

Dec. 2005

Uge  
18

### Opgave 1

For et centralt placeret køleanlæg, der leverer kold glykopolopløsning i en større industrivirksomhed, kan følgende oplyses:

Det anvendte kølemiddel er R134a, og kølemiddelmængden til anlæggets eneste fordamper styres af en termostatisk ekspansionsventil. Kompressorkapaciteten tilpasses trinløst til behovet med en frekvensomformer og kondensatoren er kølet med vand fra et køletårn.

Under stationære driftsforhold er følgende driftsparametre registreret:

- Kuldeydelse (registreret på "glykolsiden" af fordamperen): .. 640 MJ pr. time
- Kølemiddeltryk i fordamper: ..... 1,4 bar (abs)
- Kølemiddeltemperatur ved afgang fra fordamper: .....  $-10^{\circ}\text{C}$
- Kølemiddeltemperatur ved afgang fra kompressor: .....  $50^{\circ}\text{C}$
- Kølemiddeltryk i kondensator: ..... 7 bar (abs)
- Kølemiddeltemperatur i reciever: .....  $20^{\circ}\text{C}$
- Kompressorens omdrejningstal: ..... 1120 omdr. pr. minut
- Tilført el-effekt til kompressorens drivmotor: ..... 53 kW
- Tilført el-effekt til kølevandpumpe: ..... 1,5 kW

Kompressorens volumetriske virkningsgrad kan aflæses af diagrammet på bilag 1

Da anlægget er en kompakt velisoleret enhed, kan der ved beregninger ses bort fra utilsigtede trykfald samt fra utilsigtet varmeveksling med omgivelser.

1.1.1 Beregn anlæggets COP-faktor

1.1.2 Beregn den varmemængde der bortledes med kølevandet angivet i kW

I forbindelse med et større ombygningsarbejde, der bl.a. vil indebære nedrivning af det eksisterende køletårn, vil man undersøge mulighederne for at udnytte kondensatorvarmen til rumopvarmning. Dette tænkes gjort ved at erstatte den vandkølede kondensator med en luftkølet, placeret i den fælles tilgangskanal for luft til produktionslokaler.

Ved driftsforhold som de ovenfor beskrevne forventes det, at kondenseringen i den luftkølede kondensator kan ske ved trykket 9 bar (abs) og at der ledes væske med temperaturen  $30^{\circ}\text{C}$  til recieveren. Det forventes desuden, at isentropisk og mekanisk virkningsgrad for kompressoren samt virkningsgraden for kompressorens drivmotor er uændrede selvom driftsforholdene ændres.

Ovennævnte kuldeydelse, fordampningstemperatur og overhedning i fordamperen fastholdes som sammenligningsreference.

Beregn ved det forventede kondensatortryk:

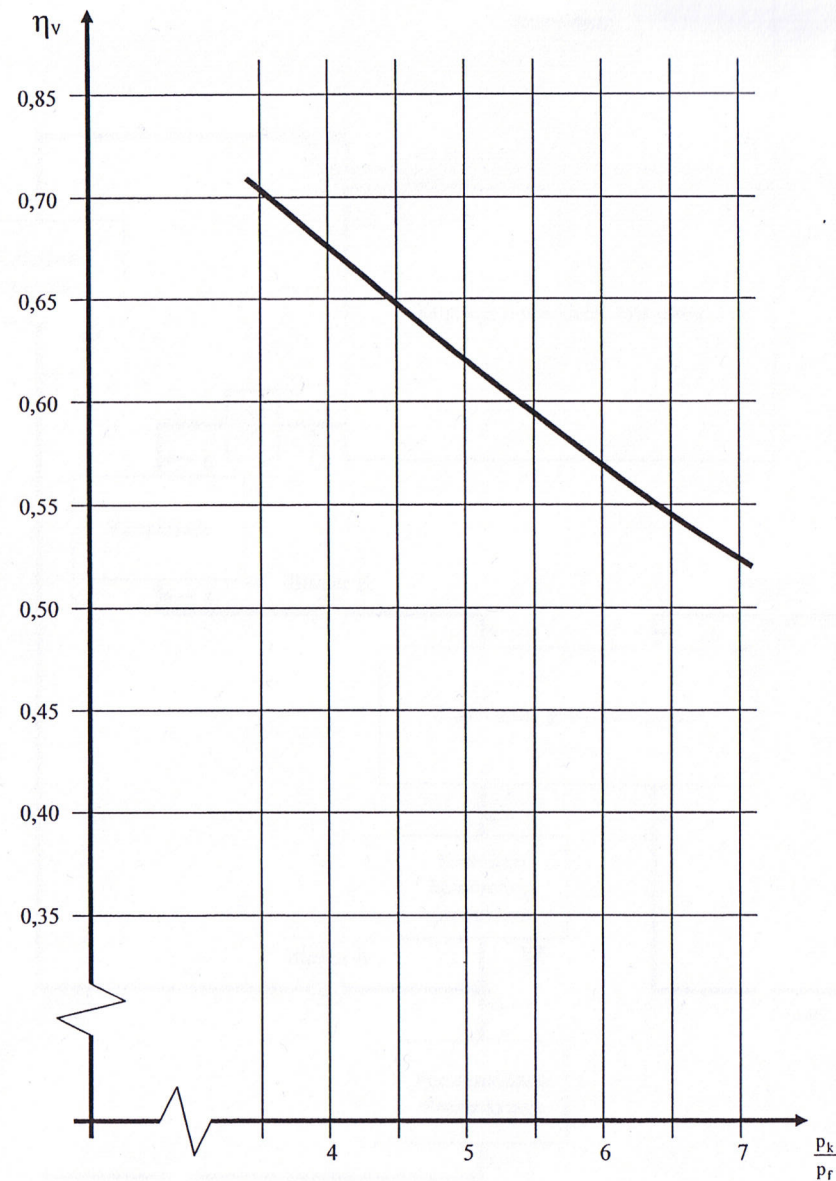
1.2.1 tilført el-effekt til kompressorens drivmotor angivet i kW

1.2.2 varmeeffekt som tilføres luften til produktionslokaler angivet i kW

1.2.3 kompressorens omdrejningstal

Anvendte tilstandspunkter skal markeres tydeligt i det vedlagte  $h,p$ -diagram (bilag 2).

### Bilag 1



## Opgave

Bilag 3 viser et forenklet diagram over ventilationsanlægget i en industrivirksomhed.

Når kølefladerne er i drift, kan der regnes med en middeltemperatur på luftsiden på  $4^{\circ}\text{C}$ , og luften til kontorer og produktionslokaler kan befugtes med forstøvet vand der har temperaturen  $95^{\circ}\text{C}$ . Forvarmebladen er kun i drift når udeluftens temperatur (tilstand 1) er lavere end  $5^{\circ}\text{C}$ .

Det antages i forbindelse med diagramaflysninger og beregninger at trykket overalt i systemet er normalbarometerstanden, at der ikke tilføres eller mistes luft mellem friskluftindtag og afkast samt at hele den til blæserne tilførte effekt overføres til luftstrømmene.

2.1 Under stationær drift på en sommerdag registreres følgende måleværdier:

- Udelufttemperatur målt med tørt-/vådt termometer: .....  $22/16^{\circ}\text{C}$
- Effektilførsel til blæser A (til serverrum): .....  $1,25\text{ kW}$
- Masseflow af tør luft til serverrum: .....  $1500\text{ kg pr. time}$
- Lufttemperatur ved tilgang til serverrum (tilstand 10): .....  $11^{\circ}\text{C}$

2.1.1 Bestem entalpi, absolut fugtighed og damppartialtryk i den aktuelle udeluft.

2.1.2 Beregn kuldeydelsen i kølefladen foran serverrum angivet i kJ pr. time.

2.1.3 Beregn udskilt vandmængde i kølefladen foran serverrum angivet i kg pr. time.

2.2 Under stationær drift på en vinterdag registreres følgende måleværdier:

- Udelufttemperatur: .....  $-6^{\circ}\text{C}$
- Udeluftens relative fugtighed: .....  $0,8$
- Lufttemperatur efter forvarmeblade (tilstand 2): .....  $3,5^{\circ}\text{C}$
- Effektilførsel til blæsere A/B/C: .....  $0,75/7,9/8,4\text{ kW}$
- Masseflow af tør luft til serverrum: .....  $900\text{ kg pr. time}$
- Effektilførsel til luften i serverrummet ( $x = \text{konstant}$ ): .....  $4,5\text{ kW}$
- Masseflow af tør luft til kontorer og produktionslokaler: .....  $9500\text{ kg pr. time}$
- Effektilførsel til luften i varmeblade før befugter: .....  $34,3\text{ kW}$
- Masseflow af vand til befugtning .....  $33,3\text{ kg pr. time}$
- Lufttemperatur ved tilgang til kontorer og produktionslokaler (tilstand 7): .....  $18^{\circ}\text{C}$
- Relativ luftfugtighed i samme målepunkt (tilstand 7): .....  $0,5$
- Effektilførsel til luften i kontorer og produktionslokaler: .....  $41\text{ MJ pr. time}$
- Fugttilførsel til luften i kontorer og produktionslokaler: .....  $3,7\text{ kg pr. time}$

Det skal oplyses, at ingen køleflader er i drift ved den aktuelle driftstilstand.

2.2.1 Beregn varmeeffekt tilført til luften i forvarmerbladen angivet i MJ pr. time.

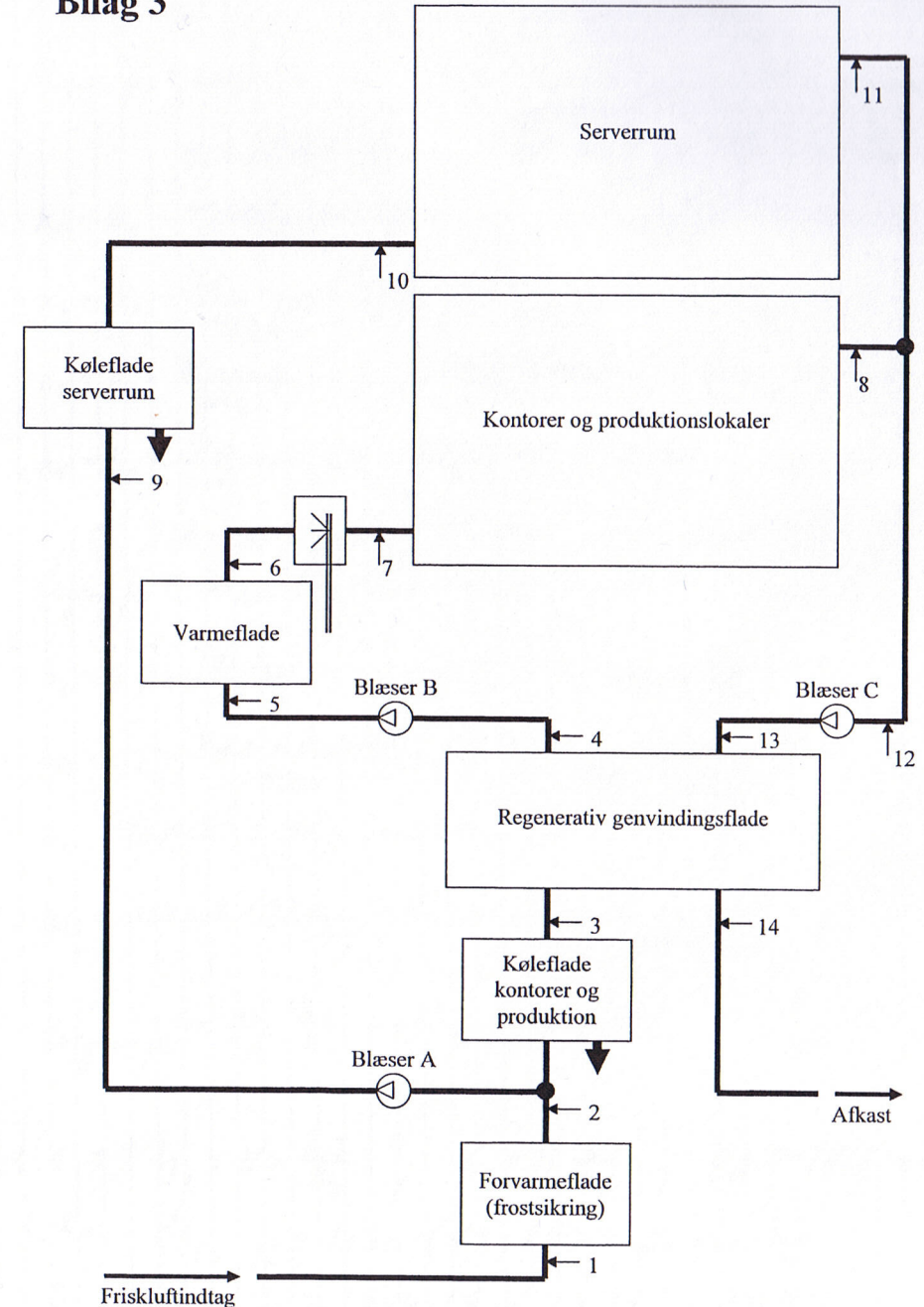
2.2.2 Beregn den effekt, der overføres i den regenerative genvindingsflade angivet i MJ pr. time.

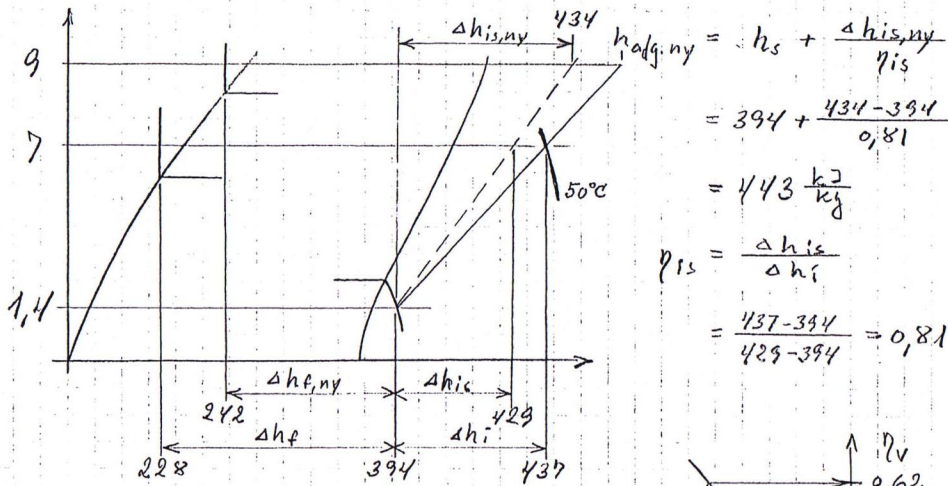
2.2.3 Beregn afkastluftens entalpi før genvindingsfladen (tilstand 13).

2.2.4 Beregn den regenerative genvindingsflades entalpi virkningsgrad.

Anvendte tilstandspunkter skal markeres tydeligt i det vedlagte diagram for fugtig luft (bilag 4).

## Bilag 3





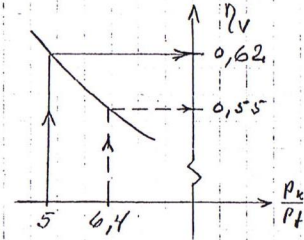
$$h_{d,q.ny} = h_s + \frac{\Delta h_{is.ny}}{\rho_{is}}$$

$$= 394 + \frac{434 - 394}{0.81}$$

$$= 443 \frac{kJ}{kg}$$

$$\rho_{is} = \frac{\Delta h_{is}}{\Delta h_i}$$

$$= \frac{437 - 394}{429 - 394} = 0.81$$



$$\frac{p_k}{p_f} = \frac{7}{1.4} = 5, \quad \frac{p_{k.ny}}{p_f} = \frac{9}{1.4} = 6.4$$

$$\dot{m}_R = \frac{\dot{Q}_f}{\Delta h_f} = \frac{640 \cdot 10^3}{394 - 228} = 3860 \frac{kg}{h}$$

1.1.1  $COP = \frac{\dot{Q}_f}{\sum P_{el}} = \frac{640 \cdot 10^3}{(53 + 1.5) \cdot 3600} = 3.26$

1.2  $\dot{Q}_k = \dot{m}_R \cdot \Delta h_k = \frac{3860}{3600} \cdot (437 - 228) = 2.24 \text{ kW}$

$$\rho_m \cdot \rho_{el} = \frac{\dot{m}_R \cdot \Delta h_i}{P_{el(komp)}} = \frac{3860 \cdot (437 - 394)}{53 \cdot 3600} = 0.87$$

$$\dot{m}_{R.ny} = \frac{\dot{Q}_f}{\Delta h_{f.ny}} = \frac{640 \cdot 10^3}{394 - 242} = 4210 \frac{kg}{h}$$

1.2.1  $P_{el(komp).ny} = \frac{\dot{m}_{R.ny} \cdot \Delta h_{i.ny}}{\rho_m \cdot \rho_{el}} = \frac{4210 \cdot (443 - 394)}{3600 \cdot 0.87} = 65.9 \text{ kW}$

2.2  $\dot{Q}_e = \dot{Q}_{k.ny} = \dot{m}_{R.ny} \cdot \Delta h_{k.ny} = \frac{4210}{3600} \cdot (443 - 242) = 2.35 \text{ kW}$

$$v_{sug} = \text{konst.} \Rightarrow \frac{\dot{m}_{R.ny}}{\dot{m}_R} = \frac{V_{R.ny}}{V_R} = \frac{n_{ny} \cdot \rho_{v.ny}}{n \cdot \rho_v} \Rightarrow$$

2.3  $n_{ny} = \frac{\dot{m}_{R.ny} \cdot n \cdot \rho_v}{\dot{m}_R \cdot \rho_{v.ny}} = \frac{4210 \cdot 1120 \cdot 0.62}{3860 \cdot 0.55} = 1380 \frac{0}{\text{min}}$

Vinter:  $t_1 = -6^\circ C, \rho_1 = 0.8 \Rightarrow h_1 = -1.5 \frac{kJ}{kg}, x_1 = 1.8 \frac{g}{kg}$   
 $t_2 = 3.5^\circ C, x_2 = x_1 \Rightarrow h_2 = 8 \frac{kJ}{kg}$

2.1.1  $\dot{Q}_{forv.jl.} = \sum \dot{m}_i \cdot (h_2 - h_1) = (900 + 9500) \cdot (8 - (-1.5)) \cdot 10^{-3} = 98.8 \frac{MJ}{h}$

$t_7 = 18^\circ C, \rho_7 = 0.5 \Rightarrow h_7 = 34.5 \frac{kJ}{kg}, x_7 = 6.45 \frac{g}{kg}$   
 $h_c = h_7 - \frac{\dot{m}_v(\text{bed.}) \cdot c_v \cdot t_v}{\dot{m}_{l,B}} = 34.5 - \frac{33.3 \cdot 4.19 \cdot 9.5}{9500} = 33.1 \frac{kJ}{kg}$

$x_6 = x_7 - \frac{\dot{m}_v(\text{bed.})}{\dot{m}_{l,B}} = 6.45 - \frac{33.3 \cdot 10^3}{9500} = 2.95 \frac{g}{kg}$

$h_5 = h_6 - \frac{\dot{Q}_{varmsfl.}}{\dot{m}_{l,B}} = 33.1 - \frac{34.3 \cdot 3600}{9500} = 20 \frac{kJ}{kg}, x_5 = x_6$

$h_4 = h_5 - \frac{P_{el,B}}{\dot{m}_{l,B}} = 20 - \frac{2.9 \cdot 3600}{9500} = 17 \frac{kJ}{kg}, x_4 = x_5$

Jungen kpling  $\Rightarrow h_3 = h_2, x_3 = x_2$

2.1.2  $\dot{Q}_{genv.jl.} = \dot{m}_{l,B} \cdot (h_4 - h_3) = 9500 \cdot (17 - 8) \cdot 10^{-3} = 85.5 \frac{MJ}{h}$

$h_8 = h_7 + \frac{\dot{Q}_{k+A}}{\dot{m}_{l,B}} = 34.5 + \frac{4.1 \cdot 10^3}{9500} = 38.8 \frac{kJ}{kg}$

$h_{11} = h_2 + \frac{P_{el,A} + \dot{Q}_{overv.}}{\dot{m}_{l,A}} = 8 + \frac{(0.75 + 4.5) \cdot 3600}{900} = 29 \frac{kJ}{kg}$

$h_{13} = \frac{\dot{m}_{l,A} \cdot h_{11} + \dot{m}_{l,B} \cdot h_8 + P_{el,C}}{\dot{m}_{l,C}} \Rightarrow$

2.1.3  $h_{13} = \frac{900 \cdot 29 + 9500 \cdot 38.8 + 8.4 \cdot 3600}{10400} = 40.9 \frac{kJ}{kg}$

2.1.4  $\rho_h(\text{genv.jl.}) = \frac{h_4 - h_3}{h_{13} - h_3} = \frac{17 - 8}{40.9 - 8} = 0.27$

2.1.1:  $h_1 = 45 \frac{kJ}{kg}, x_1 = 9 \frac{g}{kg}, P_{el} = 14.3 \text{ mba}$

2.1.2:  $\dot{Q}_{(9-10)} = 1500 \cdot (48 - 29) = 31500 \frac{kJ}{h}$

2.1.3:  $\dot{m}_v(9-10) = 1500 \cdot (9 - 6.4) \cdot 10^{-3} = 3.9 \frac{kg}{h}$