

MTETS-01

LEKTION 2

OPSAMLING VARMEVEKSLER OG EFFEKTIVITETS METODE

LMTD Metode

De 3 ligninger for en varmeveksler:

$$Q = \dot{m} \cdot \Delta h \quad [\text{kW}] \quad \text{Energibevarelse}$$

$$Q = U \cdot A \cdot \text{LMTD} \quad [\text{kW}] \quad \text{Varmeoverførsel}$$

$$Q = \dot{m} \cdot \Delta h \quad [\text{kW}] \quad \text{Energibevarelse}$$

$$\text{Hvor : LMTD} = (\text{DT}_a - \text{DT}_b) / \ln(\text{DT}_a / \text{DT}_b)$$

Effektivitetsmetode

De 3 ligninger for en varmeveksler:

$$Q = \dot{m} \cdot \Delta h \quad [\text{kW}] \quad \text{Energibevarelse}$$

$$Q = Q_{\text{ideal}} \cdot \eta \quad [\text{kW}] \quad \text{Varmeoverførsel}$$

$$Q = \dot{m} \cdot \Delta h \quad [\text{kW}] \quad \text{Energibevarelse}$$

varmevekslereffektivitet kan skrives som:

$$\eta = Q_{\text{act}} / Q_{\text{ideal}}$$

$$Q_{\text{ideal}} = \dot{m}_{\text{varm}} C_{p\text{varm}} * (T_{\text{varm_ind}} - T_{\text{kold_ind}})$$

Hvor η = Varmevekslerens effektivitet Q_{act} = Mængden af varme, der overføres i den fysiske varmeveksler

<https://themachine.science/heat-exchanger-efficiency/>



REGNEØVELSE – FJERNVARMEEVEKSLER

(DENNE SAMME OPGAVE SOM SIDSTE UGE MEN NU MED EFFEKTIVITETS METODE)

Vi skal i brusebad – hvad bliver temperaturen?

$m_{fjv} = 350 \text{ l/h}$ [læg mærke til enhederne og omregn]

$m_{bruser} = 10 \text{ l/minut}$

$\eta = 0,6$

$T_{fjv \text{ ind}} = 60^\circ\text{C}$

$T_{vand_ind} = 10^\circ\text{C}$

- Vi diskutere jeres erfaringer

MTETS-01 PENSUM

HVERT LEKTIONSNUMMER DÆKKER OVER 4 UNDERVISNINGSTIMER

1: Varmeveksler, LMTD og AMTD, Kondensator, Kompressor, Eta_is, ikke ideelle komponenter

2: Sammensatte komponentmodeller, tryktab og intern varmeveksling, P&ID, model af system - pulverlakering.

3: Overhedningsmodel for kondensator, Kondensatormodel, at sætte komponenter sammen

4 – Caseopgave 1

5: Kraftværker, Rankine og CC. Fødevarandsforvarmer og genoverhedning, Kraftværk med røggassystem, SCR, ESP og LUFO.

6: Off-design af varmevekslere og et simpelt kraftværk, Dimensionering af pumper og blæsere

7 – Caseopgave 2

8: Modeller af Reguleringsystemer

9: Tørreprocesser og fugtig luft

10: Pinch og varmevekslernetværk

11: Elektrolyse og PTX

12: Driftoptimering

13 – Caseopgave 3

14: Øve eksamen

EES VIDEOER

- NYE LINK DE VIRKER IKKE MERE

EES Basis: <https://www.youtube.com/watch?v=d7TKfXoi77A>

EES Diagram vindue: <https://www.youtube.com/watch?v=nyLPOAEYTOs>

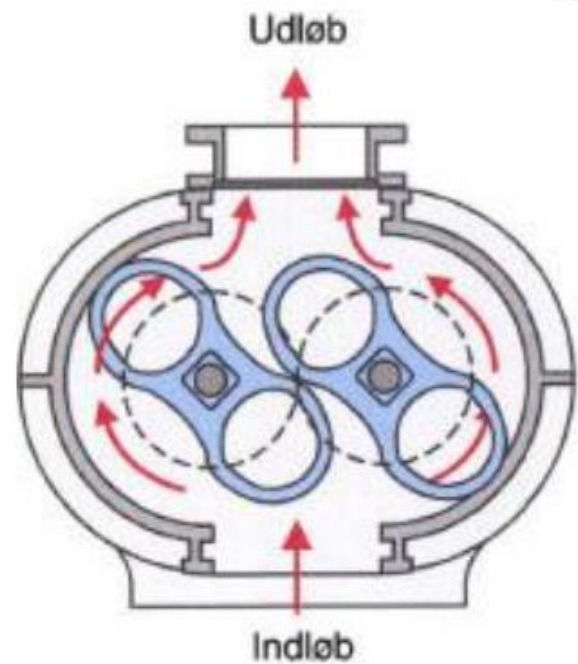
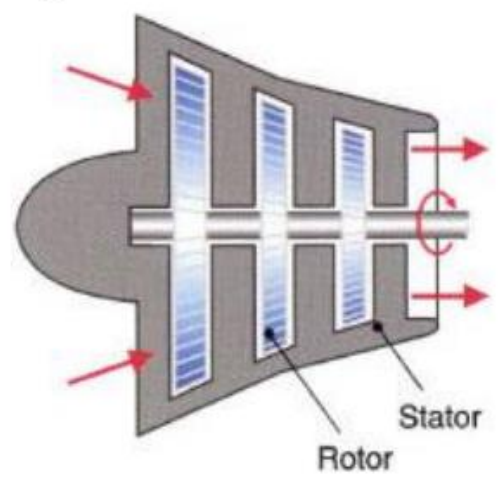
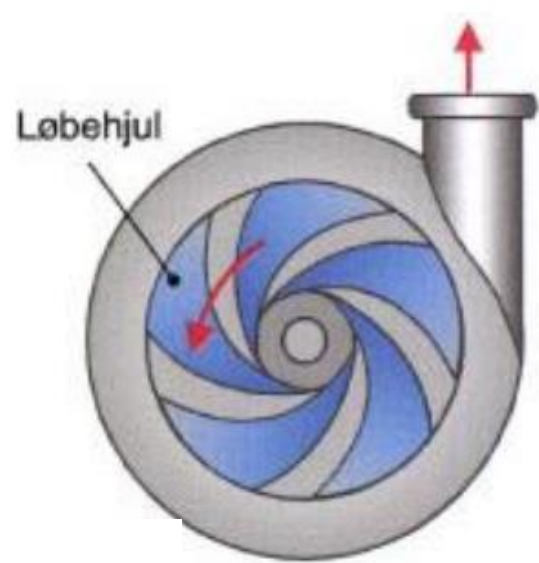
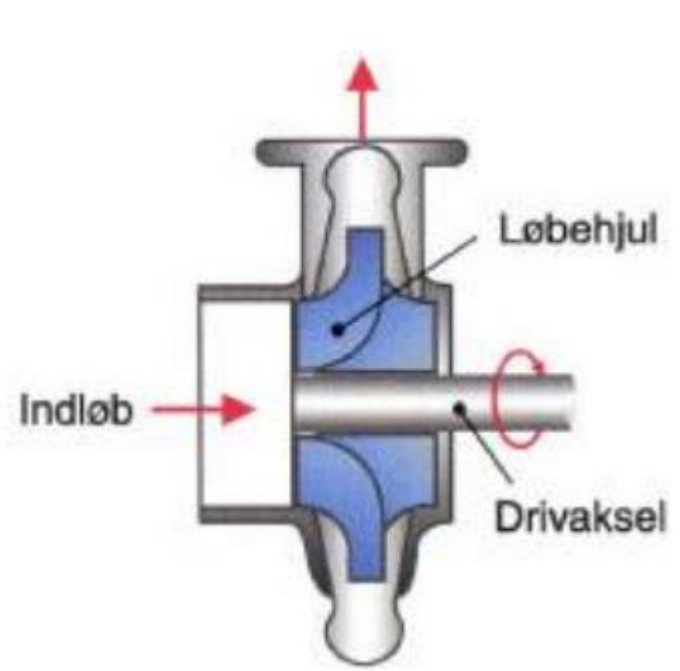
At bruge EES effektivt: <https://www.youtube.com/watch?v=pmlv30t3cLk>

Property plots i EES: <https://www.youtube.com/watch?v=ptkqj18ZJ7o>

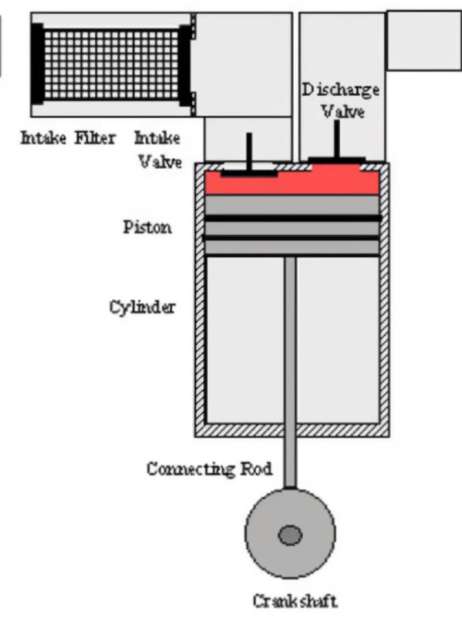
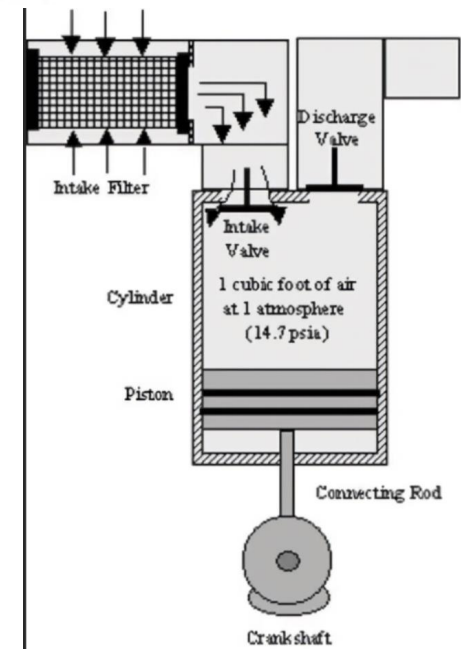
Søg evt. på Gregory Nellis og EES (han er rigtig god, men dog noget tør)

P&ID: <https://www.youtube.com/watch?v=j4EOTerfyTY>

KOMPRESSORER – HVORDAN VIRKER DE?



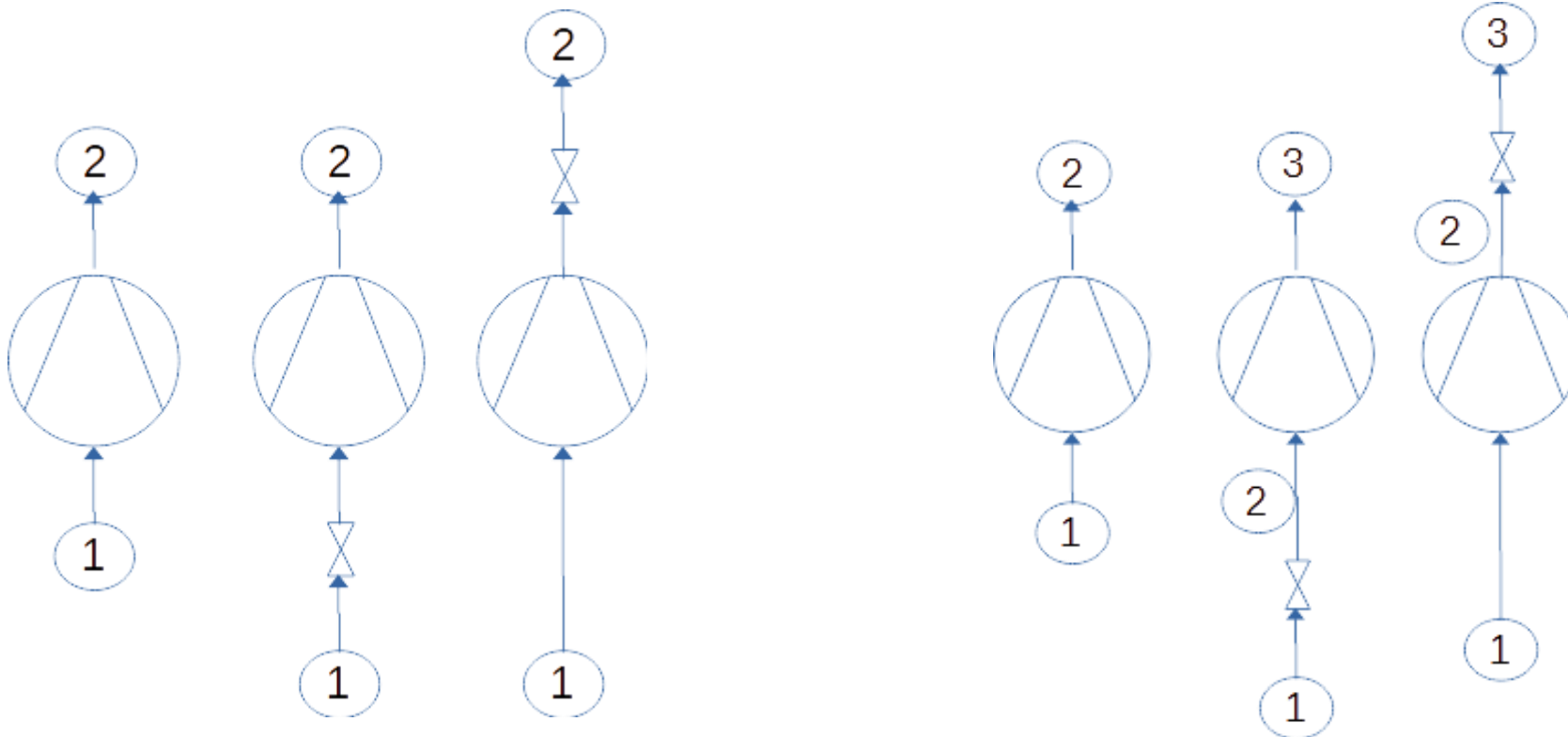
ANDERSEN



KOMPRESSOR MED INTERN TRYKTAB

1: NUMMERERING AF MODELLER?

2: SPØRGSMÅL: HVAD ER VÆRST?



LØSNING TIL OPGAVE FRA SIDSTE UGE - DEN SKAL VI BRUGE OM LIDT

$$\dot{m} = 0,05$$

$$P_1 = 200$$

$$x_1 = 1$$

$$h_1 = \text{enthalpy}(\text{R134a}, P=P_1; x=x_1)$$

$$s_1 = \text{entropy}(\text{R134a}, P=P_1; x=x_1)$$

$$\eta_s = 0,7$$

$$P_2 = 800$$

$$h_2 = \text{enthalpy}(\text{R134a}, P=P_2; s=s_1)$$

$$\eta_s = (h_2 - h_1) / (h_{2s} - h_1)$$

$$W = (h_2 - h_1) \cdot \dot{m}$$

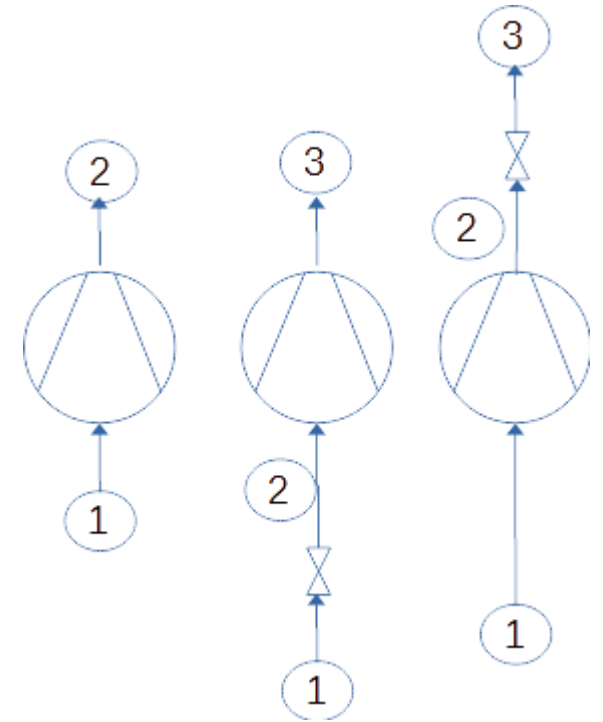
KOMPRESSOR MED INTERN TRYKTAB

Regneøvelse:

med udgangspunkt i modellen
fra sidste gang.

tryktab = 50 kPa

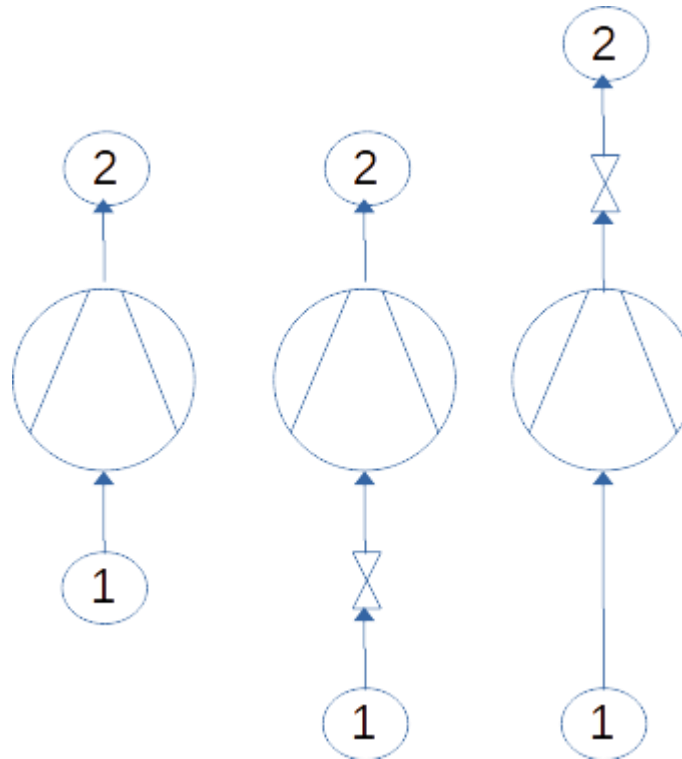
(vælg enten for neden eller for
oven) og lav en EES model.



NB : en metode til
at give numre på

KOMPRESSOR MED INTERN TRYKTAB

REGNEØVELSE: MED UDGANGSPUNKT I MODELLEN FRA SIDSTE GANG
TRYKTAB = 50 KPA (VÆLG ENTEN FOR NEDEN ELLER FOR OVEN)



$$\dot{M} = 0,05$$

$$P_1 = 200 - DP_{tab}$$

$$x_1 = 1$$

$$h_1 = \text{enthalpy}(\text{R134a}; P=p_1; x=x_1)$$

$$s_1 = \text{entropy}(\text{R134a}; P=p_1; x=x_1)$$

$$\eta_s = 0,7$$

$$P_2 = 800 + DP_{tab}$$

$$DP_{tab} = 0$$

$$h_{2s} = \text{enthalpy}(\text{R134a}; P=p_2; s=s_1)$$

$$\eta_s = (h_{2s} - h_1) / (h_{2u} - h_1)$$

$$W_s = (h_{2s} - h_1) \cdot \dot{m}$$

$$Q = 0,2$$

$$Q = \dot{m} \cdot (h_2 - h_{2ud})$$

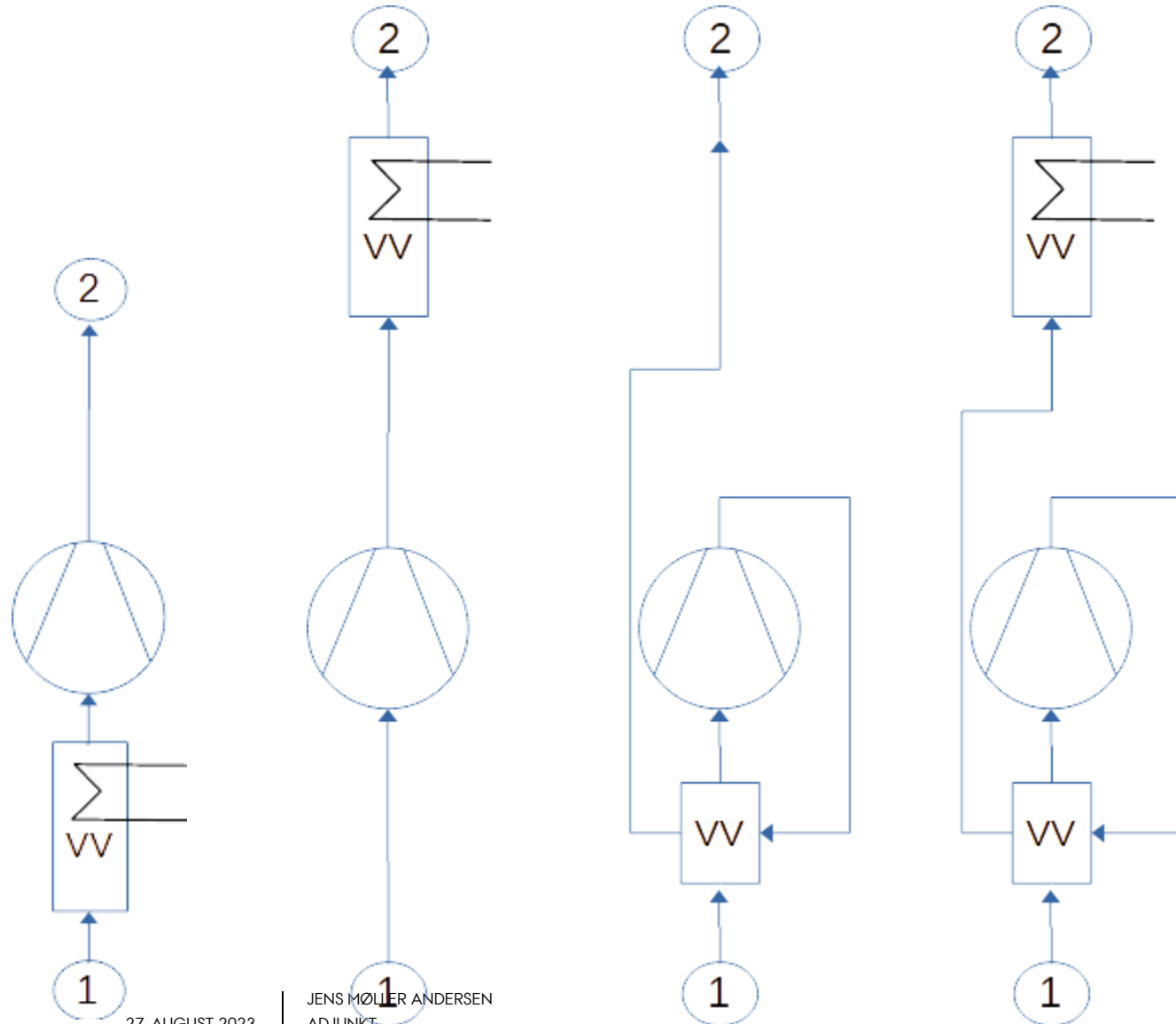
$$T_{2ud} = \text{temperature}(\text{R134a}; P=p_2; h=h_{2ud})$$

$$T_{sat2} = T_{sat}(\text{R134a}; P=p_2)$$

KOMPRESSOR MED INTERN VARMETAB

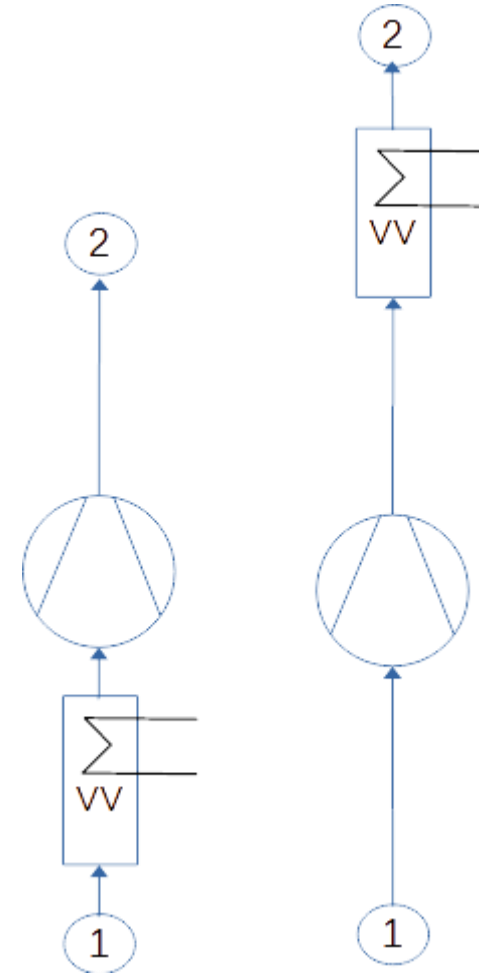
HVAD ER VÆRST?

—

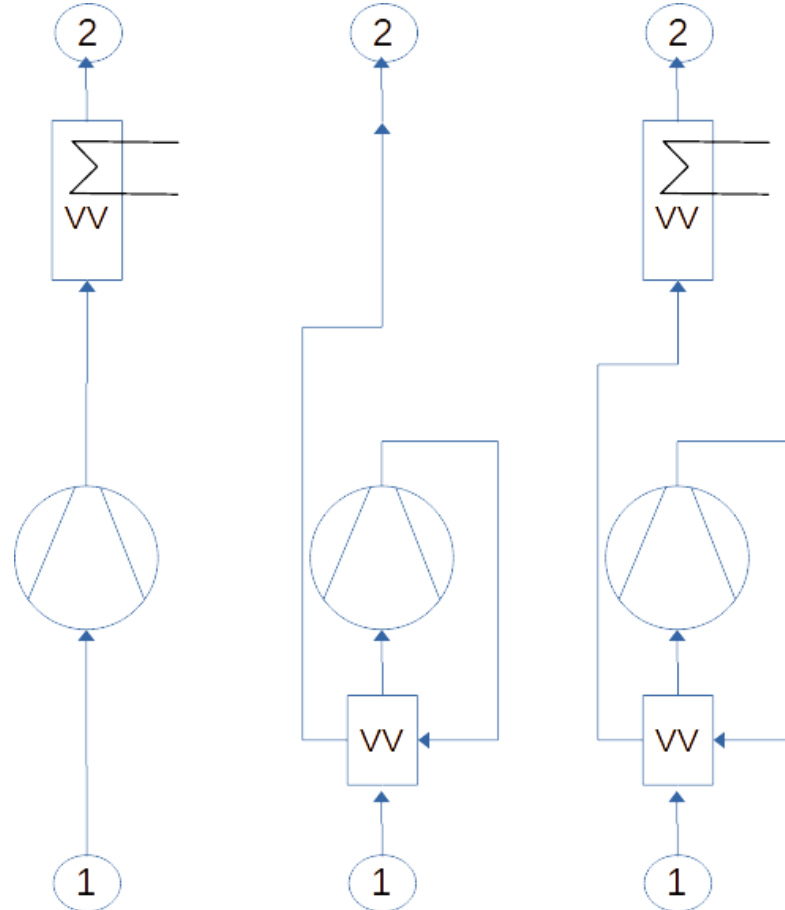


KOMPRESSOR

REGNEØVELSE: MED UDGANGSPUNKT I MODELLEN FRA SIDSTE GANG
VARMETAB = 1KW (VÆLG DEN I TROR ER BEDST)



KOMPRESSOR



$$\dot{m} = 0,05$$

$$P_0 = 200$$

$$x_0 = 1$$

$$h_0 = \text{enthalpy}(R134a, P=p_0; x=x_0)$$

$$s_0 = \text{entropy}(R134a, P=p_0; x=x_0)$$

$$T_0 = \text{temperature}(R134a, P=p_0; h=h_0)$$

$$Q = -1$$

$$Q = \dot{m} * (h_1 - h_0)$$

$$P_1 = P_0$$

$$s_1 = \text{entropy}(R134a, P=p_1; h=h_1)$$

$$T_1 = \text{temperature}(R134a, P=p_1; h=h_1)$$

$$\eta_s = 0,7$$

$$P_2 = 800 + \text{DP}_{\text{tab}}$$

$$\text{DP}_{\text{tab}} = 0$$

$$h_{2s} = \text{enthalpy}(R134a, P=p_2; s=s_1)$$

$$\eta_s = (h_{2s} - h_1) / (h_2 - h_1)$$

$$W_s = (h_{2s} - h_1) * \dot{m}$$

$$W = (h_2 - h_1) * \dot{m}$$

$$T_2 = \text{temperature}(R134a, P=p_2; h=h_2)$$

$$Q = \dot{m} * (h_2 - h_{2ud})$$

$$T_{2ud} = \text{temperature}(R134a, P=p_2; h=h_{2ud})$$

$$T_{\text{sat}2} = t_{\text{sat}}(R134a, P=p_2)$$

STEMPELKOMPRESSOR

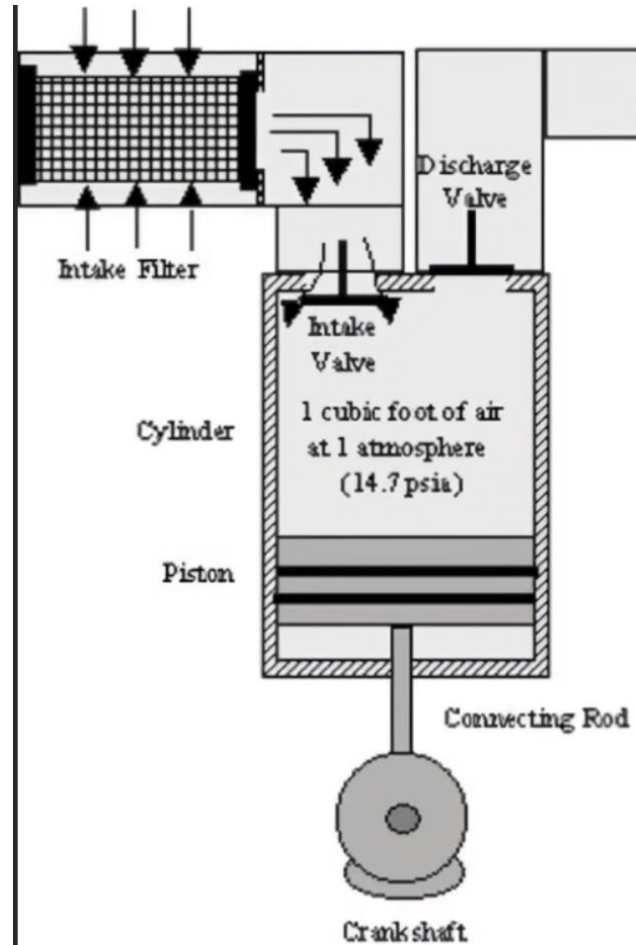


Fig. PD-1.1

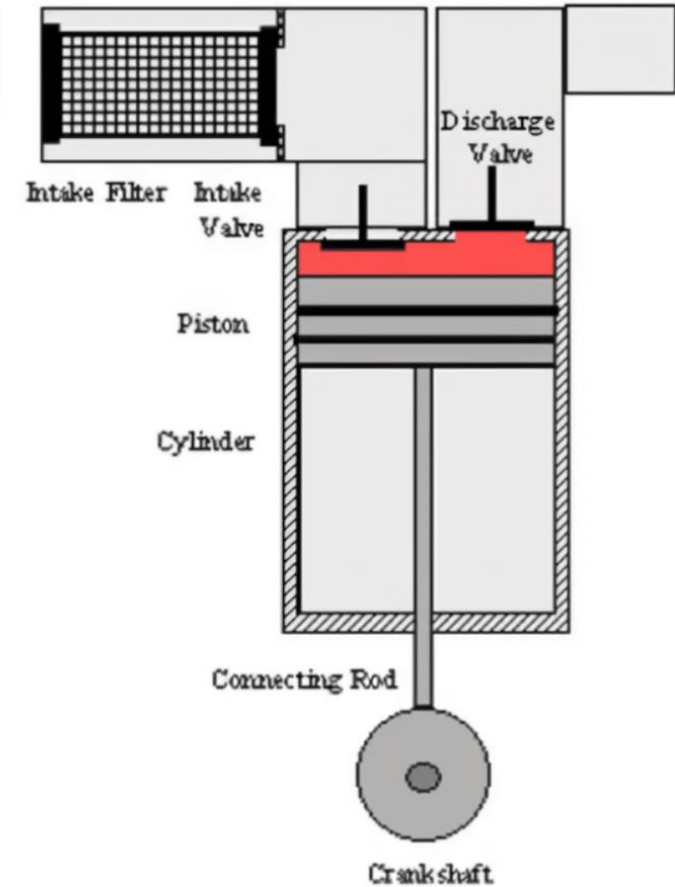


Fig. PD-1.2

REGNEØVELSE

1: Hvor stort slagvolumen har vores kompressor fra den model vi har regnet på?

Antag at det en er stempelkompressor.

2: Hvor meget større skal slagvolumenet være, hvis vi har tryktab på 50 kPa før kompressoren, for at vi får samme ydelse?

REGNEØVELSE

1: Hvor slagvolumen har vores kompressor fra den model vi har regnet på?

Antag at det en er stempelkompressor.

2: Hvor meget større skal slagvolumenet være, hvis vi har tryktab på 50 kPa før kompressoren, for at vi får samme ydelse?

```
m_dot = 0,05
P_1 = 200 - Dp
x_1 = 1
h_1 = enthalpy(R134a; P=p_1; x=X_1)
s_1 = entropy(R134a; P=p_1; x=X_1)
v_1 = volume(R134a; P=p_1; x=X_1)
V_slag = (v_1 * m_dot / 50) * 1000000 // ccm hvis det er en stempelkompressor der kører 50 omd/s
// V_slag = 99,87

DELTA_V_slag = V_slag - 99,87

Eta_s = 0,7
P_2 = 800
h2s = enthalpy(R134a; P=p_2; s=s_1)

Eta_s = (h2s - h_1) / (h_2 - h_1)
W = (h_2 - h_1) * m_dot

Dp = 50
```






















































PID PI P&ID

Standard P&ID Symbols Legend | Industry Standardized P&ID Symbols

Piping and Instrument Diagram Standard Symbols Detailed Documentation provides a standard set of shapes & symbols for documenting P&ID and PFD, including standard shapes of instrument, valves, pump, heating exchanges, mixers, crushers, vessels, compressors, filters, motors and connecting shapes.

Instrument

	Indicator		Computer Indicator		Level Controller		Magnetic		Or Gate
	Behind Control		Programmable Indicator		Pressure Transmitter		Pitot Tube Type Flow		Not Gate
	On Central Control		Displayed Programmable Device		Pressure Recorder		Pitot Tube		Correcting Element
	On Local Control Pane		Computer		Pressure Controller		Wedge Meter		Diamond
	Behind a Local Control		Unit Control Panel		Pressure Indicating		Target Meter		Pressure Gauges
	Indicator 2		Temp Indicator		Pressure Recording		Weir Meter		Thermometers
	Indicator 3		Temp Transmitter		Level Alarm		Ultrasonic Meter		Averaging Pitot Tube
	Indicator 4		Temp Recorder		Flow Element		V-cone Meter		Level Meter
	Indicator 5		Temp Controller		Temperature Element		Venturi Meter		Coriolis Flow Sensor
	Odometer		Flow Indicator		Level Gauge		Quick Change		Flow Nozzle Meter
							Turbine Meter		



PULVERLAKERING – VI LAVER EN SPECIALMODEL

[HTTPS://WWW.CHINAPOWDERCOATING.COM/POWDER-COATING-EQUIPMENT/](https://www.chinapowdercoating.com/powder-coating-equipment/)

Mål: At kunne simulere Energiforbruget

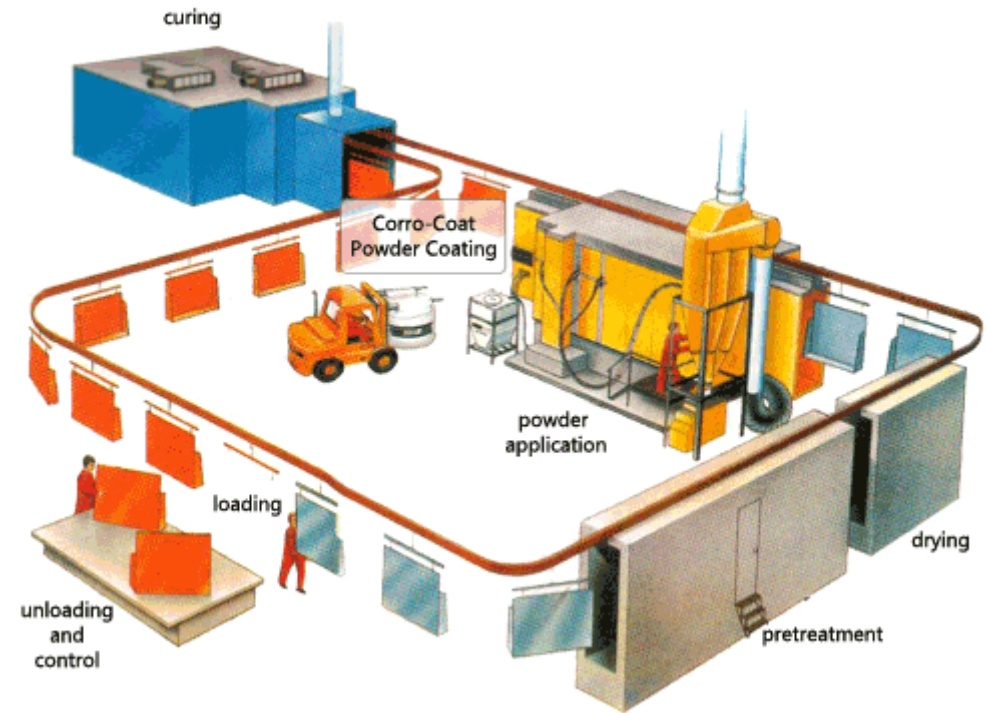
Metode : simple modeller

1 emne pr minut af 100 kg

Ophæng 10 kg stk.

- Forbehandling
- Tørring
- Pulver pålæggelse
- Hærdning
- Udsugning

Max kapacitet 2 emner pr minut



LINK OM PULVERLAKERING

<https://aabo-ideal.com/products/application-systems/powder-coating/>

<https://www.chinapowdercoating.com/powder-coating-equipment/>

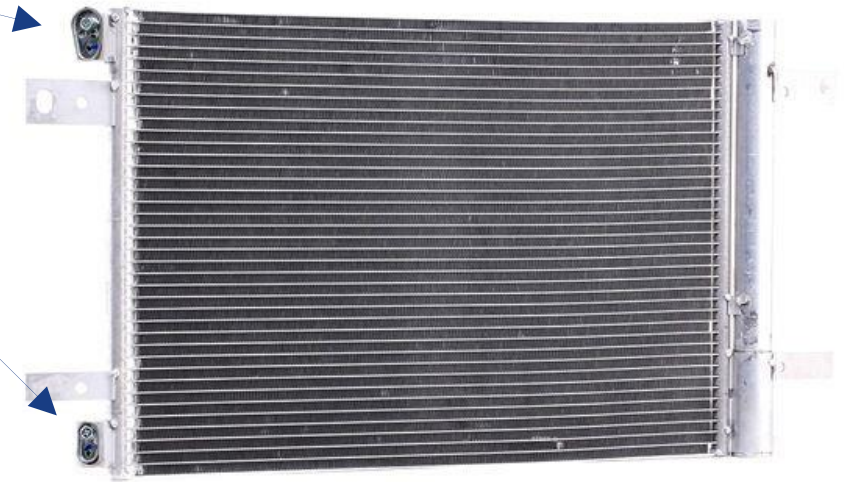
KONDENSATOR

Vi kikker på DT_a og DT_b

$$LMTD = (DT_a - DT_b) / (DT_a / DT_b)$$

$$AMTD = (DT_a/2 + DT_b/2)$$

?



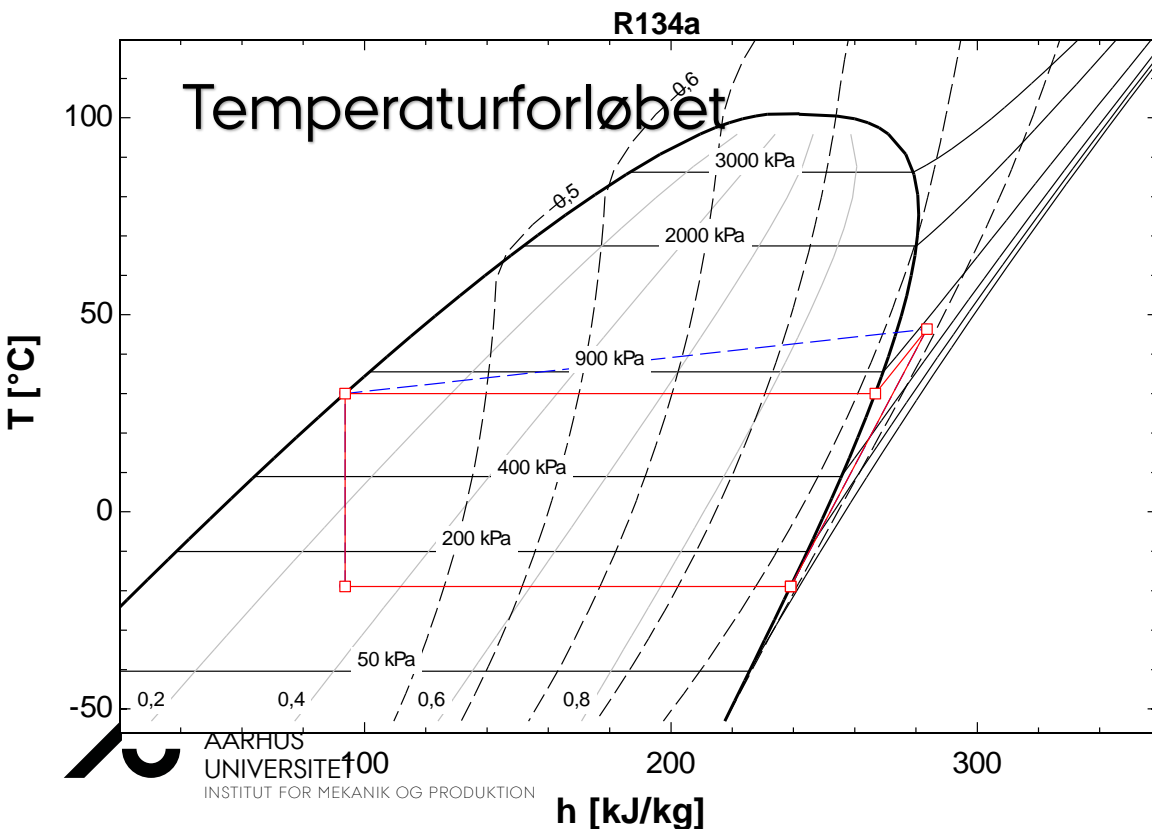
Hvordan er temperaturforløbet

KONDENSATOR

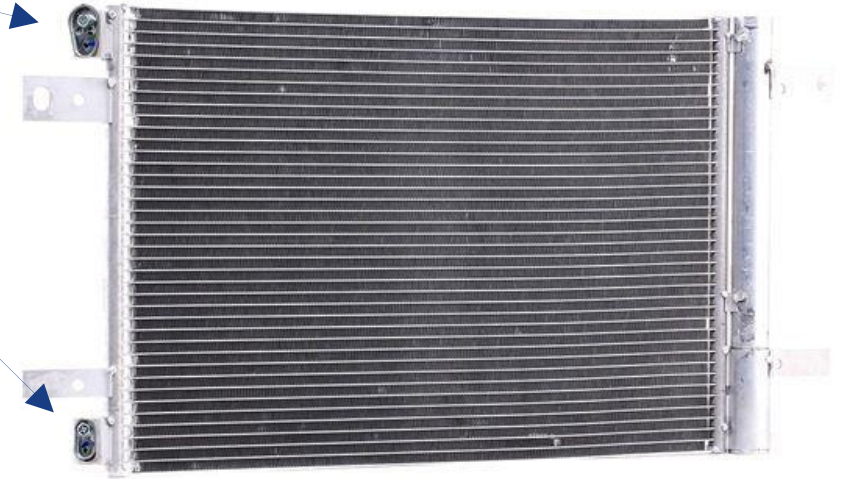
Vi kikker på DT_a og DT_b

$$LMTD = (DT_a - DT_b) / (DT_a / DT_b)$$

$$AMTD = (DT_a/2 + DT_b/2)$$



?



KONDENSATOR MED DEL TIL OVERHEDNING

UDGANGSPUNKT I KONDENSATOR FRA LEKTION 1-1

VI TAGER DET SAMMEN PÅ TAVLEN

"I inputværdier "

$A=1 \text{ [m}^2\text{]}$ // udvendig overflade

$\alpha_{\text{kondensering_R134a}} = 2$

$\alpha_{\text{køling_R134a}} = 0,2$

$\alpha_{\text{luft}} = 0,02$

$P[2] = 800$

$T[2] = 60$

$\dot{m} = 0,01$ //kølemiddelstrøm

$\dot{m}_{\text{luft}} = 1$

$\dot{m}_{\text{luft_køl}} = \dot{m}_{\text{luft}} \cdot (A_{\text{køling}} / A_{\text{samlet}})$

$\dot{m}_{\text{luft_kond}} = \dot{m}_{\text{luft}} - \dot{m}_{\text{luft_køl}}$

$T_{\text{luft_ind}} = 20$

$C_{p_luft} = 1$

// Kondensator - numerering ud af kompressor begynder ved [2]

"! inputværdier "

A_samlet=10 [m3] // samlet udvendig overflade

alpha_kondensering_R134a = 2

alpha_køling_R134a = 0,2

alpha_luft = 0,02

P[2] = 800

T[2] = 60

m_dot = 0,01 // kølemiddelstrøm

m_luft = 1

m_luft_køl = m_luft * (A_køling / A_samlet)

m_luft_kond = m_luft - m_luft_køl

T_luft_ind = 20

Cp_luft = 1

"! tryktab og andre tilstande"

// [3] er et beregningsteknisk mellem-punkt

P[3] = P[2] // ingen tryktab

x[3] = 1 // [3] ligger på mætningspunktet

x[4] = 0 // midlertidig

h[2] = enthalpy(R134a, P=P[2]; T=T[2])

h[3] = enthalpy(R134a, P=P[3]; x=x[3])

// x[3] = quality(R134a; P=P[3]; h=h[3])

h[4] = enthalpy(R134a, P=P[4]; x=x[4])

P[4] = P[3] // ingen tryktab

T[3] = temperature(R134a, P=P[3]; h=h[3])

T[4] = temperature(R134a, P=P[4]; x=x[4]) // laves om når der kommer underkøling

"! beregninger"

A_samlet = A_køling + A_kondensering

// A_køling = 2 // midlertidig

// A_kondensering = 5 // midlertidig

$$1 / (U_{\text{kondensering}} * A_{\text{kondensering}}) = 1 / (\alpha_{\text{kondensering_R134a}} * A_{\text{kondensering}}) + 1 / (\alpha_{\text{luft}} * A_{\text{kondensering}})$$

$$1 / (U_{\text{køling}} * A_{\text{køling}}) = 1 / (\alpha_{\text{køling_R134a}} * A_{\text{køling}}) + 1 / (\alpha_{\text{luft}} * A_{\text{køling}})$$

$$LMTD_{\text{kondensering}} = (DT_{\text{a_kondensering}} - DT_{\text{b_kondensering}}) / \ln(DT_{\text{a_kondensering}} / DT_{\text{b_kondensering}})$$

$$AMTD_{\text{kondensering}} = DT_{\text{a_kondensering}} / 2 + DT_{\text{b_kondensering}} / 2$$

$$DT_{\text{a_kondensering}} = T[3] - T_{\text{luft_ind}}$$

$$DT_{\text{b_kondensering}} = T[4] - T_{\text{luft_ud}}$$

$$Q_{\text{kondensering}} = m_{\text{dot}} * (h[3] - h[4])$$

$$Q_{\text{kondensering}} = m_{\text{luft_kond}} * Cp_{\text{luft}} * (T_{\text{luft_ud}} - T_{\text{luft_ind}})$$

$$Q_{\text{kondensering}} = U_{\text{kondensering}} * A_{\text{kondensering}} * LMTD_{\text{kondensering}}$$

// Q_køling = m_dot * (h[2] - h[3])

$$Q_{\text{køling}} = m_{\text{luft_køl}} * Cp_{\text{luft}} * (T_{\text{luft_ud_køl}} - T_{\text{luft_ind}})$$

$$Q_{\text{køling}} = U_{\text{køling}} * A_{\text{køling}} * LMTD_{\text{køling}}$$

$$LMTD_{\text{køling}} = (DT_{\text{a_køling}} - DT_{\text{b_køling}}) / \ln(DT_{\text{a_køling}} / DT_{\text{b_køling}})$$

$$AMTD_{\text{køling}} = DT_{\text{a_køling}} / 2 + DT_{\text{b_køling}} / 2$$

$$DT_{\text{a_køling}} = T[2] - T_{\text{luft_ind}}$$

$$DT_{\text{b_køling}} = T[3] - T_{\text{luft_ud_køl}}$$



AARHUS
UNIVERSITET