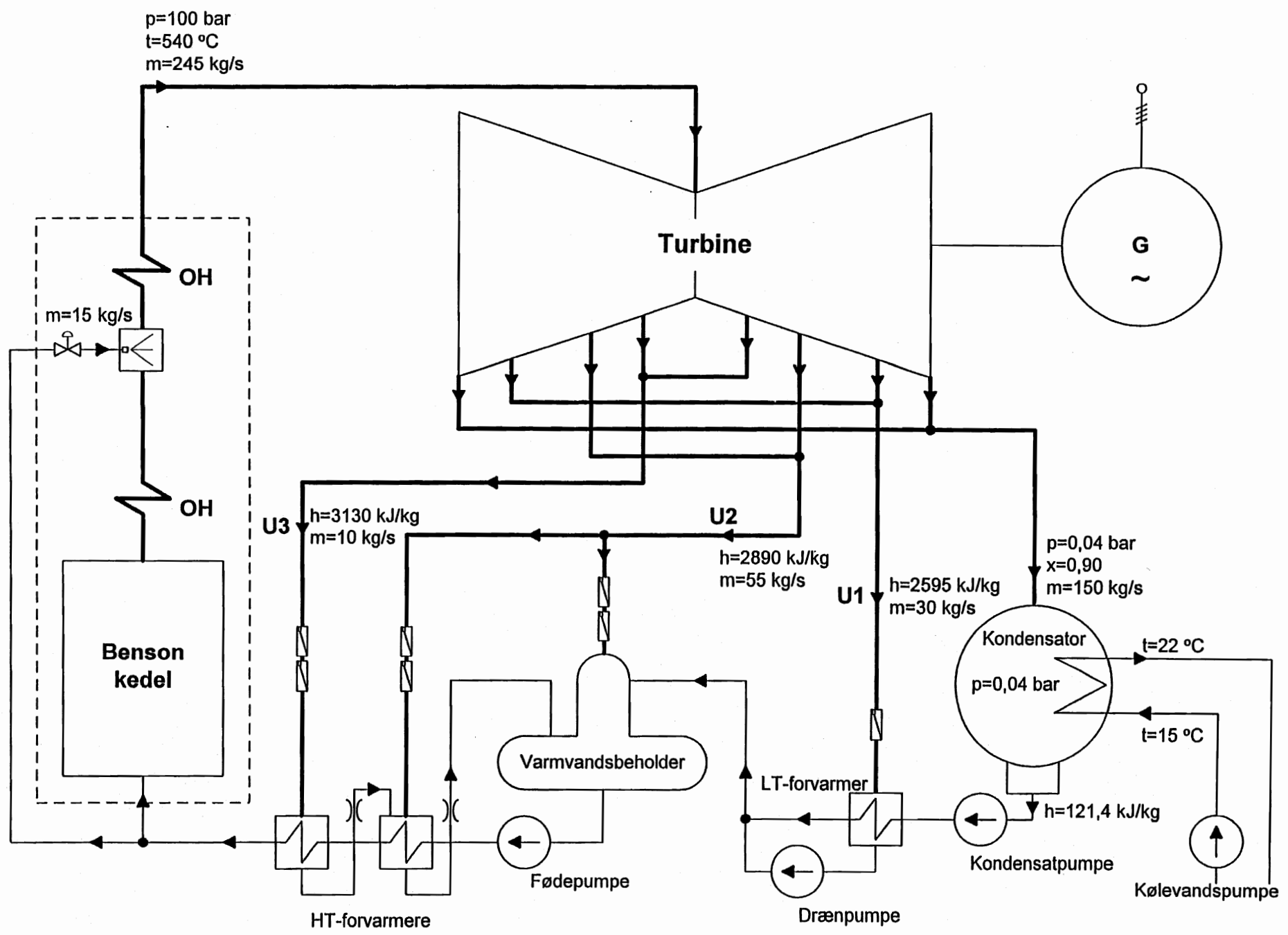
- at rørfriktionen i kølevandssystemet kan regnes at variere med kvadratet på den gennemstrømmende væskevolumenstrøm,
- at der ikke er niveauforskel mellem vandoverfladerne ved kølevandssystemets til- og afgang.

Beregn den reducerede kondensatoreffekt.

*De til besvarelsen anvendte tilstandspunkter markeres tydeligt i det udleverede diagram (bilag 5).*

---

Eksamenskommissionen



**Maskinmestereksamen**

3. årsprøve

Maj 1999

**Maskinlære**

4 timer

*forsat*

- 1.4 Beregn den massestrøm af recirkuleret rumluft, som lige netop bevirker, at der ikke er behov for at benytte varmebladen til opvarmning af luften fra pos. 2 til pos. 3, idet luftens tilstand i pos. 4 holdes uændret ved reduktion af den tilførte dampmassestrøm til befugteren.

*De til besvarelsen anvendte tilstandspunkter fra pos. 1 til pos. 5 markeres tydeligt i det udleverede diagram (bilag 4).*

- 
2. På bilag 1 fig. 2 er der skematisk vist en simpel understøttet vandret bjælke belastet med to enkeltkræfter og en jævnt fordelt belastning på en del af bjælkestrækningen. Samtlige angrebspunkter befinder sig regningsmæssigt i bjælkens neutrale akse.

Bjælken, som er et HE 200 profil, er understøttet på den ene flange, og data for profilet fremgår af tabel 1 på bilag 1.

I beregningerne ses der bort fra bjælkens egenvægt.

- 2.1 Tegn momentkurven for bjælken AC, idet der udregnes bøjningsmomenter i et passende antal karakteristiske støttepunkter.
- 2.2 Beregn den største bøjningsspænding i bjælken AC.

- 
3. På bilag 2 er der skematisk vist et el-producerende dampturbineanlæg. Foruden de på bilaget anførte oplysninger, der gælder for anlæggets aktuelle driftstilstand med produktion af el, foreligger der følgende:

- turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad.....	0,96
- el-generatorens virkningsgrad.....	0,98
- kedlens virkningsgrad.....	0,94

Det antages for anlægget,

- at driftsforholdene er stationære,
- at der ikke er varmelednings- og varmeudstrålingstab til omgivelserne,
- at der ikke er tryktab i rør inkl. overheder,
- at der ikke forekommer entalpiændringer ved fødevandets/kondensatets passage gennem pumper.

- 3.1 Beregn den i kedlen indfyrede effekt.

*fortsættes*



**Maskinmestereksamen**

3. årsprøve

Maj 1999

**Maskinlære**

4 timer

*forsat*

- 3.2 Den aktuelle driftstilstand ændres, idet den tilledte dampmassestrøm til lavtryksforvarmer 2 øges fra 5 kg/s 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 bilag 2 anførte entalpier, tryk og temperaturer er uændrede,
- at turbineanlæggets indre isentropiske virkningsgrader, turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad, el-generatorens virkningsgrad og kedlens virkningsgrad forbliver uændret.

Beregn for anlægget:

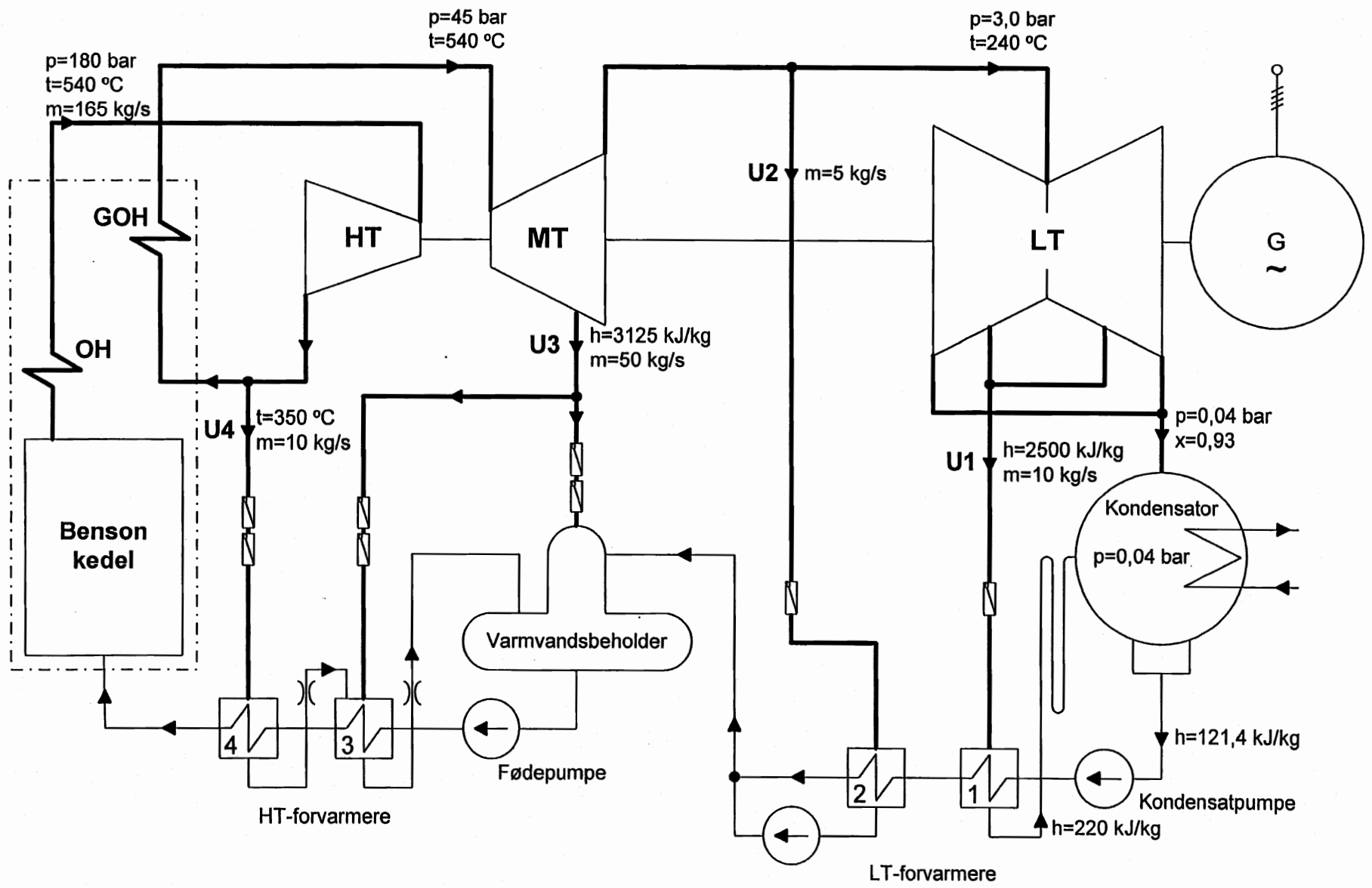
- 3.2.1 - den reducerede kondensatoreffekt,
- 3.2.2 - anlæggets termiske virkningsgrad.

*De til besvarelsen anvendte tilstandspunkter markeres tydeligt i det udleverede diagram (bilag 5).*

- 
4. På bilag 3 fig. 3 er der vist fire GZ-kurver, benævnt a, b, c og d, for samme skib med samme displacement.
- 4.1 Redegør for størrelserne  $\Theta$  og GZ, som er afsat som henholdsvis abcisse- og ordinatakse på fig. 3.
  - 4.2 Forklar, hvorfor de fire GZ-kurver er forskellige.
  - 4.3 Forklar for hver af de viste kurver, hvordan skibets begyndelsesstabilitet må vurderes, og hvordan skibet opfører sig i søen.

---

Eksamenskommissionen



**Maskinmestereksamen****3. årsprøve****Maj 2000****Maskinlære**

4 timer

*forsat*

Bestem for ventilationsanlægget:

- 1.1 - massestrømmen  $m_{rec}$  af recirkuleret luft fra rum 2,
- 1.2 - luftens temperatur og vanddampenes partialtryk ved pos. 8,
- 1.3 - den varmeeffekt der overføres til luften i anlæggets varmeplade mellem pos. 3 og 4.

*De til besvarelsen anvendte tilstandspunkter fra pos. 1 til pos. 8 markeres tydeligt i det udleverede diagram (bilag 4).*

- 
2. På bilag 1 fig. 2 er der skematisk vist et indspændt lodret cirkulært rør belastet med to vandrette enkeltkræfter. Samtlige angrebepunkter befinder sig regningsmæssigt i rørets neutrale akse.

Det cirkulære rør har en udvendig diameter på 700 mm og en godstykkelse på 20 mm.

- 2.1.1 Tegn momentkurven for røret AB, idet der udregnes bøjningsmomenter i et passende antal karakteristiske støttepunkter.
- 2.1.2 Beregn den største bøjningsspænding i røret AB, og angiv, hvor den forekommer.
- 2.2 Røret påregnes yderligere belastet med et vridningsmoment på 500 kNm i rørets top.

Beregn den største sammensatte bøjnings- og vridningsspænding i røret AB.

- 
3. På bilag 2 er der skematisk vist et kraft/varme-producerende dampturbineanlæg med en parallelkoblet gasturbine til el-produktion og fødevandsopvarmning. På bilaget er der anført oplysninger, der gælder for anlæggets aktuelle driftstilstand med produktion af el og fjernvarme.

Det antages for anlægget,

- at driftsforholdene er stationære,
- at der ikke er varmelednings- og varmeudstrålingstab til omgivelserne,
- at der ikke er tryktab i rør inkl. overheder,
- at der ikke forekommer entalpiændringer ved fødevandets/kondensatets passage gennem pumper.

*fortsættes*

**Maskinmestereksamen****3. årsprøve****Maj 2000****Maskinlære**

4 timer

*forsat*Beregn:

- 3.1.1 - summen af dampturbineanlæggets mekaniske og elektriske tab,  
3.1.2 - fødevandets entalpi ved tilgangen pos. 1 til fødevandstank (FW tank).
- 3.2 Forklar den aktuelle driftstilstand for dampturbineanlæggets lavtryksturbine (LT),

*De til besvarelsen anvendte tilstandspunkter markeres tydeligt i det udleverede diagram (bilag 5).*

- 
4. På bilag 3 er der vist en pumpekaraktistik med angivelse af det aktuelle driftspunkt for en centrifugalpumpe. Pumpens geometriske løftehøjde er 1,5 meter og den dynamiske anlægsmodstand kan regnes at variere med kvadratet på volumenstrømmen. Det anvendte pumpemedie har en densitet på  $850 \text{ kg/m}^3$ .

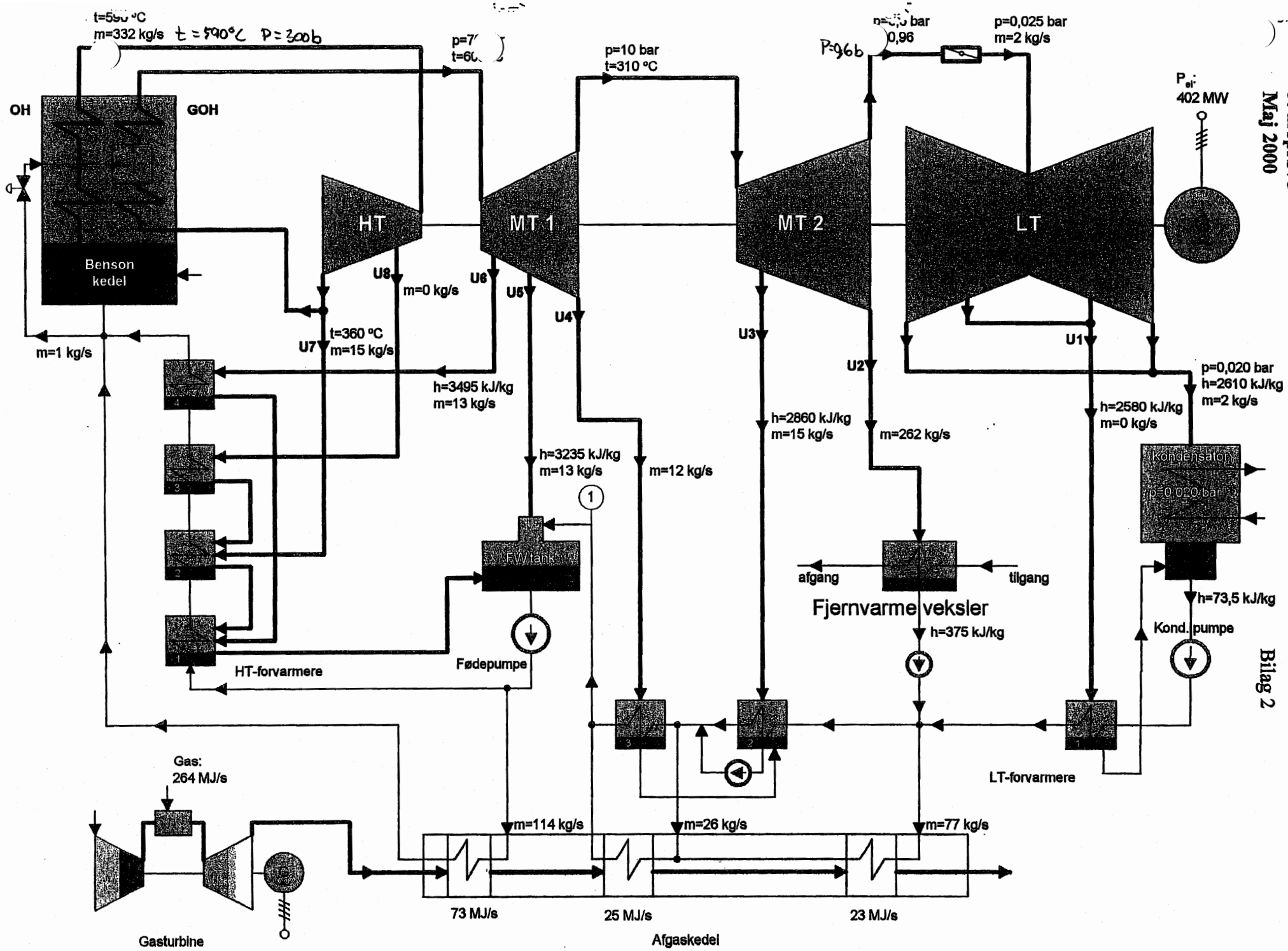
Volumenstrømmen ønskes reduceret til  $400 \text{ m}^3/\text{h}$ , hvilket bl.a. kan ske ved enten at reducere pumpens omdrejningstal eller ved at drøvle på pumpens afgangsv ventil.

- 4.1 Bestem det omdrejningstal, som pumpen skal køre med for at levere en volumenstrøm på  $400 \text{ m}^3/\text{h}$ , når der ikke drøvles.
- 4.2 Bestem det effekttab, som en drøvling vil medføre, når der skal leveres en volumenstrøm på  $400 \text{ m}^3/\text{h}$ , og pumpens omdrejningstal er  $1500 \text{ o/min}$ .

*De til besvarelsen udførte aflæsninger markeres tydeligt i det udleverede diagram (bilag 3).*

---

Eksamenskommissionen



**Maskinmestereksamen**

3. årsprøve

Maj 2002

**Maskinlære**

4 timer

*forsat*

- 1.3.1 Beregn den samlede effekt, der tilføres luften i anlæggets varmeflader.
- 1.3.2 Beregn den dampmassestrøm, der tilføres luften i dampbefugteren.
- 1.4 Beregn den massestrøm af recirkuleret luft, som lige netop bevirker, at der ikke er behov for at befugte luften med damp fra pos. 4 til pos. 5, når luftens absolutte vandindhold i pos. 6 er uændret.

*De til besvarelsen anvendte tilstandspunkter fra pos. 1 til pos. 8 markeres tydeligt i det udleverede diagram (bilag 4).*

- 
2. På bilag 1 fig. 2 er der skematisk vist en indspændt vandret bjælke AB, hvorpå der via ruller hviler en vandret bjælke CE, der er belastet med en jævnt fordelt belastning og en enkeltkraft. Samtlige angrebepunkter i de to bjælker befinder sig regningsmæssigt i bjælkernes neutrale akser.

Bjælkerne er placeret således, at flangerne er vandrette, og begge bjælker er HE 200 B profiler.

Data for bjælkeprofilet fremgår af tabel 1 på bilag 1.

I beregningerne ses der bort fra bjælkernes egenvægt.

- 2.1 Tegn momentkurven for bjælken CE, idet der udregnes bøjningsmomenter i et passende antal karakteristiske støttepunkter.
- 2.2 Tegn tværkraftkurven for bjælken AB.
- 2.3 Beregn bøjningsspændingen i punkt A.

- 
3. På bilag 2 er der skematisk vist et damp turbineanlæg. I den på bilaget viste driftssituation producerer anlægget fjernvarme, hedtvand og el.

Foruden de på bilaget anførte oplysninger foreligger der følgende:

– turbineanlæggets mekaniske virkningsgrad.....	0,97
– el-generatorens virkningsgrad.....	0,98
– kedlens virkningsgrad.....	0,92
– anlæggets producerede fjernvarme og hedtvands effekt.....	280 MJ/s

*fortsættes*

**Maskinmestereksamen**

3. årsprøve

Maj 2002

**Maskinlære**

4 timer

*forsat*

Det antages for anlægget,

- at driftsforholdene er stationære,
- at der ikke er varmelednings- og varmeudstrålingsstab til omgivelserne,
- at der ikke er tryktab i rør inkl. overheder og genoverheder,
- at der ikke forekommer entalpiændringer ved passage af pumper.

Beregn for anlægget:

- 3.1 - højtryksturbinens indre isentropiske virkningsgrad,
- 3.2 - generatorens producerede el-effekt,
- 3.3 - den i kedlen indfyrede effekt.

*De til besvarelsen anvendte tilstandspunkter markeres tydeligt i det udleverede diagram (bilag 5).*

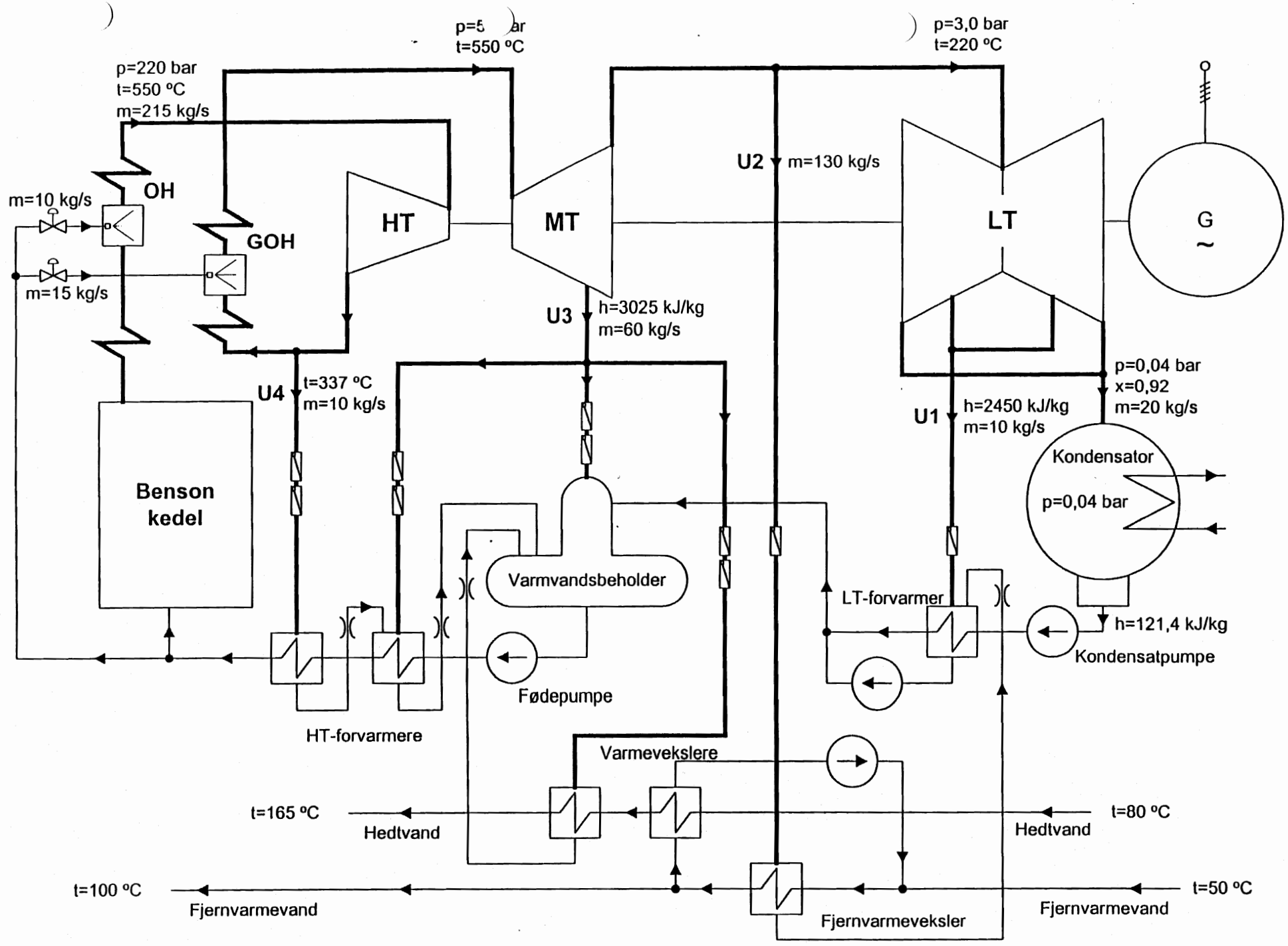
- 
4. På bilag 3 er der for en centrifugalpumpe vist en pumpekaraktistik, der er optaget ved 1000 o/min. samt anlægskarakteristikken (rørkarakteristikken) for det tilhørende rørsystem.

Pumpemediet er fuelolie med densiteten  $930 \text{ kg/m}^3$ .

- 4.1 Bestem driftspunktet for centrifugalpumpen, når pumpeomdrejningstallet reduceres til 800 o/min.
- 4.2 Bestem driftspunktet for centrifugalpumpen, når pumpeomdrejningstallet fortsat er 800 o/min, og der herefter drøvles ved pumpens afgangsentil, således at anlægsmodstanden (rørmodstanden) i det efterspurgte driftspunkt er forøges med 1,3 bar.

---

Søfartsstyrelsen







**3**

På bilag 4 er vist en skitse af et kondensationskraftværk. På skitsen er påført en række oplysninger, der er gældende for den stationære tilstand, anlægget kører i. Af yderligere oplysninger kan anføres:

- for mellemtrykturbinerne ( MT1 og MT2 ) gælder, at de fordeler massestrømmene ligeligt.
- Den mekaniske virkningsgrad for hele turbinen er.....0,98
- Generatorvirkningsgraden.....0,99
- Den tilførte effekt til kedlen.....800 MW
- Der tages ikke hensyn til entalpifald og –stigninger gennem rør og pumper.
- Der er, bortset fra kedlen, ikke varmelednings- og varmeudstrålingstab.
- Der er, bortset fra kedlen, ikke tryktab i rør og varmevekslere.

Anvendte entalpier markeres tydeligt på bilag 5.

Beregn for anlægget:

- 3.1 Højtrykturbinens (HT) indre isentropiske virkningsgrad.
- 3.2 Generatoreffekten.
- 3.3 Fødevandsentalpien ved tilgang til kedlen.
- 3.4 Kedlens virkningsgrad. (tre decimaler).
- 3.5 Anlægsvirkningsgraden. (tre decimaler).

Idet der ønskes en større generatoreffekt, by-passes HT-forvarmerne, så fødevandet strømmer igennem den skitserede ledning.

De angivne tryk og temperaturer på turbinen er uændrede og mængden til HT-turbinen fastholdes. Udtagsmængderne til de tilbageværende forvarmere fastholdes. Kedelvirkningsgraden kan i dette tilfælde antages at være uændret.

Beregn for den nye tilstand:

- 3.6 Den nye fødevandsentalpi.
- 3.7 Den nye anlægsvirkningsgrad. (tre decimaler)

Kommenter:

- 3.8 Anlægsvirkningsgradens fald ved den nye driftstilstand.

