



Oppgavesamling

for

Maskinoffisersutdanningen

Forord

Denne oppgavesamlingen er beregnet for studenter i maritim fagskole, skipsteknisk drift. Den inneholder øvingsoppgaver med fasit for beregningsoppgaver.

Innholdet er ordnet som følger:

- **Kapittel 1** – Termodynamikk (70 oppgaver)
- **Kapittel 2** - diverse fag:
 - 2.1 skipsteknikk (ca. 20 oppgaver)
 - 2.2 mekanikk og fasthetslære (40 oppgaver)
- **Kapittel 3** - motordelen av funksjon 1
 - **3.1** Motor beregninger (30 oppgaver)
 - **3.2** Motor teori (36 oppgaver)
 - **3.3** Questions 2nd Engineer (15 ok)
 - **3.4** Questions Chief Engineer
- **Kapittel 4** er ikke klart, men er planlagt å inneholde oppgaver innen damp maskineri.
 - 4.1 Damp beregninger
 - 4.2 Damp teori oppgaver
 - 4.3 Steam Questions
- **Kapittel 5** - Operasjon, drift og vedlikehold av hoved- og hjelpemaskineri på skip.
 - **5.1** Driftskontroll simulator maskineri: B&W 5L90MC rev. 3.
 - **5.2** Drift av MT Millennium og MS Sidus (Ressurshefter på nett)
 - **5.3** Driftskontroll simulator maskineri B&W 5L90MC rev. 5.

Det er forutsatt at faglærer velger ut oppgaver han/hun finner tjenlig for sitt undervisningsopplegg.

Oppgavesamlingen vil bli lagt ut på BMF sine hjemmesider.

Det er også utarbeidet et hefte med løsningsforslag, som utgis i papirformat, dette for å unngå løsninger av typen «klipp og lim» som har tilnærmet null læringsverdi.

Bergen, februar 2015

Innhold

Forord.....	2
1. Termodynamikk	4
1.1 Tilstandsendringer, varme og arbeid (22 oppg. ok).....	4
1.2 Varmevekslere (10 oppg ok).....	8
1.3 Idealprosesser (9 oppg ok).....	10
1.4 Fuktig luft (11 oppg ok)	13
1.5 Kulde- og varmepumpe prosesser (5 oppg ok)	15
1.6 Strømningsprosesser (11 oppg ok).....	17
1.7 Forbrenning og brennolje (5 oppg ok)	22
2. Diverse fag	25
2.1 Skipsteknikk (21 oppg ok)	25
2.2 Mekanikk (41 oppg ok)	29
3. Motor oppgaver.....	43
3.1 Beregningsoppgaver motor (30 oppg ok)	43
3.2 Teorioppgaver – motor (36 oppg ok).....	67
3.3 Questions 2nd Engineer	72
3.4 Questions Chief Engineer	75
4. Damp oppgaver.....	76
4.1 Damp beregninger.....	76
4.2 Damp teori oppgaver	84
4.3 Steam Questions	87
5. Drifts- og tilstandskontroll - motor.....	88
Innledning	88
5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC rev. 3	88
5.2 Driftskontroll Millennium og Sidus (6 oppg ok)	105
5.3 Driftskontroll – B&W 5L90MC (rev.5) (7 oppg ok)	118

1. Termodynamikk

1.1 Tilstandsendringer, varme og arbeid (22 oppg. ok)

Oppgave 1.1.1

Vi får oppgitt barometertrykket til 735 mm Hg og at vakuemet i en tank er 280 mm Hg. Finn absoluttrykket i tanken.

Svar: 0,606 bar

Oppgave 1.1.2

En gasstank har volum $4,5 \text{ m}^3$, trykk 500 kPa og temperatur $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Individuell gasskonstant $R = 297 \text{ J/kgK}$. Bestem masse gass i kg.

Svar: 25,4 kg

Oppgave 1.1.3

1500 kg propan (C_3H_8) er lagret i en beholder med temperatur $42 \text{ }^\circ\text{C}$ og trykk 450 kPa. Finn volumet av beholderen i m^3 .

Svar: 198 m^3

Oppgave 1.1.4

1 kg argon er innestengt i en flaske med volum $V = 0,45 \text{ m}^3$ og trykk $p = 0,17 \text{ MPa}$.

Vi ser på argon som en ideell gass.

- Finn temperaturen i flasken.
- Dersom det lekker ut 0,1 kg gass, hva blir trykket når temperaturen er 353 K?

Svar: a) 367,8 K, b) 147 kPa

Oppgave 1.1.5

En ideell gass ekspanderer polytropisk. Polytropeksponenten $n = 1,2$, $V_1 = 3 \text{ m}^3$, $p_1 = 4 \text{ bar}$, $t_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$, og $V_2 = 9 \text{ m}^3$. Bestem:

- sluttrykk a) 1,07 bar
- sluttemperatur b) 380 K

Oppgave 1.1.6

En ideell gass ekspanderer isentropisk Isentropeksponenten $\kappa = 1,4$, $V_1 = 3 \text{ m}^3$, $p_1 = 4 \text{ bar}$, $t_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$, og $V_2 = 9 \text{ m}^3$.

Bestem:

- sluttrykk
- sluttemperatur

Svar: a) 0,86 bar, b) 305 K

Oppgave 1.1.7

Luft er innestengt i en sylinder der $p_1 = 10 \text{ bar}$, $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ og $V_1 = 0,1 \text{ m}^3$. Luften ekspanderer først ved konstant trykk til $V_2 = 0,3 \text{ m}^3$ og deretter isotermisk inntil volumet er $V_3 = 0,5 \text{ m}^3$.

- Skisser prosessen i et pV- diagram
- Bestem volumendringsarbeidet for prosessen.

Svar: b) 353 kJ

1.1 Tilstandsendringer, arbeid og varme

Oppgave 1.1.8

En gass med volum $V_1 = 0,014 \text{ m}^3$ og trykk $p_1 = 2070 \text{ kPa}$ ekspanderer polytropisk til trykket $p_2 = 207 \text{ kPa}$. Polytropeksponenten $n = 1,35$.

Bestem:

- a) sluttvolum
- b) volumendringsarbeid

Svar: a) $0,077 \text{ m}^3$, b) $37,3 \text{ kJ}$

Oppgave 1.1.9

1000 cm^3 luft blir komprimert reversibelt (tapsfritt) isotermisk i en sylinder fra trykket $p_1 = 100 \text{ kPa}$ til $p_2 = 2000 \text{ kPa}$.

- a) Skisser prosessen i et pV-diagram
- b) Bestem volumendringsarbeidet for kompresjonen.

Svar: b) $-0,3 \text{ kJ}$

Oppgave 1.1.10

Nitrogen med temperatur $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ og trykk $p_1 = 600 \text{ kPa}$ gjennomgår en polytropisk tilstandsendring til trykket $p_2 = 100 \text{ kPa}$. Polytropeksponenten $n = 1,2$, $R = 0,297 \text{ kJ/kgK}$ og $c_v = 0,745 \text{ kJ/kgK}$.

Bestem:

- a) sluttemperaturen i K
- b) volumendringsarbeidet i kJ/kg
- c) varmeoverføringen i kJ/kg

Svar: a) 277 K , b) 143 kJ/kg , c) $71,3 \text{ kJ/kg}$

Oppgave 1.1.11

$0,25 \text{ kg}$ gass med trykk $p_1 = 140 \text{ kPa}$ og $V_1 = 0,15 \text{ m}^3$ blir komprimert reversibelt polytropisk til trykk $p_2 = 1400 \text{ kPa}$. Gitt: $n = 1,25$, $c_p = 1,005 \text{ kJ/kgK}$, og $c_v = 0,718 \text{ kJ/kgK}$.

Bestem:

- a) endringen av indre energi
- b) kompresjonsarbeidet
- c) bortført varme under kompresjonen.

Svar: a) $30,7 \text{ kJ}$ b) $W = -49,1 \text{ kJ}$ c) $Q = -18,37 \text{ kJ}$

Oppgave 1.1.12

En gass får tilført varmemengden $q = 100 \text{ kJ/kg}$. $c_p = 1,0 \text{ kJ/kgK}$, $c_v = 0,713 \text{ kJ/kgK}$. Regn ut temperaturøkningen når varmetilførselen foregår ved:

- a) konstant trykk
- b) konstant volum

Svar: a) 100 K , b) 140 K

Oppgave 1.1.13

En luftmengde er innestengt i en sylinder med volum $V_1 = 0,2 \text{ m}^3$. Luften får tilført en varmemengde $Q = 50 \text{ kJ}$ ved konstant trykk $p = 400 \text{ kPa}$.

- a) Finn sluttemperaturen dersom starttemperaturen er $0 \text{ }^\circ\text{C}$.
- b) Finn sluttemperaturen dersom starttemperaturen er $200 \text{ }^\circ\text{C}$.

Svar: a) $49 \text{ }^\circ\text{C}$, b) $284,8 \text{ }^\circ\text{C}$

1.1 Tilstandsendringer, arbeid og varme

Oppgave 1.1.14

En luftmengde er innestengt i en beholder. $V_1 = 8000 \text{ cm}^3$, $t_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, og $p_1 = 800 \text{ kPa}$. Finn nødvendig varmeoverføring for å endre trykket til:

- a) 200 kPa
- b) 3000 kPa

Svar: a) -12 kJ , b) $+44 \text{ kJ}$

Oppgave 1.1.15

En ideell gass blir komprimert reversibelt polytropisk. Polytropeksponenten $n = 1,3$
 $V_1 = 9 \text{ m}^3$, $p_1 = 1 \text{ bar}$, $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ og $V_2 = 3 \text{ m}^3$.

- a) Skisser prosessen i et pV- diagram.
- b) Bestem sluttrykk og sluttemperatur.

Svar: b) 4,17 bar, 407 K

Oppgave 1.1.16

Luft blir komprimert i en sylinder: $V_1 = 0,2 \text{ m}^3$ og $V_2 = 0,02 \text{ m}^3$ og $p_1 = 200 \text{ kPa}$.

- a) Bestem volumendringsarbeidet ved isobar kompresjon.
- b) Bestem volumendringsarbeidet når temperaturen er konstant lik $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Svar: a) -36 kJ b) -92 kJ

Oppgave 1.1.17

En ideell gass ekspanderer reversibelt polytropisk. $n = 1,2$, $V_1 = 3 \text{ m}^3$, $p_1 = 4 \text{ bar}$,
 $t_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$, og $V_2 = 9 \text{ m}^3$. $c_v = 0,717 \text{ kJ/kgK}$, og $c_p = 1 \text{ kJ/kgK}$.

- a) Skisser prosessen i PV- diagram.
- b) Finn trykket, temperaturen, varmeoverføringen (Q) og arbeidet (W).

Svar: a) 107 kPa, 380 K, $Q = \text{ca. } 600 \text{ kJ}$ (tilført), $W = 1185 \text{ kJ}$ (bortført)

Oppgave 1.1.18

En ideell gass ekspanderer reversibelt og adiabatisk. $\kappa = 1,4$, $V_1 = 3 \text{ m}^3$, $p_1 = 4 \text{ bar}$,
 $t_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$, og $V_2 = 8 \text{ m}^3$.

Bestem:

- a) sluttrykk
- b) sluttemperatur
- c) ekspansjonsarbeid

Svar: a) 1,01 bar, b) 319,6 K, c) 980 kJ

Oppgave 1.1.19

2 kg luft blir komprimert isentropisk i en isolert sylinder fra $p_1 = 400 \text{ kPa}$ til $p_2 = 15\,000 \text{ kPa}$. Bestem volumendringsarbeidet når starttemperaturen er:

- a) $t_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$
- b) $t_1 = 350 \text{ }^\circ\text{C}$

Svar: a) -1235 kJ , b) -1623 kJ

Oppgave 1.1.20

0,2 kg luft med temperatur $100 \text{ }^\circ\text{C}$ er innestengt i en isolert sylinder. Luften blir komprimert isentropisk fra $p_1 = 100 \text{ kPa}$ til $p_2 = 5000 \text{ kPa}$.

- a) Bestem volumendringsarbeidet.

Svar: -110 kJ

1.1 Tilstandsendringer, arbeid og varme

Oppgave 1.1.21

En vifte på 5 hk blir brukt til å sirkulere luften i et stort rom. Vi går ut fra at rommet er isolert, og ser bort fra kinetisk og potensiell energi.

a) Bestem tilført arbeid per time. Svar: -13700 kJ

b) Bruk energiloven og vis at $\Delta U = +13700 \text{ kJ}$.

Svar: a) -13700 kJ

Oppgave 1.1.22

En ideell gass er innestengt i en sylinder. Starttilstanden er: $V_1 = 0,04 \text{ m}^3$ og $p_1 = 1 \text{ bar}$.

Gassen komprimeres til et sluttvolum $V_2 = 0,02 \text{ m}^3$.

Gitt: $c_p = 0,717 \text{ kJ/kgK}$, $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$, $\kappa = 1,4$

Bestem volumendringsarbeidet for følgende prosesser:

a) isentrop kompresjon

b) isoterm kompresjon

c) Anvend deretter 1. hovedsetning for a) og b) og vis sammenhengen mellom varme (Q), arbeid (W) og endring av indre energi ($U_2 - U_1$) for prosessene, når disse er forutsatt tapsfrie (reversible).

Svar: a) $W = -3,2 \text{ kJ}$, b) $W = -2,77 \text{ kJ}$

1.2 Varmevekslere

1.2 Varmevekslere (10 oppg ok)

Oppgave 1.2.1

I en varmeveksler kjøles olje fra 70 °C til 40 °C i motstrøm av ferskvann med temperatur inn 20 °C og ut 60 °C. Massestrøm olje er 4 kg/s, $c_{olje} = 1,9 \text{ kJ/kgK}$, $k = 0,52 \text{ kW/m}^2\text{K}$.

Bestem:

- a) midlere logaritmisk temperaturdifferanse
- b) overført varme i kW
- c) nødvendig kjøleflate
- d) massestrøm vann

Svar: a) 14,4 °C, b) 228 kW, c) 30,5 m², d) 1,35 kg/s

Oppgave 1.2.2

Olje skal forvarmes i en varmeveksler fra + 10 °C til + 50 °C ved hjelp av varmt vann, som derved kjøles fra 95 °C til 65 °C. Kjøleflaten = 2 m², og $k = 600 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Bestem:

- a) midlere logaritmisk temperaturdifferanse
- b) overført varmeeffekt for motstrømsarrangement

Svar: a) 50 °C, b) P = 60 kW

Oppgave 1.2.3

En oljekjøler har en kjøleflate på 10 m². I denne skal 100 kg/min olje med temperatur 100 °C og $c = 2,1 \text{ kJ/kgK}$, kjøles i motstrøm av 100 kg/min vann med $c = 4,2 \text{ kJ/kgK}$.

Vanntemperaturen stiger fra 10 °C til 20 °C.

Bestem:

- a) overført varmemengde i kW
- b) oljens utløpstemperatur
- c) kjølerens k - verdi i kW/m²K

Svar: a) 70 kW, b) 80 °C, c) 0,093 kW/m²K

Oppgave 1.2.4

Vi skal forvarme 1 tonn/h av en væske med spesifikk varmekapasitet $c = 3,35 \text{ kJ/kgK}$ fra + 15 °C til + 70 °C ved hjelp av varmt vann. Vanntemperaturen synker fra 95 °C til 35 °C.

- a) Bestem nødvendig areal for motstrømsarrangement når $k = 700 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Svar: A = 4,2 m²

Oppgave 1.2.5

En oljekjøler har en flate på 50 m². I denne skal 100 kg/min. olje av 100 °C med spesifikk varmekapasitet $c = 2,1 \text{ kJ/kgK}$ kjøles i motstrøm av 100 kg/min. vann av 10 °C. Vann-temperaturen stiger med 15 °C.

Bestem:

- a) overført varme
- b) oljens utløpstemperatur
- c) k-verdien

Svar: a) 105 kW, b) 70 °C, c) 0,031 kW/m²K

1.2 Varmevekslere

Oppgave 1.2.6

I en varmeveksler avkjøles ammoniakkdamp fra 100 °C til 45 °C, og samtidig varmes vannet opp fra 25 til 35 °C. Varmevekslerens k -verdi er 120 W/m²K, og overført varme er 14 kW. Bestem nødvendig kjøleflate ved:

- a) motstrøm
- b) medstrøm

Svar: a) $A = 3,07 \text{ m}^2$ (motstrøm), b) $A = 3,64 \text{ m}^2$ (medstrøm)

Oppgave 1.2.7

En bilradiator har en flate på 15 m². Kjølevannets temperatur er 85 °C inn og 60 °C ut fra radiatoren. Motorens effekt er 25 hk og dens effektive termiske virkningsgrad er 0,25. Den varmemengden som føres bort i kjøleren antas å være 30 % av tilført varme med brennstoffet. Bestem:

- a) sirkulert vannmengde i (l/min)
- b) kjølerens k -verdi ved antatt konstant lufttemperatur på + 20 °C

Svar: a) 12,65 l/min, b) 28,8 W/m²K

Oppgave 1.2.8

I en motstrøms varmeveksler kjøles olje med vann. Massestrøm olje er 2 kg/s og oljens temperatur avtar fra 70 °C ved innløp til 40 °C ved utløp. Vannet varmes opp fra 20 °C til 40 °C. Varmevekslerens overflate er 6 m². Oljens spesifikke varmekapasitet er 1,9 kJ/kgK.

Bestem:

- a) overført varme i kW
- b) midlere temperaturdifferanse
- c) kjølerens k -verdi

Svar: a) 114 kW, b) 25 K, c) 0,76 kW/m²K

Oppgave 1.2.9

Vanndamp med temperatur 50 °C kondenserer på utsiden av et metallrør i kondenseren. Kjølevannets innløpstemperatur er 20 °C og utløpstemperatur 35 °C. Det skal kondenseres 0,5 kg vanndamp per sekund. Kondenser k -verdi er 4 kW/m²K.

Bestem:

- a) varmestrøm fra damp til vann
- b) midlere logaritmisk temperaturdifferanse
- c) kondenser overflate

Svar: a) 1192 kW, b) 21,7 K, c) 13,8 m²

Oppgave 1.2.10

I en motstrøms varmeveksler skal vann varmes opp med avgass fra en motor. Avgassens innløpstemperatur er 280 °C og utløpstemperatur 95 °C. Spesifikk varme for avgassen er 1,005 kJ/kgK. Avgassmengde fra motoren er 6,91 kg/s. Vanntemperaturen er 10 °C ved innløp og massestrøm vann er 4 kg/s med spesifikk varme 4,2 kJ/kgK.

Bestem:

- a) effekt overført fra avgassen
- b) vannets utløpstemperatur
- c) midlere logaritmisk temperaturdifferanse
- d) kjøler arealet når $k = 0,22 \text{ kW/m}^2\text{K}$

Svar: a) 1285 kW, b) 86,5 °C, c) 132 °C, d) 44,2 m²

1.3 Idealprosesser

1.3 Idealprosesser (9 oppg ok)

Oppgave 1.3.1 – Otto prosess

En 4 sylinders forgassermotor arbeider etter Ottos idealprosess.

Sylinderdiameter $D = 85 \text{ mm}$

Slaglengde $S = 85 \text{ mm}$

Nominell kompresjonsgrad $\varepsilon = 9$

Gitt: $T_1 = 320 \text{ K}$, $p_1 = 2,5 \text{ bar}$ (abs), maksimaltrykk $p_3 = 92 \text{ bar}$.
 $c_p = 1,005 \text{ kJ/kgK}$, $c_v = 0,717 \text{ kJ/kgK}$, $\kappa = 1,4$ og $R = 287 \text{ J/kgK}$.

- Skisser prosessen i p-V og T-s diagram
- Bestem tilført/bortført varme og nyttig arbeid per sylinder.
- Bestem termisk virkningsgrad.

Svar: b) $W = 0,33 \text{ kJ}$, c) $\eta_t = 0,59$

Oppgave 1.3.2 – Otto prosess

En ideell Otto prosess har luft som arbeidsmedium. Tilstanden ved kompresjonens start er: $t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ og trykket $p_1 = 1 \text{ bar}$. Prosessens termiske virkningsgrad er 48 %.

$R = 287 \text{ J/kgK}$, og $\kappa = 1,4$.

Bestem:

- nominell kompresjonsgrad
- kompresjonstrykket
- kompresjonstemperaturen

Svar: a) $\varepsilon = 5,13$ b) $p_k = 987 \text{ kPa}$ c) $T_k = 573 \text{ K}$

Oppgave 1.3.3 – Otto prosess

En 1-sylindret normalladet 2-takts prøvemotor arbeider etter ottoprosessen.

Sylinderdiameter $D = 280 \text{ mm}$

Slaglengde $S = 360 \text{ mm}$

Nominell kompresjonsgrad $\varepsilon = 13$

Rotasjonsfrekvens $n = 6 \text{ s}^{-1}$

Innsprøytet brennoljemengde per sylinder, per slag $m_B = 0,8 \text{ g}$

Brennoljens brennverdi $h = 40 \text{ MJ/kg}$

Vi regner at hele prosessen gjennomføres med luft som arbeidsmedium.

Gitt: $p_1 = 1 \text{ bar}$, $t_1 = 340 \text{ K}$.

Bestem:

- Temperatur, trykk og volum i alle 4 "hjørnepunkter".
- Netto arbeid per arbeidsslag.
- Termisk virkningsgrad.
- Bestem utviklet effekt (indikert effekt) i kW.

Svar: a) $V_1 = 0,024 \text{ m}^3$, $T_2 = 948 \text{ K}$, $V_2 = 1,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, $p_2 = 3626 \text{ kPa}$, $T_3 = 2770 \text{ K}$,
 $p_3 = 10570 \text{ kPa}$, $T_4 = 993 \text{ K}$, $p_4 = 291 \text{ kPa}$

b) $W = 11,5 \text{ kJ}$, c) $\eta_i = 0,64$, d) 123 kW

1.3 Idealprosesser

Oppgave 1.3.4 – Diesel prosess

En 1-sylindret normalladet 2-takts prøvemotor arbeider etter diesels idealprosess.

Sylinderdiameter	$D = 280 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 360 \text{ mm}$
Nominell kompresjonsgrad	$\varepsilon = 13$
Rotasjonsfrekvens	$n = 10 \text{ s}^{-1}$
Innsprøytet brennoljemengde	$m_B = 0,2 \text{ g/slag}$
Brennverdi	$h = 42 \text{ MJ/kg}$

$p_1 = 2 \text{ bar (abs)}$, $t_1 = 67 \text{ }^\circ\text{C}$. Vi regner at prosessen gjennomføres med luft som arbeidsmedium. Gitt: $c_p = 1 \text{ kJ/kgK}$, $c_v = 0,714 \text{ kJ/kgK}$, $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$ og $\kappa = 1,4$.

Skisser prosessen i et p-V diagram og bestem:

- nettoarbeidet per omdreining.
- motorens termisk virkningsgrad
- indikert middeltrykk

Svar: a) 5,28 kJ, b) 0,63 c) 240 kPa

Oppgave 1.3.5 – Diesel prosess

For en ideell dieselprosess er gitt:

Trykk ved kompresjonens start	$p_1 = 98,5 \text{ kPa}$
Temperatur ved kompresjonens start	$t_1 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$
Maksimaltrykk	$= 4500 \text{ kPa}$
Tilført varme	$Q_t = 580 \text{ kJ/kg}$
Kompresjonsgrad (nominell)	$\varepsilon_n = 15,3$

Vi regner at hele prosessen gjennomføres med luft som arbeidsmedium med massen $m = 1 \text{ kg}$
 $c_p = 1 \text{ kJ/kgK}$, $c_v = 0,714 \text{ kJ/kgK}$, $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$ og $\kappa = 1,4$.

Skisser prosessen i et p-V diagram og bestem:

- kompresjonstemperaturen
- temperatur ved "forbrenningens" slutt (t_3)
- temperatur ved ekspansjonens slutt (t_4)
- indikert arbeid per kg gass
- termisk virkningsgrad
- middeltrykket i kPa

Svar: a) 719 °C, b) 1297 °C, c) 360 °C, d) 365 kJ/kg, e) 0,63, f) 402 kPa

Oppgave 1.3.6 – Diesel prosess

En 10-sylindret 2-takts dieselmotor arbeider etter Diesels idealprosess.

Sylinderdiameter	$D = 280 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 360 \text{ mm}$
Kompresjonsgrad	$\varepsilon = 13$
Rotasjonsfrekvens	$n = 10,5 \text{ s}^{-1}$
Brennstoff-forbruk per syl, per slag	$= 2,593 \text{ g}$
Brennverdi	$h = 42 \text{ MJ/kg}$

Gitt: $p_1 = 3,45 \text{ bar (abs)}$, $t_1 = 47 \text{ }^\circ\text{C}$, $p_{\max} = 125 \text{ bar (abs)}$, $c_p = 1 \text{ kJ/kgK}$,
 $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$ og $\kappa = 1,4$.

- Skisser prosessen i pV og Ts-diagram.
- Bestem utført arbeid per omdreining.
- Bestem prosessens termiske virkningsgrad.
- Bestem indikert middeltrykk, indikert effekt og indikert spesifikt brennstoff-forbruk.

Svar: b) 61,2 kJ/syl/slag c) 0,56, d) $p_{mi} = 2758 \text{ kPa}$, $P_i = 6420 \text{ kW}$, $b_i = 42,4 \text{ g/MJ}$

1.3 Idealprosesser

Oppgave 1.3.7 – Diesel prosess

En 1-sylindret 2-takts prøvemotor arbeider etter diesels idealprosess.

Sylinderdiameter	$D = 300 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 400 \text{ mm}$
Nominell kompresjonsgrad	$\varepsilon = 16$
Rotasjonsfrekvens	$n = 10 \text{ s}^{-1}$
Innsprøytet brennoljemengde	$m_B = 0,7 \text{ g/slag}$
Brennverdi	$h = 40 \text{ MJ/kg}$

$p_1 = 1 \text{ bar (abs)}$, $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$. Vi regner at prosessen gjennomføres med luft som arbeidsmedium. Gitt: $c_p = 1 \text{ kJ/kgK}$, $c_v = 0,714 \text{ kJ/kgK}$, $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$ og $\kappa = 1,4$.

Tips: $T_4 = T_1 \left(\frac{T_3}{T_2} \right)^\kappa$

Bestem:

- Nettoarbeidet pr omdreining.
- Effekten (indikert effekt) i kW.
- Motorens termiske virkningsgrad.

Svar: a) $W = 17,4 \text{ kJ}$ b) $P = 174 \text{ kW}$ c) $\eta_t = 0,62$

Oppgave 1.3.8 - Brayton prosess (gassturbin)

En ideell gassturbinprosess har luft som arbeidsmedium. Gitt: $p_1 = 1 \text{ bar}$, $t_1 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, trykkforholdet $r = 6/1$ og temperatur ut av brennkammer $T_3 = 1100 \text{ K}$. $c_p = 1,05 \text{ kJ/kg}$ og $\kappa = 1,4$.

- Skisser prosessen i pV og Ts diagram
- Bestem kompressor- og turbinarbeidet i kJ/kg.
- Vis sammenhengen mellom varmeoverføring og arbeid for prosessen.
- Bestem termisk virkningsgrad for prosessen.

Svar: b) $W_K = -207 \text{ kJ/kg}$, $W_T = 463 \text{ kJ/kg}$, d) $\eta_t = 0,41$

Oppgave 1.3.9 – Otto prosess

En ideell Otto prosess har kompresjonsgrad $\varepsilon = 9,5$. Ved kompresjonens start er lufttemperaturen $t_1 = 17 \text{ }^\circ\text{C}$, trykket $p_1 = 100 \text{ kPa}$ og volumet $V_1 = 0,01 \text{ m}^3$. Temperatur ved ekspansjonens slutt $T_4 = 800 \text{ K}$.

Gitt: $c_p = 1 \text{ kJ/kgK}$, $c_v = 0,714 \text{ kJ/kgK}$, $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$ og $\kappa = 1,4$.

Skisser prosessen i et pV diagram og bestem:

- maksimal temperatur T_3 og trykk p_3
- tilført varme Q_t
- termisk virkningsgrad

Svar: a) 1967 K og 6452 kPa , b) $10,74 \text{ kJ}$, c) $0,59$

1.4 Fuktig luft

1.4 Fuktig luft (11 oppg ok)

Oppgave 1.4.1

En luftmengde har tørr temperatur på 25 °C og relativ fuktighet $\phi = 0,5$.

Bruk h-x diagram og bestem:

- vanninnhold
- våt temperatur
- duggpunktstemperaturen.

Svar: a) 10 g/kg, b) 18 °C, c) 14 °C

Oppgave 1.4.2

Duggpunkt for spyleluft har betydning for drift av motorer. Vi antar at innsugsluft har en temperatur på 30 °C og relativ fuktighet $\phi = 60\%$. Spyletrykket = 2 bar.

- Bestem duggpunkt for spyleluften.
- Angi en typisk spyleluft temperatur.

Svar: a) 34 °C

Oppgave 1.4.3

I en luftstrøm på 1000 kg/h med temperatur $t_1 = 22$ °C og $\phi = 30\%$, tilføres 2 kg vann/h med temperatur $t_w = 15$ °C.

- Hva blir blandingstilstanden?
- Hva blir blandingstilstanden dersom vi isteden for vann sprøyter inn en like stor mengde tørrmettet damp av 1 bar ($h = 2675$ kJ/kg).

Svar: a) $t = 17,5$ °C, $\phi = 55\%$, $x = 6,8$ g/kg, $h = 34$ kJ/kg b) $t = 22,5$ °C, $h = 39,5$ kJ/kg

Oppgave 1.4.4

Et luftanlegg suger inn luft av 30 °C og relativ fuktighet $\phi = 0,8$. I utløpet av anlegget er $t = 22$ °C og $\phi = 0,5$.

- Hvor mye vann fjernes?
- Hvor mye varme overføres?

Svar: a) 13 g/kg, b) $q_b = 53$ kJ/kg, $q_t = 11$ kJ/kg

Oppgave 1.4.5

I innløpet av et ventilasjonsanlegg måles $t_{\text{tørr}} = 28$ °C og $t_{\text{våt}} = 20$ °C. Etter anlegget er tørr temperatur $t_{\text{tørr}} = 17$ °C og våt temperatur $t_{\text{våt}} = 14$ °C. Bestem:

- relativ fuktighet før og etter nedkjølingen
- utskilt vannmengde i g/kg

Svar: a) 48 %, 70 %, b) 3 g/kg

Oppgave 1.4.6

Luft med tilstanden 14 °C og relativ fuktighet $\phi = 0,6$ blir oppvarmet til 18 °C. Deretter tilføres luften fuktighet til den blir mettet og varmes så opp igjen til 20 °C. Bestem:

- relativ fuktighet etter første oppvarming.
- temperatur etter befuktning
- relativ fuktighet etter siste oppvarming
- tilført vannmengde pr kg luft
- tilført varmemengde i kJ/kg

Svar: a) 0,47, b) 12 °C, c) 0,58, d) 2,5 g/kg, e) 13 kJ/kg

1.4 Fuktig luft

Oppgave 1.4.7

Et klimaanlegg skal dimensjoneres for å kjøle ned og avfukte 2 kg luft pr sekund. Luften inn til fordampere har tørr temperatur $t_1 = 35 \text{ °C}$ og relativ fuktighet $\phi_1 = 0,6$. Ut av fordampere er tørr temperatur $t_2 = 25 \text{ °C}$ og relativ fuktighet $\phi_2 = 0,6$. Bestem:

- varmeoverføring i fordampere i kW
- utskilt vannmengde i kg pr time

Svar: a) 85 kW, b) 66 kg/h

Oppgave 1.4.8

Luft med temperatur $+ 25 \text{ °C}$ og relativ fuktighet på 0,6 blir avkjølt til duggpunktstemperaturen. Bruk $h - x$ diagram og bestem:

- vanninnholdet.
- dampens partialtrykk
- duggpunktstemperaturen
- spesifikk entalpi.

Svar: a) 12 g/kg, b) 18,8 mbar, c) 16,5 °C, d) 48 kJ/kg

Oppgave 1.4.9

For fuktig luft er gitt: $t_{\text{tørr}} = 32 \text{ °C}$, $t_{\text{våt}} = 26 \text{ °C}$

- Bestem relativ fuktighet, duggpunktstemperatur, entalpi og vanninnhold.
- Luften avkjøles til $+ 10 \text{ °C}$, finn entalpiendring og hvor mye vann som skilles ut.

Svar: a) $\phi = 0,64$, $x = 19,1 \text{ g/kg}$, $h = 81 \text{ kJ/kg}$, $t_d = 24 \text{ °C}$

b) entalpiendring = 51 kJ/kg, $x_2 = 7,7 \text{ g/kg}$ ($\Delta x = 11,4 \text{ g/kg}$)

Oppgave 1.4.10

Et kjølerom med volum på 57 m^3 skal ha 13 luftskift pr døgn. Utetemperaturen er $+ 30 \text{ °C}$ med relativ fuktighet $\phi = 0,6$. Kjøleromtemperaturen er $+ 2 \text{ °C}$ og $\phi = 0,8$. Vi regner med en midlere tetthet av luften $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$.

- Skisser luftens tilstandsendring i et $h-x$ diagram.
- Hvor mange kg luft må kjøles ned og avfuktes per sekund?
- Bestem spesifikk entalpiendring for luften.
- Bestem utskilt vannmengde pr time.
- Hvor stor kuldeytelse er nødvendig for å kjøle ned og avfukte luften som skiftes ut i kjølerommet?

Svar: b) 0,0107 kg/s, c) 61 kJ/kg, d) 0,5 kg/h, e) 0,65 kW

Oppgave 1.4.11

I en luftstrøm på 0,5 kg/s med temp. $t_1 = 22 \text{ °C}$ og $\phi = 20 \%$, sprøyter en inn 1,5 gram vann pr. sekund, med temp. $t_v = 15 \text{ °C}$.

Bruk $h-x$ diagram for fuktig luft ved avlesning og vis fremgangsmåten med en skisse.

- Bestem blandingstilstanden.
- Hva blir blandingstilstanden hvis en istedenfor vann sprøyter inn en like stor mengde tørr mettet damp av 1 bar ($h = 2675 \text{ kJ/kg}$).

Svar: a) $x_{bl} = 6 \text{ g/kg}$, $h_{bl} = \text{ca } 30 \text{ kJ/kg}$, $t_{bl} = 15,5 \text{ °C}$, $\phi = 0,55$

b) $x_{bl} = 6 \text{ g/kg}$, $h_{bl} = \text{ca } 38 \text{ kJ/kg}$, $t_{bl} = 22,5 \text{ °C}$, $\phi = 0,35$

1.5 Kuldeprosesser

1.5 Kulde- og varmepumpe prosesser (5 oppg ok)

Oppgave 1.5.1

En ideell kuldeprosess har R134a som arbeidsmedium. Fordampertemperatur på $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ og kondenser temperatur på $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kuldeytelsen er 8 kW. Isentrop virkningsgrad = 0,8.

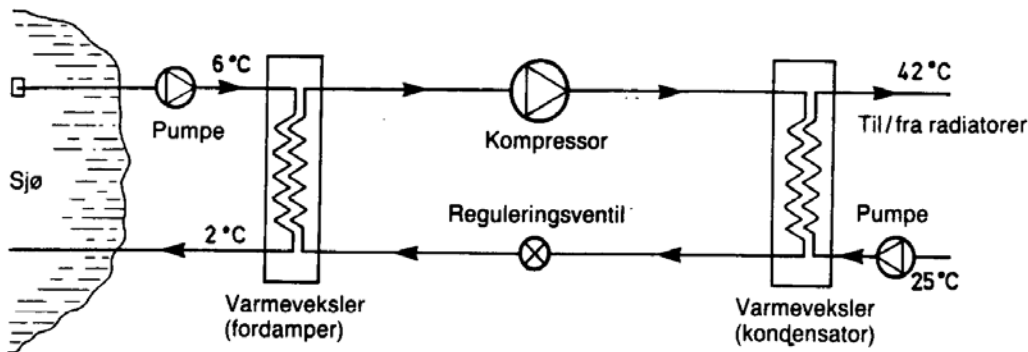
I R134a diagrammet er avlest: $h_1 = 400\text{ kJ/kg}$, $h_2 = 430\text{ kJ/kg}$ og $h_3 = 200\text{ kJ/kg}$.

- Skisser systemet og et log p-h diagram av prosessen.
- Bestem massestrøm kuldemedium.
- Bestem teoretisk kompressoreffekt.
- Bestem kuldefaktoren

Oppgave 1.5.2 - Varmepumpe

En varmepumpe som vist i figuren under, skal brukes til oppvarming av et kontorbygg. Varmebehovet er beregnet til 30 kW. Vann sirkulerer gjennom radiatorer i rommene og avgir varme der. Returvannet blir varmet i kondenseren (varmeveksler) fra $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ til $42\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kuldemedie er R 134a. Trykk i kondenser er 12 bar og i fordamper 2,6 bar. Dampen er tørrmettet ved innløp kompressor. Vi regner isentrop kompresjon og $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ underkjøling i fordamper.



- Skisser prosessen i et log p-h diagram.
- Bestem sirkulert vannmengde i kg/s.
- Varmefaktoren når kompresjonseffekten er 7,5 kW.
- Sirkulert kuldemedie i kg/s og fordampereffekten i kW.

Svar: b) 0,42 kg/s, c) $\varepsilon_v = 4$ d) 0,17 kg/s og 23,6 kW

Oppgave 1.5.3

En ideell kuldeprosess med R134a som arbeidsmedium, har fordampertemperatur $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ og kondensatortrykk på 9 bar. Sirkulert masse er 3 kg/min.

- Bestem kuldefaktoren og Carnot faktoren for prosessen.
- Om fordampertemperaturen er $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ og kondensertrykket er 12 bar, hva blir da kuldefaktoren?

Svar: a) $\varepsilon = 3,63$, $\varepsilon_c = 4,02$, b) ca. 2,0

Oppgave 1.5.4

1.5 Kuldeprosesser

En kuldemaskin for R22, arbeider med en fordampertemperatur på $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ og en kondenseringstemperatur på $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ og har en kuldeeffekt på $100\,000\text{ kJ/h}$.
Prosessen forutsettes ideell.

Bestem:

- a) kuldefaktoren
- b) kuldefaktor for den tilsvarende carnotprosess
- c) massestrøm kuldemedium i kg/s

Svar: a) $\varepsilon = 3,8$, b) $\varepsilon_c = 5,1$, c) $0,17\text{ kg/s}$

Oppgave 1.5.5

En varmpumpe skal brukes til oppvarming av et hus om vinteren. Temperaturen i huset skal holdes konstant på $22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Varmetapet gjennom vegger og vindu er 40000 kJ/h . Energitilførsel fra lys, folk og diverse utstyr antas til 6000 kJ/h . Varmepumpen har en varmfaktor $\varepsilon_v = 2,4$.

- a) Bestem minimum nødvendig effekt for å drive varmpumpen.

Svar: $3,7\text{ kW}$

Oppgave 1.5.6

En ideell kuldeprosess med R22 som arbeidsmedium, har fordampertemperatur $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ og kondenseringstemperatur $28\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Bestem:

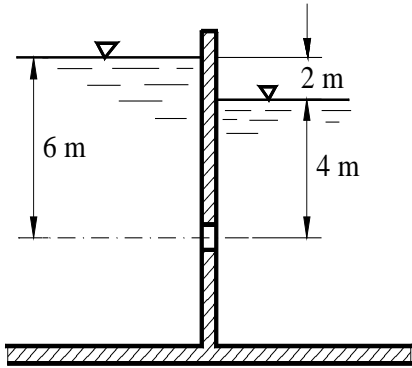
- a) kuldefaktoren
- b) teoretisk kompressorarbeid i kJ/kg
- c) massestrøm kuldemedium når fordamperytelsen er 10 kW

Svar: a) $9,2$ b) 21 kJ/kg , c) $12,4$, d) $0,05\text{ kg/s}$

1.6 Strømningsprosesser

1.6 Strømningsprosesser (11 oppg ok)

Oppgave 1.6.1



Fra en tank strømmer vann gjennom en åpning med areal $A = 4 \text{ dm}^2$ og inn i en tilstøtende tank. Utløpskoeffisienten $\mu = 0,62$.

- Bestem vannstrøm gjennom åpningen i liter per sekund.
- Bestem trykket i strålen i N/mm^2 .

Svar: a) 155,3 l/s, b) 0,039 N/mm^2

Oppgave 1.6.2

Et skip har fått en lekkasje i 3 m dybde under vannflaten. Inne i skipet står vannet 0,3 m over hullet. Lekkasjeåpningens areal er 150 cm^2 . Lensepumpen må løfte vannet til 1 m høyde over vannflaten. Pumpas virkningsgrad er 0,8 og utløpskoeffisienten for lekkasjeåpningen er 0,6.

- Hvor mange kW bruker pumpene for å hindre at skipet synker?
Svar: kW

Oppgave 1.6.3

En pumpe skal lense en ballasttank som er 8 m lang, 6 m bred og 1 m dyp i løpet av 1 time. Overflaten av vannet i tanken ligger i middeltall 6 m under vannlinjen utenbords, og pumpas utløpsventil ligger under denne. Sjøvann har spesifikk tyngde 10094 N/m^3 . Pumpas virkningsgrad er 0,7.

- Hvor mange kW kreves for å drive pumpen?
Svar: 1,15 kW

Oppgave 1.6.4

Luft strømmer med hastighet 100 m/s i et rør med innvendig diameter på 10 cm.

- Bestem lufthastigheten dersom rørdiameteren økes til 20 cm.
Svar: 25 m/s

Oppgave 1.6.5

En vannpumpe leverer $0,045 \text{ m}^3/\text{s}$. Utløpet er plassert 20 m over pumpenivået. Vi ser bort fra friksjonstap i rørledning.

- Bestem pumpeeffekten.
- Bestem tilført effekt til pumpemotoren når virkningsgraden er 0,85.
Svar: a) 8,8 kW b) 10,4 kW

1.6 Strømningsprosesser

Oppgave 1.6.6

En sentrifugalkompressor i en turbolader leverer luft kontinuerlig. Trykk i innløp av kompressoren er 1 bar og temperaturen er 27 °C. Utløpstrykket er 2,7 bar (abs). Kompressorens indre virkningsgrad $\eta_i = 0,85$, $c_p = 1,0$ kJ/kgK, $c_v = 0,714$ kJ/kgK og $R = 0,287$ kJ/kgK.

Skisser prosessen i et T-s diagram og bestem:

- teoretisk (isentrop) kompresjonstemperatur
- virkelig kompresjonstemperatur
- kompresjonsarbeidet (teknisk arbeid) i kJ/kg

Svar: a) 398,6 K, b) 416 K, c) 116 kJ/kg

Oppgave 1.6.7

En sentrifugalkompressor leverer luft kontinuerlig. Trykket i innløp av kompressoren er 1 bar, og temperaturen er 20 °C. Leveringstrykket er 3 bar. Indre virkningsgraden til kompressoren $\eta_i = 82$ %. Gitt: $c_p = 1,0$ kJ/kgK, $c_v = 0,714$ kJ/kgK, $R = 0,287$ kJ/kgK og $\kappa = 1,4$.

Skisser prosessen i et T-s diagram og bestem:

- teoretisk (isentrop) kompresjonstemperatur
- virkelig kompresjonstemperatur
- kompresjonsarbeidet (teknisk arbeid) i kJ/kg

Svar: a) 401 K, b) 425 K, $w_t = 132$ kJ/kg

Oppgave 1.6.8

- Redegjør kort for hvilken virkning turbolading av en dieselmotor har på termisk virkningsgrad.
- Redegjør kort for hvilken virkning belastningen av en dieselmotor har på termisk virkningsgrad.
- Redegjør kort for hvilken virkning kompresjonsgraden har på termisk virkningsgrad for en stempelmotor.

Oppgave 1.6.9

En turbin tilføres damp med $p = 30$ bar og $t = 425$ °C. Dampen forlater turbinen med et trykk $p = 0,2$ bar og $x = 0,95$.

Skisser prosessen i et h-s diagram og bestem indre virkningsgrad.

Svar: 0,82

Oppgave 1.6.10

Damp av $p_1 = 50$ bar, $x = 0,95$, tilstand (1), strupes tapsfritt til den blir tørrmettet, tilstand (2). Deretter tilføres dampen varme under konstant trykk til temperaturen er 350 °C, tilstand (3). Fra tilstand (3) føres dampen gjennom en turbin der den ekspanderer til 0,5 bar, med indre virkningsgrad $\eta_i = 0,8$ til tilstand (4).

- Vis skjematisk forløpet fra tilstand (1) til (4) i et mollierdiagram og angi i tabellform trykk, temperatur, spesifikt volum og entalpi for tilstandene 1 - 2 - 3 - 4.
- Bestem turbineffekten når dampstrømmen er 1 kg/s og $\eta_m = 0,9$.

Svar: $P = 262$ kW

1.6 Strømningsprosesser

Oppgave 1.6.11

Et dampkraftanlegg produserer 30 MW og fungerer som en enkel ideell rankine-prosess. Før turbinen holder dampen 500 °C og et trykk på 7 MPa og etter turbinen er trykket 10 kPa.

Kondenseren kjøles med 2000 kg vann pr sekund fra en elv der temperaturen er 15 °C. For både turbin og pumpe er indre virkningsgrad $\eta_i = 0,87$.

- Skisser prosessen i et h-s diagram.
- Bruk h-s diagram for vanndamp og bestem termisk virkningsgrad for anlegget.
- Bestem massestrøm damp i anlegget.
- Bestem kjølevannets temperaturstigning.

Svar: b) 0,338, c) 27,6 kg/s, d) 7 °C

1.6 Strømningsprosesser

Oppgave 1.6.13

Figuren viser turbolader systemet for B&W 5LMC90 versjon 5, (BMF har versj. 4). Motoren er i drift på NCR (Normal Continuous Rating) ($P_i = 14600$ kW), ca 90 % av MCR (Max Cont. Rating)

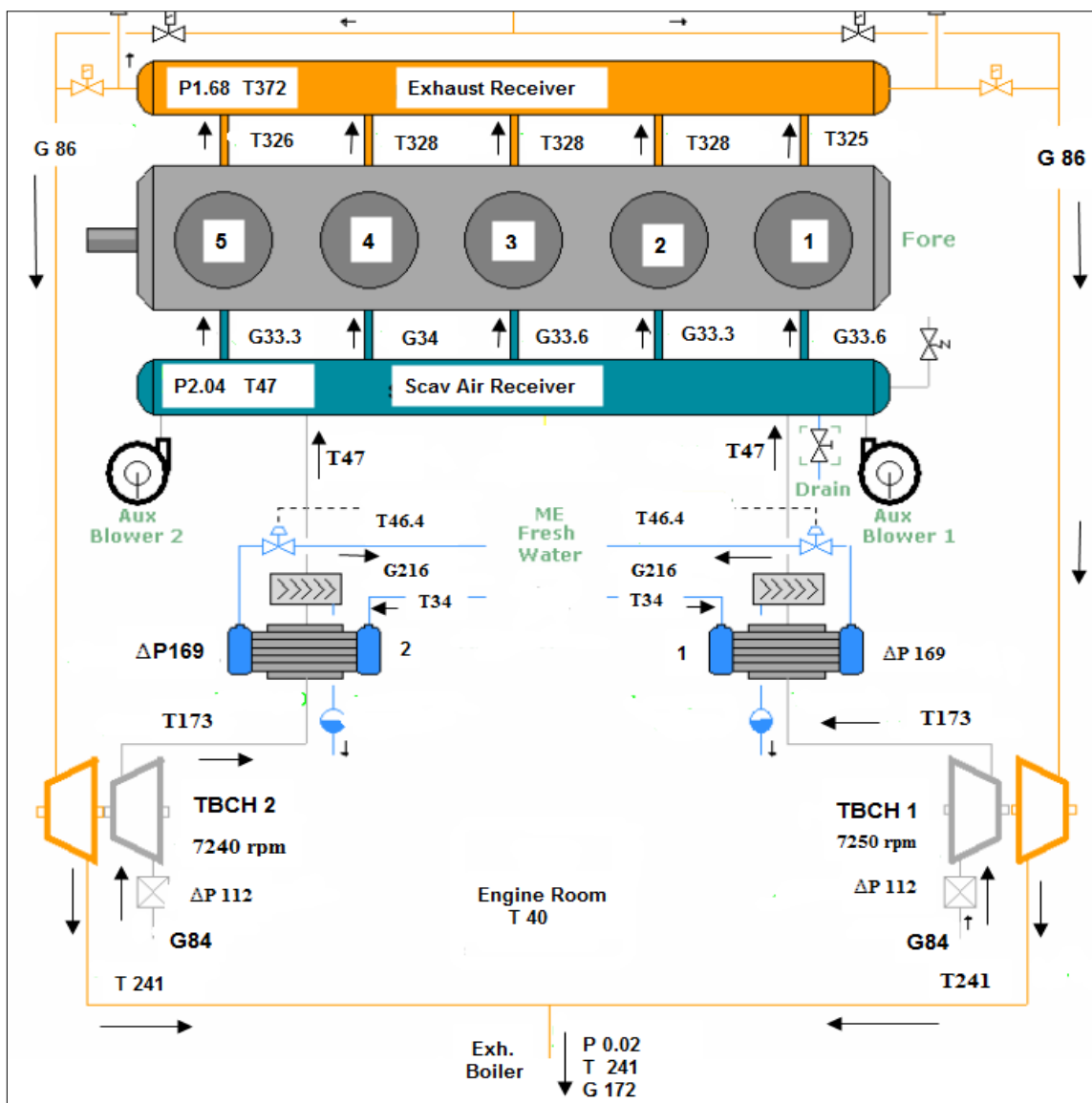
- Bestem effekt overført TL turbin nr. 2 og kompressor nr. 2 i kW
- Bestem indre virkningsgrad for turbin 2 og kompressor nr. 2
- Bestem varme overført i kjøler nr. 2 i kW (vann og luftside for sammenligning)

Luft: $c_{pL} = 1,005$ kJ/kgK, $\kappa_L = 1,4$ Røkgass: $c_{pRG} = 1,06$ kJ/kgK og $\kappa_{RG} = 1,38$ Vann: $c = 4,2$ kJ/kgK
Barometertrykk = 1 bar

Symboler på figur:

Strømningsmengder (G) i tonn/time (t/h). Omregning til kg/s: $\frac{G \text{ t/h}}{3,6}$ (kg/s)

Temperaturer (T) i °C, trykk P i bar (manometer) og trykkfall Δp i mm vannsøyle



1.6 Strømningsprosesser

1.7 Forbrenning og brennolje

1.7 Forbrenning og brennolje (5 oppg ok)

1.7.1 Forbrenning

Oppgave 1.7.1

En brennolje har følgende massesammensetning: karbon $c = 0,857$, hydrogen $h = 0,114$ og svovel $s = 0,024$. Bestem teoretisk luftbehov i kg/kg.

Svar: 13,9 kg/kg

Oppgave 1.7.2

En brennolje har følgende massesammensetning: 86 % C, 12 % H og 2 % S

Bestem teoretisk luftbehov i kg/kg.

Svar: $(L/B)_r = \text{ca. } 14 \text{ kg/kg}$

Oppgave 1.7.3 (eksplosjonsfare)

Luft strømmer i en rørledning der temperaturen er 42 °C. Noe olje fra kompressoren følger med luften. Oljen har en tenningstemperatur (flash point) på 150 °C.

Kontroller ved beregning om det er fare for eksplosjon dersom ventilen i røret plutselig stenges. (Tips: Da luftstrømmen stanses plutselig endres forholdene fra et åpent til et lukket system. Dette innebærer i prinsippet at luftas energiinnhold endres fra entalpi til indre energi, eller at: $h_2 = u_1$).

Svar: Teoretisk temperatur $t_2 = 168 \text{ °C}$, dvs. det er fare for eksplosjon.

Oppgave 1.7.4

Redegjør kort for:

- faktorer som påvirker dannelse av NO_x i dieselmotorer
- tiltak for å begrense NO_x utslipp fra dieselmotorer

Oppgave 1.7.5

- Forklar forbrenningsprosessen i en dieselmotor.
- Hva menes med tennforsinkelse.
- Forklar hva vi forstår med begrepet CCAI – verdi (for tungoljer).

1.7 Forbrenning og brennolje

Oppgave 1.7.6

Et skip har en 2-takt krysshode fremdriftsmotor. Skipet mottar bunkers med analyse- verdier som vist i tabellen under. Motorfabrikkens grenseverdier er også angitt (max).

	Analyse	max
Spesifikk vekt ($\text{kg/m}^3 - 15\text{ }^\circ\text{C}$)	1005	991
Viskositet cSt – $50\text{ }^\circ\text{C}$)	180	700
Vann (%)	0,4	1,0
CCR (%)	13,9	22
Svovel (%)	1,6	5
Vanadium (ppm)	120	600
Natrium (ppm)	48	ikke angitt
Al + Si (ppm)	70	80

- Knytt dine kommentarer til ovennevnte analyseverdier.
- Angi mulige driftsproblemer ved bruk av brennoljen uten mottiltak.
- Angi mulige tiltak for å redusere de angitte driftsproblemer.

Oppgave 1.7.7

Et skip har en saktegående B&W 2-takt krysshodemotor som fremdriftsmotor. Skipet mottar bunkers med analyseverdier som angitt i tabellen under. Anbefalte grenseverdier fra motorfabrikken er også vist (B&W max).

	Analyse	B&W max
Spesifikk vekt ($\text{kg/m}^3 - 15\text{ }^\circ\text{C}$)	1007	991
Viskositet cSt – $50\text{ }^\circ\text{C}$)	172	700
Vann (%)	0	1,0
CCR (%)	11,9	22
Svovel (%)	1,2	5
Vanadium (ppm)	16	600
Natrium (ppm)	14	ikke angitt
Al + Si (ppm)	113	80

- Knytt dine kommentarer til ovennevnte analyseverdier. (Bruk evt. vedlegg for beregning av CCAI verdien).
- Angi mulige driftsproblemer ved bruk av brennoljen uten mottiltak.
- Angi mulige tiltak for å redusere de angitte driftsproblemer.

1.7 Forbrenning og brennolje

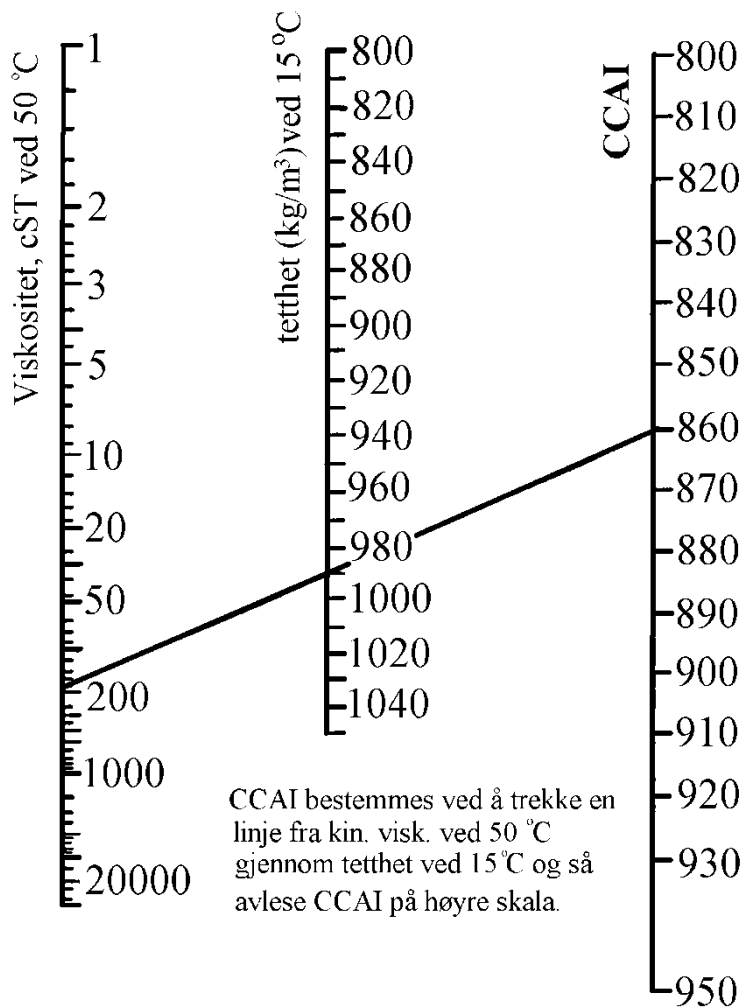
Vedlegg til 1.7.6 og 1.7.7

CCAI (Calculated Carbon Aromaticity Index)

$$\text{CCAI} = D - 140,7 \log \log (V + 0,85) - 80,6$$

D = tetthet i kg/m^3 ved 15°C , V = visk. i cSt ved 50°C .

CCAI-verdien bestemmes i praksis ved hjelp av nomogram:



Sammenhengen mellom CCAI og tennkvalitet:

CCAI-verdi	Tennkvalitet
790 - 830	Meget god til god
830 - 850	God til tilfredsstillende
850 - 870	Variabel til dårlig
870 - 950	Dårlig til ubrukbar

Merk at høy tetthet og lav viskositet gir høy CCAI - verdi, og dermed dårlige tennegenskaper. Tendensen mht. bunkersolje er nemlig nettopp økende tetthet og lavere viskositet, bl.a. på grunn av stadig nye raffineringsteknikker. Nye utslippskrav vil kanskje stoppe dette.

NB ! CCAI gir kun indikasjon på en oljes tennegenskaper.

2. Diverse fag

2.1 Skipsteknikk (21 oppg ok)

Oppgave 2.1.1

- Tegn en figur av et skips dobbeltbunnskonstruksjon og sett navn på konstruksjonsdelene.
- Hva er vanlig spantavstand? og hvordan nummereres spantene?
- Hvordan nummereres skipets hudplater?
- Hvilke krav stilles til kollisjonsskottet?

Oppgave 2.1.2

Stabilitet er evnen et skip har til å rette seg opp etter at det har vært utsatt for en krenkning. Generelt er det særlig to faktorer som har betydning for stabiliteten, nemlig formen på undervannsskroget og vekt plasseringen om bord.

Redegjør i denne sammenheng kort for

- hva vi forstår med metasenter (M) og rettende arm (GZ)
- breddens virkning på stabiliteten
- fribordets virkning på stabiliteten
- virking av fri væskeoverflate

Oppgave 2.1.3

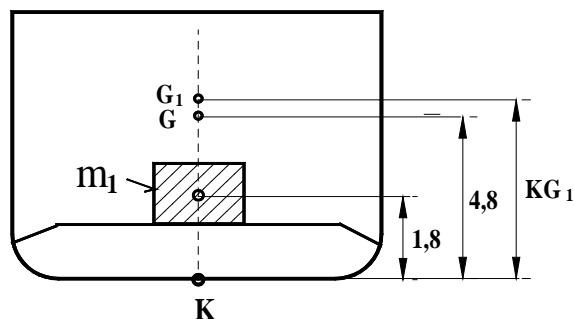
Redegjør kort for krengeprøving av skip.

Oppgave 2.1.4

Et skip har massen $m = 1200$ tonn og det felles tyngdepunktet (KG) ligger 4,8 m over kjølen.

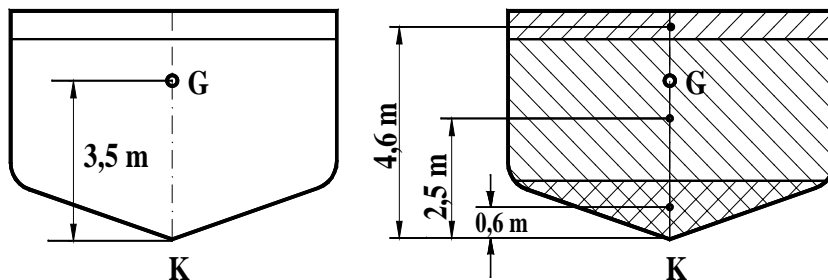
Motoren med masse 20 tonn og tyngdepunkt 1,8 m over kjøl skal skiftes ut.

I hvilken høyde over kjølen ligger det felles tyngdepunktet etter at motoren er tatt i land?



Oppgave 2.1.5

Et skip har når det er tomt, et deplasement på 200 tonn og dets tyngdepunkt G over kjøl er da 3,5 m. Skipet tar inn følgende vekter: I bunntankene: 65 tonn med tyngdepunkt 0,6 m over kjøl, i rommet 140 tonn med tyngdepunkt 2,5 m og på dekk 25 tonn med tyngdepunkt 4,6 m, se skisse. Bestem skipets KG etter lasting.



2.1 Oppgaver skipsteknikk

Oppgave 2.1.6

Et skip har lengde $L_{pp} = 100$ m, dypgang forut $T_F = 3,30$ m og akter $T_A = 3,80$ m. LCG ligger 3 m aktenfor $L/2$. $MTC = 200$ tm/cm og $TPC = 12$ t/cm.

Skipets deplasement $\Delta = 4\ 000$ tonn. Det laster 200 tonn 30 forenfor LCF og lossar 100 tonn 20 m aktenfor LCF. Vi antar at plassering av flotasjonscenteret er uforandret etter lasting.

- Bestem skipets trimendring.
- Bestem ny dypgang for og akter.

Oppgave 2.1.7

Et skip har deplasement på 12 000 tonn og skal laste 1 000 tonn 19,0 m foren for skipets langskips tyngdepunkt, LCG. Skipets $KG = 7,0$ m, og metasenterets høyde over kjøll, $KM = 7,45$ m.

- Hva blir GG_1 (langskips)?
- Hvor stor er GZ-armen ved en krenkning på 10° ?
- Hvor stort er stabilitetsmomentet ved 10° krenkning?

Svar: a) $GG_1 = 1,46$ m, b) 0,078 m, c) 1014 tm (etter lasting)

Oppgave 2.1.8

For et skip har vi disse dataene: $L = 130$ m, $B = 19,5$ m, $T = 8,2$ m, $C_M = 0,935$, og $C_{VL} = 0,85$. Skipet har et tomt rom midtskips. Rommets vannrette skott ligger henholdsvis 12,0 m foren for og 12,0 m aktenfor $L/2$. Rommet har samme tverrseksjon over hele lengden. Skipet flyter i saltvann. Det lekker vann inn i rommet. Vi forutsetter at skipet hele tiden ligger på rett kjøll, og vi regner at C_{VL} er konstant.

- Bestem dypgangen etter at rommet er fylt med vann som tilsvarer opprinnelig dypgang.

Svar: 9,86 m

Oppgave 2.1.9

Et stykkgodsfartøy har losset en del last fra underrommene og har deretter et deplasement på 7 050 tonn og $KG = 7,90$ m.

Under reisen videre er skipet svært rankt – metasenter høyden er bare 0,08 m. En ønsker derfor å øke GM_o til minst 0,20 m ved å flytte en del dekkslast med tyngdepunkt ca. 14 m over kjøll til et underrom, der den får tyngdepunkt 1,6 m over kjøll.

- Hvor mye dekkslast må minst flyttes?

Svar: 69 tonn

Oppgave 2.1.10

- Redegjør kort for SOLAS konvensjonen for skip.
- Redegjør kort for krav til brannsikkerhet i SOLAS.
- Redegjør kort for krav til redningsutstyr i SOLAS.

Oppgave 2.1.11

- Redegjør kort for ISM-koden.

Oppgave 2.1.12

- Forklar begrepet korrosjon.
- Redegjør for katodisk beskyttelse av skrog.
- Redegjør kort for inspeksjon av dobbeltbunn og ballast tanker.

2.1 Oppgaver skipsteknikk

Oppgave 2.1.13

Et skip har lengden, $L_{pp} = 64$ m og bredden, $B = 9,14$ m. I saltvann er:

Dypgang, tomt skip: $T = 1,37$ m og $C_B = 0,6$

Dypgang, lastet skip: $T = 3,66$ m og $C_B = 0,75$

a) Bestem skipets dødvekt.

Svar: 1 153 tonn

Oppgave 2.1.14

Et skip med lengde $L_{pp} = 85$ m og bredde $B = 11,6$ m har et vannlinjeareal på 693 m² og dypgang $5,50$ m. $C_B = 0,73$, $KB = 3,20$ m, $KG = 4,13$ m, og tverrskips treghetsmoment $I = 5690,4$ m⁴.

Bestem:

a) Tonn per centimeter neddykking (TPC)

b) Volum og vektdeplasement

c) BM og GM

Svar: a) 7,10 t/cm, b) 3958,8 m³, 4057,8 tonn, c) BM = 1,44 m, GM = 0,51 m

Oppgave 2.1.15

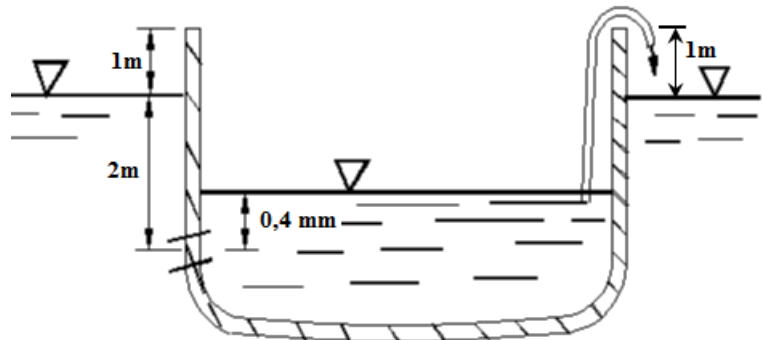
Et skip har fått en lekkasje 2,0 m under vannflaten. Inne i skipet står vannet 0,4 m over hullet.

Lekkasjeåpningen $A = 150$ cm²

Innløps koeffisienten $\mu = 0,6$

Bestem pumpas effektbruk i kW for å hindre at skipet synker, når vannet må løftes til 1 m over vannflaten og pumpas virkningsgrad $\eta_p = 0,8$.

Svar: ca. 1,6 kW



Oppgave 2.1.16

Stabiliteten til et skip blir som kjent, påvirket av bølger, vær og vind. Redegjør i denne sammenheng kort for virkningen av:

a) Med- eller mot-sjø når skipet ligger stille.

b) Skipet i fart i stille vann.

c) Skipet i fart i sjøgang – med eller mot.

d) Sjøen inn fra siden og hva vi forstår med begrepet slingreperiode.

Oppgave 2.1.17

a) Redegjør for Lastelinjekonvensjonen (LL 66) (Regler for fribord).

b) Forklar begrepet lastemerke.

c) Redegjør kort for hva vi forstår med Lastelinjesertifikat.

Oppgave 2.1.18

Redegjør kort for STCW konvensjonen.

2.1 Oppgaver skipsteknikk

Oppgave 2.1.19

Et skip har disse dataene ved dypgangen 19,5 m (i saltvann):

- vektdeplasement $\Delta = 250\,000$ tonn
- $L_{pp} = 300$ m
- $B = 46$ m
- Midtspantkoeffisient $C_M = 0,995$

Skipets halvbredder i vannlinje regnet aktenfra er:

14,0 – 22,0 – 24,1 – 24,1 – 24,1 – 24,1 – 24,1 – 20,0 – 17,0 – 8,0 (alle tall i meter)

Bestem:

- areal av vannlinjeplanet (A_w)
- vannlinjearealkoeffisient (C_w)
- midtspantarealet (A_M)
- prismatisk koeffisient (C_p)

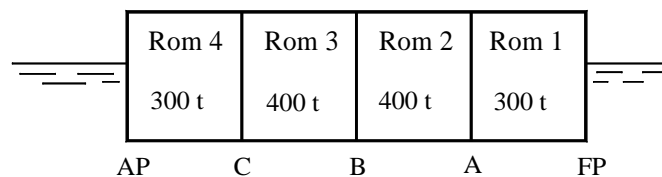
Svar: a) $A_w = 13036$ m², b) $C_w = 0,944$, c) $A_M = 892,5$ m², d) $C_p = 0,91$

Oppgave 2.1.20

En rektangulær lekter med lengde 60 m er inndelt i fire like rom. Se figuren. Deplasementet i tom tilstand $\Delta_{LS} = 600$ tonn.

Lekteren tar om bord disse lastene:

Rom 1: 300 tonn
Rom 2: 400 tonn
Rom 3: 400 tonn
Rom 4: 300 tonn



- Tegn diagram over belastningen.
- Bestem skjærkreftene i snittene A, B og C og tegn skjærkraftkurven.
- Bestem bøyemomentene i snittene A, B og C og tegn momentkurven.

Svar: b) $Q_A = -49,5$ t $Q_B = 0$ og $Q_C = +49,5$ t

c) $M_A = -371$ tm, $M_B = -742$ tm og $M_C = -371$ tm

Oppgave 2.1.21

Vi antar nå at lekteren i oppgave 2.1.20 tar om bord samme mengde last, med en annen lastfordeling: rom 1: 400 tonn, rom 2: 300 tonn, rom 3: 300 tonn, rom 4: 400 tonn

- Tegn diagram over belastningen.
- Bestem skjærkreftene i snittene A, B og C og tegn skjærkraftkurven.
- Bestem bøyemomentene i snittene A, B og C og tegn momentkurven.

Svar: b) $Q_A = +49,5$ t $Q_B = 0$ og $Q_C = -49,5$ t

c) $M_A = +375$ tm, $M_B = +750$ tm og $M_C = +375$ tm

2.2 Mekanikk oppgaver

2.2 Mekanikk (41 oppg ok)

Oppgave 2.2.1

Et legeme med masse $m = 5 \text{ kg}$ har starthastigheten $v_0 = 2 \text{ m/s}$ og blir påvirket av en konstant kraft F_1 i bevegelsesretningen, se skisse. Legemet får en akselerasjon $a = 2 \text{ m/s}^2$.

Friksjonskraften $F_f = 20 \text{ N}$ og veilengden $s = 10 \text{ m}$.

Bestem:

- a) trekkraften (F_R)
- b) resultantkraftens arbeid (W_R)
- c) legemets slutt hastighet (v)
- d) forandring av kinetisk energi (ΔE_K)
- e) tilført arbeid (W_t)

Svar: a) $F_R = 10 \text{ N}$, b) $W_R = 100 \text{ J}$ c) $v = 6,6 \text{ m/s}$ d) $\Delta E_K = 100 \text{ J}$ e) $W_t = 300 \text{ J}$

Oppgave 2.2.2

En heis med last har masse $m = 2000 \text{ kg}$.

Bestem kraften (F) i løftevaieren når akselerasjonen $a = 4 \text{ m/s}^2$ oppover.

Svar: $F = 27,6 \text{ kN}$

Oppgave 2.2.3

I en heisekran henger en last på 6 tonn. Lasten fires ned med en hastighet på 5 m/s , og skal stoppes i løpet av 10 sekunder.

Bestem:

- a) akselerasjonen
- b) strekk i vaieren

Svar: a) $a = -0,5 \text{ m/s}^2$, b) $S = 61,8 \text{ kN}$

Oppgave 2.2.4

En heis har masse 5000 kg . Strekket i vaieren må ikke overskride 90 kN .

Bestem maksimal akselerasjon.

Svar: $1,83 \text{ m/s}^2$

2.2 Mekanikk oppgaver

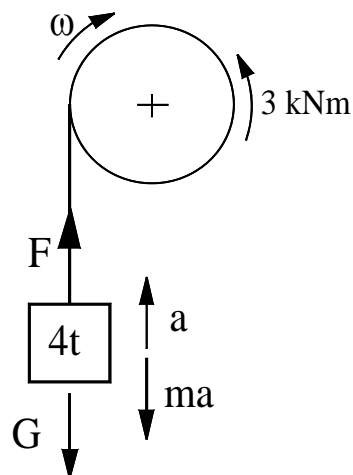
Oppgave 2.2.5

En gruveheis som har masse 4 tonn skal heises med en akselerasjon $a = 1,5 \text{ m/s}^2$, se skisse.

Heisetrommelen har diameter 1,5 m. Vi ser bort fra trommelens treghet og vekten av kabelen, men regner med et friksjonsmoment på 3 kNm i trommelen. $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Bestem:

- strekk i kabelen i kN
- trommelens dreiemoment kNm
- trommelens effekt i kW
- nødvendig effekt for å holde konstant hastighet på 6 m/s.



Svar: a) 295 kW b) 36,9 kNm c) 295 kW
d) 259 kW

Oppgave 2.2.6

En pumpe med masse 350 kg er montert på braketter helt akter i et skip. Under kraftig stampesjø ble akterskipets vertikale akselerasjon målt til $2,5 \text{ m/s}^2$. Hvilken kraft øver pumpen mot brakettene når skipet akselererer:

- oppover?
- nedover?

Svar: a) 4300 N, b) 2550 N

Oppgave 2.2.7

For et svinghjul er følgende opplysninger gitt: $\omega_0 = 10 \text{ s}^{-1}$, $\omega = 4 \text{ s}^{-1}$ og $t = 12 \text{ s}$.

Bestem:

- vinkelakselerasjonen
- total dreievinkel

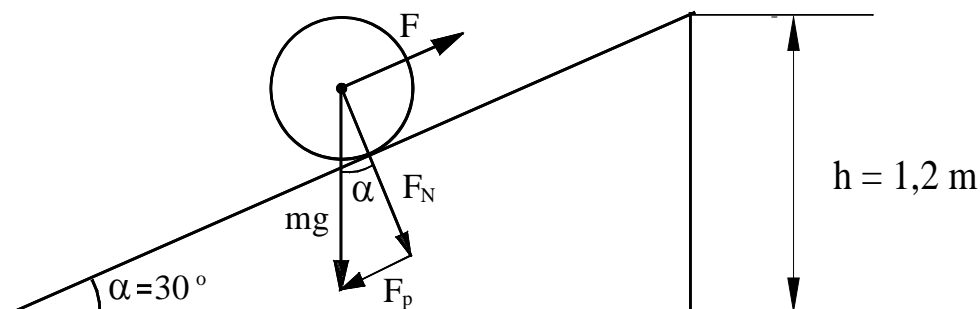
Svar: a) $-0,5 \text{ s}^{-2}$ b) 84 rad

Oppgave 2.2.8

Et oljefat med masse $m = 150 \text{ kg}$ skal flyttes til et platå som ligger 1,2 m over startnivået.

- Bestem arbeidet for å løfte fatet rett opp.
- Bestem arbeidet når fatet trekkes opp langs et skråplan som har helning $\alpha = 30^\circ$ med horisontalplanet som vist på skissen. Vi ser bort fra friksjon.

Svar: a) 1,76 kJ, b) 1,76 kJ



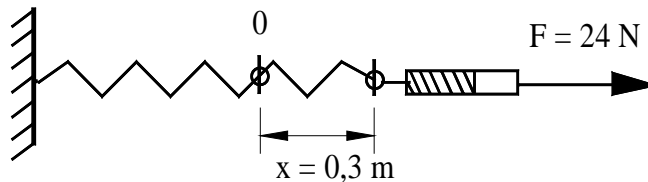
2.2 Mekanikk oppgaver

Oppgave 2.2.9

Vi drar i en skruefjær og måler $F = 24 \text{ N}$ når fjæren er strukket en lengde $x = 0,3 \text{ m}$ som vist på figuren under.

Bestem:

- fjærstivheten
- fjærens potensielle energi



Oppgave 2.2.10

Et elektrisk drevet heisespill tilføres effekten $P_1 = 1500 \text{ W}$. Det er gitt at en masse på 1470 kg heises 5 m opp per minutt.

Bestem:

- spillets mekaniske tap
- spillets virkningsgrad

Svar: a) 300 W b) $0,8$

Oppgave 2.2.11

- Redegjør kort for begrepet vridningsspenning i aksler

Oppgave 2.2.12

En aksel med lengde $l = 3 \text{ m}$ belastes med et vridningsmoment $T = 1500 \text{ Nm}$. Akselen er av stål og diameteren er $d = 80 \text{ mm}$.

Bestem:

- maksimal vridningsspenning
- vridningsvinkelen

Svar: a) $14,9 \text{ N/mm}^2$, b) $0,8^\circ$

Oppgave 2.2.13

En maskinaksel skal overføre 30 kW ved $n = 6,67 \text{ s}^{-1}$.

Bestem:

- dreiemomentet
- nødvendig diameter når tillatt skjærspenning $\tau_{\text{till}} = 50 \text{ N/mm}^2$.
- vridningsvinkelen α når lengden $l = 1 \text{ m}$.

Svar: a) 716 Nm b) $d = 42 \text{ med mer}$ c) $1,7^\circ$

Oppgave 2.2.14

En aksel skal overføre en effekt på 60 kW ved $n = 7,5 \text{ s}^{-1}$. Akselen er hul og har diameterforhold $d = 0,7D$.

Bestem:

- dreiemomentet
- akselens diametere når tillatt vridningsspenning er 5 N/mm^2

Svar: a) $T = 1274 \text{ Nm}$, b) $D = 57,4 \text{ mm}$ $d = 40,2 \text{ med mer}$

2.2 Mekanikk oppgaver

Oppgave 2.2.15

En aksel skal overføre 1000 kW ved en rotasjonsfrekvens er 5 s^{-1} og diameteren er 120 mm.

- Hvor stor blir maksimal vridningsspenning?
- På akselen er det en flens med 6 koblingsbolter og delesirkeldiameter på 400 mm. Hvor stor må bolt diameteren være når boltene beregnes for avskjæring? Tillatt skjærspenning er 30 N/mm^2 .

Svar: a) $93,8 \text{ N/mm}^2$ b) $d = 34 \text{ mm}$

Oppgave 2.2.16

En pumpe skal fylle en sylindrisk tank med olje. Tankens høyde er 3 m og diameter 5 m. Tanken blir fylt opp i løpet av 60 minutter og gjennomsnittlig løftehøyde er 18 m. Oljens tetthet er 925 kg/m^3 . Bestem:

- pumpearbeidet i kNm
- tilført pumpeeffekt i kW når pumpens virkningsgrad er 0,85

Svar: a) 9620 kNm, b) 3,14 kW

Oppgave 2.2.17

En bunntank er 1,4 m høy, og påfyllingsrøret rekker 11 m over tanktoppen. Vi ser bort fra atmosfæretrykket.

- Hvor stort blir trykket mot tankbunnen når røret fylles med ferskvann til det renner over påfyllingsrøret?
- Hvor stort er trykket mot tanktoppen når vannet renner over påfyllingsrøret?
- Hvor stort blir trykket mot tanktoppen dersom slangen fra vannverket koples vanntett til påfyllingsrøret og tanken er full? Trykk fra vannverket er 6 bar.
- Hvor stor vannhøyde tilsvarer trykket i spørsmål c)?

Svar: a) 121,6 kPa, b) 108 kPa, c) 708 kPa, d) ca. 72 m

Oppgave 2.2.18

I en hydraulisk presse har pumpe stempelareal $3,5 \text{ cm}^2$, og presstempelareal $2,8 \text{ dm}^2$.

- Hvor stor kraft løfter presstempelet med når kraften på pumpe stempelet er 200 N?

Svar: a) 16 kN

Oppgave 2.2.19

Ved en hydraulisk presse som vist i fig.3.1.4, er pumpe stempelets areal $a = 20 \text{ cm}^2$ og presstempelareal $A = 1600 \text{ cm}^2$.

- Bestem kraften F_2 på presstempelet når kraften F_1 på pumpe stempelet er 500 N.

Svar: 40 kN

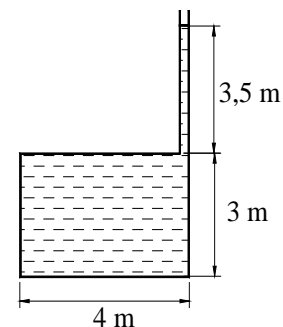
Oppgave 2.2.20

Endeveggen til en prismatisk tank har mål som skissen viser. Tankens lengde er 5 m. Tanken fylles med olje 3,5 m opp i påfyllingsrøret. Oljens tetthet er 920 kg/m^3 .

- Bestem væsketrykk mot topp- og bunnplatene.
- Bestem kraften på de samme platene.

Svar: a) $p_{\text{topp}} = 31,5 \text{ kPa}$, $p_{\text{bunn}} = 58,6 \text{ kPa}$

b) $F_{\text{topp}} = 630 \text{ kN}$, $F_{\text{bunn}} = 1172 \text{ kN}$



2.2 Mekanikk oppgaver

Oppgave 2.2.21

En rektangulær bunntank har lengde 12 m, bredde 8 m og høyde 0,8 m. Væsken står 7 m opp i peilerøret (over tankens bunn). Væskens tetthet er 1025 kg/m^3 ?

Bestem:

- kraft mot bunn
- kraft mot tanktopp

Svar: a) Bunn: $F_B = 6,76 \cdot 10^6 \text{ N}$, b) Tanktopp: $F_T = 5,98 \cdot 10^6 \text{ N}$

Oppgave 2.2.22

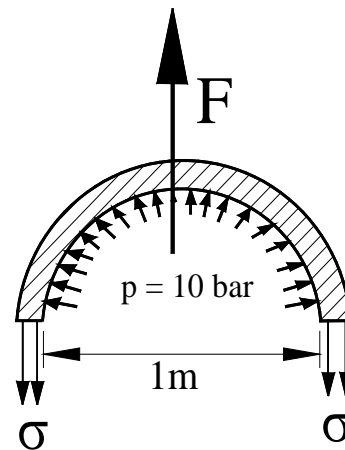
En sylindrisk beholder av stålplater skal tåle et innvendig trykk $p = 10 \text{ bar}$ og ha en innvendig diameter $D = 1 \text{ m}$. Tillatt strekkspenning i stålplatene er $\sigma_{\text{till}} = 120 \text{ N/mm}^2$.

Bestem nødvendig godstykkelse.

Tips

Opptredende spenning $\sigma = \frac{pD}{2t}$ (Pa)

Svar: 4,17 mm (5 mm plate)



Oppgave 2.2.23

En sylindrisk beholder har innvendig trykk $p = 1,2 \text{ N/mm}^2$. Innvendig diameter $D = 1,4 \text{ m}$. Tillatt spenning $\sigma_{\text{till}} = 90 \text{ N/mm}^2$.

Bestem nødvendig godstykkelse.

Svar: $t = 9,3 \text{ mm}$, dvs. beholderen bygges av 10 mm plate

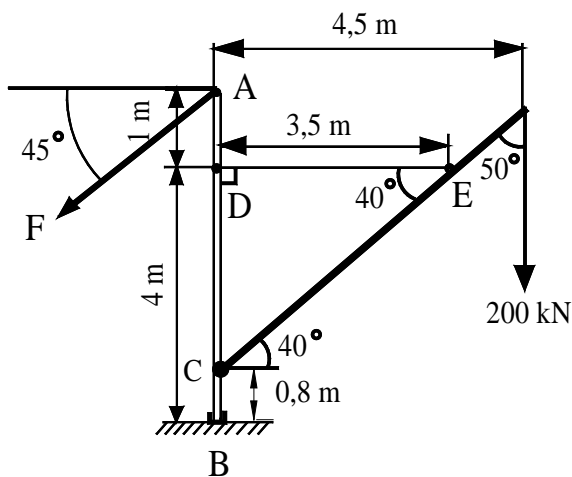
2.2 Mekanikk oppgaver

Oppgave 2.2.24

I et maskinrom skal det monteres en kranbjelke med lengde 5 m. Bjelken skal opplagres i begge ender og utstyres med en løpekatt som kan bevege seg over hele kranbjelkens lengde. Løpekatten har en egenmasse på 500 kg og tillatt nyttelast er 50 kN. I beregningene skal du bruke en sikkerhetsfaktor på 1,5. (Det vil si at både nyttelast og tyngde av løpekatt skal multipliseres med faktoren 1,5 for å få konstruksjonslasten). I beregningen kan du se bort fra vekt av bjelken.

- Hvor stor kraft må opplagerne for bjelken dimensjoneres for å tåle?
- Bestem maksimal skjærkraft for kranbjelken når lasten er plassert midt mellom opplagrene.
- Velg en passende kranbjelke av typen HEB, når tillatt bøyespennings settes til 100 N/mm^2 .
Svar: a) $F_k = 82,3 \text{ kN}$, b) $82,3 \text{ kN}$, c) HEB 260 ($W = 1150 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$)

Oppgave 2.2.25



En svingkran har mål som vist på skissen. I A er det festet en bardun. Mastens tyngde er 10 kN og bommens tyngde er 5 kN.

I bommen henger en last på 200 kN.

Bestem:

- bardunkraften F
- størrelse og retn. av opplagerkraften i B
- bøyemomentet som opptrer i pkt. E (bom)
- bøyemoment som opptrer i pkt. D (mast)

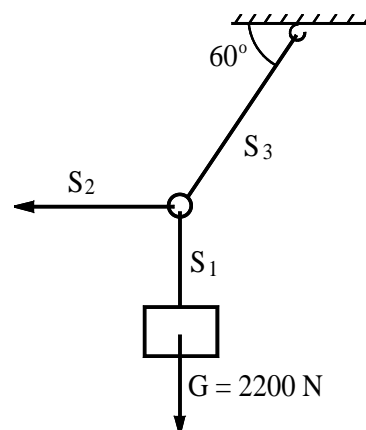
Svar: a) 255 kN b) $B_x = 180 \text{ kN}$, $B_y = 380 \text{ kN}$
c) $M_E = 200 \text{ kNm}$, d) $M_D = 180 \text{ kNm}$

Oppgave 2.2.26

En maskindel med tyngde $G = 2200 \text{ N}$ henger i en vaierstropp S_1 som er koplet til to stropper S_2 og S_3 i punkt O, se figur.

Bestem strekket i de tre stroppene, når vi ser bort fra vekten av stroppene.

Svar: $S_1 = 2200 \text{ N}$, $S_2 = 1270 \text{ N}$, $S_3 = 2540 \text{ N}$



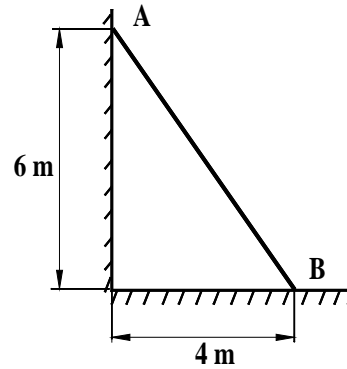
2.2 Mekanikk oppgaver

Oppgave 2.2.27

En stige AB er stilt opp mot en vegg som vist på figuren. Vi ser bort fra friksjon mot veggen ved A.

Hvor stor må friksjonskoeffisienten ved B være om stigen ikke skal gli?

Svar: $\mu_B = \frac{1}{3}$

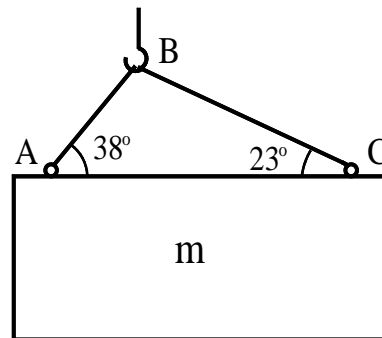


Oppgave 2.2.28

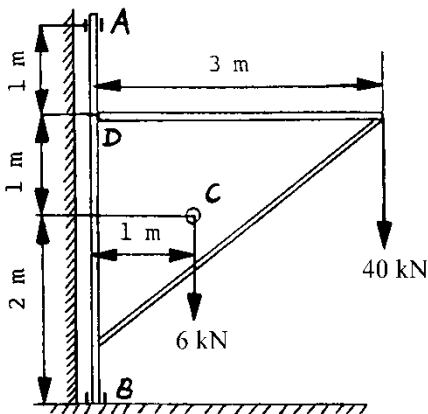
En maskin skal løftes på plass ved hjelp av en kran og et ståltau ABC, se figur.

Bestem hvor stor masse maskinen kan ha, dersom vi regner at ståltauet, når det tas hensyn til sikkerheten, kan ta en maksimal last på 20 kN?

Svar: $m \approx 1940 \text{ kg}$



Oppgave 2.2.29



Figuren viser en svingbar kran. Den løfter en last på 40 kN.

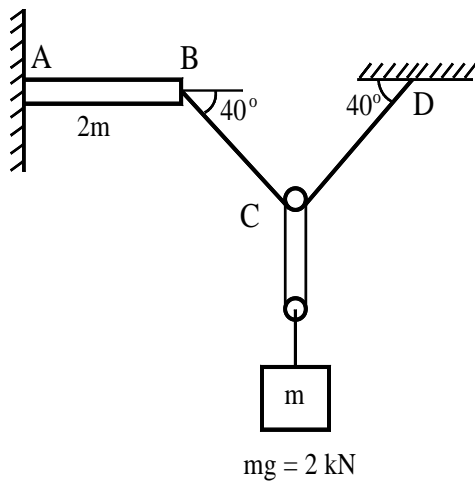
Kranens egentynge er 6 kN, og tyngdepunktet ligger i punkt C, som vist på skissen.

Bestem

- størrelse og retning av reaksjonskraften i B
- bøyemoment i pkt. D på masten AB

Svar: a) $B = 55,7 \text{ kN}$ og $\beta = 89,6^\circ$, b) $M_D = 31,5 \text{ kNm}$

Oppgave 2.2.30



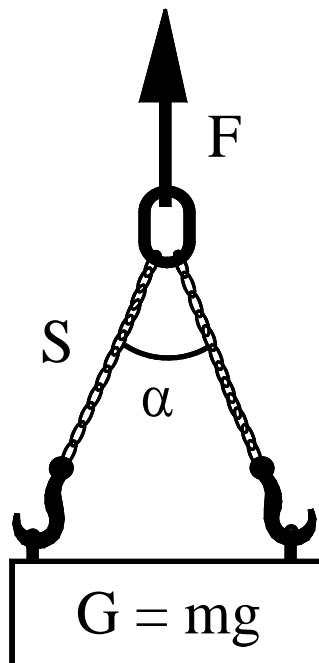
Figuren viser en løfteanordning, der massen m henger i et ståltau BCD

- a) Bestem kraften i ståltauet.
- b) Bestem kraft og moment i A.

Svar: a) 1,56 kN, b) $M_A = 2 \text{ kNm}$

Oppgave 2.2.31

Ved løfting av tunge laster bruker vi ofte



løftestropper av vaier eller kjetting og lastekrok. Både krok og stropper skal da være merket med største tillatte arbeidslast (SWL). (SWL = Safe Working Load).

Videre må vi ta hensyn til at jo større vinkelen er mellom to stropper som går sammen i et øye, desto større blir belastningen på hver stroppdel, dvs. arbeidslasten må reduseres når vinkelen øker.

Vi ser på en todelt kjettingstropp som vist i figuren, der S er tillatt strekkraft i hver stropp.

Sett opp et uttrykk for tillatt last G , uttrykt ved tillatt strekkbelastning S , når α er hhv 30° , 60° og 120° .

Tips: Likevektsbetingelse:

2.2 Mekanikk oppgaver

$$F = G = 2 \cdot S \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$$

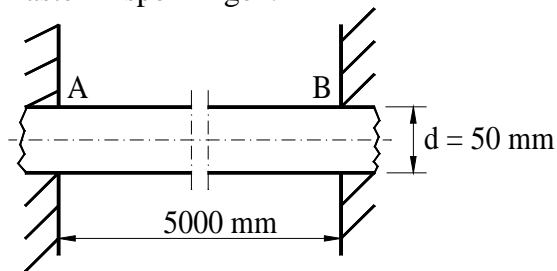
Oppgave 2.2.32

Et varmtvannsrør av stål har godstykkelse 3 mm og er festet mellom to vegger A og B. Monteringen av røret skjer ved romtemperatur + 20 °C. Røret skal transportere vann med temperatur + 90 °C. Festet i veggene kan utføres på to måter:

1 Hull som er større enn røret, (fritt opplagt).

2 Hull som er noe mindre enn rørets ytterdiameter, (fast innspent).

I alternativ (1) forlenges røret, mens det i alternativ (2) oppstår en trykkspenning i materialet på grunn av den faste innspenningen.



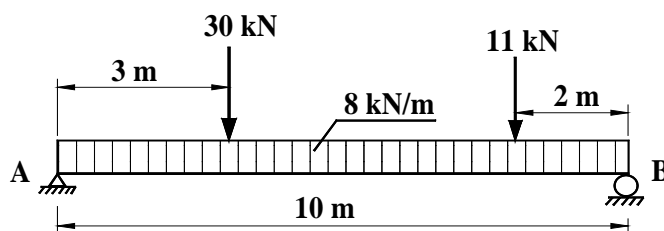
Bestem:

- forlengelsen for alternativ(1)
- varmespenningen ved alternativ (2).
- kraften som gir like stor påkjenning som varmespenningen. $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ per °C.

Svar: a) 4,2 mm, b) 176 N/mm², c) 78 kN

Oppgave 2.2.33

En bjelke med normalprofil HE 280B er 10 m lang. Bjelken er opplagret i begge ender. Venstre opplager er A og høyre opplager er B som vist på skissen. 3 m fra A virker en kraft på 30 kN og 2 m fra B virker en kraft på 11 kN. Videre virker en jevnt fordelt last på 8 kN/m når bjelkens tyngde er tatt med.



- Bestem beliggenheten av det farlige snitt.
- Bestem maksimalt bøyemoment.

Svar: a) 4,15 m fra A, b) 159 kNm

2.2 Mekanikk oppgaver

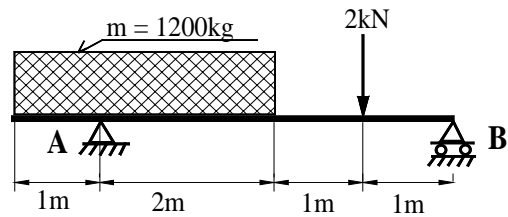
Oppgave 2.2.34

På en kai ligger sementsekker med en samlet masse på 1200 kg og en kasse med tyngde 2000 N. Vi ser bort fra kaiens egentynge og setter $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- Bestem opplagerreaksjonene ved A og B.
- Bestem beliggenheten av "farlig" snitt.

Svar: a) $A_y = 11 \text{ kN}$ $B_y = 3 \text{ kN}$,

b) $x = 2,75 \text{ m}$ fra venstre ende

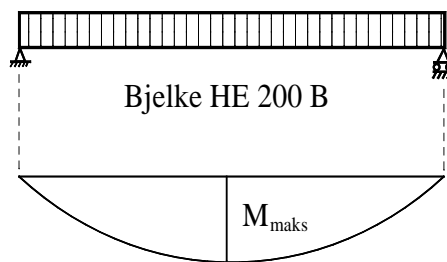


Oppgave 2.2.35

En bjelke (HE 200 B) er belastet med en jevnt fordelt belastning som vist i figuren. Vi har gitt: $M_{\text{maks}} = 45 \text{ kNm}$ og $W_x = 570 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$.

- Bestem maksimal strekkspenning.

Svar $78,9 \text{ N/mm}^2$



Tips

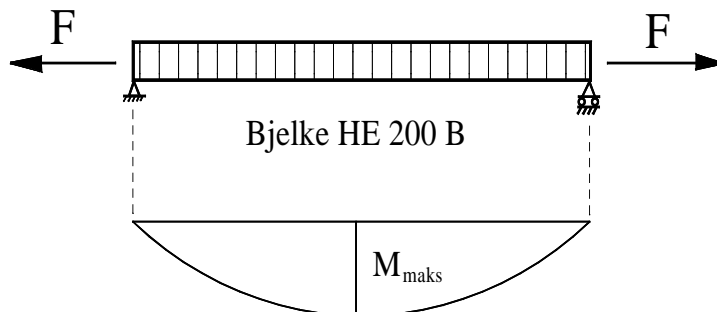
Bjelken får trykkspenninger på oversiden og strekkspenninger på undersiden av nøytral-aksen.

Oppgave 2.2.36

En symmetrisk profilbjelke (HE 200 B) er belastet med en jevnt fordelt belastning og en aksialkraft $F = 50 \text{ kN}$. Maksimalt bøyemoment $M_{\text{maks}} = 45 \text{ kNm}$.

Bestem:

- strekkspenning i bjelken (underside)
- trykkspenning i bjelken (overside)



Tips

2.2 Mekanikk oppgaver

I dette tilfellet er bjelken belastet med både strekk- og bøyebelastning. Vi bruker da det såkalte uavhengighetsprinsippet, som i korthet går ut på at virkningen av flere uavhengige belastninger kan beregnes hver for seg og deretter summeres.

Svar: a) $85,3 \text{ N/mm}^2$ b) $72,5 \text{ N/mm}^2$

Oppgave 2.2.37

Et rør med diameter 200 mm transporterer 70 liter vann per sekund (tetthet $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$).

Røret består av:

- en rett rørlengde $l = 45 \text{ m}$, der friksjonskoeffisienten $\lambda = 0,019$
- fire bend der $\zeta = 0,35$ for hvert
- to ventiler der $\zeta = 4$ for hver

Bestem de totale tap i rørledningen.

Svar: 3 m væskesøylehøyde

Oppgave 2.2.38

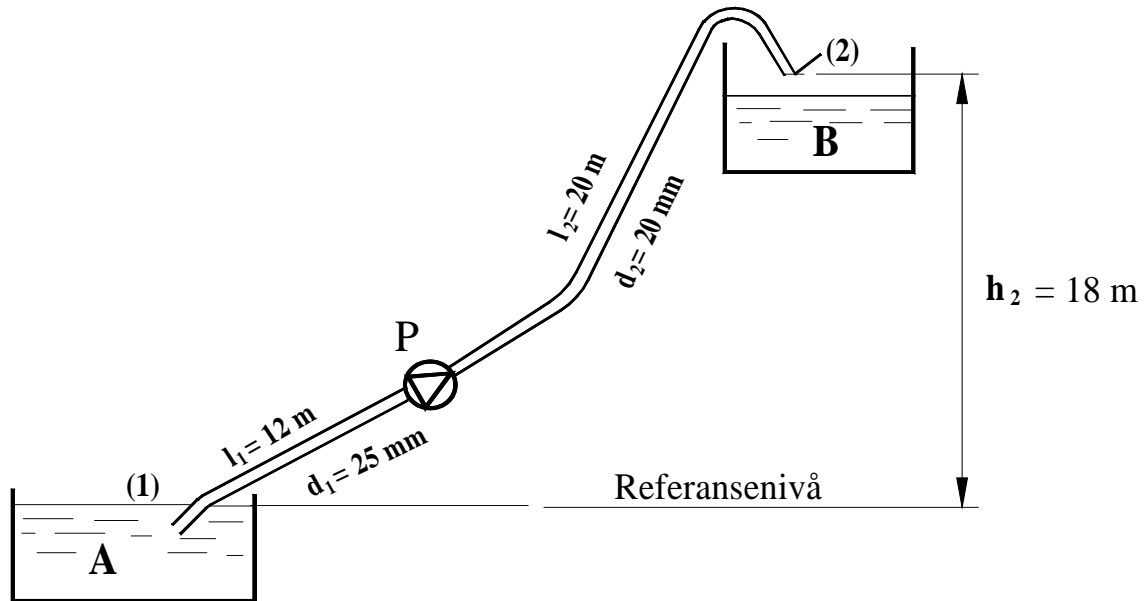
Pumpen P på figuren skal pumpe $q_v = 4 \text{ dm}^3$ vann per sekund fra beholder A og opp i beholder B. Rørledningen har mål som vist på figuren og består av et sugerør (1) og et trykkrør (2).

Av enkeltmotstander i rørledningen skal vi her bare ta med motstanden fra en sil, som vi forutsetter er plassert foran innløpet til sugerøret. Tapskoeffisienten settes til 2. For rørfriksjonen regner vi med $\lambda = 0,03$ og pumpevirkningsgraden settes til 0,8.

Vi skal beregne hvor stor effekt pumpen må yte.

Svar: 1,03 kW

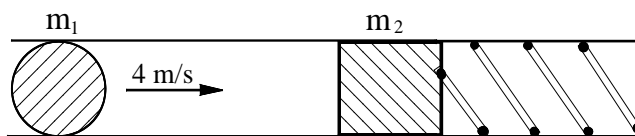
2.2 Mekanikk oppgaver



Oppgave 2.2.39

En kule med masse $m_1 = 6,5$ kg beveger seg langs en horisontal bane med hastighet 4 m/s og kolliderer i et elastisk støt med en blokk med masse $m_2 = 26$ kg som er i ro, se figur.

Blokken m_2 berører en ubelastet fjær med fjærstivhet $k = 2,2$ kN/m.



Vi ser bort fra friksjon og massen av fjæren.

Bestem

- massenes hastighet etter støtet
- fjærens maksimale sammentrykking

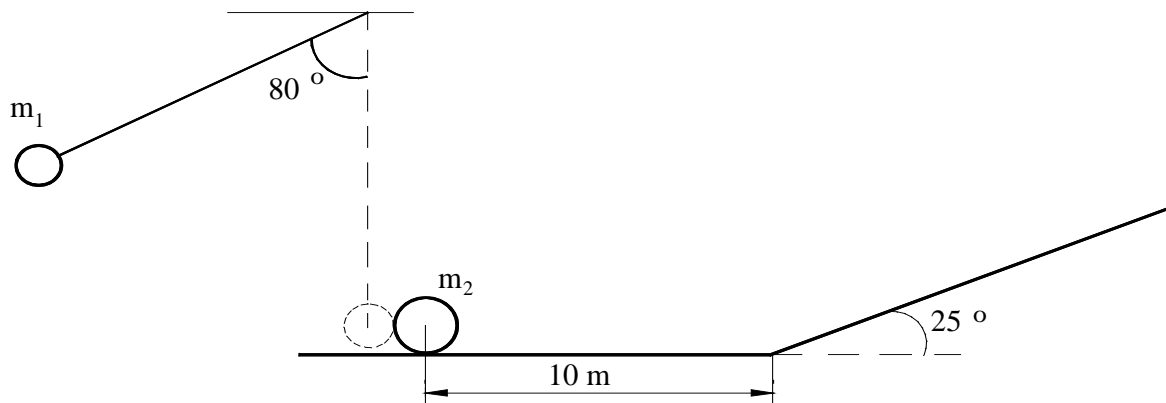
Svar: a) $u_1 = -2,4$ m/s, $u_2 = 1,6$ m/s, b) $\Delta x = 0,17$ m

Oppgave 2.2.40

En kule med masse $m_1 = 0,55$ kg henger i en 2 m lang snor, se skisse. En annen kule med masse $m_2 = 1,1$ kg ligger på et horisontalt underlag som er 10 m langt og ender i et skråplan som danner vinkelen 25° med underlaget.

2.2 Mekanikk oppgaver

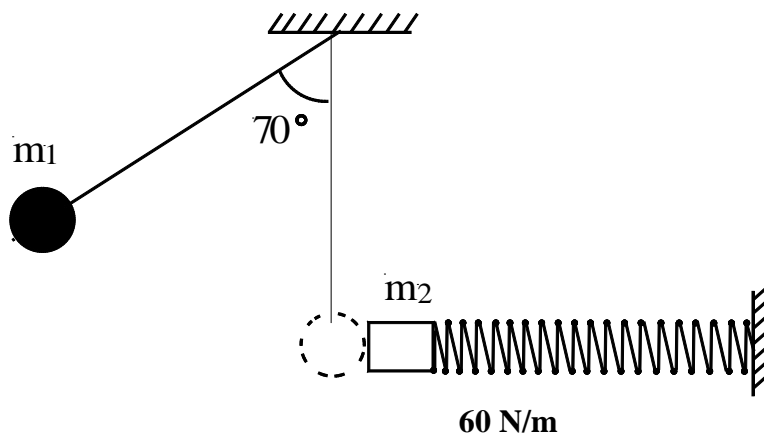
Friksjonskraften mellom kule m_2 og underlaget er konstant og lik 0,05 N. Kule med masse m_1 blir dradd ut 80° og sluppet. Den treffer m_2 og spretter tilbake 30° .



- Bestem m_2 sin fart rett etter støtet.
- Hvor langt oppover skråplanet triller m_2 før den stanser?
- Var støtet elastisk? Begrunn svaret.

Oppgave 2.2.41

En kule med masse $m_1 = 0,7$ kg henger i en 2 m lang snor, se skisse. Kule blir dradd ut til 70° og sluppet. I nedre stilling støter den sentralt mot en masse $m_2 = 1,8$ kg som ligger i ro. Massen m_2 glir på et horisontalt underlag og er festet til en fjær med fjærstivhet $k = 60$ N/m, som vist på skissen. Etter støtet spretter kule tilbake en vinkel 19° .



- Bestem hastighet til kule 1 før og etter støtet.
- Bestem sammentrykking av fjæren. (Vi ser bort fra friksjon).
- Var støtet elastisk?

2.2 Mekanikk oppgaver

3. Motor oppgaver

3.1 Beregningsoppgaver motor (30 oppg ok)

Oppgave 3.1.1

For en 8 sylinders 4-takts dieselmotor er gitt:

Sylinderdiameter	D	= 580 mm
Slaglengde	S	= 640 mm
Indikert middeltrykk	p_{mi}	= 2,2 MPa
Effektivt middeltrykk	p_{me}	= 2,0 MPa
Rotasjonsfrekvens	n	= 6,0 s ⁻¹
Brennstoff-forbruk		= 0,4 kg/s
Oljens brennverdi	h	= 42,7 MJ/kg
Teoretisk luftforbruk	$(L/B)_r$	= 14,7 kg/kg
Total luftfaktor	λ	= 2,8

Bestem:

- Motorens akseffekt i kW
- Midlere stempelhastighet i m/s
- Mekanisk virkningsgrad
- Effektiv termisk virkningsgrad
- Tilført varme med brennoljen i kW
- Avgassmengden i kg/s

Svar: a) 8116 kW, b) 7,68 m/s, c) 0,909, d) 0,47, e) 17080 kW, f) 16,86 kg/s

Oppgave 3.1.2

For en 12 sylinders 4-takts dieselmotor er gitt:

Sylinderdiameter	D	= 400 mm
Slaglengde	S	= 460 mm
Effektiv ytelse pr. sylinder		= 440 kW/syl
Rotasjonsfrekvens	n	= 8,5 s ⁻¹
Totalt luftforbruk	(L/B)	= 39 kg/kg
Effektivt spes. brennstoff-forbruk	b_e	= 54 g/MJ
Oljens brennverdi	h	= 41,8 MJ/kg

Bestem:

- Effektivt middeltrykk
- Motorens midlere dreiemoment
- Effektiv termisk virkningsgrad
- Avgassmengde i kg/s

Svar: a) 1,79 MPa, b) 98,86 kNm, c) 0,44, d) 11,4 kg/s

3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.3

En 8 sylinders firetakts hovedmotor har ytelse langs propellerkurven, effektivt middeltrykk og spesifikt brennoljeforbruk, som vist i vedlagte kurveblad.

Sylinderdiameter	550 mm
Slaglengde	590 mm
Omdreininger	425 o/min v/100 %
P_e ved 100 % last	7050 kW
Skipets hastighet ved full belastning	13 knop

For brennstofføkonomisk drift settes belastningen til 75 %.

- Bestem skipets hastighet i knop.
- Bestem motorens omdreininger pr. minutt og effektivt middeltrykk ved 75 % belastning, og kontroller om det stemmer med kurvebladet.
- Hvor mye bunkers vil vi spare på en sjøreise på 2000 nautiske mil ved å redusere til 75 % belastning?
- Hvorfor er vanligvis medium speed skipsdieselmotorer for framdrift utstyrt med reduksjons gear?

Svar: a) 11,8 knop, b) 386 o/min, 14,7 bar, c) 42,5 tonn

Oppgave 3.1.4

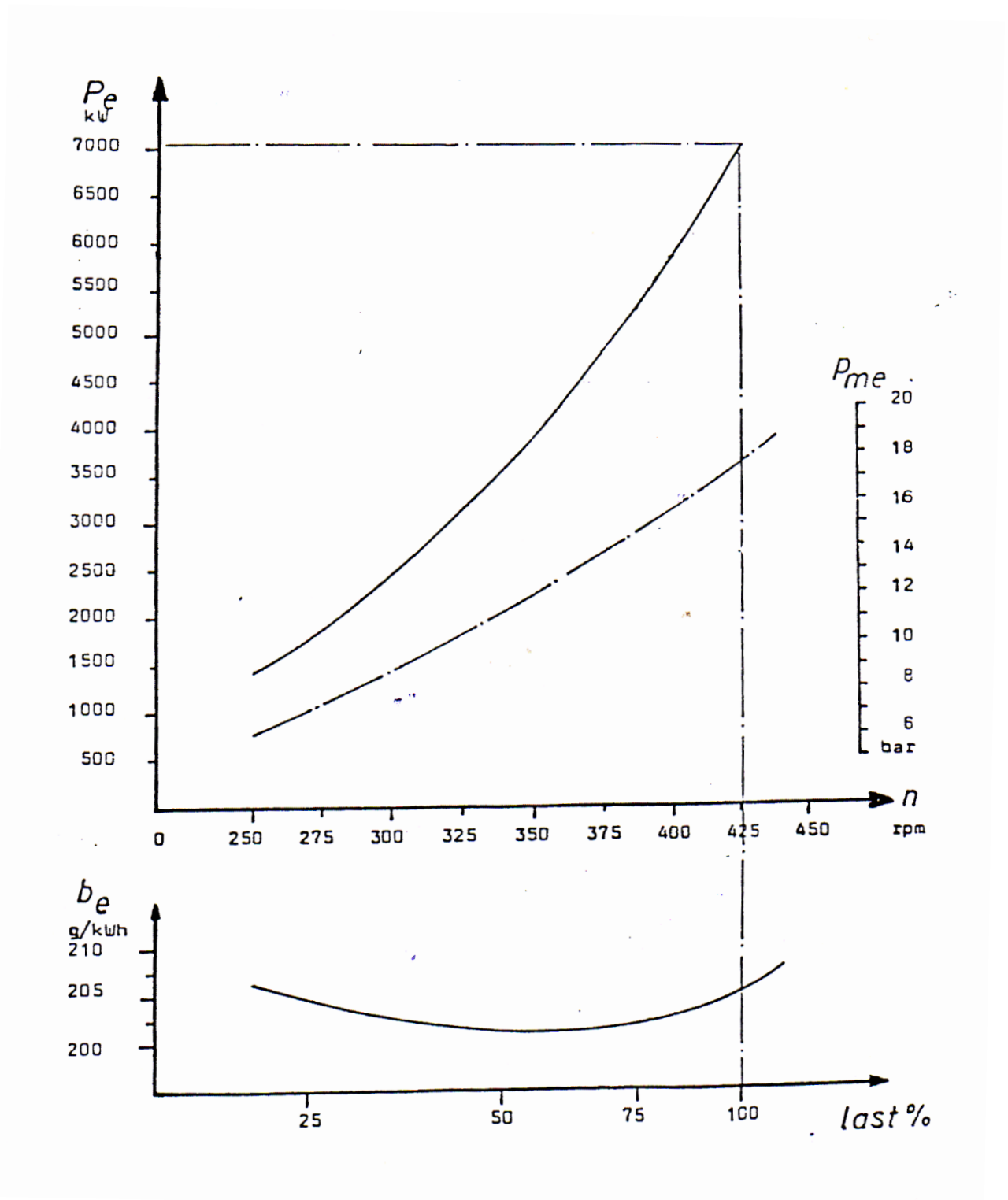
En hovedmotor, Fiat 558 SS 4 - takt, har ytelse etter propellerkurven, effektivt middeltrykk og spesifikt brennstoff-forbruk er som vist på vedlagte kurveblad (neste side).

Antall sylindre	$i = 8$
Sylinderdiameter	$D = 550$ mm
Slaglengde	$S = 590$ mm
Kontinuerlig ytelse	$P_e = 7050$ kW
Rotasjonsfrekvens	$n = 7,08$ s ⁻¹ (425 o/min)
Effektivt middeltrykk	$p_{me} = 17,75$ bar
Brennoljeforbruk	$b_e = 207$ g/kWh
Oljens brennverdi	$h = 42$ MJ/kg

- Bestem motorens effektive termiske virkningsgrad.
- Bestem motorens p_{me} , og P_e ved 375 o/min ifølge propellerkurven.
- Motoren kjøres for å oppnå bedre økonomi på 83,5 % av full ytelse. Ved denne belastning sparer en ca. 6 tonn per døgn.
Bestem motorens turtall og spesifikke brennstoff-forbruk ved denne belastningen.
Kontroller alle beregninger mot den vedlagte kurven.
- Det skal bunkres for en reise på 12 døgn, og det forlanges 10 % sikkerhetsmargin.
Skipet skal gå med 83,5 % motoreffekt.
Bestem hvor mye bunkers som må tas inn og hvor stort tankvolum som trengs.
Bunkerstemperaturen er 45 °C. Oljens tetthet er 960 kg/m³ ved 20 °C, volumutvidelseskoeffisienten er 0,0007 K⁻¹.
- Gjør et anslag over smøreoljeforbruket til hovedmotor for samme reise.
Svar: a) $\eta_e = 0,41$ b) $p_{me} = 13,8$ bar, $P_e = 4840$ kW, c) $n = 400$ o/min, $b_e = 205$ g/kWh, d) 383 tonn (406 m³), e) ca. 2600 kg (variabelt)

3.1 Motor - beregninger

Vedlegg til 3.1.3 og 3.1.4



3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.5

For en 8 sylinders 2-takts dieselmotor er disse data gitt ved 100 % belastning:

Sylinderdiameter	670 mm
Slaglengde	1700 mm
P_e	1367 ekW/syl
Omdreininger	119 o/min
Effektiv termisk virkningsgrad	0,46
Mekanisk virkningsgrad	0,92
Spyletrykk	2,7 bar (abs)
Kompresjonstrykk	70,7 bar (abs)
Maskinroms temperatur	30 °C
Luftforbruk	210 kg/min/syl
Oljens brennverdi	42,9 MJ/kg
Polytropeksponent ved kompresjon	1,34
Polytropeksponent ved ladeluftkompressor	1,5

Temperatur i sylindren ved kompresjonens begynnelse er 70 °C og trykk 2,7 bar abs.

- Bestem p_{me} og motorens mekaniske tap.
- Bestem spesifikt brennstoff-forbruk b_e .
- Bestem spesifikt luftforbruk l_e .
- Bestem kompresjonsgraden og kompresjonstemperaturen.
- Bestem temperaturen på spyleluften etter kompressoren, dvs. før kjøleren.
- Redegjør for grunnen til at polytropeksponenten "n" er høyere enn isentrop eksponenten (κ) i ladeluft kompressoren.
- Gjør rede for hvilke innvirkninger beleggdannelse på ladeluftkompressoren vil ha på luftens utløpstemperatur.

Svar: a) 11,5 bar og 950 kW, b) 50,6 g/MJ, c) 2,56 kg/MJ, d) 11,4 og 511 °C e)
f) 149 °C

Oppgave 3.1.6

En motor som gjør 200 o/min., skal bruke en brennolje som har 5/1000 sek. tennforsinkelse.

- Beregn hvor mange grader før topp innsprøytingen må begynne for at tenningen skal starte i topp.

Motorens slaglengde er 1050 mm, og forholdet radius/veivstangslengde $\lambda = 0,3$.

Innsprøytingen varer 15 grader etter ØD.

- Bestem stempelets stilling når innsprøytingen begynner og når den er slutt.
- Hvilke driftsproblemer vil oppstå dersom man bruker en brennolje med vesentlig større tennforsinkelse?
- Hvilken innvirkning vil for tidlig tenning ha på motorens driftsforhold?
- Hvorfor er moderne krysshodemotorer utstyrt med VIT- brennstoffpumper?
(VIT = Variable Injection Timing = variabelt innsprøytingstidspunkt)

Svar: a) 6° før ØD, b) 11 mm før ØD, 23,2 mm etter ØD

3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.7

For en 12 sylinders 2 takts B&W - dieselmotor er oppgitt:

Sylinderdiameter	$D = 840 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 1800 \text{ mm}$
Indikert middeltrykk (alle syl.)	$p_{mi} = 10,6 \text{ bar}$
Rotasjonsfrekvens	$n = 1,83 \text{ s}^{-1}$
Mekanisk virkningsgrad	$\eta_m = 0,9$
Indikert spes. brennoljeforbruk	$b_i = 52 \text{ g/MJ}$
Luftfaktor henregnet til luftforbruk	$\lambda = 2,7$
Kortslutningsgrad	$\gamma_k = 0,26$
Brennoljens brennverdi	$h = 40 \text{ MJ/kg}$

Brennoljens sammensetning: 85 % C, 13 % H, 1,7 % O₂ og 0,3 % S.

Bestem:

- Akseleffekt
- Effektivt spesifikt brennstoff-forbruk i g/MJ og g/kWh
- Teoretisk luftforbruk $(L/B)_r$
- Luftforbruk i kg/time og kg/MJ
- Luftfaktor henregnet til forbrenning

Svar: a) 20900 kW b) 57,8 g/MJ, 208 g/kWh c) 14,2 kg/kg d) 2,21 kg/MJ, 166700 kg/h e) 2

Oppgave 3.1.8

For en 2-takts dieselmotor med avgassventil er gitt:

Slaglengde	$S = 1500 \text{ mm}$
Sylinderdiameter	$D = 760 \text{ mm}$
Veivstangslengde	$L = 3000 \text{ mm}$
Indikert middeltrykk	$p_{mi} = 0,9 \text{ MPa}$
Indikert spes. brennstoff-forbruk	$b_i = 50 \text{ g/MJ}$
Temperatur v/kompresjonens start	$T_1 = 340 \text{ K}$
Trykk v/kompresjonens start	$p_1 = 0,21 \text{ MPa abs}$
Trykk v/kompresjonens slutt	$p_k = 7,5 \text{ MPa abs}$
Polytropeksponent for kompresjonen	$n = 1,34$
Renspylingsgrad	$\gamma_R = 0,92$
Teoretisk luftbehov	$(L/B)_r = 14,0 \text{ kg/kg}$

Avgassventilen stenger 70 grader veivvinkel etter ND.

Bestem:

- Motorens effektive kompresjonsforhold.
- Stempelstilling ved kompresjonens start i % av slaget.
- Kompresjonsvolum (V_k) i % av slagvolum.
- Volum over stempel (V_1) ved kompresjonens start.
- Forbrenningsluftmengde pr. sylinder pr. slag
- Innsprøytet brennoljemengde pr. sylinder pr. slag.
- Luftfaktor henregnet til forbrenningen.

Svar: a) 11,5 b) 72,6 % c) 6,9 % d) 0,54 m³ e) 1,07 kg, f) 0,0306 kg g) 2,5

3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.9

For en 7 sylinders 2-takts dieselmotor er gitt:

Sylinderdiameter	$D = 900 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 1550 \text{ mm}$
Veivstangslengde	$L = 2900 \text{ mm}$
Indikert ytelse	$P_i = 16500 \text{ kW}$
Mekanisk virkningsgrad	$\eta_m = 0,9$
Brennolje forbruk pr. time	$= 3000 \text{ kg/h}$
Kompresjonsrom volum i % av V_h	$V_k = 7,8 \%$
Kompresjon starter $v/60$ °V.V. etter ND	
Oljens brennverdi	$h = 42 \text{ MJ/kg}$
Rotasjonsfrekvens	$n = 2 \text{ s}^{-1}$

Bestem:

- Effektiv termisk virkningsgrad.
- Volum over stempel når kompresjonen starter.
- Effektivt middeltrykk.
- Masse "ren" luft i sylinder ved kompresjonens begynnelse når vi antar at tetthet $\rho = 2,25 \text{ kg/m}^3$ og renspylingsgrad $\gamma_R = 0,9$.
- Luftfaktor henregnet til forbrenning når $(L/B)_r = 14,3 \text{ kg/kg}$.

Svar: a) $\eta_e = 0,42$, b) $V_1 = 0,865 \text{ m}^3$, c) $p_{me} = 1077 \text{ kN/m}^2$, d) $m_{Lf} = 1,75 \text{ kg/syl/slag}$

Oppgave 3.1.10

For en 8 sylinders 2-takts dieselmotor er gitt:

Sylinderdiameter	$D = 790 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 1680 \text{ mm}$
Rotasjonsfrekvens	$n = 1,85 \text{ s}^{-1}$
Effektivt spesifikt brennstoff-forbruk	$b_e = 60 \text{ g/MJ}$
Avgasstemperatur før turbolader	$t_1 = 440 \text{ °C}$
Avgasstemperatur etter turbolader	$t_2 = 325 \text{ °C}$
Avgassens spesifikke varme	$c_p = 1,05 \text{ kJ/kgK}$
Indikert middeltrykk	$p_{mi} = 11,8 \text{ bar}$
Midlere dreiemoment	$T = 1113,5 \text{ kNm}$
Luftforbruk	$(L/B) = 48 \text{ kg/kg}$
Propellvirkningsgrad	$\eta_p = 0,68$
Skipets hastighet	$= 18 \text{ knop}$
Trykklagerets middelradius	$= 750 \text{ mm}$
Friksjonstall for trykklager	$= 0,031$

Bestem:

- Indikert effekt
- Akseleffekt
- Mekanisk virkningsgrad
- Brennoljeforbruk i kg/s
- Effektiv termisk virkningsgrad
- Turboladerturbinens akseleffekt
- Skipsmotstanden i kN
- Tap i trykklager i kW

Svar: a) 14,38 MW, b) 12,94 MW, c) 0,9, d) 0,7766 kg/s, e) 0,387, f) 4595 kW, g) 950 kN, h) 257 kW

3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.11

For en 10 sylinders 4-takts dieselmotor er gitt:

Sylinderdiameter	$D = 400 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 460 \text{ mm}$
Indikert middeltrykk	$p_{mi} = 19,1 \text{ bar}$
Rotasjonsfrekvens	$n = 8,66 \text{ s}^{-1}$
Mekanisk virkningsgrad	$\eta_m = 0,89$
Brennstoff-forbruk	$= 22 \text{ tonn/døgn}$
Motorens luftforbruk	$= 8,4 \text{ kg/s}$
Brennoljens brennverdi	$h = 42,3 \text{ MJ/kg}$
Maksimalt forbrenningstrykk	$p_{max} = 75 \text{ bar}$

Bestem:

- Indikert og effektiv ytelse
- Midlere dreiemoment
- Midlere stempelhastighet og veivsenterets hastighet
- Effektivt spesifikt brennstoff-forbruk i g/MJ og g/kWh
- Effektiv termisk virkningsgrad

Kjølevannstapet er 160 kW pr. sylinder, og temperaturstigningen over motoren er 8,5 °C. Spesifikk varme for vann settes til: $c = 4,2 \text{ kJ/kgK}$.

- Bestem massestrøm kjølevann i kg/s.

Motorens kjølevannspumpe har en virkningsgrad på 63 %, og tap mellom pumpe og elektromotor utgjør 5 %. Trykkøkning over pumpen er 3 bar. Tetthet for vann settes til 1000 kg/m^3 .

- Bestem elektromotorens effekt.

Avgasstemperatur før og etter turbolader er 390/290 °C. Spesifikk varme for avgass settes til: $c_p = 1,05 \text{ kJ/kgK}$.

- Bestem (tilnærmet) turbolader effekt.
- Bestem maksimal gasskraft på stempel i kN.

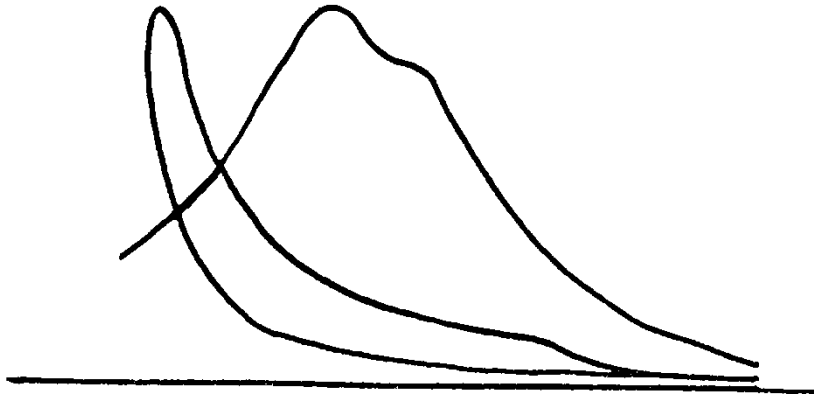
Svar: a) 4785 kW og 4258 kW, b) 78,2 kNm c) 7,97 m/s og 12,5 m/s, d) 59,8 g/MJ og 215,3 g/kWh e) 0,39, f) 44,8 kg/s, g) 22,5 kW, h) 909 kW i) 942,5 kN

3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.12

Vedlagte diagram er fra en 2-takts skipsdieselmotor.

- Bestem motorens indikerte middeltrykk når diagramarealet anslås til 300 mm^2 , lengden til 54 mm og fjærskala er: $1 \text{ bar} = 0,43 \text{ mm}$. (Svar: $12,9 \text{ bar}$)
- Marker på diagrammet hvordan du bestemmer makstrykk, kompresjonstrykk og spyletrykk.
- Vis på diagrammet hvor du mener avgassventilen åpner.
- Vis på diagrammet (tydelig) avgass og spyle perioden.



Oppgave 3.1.13

For en 8 sylinders 2-takts dieselmotor er gitt

Sylinderdiameter	$D = 850 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 1800 \text{ mm}$
Indikert middeltrykk	$p_{mi} = 1,02 \text{ MPa}$
Rotasjonsfrekvens	$n = 2 \text{ s}^{-1}$
Akseleffekt	$P_e = 14000 \text{ kW}$
Effektiv termisk virkningsgrad	$\eta_e = 0,48$
Brennoljens øvre brennverdi	$h_\theta = 42 \text{ MJ/kg}$

Uten avgasskjel ville avgasstapet vært 28% av tilført varme. Av denne varmen går 60% til avgasskjelen som har en virkningsgrad på $0,98$. Avgasskjelen produserer tørrmettet damp med trykk 2 MPa , og fødevannets temperatur er $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Dampen føres til en turbogenerator av typen "Curtis" turbin. Etter turbinen er dampens entalpi $= 2575 \text{ kJ/kg}$. Generatorens virkningsgrad $\eta_g = 0,9$.

Bestem:

- Motorens mekaniske virkningsgrad
- Brennoljeforbruk i kg/h
- Hvor mye damp avgasskjelen kan produsere
- Hvor mye elektrisk effekt generatoren kan levere

Svar: a) $0,84$, b) 2500 kg/h , c) $1,91 \text{ kg/s}$, d) 386 kW

3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.14

Et skip har en 6-sylindret 2-takts krysshode fremdriftsmotor 6 L70 MC. Fra prøvetur er følgende data gitt:

Sylinderdiameter	D = 700 mm
Slaglengde	S = 2268 mm
Brennoljens brennverdi	h = 40 MJ/kg

Vedlagte diagram viser driftscurver fra prøvetur. Ta ut opplysninger fra diagrammet og velg selv eventuelle verdier du mener mangler.

- Bestem effektiv termisk virkningsgrad ved 85 % belastning.
- Av diagrammet fremgår at p_{\max} er konstant mellom 85 og 100 % belastning. Redegjør kort for hensikten med dette, og forklar deretter kort hvorfor p_{\max} er redusert for belastninger under 85 %.

Etter ca. 7500 timer blir det foretatt en tilstandskontroll av hovedmotor. Ytre forhold som bølgehøyde, nedlasting og vindforhold kan regnes lik prøvetursforholdene.

Turtall: 90 rpm

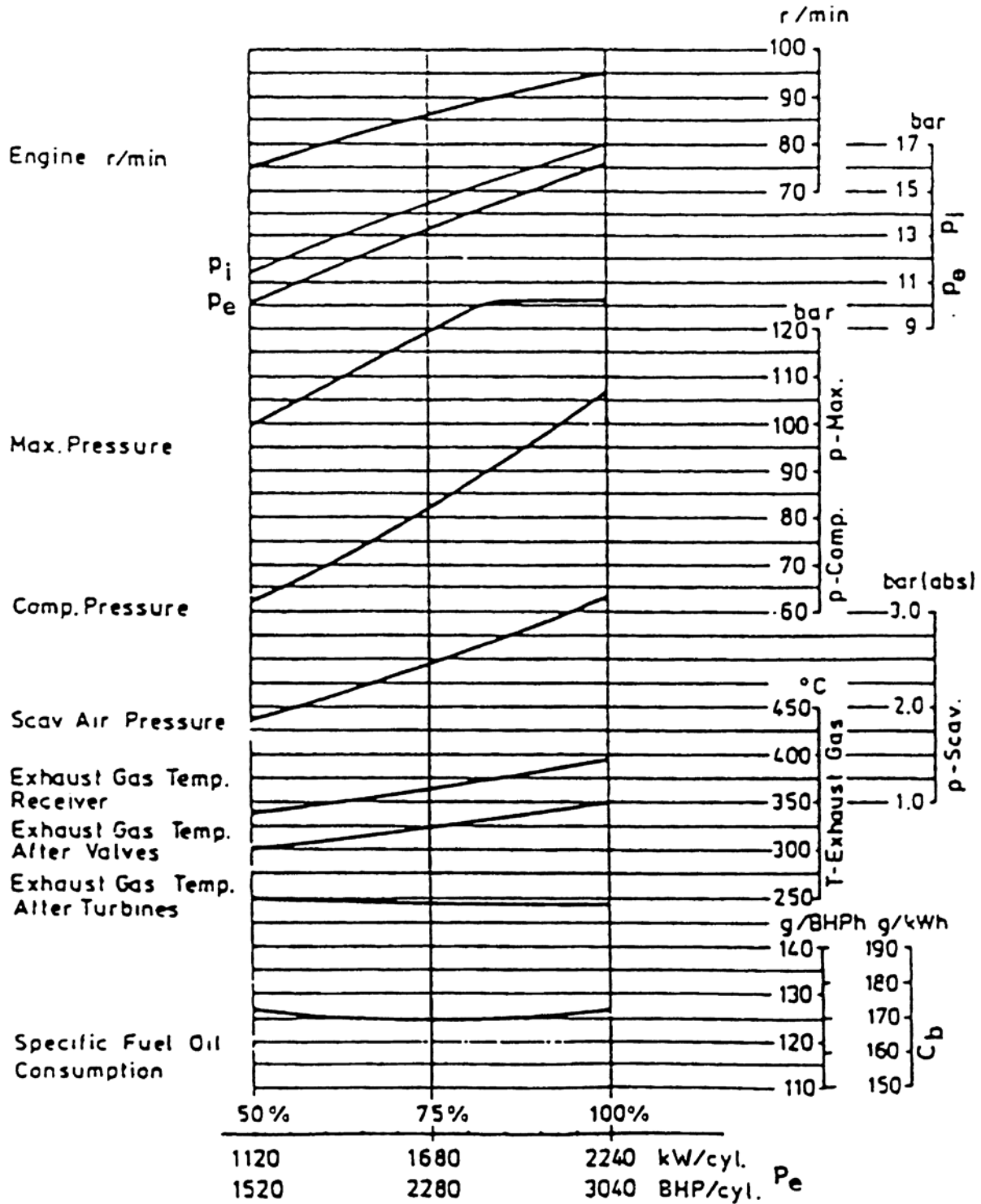
Spyletrykk: 2,6 bar (abs)

	syl 1	syl 2	syl 3	syl 4	syl 5	syl 6
p_{me} (bar)	15,3	15,1	15,4	14,7	15,4	15,3
t_{exh} (°C)	350	370	360	390	360	370
p_{\max} (barg)	125	123	125	118	122	123
p_{komp} (barg)	88,5	88	89	88	88	89

- Vurder motorens driftstilstand

3.1 Motor - beregninger

Driftskurver fra prøvetur for 6 syl B&W L70 MC



3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.15

For en 8 syl. 2-takts dieselmotor er gitt:

Sylinderdiameter	$D = 1050 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 1800 \text{ mm}$
Rotasjonsfrekvens	$n = 1,8 \text{ s}^{-1}$
Akseleffekt	$P_e = 23440 \text{ kW}$
Brennstoff-forbruk	$= 1,34 \text{ kg/s}$
Brennverdi	$h = 40,7 \text{ MJ/kg}$
Spes luftforbruk	$l_e = 2,6 \text{ kg/MJ}$

Et indikatoridiagram er videre gitt:

$$\text{Diagram areal: } = 318 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diagram lengde: } = 54 \text{ mm}$$

$$\text{Fjærskala: } 1 \text{ mm} = 1,96 \text{ bar}$$

Bestem:

- Indikert og effektivt middeltrykk.
- Indikert og effektivt spesifikt brennstoff-forbruk.
- Indikert og effektiv termisk virkningsgrad.
- Mekanisk virkningsgrad.
- Totalt luftforbruk pr. time.
- Totalt luftforbruk i kg luft pr. kg olje.
- Tot. luftoverskuddstall, når $(L/B)_f = 14,2 \text{ kg/kg}$.
- Forbrenningsluftmengden når en antar at 30 % av total luftmengde ikke deltar i forbrenningen (kortslutningsgrad $\gamma_K = 0,3$).

Svar: a) 11,5 bar, 10,4 bar, b) $b_e = 57 \text{ g/MJ}$, $b_i = 51,3 \text{ g/MJ}$, c) $\eta_i = 0,48$, $\eta_e = 0,43$

d) $\eta_m = 0,9$, e) 220 000 kg/h, f) 45,4 kg/kg, g) $\lambda = 3,2$, h) 31,8 kg/kg

Oppgave 3.1.16

Følgende opplysninger er gitt for en 6 sylinders 2-takts krysshodemotor (Sulzer RLB 66):

Sylinderdiameter	$D = 660 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 1400 \text{ mm}$
Rotasjonsfrekvens ved 100 % belastning	$n = 2,35 \text{ s}^{-1}$
Spylelufttemperatur ved 100 % belastning	$t = 42 \text{ }^\circ\text{C}$
Skipets fart ved 100 % belastning	$= 15 \text{ knop}$
Oljens brennverdi	$h = 42,6 \text{ MJ/kg}$
Teoretisk luftbehov	$= 14,0 \text{ kg/kg}$
Avgass spesifikke varme	$c = 1,05 \text{ kJ/kgK}$
Polytropeksponent for kompresjonen	$n = 1,35$

Ta ut øvrige nødvendige opplysninger fra vedlegget for motorens driftskurver ved 100 % belastning (vedlegg neste side).

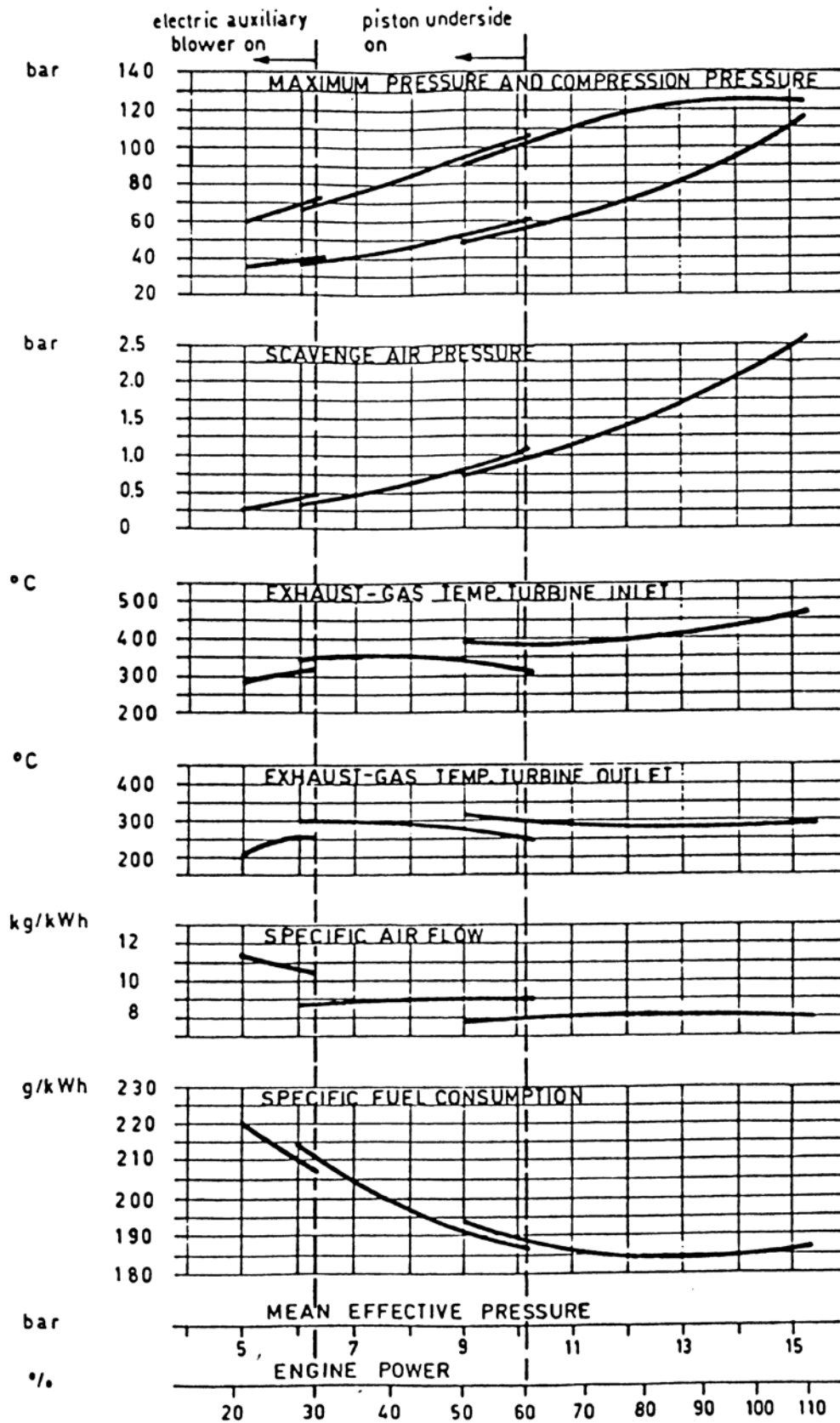
Bestem:

- Motorens effekt
- Motorens luftoverskudd i prosent
- Motorens termiske virkningsgrad
- Eksosturbinens effekt
- Temperaturen ved kompresjonsslagets slutt når trykk og temp. ved kompresjonens begynnelse settes lik spyleluftens trykk og temperatur.
- Motorens brennoljeforbruk ved en utseilt distanse på 2160 naut. mil og 100 % bel.
- Motorens brennoljeforbruk ved samme utseilte distanse, men med 70 % belastning

Svar: a) 9660 kW, b) 209 %, c) 0,457, d) 3690 kW, e) 775 K, f) 257,1 tonn, g) 202,7 tonn

3.1 Motor - beregninger

Vedlegg til oppg. 3.1.16 (Prøvestandsdata - Sulzer RLB 66)



3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.17

For en 6 sylinders 2-takts super-lang-slag dieselmotor er disse data gitt:

Kompresjonsforholdet	$\varepsilon = 11,7$
Sylinderdiameter	$D = 850 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 3150 \text{ mm}$
Veivstangsforholdet	$\lambda = 0,3$
Ved 100 % belastning ble følgende resultat observert:	
Omdreininger	$n = 76 \text{ o/min}$
P_e	$= 3861 \text{ kW/syl}$
Trykk ved kompresjonens begynnelse	$= 3,2 \text{ bar abs}$
Temperatur ved kompresjonens begynnelse	$= 70 \text{ °C}$
Gasskonstanten	$R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$
Kompresjonen begynner 60° etter ND	
Renspylingsgrad	$\gamma_R = 0,92$
Brennstoff-forbruk	$b_e = 0,163 \text{ kg/kWh}$
Brennverdi	$h = 42707 \text{ kJ/kg}$
Polytropeksponenten settes til	$n = 1,35$

- Bestem effektivt middeltrykk og effektiv termisk virkningsgrad.
- Bestem kompresjonstrykket.
- Bestem stempelstilling fra bunn i mm og i % av slaget ved kompresjonens start.
- Bestem volum over stempelet ved kompresjonens begynnelse.
- Bestem kg luft/kg olje og luftfaktoren ved forbrenning når $(L/B)_r = 14 \text{ kg/kg}$.
- Du skal bunkre for en reise på 8 døgn med effekt 95 % belastning. Brennverdien på den nye bunkersoljen er oppgitt til 40500 kJ/kg.
Bestem spesifikt brennoljeforbruk b_e med den nye bunkersoljen.
- Den nye bunkersoljen har densitet på 980 kg/m³ ved 15 °C. Temperatur ved bunkring er 45 °C, og oljens utvidelseskoeffisient er $7 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Bestem nødvendig tankvolum når du skal bunkre 96 % full tank.

Svar: a) 17 bar, 0,52, b) 88,5 bar, c) 611 mm, 19,4 %, d) 1,57 m³, 34,2 kg/kg, 2,44, f) 47,7 g/MJ, g) 787 m³

Oppgave 3.1.18

Du skal bunkre for en sjøreise på 15 døgn. Motoreffekt for sjøreisen anslås til 12000 kW. Fra motorfabrikken er det også gitt et spesifikt brennstoff-forbruk på 175 g/kWh ved en brennverdi på 42,7 MJ/kg.

- Oljen du bunkrer, har brennverdi på 40,5 MJ/kg. Bestem motorens spesifikke brennstoff-forbruk b_e .
- Hvor mye olje må du bunkre når du regner med en sikkerhetsmargin på 10 % ?
- I den senere tid er det dukket opp en forurensning i tungoljen som kalles katalysatorpartikler. Redegjør for hvor dette kommer fra, hvilke grenseverdier dette ikke bør overskride for bunkersoljen, og hvordan man kan fjerne partiklene om bord.
- Hvilke grenseverdier settes til denne forurensning ved innløp motor? Redegjør samtidig for hvilke problemer katalysatorpartiklene kan føre til for motordriften.

Svar: a) 51,25 g/MJ, b) 876,7 tonn

3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.19

For en 6 syl. 2-takts skipsdieselmotor er følgende data gitt ved 100 % belastning:

Sylinderdiameter	900 mm
Slaglengde	2180 mm
Effektivt middeltrykk	15 bar
Indikert middeltrykk	16 bar
Omdreining	97 o/min
Spes. br.o. forbruk ($h = 42,7$ MJ/kg)	175 g/kWh
Luftforbruk	7,76 kg/s per sylinder
Spylelufttrykk	3,1 bar
Spylelufttemp. før/etter kjøler	170/39 °C
Teoretisk luftforbruk	14 kg/kg
Kortslutningsluft	25 %
Kompresjonsforholdet	11,5
Polytropeksponenten	1,35
Spes. varmekapasitet for luft	1,04 kJ/kgK

- Bestem akseeffekten P_e og motorens mekaniske virkningsgrad.
- Bestem motorens effektive termiske virkningsgrad.
- Bestem kg luft/kg brennolje totalt og kg luft/kg brennolje ved forbrenningen.
- Bestem luftoverskuddet i prosent ved forbrenningen. Vurder denne prosentverdien.
- Bestem effekt bortført over spyleluftkjøler. Gi forslag til nyttiggjøring av effekten.
- Hva kan være årsaken til at polytropeksponenten er lavere enn normalt ved kompresjon og ekspansjon?
- Bestem kompresjonstrykk og kompresjonstemperatur. Temperatur ved kompresjonens begynnelse settes til 70 °C.

Svar: a) 20180 kW, b) 0,48, c) 47,7 og 35,6, d) 154 %, e) 6340 kW, g) 83,8 bar, 533 °C

Oppgave 3.1.20

Disse opplysningene er gitt for en 6-sylindret to-takts krysshodemotor 6L70MC:

Sylinderdiameter	700 mm
Slaglengde	2268 mm
Kompresjonsslag	1917 mm
Kompresjonsvolum	0,057 m ³
Avgassens spesifikke varmekapasitet	1,05 kJ/kgK
Renspylingsgrad	0,92
Temperatur ved kompresjonsbegynnelse	63 °C
Polytropeksponenten for kompresjon	1,34
Gasskonstant for luft	287,1 J/kgK
Brenselets teoretiske luftbehov	14,0 kg/kg
Brenselets brennverdi	42,7 MJ/kg

Ta ut nødvendige opplysninger fra vedlagte prøvestandskurver ved 100 % belastning.

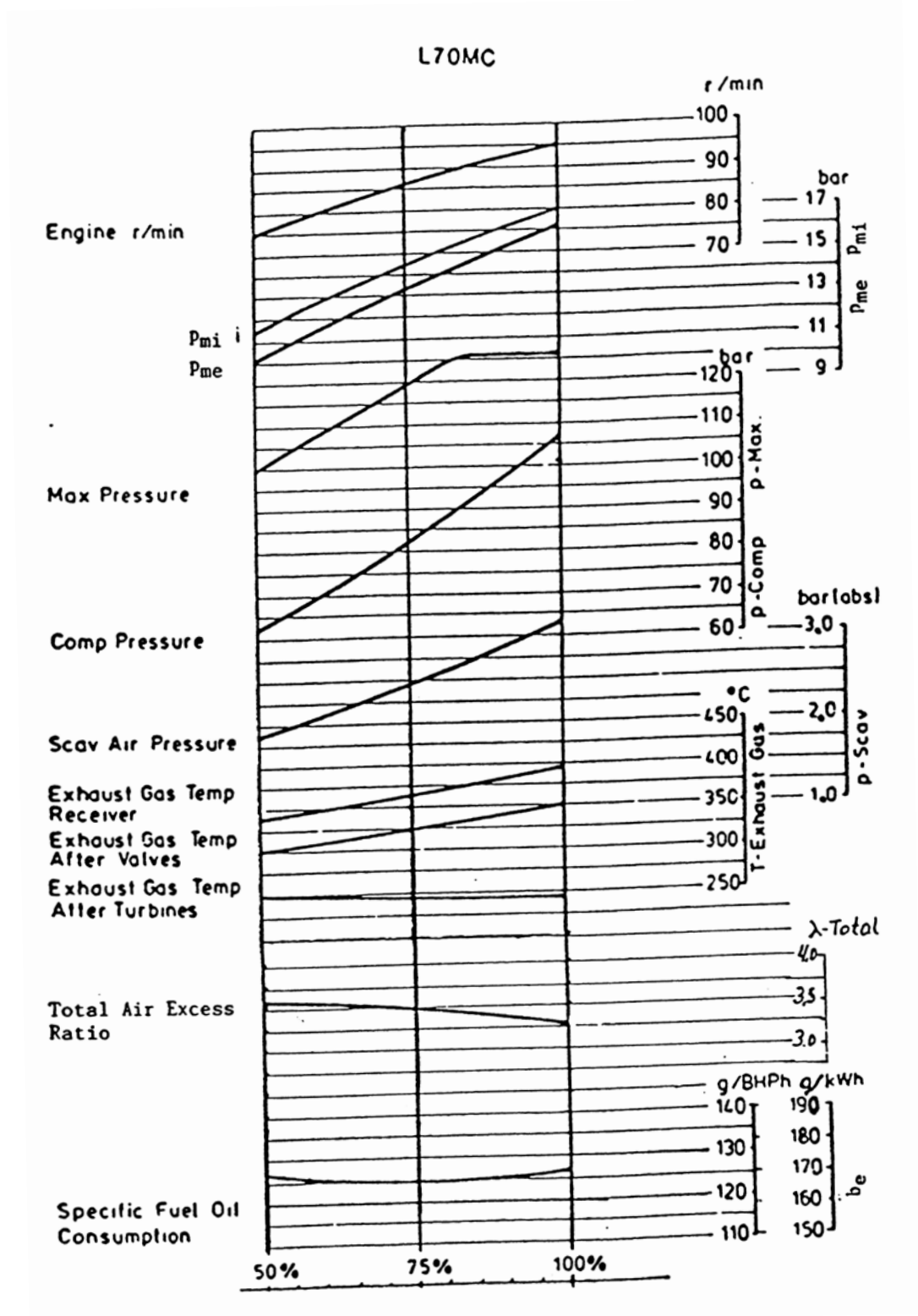
- Bestem motorens effektive effekt.
- Bestem motorens effektive termiske virkningsgrad.
- Bestem motorens brenselforbruk i tonn per døgn.
- Bestem luftfaktor henregnet til forbrenning.
- Bestem kortslutningsgraden.
- Bestem effektiv kompresjonsgrad, kompresjonstrykk og kompresjonstemperatur.
- Forklar hvordan et tilsmusset sugefilter virker inn på driften av turboladeren. Støtt forklaringen ved å skissere prosessen i et Ts-diagram for luft.

Svar: a) 13330 kW, b) 0,49, c) 55,05 t/døgn, d) 2,5, e) 0,23, f) 13,9, 105,7 og 822 K

3.1 Motor - beregninger

Vedlegg til oppgave 3.1.20

(Performance curves - B&W L70MC)



3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.21

For en 6 sylinders 2-takts krysshodemotor er følgende data gitt:

Sylinderdiameter	350 mm
Slaglengde	1050 mm
P_e	560 kW/syl
Omdreining	200 o/min
Spyletrykk	3,35 bar abs (før kjøler)
Spylelufttemperatur	172 °C (før kjøler)
Luftforbruk	1,32 kg/sek/syl
Spesifikt brennstoff-forbruk	177,5 g/ekWh
Brennstoffets brennverdi	42,6 MJ/kg
Maskinroms temperatur	30 °C
Kompresjonsgrad	12,3
Polytropeksponenten ved kompresjon i syl.	1,35
Temperatur i sylinder ved kompresjonens start	70 °C

- Bestem effektivt middeltrykk p_{me} .
- Bestem effektiv termisk virkningsgrad.
- Bestem spesifikt luftforbruk i kg/MJ.
- Bestem virkelig luftforbruk (L/B).
- Bestem motorens kompresjonstemperatur og kompresjonstrykk.
- Kontroller ved beregning temperaturen på ladeluften etter kompressor før kjøler. Stemmer den med de oppgitte data? (Polytropeksponenten for kompressoren er 1,5).
- Hvordan vil det gå med temperaturen på ladeluften etter kompressoren når kompressoren blir skitten?

Svar: a) 16,6 bar, b) 0,476, c) 2,357 kg/MJ, d) 47,8 kg/kg, e) 552,6 °C, f) 178,4 °C.

Oppgave 3.1.22

Fra et skips tekniske prøvetur foreligger følgende opplysninger:

Motorens effektive effekt	11200 kW
Oljeurets avlesning ved prøvens start	15200 liter
Oljeurets avlesning ved prøvens slutt	18063 liter
Brenselets viskositet ved 50 °C	480 cSt
Brenselets tetthet ved 15 °C	990 kg/m ³
Brenselets volumutvidelseskoeffisient	$10 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$
Brenselets brennverdi	41600 kJ/kg
Prøvens varighet	80 minutt

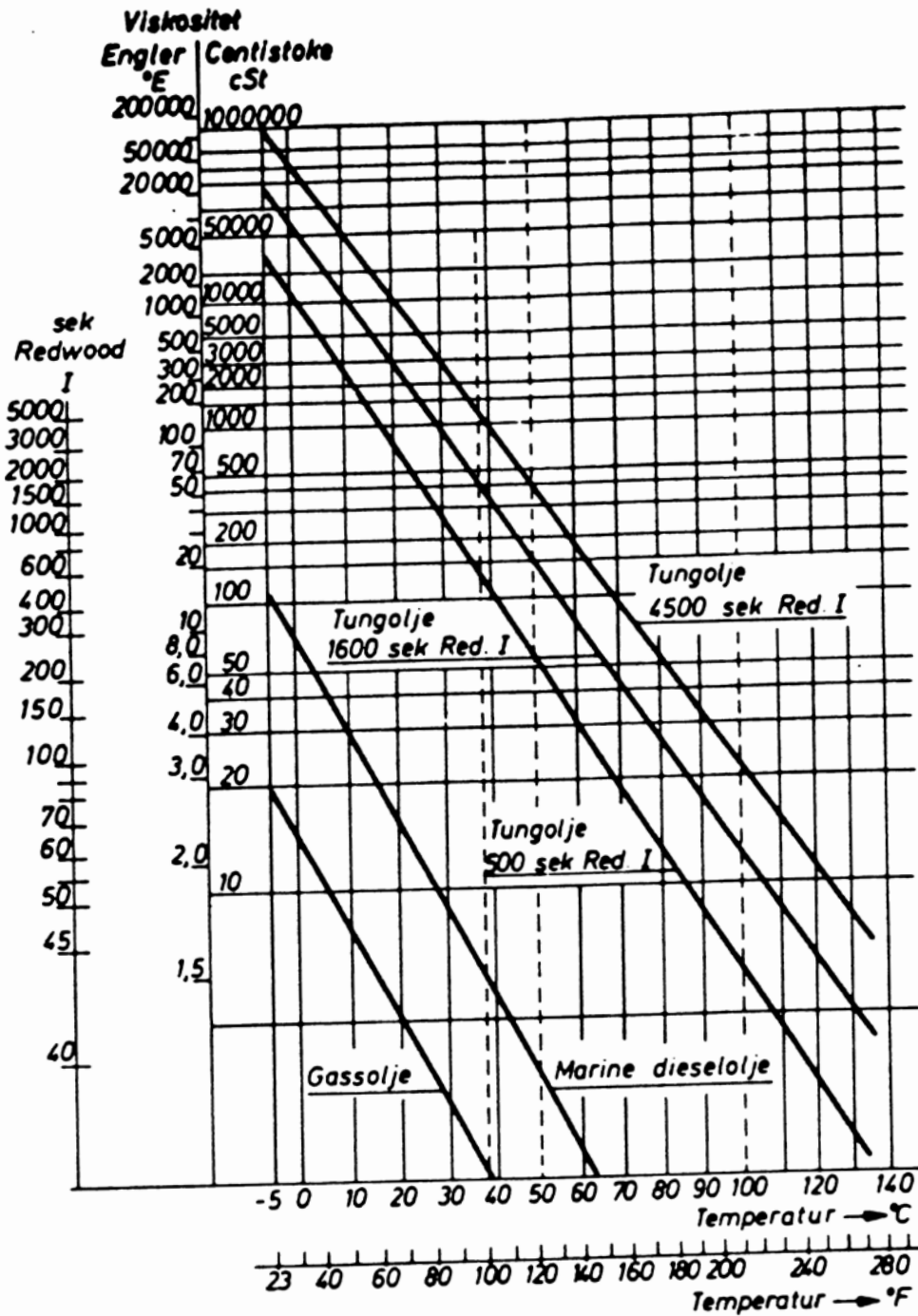
Oljeuret er plassert mellom brensel forvarmer og motorens høytrykkspumper. Motorfabrikanten garanterer et effektivt spesifikt brenselforbruk på $168 \text{ g/kWh} \pm 3 \%$, når det anvendes et brensel med brennverdi 42700 kJ/kg.

- Hva vil du anse som en passende temperatur på det anvendte brensel før høytrykkspumper? (Merk at temp/visk. diagram er her noe forskjellig fra originaloppgaven.)
- Undersøk om motorfabrikantens brenselforbruksgaranti er oppfylt.

Svar: a) 110 °C med vedlagte visk. diagram, b) OK

3.1 Motor - beregninger

Vedlegg til oppgave 3.1.22 (Temperatur – viskositetsdiagram for brennolje)



3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.23

En 6-sylinders 2-takts diesel motor kjøres med 100 % belastning. Arbeidskurvene finnes på vedlegg neste side.

Slaglengde	2916 mm
syl. diameter	900 mm
Kompresjonsslag	2465 mm
Kompresjonsvolum	6,5 % av V_h
Brenselets brennverdi	42,7 MJ/kg
Luftforbruk ($p = 102$ kPa, $t = 37$ °C)	37 m ³ /s
Teoretisk luftforbruk	14,1 kg/kg
Kortslutningsgrad	0,28
Gasskonstant for luft	0,287 kJ/kgK

Bestem ved 100 % belastning:

- motorens effektive ytelse
- effektiv termisk virkningsgrad
- effektiv kompresjonsgrad
- luftfaktor henregnet til luftforbruk
- luftfaktor under forbrenning

Svar: a) 17,85 MW, b) 0,51, c) 14, d) 3,67, e) 2,645

Oppgave 3.1.24

For et motorskip er følgende data gitt:

Skipets fart	$c = 13$ knop
Effektiv ytelse	$P_e = 11000$ kW
Effektivt spes. Brennolje-forbruk	$b_e = 168$ g/kWh

Da skipet befinner seg 690 nautiske mil fra havn, mottas det beskjed fra rederiet om at resten av reisen må tilbakelegges på 48 timer. Økningen i maskinytelsen medfører at hovedmotorens effektive spes. Brennolje-forbruk øker til 171 g/kWh.

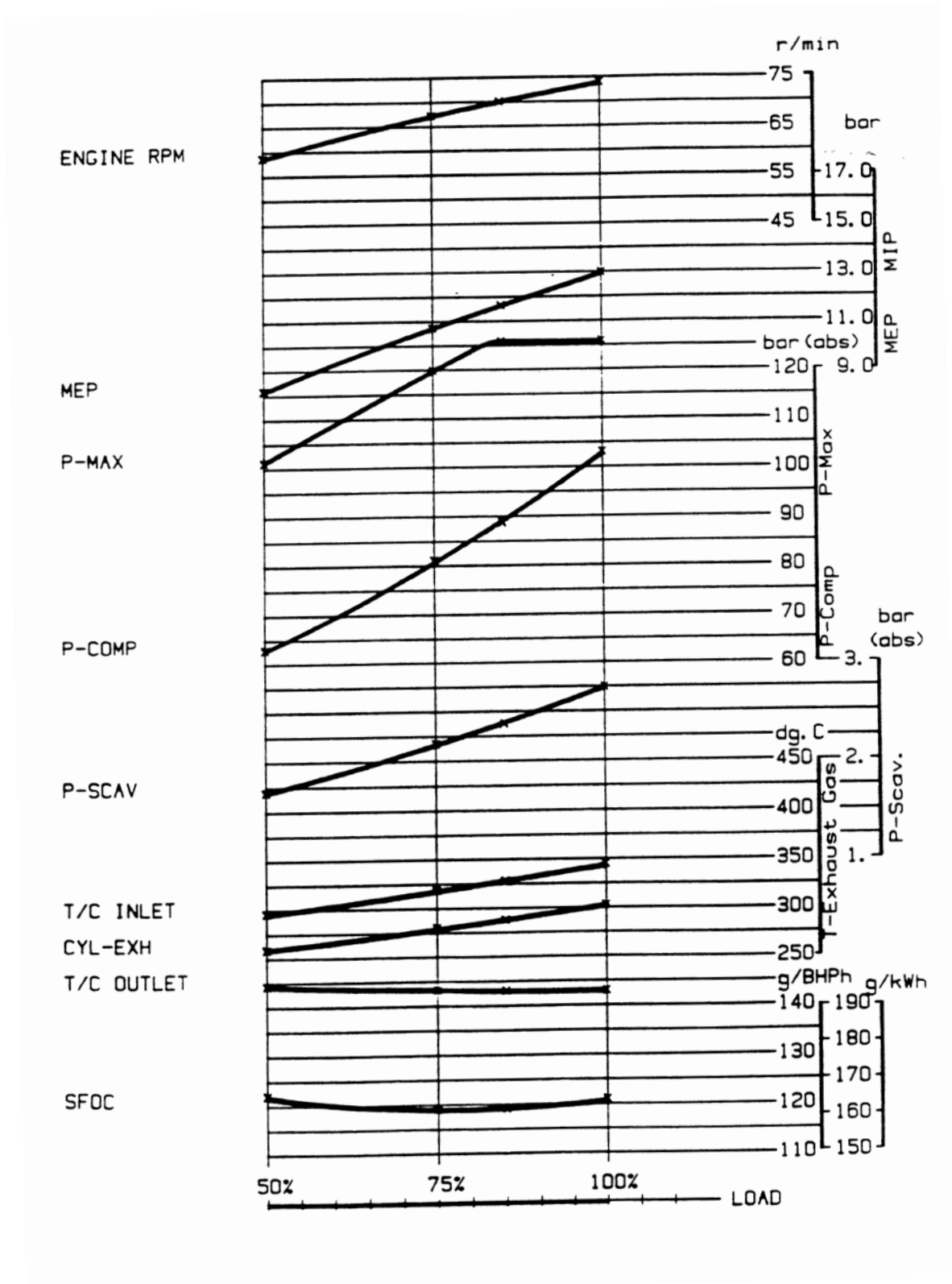
Hovedmotorens ytelse forutsettes å følge propellerloven.

- Bestem hvor mye brenselforbruket øker på den resterende delen av reisen som følge av nevnte endringer, når fartsøkningen foretas umiddelbart etter at meldingen er mottatt. Svar: 24 tonn

3.1 Motor - beregninger

Vedlegg til oppg. 3.1.23

Performance curves:



3.1 Motor - beregninger

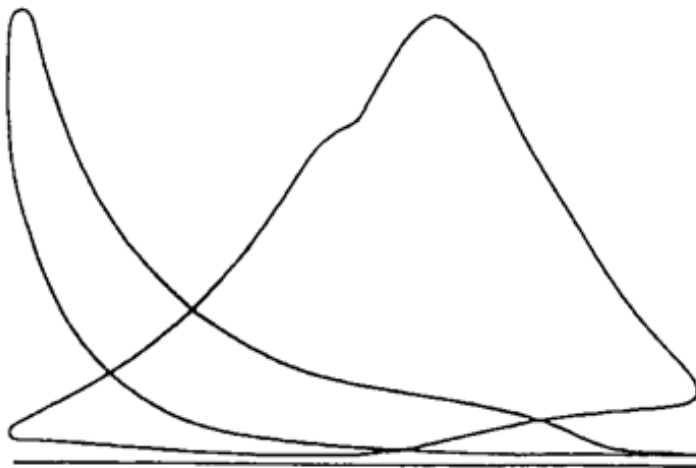
Oppgave 3.1.25

Vedlagt diagram er tatt fra B&W dieselmotor, der disse opplysningene er gitt:

Sylinderdiameter	840 mm
Slaglengde	1800 mm
Veivstangslengde	3600 mm
Diagram skala	1 bar = 0,57 mm
Avgassventil åpner	86 ° vv før ND
Avgassventil stenger	55 ° vv etter ND
Utstøts- og spyleperioden varer	0,22 sek
Stempel og veivstang osc. masse	$m_o = 11000$ kg

Vi ser bort fra overtrykk på undersiden av stempelet

- Bestem tangentialkraften i disse punktene:
30 ° og 120 ° etter ØD og
60 ° og 150 ° etter ND
- Tegn et veivdiagram, som viser de tangentialkreftene du har funnet. Tegn inn tangentialkraftkurven for en omdreining slik du mener den omtrent vil forløpe.
- Bestem tangentialkraften av massekrefter i samme veivstilling som i spørsmål a). Tegn kurven for en omdreining
- Hva mener vi med egensvingetall?
- Forklar hva som fører til at motoren kjører med kritisk turtall og hvorfor en bør unngå dette?



3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.26

For en 7 syl. 2-takt skipsdieselmotor er følgende data fra prøvest. ved 100 % belastning:

Sylinderdiameter	840 mm
Slaglengde	2900 mm
Omdreininger	81,1 o/min
Kompresjonstrykk	110 bar abs
Trykk ved kompresjonens begynnelse	3,319 bar abs
Temperatur ved kompresjonens begynnelse	65 °C
Polytropeksponenten	1,35
Motorens akseffekt	26095 kW
Oljens brennverdi	42,4 MJ/kg
Spesifikt brennstoff-forbruk b_e	171 g/kWh
Gasskonstanten	287 J/kgK

- Bestem effektivt middeltrykk p_{me} , og vurder om den beregnede verdien er relevant per i dag for denne motortypen.
- Bestem effektiv termisk virkningsgrad.
- Bestem kompresjonsgraden, og gi samtidig en orientering om kompresjonsgradens innvirkning på motorens arbeidsforhold.
- Bestem volum over stempel ved kompresjonens start når $V_p = 20\%$ av V_h .
- Bestem luftmengden i kg i sylindere når renspylings graden er 90 %.
- Bestem luftfaktoren henregnet til forbrenningen når $(L/B)_r = 14$ kg/kg.
- Forklar hvordan du vil gå fram ved innkjøring av en ny sylindreforing.
- Du får indikasjon på gjennomslag i en sylinder. Hva vil du foreta deg?

Svar: a) 17,16 bar, b) 0,496, c) 13,37, d) 1,39 m³, e) 4,16 kg, f) 2,27

Oppgave 3.1.27

Framdriftsmaskineriet for et skip består av 2 stk. 4-takts dieselmotorer, som hver yter en akseffekt på 5400 kW ved 500 rpm (MCR). Girets omsetningsforhold er: 1/5, propellerstigningen er 4,6 m/omdr og skipets hastighet (MCR) 14 knop. $h = 42500$ kJ/kg.

- Bestem propellerslippen i prosent.
- Nevn årsaker til at propellerslippen øker.
- Hva menes med negativ propellerslipp?

Du skal bunkre for en reise på 2000 n.mil. Bunkersoljen har en brennverdi på 41800 kJ/kg, og effektiv ytelse skal være 85 % av MCR. Eff. spes. brennstoff-forbruk $b_e = 170$ g/kWh.

- Bestem bunkers for turen når det regnes med 10 % sikkerhetsmargin.

Svar: a) 6 %, d) 263 tonn

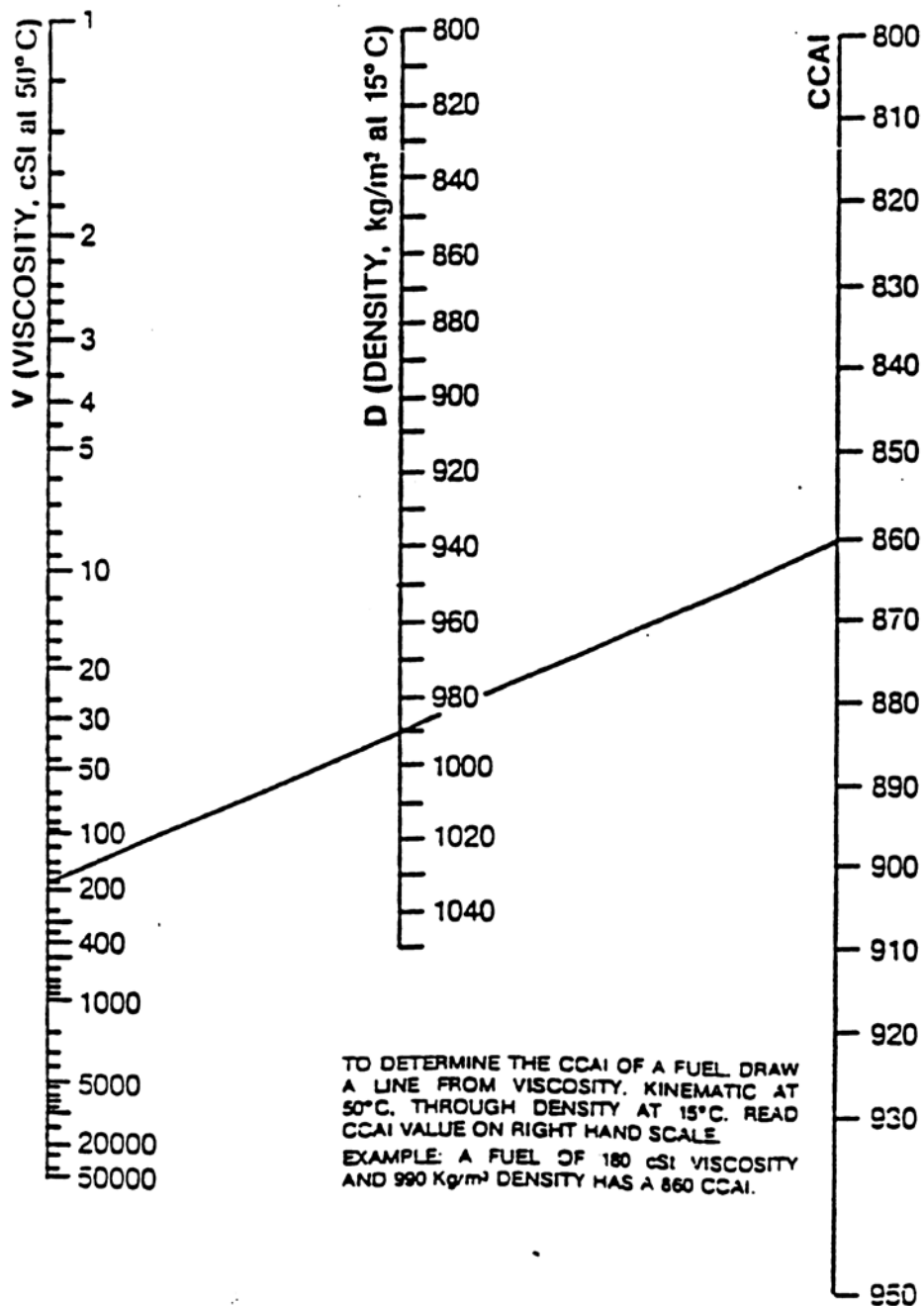
Fra en brennoljeprøve er disse data gitt:

Viskositet	100 cST/50 °C		
Densitet v/15 °C	995 kg/m ³	Aluminium	35 ppm
Vann	0,5 %	Silisium	40 ppm
CCR	15 %	Natrium	31 ppm
Svovel	3 %	SHF	0,03 %
Aske	0,2 %	Pour point	0 °C
Vanadium	100 ppm	Brennverdi	40,5 MJ/kg

- Gi en kvalitetsvurdering av denne brennoljen.
- Fastsett CCAI-tallet for oljen i spm. e) ved hjelp av nomogram i vedlegg.
- Kan oljen nyttes til motorene i oppgaven? Begrunn svaret.

3.1 Motor - beregninger

Vedlegg til oppg. 3.1.27 (Nomogram)



Sammenheng mellom CCAI - verdi og tenningskvalitet:

CCAI - verdi	Tenningskvalitet
790 - 830	Meget god til god
830 - 850	God til tilfredsstillende
850 - 870	Variabel til dårlig
870 - 950	Dårlig til ubrukbar

3.1 Motor - beregninger

Oppgave 3.1.28

For en 5 sylinders 2 - takts dieselmotor er følgende data gitt ved 100 % belastning:

P_e	17,5 MW
Sylinderdiameter	900 mm
Slaglengde	2900 mm
Rotasjonsfrekvens	$1,26 \text{ s}^{-1}$
Effektiv kompresjonsgrad	14,2
Brennoljeforbruk	2923 kg/h
Oljens brennverdi	41,5 MJ/kg
Kompresjonsvolum	6 % av slagvolum
Luftforbruk	28814 kg/syl/h
Teoretisk luftforbruk	14 kg/kg
Renspylingsgrad	0,91
Gasskonstant for luft	0,287 kJ/kgK

Spylelufttrykk og trykk ved kompresjonens begynnelse er 3,13 bar absolutt. Temperaturen ved kompresjonens begynnelse er $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Bestem effektivt middeltrykk.
- Bestem effektiv termisk virkningsgrad.
- Bestem spesifikt brennstoff-forbruk i g/MJ og g/kWh.
- Bestem kg luft/kg olje (L/B) og total luftfaktor.
- Bestem volum over stempel ved kompresjonens begynnelse.
- Bestem luftforbruket henregnet til forbrenningen $(L/B)_f$ og kortslutningsgraden.
- Bestem lufttemperaturen etter turbolader når maskinroms temperatur er $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ved normal barometerstand. Polytropeksponenten for kompresjonen er 1,55.
- Hva skjer med røykgastemperaturen og lufttemperaturen når tilsmussing tiltar på turbin og kompressor (turbolader)?
- Hvilke tilstandskriterier vil du legge til grunn for rengjøring/overhaling av eksosturbin, kompressor (turbolader)?

Svar: a) 15 bar, b) 0,516 c) 46,7 g/MJ, 168 g/kWh, d) 49,3 kg/kg, 3,52, e) $1,57 \text{ m}^3$, f) 36,35 kg/kg, 0,2625 g) 452 K ($179 \text{ }^\circ\text{C}$)

Oppgave 3.1.29

Et skip skal gjøre en reise på 2600 n.mil. Motoreffekten anslås til 9000 kW ved et turtall på $1,75 \text{ s}^{-1}$. Propellstigningen er 5,5 m/rotasjon, og propellslippen er 7 %.

- Bestem reisetid.
- Bestem bunkers for reisen når du skal ha 10 % sikkerhetsmargin. Motorfabrikken oppgir brennoljeforbruket til 171 g/kWh med brennverdi 42 MJ/kg. Oljen du bunkrer, har brennverdi 41 MJ/kg, densitet 960 kg/m^3 ved $15 \text{ }^\circ\text{C}$ og volumetrisk utvidelseskoeffisient på $0,00071 \text{ K}^{-1}$. Temperatur ved bunkring settes til $45 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Bestem nødvendig tankvolum når du skal bunkre 95 % full tank.
- En større 2-takts dieselmotor får feil med drift av en eksosventil. Av sikkerhetsmessige grunner kan vi bare stoppe for kortere tid. Hva vil du foreta deg for å opprettholde driften?

Svar: a) 149,4 timer, b) 259,12 tonn.

Oppgave 3.1.30

3.1 Motor - beregninger

For en 8 sylinders 2-takts dieselmotor er gitt:

Sylinderdiameter	$D = 780 \text{ mm}$
Slaglengde	$S = 1550 \text{ mm}$
Veivstangslengde	$L = 2850 \text{ mm}$
Effektiv ytelse	$P_e = 12000 \text{ kW}$
Rotasjonsfrekvens	$n = 2,06 \text{ s}^{-1}$
Effektiv termisk virkningsgrad	$\eta_e = 0,45$
Brennverdi	$h = 41 \text{ MJ/kg}$
Mekanisk virkningsgrad	$\eta_m = 0,9$
Spesifikt luftforbruk	$l_e = 2,2 \text{ kg/MJ}$
Kompresjonsgrad	$\varepsilon = 11,2$
Kompresjonsvolum i % av V_h	$V_k = 7,6 \%$
Spyletrykk	$p_s = 2,1 \text{ bar (abs)}$
Polytropeksponent for kompresjon	$n = 1,33$
Temp i syl. v/kompresjon start	$t_1 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$
Entalpifall over avgassturbin	$\Delta h_T = 110 \text{ kJ/kg}$
Gasskonstant	$R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$
Teoretisk luftforbruk	$(L/B)_r = 14 \text{ kg/kg}$

Bestem:

- Indikert middeltrykk
- Effektiv spes brennstoff – forbruk
- Stempelstilling ved kompresjonens start i % av slag og i veivgrader
- Kompresjonstrykk og kompresjonstemperatur
- Luftfaktor henregnet til luftforbruk
- Luftfaktor henregnet til luftfylling når renspylingsgraden = 0,9
- Effekt overført turbolader turbin i kW

Svar: a) 1093 kPa b) 54,2 g/MJ c) 77,5 % fra ØD, 116 grd d) 52,2 bar, 773 K e) 2,9 f) 2,16 g) 2975 kW

3.2 Teorioppgaver – motor (36 oppg ok)

Oppgave 3.2.1

- Lag en prosedyre for klargjøring av HM etter opphold i havn.
- Lag en prosedyre for oppkjøring av HM etter stempelsjau.
- Lag en prosedyre for klargjøring ved ankomst havn.

Oppgave 3.2.2

- Redegjør kort for forbrenningsprosessen i en dieselmotor.
- Hvilke uheldige driftsforhold kan oppstå i en motorsylinder dersom forbrenningen begynner for tidlig?
- For lav viskositet på brennoljen før brennstoffpumpene kan gi problemer. Forklar kort hva disse problemene går ut på.

Oppgave 3.2.3

- Anta at en brennstoffpumpe i en dieselmotor er slitt. Hvordan vil dette påvirke innsprøytingen og forbrenningen?
- Hvilken virkning vil slitasje i dysehull til brennstoffventilen ha for selve forbrenningen og driftsforholdene?
- For høy viskositet på brennoljen før brennstoffpumpene i en dieselmotor kan gi problemer. Forklar kort hva disse problemene går ut på.

Oppgave 3.2.4

Beleggdannelse i luft- og/eller avgass-systemet på en diesel fremdriftsmotor påvirker som kjent driftsforholdene i turboladeren.

Redegjør herunder kort for virkningen av belegg i:

- turbolader kompressor
- turbolader turbin
- innsugsfilter
- luftkjøler
- Redegjør for begrepet stalling (pumping)

Oppgave 3.2.5

- Beskriv hvordan kompresjonsringene fungerer.
- Angi mulige årsaker til såkalt ringkollaps v/stempel kompresjonsringer.
- Redegjør kort for kontroll av stempelringer v/stempelsjau.
- Hvordan er relativ hardhet mellom hhv. ring og foring. Begrunn svaret.
- Forklar begrepet egenspennekraft for stempelringer og hvordan du vil kontrollere den.

Oppgave 3.2.6

- Angi (minst) 3 årsaker til stor sylinderlitasje i en dieselmotor.
- Redegjør kort for tiltak for å redusere virkningen av de angitte årsaker.
- Hvor i sylinderforingen oppstår normalt størst slitasje? Begrunn svaret kort.

3.2 Motor - teorispørsmål

Oppgave 3.2.7

Det er konstatert gjennomslag på en sylinder i en dieselmotor.

- Hvordan vil vi merke dette om bord?
- Redegjør kort for sannsynlig virkning av fortsatt drift.
- Nevn forslag til mottiltak.

Oppgave 3.2.8

- Ved lengre tids lavlastkjøring er det aktuelt å justere maksimalt forbrenningstrykk. Redegjør for hva vi søker å oppnå med dette.
- Hvilke begrensninger gjelder med hensyn til oppjustering av maksimalt forbrenningstrykk?
- Dersom en motor skal gå lenge på lav belastning, hvilke tiltak vil du da foreslå iverksatt?

Oppgave 3.2.9

Etter at en ny bunkersolje er tatt i bruk, viser det seg at forbrenningen begynner etter topp dødpunkt på samtlige sylindre. Angi mulige årsaker til dette og hvilke konsekvenser dette kan få for motorens drift.

Oppgave 3.2.10

Forklar kort hvorfor luftmasse pr. kg olje er relativt mindre for 4-takts "medium speed" motorer, sammenliknet med langsomt gående 2-takts-motorer.

Oppgave 3.2.11

Redusert kompresjonstrykk i en dieselmotor kan bl.a. skyldes følgende feil:

- Lekkasje forbi stempel kompresjonsringer.
- Brent avgassventil.
Redegjør kort for hva du som ansvarlig maskinist vil gjøre i tilfelle a) og b)

Oppgave 3.2.12

Redegjør for hvorfor motorfabrikkene i dag anbefaler kontinuerlig drift av motoren på tungolje, og angi samtidig hvilke problemer som kan oppstå ved skiftning fra tungolje til dieseldrift.

Oppgave 3.2.13

- Definer følgende begrep:
 - Systematisk vedlikehold
 - Forebyggende vedlikehold
 - Periodisk vedlikehold
 - Korrektivt vedlikehold
- Forklar kort hva vi forstår med tilstandsstyrt vedlikehold.

Oppgave 3.2.14

- Lag en skisse av et arbeids- og trekkdiagram for en 2-takts dieselmotor og forklar diagrammet.
- Hva kan være årsaken til at kompresjonstrykket avtar for en skipsdieselmotor?
- For en dieselmotor er maksimaltrykket for en sylinder lavere enn alle de andre sylindrene, mens kompresjonstrykket for denne sylindren er normalt. Angi mulige årsaker til dette.

3.2 Motor - teorispørsmål

Oppgave 3.2.15

- Definer termisk virkningsgrad for en dieselmotor
- Har turbolading innvirkning på termisk virkningsgrad for en dieselmotor? Begrunn svaret.
- Har kompresjonsgraden innvirkning på termisk virkningsgrad for en stempelmotor? Begrunn svaret.
- Har belastningen av en dieselmotor innvirkning på motorens termiske virkningsgrad? Begrunn svaret.

Oppgave 3.2.16

List opp mulige årsaker til økende avgasstemperatur etter sylinder, for henholdsvis

- alle sylindrerne
- en enkelt sylinder

Oppgave 3.2.17

List opp mulige årsaker til synkende avgasstemperatur etter sylinder, for henholdsvis:

- alle sylindrerne
- en enkelt sylinder

Oppgave 3.2.18

- Forklar hva vi forstår med varmebelastning av motorer
- Hvordan innvirker forbrenningsluftmengden på varmebelastningen
- Har total luftmengde innvirkning på varmebelastningen?
(Begrunn svaret).

Oppgave 3.2.19

- Redegjør kort for tap som inngår i mekanisk virkningsgrad.
- Forklar kort forskjell i mekanisk virkningsgrad for en normalladet motor sammenlignet med en turbo ladet motor.
- Har en hjelpeblåser innvirkning på mekanisk virkningsgrad? (Begrunn svaret).

Oppgave 3.2.20

Kontroll med og reduksjon av utslipp av miljøskadelige stoffer til atmosfæren er gitt høy prioritet hos myndigheter både nasjonalt og internasjonalt.

Redegjør i denne sammenheng kort for:

- Faktorer som påvirker utslipp av NO_x fra skipsdieselmotorer.
- Internasjonale krav til utslipp av NO_x for skipsdieselmotorer.
- Metoder for å begrense NO_x utslipp fra skipsdieselmotorer.

Oppgave 3.2.21

- Hva menes med indikering (klokking) av veivaksel?
- Forklar fremgangsmåten ved indikering av veivaksel.
- Forklar begrepet flytende lager tapp.

Oppgave 3.2.22

- Redegjør kort for mulige årsaker til spylebrann.
- Redegjør for hvordan en spylebrann vil merkes om bord.
- Redegjør for tiltak ved spylebrann.

3.2 Motor - teorispørsmål

Oppgave 3.2.23

- Redegjør for fenomenet veivroms eksplosjon.
- Redegjør for tiltak ved "oil mist" alarm.

Oppgave 3.2.24

- Forklar kort hva vi forstår med torsjonssvingninger i et motoranlegg.
- Forklar kort hva vi forstår med egenfrekvens av et akselsystem.
- Forklar kort hva vi forstår vi med kritisk turtall.

Oppgave 3.2.25

Ved tilstandskontroll av diesel motorer er det ofte hensiktsmessig å koble sammen to eller flere tilstandsstørrelser som er gjensidig avhengig av hverandre og bruke dette som grunnlag for å vurdere driftstilstanden.

- Gi eksempel på slike tilstandsstørrelser og forklar kort hvordan vi kan bruke disse ved en tilstandskontroll.

Oppgave 3.2.26

Under drift vil som kjent, endringer i motorens driftstilstand vise seg ved endringer i avleste data, ofte kalt drifts- eller tilstands parametere.

- Gi eksempel på aktuelle tilstandsparametere.
- Gi en kort forklaring på bruken av de samme parameterne.

Oppgave 3.2.27

For å hindre overbelastning er alle diesel fremdriftsmotorer utstyrt med en form for belastnings kontroll eller lastbegrensning.

- Redegjør kort for belastnings begrensninger for en motor du kjenner (Evt. simulator motoren ved skolen).
- Redegjør deretter for grunnlaget for begrensningene du angav i a).

Oppgave 3.2.28

- Redegjør kort for fenomenet stalling (pumping) i en turboladet dieselmotor.
- Angi typiske årsaker til at stalling oppstår.
- Hva vil du foreta deg dersom det oppstår stalling på din maskinvakt? (Begrunn svaret).

Oppgave 3.2.29

Feil ved forbrenningen i en marin dieselmotor kan som kjent, føre til uheldige driftsforhold, herunder økt termisk belastning og økt spesifikt brennstoff-forbruk.

Redegjør i denne sammenheng kort for virkningen av:

- sen innsprøyting med normal tennforsinkelse
- normal innsprøyting, men sen tenning som følge av brennstoffets tennegenskaper
- normal innsprøyting, men sen tenning som følge av dårlig forstøvning

Oppgave 3.2.30

- Redegjør kort for VIT regulering av innsprøytingen.
- Redegjør kort for hvordan "timing" av innsprøytingen foregår.

3.2 Motor - teorispørsmål

Oppgave 3.2.31 - Driftsproblemer v/tungolje drift

- List opp noen typiske driftsproblemer ved tungoljedrift.
- Angi hovedårsaker til slike driftsproblemer.

Oppgave 3.2.32

Slitasje i brennstoffsystemet er selvsagt uheldig for drift av dieselmotorer.

- Redegjør for typisk virkning av slitasje i brennstoff systemet.
- Redegjør for andre typiske feil i brennstoff systemet.

Oppgave 3.2.33

Det er som kjent innført strenge regler for å hindre oljeforurensning fra skip.

- Redegjør for regler i MARPOL og krav til oljedagbok.
- Redegjør for operasjon av "Bilge Separator" og oljedagbok på skip.

Oppgave 3.2.34

- Redegjør for reduksjon av NO_x ved katalysatorrensing av eksos (SCR – Selective Catalytic Reduction).
- Forklar virkemåten til systemet.

Oppgave 3.2.35

- Redegjør for behandling av kjølevannssystemet.
- Redegjør for kontroll av kjølevannssystemet.
- Redegjør for rensing av kjølevannssystemet.

Oppgave 3.2.36

- Angi hovedkrav til smøreolje for marine dieselmotorer
- Redegjør kort for krav til sylindrolje for større 2-takts dieselmotorer
- Redegjør kort for krav til systemolje i marine dieselmotorer

Oppgave 3.2.37

- Skisser og forklar et Sankey diagram for en diesel fremdriftsmotor.
- Skisser og forklar et såkalt sirkeldiagram (forenklet varmebalanse diagram)

Oppgave 3.2.38

Redegjør for:

- hvorfor motorer har påmontert såkalte kontravekter
- svinghjulets oppgave og ujevnhetsgraden
- hva vi forstår med kritisk turtall og klassekrav for drift på kritisk turtall

Oppgave 3.2.39

Drift av en turbolader kan i prinsippet foregå på flere måter. Redegjør herunder for hva vi forstår med:

- liketrykksdrift
- impuls- eller støtdrift

3.3 Questions 2nd Engineer

3.3 Questions 2nd Engineer

Vi skal her ta med noen eksamensoppgaver fra engelske maritime skoler. Oppgavene er ordnet slik at første del gjelder operativt nivå og andre del ledelsesnivå

3.3.1 October 2002

The exhaust temperatures of an auxiliary diesel engine are found to be excessive and uneven at normal load, with dark exhaust at the funnel.

Describe each of the following:

- a) an investigation of the situation
- b) the procedure to remedy the immediate problems
- c) any further action that might be necessary

3.3.2 December 2000

With reference to medium speed trunk diesel engines:

- a) explain why multiple air inlet and exhaust valves are often fitted;
- b) explain the purpose of an ant-polishing ring;
- c) describe how effective piston cooling is provided;
- d) describe the bottom end arrangement of a vee-type engine.

3.3.3 July 2006

Describe the type of repairs that may be used for each of the following:

- a) a crack in the flange of a medium speed engine cast iron bedplate;
- b) persisting loosening of holding down bolts and wear of cast iron chocks into the tank top;
- c) a crack in a large slow speed engine cylinder head;
- d) a fractured copper pipe for a cylinder lubricating quill.

3.3.4 April 2005

With reference to medium speed trunk diesel engines:

- a) explain how effective cylinder lubrication is maintained.
(spørsmål b og c er utelatt, brukt tidligere)

3.3.5 October 2004

- a) Explain how an emergency generator is maintained in a condition ready for immediate starting.
- b) Describe the considerations, which must be taken in the event of emergency generator being unavailable for use.

3.3.6 March 2004

- a) Describe three methods of utilising the main engine waste heat.
- b) Describe ways of using energy from the main engine other than for main propulsion.

3.3 Questions 2nd Engineer

3.3.7 October 2005

With reference to V-type medium speed engines

- a) sketch an arrangement for attaching two connecting rods to the same crankpin;
- b) describe, with the aid of sketches, how a cylinder cover is removed from the engine
- c) describe how a piston is removed from the engine

3.3.8 October 2008

- a) Explain the steps to be taken to ensure that a vessel, which normally operates on HFO, is operating completely on low sulphur fuel prior to entering a sulphur Emission Control Area (SECA)
- b) Explain the possible consequences of operating on fuel with a very low sulphur content (below 1% sulphur) if the cylinder oil used has base number suited to HFO with a sulphur content of 3%.

3.3.9 July 2012

With reference to fuel oil in machinery space:

- a) State the precautions which must be incorporated in high pressure fuel pipes;
- b) Define the following terms and how they effect the storage of fuel:
 1. viscosity
 2. flash point
 3. pour point
 4. specific gravity
 5. compatibility

3.3.10 July 2004

- a) explain the checks to be made prior to putting the engine room in UMS mode;
- b) in the event of failure of the engine monitoring and control equipme explain how the machinery may be monitored and controlled safely and effectively;
- c) list six main engine parameters which should be recorded manually in the event of UMS failure, explaining why these parameters are recorded.

3.3.11 Common rail (October 2007)

- a) Describe, with the aid of a sketch, a common rail fuel system
- b) Explain how the fuel pumps are operating and the common rail pressure is controlled for the common rail system described in Q (a).
- c) Explain how fuel timing and quantity is regulated for the common rail system described in Q (a).

3.3.12 LO bacterial attack

- a) Explain why oil employed in the crankcase of a trunk piston engine differs in its properties from that employed in the crankcase of a crosshead engine.
- b) Explain the effects of bacterial attack on crankcase oil, describing the possible consequences of such an attack on engine parts.
- c) Explain the action which must be taken to prevent engine damage and subsequent attack, if bacterial attack of the crankcase oil is detected.

3.3 Questions 2nd Engineer

3.3.13 Starting air compressor

- a) Sketch a section through a multi-stage starting air compressor showing the air flow, the cooling system and the safety devices.
- b) Describe a starting air monitor system used for starting a generator engine, explaining how it operates.

3.3.14 HT cooling water system

- a) Sketch a main engine high temperature cooling water system, showing the coolant flow in all parts of the system.
- b) Explain how the correct temperatures is maintained in all parts of the system, for the main engine cooling system sketched in (a).
- c) Explain how the correct cooling temperatures may be maintained in the system sketched in (a) in the event of the remote monitoring and control system failing.

3.3.15 Turbocharger

- a) State how performance checks are undertaken for each of the following:
 - 1) the gas side;
 - 2) the compressor;
 - 3) the suction filter;
 - 4) after cooler.
- b) State, with reasons, the action required to maintain satisfactory performance of each of the following units:
 - 1) the turbine;
 - 2) the compressor.
- c) State, with reasons, the possible causes of sudden turbocharger vibration when the engine is operating normally.

3.4 Questions Chief Engineer

3.4 Questions Chief Engineer

3.4.1 Main bearing failures

The vessel which you are about to join as Chief Engineer has recently suffered three main bearing failures. State, with reasons for your answer, each of the following:

- a) The information and documents you would require in order to be able you to assess the cause of such failures.
- b) Possible causes of main bearing failures.
- c) The procedures you would institute in order to minimise the risk of future failures.

3.4.2 Fatigue cracking

- a) Explain fatigue cracking, stating its causes and propagation
- b) Explain how the risk of fatigue cracking of cylinder head holding studs is liable to be increased by poor maintenance and engine overload.

3.4.3 Liner/piston ring wear

Overhaul of two cylinders on the main engine of your vessel indicates excessive and unexpected liner and piston ring wear since the previous overhaul.

- a) State, with reasons, the possible causes of this type of wear.
- b) Explain the action you, as Chief Engineer, would take with respect to the other engine cylinders.
- c) State the action, which should be taken to ensure that the ship can be safely operated.
- d) State, with reasons, the procedures, which must be implemented to reduce the risk of future problems of this type.

4.1 Damp beregninger

4. Damp oppgaver

4.1 Damp beregninger

4.1.1

En kjeles dampproduksjon er 16 kg/s med damptrykk 30 bar abs. og 450°C.
Fødevannstemperaturen før økonomiser er 180°C.
Kjelens brennoljeforbruk er 1,1 kg/sek. og oljens brennverdi $h_g = 43000$ kJ/kg.
Beregn kjelens virkningsgrad. Svar: 0,873

4.1.2

En kjeles totale dampproduksjon er 28 kg/sek. hvorav 26 kg/sek. er overhettet damp, resten er desuperhettet damp.
Damptilstand etter overheter er 65 bar abs. og 510°C.
Damptilstand etter desuperheter er 60 bar abs. og 310°C.
Fødevannstemperatur før økonomiser er 210°C.
Brennoljeforbruket er 1,8 kg/sek. og oljens brennverdi $h_g = 43000$ kJ/kg.
Beregn kjelens virkningsgrad. Svar: 0,908

4.1.3

En kjele produserer 100 tonn damp/h hvorav 6 tonn/h er desuperhettet damp.
Damptilstand etter overheter er 65 bar abs. og 510°C.
Damptilstand etter desuperheter er 65 bar abs. og 330°C.
Fødevannstemperatur før økonomiser er 205°C.
Kjelens virkningsgrad er 90% og oljens brennverdi $h_g = 43500$ kJ/kg.
Beregn kjelens brennoljeforbruk i tonn/h og kg/s. Svar: 6,5 t/h, 1,08 kg/s

4.1.4

En hjelpekjel produserer overhettet damp ved 20 bar abs. og 400°C.
Kjelens virkningsgrad er 86%.
Fødevannstemperatur før økonomiser er 130°C.
Kjelens brennoljeforbruk er 1,2 kg/sek. og oljens brennverdi $h_g = 42000$ kJ/kg.
Beregn kjelens dampproduksjon i kg/sek. og tonn/h. Svar: 16,03 kg/s, 57,7 t/h

4.1.5

En kjele produserer 66 tonn damp/h, hvorav 5% går gjennom desuperheteren.
Damptilstand etter overheter er 40 bar abs. og 450°C.
Damptilstand etter desuperheter er 30 bar abs. og 300°C.
Kjelens virkningsgrad er 86% og oljens brennverdi $h_g = 43000$ kJ/kg
Fødevannstemperatur før økonomiser er 140°C.
Beregn kjelens brennoljeforbruk i kg/s og tonn/h. Svar: 4,86 t/h, 1,35 kg/s

4.1.6

En hjelpekjel produserer damp med 20% fuktighet. Manometeret på kjelen viser 17 bar.
Kjelens virkningsgrad er 86%.
Fødevannstemperaturen før fødevannsforvarmer er 60°C.
Kjelens brennoljeforbruk er 1,2 tonn/h og oljens brennverdi $h_g = 42000$ kJ/kg.
Beregn kjelens dampproduksjon i kg/sek. og tonn/h. Svar: 17,3 t/h, 4,8 kg/s

4.1 Damp beregninger

4.1.7 Varmetilførsel i en kjele

I en dampkjel tilføres det varme når kjelen holder et konstant trykk på 20 bar. Fødevannet har en temperatur på 70 °C. Det forvarmes i en økonomiser til 140 °C før det kommer inn på kjelens vannbeholder. I kjelens konveksjons – og strålingsdel opptas varme til dampen får en tørrhetsgrad (spesifikk dampmengde) $x = 0,95$. Etter overheteren har dampen fått temperatur lik 360 °C.

Tegn denne del–prosessen i Mollier eller Ts diagram.

Finn nødvendig varmemengde som må tilføres per kg damp.

Svar: (2866 kW/kg)

4.1.8 – Energilikevekt over en turbin

En turbin er laget for å arbeide mot et visst mottrykk (mottrykks-turbin). Dampen inn har tilstanden 20 bar/360 °C. Den ekspanderer til 2 bar over turbinen. Den termodynamiske virkningsgraden til turbinen er på 70%.

Tegn denne del–prosessen i h-s (Mollier) eller T-s diagram.

Hvor stor effekt produserer denne turbinen når dampmengden er 1 tonn/time?

Svar: (98,2 kW)

4.1.9 – Energibalanse i en kjele

I et dampkjetanlegg produseres det 10 t damp per time. Fødevannet kommer inn med temperatur, t_v , lik 95 °C og trykk, p_d , lik 30 bar. Utgående damp har temperatur $t_d = 440^\circ\text{C}$. I økonomiser varmes vannet opp til $t_e = 180^\circ\text{C}$, og til overheteren kommer dampen med dampkvalitet (tørrhetsgrad) $x = 0,95$.

Bestem de overførte varmemengdene i økonomiser (Q_{12}), strålings og konveksjonsdel (Q_{23}) og i overheter (Q_{34}).

Svar : $Q_{12} = 3.642.000 \text{ kJ/h}$

$Q_{23} = 19.505.000 \text{ kJ/h}$

$Q_{34} = 6.063.000 \text{ kJ/h}$

4.1.10 – Ekspansjon over en dyse

Damp av $p_1 = 40 \text{ bar}$ og $t_1 = 450^\circ\text{C}$ ekspanderer isentropt over en dyse til $p_2 = 10 \text{ bar}$. Fra dette punktet strupes den tapsfritt til $p_3 = 1 \text{ bar}$. Beregn det spesifikke volumet v_3 i det siste punktet.

Svar: ($v_3 = 2,3 \text{ m}^3$)

4.1.11 – Varmemengde ved oppfyring

En kjele på 5 m^3 inneholder 1000 kg vann (totalt). Den skal fyres fra kald tilstand; 0,1 bar (ata) og $45,8^\circ\text{C}$. Ved denne tilstanden kan en regne at hele volumet er fylt med fuktig damp, til 30 bar (ata).

a) Hvor mye varmemengde må tilføres for å heve trykket?

b) Hvor mye fyringsolje kreves når brennverdien til oljen, $h_n = 41,9 \text{ MJ/kg}$ og virkningsgraden, $\eta_{\text{kjel}} = 0,80$?

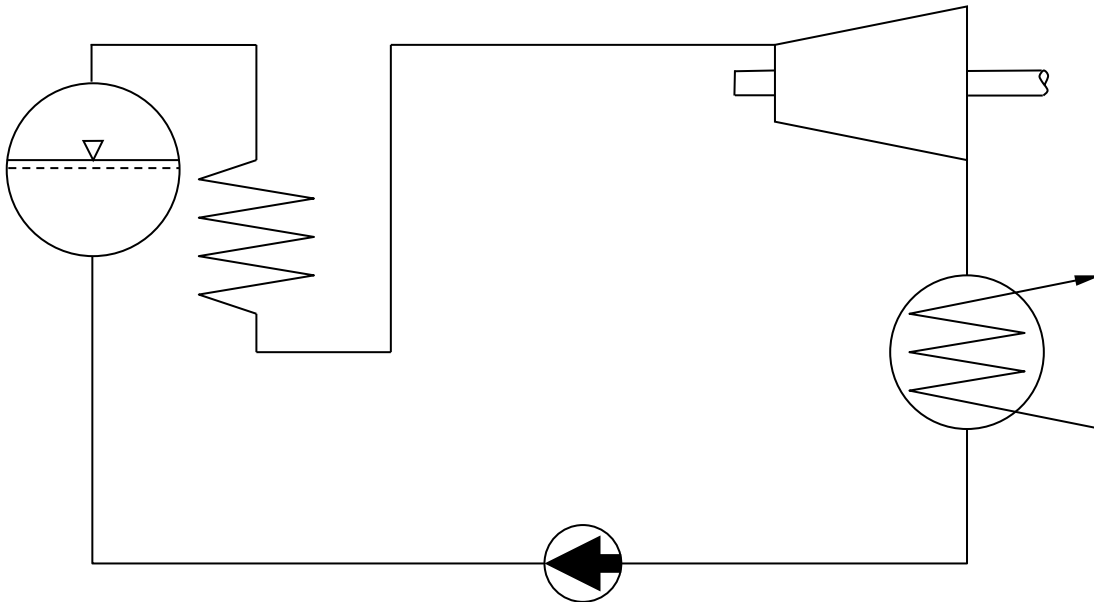
Svar: (901000 kJ, 29,6 kg)

4.1 Damp beregninger

4.1.12 – Energibalanse for et enkelt damp turbin anlegg

For et enkelt damp anlegg, se figur under, er det gitt følgende data:

Trykk etter overheter	60	bar	Avgitt effekt fra turbin, P_T	30000	kW
Temperatur etter overheter	600	°C	Mekanisk virkningsgrad	0,98	
Kjelens virkningsgrad	0,80		Turbinens isentropiske virkningsgrad	0,78	
Trykk etter turbin	0,10	bar	Kondensatorens k - verdi	2,5	kW/(m ² K)
Temperatur sjøvann inn	18	°C	Temperatur sjøvann ut	23	°C



- Tegn prosessen i h-s og T-s diagrammer – før på avleste verdier.
- Hvor stor dampmengde per time må produseres for å oppnå den ønskede effekt?
- Hvor mye brennolje går det med per time når det fyres med olje som har brennverdi lik 42,2 MJ/kg?
- Hva blir anleggets virkningsgrad?

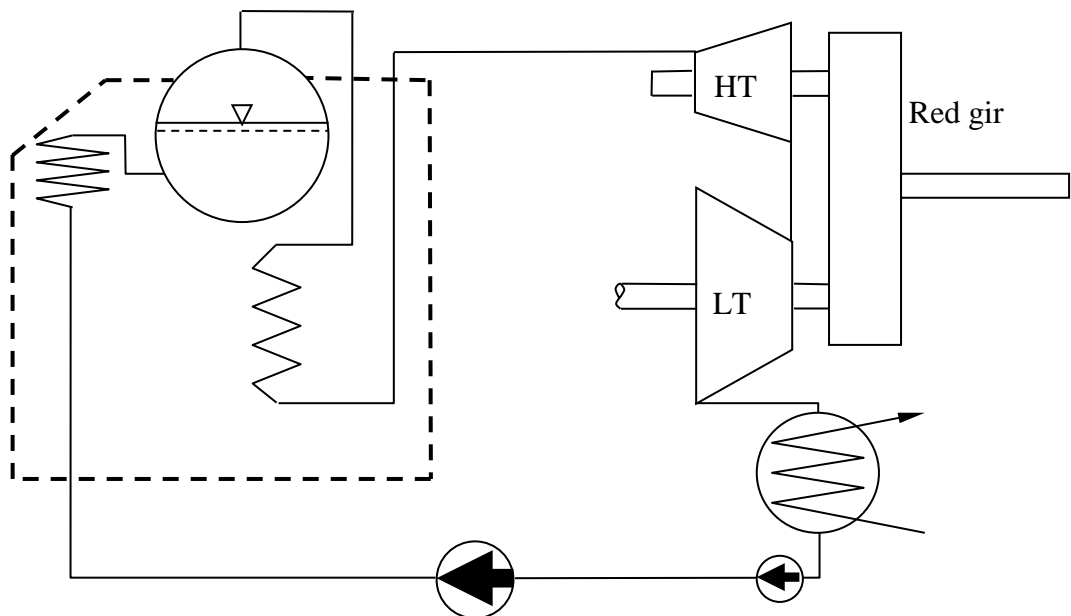
(Svar: 102 tonn/h, 10.5 tonn/h, 0,305)

4.1 Damp beregninger

4.1.13 – Energibalanse for et enkelt dampanlegg med to turbiner

Et skipskjele anlegg har følgende data ved en gitt konstant ytelse:

Trykk etter overheter	40	bar	Temperatur vann etter FV pumpe	120	°C
Temperatur etter overheter	450	°C	Kjelens virkningsgrad	0,87	
Ytelse propellaksel	16000	kW	Oljens brennverdi	42,7	MJ/kg
Trykk etter LT turbin	0,05	bar	Mekanisk virkningsgrad, alle turbiner	0,97	
Tørrhetsgrad, innløp kondenser	0,95		Tap gir	5 %	



Pumpearbeidet er neglisjerbart.

- Tegn prosessen slik det vil se ut i et Mollier og i et T-s diagram – før på eventuelle avleste verdier. Hva er turbinenes isentropiske virkningsgrad?
- Hvor stor dampmengde går gjennom anlegget i timen?
- Hvor stort er oljeforbruket i tonn per døgn?
- Hvor mye varme må fjernes over kondenseren?
- Hva blir anleggets virkningsgrad?

(Svar: 0.727, 72.15 tonn/h, 130 tonn, 46.2 MW, 0.248)

4.1 Damp beregninger

4.1.14 – Energibalanse for et anlegg med mellomoverheter

Et dampanlegg bestående av kjele, turbin, kondenser og fødepumpe arbeider under følgende betingelser:

Dampkjel:

Damptrykk	P_{Kjel}	100	ata
Virkningsgrad	η_{kjel}	0,88	
Oljens Brennverdi	h_n	10000	kcal/kg
Damptemp. etter OH	t_{OH}	500	°C
Damproduksjon	m_D	155,6	tonn/time

Turbin:

Settes tapsfri

Kondenser:

Kondensertrykk	P_{Kond}	0,04	ata
Temp.diff.kjølevann	$\Delta t_{kj.v}$	12	°C

Se bort fra pumpearbeidet til fødepumpen.

a).

1. Tegn blokkskjema (systemtegning) av anlegget.
2. Tegn inn prosessen i T-S og h-s diagram.
3. Bestem oljeforbruket, m_B (kg/time).
4. Bestem turbinens teoretiske effekt (kW).
5. Bestem kjølevannsmengde, $m_{kj.v}$ (kg/time).
6. Finn anleggets termiske virkningsgrad.

For å øke effektiviteten settes det inn mellomoverheting på turbinen slik at temperaturene blir:

Damptemp. før mellomheter t_{FmH} 262 °C

Damptemp. etter mellomheter t_{EmH} 500 °C

b).

Hva blir svarene på spørsmålene i a). nå ?

c).

Konstruktøren av anlegget er fortsatt ikke fornøyd med effektiviteten – han beslutter å skifte ut mellomheteren med avtapping på turbinen. Det tappes ved 20 ata. Avtappingsdampen går gjennom en åpen fødevannsførvarmer. Damproduksjonen på 155,6 tonn opprettholdes.

Hva blir resultatene nå ?

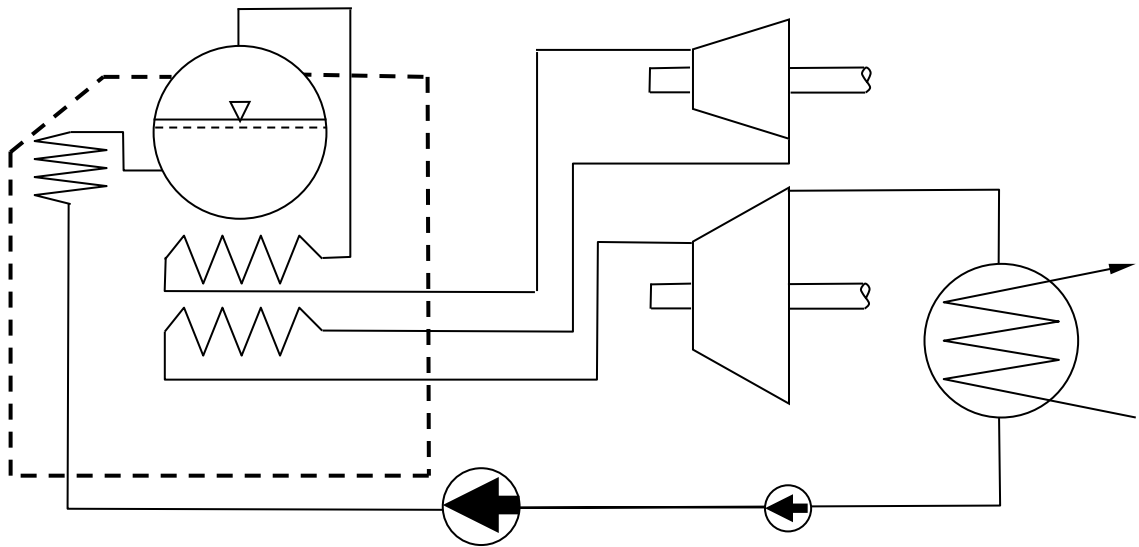
Svar: (a) 13,7 tonn/h, 59430 kW, 5824 tonn/h, 0,374, b) 15,95 tonn/h, 72354 kW, 6556 tonn/h, 0,389, c) 10,4 tonn/h, 48158 kW, 0,398)

4.1 Damp beregninger

4.1.15 – Energibalanse for et anlegg med reheater

For et stort skipsdampanlegg med reheating (som figur under) er følgende data gitt:

Trykk etter overheter I	30	bar	Mekanisk virkningsgrad	0,98	
Temperatur etter overheter I	500	°C	Turbinenes isentropiske virkningsgrad	0,78	
Trykk etter overheter II	5	bar	Turbinenes effekt	100	MW
Temperatur etter overheter II	500	°C	Kjelens virkningsgrad	0,80	
Trykk etter turbin	0,1	bar	Oljens brennverdi	42,2	MJ/kg



Anta at pumpearbeidet er neglisjerbart.

- Tegn prosessen slik det vil se ut i et Mollier-diagram og skiss opp forløpet i et T-s diagram – før på avleste verdier.
- Hvor stor dampmengde sirkulerer i anlegget.
- Hvor stort er brennoljeforbruket pr. time?
- Hvor mye varme må bortføres med kjølevannet gjennom kondenseren?
- Hva blir anleggets termiske virkningsgrad?

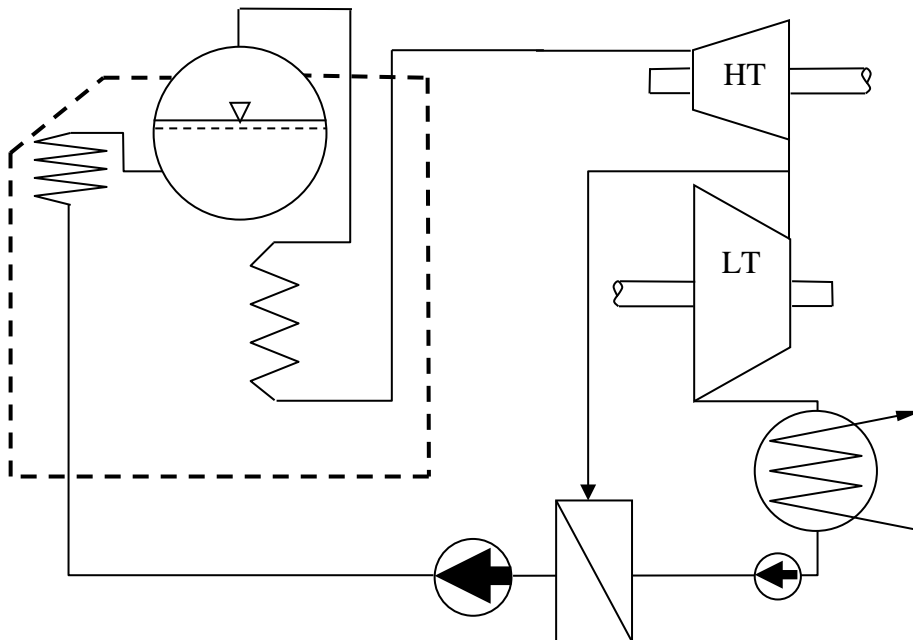
(Svar: 325 tonn/h, 35.6 tonn/h, 232.4 MW, 0.299)

4.1 Damp beregninger

4.1.16 – Energibalanse for et anlegg med avtapning

Et skipsdampanlegg med avtapning (direkte til avlufteren) har ved gitt belastning følgende data:

Trykk etter overheter	65	bar	Temperatur avlufter	158	°C
Temperatur etter overheter	515	°C	Kjelens virkningsgrad	0,87	
Trykk ved avtapning	6	bar	Oljeforbruk	8525	kg/h
Temperatur ved avtapning	250	°C	Oljens brennverdi	42,7	MJ/kg
Trykk etter LT turbin	0,05	bar			
Tørrhetsgrad, innløp kondenser	0,91		Mekanisk virkningsgrad	0,97	



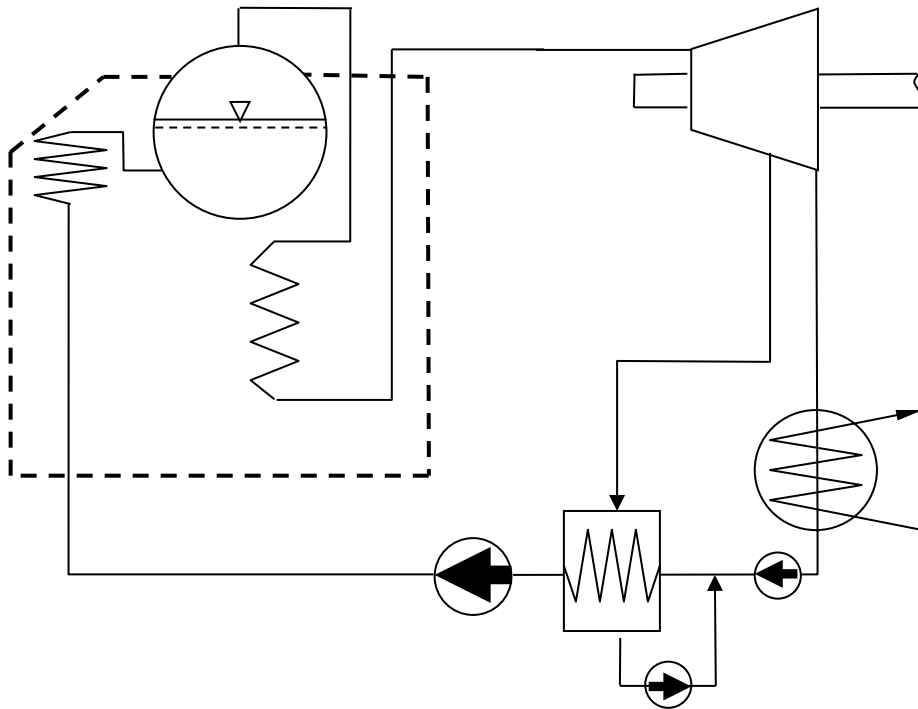
Anta at pumpearbeidet er neglisjerbart.

- Tegn prosessen slik det vil se ut i et Mollier og i et T-s diagram – før på eventuelle avleste verdier.
- Hva er HT og LT turbinenes isentropiske virkningsgrader ?
- Hvor stor dampmengde må tappes ?
- Hvor mye varme må fjernes over kondenseren ?
- Hva blir akseeffekten ?
- Hva blir anleggets virkningsgrad ?

(Svar: 0,766, 0,805, 5,97 kg/s, 56,6MW, 30,5 MW, 0,302)

4.1 Damp beregninger

4.1.17– Energibalanse for et anlegg med avtapning og gjenvinning



Et skipsdampanlegg med avtapning, som figuren over viser, har ved stasjonære forhold gitt:

Trykk etter overheter I	50	bar	Turbinens mekanisk virkningsgrad	0,97	
Temperatur etter overheter	450	°C	Turbinens isentropiske virkningsgrad	0,84	
Trykk avtapning	2,2	bar	Turbinens effekt	10000	kW
Trykk kondenser	0,05	bar	Kjelens virkningsgrad	0,87	
Temperatur etter fødevannsførvarmer	110	°C	Brennoljens brennverdi	42,2	MJ/kg

Anta at pumpearbeidet er neglisjerbart.

- Tegn prosessen slik det vil se ut i et Mollier-diagram og skisser opp forløpet i et T-s diagram – før på avleste verdier.
- Hvor stor dampmengde sirkulerer i anlegget.
- Hvor stort er brennoljeforbruket per time?
- Hvor mye varme må bortføres med kjølevannet gjennom kondenseren?
- Hva blir anleggets virkningsgrad

Svar: (b) 10,77 kg/s, c) 3018,9 kg/h, d) 19683 kW, e) 28,3%)

4.2 Damp teori oppgaver

4.2 Damp teori oppgaver

4.2.1 Hjelpekjele

MT Simulator er utstyrt med en oljefyrt dampkjel og en eksoskjele.

Vedlegg 1 og 2 viser dampsystemet med oljefyrt kjele i normal drift, (Low Setting).

- Forklar kort hvordan kjelen kan fyres manuelt.
- Forklar kort hensikten med varme-veksleren, plassert i kjelens øvre vannrom.
- Forklar hvorfor anlegget er utstyrt med en eksoskjele.
- Beskriv og forklar kjelens vannstandskontroll. (Tegn gjerne en skisse).

4.2.2 – Dampanlegg

Tegn likevektsskurven for vann som funksjon av trykk og temperatur. Vis hvor trippelpunktet er og hvor de forskjellige fasene er plassert i forhold til hverandre.

Tegn et enkelt dampanlegg bestående av en vannrørskjele med luftforvarmer, kjele med forvarmer og overheter, turbinanlegg med HT turbin, LT turbin, reduksjons gir og kondenser, kondensatpumpe, avlufter og fødevannpumpe. Vis veien dampen /vannet går og tegn prosessen inn i et h-s diagram?

Til hva og hvorfor brukes mettet damp?

Hvorfor er overhettet damp tilstand egnet til å transportere energi?

Hvilke fordeler kan et turbinanlegg ha i forhold til et motoranlegg på en gasstanker - og - hva er ulempene?

4.2.3 – Kjele

Lag en skisse som viser hvordan en vannrørskjele fungerer?

Hva er kjelens konveksjons- og strålingsdel?

Hva slags utstyr er det i dampbeholderen i en kjele og hvilke oppgaver har de?

Hva slags utstyr er det i vannbeholderen på en kjele og hvilke oppgaver har de?

Hvorfor har en kjele ofte skjermrør foran overheter rørene?

Hvorfor er det så viktig at det alltid er sirkulasjon gjennom overheter rørene?

Hvorfor er kjeler utstyrt med en eller annen form for luftforvarming?

Hvilke typer luftforvarmere brukes på skipskjeler og hvilke problemer har de respektive?

Hva menes med sotblåsing/sot feiing og hvilke metoder nyttes for å gjøre det?

Hvilke deler av et kjele anlegg må sot blåses og hvor ofte må det gjøres?

Hvilken oppgave har en økonomiser og hvordan er den bygd opp?

Hva er hensiktene med dobbel kjelekledning?

Hva menes med en "reheat"-kjele og hvorfor brukes den?

Hvorfor er det så viktig at vannivået på kjelen ikke blir for lav eller for høy?

Hva slags armatur har et kjeleanlegg og hvilke funksjoner har de?

Hva er et luft- og et oljeregister på et kjeleanlegg?

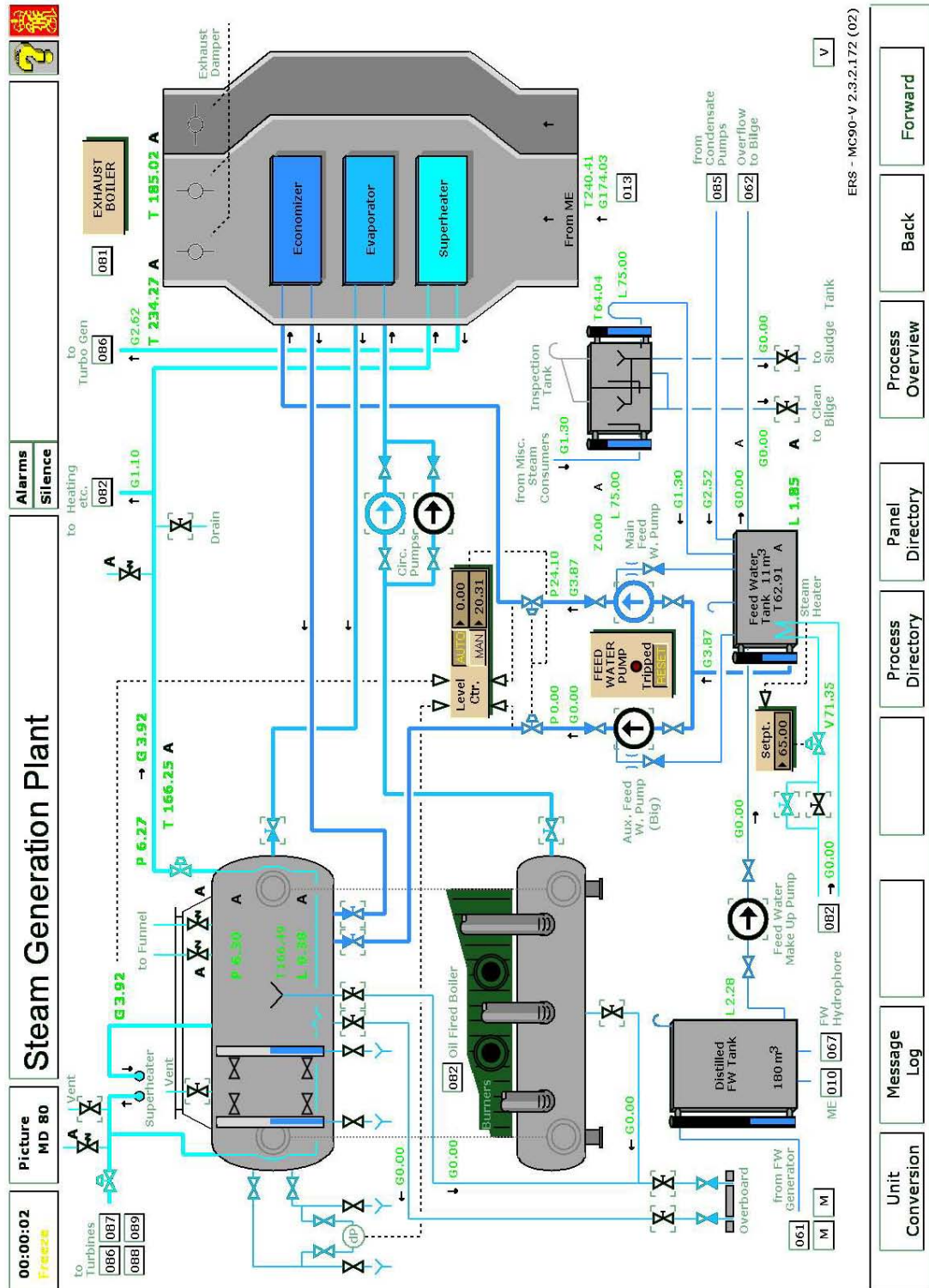
Hvordan ser en brenner ut som skal kunne gå med enten olje og gass? Hvordan fungerer den?

Hvilke forbrenningstekniske utfordringer er det når man fyrer med avkok fra LNG – tanker?

Når propellurtallet og dermed skipets hastighet økes, hva må skje med kjele anlegget og i hvilken rekkefølge må det skje?

4.2 Damp teori oppgaver

Vedlegg 2 – oppg 4.2.1



4.2 Damp teori oppgaver

4.2.4 - Turbinanlegg

Skisser og forklar hvordan et turbinanlegg med HT-turbin, LT-turbin og akteroverturbin er satt sammen?

Lag en tegning som viser selve oppbyggingen av en HT-, en LT- og en akteroverturbin?

Hvorfor må dampturbiner ha et system for tetning rundt akslingene – hvilke løsninger nyttes og hvordan virker de?

Hva inngår i et manøversystem for turbinene og hvordan reguleres turtallet til propellen?

Hvordan blir turtallet som HT og LT turbinene går med fysisk redusert til det turtallet som propellen går med – lag en skisse som viser dette?

Hvorfor må et turbinanlegg ”moves” før skipet kan begynne en seilas?

Når et turbinskip ligger stille og venter på å manøvrere – hvorfor må turbinene ”moves” da?

Hvordan er et turbinanlegg sikret mot skader?

Skisser og forklar et smøreoljesystem for et turbinanlegg?

4.2.5- Hjelpesystemer

Hvorfor må et dampanlegg ha en avlufter?

Hvorfor er, som regel, avlufteren plassert høyt oppe i skipet?

Hvilke oppgaver har en avlufter?

Hva er oppgaven til en fødevannspumpe?

Lag en skisse over en to-trinns fødevannspumpe og forklar funksjonen til de enkelte hoveddelene?

Hva betyr det at en fødevannspumpe har trippet?

Hvordan reguleres trykket ut fra fødevannspumpen?

Hva vil skje med en fødevannspumpe dersom den mister trykket på sugesiden?

Hva er en kondenser, hva gjør den, hvordan er den oppbygd og hvilke parametre er viktig for at den skal fungere godt?

Hvorfor er kondenseren utstyrt med en egen sirkulasjonspumpe på kjølevannssiden?

Hva vil skje med trykket i en kondenser dersom kjølingen blir redusert – vis i et h-s diagram hvordan forløpet vil bli?

Hvordan ser en dampejektor ut og hvordan virker den?

Hvorfor tror du at ejetorer, ofte, nyttes i dampanlegg?

4.3 Steam Questions

4.3 Steam Questions

4.3.1 Auxiliary Boiler

Assumption: Boiler is already filled with chemically treated distilled water to normal working level.

- a) Describe how the boiler is flashed up manually from cold with no steam supply available and then put on line to operate automatically.
- b) Write the standing instructions the Chief Engineer would issue with respect to daily checks to be carried out on the auxiliary boiler when it is in service.

5. Drifts- og tilstandskontroll - motor

Innledning

Dette kapitlet tar for seg oppgaver innen operasjon, drift og vedlikehold av marint motormaskineri.

5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC rev. 3

Vedlegg 1 viser motoranlegget skjematisk v/drift på normal (full) belastning. Vedlegg 2 viser data for indikering av en sylinder.

Motordata:

Cyl Bore	90 cm
Piston Stroke	290 cm
Number of Cylinders	5
Number of Air Coolers	2
Number of Turbochargers	2
Continous Service Rating	17800 kW
Corresponding Engine Speed	74 rpm
Mean Indicated Pressure	18 bar
Turbine Speed	8000 rpm
Number of Propeller blades	5
Propeller Pitch	1.2 P/D
Specific Fuel Oil Consumption	169 g/kWh (46,9 g/MJ)

Symbol/enheter - Simmotor

T = Temperatur i grader Celsius

G = Strømningsmengde i tonn per time (t/h)

P = Trykk i bar (stort sett manometertrykk)

ΔP = trykkfall (mm vannsøyle) (10 000 mm VS = 1 bar, dvs 100 mm VS = 0,01 bar)

MIP = Mean Indicated Pressure (bar)

TINJO = Time of Injection Opening (Dysenål åpner) (grader vv)

TIGN = Time og Ignition (Tenning) (grader vv)

PMAX = Maksimaltrykk (bar)

PCOMPR = Kompresjonstrykk (bar)

PINJO = Pressure Injection Opening (Brennstoff åpningstrykk) (bar)

PINJM = Pressure Injection Max (Max innsprøytingstrykk) (bar)

LINJ = Length of Injection (Grader vv) (Innsprøytingens varighet)

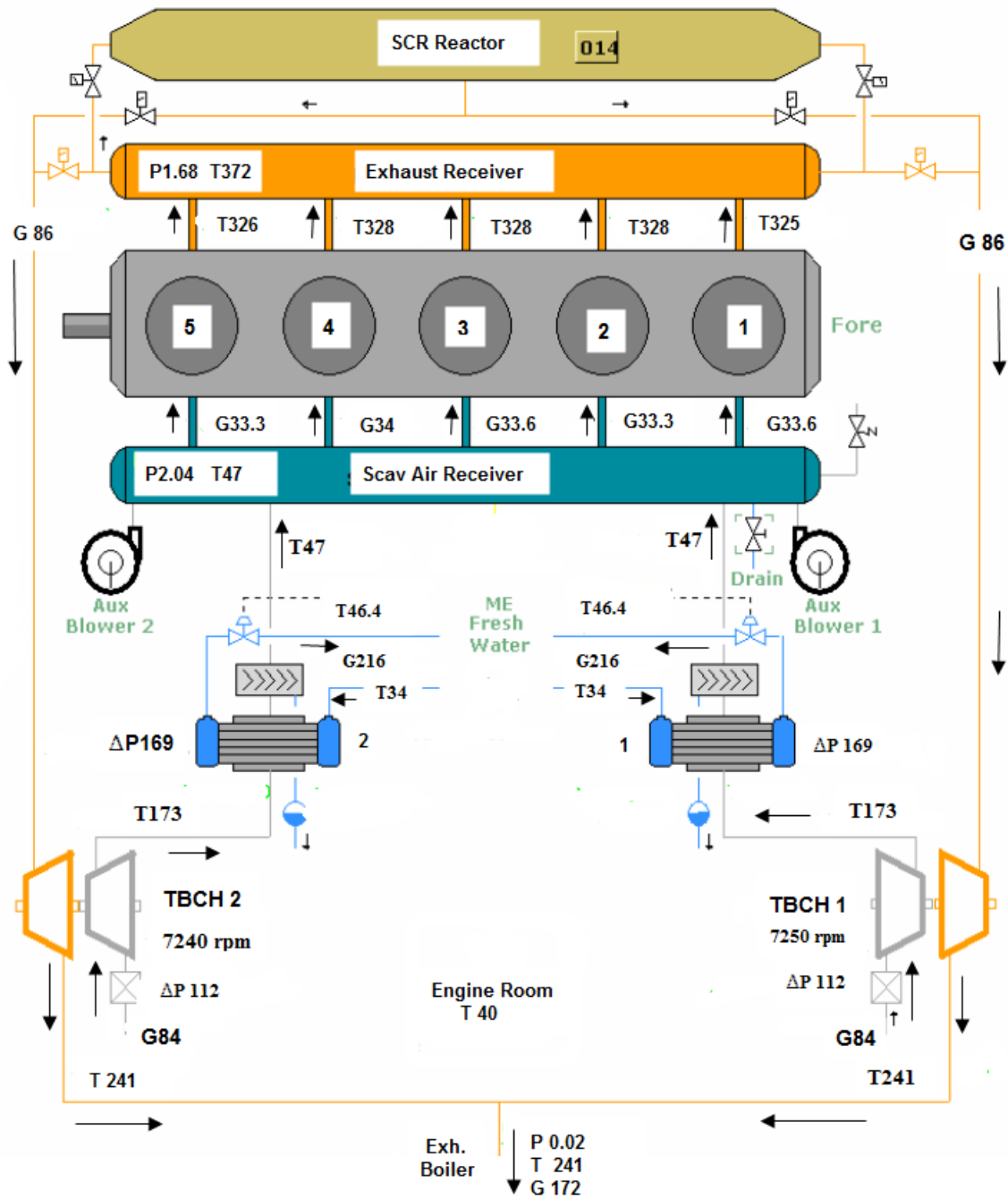
TMAX = Gradetall for maxtrykk i sylinder

Oppgave 5.1.1

- a) Fyll ut skjema i vedlegg 3 med data fra vedlegg 1 og 2. Prøv også å gi en kort forklaring på hva hver parameter "forteller". (Anm for å vurdere motortilstanden må vi sammenligne aktuelle parameter med en tilsvarende referanseparameter).

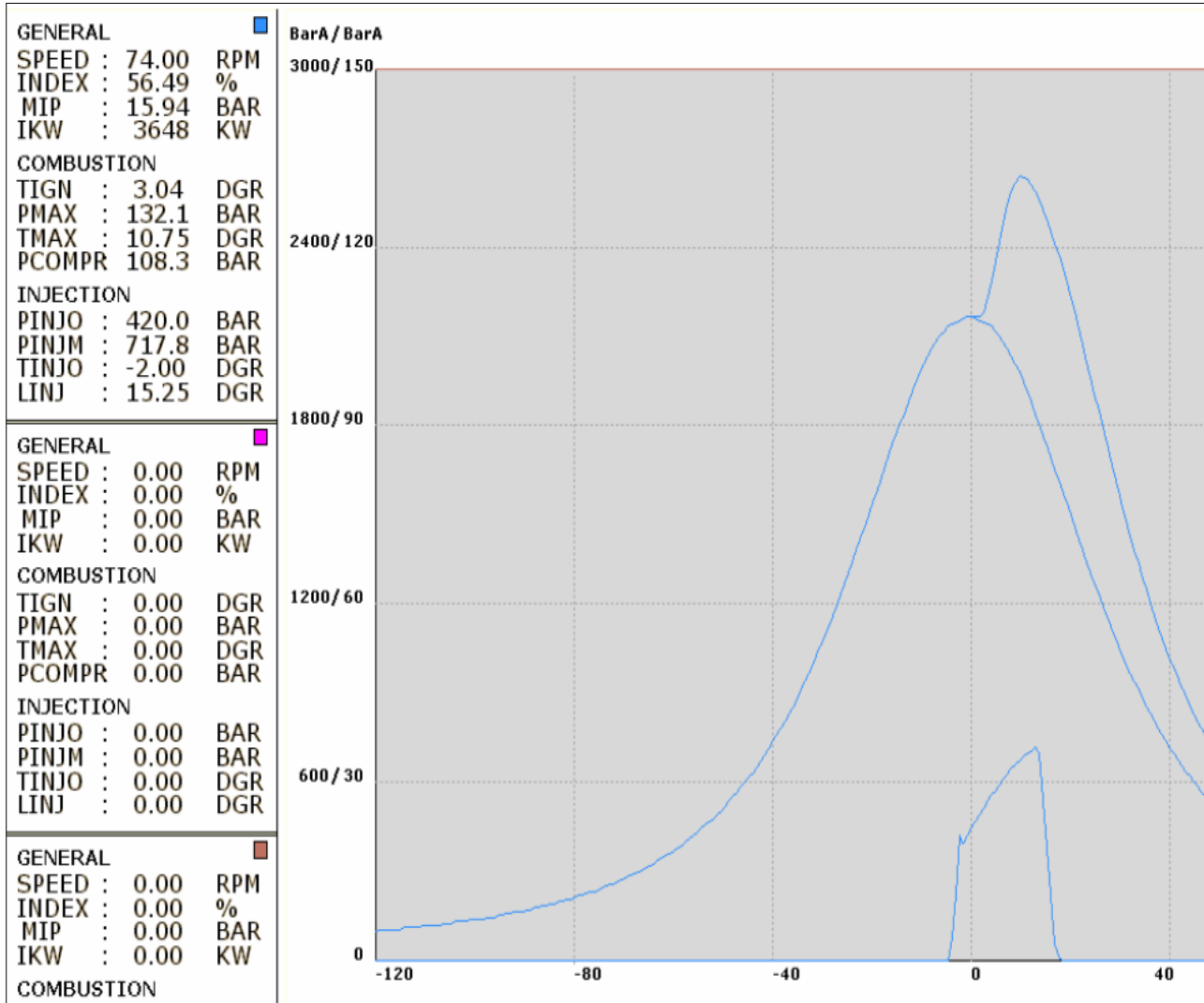
5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC (Rev. 3)

Vedlegg 1 - ME Turbocharger System (oppgave 5.1.1)



5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC (Rev. 3)

Vedlegg 2 - Cylinder Indication (Oppgave 5.1.1)



5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC (Rev. 3)

Tabell til oppgave 5.1.1

Parameter	(Syl 1)	(Hva "forteller" parameteren?)
Pi (kW)		
Motorturt. (o/min)		
MIP (bar)		
Indeks		
t _{m rom} (°C)		
t _{luftreceiver} (°C)		
p _{luftreceiver} (bar)		
p _{exh receiver} (bar)		
t _{exh receiver} (°C)		
t _{exh etter syl} (°C)		
TIGN (dgr)		
Pmax (bar)		
TMAX (dgr)		
PCOMPR (bar)		
PINJO (bar)		
PINJM (bar)		
TINJO (dgr)		
LINJ (dgr)		
T u r b o 1		
N (o/min)	7100	
G _{EXH} (t/h)		
G _{Luft} (t/h)		
t _{exh etter TL} (°C)		
Δt _{Turb} (°C)		
t _{spluft etter komp} (°C)		
Δt _{Kompr} (°C)		
Δp _{Luftkj} (mmVS)		
Δp _{luftfilter} (mmVS)		
T u r b o 2		
N (o/min)	7400	
G _{EXH} (t/h)		
G _{Luft} (t/h)		
t _{exh etter TL} (°C)		
Δt _{Turb} (°C)		
t _{spluft etter komp} (°C)		
Δt _{Kompr} (°C)		
Δp _{Luftkj} (mmVS)		
Δp _{luftfilter} (mmVS)		

TINJO = innsprøyting start, TIGN = tenning, PINJM = max innspr.trykk,
 LINJ = innspr.varighet, TMAX = gradetall for p_{max} i syl.

5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC (SIM rev. 3)

Oppgave 5.1.2

Tabellen viser parameter for B&W 5L90 MC. Ref. viser parameter når alt er i orden, mens kol. m/feil viser data for syl nr. 2 etter feil setting og syl u/feil viser snittverdier for øvrige syl. etter feil setting

a) Vurder de avleste parameter og angi mulige feil. (Begrunn svarene, gjerne på eget ark)

Parameter	Ref.	syl.2 m/feil	syl u/feil	Vurdering
Pi (kW) pr syl	4000	3800	4050	
Turtall (o/min)	74	74	-	
MIP (bar)	18,1	17,2	18,3	
Indeks	93	94,5	94,5	
p _{luftrec} (bar g)	2,19	2,09	-	
t _{luftreceiver} (°C)	44	45	-	
p _{exh rec} (barg)	1,79	1,74	-	
t _{exh receiver} (°C)	387	408	-	
t _{exh (etter syl)} (°C)	332	364	345	
t _{m rom} (°C)	39	34	-	
TIGN (dgr)	3,8	4,8	4,1	
Pmax (barg)	125	116	118	
TMAX (dgr)	14,8	16,4	15,5	
PCOMPR (barg)	114	110	110	
PINJO (barg)	420	420	420	
PINJM (barg)	730	732	732	
TINJO (dgr)	- 1,4	- 1,2	- 1,2	
LINJ (dgr)	16,7	17,1	17,1	
T u r b o 1	N (o/min)	7500	7300	
	t _{exh (etter turb)}	252	273	
	G _{Luft} (t/h)	93	89	
	t _{L etter komp} (°C)	182	180	
	Δp _{Luftkj} (mmVS)	204	178	
	Δp _{filt} (mmVS)	136	138	
T u r b o 2	N (o/min)	7500	7100	
	t _{exh (etter turb)}	252	277	
	G _{Luft} (t/h)	92,5	85,5	
	t _{L etter komp}	179	184	
	Δp _{Luftkj} (mmVS)	203	205	
	Δp _{filt} (mmVS)	135	137	

5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC (SIM rev. 3)

Oppgave 5.1.3

Tabellen viser data for Sim B&W 5L90 MC, før og etter feil setting (Full ahead, fixed pitch). Kolonne m/feil viser data for syl nr. 1 og syl u/feil viser snittverdier for øvrige sylindere, begge etter feil setting.

- Vurder alle parametere og prøv å lokalisere feilen(e). (Begrunn svarene)
- Redegjør kort for mulige driftskonsekvenser uten mottiltak og foreslå deretter tiltak

Parameter	Ref.	syl. 1	u/feil	Vurdering (stikkord)
Pi (kW)	4050	3680	4140	
Motorturt. (rpm)	74	74		
MIP (bar)	18,3	16,6	18,7	
Indeks	93.1	95	95	
$t_{m\ rom}$ (°C)	34	38	38	
$t_{luftreceiver}$ (°C)	44	43	43	
$p_{luftreceiver}$ (bar)	2,19	2,01		
$p_{exhreceiver}$ (bar)	1,79	1,67		
$t_{exhreceiver}$ (°C)	387	442		
t_{exh} (etter syl.) (°C)	332	424	400	
TIGN (dgr)	3,8	4,3	4,1	
Pmax (bar)	125	116	120	
TMAX (dgr)	14,8	16	15,5	
PCOMPR (bar)	114	107,5	107,5	
PINJO (bar)	420	420		
PINJM (bar)	730	733	733	
TINJO (dgr)	- 1,4	- 1,2	- 1,2	
LINJ (dgr)	16,7	17,3	17,3	
Turboblower 1	N (o/min)	7500	7350	
	t_{exh} etter TL (°C)	253	295	
	Δt (turb) (K)			
	G_{Luft} (t/h)	92	86	
	Δt (TLkomp) (K)			
	t_L etter komp (°C)	180	193	
	Δp_{Luftkj} (mmVS)	204	188	
	$\Delta p_{luft\ filt}$ (mmVS)	136	143	
Turboblower 2	N (o/min)	7500	7250	
	t_{exh} etter TL (°C)	253	295	
	Δt (turbin) (K)			
	G_{Luft} (t/h)	93	83	
	Δt (TL komp)(K)			
	t_L etter komp (°C)	180	193	
	Δp_{Luftkj} (mmVS)	203	188	
	$\Delta p_{luft\ filt}$ (mmVS)	135	143	

5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC (SIM rev. 3)

Oppgave 5.1.4

Tabellen viser drifts parameter for simulator B&W 5L90MC. Kolonne m/feil viser data for syl. nr. 5 etter feil setting, mens kolonne for syl. u/feil viser gjennomsnittsverdier for alle øvrige sylindere etter feil setting.

- Gi en vurdering av alle "viktige" parameter og prøv å lokalisere feilen(e).
- Vurder mulige konsekvenser av fortsatt drift (uten tiltak).
- Redegjør kort for mulige opprinnelige årsaker til feilen(e) for en "virkelig" motor.

Parameter	Ref.	syl. 5 m/feil	syl. u/feil	Vurdering
Pi (kW)	4040	3860	4090	
Motorturt. (o/min)	74	74	-	
MIP (bar)	18,2	17,4	18,4	
Indeks	92,7	94,2	94,2	
t _{m rom} (°C)	37	37	-	
t _{luftreceiver} (°C)	44	43,9	-	
p _{luftreceiver} (bar)	2,16	2,22	-	
p _{exhreceiver} (bar)	1,76	1,81	-	
t _{exhreceiver} (°C)	392	410	-	
t _{exh} (etter syl) (°C)	337	387	347	
TIGN (dgr)	3,7	4,5	4,0	
Pmax (bar)	126	120	126	
PCOMPR (bar)	113	108	115	
TMAX (dgr)	15	15,8	15,5	
PINJO (bar)	420	422	422	
PINJM (bar)	730	733	734	
TINJO (dgr)	- 1,4	- 1,1	- 1,1	
LINJ (dgr)	16,7	17,1	17,1	
T u r b o l	N (o/min)	7500	7600	
	t _{exh} etter TL (°C)	256	272	
	G _{Luft} (t/h)	92	94	
	t _{spluft e. komp} (°C)	181	184	
	Δp _{L.kjøler} (mmVS)	203	215	
	Δp _{luftfilt} (mmVS)	134	145	
T u r b o 2	N (o/min)	7500	7350	
	t _{exh} etter TL (°C)	256	278	
	G _{Luft} (t/h)	92,5	91	
	t _{spluft e. komp} (°C)	180	178	
	Δp _{L.kjøler} (mmVS)	203	200	
	Δp _{luftfilt} (mmVS)	136	136	

5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC (SIM rev. 3)

Oppgave 5.1.5

Oppgaven gjelder drift av simulatormotor; B&W 5L90MC (rev.3). Vi antar at motoren er installert i et skip med fast propell. Skipet har gjennomført en ballastreise med redusert belastning og er nå på reise fullastet. På reisen skjer det en gradvis forverring av motorens driftstilstand og det blir derfor foretatt en tilstandskontroll av motoren.

Tabellen viser avleste driftsparametere, der ref. kolonne er referanse data fra skipets prøvetur, kolonne m/feil er registrerte data for syl 1, samt for begge turboladerne og kolonne u/feil er middelerverdier for de 4 øvrige sylindrene registrert ved tilstandskontrollen. Det opplyses at nedlastning er som for prøvetur og at vi kan se bort fra vind, sjø og strøm.

- Vurder de registrerte driftsparametere med sikte på å finne ut hvorfor motortilstanden er forverret. Begrunn svarene (bruk gjerne eget ark).
- Foreslå tiltak for å rette opp feiltilstanden(e) du har lokalisert.

Parameter	Ref.	syl. 1 m/feil	syl u/feil	Vurdering (stikkord)
Pi (kW)	4020	3750	4260	
Motorturt. (o/min)	74	74	-	
MIP (bar)	18,2	17	19	
Indeks	93	96	96	
$t_{m\ rom}$ (°C)	39	35	-	
$t_{luftreceiver}$ (°C)	44	43	-	
$p_{luftreceiver}$ (bar)	2,19	2,02	-	
$p_{exh\ receiver}$ (bar)	1,79	1,72	-	
$p_{exh\ turb\ utløp}$ (mmVS)	141	158		
$t_{exh\ receiver}$ (°C)	387	410	-	
$t_{exh\ etter\ syl}$ (°C)	332	390	360	
TIGN (dgr)	3,8	4,7	4,3	
Pmax (bar)	125,5	115	118,5	
TMAX (dgr)	14,8	16	15,5	
PCOMPR (bar)	114	108	108	
PINJO (bar)	420	420	-	
PINJM (bar)	730	713	733	
TINJO (dgr)	- 1,4	- 1	- 1	
LINJ (dgr)	16,7	17,6	17,6	
T u r b o 1	N (o/min)	7500	7200	
	$t_{exh\ etter\ TL}$ (°C)	257	296	
	$t_{spluft\ etter\ komp}$ (°C)	181	186	
	Δp_{Luftkj} (mmVS)	204	205	
	$\Delta p_{luftfilter}$ (mmVS)	136	151	
T u r b o 2	N (o/min)	7500	7100	
	$t_{exh\ etter\ TL}$ (°C)	257	295	
	$t_{spluft\ etter\ komp}$ (°C)	180	189	
	Δp_{Luftkj} (mmVS)	203	208	
	$\Delta p_{luftfilter}$ (mmVS)	135	152	

5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC (SIM rev. 3)

Oppgave 5.1.6

Oppgaven gjelder drift av simulatormotor; B&W MC90 - 5 sylinders 2-takts krysshodemotor med 2 turboladere (liketrykksdrift) og 1 avgasskjele.

Vi antar at motoren er installert i et skip med "fixed pitch" propell.

Skipet har gjennomført en ballastreise med redusert belastning og er nå på reise fullastet.

På reisen skjer det en gradvis forverring av motorens driftstilstand og det 3. døgnet blir det derfor foretatt en tilstandskontroll av motoren.

Tabellen på neste side viser avleste driftsparameter:

- ref. kolonne viser referanse data fra en tidligere tilstandskontroll ved samme nedlasting og der alle forhold var ok
- kolonne m/feil viser registrerte data for syl 1, samt data for de 2 turboladerne
- kolonne u/feil viser gjennomsnittsdata for de 4 øvrige sylindrene.

Vi antar at det er lite vind, bølger og strøm i området.

- a) Vurder de registrerte driftsparameter med sikte på å finne ut hvorfor motortilstanden er forverret. Begrunn svarene, (bruk gjerne eget ark).
- b) Redegjør kort for mulige konsekvenser av fortsatt drift uten mottiltak.
- c) Foreslå tiltak for å rette opp feiltilstanden(e) du har lokalisert.

5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC (SIM rev. 3)

Tabell til oppgave 5.1.6

Motor: B&W 5L90MC (rev 3)

Parameter	Ref.	(syl.1) m/feil	syl u/feil	Vurdering (stikkord)
Pi (kW)	4020	3650	4110	
Motorturt. (o/min)	74	74	-	
MIP (bar)	18,2	16,6	18,6	
Indeks	93	95,9	95,9	
$t_{m \text{ rom}}$ (°C)	39	35	-	
$t_{\text{lufreceiver}}$ (°C)	44	43	-	
$p_{\text{lufreceiver}}$ (bar)	2,19	2,02	-	
$p_{\text{exhreceiver}}$ (bar)	1,79	1,72	-	
$p_{\text{luf}} - p_{\text{exh}}$ (bar)	0,4	0,3	-	
$t_{\text{exh receiver}}$ (°C)	387	422	-	
$t_{\text{exh etter syl}}$ (°C)	332	414	390	
TIGN (dgr)	3,8	4,5	4,3	
Pmax (bar)	125,5	115	118,5	
TMAX (dgr)	14,8	16	15,5	
PCOMPR (bar)	114	108	108	
Tennsprang (bar)	11,5	7	10,5	
PINJO (bar)	420	420	-	
PINJM (bar)	730	733	733	
TINJO (dgr)	- 1,4	- 1	- 1	
LINJ (dgr)	16,7	17,6	17,6	
T u r b o l	N (o/min)	7500	7300	
	$t_{\text{exh e.TL}}$ (°C)	257	296	
	$t_{\text{spluft e.komp}}$ (°C)	181	186	
	Δp_{Luftkj} (mmVS)	204	179	
	$\Delta p_{\text{luffilter}}$ (mmVS)	136	143	
T u r b o l 2	$p_{\text{exh turb utløp}}$ (mmVS)	141	172	
	N (o/min)	7500	7200	
	$t_{\text{exh e.TL}}$ (°C)	257	295	
	$t_{\text{spluft e.komp}}$ (°C)	180	189	
	$\Delta p_{\text{Luftkj.}}$ (mmVS)	203	178	
$\Delta p_{\text{luffilter}}$ (mmVS)	135	143		

Oppgave 5.1.7

Oppgaven gjelder drift av simulatormotor - B&W 5L90MC. Vi antar at motoren er installert i et seilende skip med "fixed pitch" propell, at skipet er på en lastreise med normal full belastning av hovedmotor og med avgasskjelen i drift.

På reisen skjer det en gradvis forverring av driftstilstanden og det blir derfor foretatt en tilstandskontroll av hovedmaskineriet.

Tabellen på neste side viser avleste driftsparameter, der ref. kolonne viser data fra "prøvetur av skipet" ved samme nedlasting, mens kolonne m/feil viser data for syl 1 og kolonne u/feil viser gjennomsnittsdata for de 4 øvrige sylindrene ved tilstandskontrollen. Vi antar at det er lite vind, bølger og strøm i området.

- a) Vurder driftsparameterne med sikte på å finne feilen(e). Begrunn svarene.
- b) Gi en kort forklaring på hvordan du mener feilen(e) du angav i a) har startet og utviklet seg (årsakssammenheng).
- c) Redegjør kort for mulige konsekvenser av fortsatt drift uten mottiltak.
- d) Gi dine forslag til mottiltak på kort og lang sikt.
- e) For ekstra kontroll av turboladersystem nr. 2 vil vi beregne indre (isentrop) virkningsgrad for turbin og kompressor for ref. og tilstands kontrollen. Gi en kort vurdering av svarene.

For beregningene i spm e) setter vi barometertrykket til 1013 mbar og spes varme for luft og røkgass: $c_{pL} = 1,006 \text{ kJ/kgK}$ og $\kappa_L = 1,4$ - $c_{pRG} = 1,06 \text{ kJ/kgK}$ og $\kappa_{RG} = 1,38$.

Tabell til oppgave 5.1.7 (Driftsparameter simmotor BMVGS - 5 syl B&W MC90)

Parameter	Ref.	syl. 1 m/feil	syl. u/feil	Vurdering (stikkord)
Pi per syl (kW)	4040	3780	4150	
Motorturt. (o/min)	74	74	-	
MIP (bar)	18,2	17	18,7	
Pumpeindeks	92,7	95,2	95,2	
Br.o.forbr.(hele motor) (t/h)	(3,3)	(3,6)		
t _m rom (°C)	37	33	-	
t _{luft receiver} (°C)	44	44	-	
p _{luft receiver} (barg)	2,16	2,09		
p _{exh receiver} (barg)	1,76	1,74		
t _{exh receiver} (°C)	392	425		
t _{exh (etter syl)} (°C)	337	377	365	
TIGN (dgr)	3,7	4,5	4,1	
Pmax (barg)	126	118	122	
PCOMPR (barg)	113	108	111	
TMAX (dgr)	15	15,8	15,5	
PINJO (barg)	420	420	420	
PINJM (barg)	730	733	733	
TINJO (dgr)	- 1,4	- 1,0	- 1,0	
LINJ (dgr)	16,7	17,1	17,1	
T u r b i n o 1	N (o/min)	7500	7200	
	t _{exh etter TL} (°C)	256	294	
	t _{spl etter komp} (°C)	181	177	
	Δp _{L.kjøler} (mmVS)	203	200	
	Δp _{luft filt} (mmVS)	134	134	
	p _{exh turbinutløp} (mmVS)	141	182	
T u r b i n o 2	N (o/min)	7500	7100	
	t _{exh etter TL} (°C)	257	297	
	t _{spl etter komp} (°C)	180	182	
	Δp _{L.kjøler} (mmVS)	203	225	
	Δp _{luft filt} (mm VS)	136	145	
	p _{exh turbinutløp} (mmVS)	143	184	

Oppgave 5.1.8

Et skip har en saktegående 2-takts krysshodemotor som fremdriftsmotor og 2 stk. 4-takt "mediumspeed" diesel hjelpemotorer, som kan kjøres på tungolje. Skipet mottar bunkers med analyseverdier som angitt under. Bunkersen er bestilt etter ISO standard RMK 35 med grenseverdier som angitt.

		Analyse	RMK 35
Tetthet	(kg/m ³ - 15 °C)	997	1010
Viskositet	(cSt - 50 °C)	191	390
Vann	(%)	0,3	1,0
CCR	(%)	13,9	22
Svovel	(%)	1,41	5,0
Aske	(%)	0,04	0,2
Vanadium	(ppm)	126	600
Natrium	(ppm)	40	-
Aluminium + silisium	(ppm)	60	80
CCAI		868	(Variabel til dårlig)

- Vurder bunkersanalysen og redegjør kort for mulige driftsproblemer knyttet til bruk av denne bunkersen på hovedmotoren.
- Redegjør kort for mulige driftsproblemer knyttet til bruk av bunkersen på hjelpemotorene.
- Gi forslag til tiltak med sikte på mest mulig sikker og økonomisk drift av HM og HJM.

Oppgaven gjelder drift av simulatormotor ved BMVGS. Motoren er en 5 sylinders 2-takts krysshodemotor med to turboladere og liketrykksdrift. Vedlegg 1 viser anlegget skjematisk ved en tilfeldig driftssituasjon.

Tabellen på neste side viser aktuelle driftsparametere for simulator-motoren, før og etter at feil er satt. Ref. kolonne gjelder drift med normal service fart og fast propell. Kolonne m/feil viser data for syl 1 etter feil setting, mens kolonne u/feil viser gjennomsnittsdata for øvrige 4 syl. etter feil setting. Barometertrykk = 1013 mbar.

For luft velger vi: $c_{pL} = 1,006 \text{ kJ/kgK}$, $\kappa = 1,4$ og for røykgass: $c_{pRG} = 1,06 \text{ kJ/kgK}$, $\kappa = 1,38$

- Gi din vurdering av de oppførte driftsparametere med sikte på å lokalisere feilen(e).
- Redegjør for mulige konsekvenser av fortsatt drift uten mottiltak og foreslå aktuelle mottiltak.
- Bestem indre virkningsgrad for TL turbin og kompressor nr. 1 (referanse og indikering) og redegjør deretter kort for hva beregningen "forteller" mht. turboladerens tilstand.
- Lag en energibalanse for luft-/avgass-system nr. 2, dvs. for turbin 2, kompressor 2 og luftkjøler 2 (etter feil setting) og redegjør deretter for sammenhengen mellom de beregnede verdier.

Tabell - oppgave 5.1.8 (5 syl B&W krysshodemotor MC 90)

Parameter	Ref.	syl. 1 m/feil	syl u/feil	Vurdering (stikkord)
Pi (kW) pr syl	3860	3400	3975	
Motorturt. (o/min)	74	74	-	
MIP (bar)	16,9	14,9	17,4	
Indeks	94	96,1	-	
Br.o.forb.(t/h)(hele mot)	3,49	3,72	-	
t _{luftreceiver} (°C)	41	45		
p _{luftreceiver} (barg)	2,14	1,98		
p _{exhreceiver} (barg)	1,74	1,62		
p _{exh} etter TL (mmVS)	210	230		
t _{exh receiver} (°C)	395	438		
t _{mask rom} (°C)	43	46		
t _{exh} (etter syl) (°C)	343	391	370	
TIGN (dgr)	0,6	1,6	1,1	
Pmax (barg)	132	118	122	
PCOMP (barg)	112	106	106	
Tennsprang (bar)	20	12	16	
TMAX (dgr)	12,5	13,8	12,8	
PINJO (barg)	420	420	420	
PINJM (barg)	732	712	735	
TINJO (dgr)	- 4,3	- 3,9	- 4,2	
LINJ (dgr)	16,9	15,5	17,5	
T u r b o 1	N (o/min)	7513	7450	
	t _{exh} etter turbin (°C)	259	298	
	G _{Luft} (t/h)	91,5	88	
	t _L etter kompr. (°C)	188	196	
	Δp _{L.kjøler} (mmVS)	199	210	
	Δp _{luftfilt} (mmVS)	132,5	136	
T u r b o 2	N (o/min)	7514	7525	
	t _{exh} etter turbin (°C)	259	294	
	Δt _{Turb} (°C)	136	144	
	G _{Luft} (t/h)	91,3	91,4	
	t _{luft} etter kompr. (°C)	188	192	
	Δp _{L.kjøler} (mmVS)	199	205	
Δp _{luftfilt} (mmVS)	132	136		

TINJO = time of injection, TIGN = time of ignition, PINJM = pressure, inject. max., LINJ = length of injection

TMAX = gradetall for max trykk i syl.

Oppgave 5.1.9

Tabellen viser drifts parametere for Sim-motor (5 syl B&W MC90), før og etter feil setting . Motoren antas installert i et seilende skip. Ref. kolonne viser data fra prøvetur. Kolonne m/feil viser data for syl m/feil og syl u/feil viser snittverdier for øvrige sylindre, begge etter feil setting.

- Vurder de oppgitte parametere og prøv å lokalisere feilen(e). (Begrunn svaret på eget ark).
- Redegjør kort for mulige konsekvenser uten motiltak og foreslå deretter tiltak.

Parameter	Ref.	m/feil	u/feil	Vurdering (stikkord)
Pi (kW)	4050	3680	4200	
Motorturt. (o/min)	74	74	-	
MIP (bar)	18,3	16,6	18,9	
Indeks	93.1	96	96	
t _{m rom} (°C)	34	38	38	
t _{luft receiver} (°C)	44	43	43	
p _{luft receiver} (bar)	2,19	2,01	-	
p _{exh receiver} (bar)	1,79	1,66	-	
t _{exh receiver} (°C)	387	432	-	
t _{exh} (etter syl) (°C)	332	387	360	
TIGN (dgr)	3,6	4,3	3,9	
Pmax (bar)	125	116	118	
TMAX (dgr)	14,8	16	15,5	
PCOMPR (bar)	114	107,5	107,5	
PINJO (bar)	420	420	420	
PINJM (bar)	730	730	731	
TINJO (dgr)	- 1,4	- 1,2	- 1,2	
LINJ (dgr)	16,7	17,3	17,3	
T u r b o 1	N (o/min)	7500	7250	
	t _{exh} etter TL (°C)	253	300	
	G _{Luft} (t/h)	92	86	
	t _{spl} etter komp (°C)	180	193	
	Δp _{Luftkj} (mmVS)	204	188	
	Δp _{luftfilt} (mmVS)	136	143	
T u r b o 2	N (o/min)	7500	7150	
	t _{exh} etter TL (°C)	253	304	
	G _{Luft} (t/h)	93	83	
	t _{spl} etter komp (°C)	180	193	
	Δp _{Luftkj} (mmVS)	203	188	
	Δp _{luftfilt} (mmVS)	135	143	

5.1 Driftskontroll B&W 5L90MC (SIM rev. 3)

Oppgave 5.1.10

Tabellen viser drifts parametere for sim-motor B&W 5L90MC. Ref. kolonne viser gjennomsnittsdata for drift på 100 % belastning, konstant turtall og fast propell. Kol. m/feil viser data etter feil setting.

a) Vurder oppgitte parameter og prøv å lokalisere feilen(e), begrunn svarene kort

Parameter	Ref.	m/feil	avvik	Vurdering (stikkord)
Pi (kW)	4040	4050		
Motorturt. (o/min)	74	74		
MIP (bar)	18,2	18,2		
Indeks	92,7	93,5		
b _i g/kWh	190	195		
t _{m rom} (°C)	37	34		
t _{luftreceiver} (°C)	43,5	44		
p _{luftreceiver} (bar)	2,16	1,99		
p _{exhreceiver} (bar)	1,76	1,69		
t _{exhreceiver} (°C)	392	425		
t _{exh (etter syl)} (°C)	337	385		
TIGN (dgr)	3,7	4,3		
Pmax (bar)	126	118,5		
PCOMPR (bar)	112,7	106,4		
TMAX (dgr)	15,0	15,8		
PINJO (bar)	420	420		
PINJM (bar)	730	732		
TINJO (dgr)	- 1,4	- 1,2		
LINJ (dgr)	16,7	17		
T u r b o 1	N (o/min)	7500	7200	
	G _{EXH} (t/h)	94,3	84,9	
	t _{exh etter TL} (°C)	257	288	
	G _{Luft} (t/h)	92	73	
	t _{spluft e. komp} (°C)	181	192	
	Δp _{L.kjøler} (mmVS)	203	282	
	Δp _{luftfilt} (mmVS)	134	116	
T u r b o 2	N (o/min)	7500	7300	
	G _{EXH} (t/h)	94,6	84,9	
	t _{exh etter TL} (°C)	256	287	
	G _{Luft} (t/h)	92,8	90	
	t _{spluft e. komp} (°C)	180	175	
	Δp _{L.kjøler} (mmVS)	203	203	
	Δp _{luftfilt} (mmVS)	136	136	

TINJO = time of injection, TIGN = time of ignition, PINJM = pressure, inject. max., LINJ = length of inject.

5.2 Driftskontroll Millennium og Sidus (6 oppg ok)

Innledning

Etterfølgende oppgaver gjelder i hovedsak skipene Millennium og Sidus, som

MT Millennium - Deadweight 306950 M.T

Main Engine: SULZER 7 RTA84M

Cyl Bore	84 cm
Piston Stroke	290 cm
Number of Cylinders	7
Number of Air Coolers	2
Number of Turbochargers	2
Continous Service Rating	23125 kW
Corresponding Engine Speed	77.2 rpm
Turbine Speed	13800 rpm
Number of Propeller blades	4
Propeller Diameter	9.9 m
Pitch	5.926 m
Spesific Fuel Oil Consumption	164.5 g/kWh (h = 42.7 MJ/kg)
Cylinder oil consumption	1.0 – 1.2 g/kWh

MS Sidus - Deadweight 39465 tons

Main Engine: MAN B&W 4L80 MCE

Cyl Bore	80 cm
Piston Stroke	259.2 cm
Number of Cylinders	4
Number of Air Coolers	1
Number of Turbochargers	1
Continous Service Rating	7930 kW
Corresponding Engine Speed	79 rpm
Mean Indicated Pressure	18 bar
Turbine Speed	13800 rpm
Number of Propeller blades	4
Propeller Diameter	7.4 m
Pitch	6.224 m
Spesific Fuel Oil Consumption	169 g/kWh (h = 42.7 MJ/kg)
Cylinder oil consumption	0.9 – 1.47 g/kWh
Lubricating oil consumption	5-6 kg/cyl. per 24 h

Ytterligere opplysninger finnes i Ressursheftene for de to skipene. Disse kan hentes ned fra nett, men følger også med på minnepenn til oppgavene i PDF format.

Oppgave 5.2.1 driftskontroll - Sulzer 7 RTA84M

M/T "Millennium" skal foreta en ballastreise på 3000 nautiske mil med 12 knops fart og en lastreise (nedlasting som for prøvetur) på 4000 nautiske mil med 13 knops fart.

Skipet har en Sulzer 7RTA84M hovedmotor, med 2 turboladere og avgasskjel 10 døgn etter avgang (lastreise) blir hovedmotorens turtall økt til 79,6 RPM. Skipet er i åpen sjø. Dypgående og ytre forhold er som for prøveturen.

Vakhavende maskinist registrerer driftsmessige uregelmessigheter ved hovedmotoren og det blir derfor foretatt en indikering. Resultatet er vist under.

- Vurder de registrerte drifts parameter (feiltilstander) og forklar kort hva disse "forteller" oss mht. motorens driftstilstand. (ref. data i vedlagt tabell)
- List opp tiltak for å rette opp feiltilstanden på kort sikt.
- Redegjør for mulige opprinnelige årsaker til at denne feiltilstanden har oppstått og foreslå tiltak for å hindre at slike feiltilstander oppstår i fremtiden.

Indikering:

Turtall: 79,6 RPM

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5	6	7
16.6	15.5	16.9	16.7	16.9	16.9	16.8

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5	6	7
132	122	133	131	132	130	132

Compression pressures:

1	2	3	4	5	6	7
106	107	106	107	105	105	106

Time of ignition:

1	2	3	4	5	6	7
0.5	0.9	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6

Fuel load indicator: 6.97

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5	6	7
720	715	720	720	715	720	715

Time of injection:

1	2	3	4	5	6	7
- 4,2	- 4,3	- 4,1	- 4,2	- 4,1	- 4,2	- 4,1

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5	6	7
330	358	335	328	332	329	333

5.2 MT Millennium og MS Sidus

Oppgave 5.2.1 forts.

Turbine inlet	1: 410	2: 412	°C
Turbine outlet	1: 267	2: 268	°C

Exhaust gas pressures :

Receiver	: 1.90		bar gauge
Turbine outlet	1: 163	2: 162	mmWC

Turbochargers

Speed	1: 8900	2: 8850	RPM
Pressure drop filter	1: 35	2: 37	mmWC
Pressure drop cooler	1: 101	2: 99	mmWC
Scav. air pressure receiver	2.01		bar gauge
Scav. air temp.	48		°C
Compressor inlet	1: 28	2: 29	°C
Before cooler	1: 172	2: 168	°C
After cooler	1: 47	2: 46	°C

Main engine cooling water temp. (°C):

Inlet: 68

Outlet:

1	2	3	4	5	6	7
85	87	84	83	84	85	84

Lubricating oil pressure: 3.0 bar

Crosshead bearing press.: 11.5 bar

Lubricating oil temperatures (°C):

Engine inlet: 46

Piston outlet:

1	2	3	4	5	6	7
68	72	67	68	67	69	68

Fuel oil pressure before filter: 11.7 bar after filter: 11.6 bar

Fuel oil temperature before pumps: 128 °C

Data of current fuel bunker:

Oil density at 15 °C (kg/m ³)	980
Vscosity at 50 °C (cSt)	344
Sulphur (%)	2.5
CCR (%)	16.1
Ash content (weight %)	0.04
Vanadium (ppm)	106
Sodium (ppm)	32
Aluminium (ppm)	3
SHF (%)	0.0

5.2 MT Millennium og MS Sidus

Vedlegg til oppgave 5.2.1

Tabellen viser data fra prøvetur M/T "Millennium" **Sulzer 7 RTA84M**

Sulzer 7 RTA84M

Parameter	Prøvetur	Ind.	Vurdering (stikkord)
Pe (kW)	22400		
Motorturtall (o/min)	79,6		
MIP (bar)	16,28		
Load indicator	6,83		
Br.o. forbr (g/kWh)	166		
P _{max} (bar g)	132,7		
p _{komp} (bar g)	109		
t _{mrom} /t _{luftreiv} (°C)	28/48		
Spyletrykk p _{sp} (barg)	2,12		
p _{exh} reiv (barg)	1,96		
t _{exh} (etter syl.) (°C)	312		
t _{exh} receiver (°C)	387		
TINJO (dgr)	- 4,15		
TIGN (dgr)	0,55		
PINJM (bar g)	715		
CCAI	850		
1			
T u r b o	N _{TL} (o/min)	9465	
	t _{exh} etter TL (°C)	244	
	ΔT _T Turbin (K)	143	
	Δt _K Kompr. (K)	143	
	t _{spluft} e.komp (°C)	170	
	Δt _{luft} L.kjøl. (K)	122	
	Δp _{luftfilt} (mmVS)	33	
p _{turbutl} (mmVS)	143		
2			
T u r b o	N _{TL} (o/min)	9560	
	t _{exh} etter TL (°C)	242	
	ΔT _T Turbin (K)	145	
	ΔT _K Kompr. (K)	141	
	t _{spluft} e.komp (°C)	170	
	Δt _{luft} L.kjøler (K)	124	
	Δp _{luftfilt} (mmVS)	33	
p _{turbutl} (mmVS)	139		

TINJO = innsprøyting start TIGN = tenning start PINJM = maks innsprøytingstrykk

Oppgave 5.2.2 Driftskontroll B&W 4L80 MCE

M/S SIDUS skal foreta en sjøreise på 7000 n. mil med fart 16,2 knop.

Skipet er utstyrt med en 4 syl B&W 2 takts fremdriftsmotor. Syl. diameter 0,8 m og slaglengde 2,59 m. Data fra prøvetur er vist i tabell neste side.

På reisens 2. dag blir det foretatt tilstandskontroll av hovedmotor. Under testen er det lite vind og strøm i området. Følgende data blir registrert:

Driftstid HM:	11500 timer
Dypgående for og akter:	12,05 m
Logget fart:	16,1 knop
Motorturtall:	80 rpm
Barometertrykk:	1,001 bar
Spyletrykk:	1,47 barg
Pumpeindeks:	93
Turboladerturtall N_T :	10500 rpm

Avgasstemperatur før/etter turbolader ($^{\circ}\text{C}$): 360/244

Trykkfall luftfilter: 95 mm WC Trykkfall luftkjøler: 135 mm WC

Trykk exh. receiver 1,32 barg Trykk turbin utløp: 125 mm WC

Maskinromstemperatur 38 $^{\circ}\text{C}$

Lufttemperatur receiver: 44 $^{\circ}\text{C}$

Lufttemp. før kjøler 145 $^{\circ}\text{C}$

	syl 1	syl 2	syl 3	syl 4
p_{mi} (bar)	13,0	13,3	13,4	13,3
t_{exh} e. syl. ($^{\circ}\text{C}$)	326	310	316	315
p_{max} (bar g)	120,5	123	123,5	123,2
p_{komp} (bar g)	97,5	97,3	97,7	97,4

a) Vurder de avleste verdier og motorens driftstilstand.

Etter ca. 6 døgn drift begynner avgasstemperaturene gradvis å stige, og samtidig begynner det å strømme synlig mørk røyk ut fra skorsteinen.

b) Vurder mulige årsaker til dette og redegjør deretter for mulige konsekvenser av fortsatt drift (uten mottiltak).

c) Hvilke mottiltak vil du iverksette på kort og lang sikt.

d) I neste havn skal det utføres stempelsjau på sylinder nr. 1. Redegjør for planlegging og gjennomføring av denne.

5.2 MT Millennium og MS Sidus

Tabell til oppgave 5.2.2 - data fra prøvetur

Parameter	Ref.		Vurdering (stikkord)
Pi (kW) (hele mot)	9050		
Pi (kW) pr syl	2260		
Mot. (o/min)	80		
MIP (bar)	13,05		
Indeks	89		
t _{m rom} (°C)	34,7		
t _{luftreceiver} (°C)	43,6		
p _{luftreceiver} (barg)	1,53		
p _{exh rec} (barg)	1,2		
p _{exh} (turb. utløp)	101		
t _{exhreceiver} (°C)	329		
t _{exh etter TL} (°C)	200		
t _{exh(etter syl)} (°C)	290		
P _{max} (barg)	126,3		
PCOMPR (bar)	100		
Tennsprang	26,3		
T u r b o	N (o/min)	10900	
	Δt (turb) (K)	129	
	Δt (komp) (K)	87,7	
	Δp _{lkj} (mmVS)	120	
	Δp _{filt} (mmVS)	80	

5.2 MT Millennium og MS Sidus

Oppgave 5.2.3

M/T "Millennium" er i sjøen, går med "steady gange" og fart 14,5 knop. Vakthavende maskinist rapporterer uregelmessigheter ved HM og det blir derfor foretatt en tilstandskontroll, se data under.

- Vurder hovedmotorens driftstilstand (angi også mulige årsaker til forhold du vurderer som uregelmessigheter)
- Gi dine anbefalinger for videre operasjon og drift av HM

Main engine run hours: 13000

Barom. pressure : 1000 mbar

Draught fore : 20,0 m

Log speed : 14,5 kn

Engine speed : 75 rpm

Load indicator: : 6,5

Draught aft : 20,1 m

Obs. speed : 14,5 kn

(Vind og strøm er ubetydelig)

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5	6	7
15,1	15,5	15,6	15,6	15,5	15,6	15,5

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5	6	7
122	125	126	124	125	124	126

Compression pressures:

1	2	3	4	5	6	7
92,5	94,5	95,5	94	94,5	94	95

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5	6	7
355	340	345	343	335	335	340

Turbine inlet : 1: 400 2: 402 °C

Turbine outlet : 1: 267 2: 268 °C

Turboch speed	1: 7900	2: 8000	RPM
Pressure drop filter	1: 40	2: 41	mmWC
Pressure drop cooler	1: 100	2: 99	mmWC
Scav. air pressure receiver:	1,55		bar gauge
Scav. air temp.		48	°C
Compressor inlet	1: 32	2: 33	°C
Before cooler	1: 171	2: 172	°C
After cooler	1: 47	2: 46	°C

Fuel oil temperature before pumps: 128 °C

5.2 MT Millennium og MS Sidus

Oppgave 5.2.3

Tabellen viser drifts parameter for HM (Millennium) med referanse data fra prøvetur.

Sulzer 7 RTA84M

Parameter	Ref.	Ind.	avvik	Vurdering	
Pe (kW)	18 900	20 000	+1100		
Motorturtall (o/min)	75	75	0		
MIP (bar)	14,6	15,5	+ 0,9		
Load indicator	6,3	6,6	+ 0,3		
P _{max} barg	132,7	125	- 6,7		
p _{komp} barg	102	94,5			
Tennsprang (bar)	30	30			
Spyletrykk p _{sp} (bar g)	1,7	1,55	- 0,15		
t _{exh} (e.syl.) (°C)	330	345			
t _{exh} receiv (°C)	360	401			
T u r b i n o 1	N _{TL} (o/min)	8550	8250	- 300	
	ΔT _T Turbin (K)	120	133		
	Δt _K Kompr.(K)	143	139		
	Δp _{luftkj} (mm VS)	108	101	- 7	
	Δp _{luftfilt} (mmVS)	33	40	+ 7	
T u r b i n o 2	N _{TL} (o/min)	8550	8300	- 250	
	ΔT _T Turbin (K)	120	134		
	ΔT _K Kompr. (K)	141	139		
	Δp _{luftkj} (mm VS)	109	99	- 10	
	Δp _{luftfilt} (mmVS)	33	41	+ 8	

TINJO = innsprøyting start TIGN = tenning start PINJM = maks innsprøytingstrykk

5.2 MT Millennium og MS Sidus

Oppgave 5.2.4

M/S SIDUS skal foreta en sjøreise på 9000 mil. Motorturtallet skal være 81 rpm.

Skipet skal bunkre før avreise

a) Bestem nødvendig bunkers for sjøreisen.

Anvendt bunkers (på reisen) har følgende analyseverdier:

		986	991
Spesifikk vekt	(kg/m ³ - 15 °C)	986	991
Viskositet	cSt - 50 °C)	329	
Vann	(%)	1,1	1,0
CCR	(%)	16,7	22
Svovel	(%)	2,87	5
Vanadium	MG/KG	202	600
Natrium	MG/KG	130	
Al + Si	MG/KG	18	80
FE	MG/KG	26	
NI	MG/KG	56	
CA	MG/KG	12	
ZN	MG/KG	6	
Brennverdi:	(MJ/kg)	40	
CCAI verdi		849	

b) Vurder brennoljeanalysen og redegjør for mulige driftsproblemer knyttet til behandling og bruk av oljen.

Etter ca. 5 døgns drift blir det foretatt en tilstandskontroll:

Motorturtall	81 rpm
Turboladerturtall N _T :	10600 rpm
Spyletrykk:	1,52 barg
Indeks	97

Avgasstemperatur før/etter turbolader (°C): 370/251

Maskinromstemperatur 40 °C

	syl 1	syl 2	syl 3	syl 4
p _{mi} (bar)	13,3	13,7	13,6	13,8
t _{exh} e. syl. (°C)	336	320	326	325
p _{max} (bar g)	122,5	125	124,5	125,2
p _{komp} (bar g)	99,2	99,3	99,2	99,4

c) Sammenlign de avleste verdier med prøveturskurver for skipet og gi dine instruksjoner til fortsatt drift av maskineriet.

5.2 MT Millennium og MS Sidus

Oppgave 5.2.5

MT "Millennium" skal bunkre og deretter foreta følgende reise: Ballastreise på 4000 n. mil med 12 knops fart og så en lastreise på 6000 n. mil med 14,7 knops fart.

Beholdning av bunkers, diesel og smøreolje ved ankomst bunkershavn er beregnet til:

Bunkers	500 m ³
Diesel	500 m ³
Syl. olje	50 m ³
Systemolje	60 m ³

- Bestem nødvendig bunkers, diesel og smøreolje for (hele) reisen.
- Vurder mottatt bunkers basert på analysen (se neste side) og gi dine anbefalinger for behandling og bruk av oljen.

7 døgn etter avgang (lastreise) blir det konstatert uregelmessigheter ved HM og det blir derfor foretatt en tilstandskontroll. Under testen blir motorturtallet økt til 79,6 RPM og logget fart er da 15,4 knop. Skipets dypgående og ytre forhold ellers er de samme som ved observasjon 5. Data fra tilstandskontrollen er vist under.

- Sammenlign avleste tilstands parametere med tilsvarende parameter fra obs. 5 og gi din vurdering av hovedmotorens driftstilstand.
- Gi dine anbefalinger for videre drift av HM

Indikering:

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5	6	7
16,6	16,6	15,5	16,7	16,9	16,9	16,8

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5	6	7
123	123	119	123	122	122	123

Compression pressures:

1	2	3	4	5	6	7
102	103	102	103	103	101	102

Time of ignition:

1	2	3	4	5	6	7
0,5	0,6	0,9	0,6	0,7	0,6	0,6

Fuel load indicator: 6,97

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5	6	7
715	715	700	715	710	710	715

Time of injection:

1	2	3	4	5	6	7
-4,2	-4,1	-4,0	-4,3	-4,1	-4,2	-4,2

5.2 MT Millennium og MS Sidus

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5	6	7
340	338	355	348	342	339	343

Turbine inlet	1: 430	2: 432	°C
Turbine outlet	1: 287	2: 288	°C

Exhaust gas pressures:

Receiver	: 1,81		bar gauge
Turbine outlet	1: 193	2: 192	mmWC

Turbochargers

Speed	1: 8800	2: 8750 RPM	
Pressure drop filter	1: 56	2: 58	mmWC
Pressure drop cooler	1: 117	2: 119	mmWC

Scav. air pressure receiver	1,91		bar gauge
Scav. air temp.	47		°C
Compressor inlet	1: 38	2: 39	°C
Before cooler	1: 178	2: 179	°C
After cooler	1: 47	2: 46	°C

Anvendt bunkers har følgende analyseverdier:

Spesifikk vekt (kg/m ³ - 15 °C)	991
Viskositet (cSt - 100 °C)	35
Vann (%)	0,8
CCR (%)	16,9
Svovel (%)	2,6
Vanadium (ppm)	46
Natrium (ppm)	86
Al + Si (ppm)	45
Brennverdi: (MJ/kg)	40

5.2 MT Millennium og MS Sidus

Oppgave 5.2.6 - M/T Millennium (Eksamen TF vår 2000)

I resurshäfte for Skipsteknisk drift vises avleste verdier fra tilstandskontroll av hovedmotoren. Observasjonene er fra teknisk prøvetur og tilsvarende observasjoner etter at hovedmotoren har vært i drift 7500 timer.

I dette tidsrommet er det ikke foretatt større vedlikeholdsarbeid. Eksoskjelen sotblåses en gang i uken, og eksosturbinene vannvaskes en gang i måneden. Skipet har i dette tidsrommet periodevis seilt med redusert fart. Brennstoffventilene skiftes etter 2000 timer, mens intervall for stempelsjau i utgangspunktet er satt til 15000 timer.

Oppgave 5.2.6 (1 eksamen 2000)

- Studer verdiene fra de to tilstandskontrollene, og merk deg eventuelle endringer.
- Vurder hva som kan ha forårsaket disse endringene, og beskriv hvilke tiltak du vil iverksette.

Bruk data fra teknisk prøvetur og "Main Engine Performance Curves", og bestem:

- indre virkningsgrad for luftkompressor på turbolader nr.1
- hovedmotorens indikerte effekt og mekaniske virkningsgrad

MT "Millennium er på reise fra Alaska til Japan. Hjelpemotor nr. 1 og turbogenerator er i drift og slått inn på tavla. Eksoskjelen er i drift, og det er ikke fyr på noen av kjelene. Belastningen på turbogeneratoren er 300 kW, og belastningen på hjelpemotor nr. 1 er 350 kW.

Skipet har utstyr for elektronisk indikering av sylindrene. På den elektroniske indikatoren er det foruten indikordiagram, også mulighet for avlesning av maksimalt sylindetrykk, kompresjonstrykk, indikert middeltrykk, maksimalt innsprøytingstrykk på brennoljen, trykk og veivinkel når brennstoffventilen åpner og veivinkel når forbrenning starter.

Oppgave 5.2.6 (2 eksamen 2000)

7 døgn etter avgang blir hovedmotorens turtall økt til 79,6 o/min for et begrenset tidsrom.

Skipet er i åpen sjø, og bølgehøyden er mindre enn en meter.

Vakthavende maskinist konstaterer driftsmessige uregelmessigheter ved sylinder 5 på hovedmotoren og tilkaller maskinsjefen for assistanse. Etter en inngående drøfting av de unormale drifts parameter (feiltilstander) på hovedmotoren, fatter maskinsjefen følgende beslutning: Vi har gjennomslag på sylinder 5 og må stoppe hovedmotoren snarest mulig.

- Gi en vurdering av hvilke unormale drifts parametere (feiltilstander) maskinsjefen la til grunn da han i samarbeid med den øvrige maskinbesetningen konstaterte at det var gjennomslag på sylinder 5.
- Forklar hva som må gjøres for å rette opp feiltilstanden.
- Vurder om det er spesielle tiltak som må/bør iverksettes ved oppkjøring av motoren etter utført reparasjonsarbeid.
- Vurder mulige opprinnelige årsaker til at denne alvorlige feiltilstanden har oppstått.

5.2 MT Millennium og MS Sidus

Oppgav 5.2.6 (3 eksamen 2000)

På reizens 12. dag skal vi foreta en kontroll av hovedmotorens effektive spesifikke brennoljeforbruk. Følgende avlesninger gjøres:

ENVIRONMENT AND SPEED

Barom. pressure	: 1012 mbar		
Draught fore	: 20.0 m	Draught aft	: 20.1 m
Log speed	: 15.07 kn	Obs. speed	: 15.1 kn
Wind velocity	: 2 m/s	Wind angle	: 35 (0 front, 90 SB)
Wave height	: 0.50 m	Wave angle	: 35 (180 aft, 270 PS)

Hovedmotorens turtall: 78 rpm

Oljeurets avlesning ved prøvens start	25640 liter
Oljeurets avlesning ved prøvens slutt	31320 liter
Brennoljens tetthet ved 15 °C	989 kg/m ³
Brennoljens brennverdi	40900 kJ/kg
Brennoljens volumutvidelseskoeffisient	0,00065 K ⁻¹
Prøvens varighet	90 minutter

Oljeuret er plassert etter lavtrykks forpumpe, og temperaturen på oljen er 83 °C

- Kontroller om effektivt spesifikk brennoljeforbruket er i samsvar med motorfabrikantens oppgitte effektive brennoljeforbruk.
- Dersom du finner at det er avvik mellom det målte effektive spesifikke brennoljeforbruket og motorfabrikantens oppgitte effektive brennoljeforbruk, skal du gi din vurdering av hva dette kan skyldes.

5.3 Driftskontroll – B&W 5L90MC (rev.5) (7 oppg ok)

Innledning

Etterfølgende oppgaver er basert Kongsberg simulator motor B&W 5L90MC (rev. 5), dvs. en 2-takts, langsomt gående, turboladet krysshodemotor, som valgfritt kan koples til en vriar (VP) propell eller en fast propell (FP). Motoren kan også koples til en akselgenerator.

Fremdriftsmotor (ME)

Sylinderdiameter	900 mm
Slaglengde	2900 mm
Antall sylindre	5
Antall turboladere	2
Effekt ved 100 %	17,4 MW
Turtall	74 rpm
Midlere indikert trykk	16,8 bar
Spylelufttrykk	2,1 bar
Turbolader turtall	8000 rpm
Antall propellblad	5
Propeller stigning	0,9 S/D
Effektivt spesifikt forbruk	168 g/kWh

Merk at maks pumpeindeks er 65 %, mens for samme motor i rev.3 er maks indeks 100 %. Det er altså lagt inn en skala forskyvning for indeksen, som virker noe underlig, men for vårt formål må vi uansett sammenligne registrerte data med tilsvarende referanse data, og forskyvningen har derfor liten betydning. Det bemerkes likevel at Kongsberg i sin beskrivelse av lastbegrensninger på HM bruker 100 % indeks som maksverdi. Dette blir følgelig 100 % av 65 % osv.

Elektrisk system

- 2 stk 850 kW diesel synkrongeneratorer
- 1 stk 1200 kW akselgenerator
- 1 stk 850 kW damp turbogenerator
- 1 stk 180 kW nødgenerator

Symbol/enheter - Simmotor

T = Temperatur i grader Celsius

G = Strømningsmengde i tonn per time (t/h)

P = Trykk i bar (stort sett manometertrykk)

ΔP = trykkfall (mm vannsøyle) (10 000 mm VS = 1 bar, dvs 100 mm VS = 0,01 bar)

MIP = Mean Indicated Pressure (bar)

TINJO = Time of Injection Opening (Dysenål åpner) (grader vv)

TIGN = Time og Ignition (Tenning) (grader vv)

P_{MAX} = Maksimaltrykk (bar)

P_{COMPR} = Kompresjonstrykk (bar)

P_{INJO} = Pressure Injection Opening (Brennstoff åpningstrykk) (bar)

P_{INJM} = Pressure Injection Max (Max innsprøytingstrykk) (bar)

L_{INJ} = Length of Injection (Grader vv) (Innsprøytingens varighet)

T_{MAX} = Gradetall for maxtrykk i sylinder

Oppgave 5.3.1 Driftskontroll - B&W 5L 90MC (Rev. 5)

Oppgave 1

Oppgaven gjelder drift av simulatormaskineriet - MAN B&W 5L90MC. Vi antar at motoren er installert i et seilende skip med "fixed pitch" propell.

Skipet har gjennomført en ballastreise, har tatt om bord last og bunkers, og er underveis på en lastreise. Beregnet reisetid er ca. 15 døgn.

Hovedmotor går med normal full belastning.

12 døgn etter avgang lastehavn blir det konstatert uregelmessigheter ved HM og det blir derfor foretatt en tilstandskontroll. Vedlegg 1 viser data fra tilstandskontrollen, mens vedlegg 2 og 3 viser data fra en tidligere tilstandskontroll ved samme nedlasting og der alle forhold var ok.

- a) Vurder motorens driftstilstand med sikte på å finne årsaken(e) til de observerte uregelmessighetene.
- b) Redegjør kort for mulige konsekvenser av fortsatt drift uten mottiltak.
- c) Gi din anbefaling for tiltak og videre drift av HM.

Oppgave 2

- a) Bruk data fra vedlegg 2 og lag en energibalanse for hovedkomponentene i turboladersystem nr. 2, dvs. kompressor, luftkjøler og turbin.
- b) Redegjør kort for sammenhengen mellom de beregnede energimengder.

I beregningene bruker du følgende spesifikke varme verdier:

Luft $c_p = 1,006$ kJ/kgK, avgass $c_p = 1,06$ kJ/kgK og vann $c = 4,2$ kJ/kgK.

Tilstandskontroll:

Barometric pressure: 1.00 bar
 ME speed: 74 RPM
 Index: 57.7 % (felles for alle syl.)

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5
14.6	16.5	16.4	16.4	16.5

Maximum pressures (barg):

1	2	3	4	5
117	125	124	125	124

Compression pressures: (bar)

1	2	3	4	5
100	104	103,4	104	103,3

Time of ignition:

1	2	3	4	5
5.4	4.6	4.7	4.6	4.7

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5
715	715	714	715	716

Time of injection:

1	2	3	4	5
- 1.4	- 1.3	- 1.4	- 1.4	- 1.3

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5
355	338	335	338	339

Turbine inlet 1: 400°C 2: 402°C

Turbine outlet 1: 281°C 2: 282°C

Exhaust gas pressures:

Receiver : 1.58 bar
 Turbine outlet 1: 253 mmWC 2: 258 mmWC

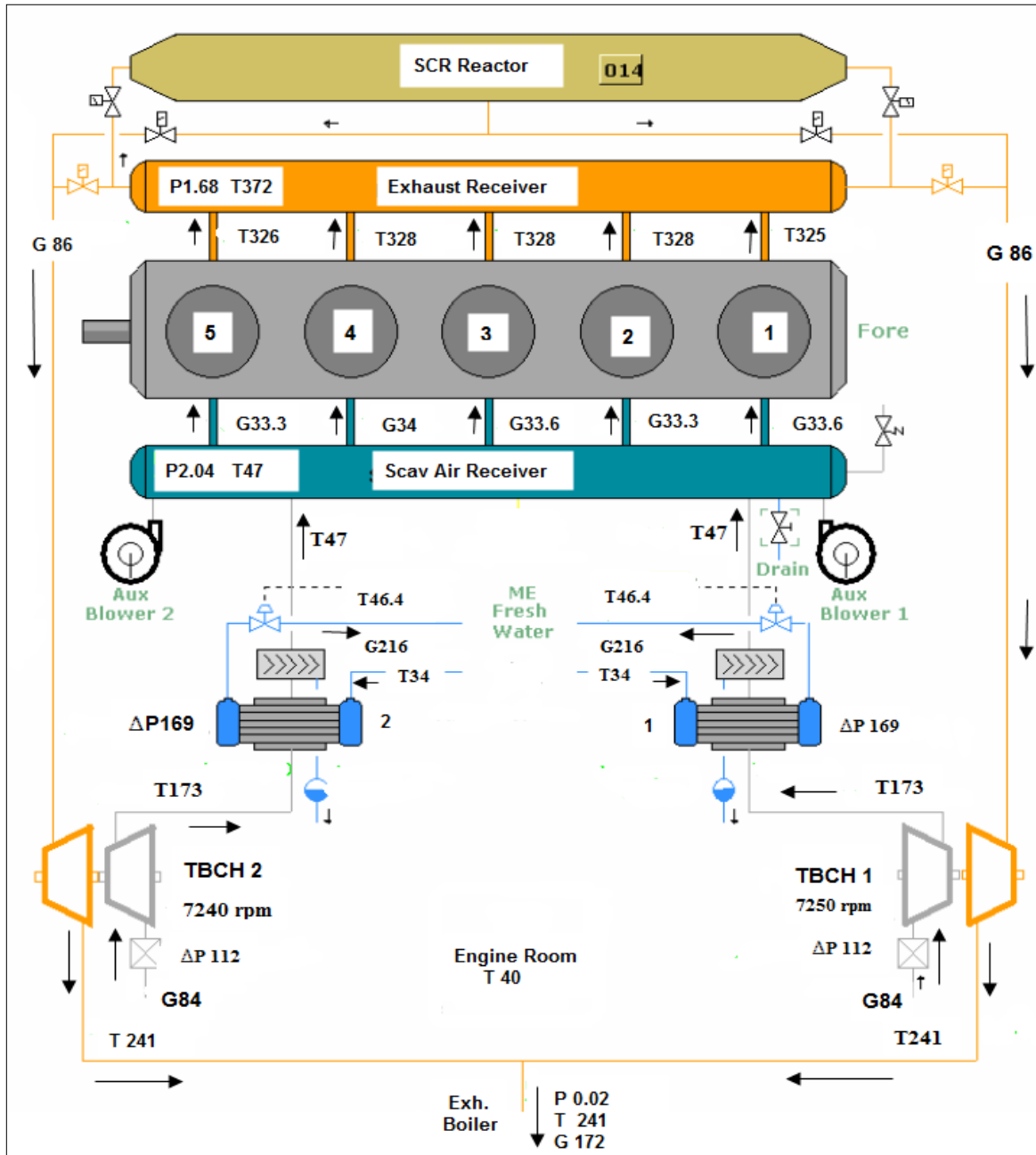
Turbochargers

Speed	1: 6700 RPM	2: 6750 RPM
Pressure drop filter	1: 112 mmWC	2: 115 mmWC
Pressure drop cooler	1: 175 mmWC	2: 171 mmWC
Scav. air pressure receiver	1.91 bar	
Scav. air temp.	47°C	
Compressor inlet	1: 38°C	2: 39°C
Before cooler	1: 178°C	2: 179°C
After cooler	1: 46°C	2: 47°C

Vedlegg 2 til 5.3.1

Figuren viser turboladerssystemet for B&W 5L90MC - skjematisk. Figuren er påført normale temperaturer, trykk og strømningsmengder etc. ved normal drift "Normal Continuous Rating" (NCR).

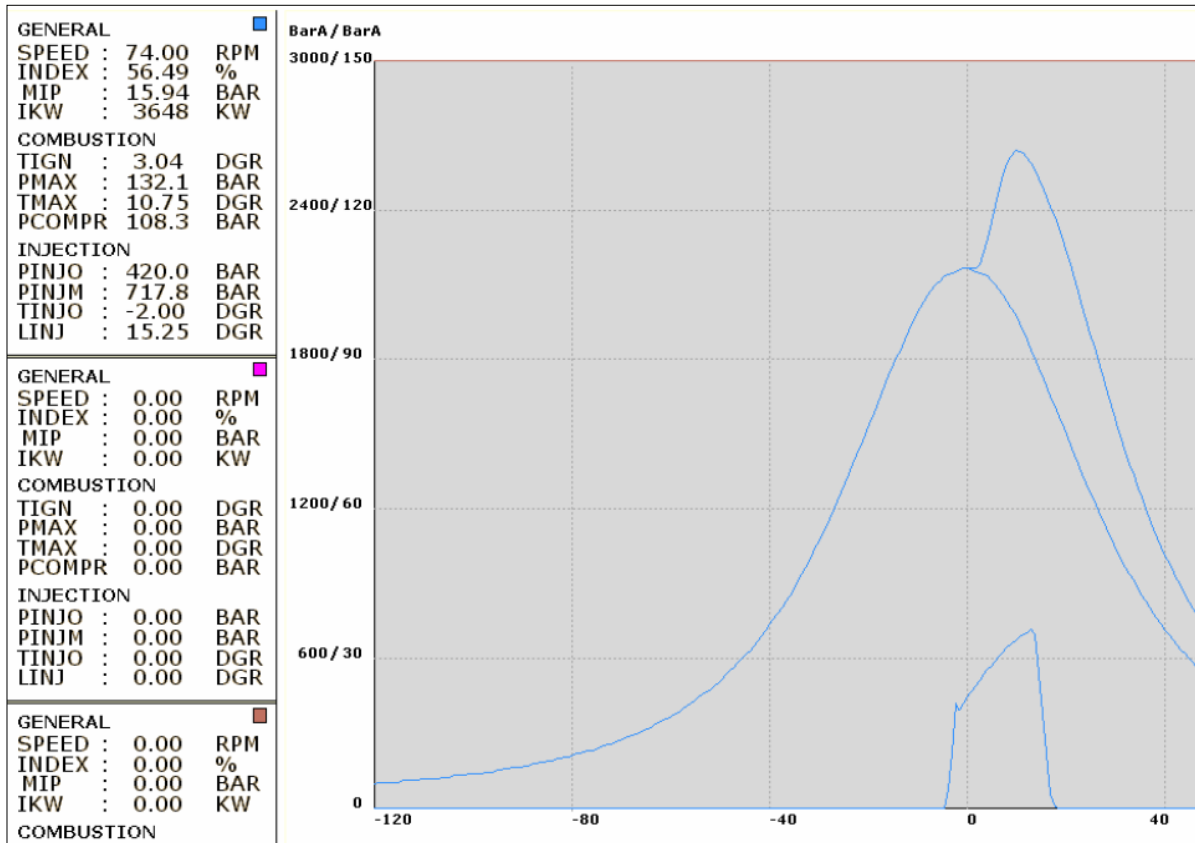
SCR reaktoren er ikke i drift



Vedlegg 3 til 5.3.1

Figuren viser indikering av en sylinder på B&W 5L90MC ved normal drift og alt OK.

Vi antar at indikering av de øvrige 4 sylindre viste samme resultat.



Oppgave 5.3.2 - Bunkring og bunkersberegning

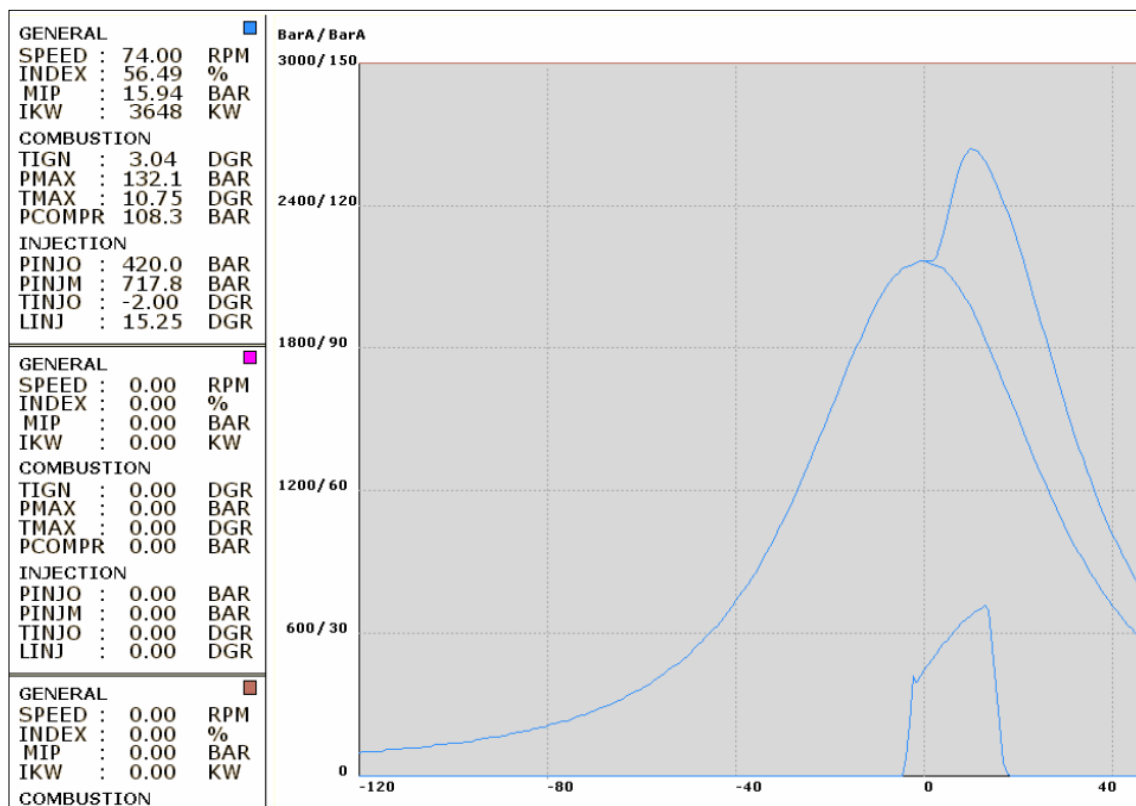
Oppgaven gjelder simulatormaskineriet - B&W 5L90MC. Vi antar at motoren er installert i et seilende skip med "fixed pitch" propell. Skipet skal foreta en lastreise på 9000 n. mil, motorturtall 74 rpm og fart 14,1 knop. Skipet skal bunkre før avreise

- Sett opp en prosedyre for bunkringen.
- Bruk data fra indikering vist under, samt evt. tilleggsdata og bestem nødvendig bunkersinntak for sjøreisen når vi antar at bunkerstankene var tomme ved ankomst bunkershavn.

Mottatt bunkers har følgende analyseverdier:

Spesifikk vekt (kg/m ³ - 15 °C)		986
Viskositet	cSt – 50 °C)	329
Vann	(%)	1,1
CCR	(%)	16,7
Svovel	(%)	2,87
Vanadium	MG/KG	202
Natrium	MG/KG	130
Al + Si	MG/KG	18
FE	MG/KG	26
NI	MG/KG	56
CA	MG/KG	12
Brennverdi:	(MJ/kg)	40

- Redegjør for behandling og bruk av mottatt bunkers, herunder mulige driftsproblemer.



Oppgave 5.3.3 Tilstandskontroll

Oppgaven gjelder drift av maskinroms-simulator - MAN B&W 5L90MC. (Sylinderdiameter $D = 0,9$ m og slaglengde $S = 2,9$ m). Vi antar at maskineriet er installert i et seilende skip med "fixed pitch" propell.

Skipet har gjennomført en ballastreise, har tatt om bord last og bunkers og er underveis på en lastreise, som er beregnet å vare ca. 15 døgn.

Hovedmotor går med normal full belastning (ca. 90 % av MCR) og planen er å starte bruk av mottatt bunkers etter ca. 3 døgn i sjøen.

Analyse av bunkret tungolje blir mottatt ca. 2 døgn etter avgang lastehavn og viser følgende verdier:

		Analyse	RMK 35
Tetthet	($\text{kg/m}^3 - 15\text{ °C}$)	997	1010
Viskositet	($\text{cSt} - 50\text{ °C}$)	191	390
Vann	(%)	0,3	1,0
CCR	(%)	13,9	22
Svovel	(%)	1,41	3,5
Aske	(%)	0,04	0,2
Vanadium	(ppm)	126	450
Natrium	(ppm)	40	-
Aluminium + silisium	(ppm)	50	60
CCAI		866	870

- a) Du er maskinsjef om bord og skal gi din vurdering og anbefalinger for behandling og bruk av mottatt bunkers før den tas i bruk.

Etter ca. 3 døgns drift med ny bunkers begynner motortilstanden gradvis å forverres. Det blir derfor foretatt en tilstandskontroll.

Vedlegg 1 viser registrerte data fra tilstandskontrollen og vedlegg 2 og 3 viser data fra en tidligere tilstandskontroll der alle forhold var ok.

- b) Vurder motorens driftstilstand med sikte på å finne årsaken(e) til uregelmessighetene.
- c) Foreslå tiltak for videre operasjon og drift av maskineriet

Tilstandskontroll:

Barometric pressure: 1 bar
 ME speed: 74 rpm
 Index: 57,5 % (felles indeks for alle syl.)

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5
16.3	16.2	15.5	16.4	16.3

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5
121	122	116	122	121

Compression pressures: (bar)

1	2	3	4	5
103	104	101	103.5	104

Time of ignition:

1	2	3	4	5
4.7	4.6	6.6	4.6	4.7

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5
710	705	690	705	710

Time of injection:

1	2	3	4	5
- 1,2	- 1,1	- 0,5	- 1,3	- 1,1

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5
340	338	365	348	347

Turbine inlet 1: 401 °C 2: 402 °C

Turbine outlet 1: 291 °C 2: 292 °C

Exhaust gas pressures:

Receiver : 1,68 bar

Turbine outlet 1: 283 mmWC 2: 282 mmWC

Turbochargers

Speed 1: 6400 RPM 2: 6450 RPM

Pressure drop filter 1: 140 mmWC 2: 145 mmWC

Pressure drop cooler 1: 195 mmWC 2: 199 mmWC

Scav. air pressure receiver 1,85 bar

Scav. air temp. 47°C

Compressor inlet 1: 38°C 2: 39°C

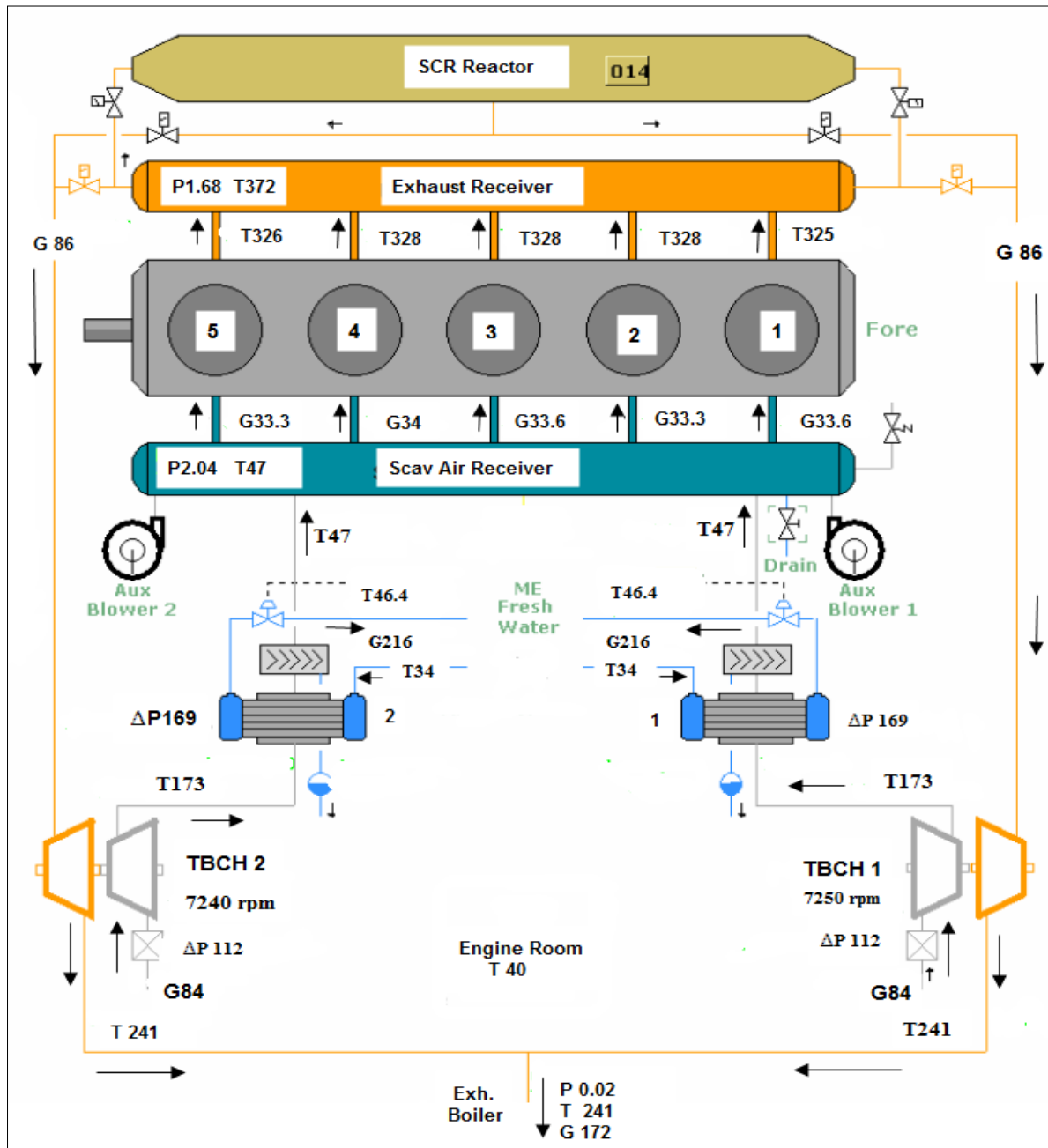
Before cooler 1: 183°C 2: 184°C

After cooler 1: 46°C 2: 47°C

Vedlegg 2 (5.3.3)

Vedlegg 2 viser ”ME Turbocharger System” for MAN B&W 5LMC90, med påførte data for normal drift av motoren – ”Full ahead, fixed pitch”. SCR reaktoren er ikke i drift.

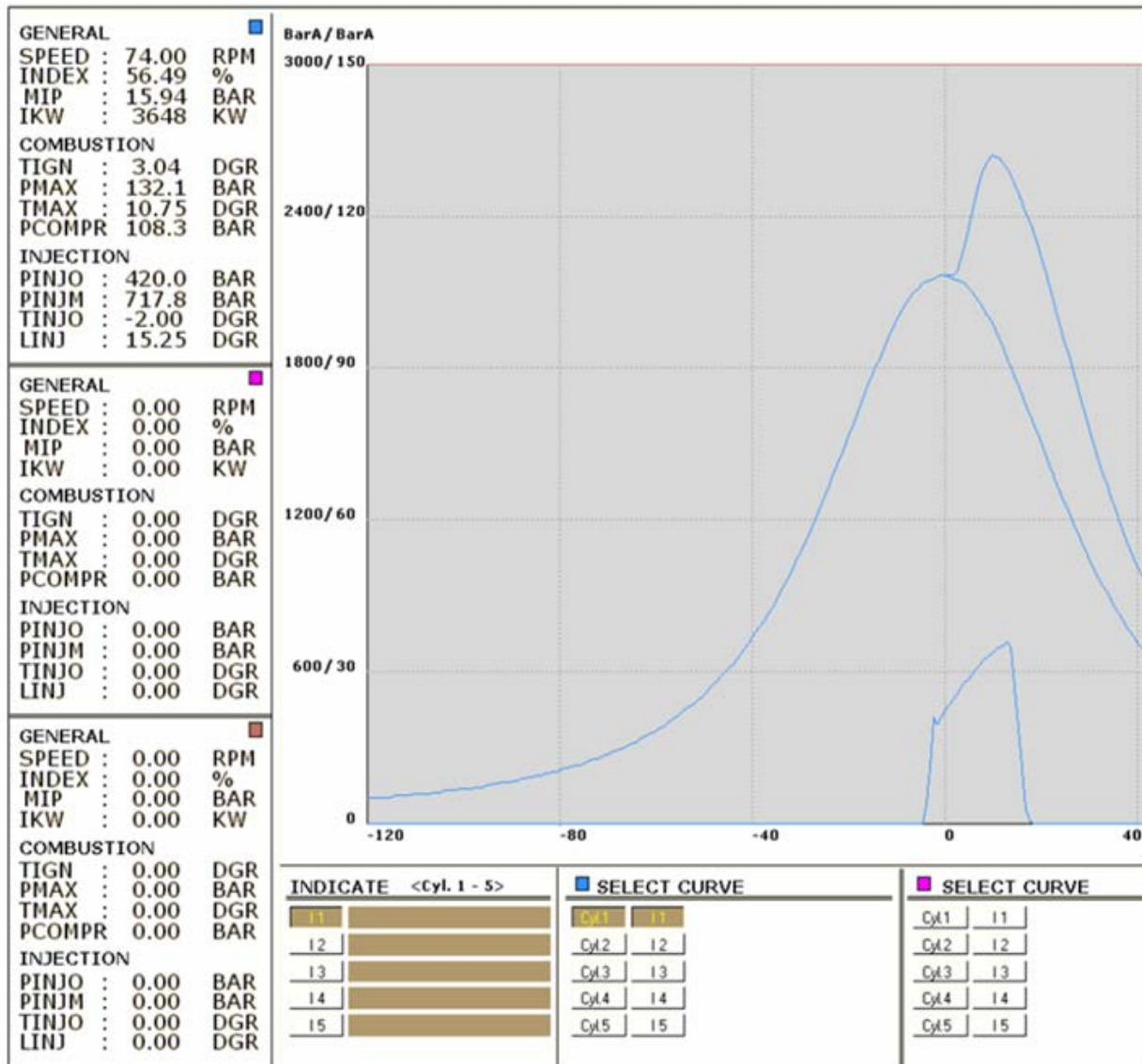
ME Turbocharger System



Vedlegg 3 (5.3.3)

Vedlegg 3 viser utsnitt av ”ME Cylinder Indication”, sylinder nr. 1 på simulator maskineriet – MAN B&W 5LMC90 versjon 5.

Vi antar at de øvrige 4 sylindrene har like driftsdata.



Oppgave 5.3.4

Oppgaven gjelder drift av maskinroms-simulator - MAN B&W 5L90MC. (Sylinderdiameter $D = 0,9$ m og slaglengde $S = 2,9$ m). Vi antar at maskineriet er installert i et seilende skip med "fixed pitch" propell.

Skipet er på reise fra LA i USA og det oppstår uregelmessigheter ved HM. Det blir derfor foretatt en tilstandskontroll av hovedmotor. Kontrollen blir foretatt etter rutinemessig vedlikehold av luft- og avgass-systemet.

- a) Vurder motorens tilstand ut fra tilstandskontrollen i vedlegg nr.1.
Bruk tilstands rapport, vedlegg 2 som referanse.
- b) Under land i LA ble det foretatt ettersyn og vedlikehold av VIT – systemet til hovedmotor. Du har med deg en motormann på jobben som spør:

”Hvordan virker egentlig dette systemet, og hva er fordelene (e) med det?”
Gi en forklaring til motormannen. Bruk gjerne skisser.

2 døgn etter avgang LA mottar du bunkersanalysen fra DnV. (se data under)

- c) Vurder bunkersen ut fra analyseresultatet med hensyn til:
- Optimal forbehandling
 - Mulige driftsproblemer

Bunkersanalyse:

Density at 15 °C	1002.0	kg/m ³
Viscosity at 50 °C	290	mm ² /s
Water	0.7	%
MCR	18	%
Sulphur	1,3	%
TSP	0,14	%
Ash	0,07	%
Vanadium	120	mg/kg
Aluminium + Silicon	45	mg/kg

ISO Standard 8217-2005	RMK 380	
Density at 15 °C	1010	kg/m ³
Viscosity at 50 °C	380	mm ² /s
Water	0,5	%
MCR	20	%
Sulphur	3,5	%
TSP	0,10	%
Ash	0,15	%
Vanadium	450	mg/kg
Aluminium + Silicon	60	mg/kg

Tilstandskontroll

Vedlegg 1 (5.3.4)

Barometric pressure: 1 bar

ME speed: 74 rpm

Index: 57,6 % (felles indeks for alle syl.)

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5
14,6	16,2	16,2	16,2	15,3

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5
122	127	128	127	123

Compression pressures: (bar)

1	2	3	4	5
106	106	106	106	106

Time of ignition:

1	2	3	4	5
4,6	4,2	4,2	4,2	4,4

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5
680	720	720	720	670

Time of injection:

1	2	3	4	5
-0,6	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5
366	356	354	353	370

Turbine inlet 1: 395 °C 2: 395 °C

Turbine outlet 1: 260 °C 2: 260 °C

Exhaust gas pressures:

Receiver : 1,62 bar

Turbine outlet 1: 0,01 bar 2: 0,01 bar

Turbochargers

Speed 1: 7400 RPM 2: 7480 RPM

Pressure drop filter 1: 100 mmWC 2: 100 mmWC

Pressure drop cooler 1: 150 mmWC 2: 150 mmWC

Scav. air pressure receiver 1,95 bar

Scav. air temp. 46 °C

Compressor inlet 1: 43 °C 2: 43 °C

Before cooler 1: 180 °C 2: 180 °C

Vedlegg 2 (5.3.4)

Referansedata

Barometric pressure: 1 bar
 ME speed: 74 rpm
 Index: 55,5 % (felles indeks for alle syl.)

Mean indicated pressures (bar):

	1	2	3	4	5
	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7

Maximum pressures (bar):

	1	2	3	4	5
	128,0	128,2	128,4	128,1	128,2

Compression pressures: (bar)

	1	2	3	4	5
	102,7	102,7	102,7	102,6	102,5

Time of ignition:

	1	2	3	4	5
	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4

Maximum injection pressures (bar):

	1	2	3	4	5
	715	715	715	715	714

Time of injection:

	1	2	3	4	5
	- 2,9	- 2,9	- 2,9	- 2,9	- 2,9

Exhaust gas temperatures (°C):

	1	2	3	4	5
	347	349	349	349	347

Turbine inlet 1: 388 °C 2: 388 °C

Turbine outlet 1: 255 °C 2: 255 °C

Exhaust gas pressures:

Receiver : 1,56 bar

Turbine outlet 1: 0,01 bar 2: 0,01 bar

Turbochargers

Speed	1: 7140 RPM	2: 7145 RPM
Pressure drop filter	1: 95 mmWC	2: 95 mmWC
Pressure drop cooler	1: 140 mmWC	2: 140 mmWC

Scav. air pressure receiver 1,88 bar

Scav. air temp. 46 °C

Compressor inlet 1: 43 °C 2: 43 °C

Before cooler 1: 177 °C 2: 177 °C

After cooler 1: 46 °C 2: 46 °C

Oppgave 5.3.5

Oppgaven gjelder drift av simulatormaskineriet - MAN B&W 5LMC90. Vi antar at motoren er installert i et seilende skip med "fixed pitch" propell.

Skipet har gjennomført en lastreise og er underveis på en ballastreise.

Hovedmotor går med normal full belastning for ballastkondisjon

Det blir konstatert uregelmessigheter ved HM og det blir derfor foretatt en tilstandskontroll. Vedlegg 1 viser data fra tilstandskontrollen, mens vedlegg 2 viser data fra en tidligere tilstandskontroll med samme nedlasting, der alle forhold var ok.

- a) Vurder de avleste parameter med sikte på å finne årsaken(e) til uregelmessighetene og forklar kort hva de ulike parameteravvik "forteller" om motortilstanden.
- b) Hvilke tiltak vil du foreslå iverksatt?

Referanse – Full ahead ballast

Barometric pressure: 1 bar
 ME speed: 74 rpm
 Index: 47.8 % (antas lik for alle sylindre)

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5
13.8	13.8	13.8	13.8	13.8

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5
116	116	116	116	116

Compression pressures:

1	2	3	4	5
91.5	91.5	91.5	91.5	91.5

Time of ignition:

1	2	3	4	5
2.55	2.55	2.55	2.55	2.55

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5
696	696	696	696	696

Time of injection:

1	2	3	4	5
- 3.2	- 3.2	- 3.2	- 3.2	- 3.2

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5
339	341	341	342	339

Turbine inlet 1: 375 °C 2: 375 °C

Turbine outlet 1: 252 °C 2: 252 °C

Exhaust gas pressures:

Receiver : 1.31 bar gauge

Turbine outlet 1: 100 mmWC 2: 100 mmWC

Turbochargers

Speed 1: 6550 RPM 2: 6650 RPM

Pressure drop filter 1: 70 mmWC 2: 79 mmWC

Pressure drop cooler 1: 105 mmWC 2: 105 mmWC

Scav. air pressure receiver 1.57 bar gauge

Scav. air temp. 42 °C

Compressor inlet 1: 40 °C 2: 40 °C

Before cooler 1: 165 °C 2: 165 °C

After cooler 1: 42 °C 2: 42 °C

Tilstandskontroll: (full ahead ballast)

Barometric pressure: 1 bar
 ME speed: 74 rpm
 Index: 50.2 % (antas lik for alle sylindre)

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5
11.5	14.5	14.6	14.7	14.6

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5
110	123	120	121	122

Compression pressures:

1	2	3	4	5
95.2	95.1	95.3	95.5	95.4

Time of ignition:

1	2	3	4	5
2.1	0.7	0.8	0.9	0.7

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5
544	700	690	702	701

Time of injection:

1	2	3	4	5
- 4.9	- 4.8	- 4.7	- 4.6	- 4.8

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5
390	359	350	348	352

Turbine inlet	1: 390 °C	2: 390 °C
Turbine outlet	1: 260 °C	2: 260 °C

Exhaust gas pressures:

Receiver	: 1.4 bar gauge	
Turbine outlet	1: 100 mmWC	2: 100 mmWC

Turbochargers

Speed	1: 6800 RPM	2: 6750 RPM
Pressure drop filter	1: 76 mmWC	2: 75 mmWC
Pressure drop cooler	1: 115 mmWC	2: 116 mmWC

Scav. air pressure receiver	1.67 bar gauge	
Scav. air temp.	44 °C	
Compressor inlet	1: 40 °C	2: 40 °C
Before cooler	1: 172 °C	2: 173 °C
After cooler	1: 44 °C	2: 44 °C

Oppgave 5.3.6 (oppg 3.1 vår 11)

Oppgave

Oppgaven gjelder drift av simulator - MAN B&W 5L90MC. (Sylinderdiameter $D = 0,9$ m og slaglengde $S = 2,9$ m). Vi antar at maskineriet er installert i et seilende skip med "fixed pitch" propell.

Skipet har gjennomført en ballastreise, har tatt om bord last og bunkers og er underveis på en lastreise, beregnet reisetid er ca. 15 døgn.

Mottatt bunkers er bestilt etter ISO standard RMK 380 og analyseverdier mottas 1 døgn etter avgang lastehavn, se tabell under.

Hovedmotor går med normal full belastning (ca 90 % av MCR) og planen er å ta i bruk ny bunkers etter ca. 2 døgn i sjøen.

Hjm skal normalt gå på tungolje.

Data for mottatt bunkers:

		Analyse	RMK 35
Tetthet	($\text{kg/m}^3 - 15\text{ }^\circ\text{C}$)	997	1010
Viskositet	($\text{cSt} - 50\text{ }^\circ\text{C}$)	291	380
Vann	(%)	0,8	0,5
CCR	(%)	13,9	20
Svovel	(%)	2,4	3,5
Aske	(%)	0,04	0,15
Vanadium	(ppm)	126	450
Natrium	(ppm)	40	-
Aluminium + silisium	(ppm)	30	60
CCAI		855	870

d) Vurder mottatt bunkers, herunder behandling og bruk.

Etter ca. 5 døgn drift med ny bunkers begynner motortilstanden gradvis å forverres. Det blir derfor foretatt en tilstandskontroll. Vedlegg 1 viser registrerte data fra tilstandskontrollen, vedlegg 2 og 3 viser data fra en tidligere tilstandskontroll der alle forhold var ok.

Det er lite vind og strøm i området under tilstandskontrollen.

e) Vurder motorens driftstilstand og redegjør deretter kort for mulige konsekvenser av videre drift uten mottiltak.

f) Gi din anbefaling for videre drift av hovedmotor.

Tilstandskontroll:

Barometric pressure: 1 bar
 ME speed: 74 rpm
 Index: 58.4 % (antas lik for alle sylindre)

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5
16.6	16.5	15.5	16.4	16.5

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5
123	123	118	123	122

Compression pressures:

1	2	3	4	5
102	103	103	102	103

Time of ignition:

1	2	3	4	5
4.5	4.6	5.7	4.6	4.7

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5
713	710	690	712	711

Time of injection:

1	2	3	4	5
- 1.2	- 1.1	- 1.2	- 1.2	- 1.1

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5
355	348	375	358	357

Turbine inlet 1: 410 °C 2: 412 °C

Turbine outlet 1: 291 °C 2: 292 °C

Exhaust gas pressures:

Receiver : 1.68 bar gauge

Turbine outlet 1: 253 mmWC 2: 255 mmWC

Turbochargers

Speed 1: 6700 RPM 2: 6650 RPM

Pressure drop filter 1: 120 mmWC 2: 115 mmWC

Pressure drop cooler 1: 172 mmWC 2: 169 mmWC

Scav. air pressure receiver 1,91 bar gauge

Scav. air temp. 47 °C

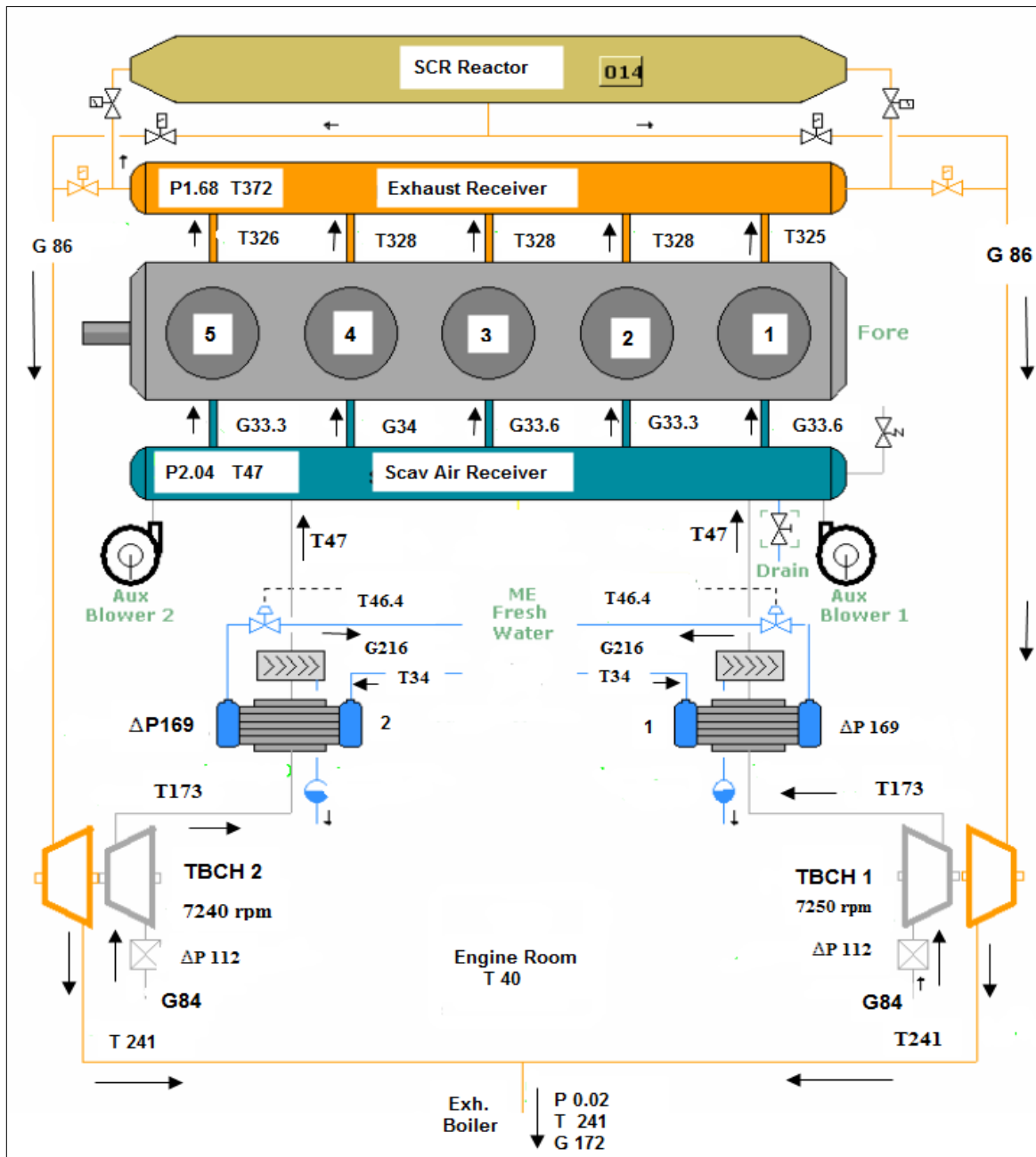
Compressor inlet 1: 38 °C 2: 39 °C

Before cooler 1: 183 °C 2: 184 °C

After cooler 1: 46°C 2: 47°C

Figuren viser turboladerssystemet for MAN B&W 5L90MC - skjematisk. På figuren er det påført normale temperaturer, trykk og strømningsmengder etc. ved normal drift "Normal Continuous Rating" (NCR).

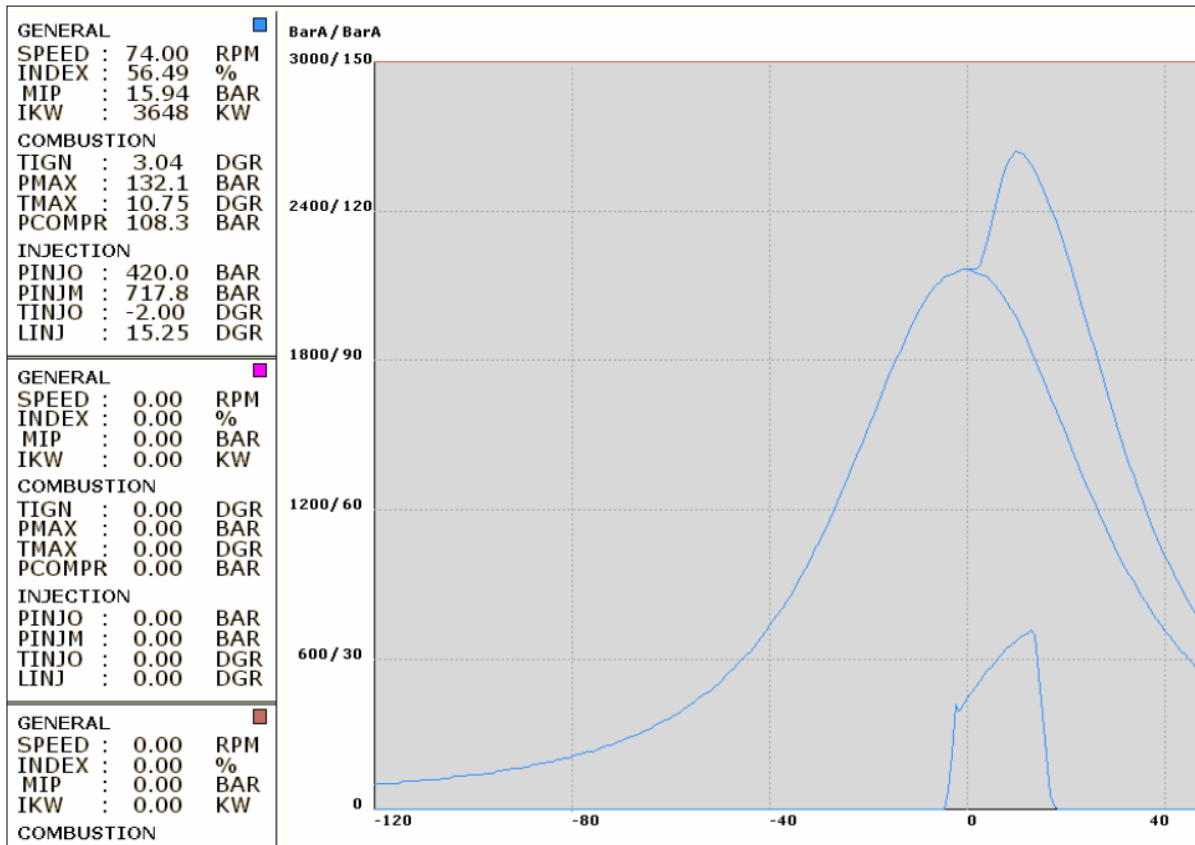
SCR reaktoren er ikke i drift



Vedlegg 3 (5.3.6)

Figuren viser indikering av en sylinder på MAN B&W 5L90MC ved normal drift og alt OK.

Vi antar at indikering av de øvrige 4 sylindrene viste samme resultat.



Oppgave 5.3.7

Oppgaven gjelder drift av simulatormaskineriet - MAN B&W 5L90MC. Vi antar at motoren er installert i et seilende skip med "fixed pitch" propell.

Skipet har gjennomført en lastreise og er underveis på en ballast reise. Beregnet reisetid er ca. 15 døgn.

Hovedmotor går med normal full belastning.

10 døgn etter avgang blir det observert en gradvis forverring av driftstilstanden og det blir derfor foretatt en tilstandskontroll. Vedlegg 1 viser data fra tilstandskontrollen og vedlegg 2 viser data fra en tidligere tilstandskontroll med samme nedlasting der alle forhold var ok.

- a) Sammenlign alle registrerte parameter med tilsvarende referanseparameter og redegjør kort for hva de ulike parameteravvik "forteller" om motortilstanden.
- b) List opp hva du mener er galt med motoren, begrunn svaret kort.
- c) Angi mulig konsekvens av fortsatt drift uten tiltak.
- d) Foreslå tiltak (begrunn svaret kort).

Referanse – (Full ahead ballast)

Vedlegg 1 (5.3.7)

Barometric pressure: 1 bar
 ME speed: 74 rpm
 Index: 47.8 % (antas lik for alle sylindre)

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5
13.7	13.8	13.9	13.7	13.9

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5
117	118	117	116	116

Compression pressures:

1	2	3	4	5
91.5	92	92	91	91.5

Time of ignition:

1	2	3	4	5
2.60	2.55	2.60	2.55	2.55

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5
695	700	695	695	700

Time of injection:

1	2	3	4	5
- 3.1	- 3.2	- 3.2	- 3.1	- 3.1

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5
340	344	342	344	340

Turbine inlet	1: 375 °C	2: 375 °C
Turbine outlet	1: 253 °C	2: 252 °C

Exhaust gas pressures:

Receiver	: 1.31 bar gauge	
Turbine outlet	1: 100 mmWC	2: 100 mmWC

Turbochargers

Speed	1: 6530 RPM	2: 6650 RPM
Pressure drop filter	1: 70 mmWC	2: 75 mmWC
Pressure drop cooler	1: 110 mmWC	2: 105 mmWC

Scav. air pressure receiver	1.57 bar gauge	
Compressor inlet	1: 40 °C	2: 40 °C
Before cooler	1: 167 °C	2: 165 °C
After cooler	1: 44 °C	2: 44 °C

Tilstandskontroll: (full ahead ballast)

Barometric pressure: 1 bar
 ME speed: 74 rpm
 Index: 50.5 % (antas lik for alle sylindre)

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5
14.7	14.8	14.9	14.9	14.8

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5
120	123	120	121	122

Compression pressures:

1	2	3	4	5
92	93	91	92	92

Time of ignition:

1	2	3	4	5
1.2	1.3	1.2	1.1	1.2

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5
700	690	700	702	701

Time of injection:

1	2	3	4	5
- 4.8	- 4.6	- 4.7	- 4.8	- 4.7

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5
380	375	380	382	378

Turbine inlet	1: 397 °C	2: 396 °C
Turbine outlet	1: 282 °C	2: 274 °C

Exhaust gas pressures:

Receiver	: 1.4 bar gauge	
Turbine outlet	1: 180 mmWC	2: 180 mmWC

Turbochargers

Speed	1: 6200 RPM	2: 6600 RPM
Pressure drop filter	1: 76 mmWC	2: 85 mmWC
Pressure drop cooler	1: 115 mmWC	2: 123 mmWC

Scav. air pressure receiver	1.59 bar gauge	
Compressor inlet	1: 39 °C	2: 39 °C
Before cooler	1: 170 °C	2: 171 °C
After cooler	1: 45 °C	2: 45 °C

Oppgave 5.3.8

Oppgaven gjelder drift av M/T Simulator, med maskineri MAN B&W 5L90MC. (Sylinderdiameter $D = 0,9$ m og slaglengde $S = 2,9$ m). Maskineriet er koplet til en "fixed pitch" propell.

Skipet har gjennomført en ballastreise, har tatt om bord last og bunkers og er underveis på en lastreise, beregnet reisetid er ca. 18 døgn.

Mottatt bunkers er bestilt etter ISO standard RMK 380 og analyseverdier mottas 2 døgn etter avgang lastehavn, se tabell under.

Hovedmotor går med normal full belastning (ca. 90 % av MCR) og planen er å ta i bruk ny bunkers etter ca. 3 døgn i sjøen.

Hjm skal normalt gå på tungolje.

Data for mottatt bunkers:

		Analyse	RMK 380
Tetthet	($\text{kg/m}^3 - 15\text{ °C}$)	995	1010
Viskositet	($\text{cSt} - 50\text{ °C}$)	270	380
Vann	(%)	0,5	0,5
MCR	(%)	15,9	20
Svovel	(%)	2,8	3,5
TSP	(%)	0,05	0,10
Aske	(%)	0,05	0,15
Vanadium	(ppm)	120	450
Natrium	(ppm)	60	-
Aluminium + silisium	(ppm)	55	60
CCAI		860	870

g) Vurder bunkersanalysen og gi din anbefaling for behandling av mottatt bunkers.

Etter ca. 5 døgn drift med ny bunkers begynner motortilstanden gradvis å forverres. Det blir derfor foretatt en tilstandskontroll. Vedlegg 1 viser registrerte data fra tilstandskontrollen og vedlegg 2 viser data fra en tidligere tilstandskontroll der alle forhold var ok.

Det er lite vind og strøm i området under tilstandskontrollen.

h) Vurder motorens driftstilstand. (Begrunn svarene).

i) Vurder mulige årsaker til at motortilstanden gradvis forverres.

j) Gi din anbefaling for videre drift av hoved- og hjelpemotorer.

Tilstandskontroll: (5.3.8)

Barometric pressure: 1 bar
 ME speed: 74 rpm
 Index: 58.4 % (antas lik for alle sylindre)

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5
15.3	16.8	16.7	16.5	16.6

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5
117	124	125	126	125

Compression pressures:

1	2	3	4	5
102.0	101.9	102.1	102.2	102.1

Time of ignition:

1	2	3	4	5
5.7	4.6	4.5	4.6	4.7

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5
660	710	713	712	711

Time of injection:

1	2	3	4	5
- 1.2	- 1.1	- 1.2	- 1.2	- 1.1

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5
385	352	359	354	357

Turbine inlet	1: 410 °C	2: 412 °C
Turbine outlet	1: 291 °C	2: 292 °C

Exhaust gas pressures:

Receiver	: 1.62 bar gauge	
Turbine outlet	1: 253 mmWC	2: 255 mmWC

Turbochargers

Speed	1: 6700 RPM	2: 6650 RPM
Pressure drop filter	1: 120 mmWC	2: 115 mmWC
Pressure drop cooler	1: 172 mmWC	2: 169 mmWC

Scav. air pressure receiver	1,91 bar gauge	
Scav. air temp.	47 °C	
Compressor inlet	1: 38 °C	2: 39 °C
Before cooler	1: 183 °C	2: 184 °C
After cooler	1: 46°C	2: 47°C

Referansetilstand (5.3.8)

Barometric pressure: 1 bar
 ME speed: 74 rpm
 Index: 56.5 % (antas lik for alle sylindre)

Mean indicated pressures (bar):

1	2	3	4	5
16	16	16	16	16

Maximum pressures (bar):

1	2	3	4	5
132	132	132	132	132

Compression pressures:

1	2	3	4	5
108	107.5	108	107.5	108

Time of ignition:

1	2	3	4	5
3.1	3.1	3.1	3.1	3.1

Maximum injection pressures (bar):

1	2	3	4	5
717	717	717	717	717

Time of injection:

1	2	3	4	5
- 2.0	- 2.0	- 2.0	- 2.0	- 2.0

Exhaust gas temperatures (°C):

1	2	3	4	5
325	327	326	328	327

Turbine inlet 1: 372 °C 2: 372 °C

Turbine outlet 1: 241 °C 2: 241 °C

Exhaust gas pressures:

Receiver : 1.68 bar gauge

Turbine outlet 1: 200 mmWC 2: 200 mmWC

Turbochargers

Speed 1: 7250 RPM 2: 7250 RPM

Pressure drop filter 1: 112 mmWC 2: 112 mmWC

Pressure drop cooler 1: 169 mmWC 2: 169 mmWC

Scav. air pressure receiver 2.04 bar gauge

Scav. air temp. 47 °C

Compressor inlet 1: 40 °C 2: 40 °C

Before cooler 1: 173 °C 2: 173 °C

After cooler 1: 47 °C 2: 47 °C

