



POLYTECH.MONS

Invloed van de compressortoeren op de prestatie van een koelinstallatie : thermodynamische analyse

UBF-ACA
Kortenbergh

31 oktober 2006

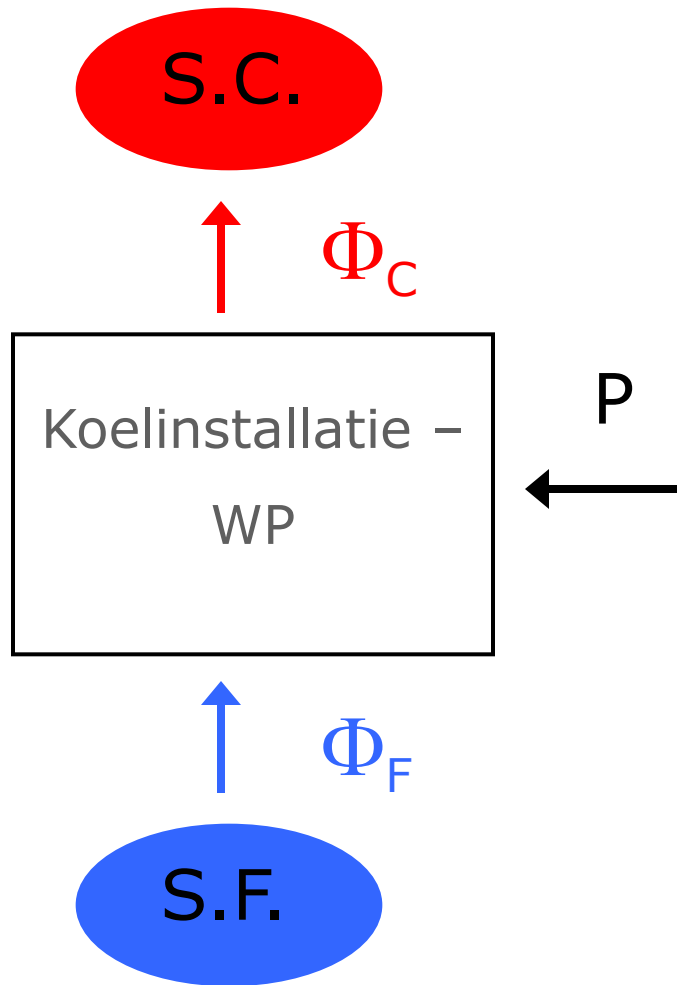
Dr. Ir. Eric Dumont
Prof. Marc Frère
Faculty of Engineering, Mons



Inhoud

- Principe van machines met twee bronnen
- Energetische optimalisatie
- Belang van toerentalregeling
- Toerentalregeling voor koelinstallaties
- Toerentalregeling voor warmtepompen
- Besluit

Principe van machines met twee bronnen



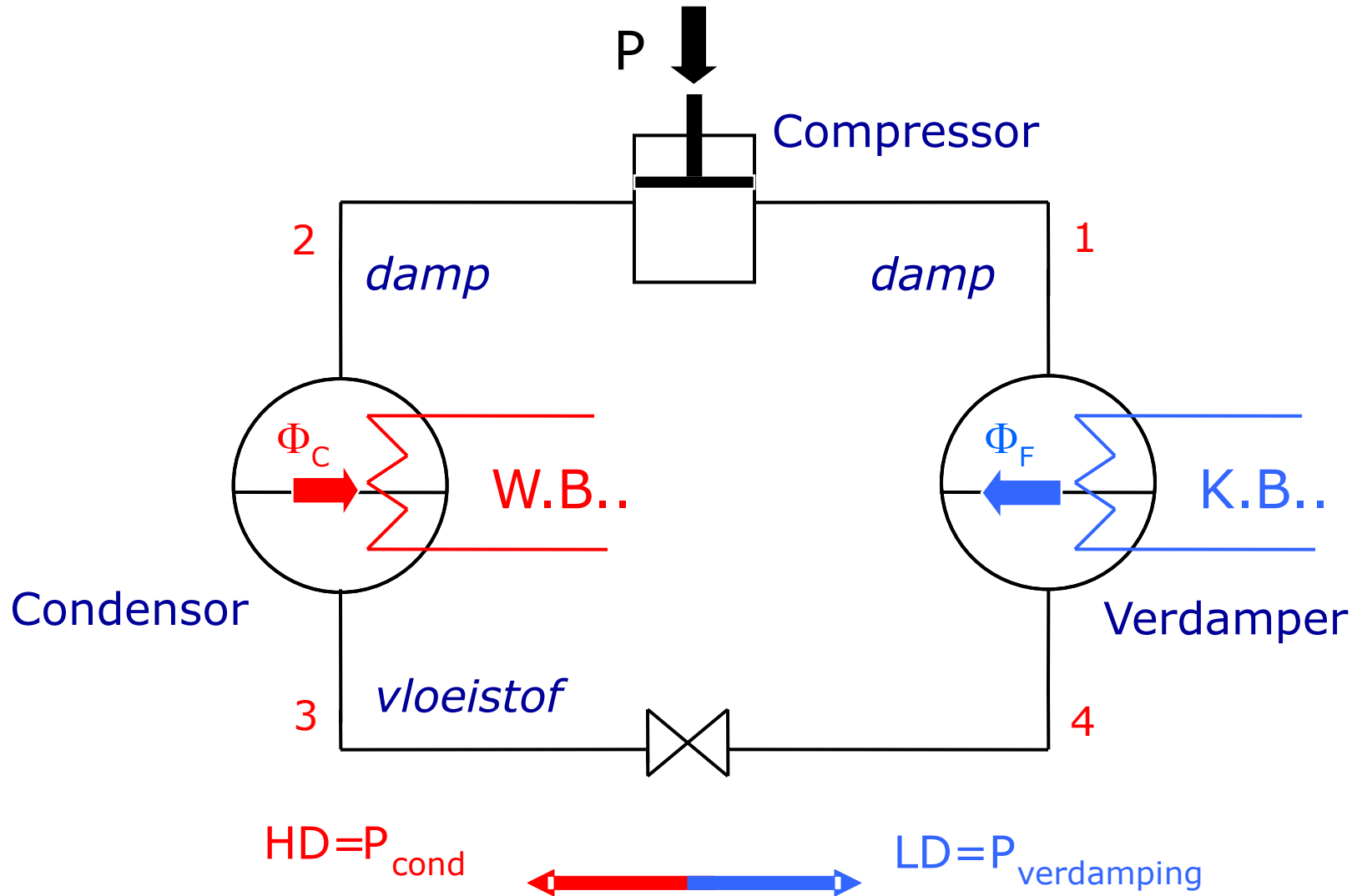
- Warmte bron: buiten omgeving, binnen omgeving

- Koude bron: koellast, gratis milieu

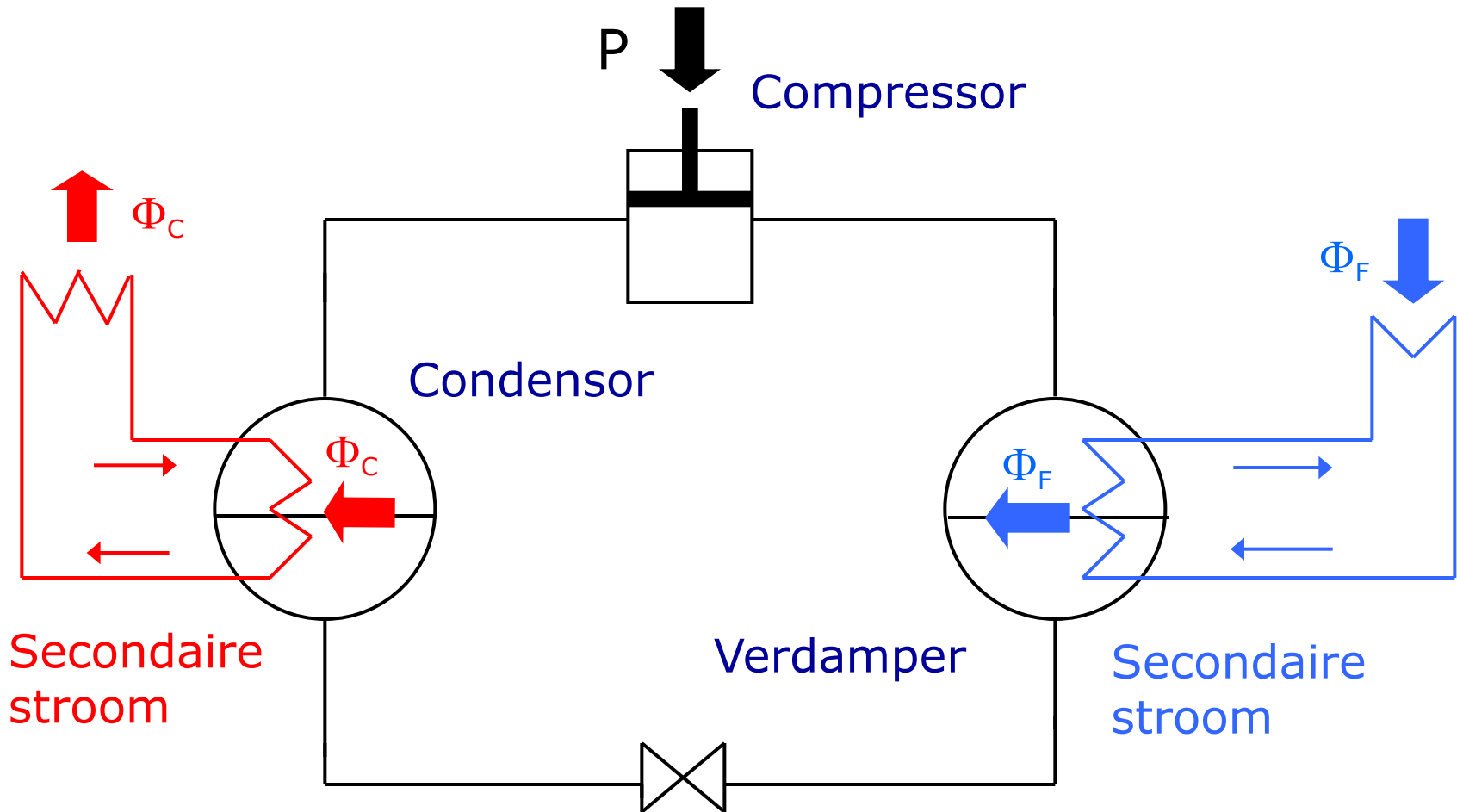
Principe van machines met twee bronnen

- Koelinstallatie WP
- $COP = \Phi_F / P$ $COP = \Phi_C / P$
- $COP_{id} = T_F / (T_C - T_F)$ $COP_{id} = T_C / (T_C - T_F)$
- $COP = F \times COP_{id}$
- F hangt af van de technologische ontwikkeling van de machinecomponenten, van de koudemiddelen en van het ontwerp van de machine

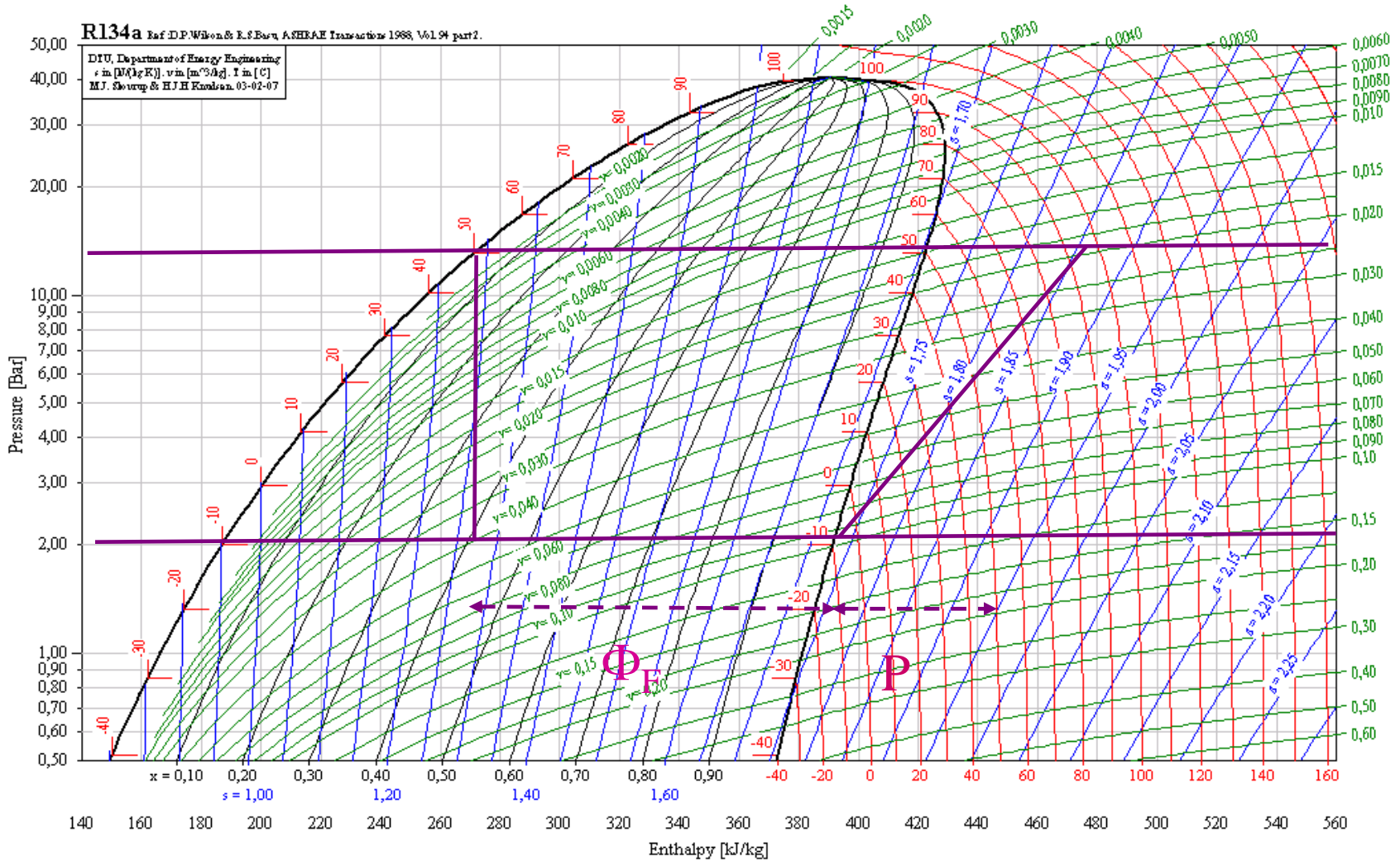
Principe van machines met twee bronnen



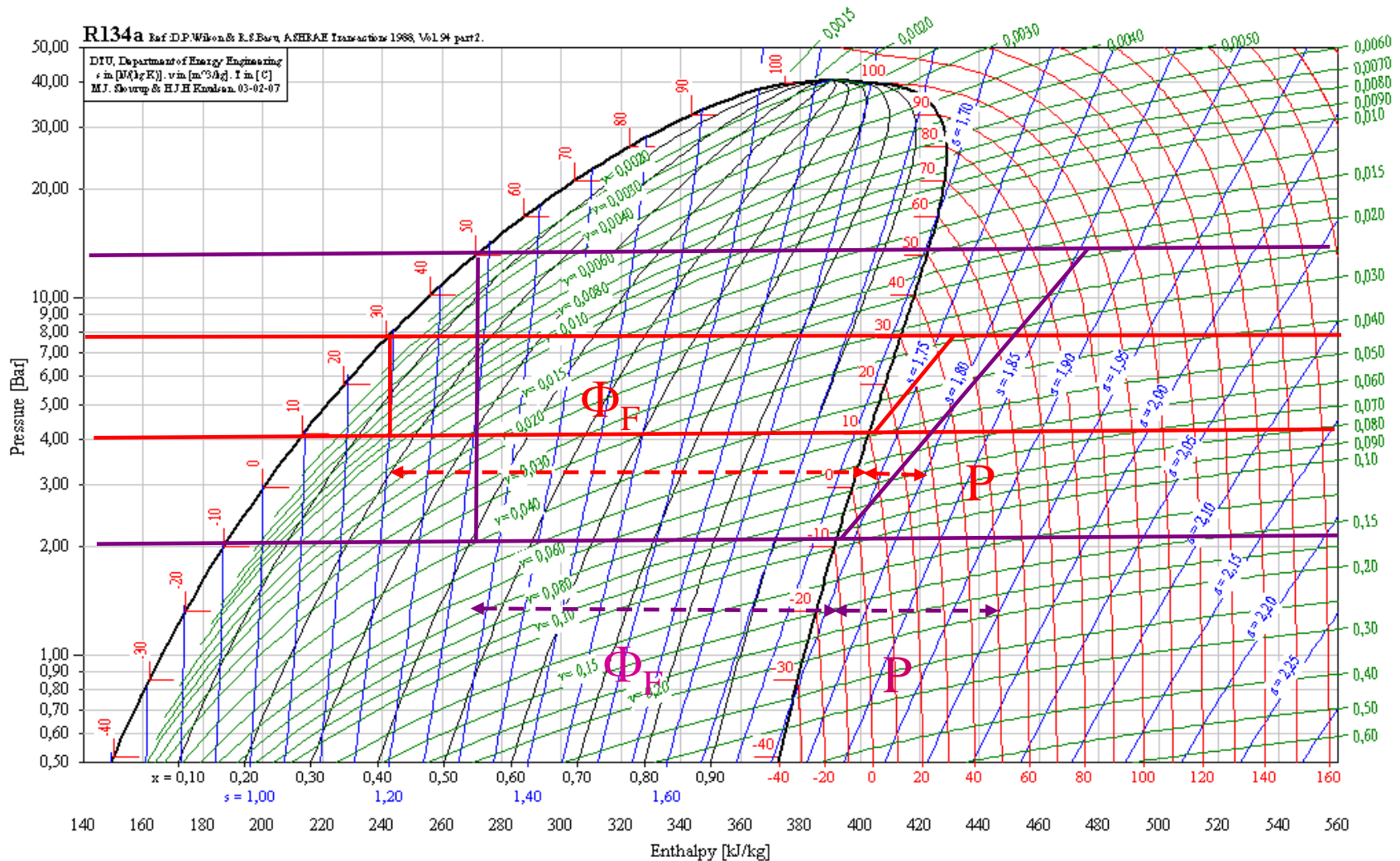
Principe van machines met twee bronnen



Principe van machines met twee bronnen



Principe van machines met twee bronnen



Energetische optimalisatie

- De COP is hoger naarmate de verdampings- en condensatie-temperaturen dicht bij elkaar staan.
- De temperaturen van de bronnen moeten dicht bij elkaar staan.
- De debieten van de secundaire stromen moeten groot zijn.
- Het ontwerp van de warmtewisselaars is zeer belangrijk.
- Machines met secundaire stromen.

Energetische optimalisatie

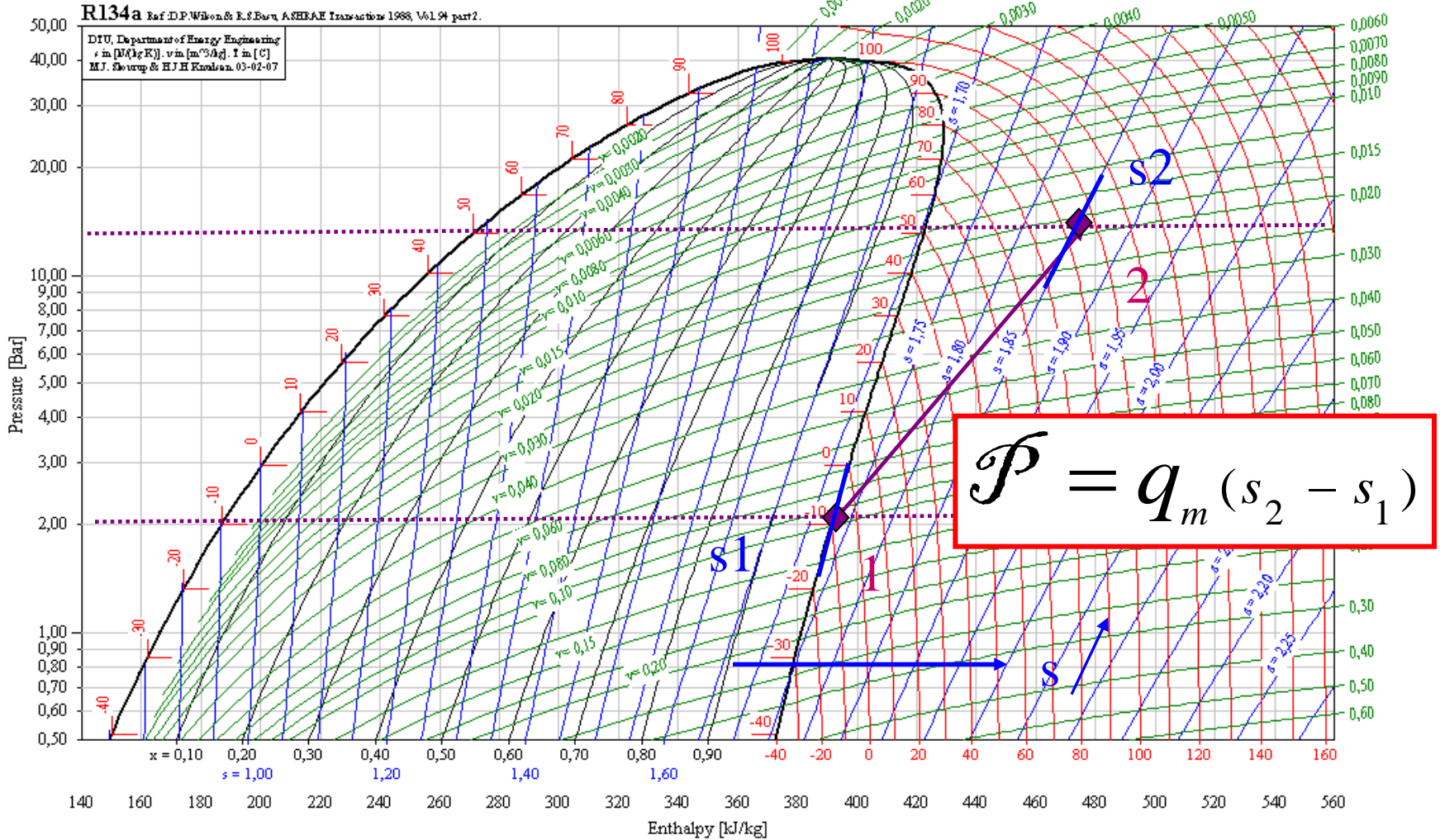
- $COP = F \times COP_{id}$

Hoe kan F maximum zijn ?

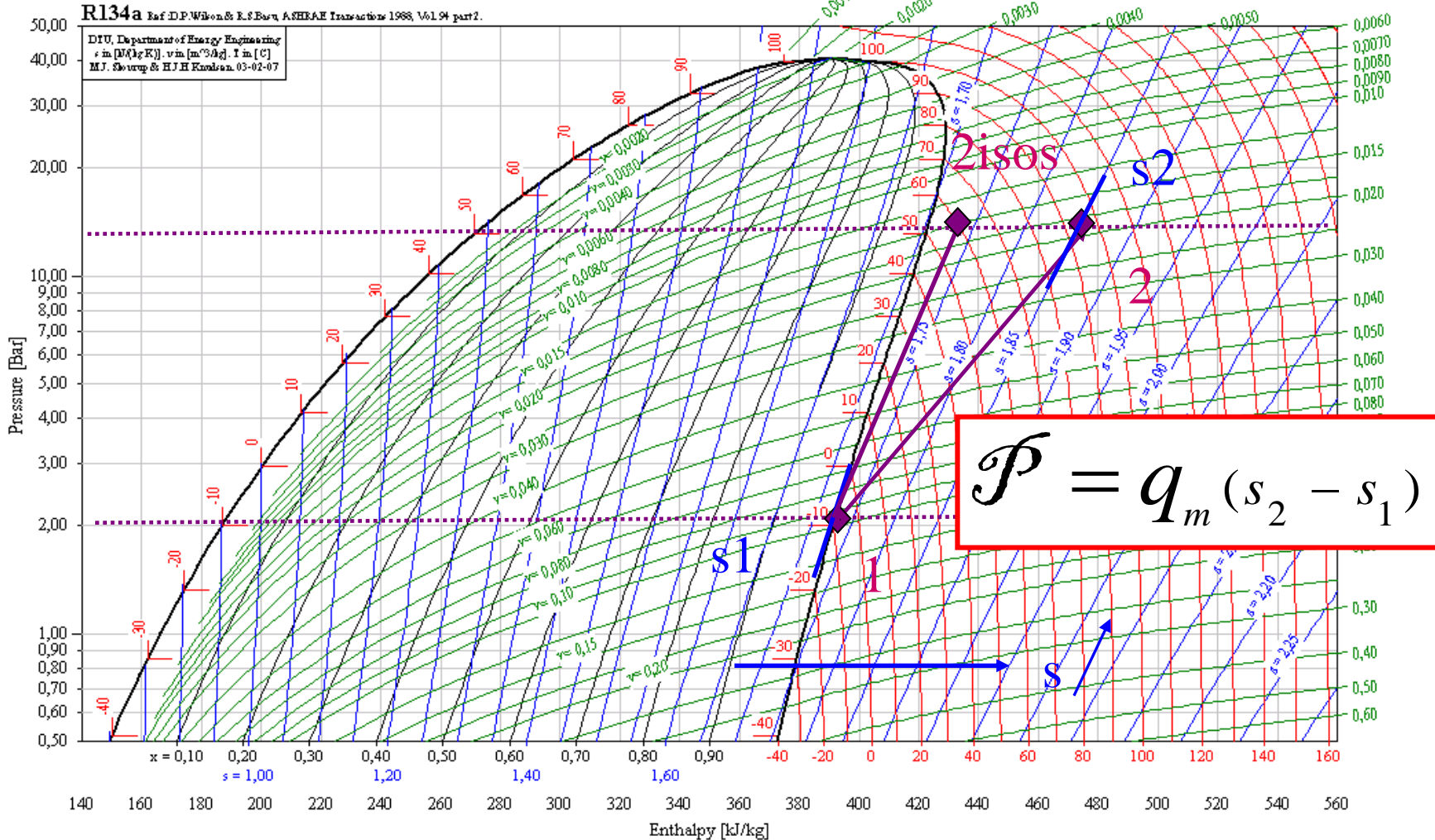
$$F = 1 - (T_c \mathcal{P}) / P$$

- \mathcal{P} : entropieproductie in de machine. Het hangt af van de onomkeerbaarheden van de transformaties.
- \mathcal{P} wordt berekend met help van een analyse van elke transformatie in de cyclus.

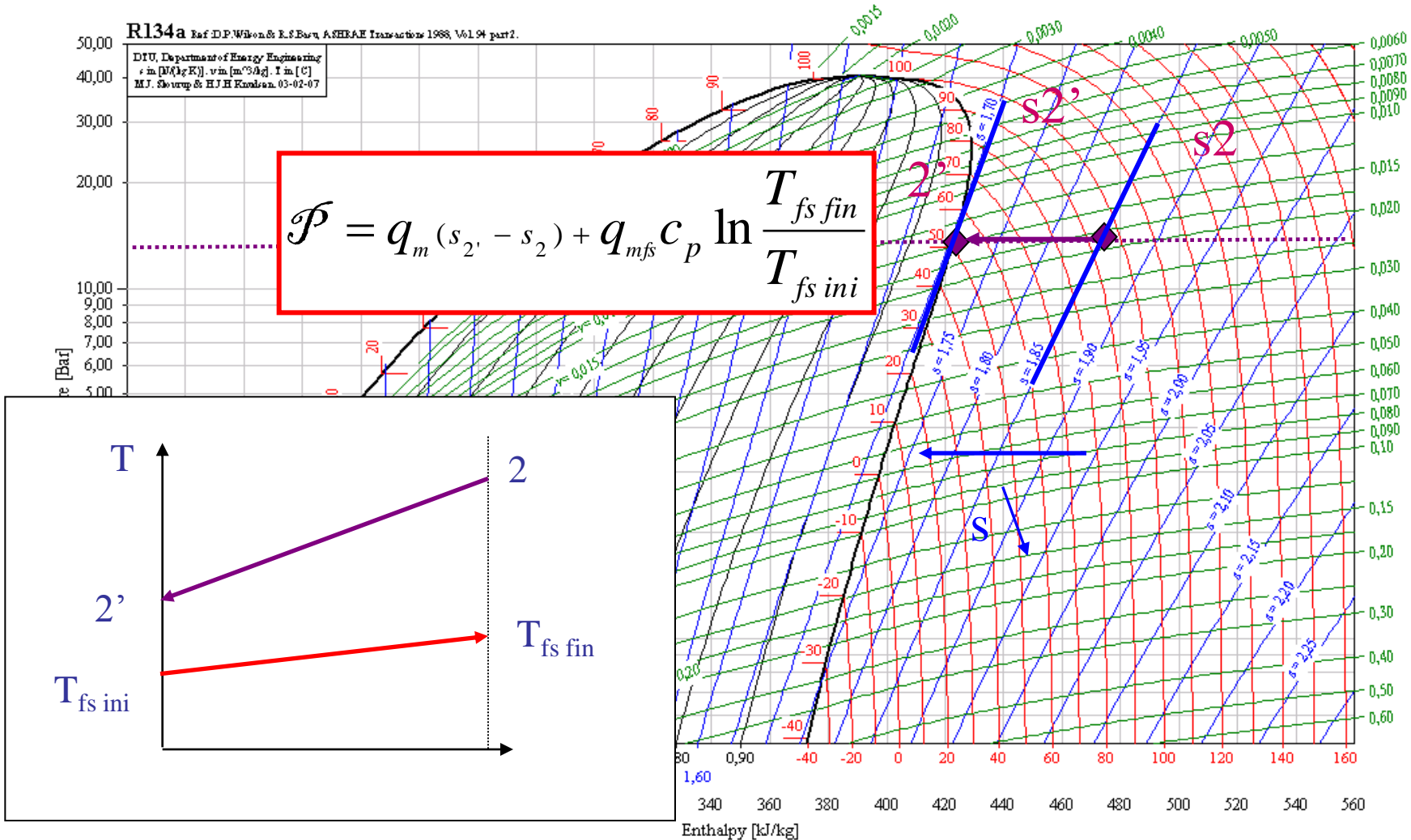
Energetische optimalisatie



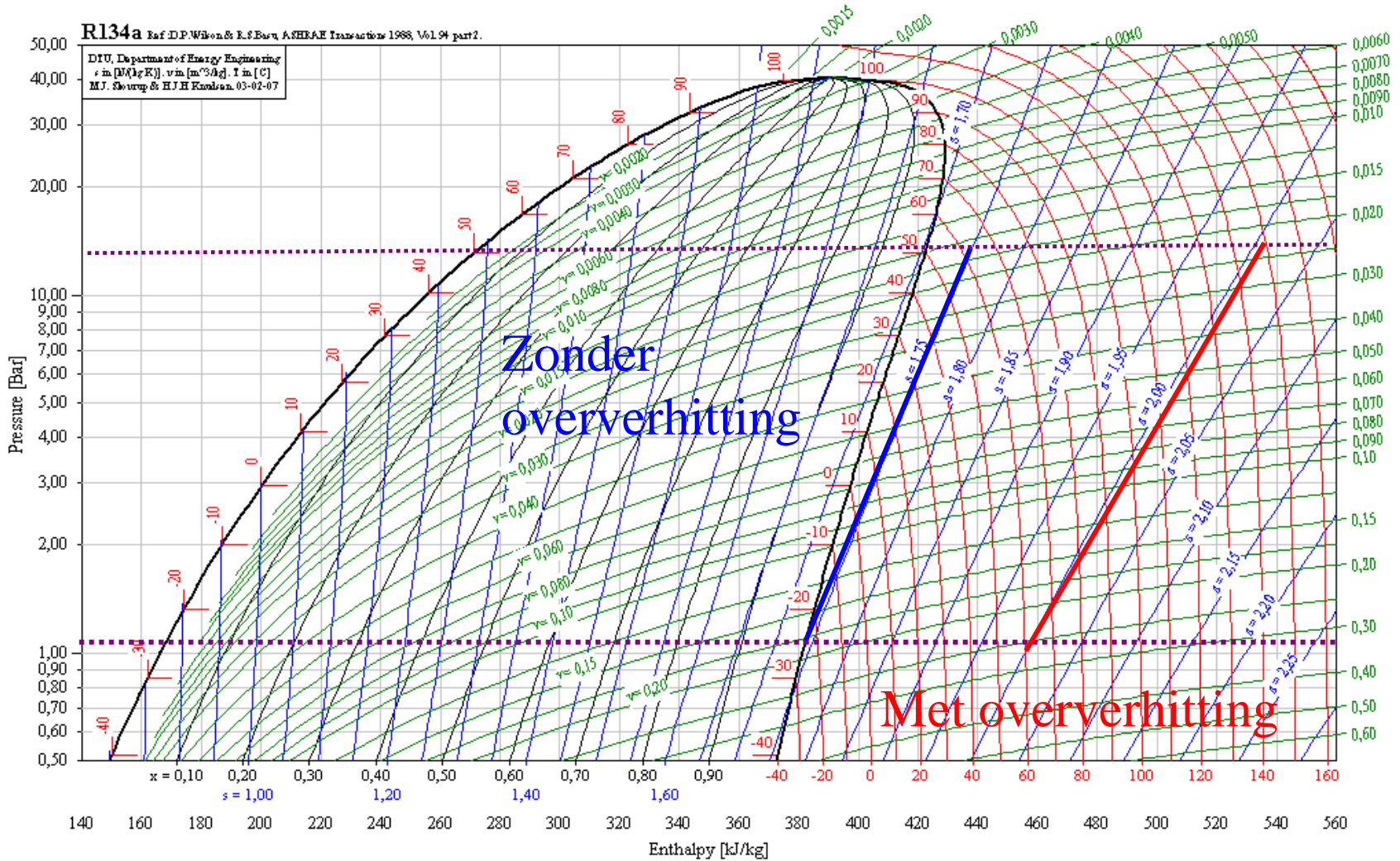
Energetische optimalisatie



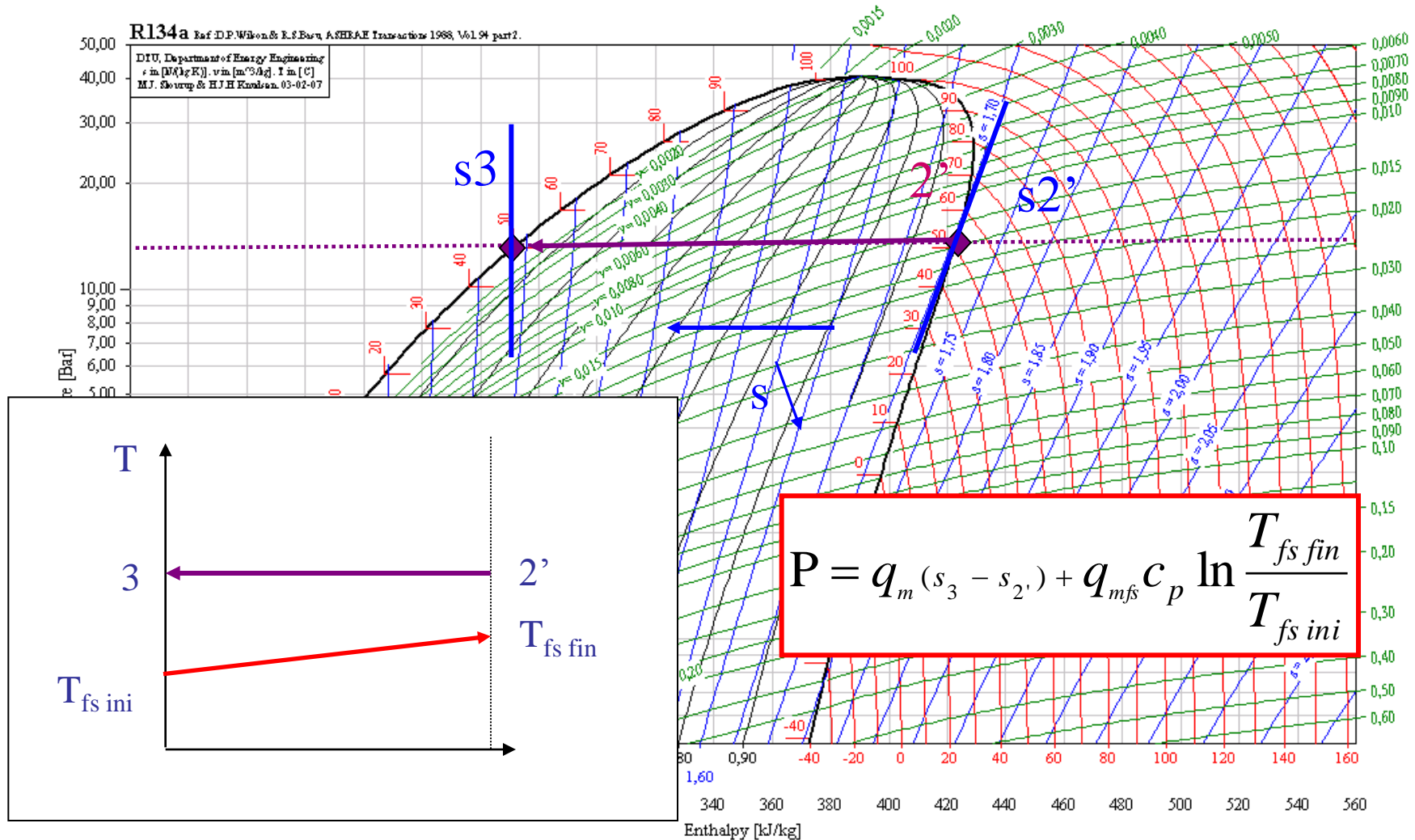
Energetische optimalisatie



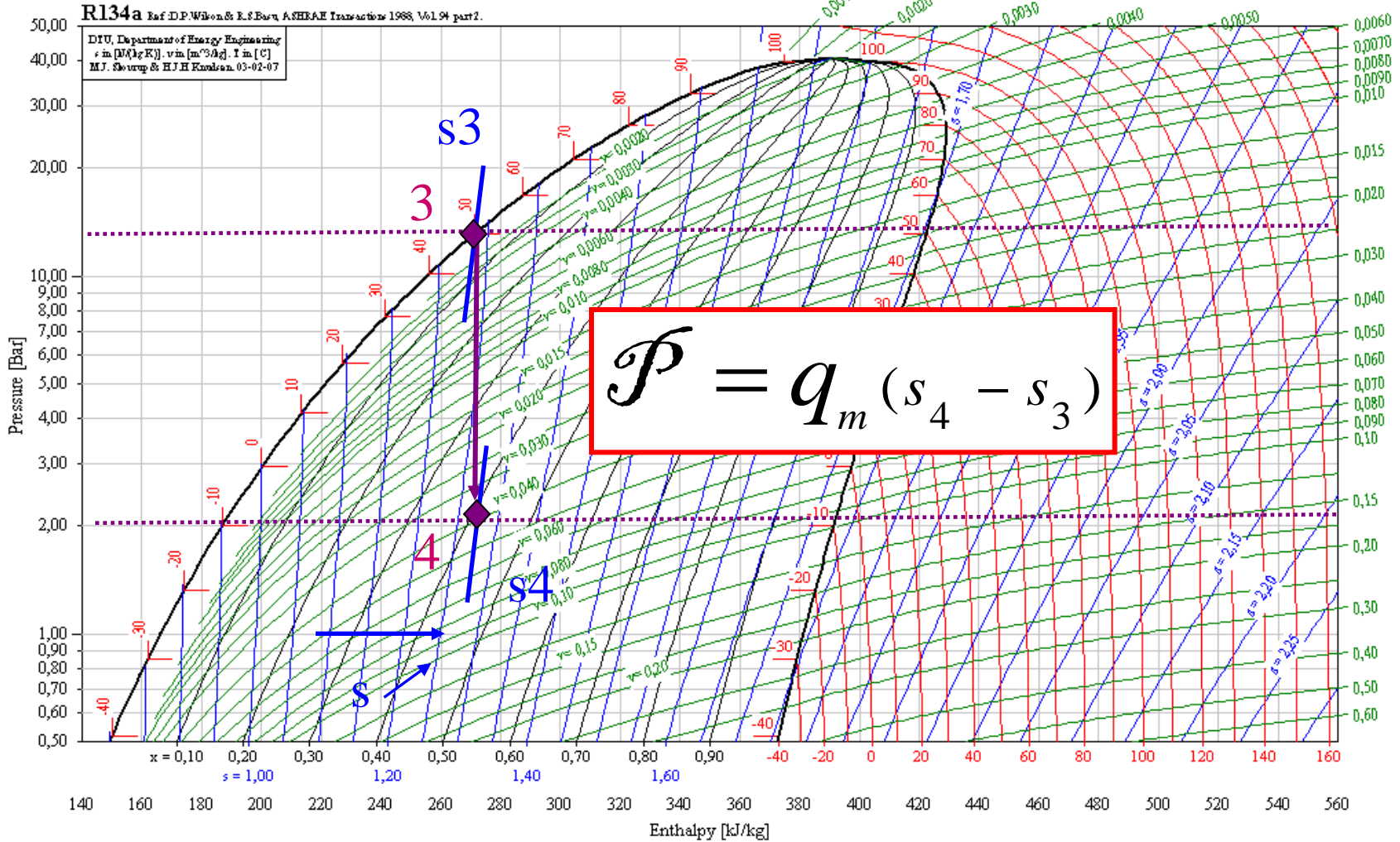
Energetische optimalisatie



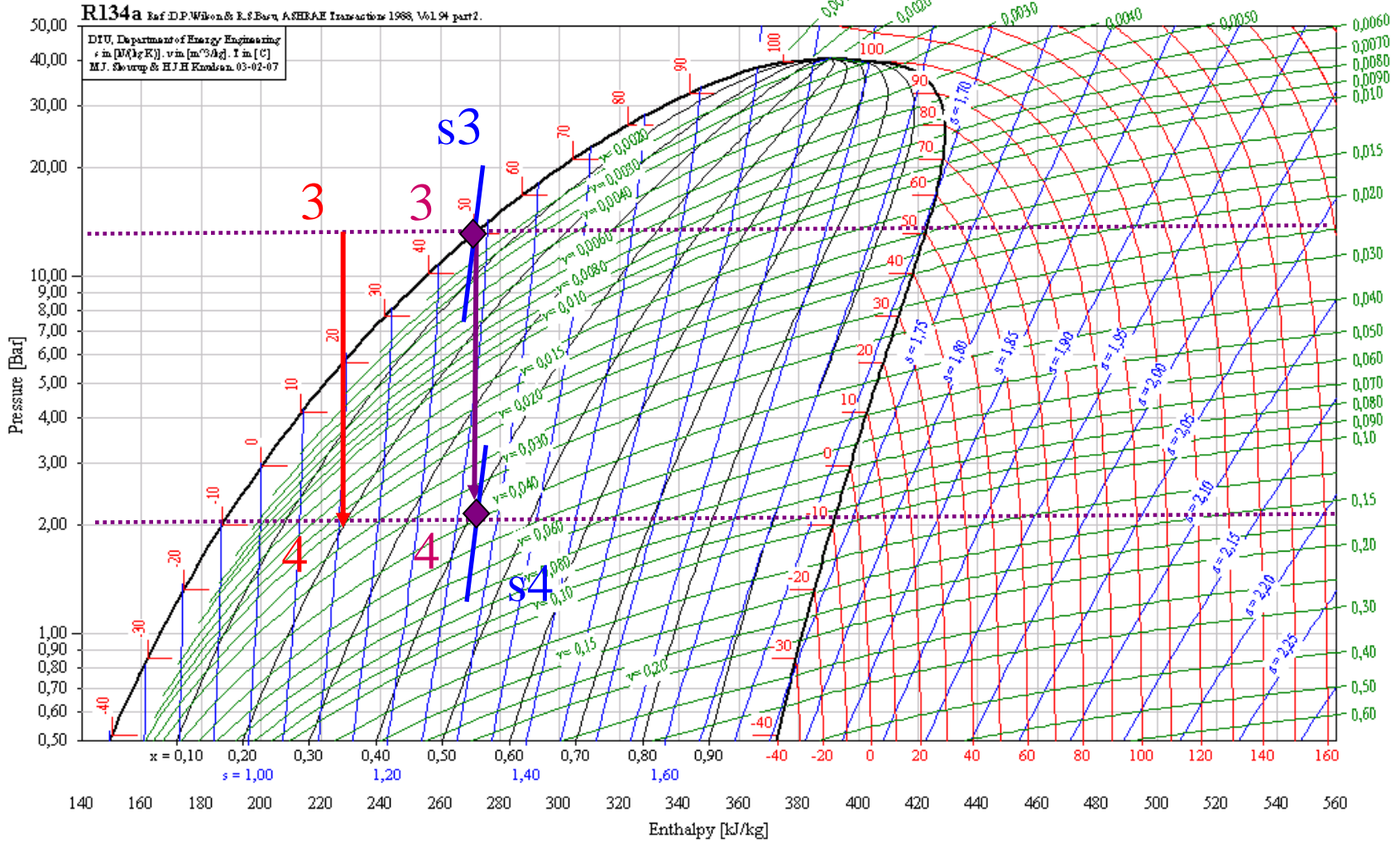
Energetische optimalisatie



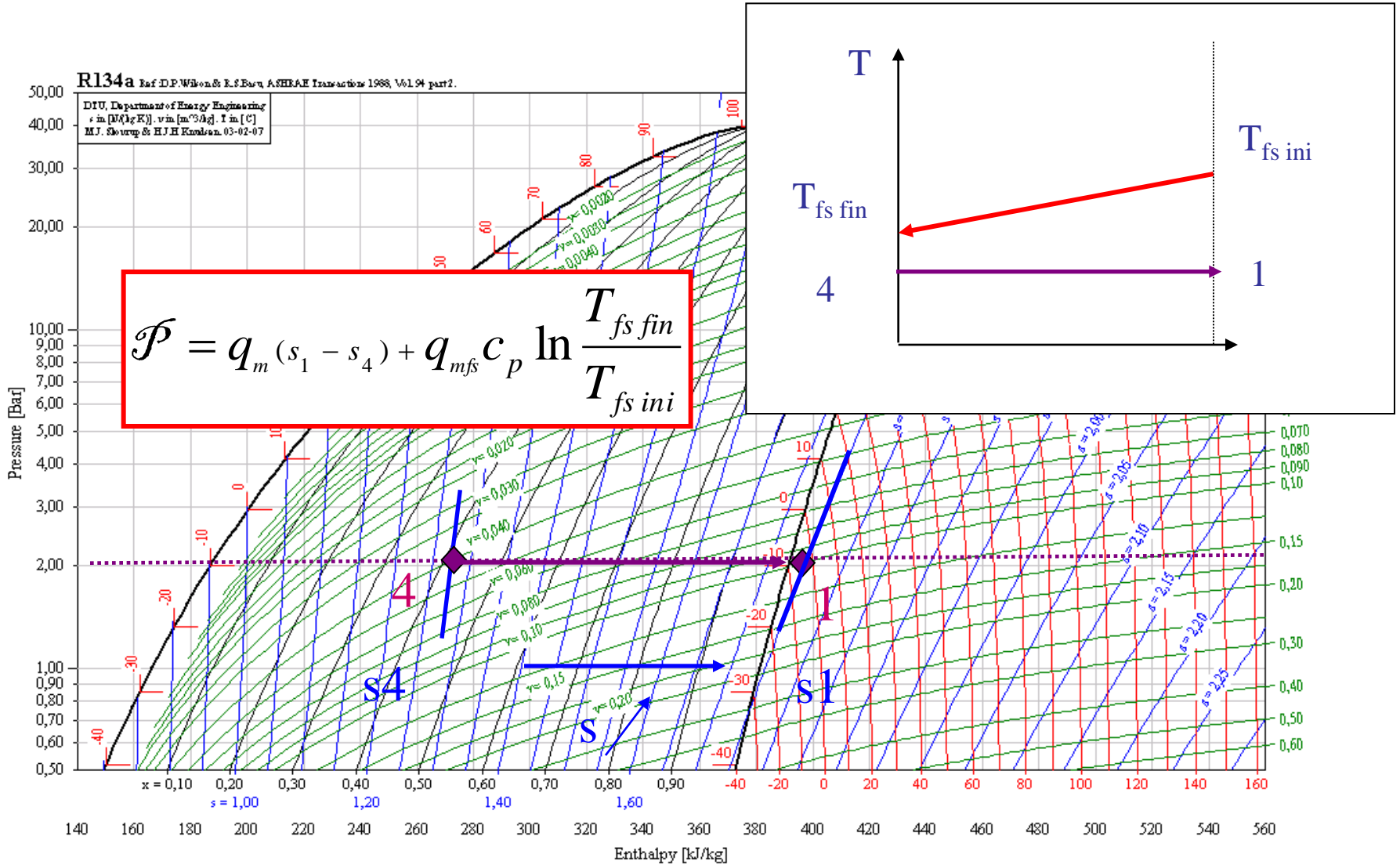
Energetische optimalisatie



Energetische optimalisatie



Energetische optimalisatie



Energetische optimalisatie

Compressor

- Theoretisch volumedebiet : 0,01 m³/s
- ε : 0,05
- Isentropische rendement : 0,65
- R134a

Condensor

- Platen-warmtewisselaar
- Oppervlakte A : 2,97 m²
- Debiet van de secondaire stroom : 0,45 kg/s
- Water/R134a
- Onderkoeling : 5 °C

Energetische optimalisatie

Verdamper

- Platen-warmtewisselaar
- Oppervlakte A : 2,07 m²
- Debiet van de secondaire stroom : 0,35 kg/s
- Water-glycol/R134a
- Oververhitting : 5 °C

Informatie bronnen

- $T_F = -15$ °C
- $T_C = 25$ °C
- $COP_{id} = 6,45$

Case-studies met FRIPAC © software berekend

Energetische optimalisatie : oppervlakten A

	A <	A ontwerp	A >
Verdamper (%)	10,4	9,4	8,3
Compressor (%)	51,1	54,0	54,9
Condensor (%)	17,0	14,7	14,7
Exp. ventiel (%)	21,6	21,9	22,1
ϕ totaal (W/K)	5,86	5,75	5,65
COP	2,18	2,31	2,39

Energetische optimalisatie : isentropische rendement

	iso-s rend. = 0,6	iso-s rend. = 0,65	iso-s rend. = 0,8
Verdamper (%)	8,8	9,4	14,4
Compressor (%)	58,2	54,0	38,0
Condensor (%)	14,5	14,7	16,5
Exp. ventiel (%)	18,5	21,9	31,1
$\dot{\varphi}$ totaal (W/K)	6,57	5,75	3,91
COP	2,13	2,31	2,87

Energetische optimalisatie : draaisnelheid van de compressor

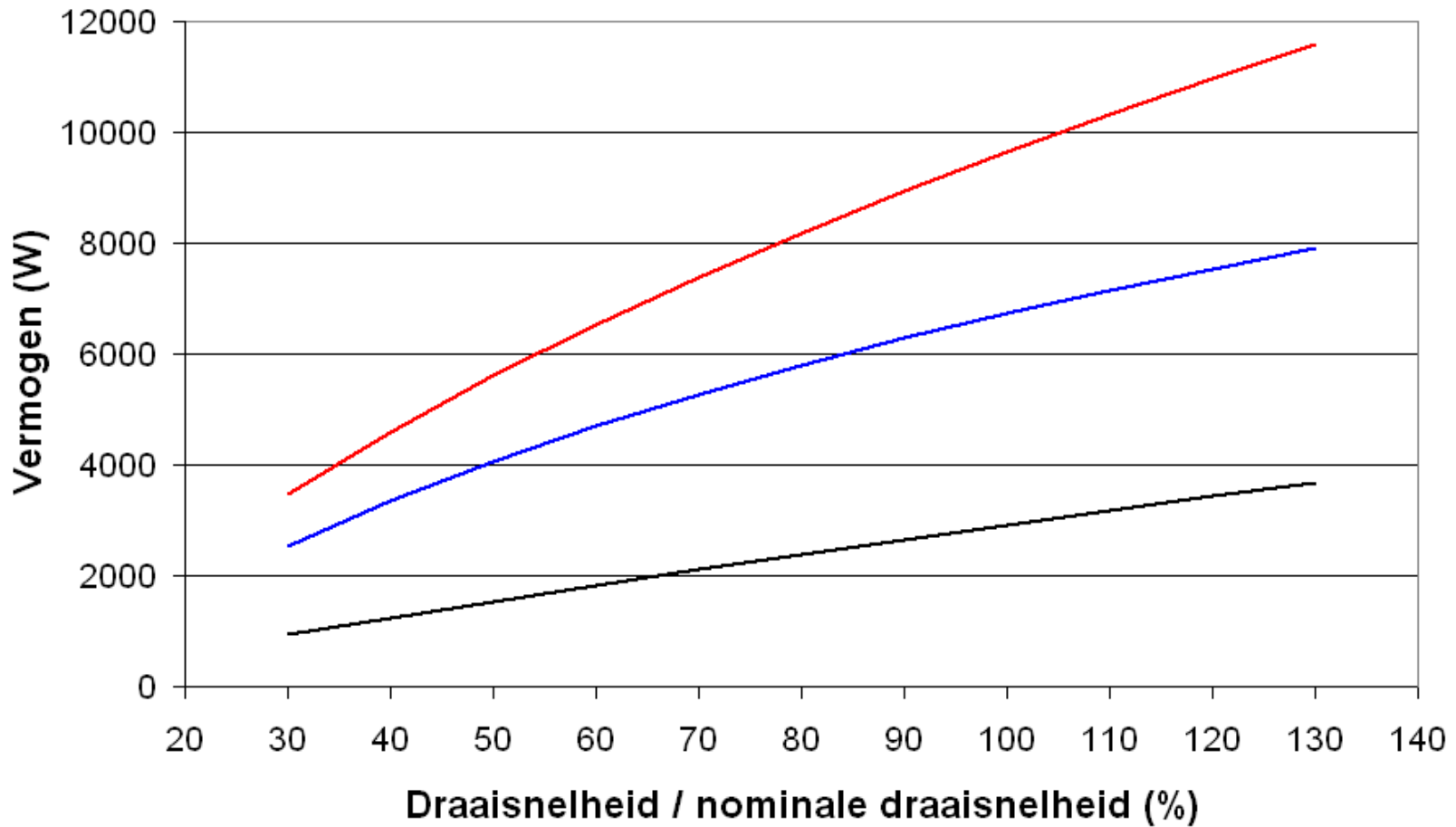
	30 Hz	40 Hz	50 Hz	60 Hz
Verdamper (%)	9,4	8,9	9,4	9,6
Compressor (%)	56,9	55,7	54,0	52,6
Condensor (%)	13,3	14,6	14,7	15,5
Exp. ventiel (%)	20,5	20,8	21,9	22,2
\dot{Q} totaal (W/K)	3,43	4,59	5,75	6,88
COP	2,58	2,44	2,31	2,21

Belang van toerentalregeling

- Als het toerental afneemt :
 - lagere onomkeerbaarheden \Leftrightarrow betere relatieve warmte wisseling
 - hetzelfde isentropische rendement leidt tot een stijging van de onomkeerbaarheid (relatief) van de compressor
- Belang van het ontwerp van wisselaars voor het hoogste toerental
Voorbeeld : $\Delta T_{LMTD} = 5^{\circ}\text{C}$ (platen) of 10°C (S&T)
 ΔT secondaire stromen = 5°C voor het ontwerp van de pompen of van de ventilatoren

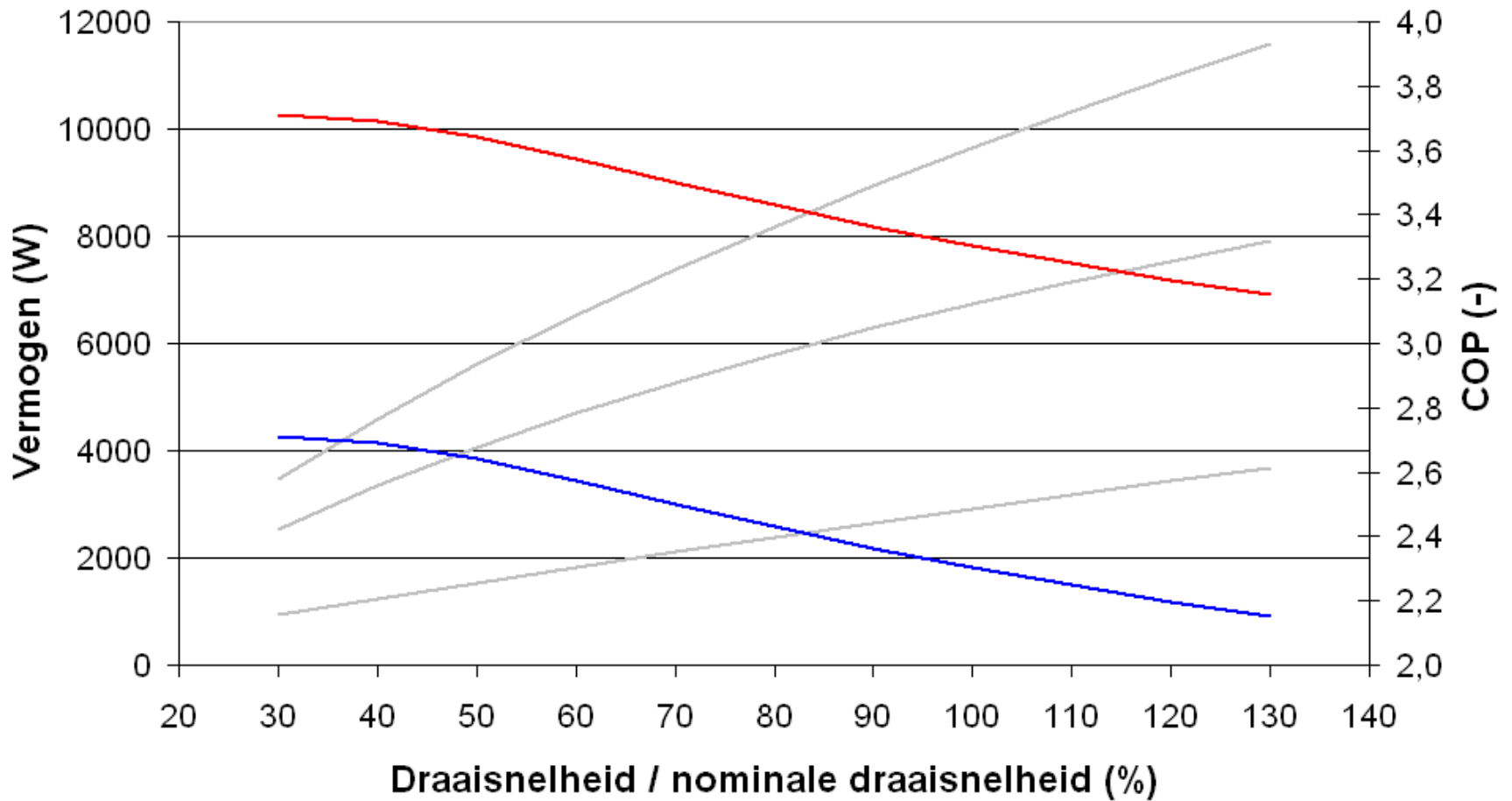
Belang van toerentalregeling

Invloed van toerental



Belang van toerentalregeling

Invloed van toerental



Belang van toerentalregeling

- Koelinstallatie of WP : Φ_C Φ_F T_{SF} T_{SC} en COP veranderen, maar met elkaar verbonden
- De COP is optimaal alleen voor de ontwerpvoorwaarden
- Andere parameters wijzigen is mogelijk :
 - compressor : debiet / snelheid / frequentie
 - warmtewisselaars : debiet van secondaire stroom met de ventilator (weinig belang met pompen)

Toerentalregeling voor koelinstallaties

- Koelinstallatie :

$T_{SC} = T_{\text{buiten}}$ verandert over de jaar (-10 → 35 °C)

$T_{SF} = T_{\text{koellast}} \approx \text{konstant}$ (- 18°C)

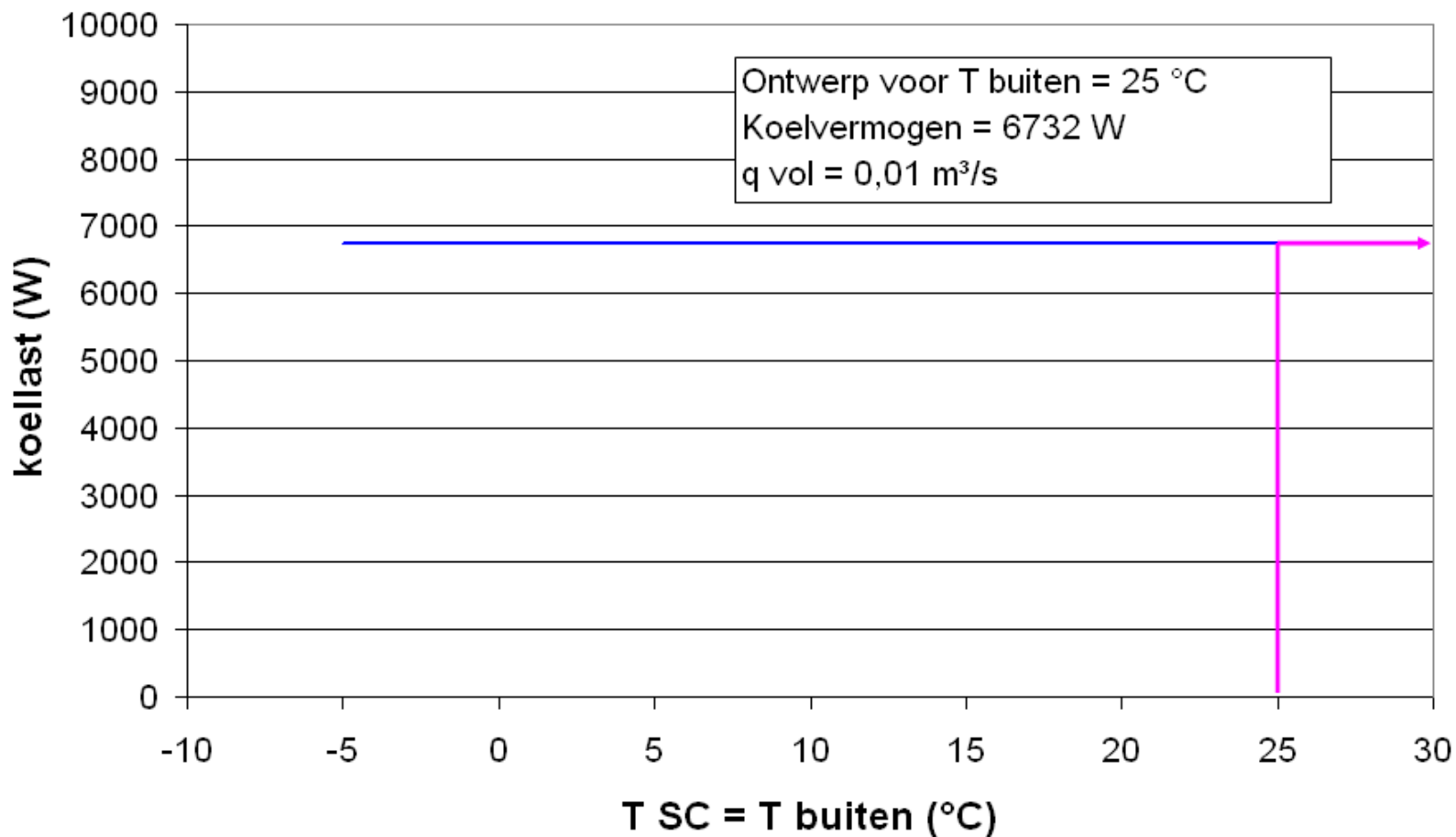
$\Phi_F \approx \text{konstant}$ (hangt af van de koellast)

$\Phi_F = f(T_{SC})$

- Met vaste draaisnelheid : ontwerp met de hoogste T_{SC} (34 °C)

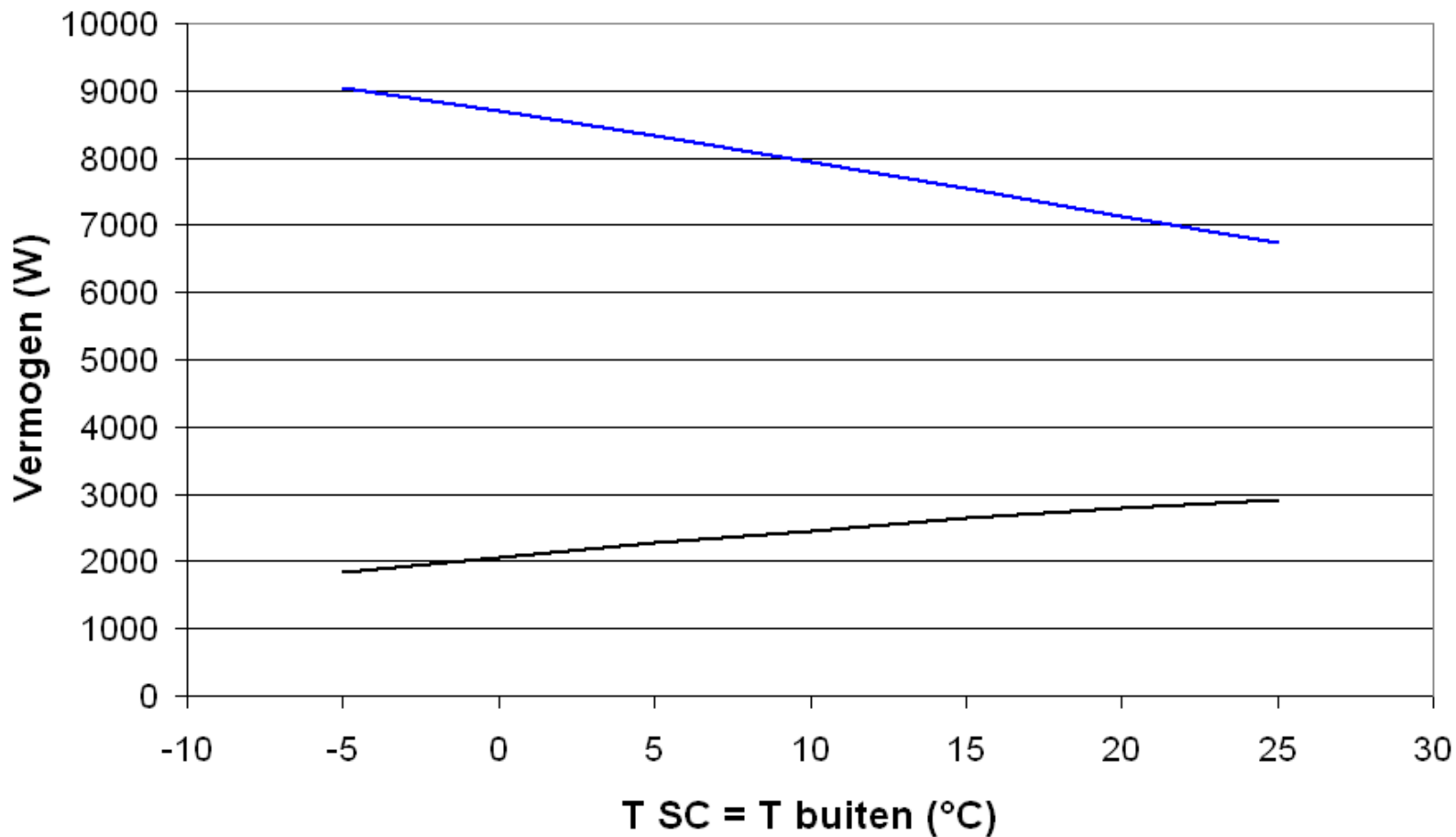
Toerentalregeling voor koelinstallaties

Ontwerp Koelinstallatie



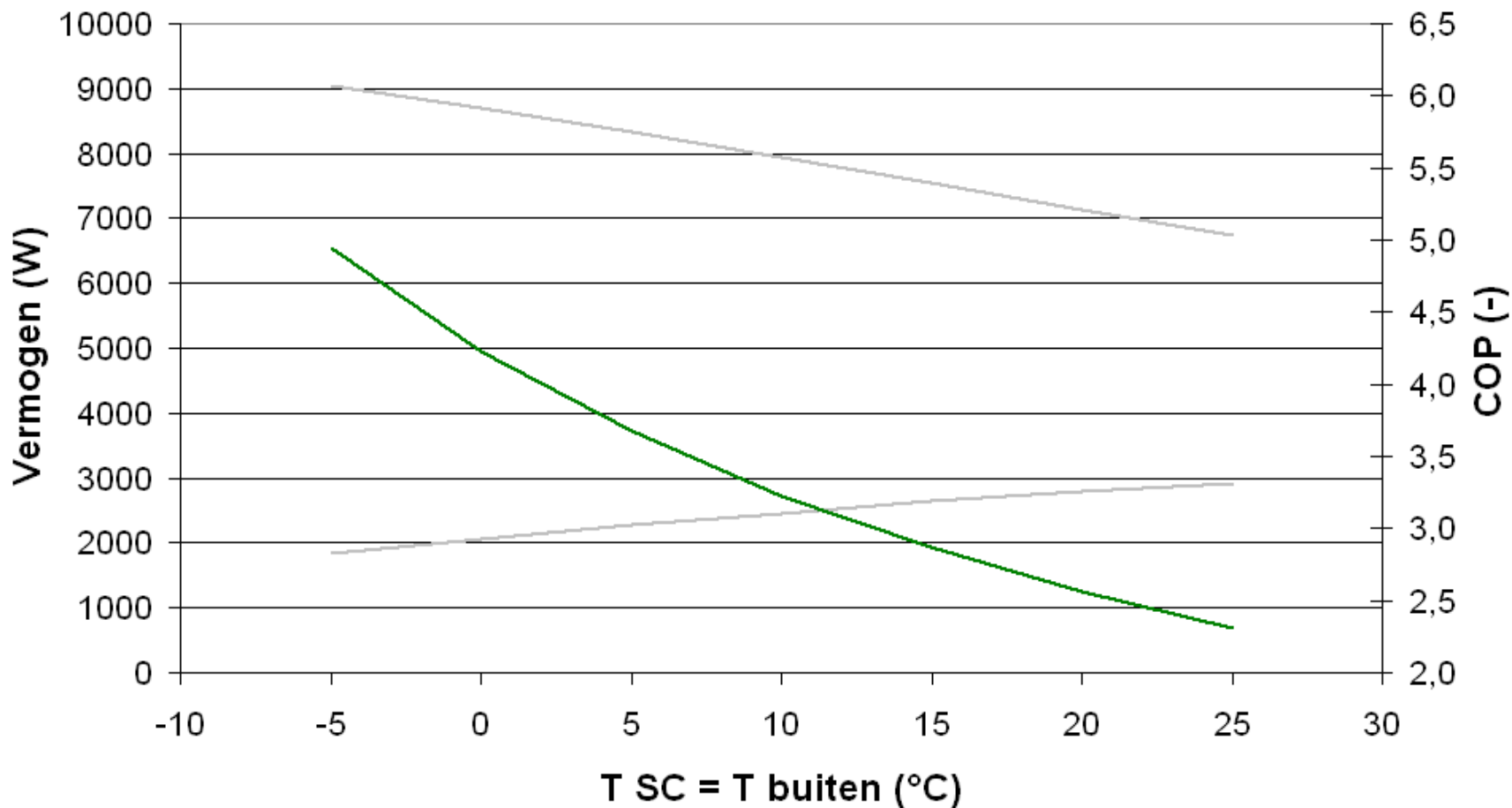
Toerentalregeling voor koelinstallaties

Koelinstallatie met vaste draaisnelheid



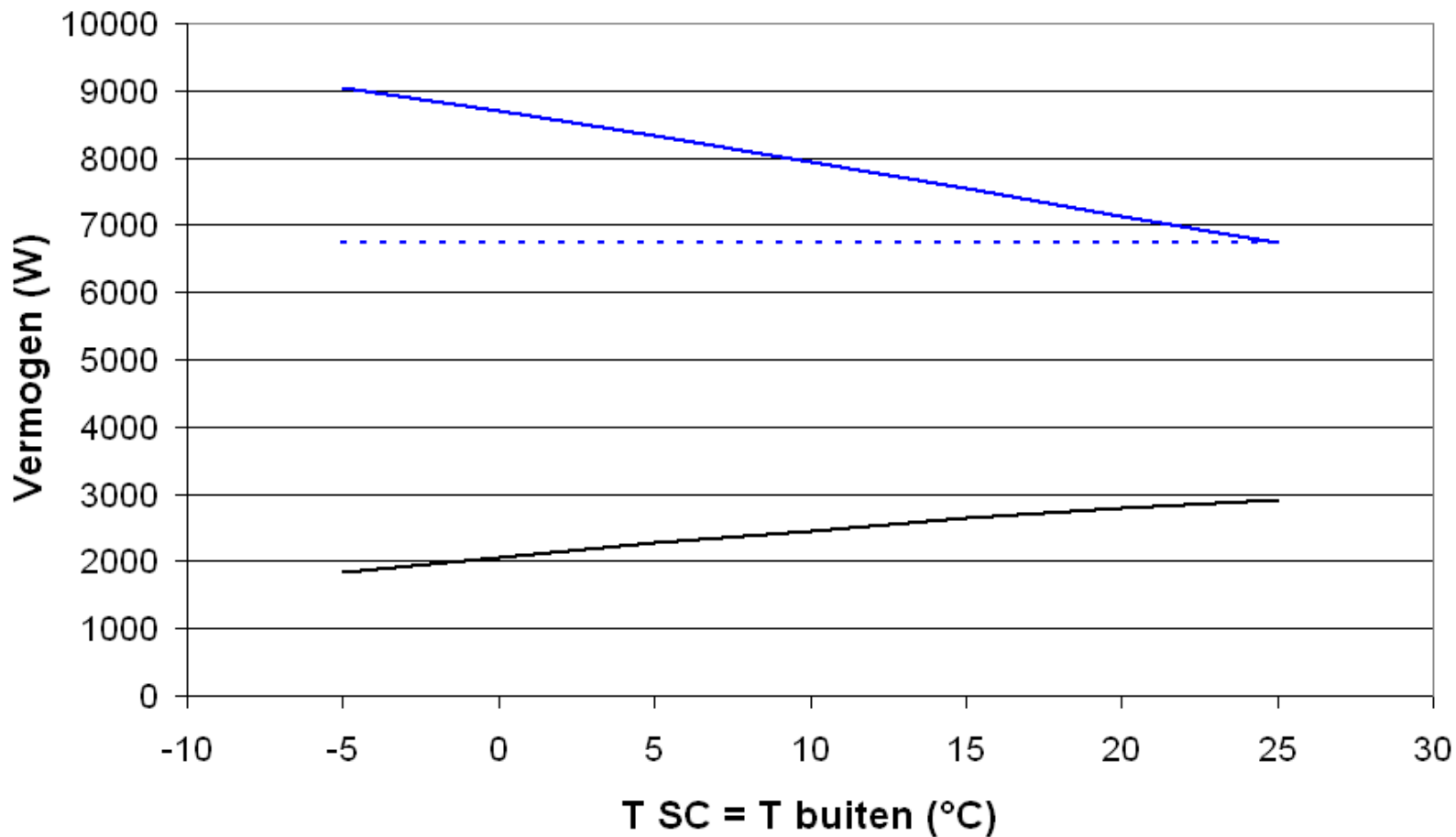
Toerentalregeling voor koelinstallaties

Koelinstallatie met vaste draaisnelheid



Toerentalregeling voor koelinstallaties

Koelinstallatie met vaste draaisnelheid



Toerentalregeling voor koelinstallaties

- Koelinstallatie :

$T_{SC} = T_{\text{buiten}}$ verandert over de jaar (-10 → 35 °C)

$T_{SF} = T_{\text{koelast}} \approx \text{konstant}$ (- 18°C)

$\Phi_F \approx \text{konstant}$ (hangt af van de koellast)

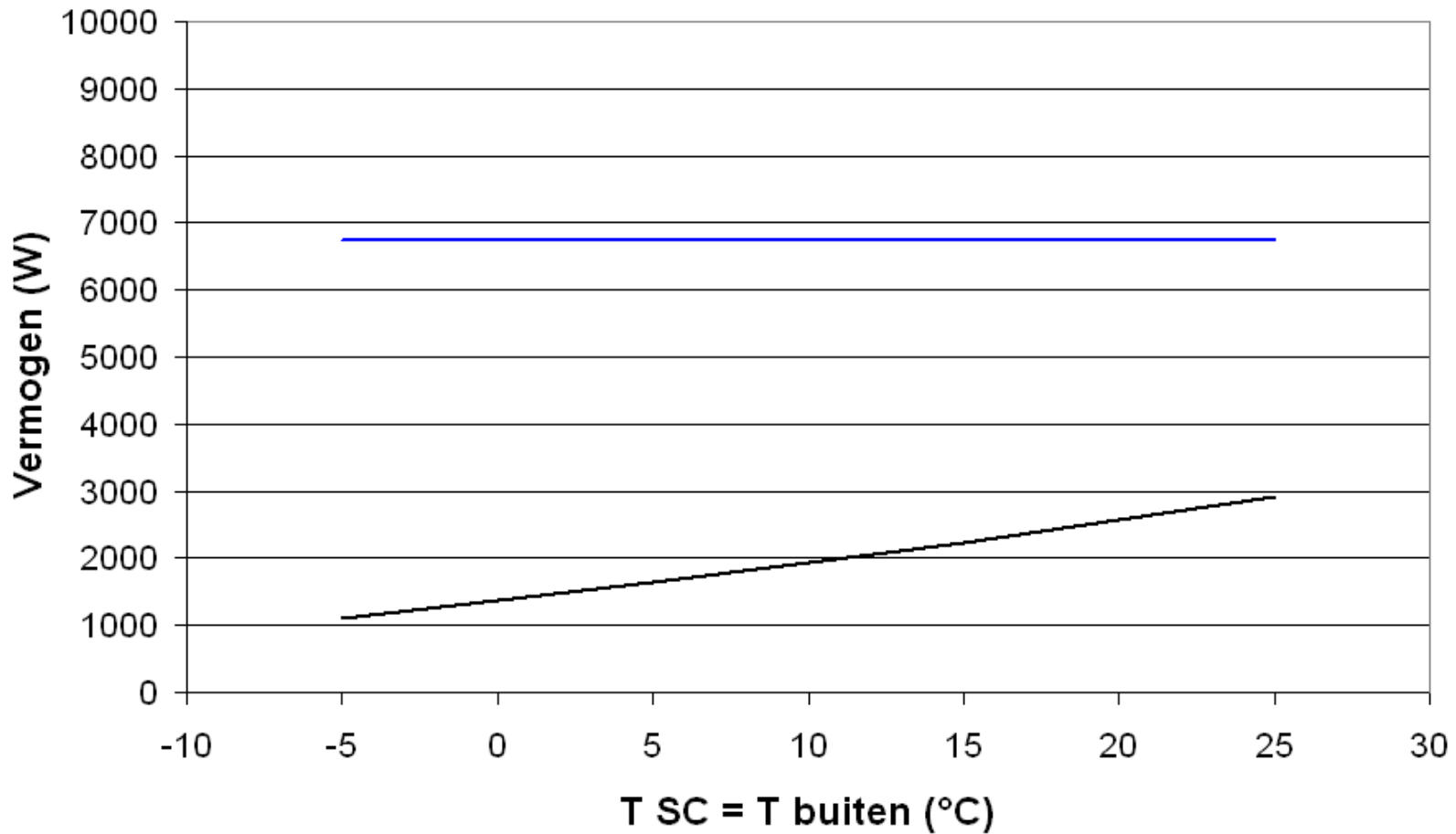
$$\Phi_F = f(T_{SC})$$

- Met toerentalregeling : verandering van het debiet in de compressor om zich aan de koellast aan te passen

$$\Phi_F = \text{koellast} = f(T_{SC}, \text{snelheid compressor})$$

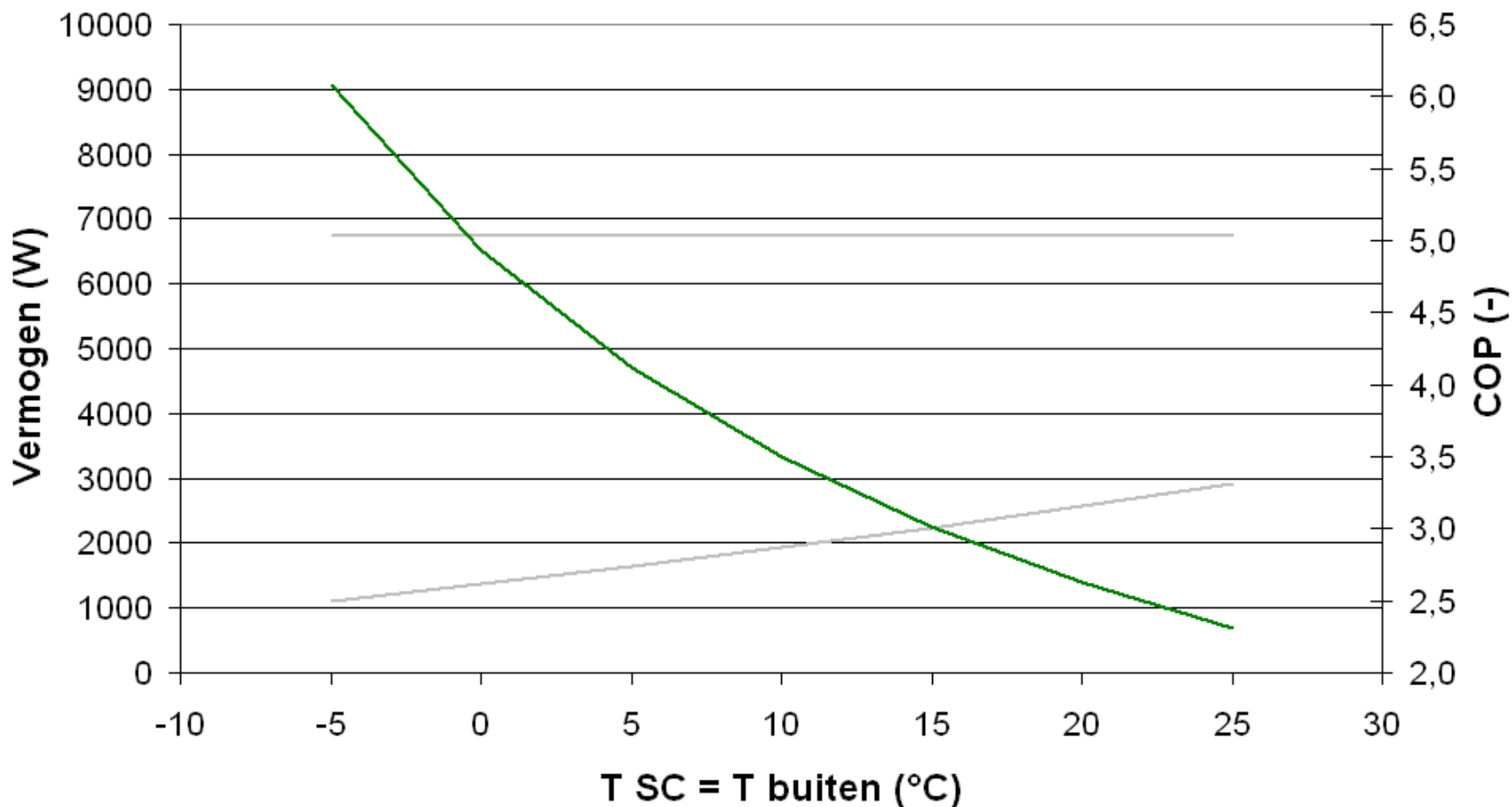
Toerentalregeling voor koelinstallaties

Koelinstallatie met toerental aangepast aan de koellast



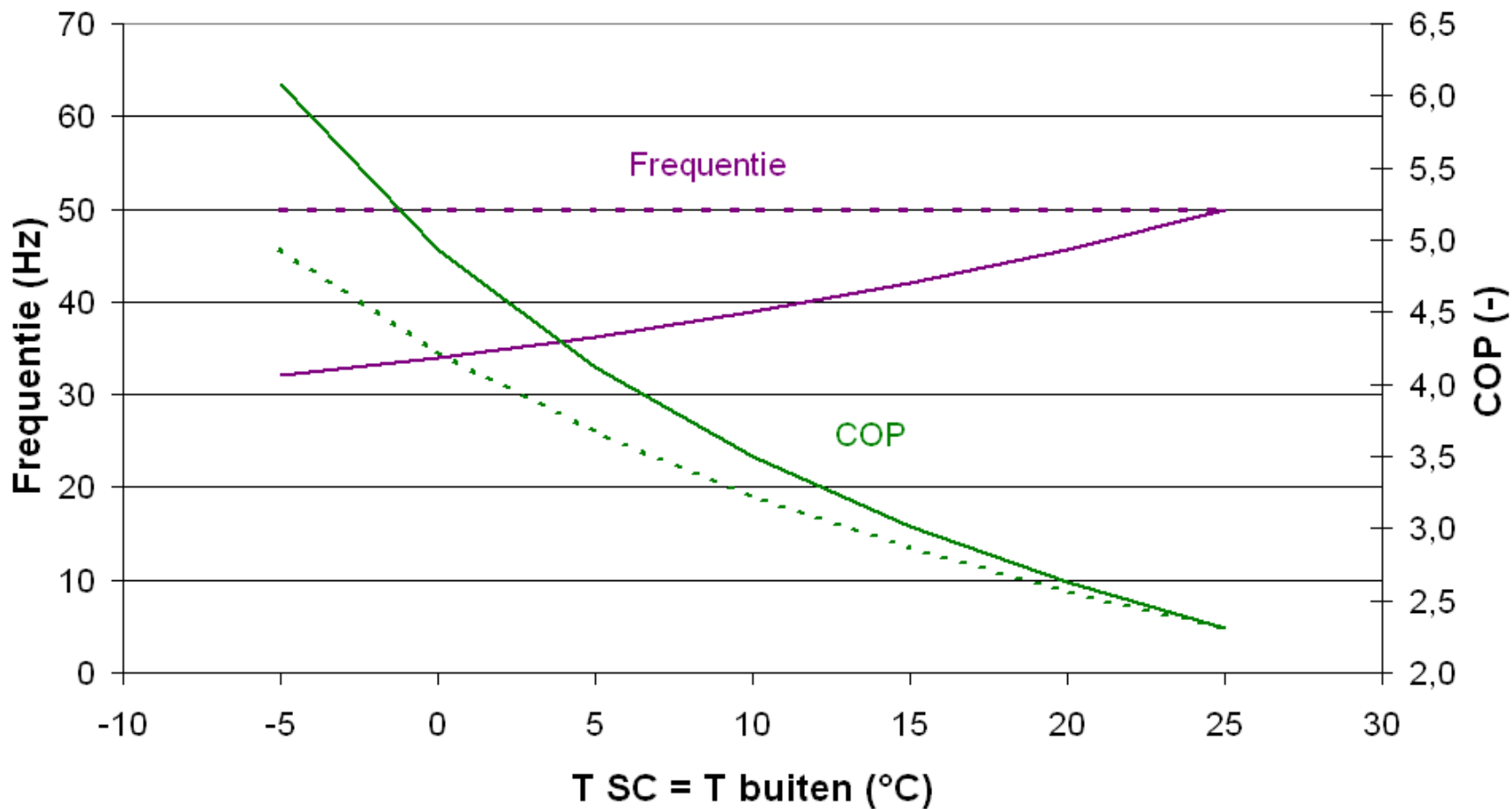
Toerentalregeling voor koelinstallaties

Koelinstallatie met toerental aangepast aan de koellast



Toerentalregeling voor koelinstallaties

Koelinstallatie - Invloed van toerental



Toerentalregeling voor koelinstallaties

- Koelinstallatie :

$T_{SC} = T_{\text{buiten}}$ verandert over de jaar (-10 → 35 °C)

$T_{SF} = T_{\text{koellast}} \approx \text{konstant}$ (- 18°C)

$\Phi_F \approx \text{konstant}$ (hangt af van de koellast)

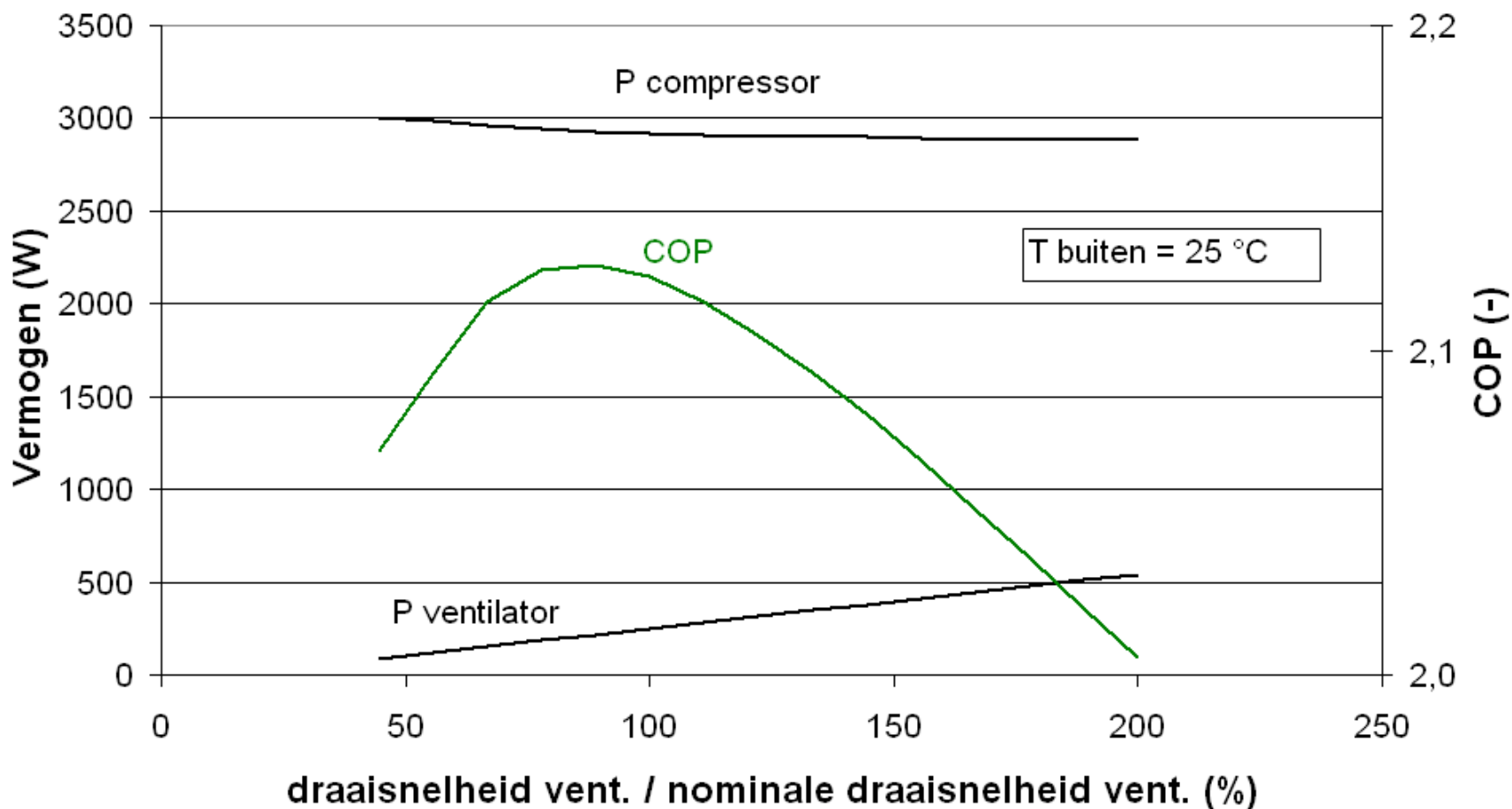
$$\Phi_F = f(T_{SC})$$

- Met toerentalregeling : verandering van het debiet in de compressor om zich aan de koellast aan te passen
- De draaisnelheid van de ventilatoren kan ook een rol spelen : zich aan de koellast aanpassen met een optimale COP :

$$\Phi_F = \text{koellast} = f(T_{SC}, \text{snelheid compressor, snelheid ventilatoren (condensor)})$$

Toerentalregeling voor koelinstallaties

Koelinstallatie - Invloed van ventilator



Toerentalregeling voor warmtepompen

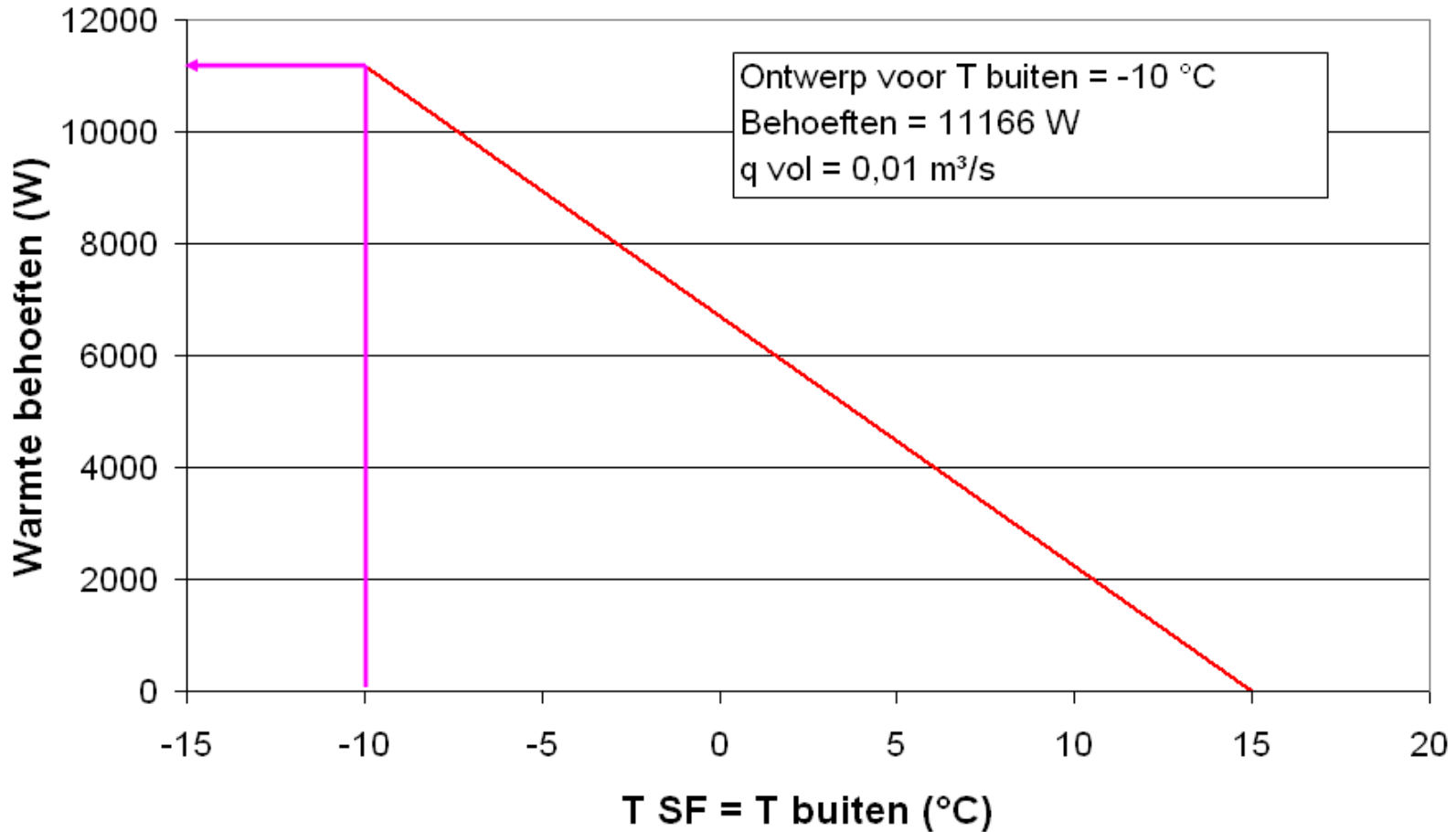
- WP :
 - $T_{SC} = T_{binnen} \approx \text{konstant (20 °C)}$
 - $= T_{vloer}$ (weinig verandering)
 - $T_{SF} = T_{buiten}$ verandert over de jaar (-10 → 15 °C)
 - $= T_{grond}$ verandert over de jaar (0 → 15 °C)
 - Φ_C verandert over de jaar volgens warmte behoeften

$$\Phi_C = f(T_{SF})$$

- Met vaste draaisnelheid : ontwerp voor een bepaalde T_{SF} (T_{buiten}) (-10 °C)

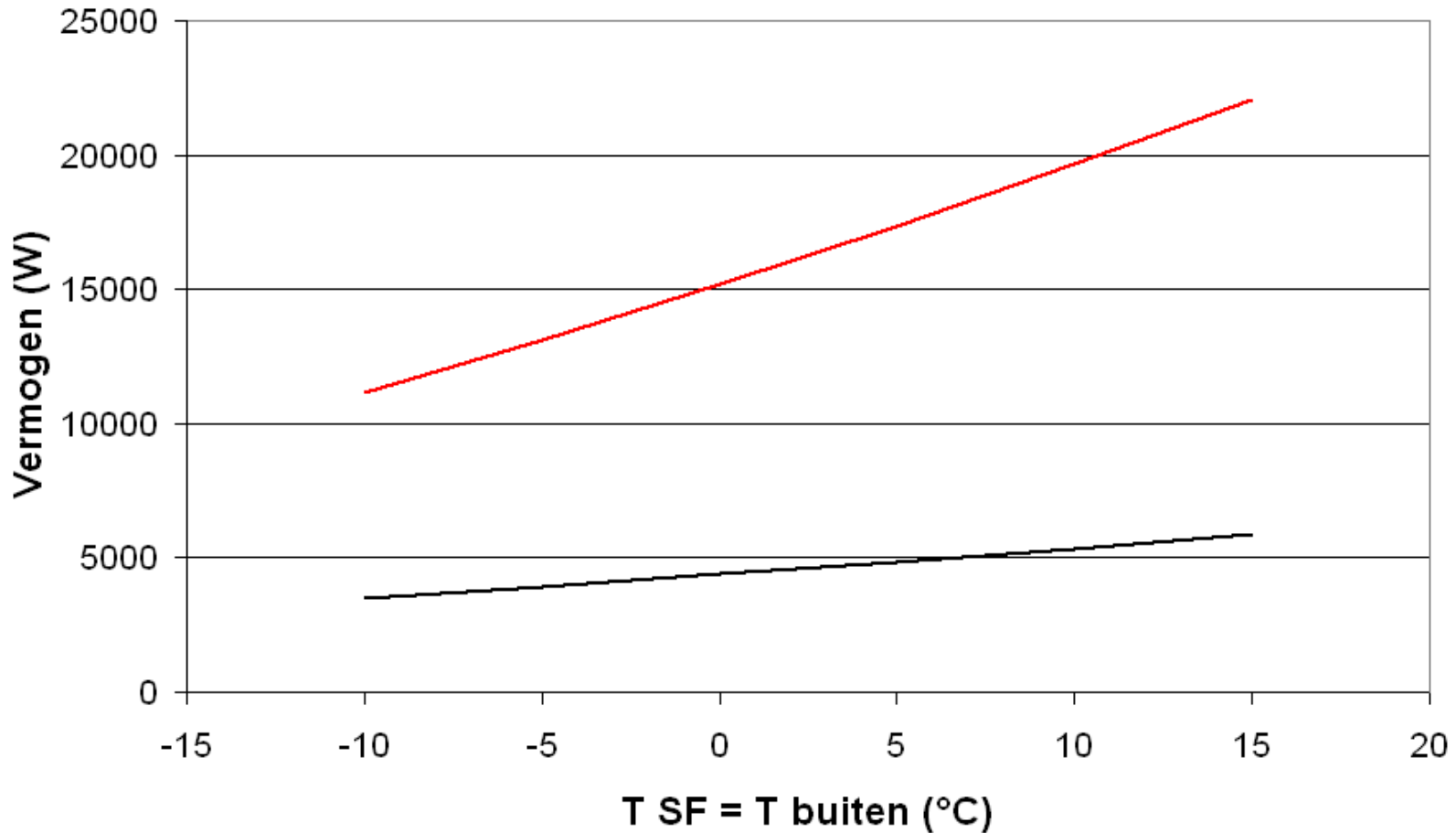
Toerentalregeling voor warmtepompen

Ontwerp WP met vaste draaisnelheid



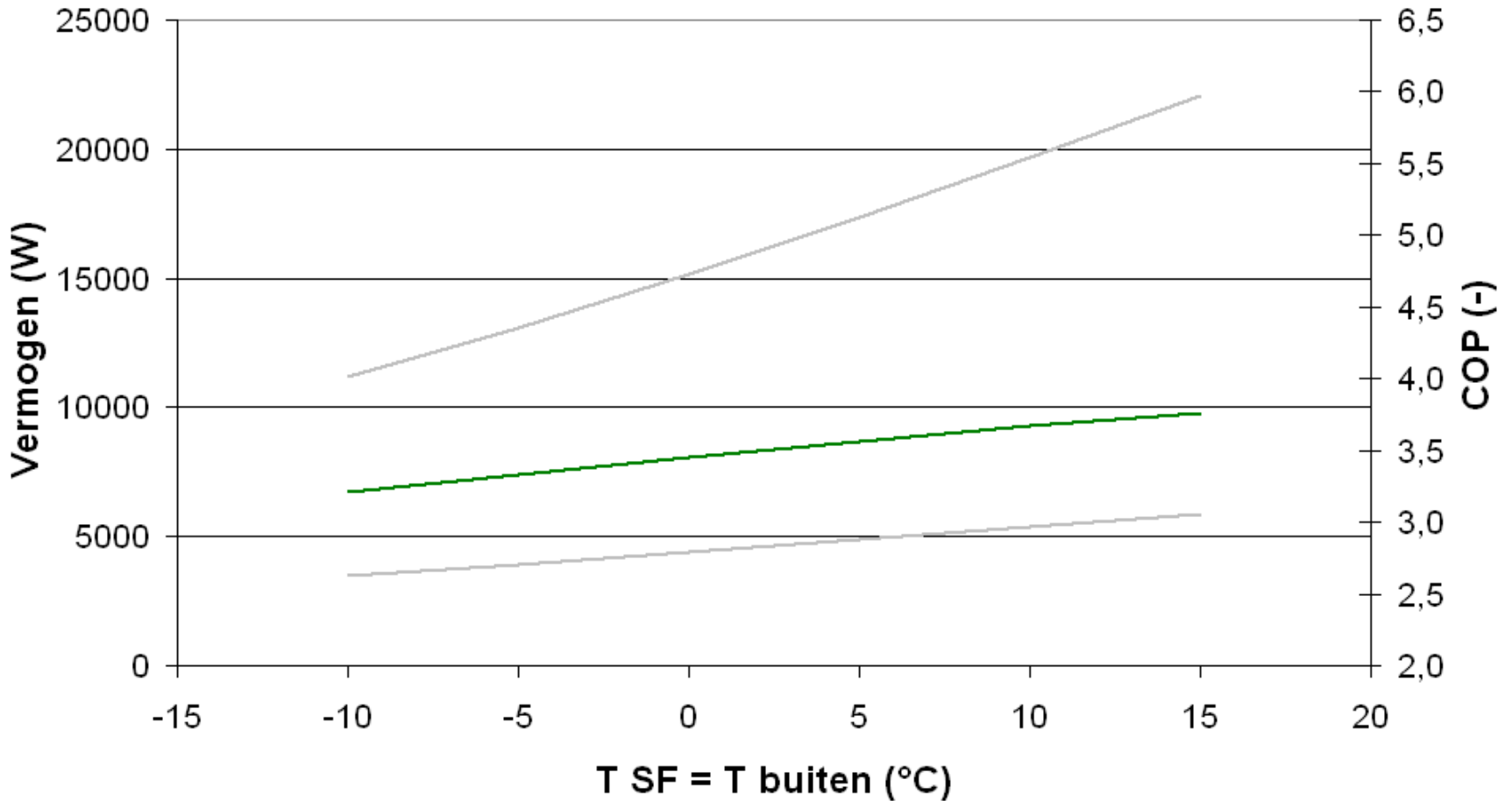
Toerentalregeling voor warmtepompen

WP met vaste draaisnelheid



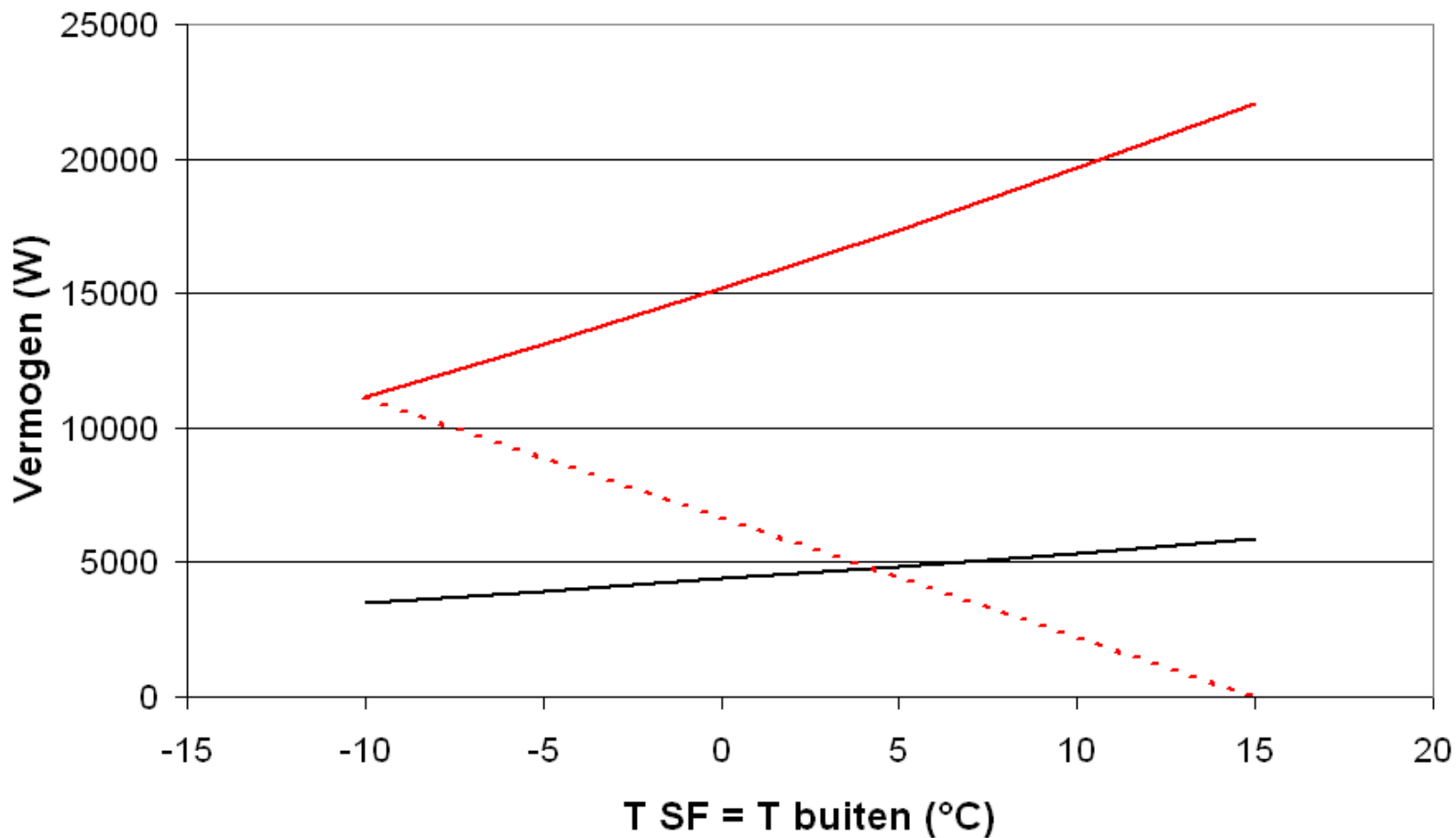
Toerentalregeling voor warmtepompen

WP met vaste draaisnelheid



Toerentalregeling voor warmtepompen

WP met vaste draaisnelheid



Toerentalregeling voor warmtepompen

- WP :
 - $T_{SC} = T_{binnen} \approx \text{konstant (20 °C)}$
 - $= T_{vloer}$ (weinig verandering)
 - $T_{SF} = T_{buiten}$ verandert over de jaar (-10 → 15 °C)
 - $= T_{grond}$ verandert over de jaar (0 → 15 °C)
 - Φ_C verandert over de jaar volgens warmte behoeften

$$\Phi_C = f(T_{SF})$$

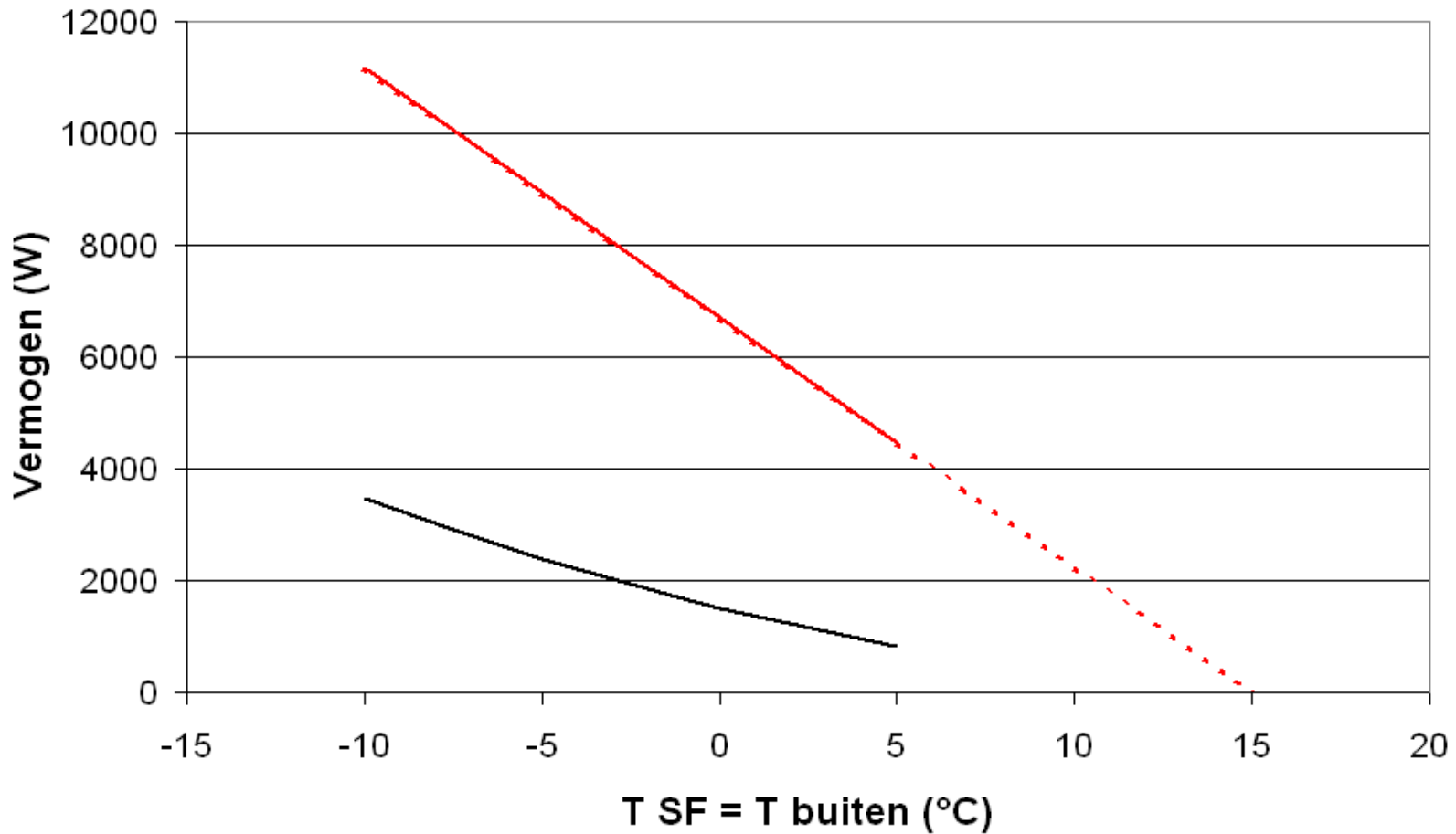
- Met toerentalregeling : verandering van het debiet in de compressor om zich aan de warmte behoeften aan te passen

$$\Phi_C = \text{behoefte} = f(T_{SF}, \text{snelheid compressor})$$

- Optimalisatie van COP ook mogelijk met toerentalregeling van de ventilatoren (verdampers)

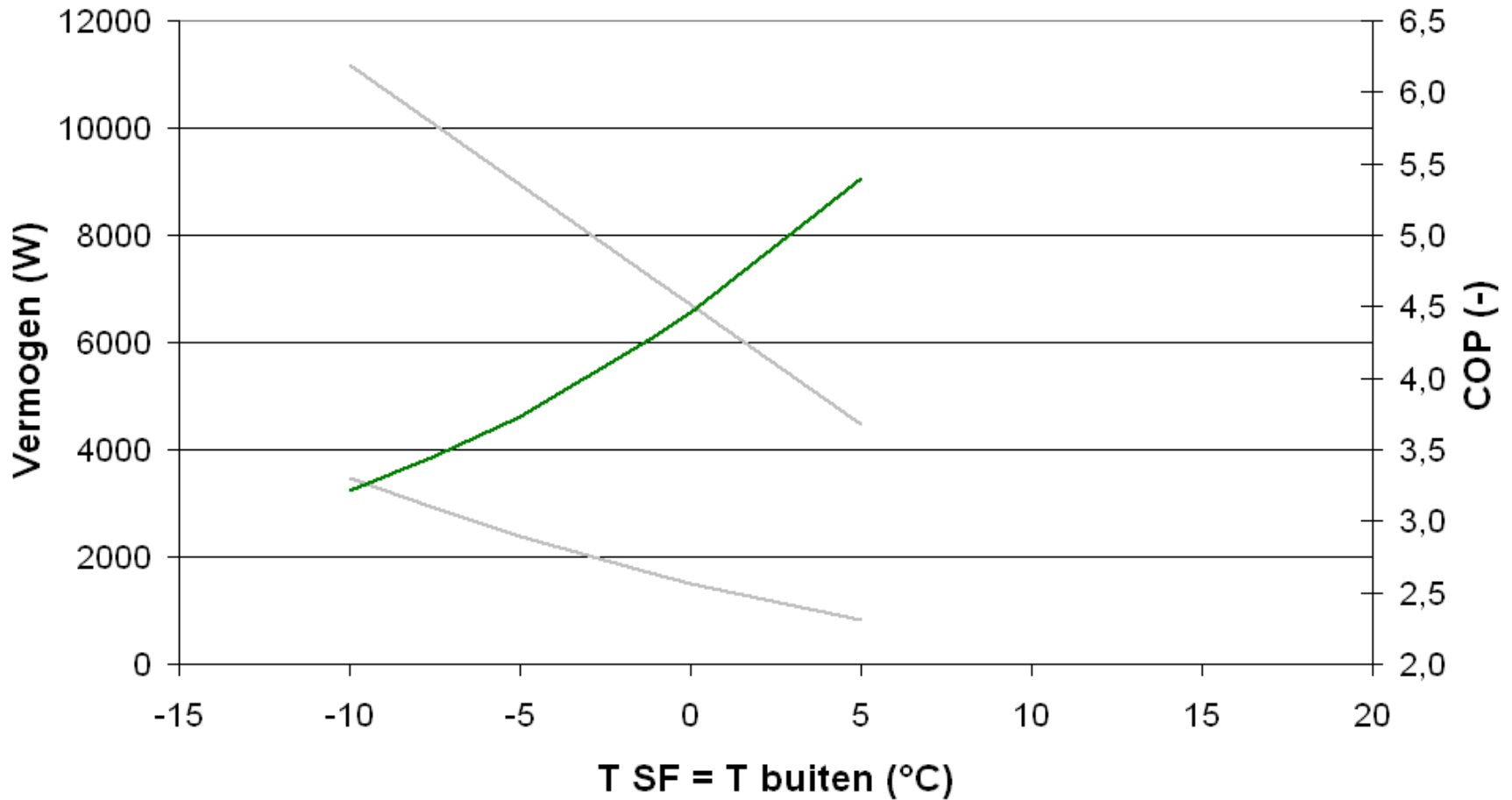
Toerentalregeling voor warmtepompen

WP met toerental aangepast aan de warmte behoeften



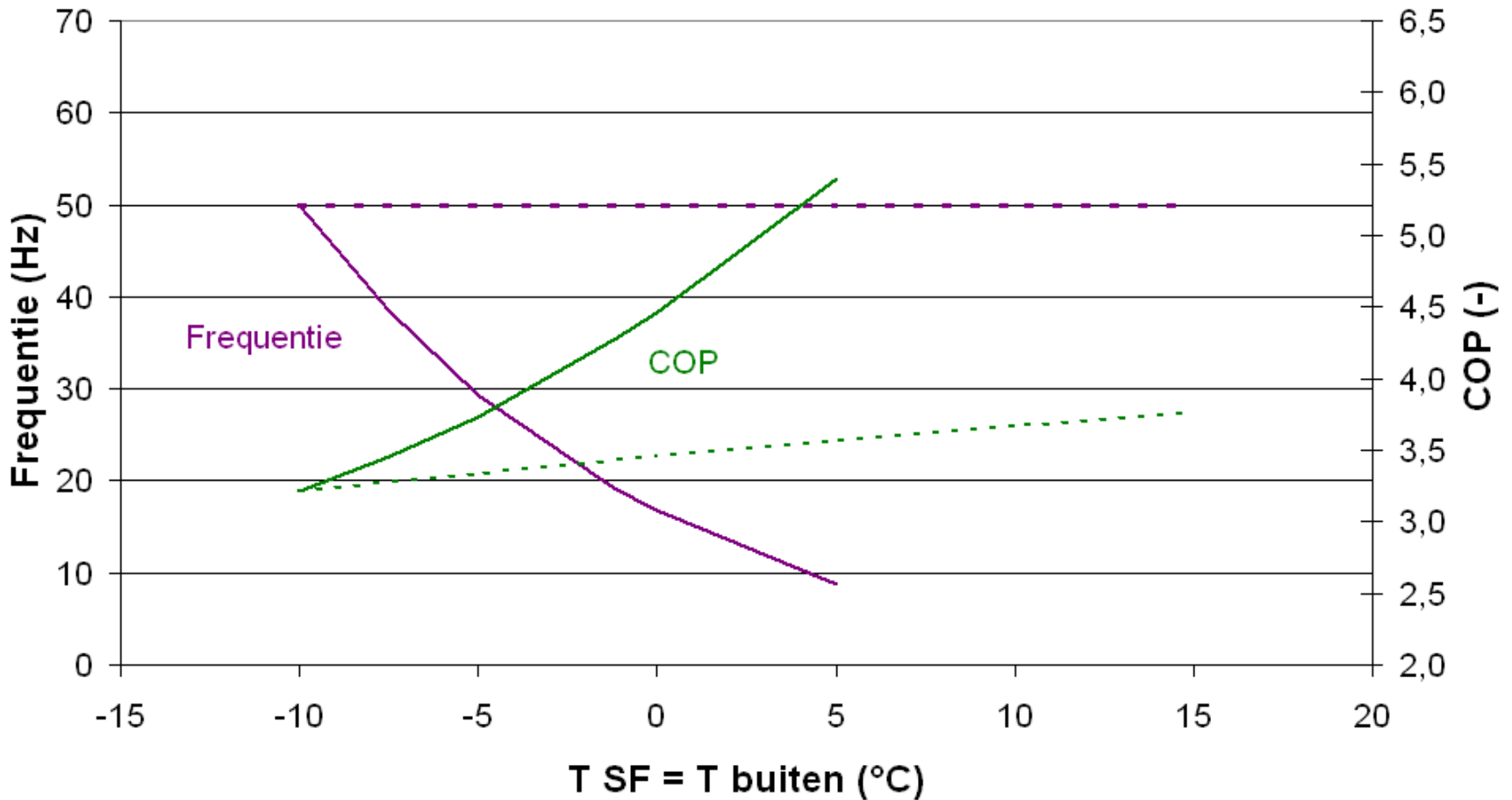
Toerentalregeling voor warmtepompen

WP met toerental aangepast aan de warmte behoeften



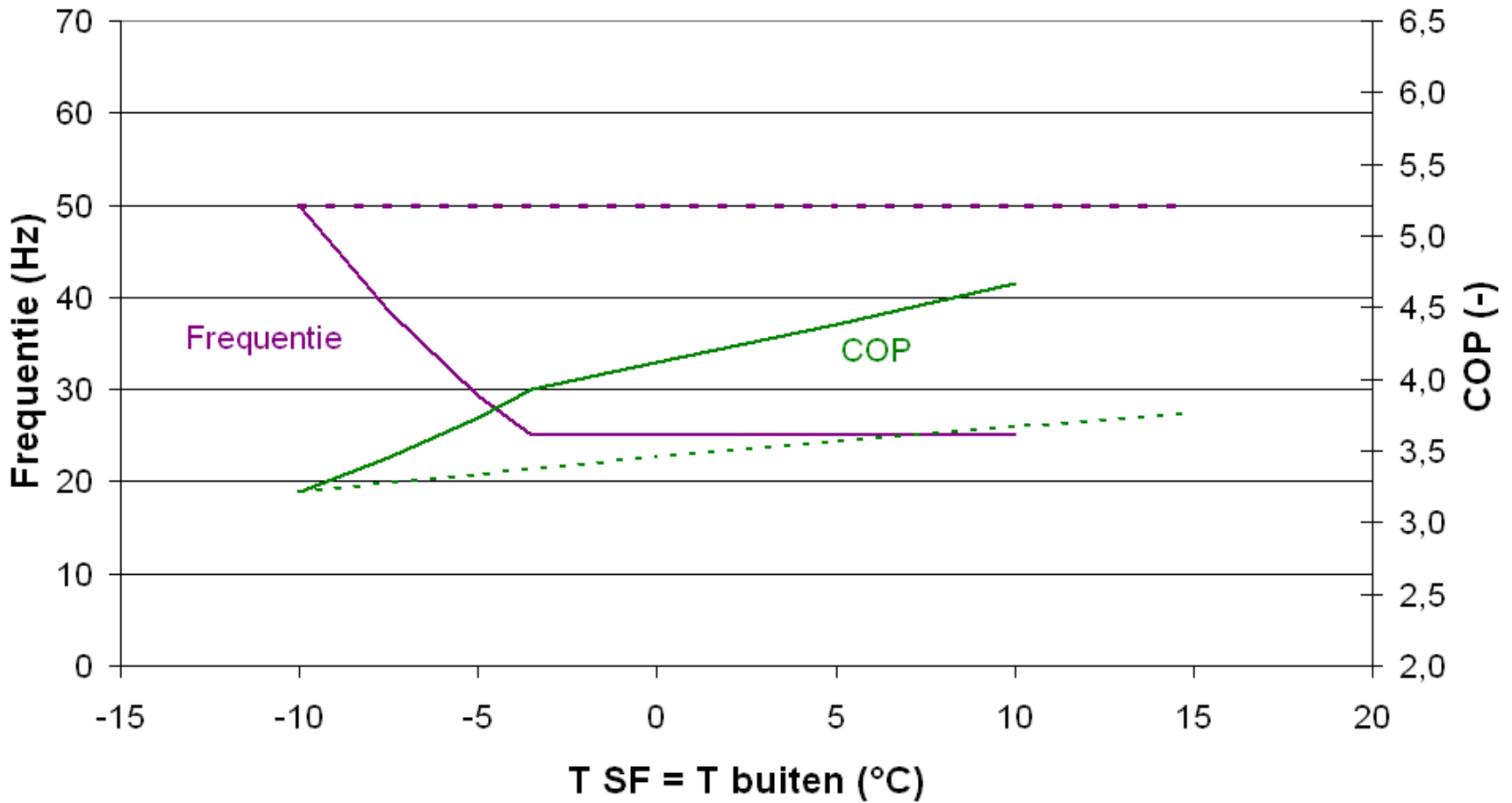
Toerentalregeling voor warmtepompen

WP - Invloed van toerental



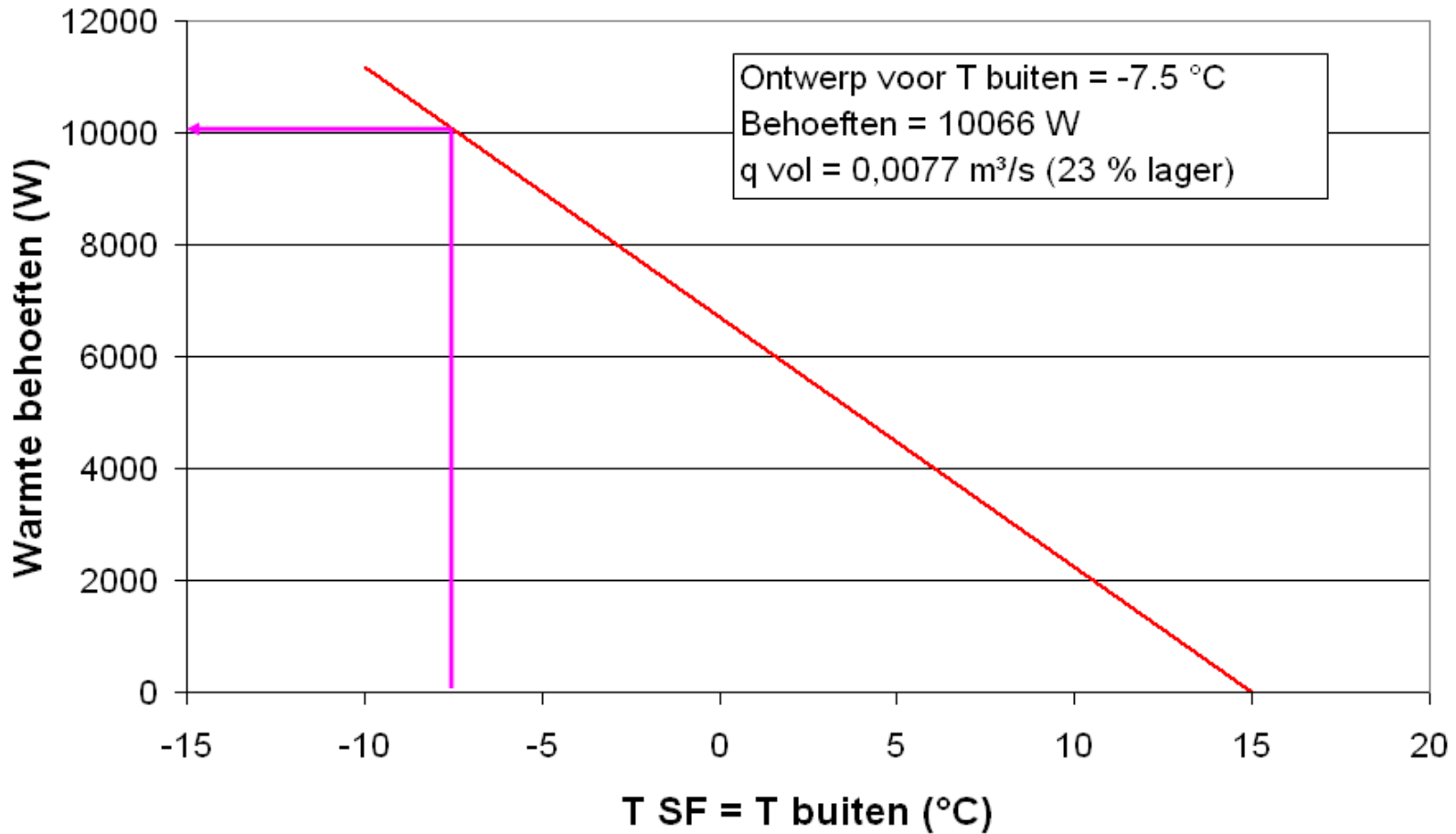
Toerentalregeling voor warmtepompen

WP - Invloed van toerental



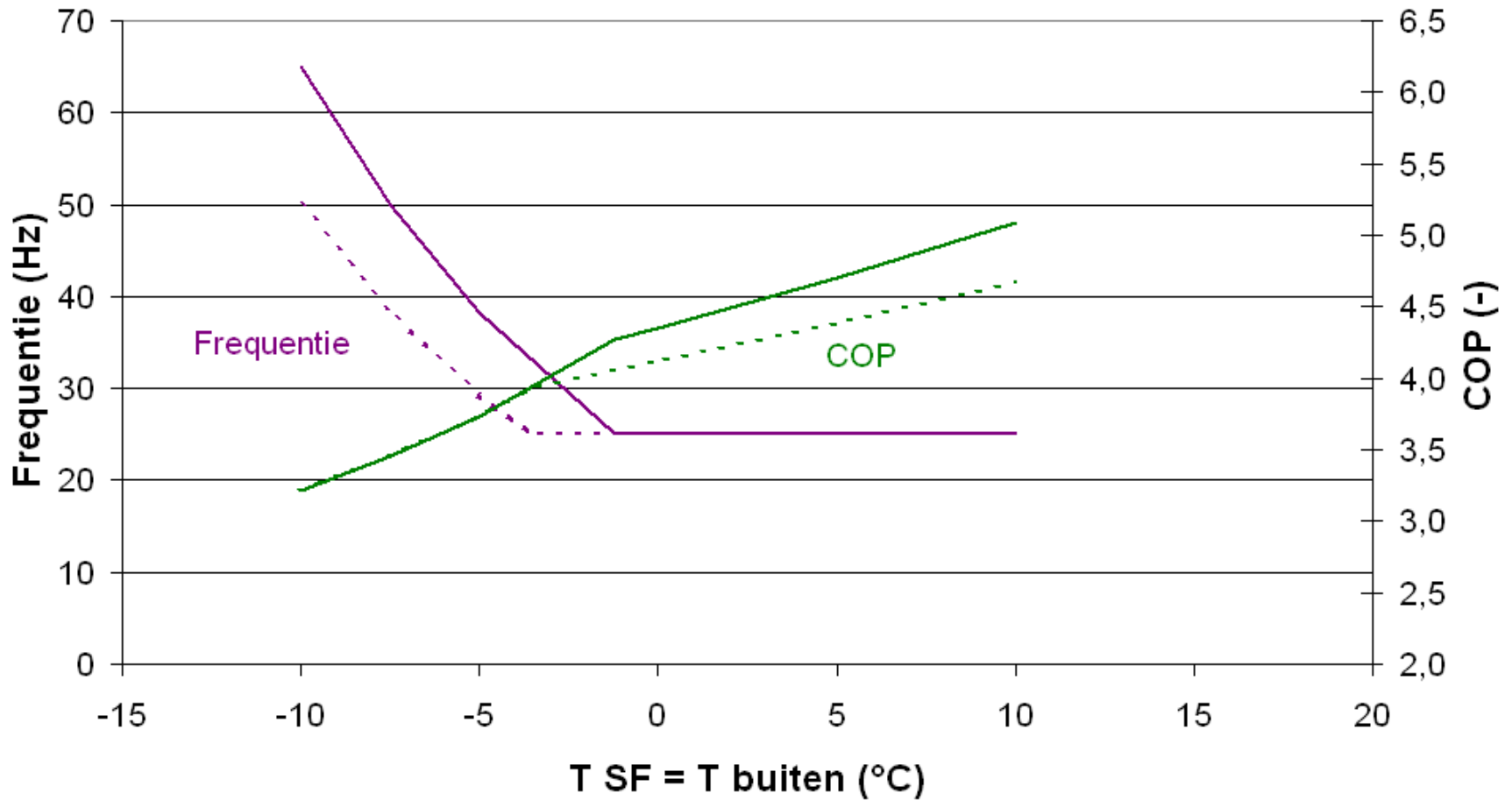
Toerentalregeling voor warmtepompen

Ontwerp WP met toerentalregeling



Toerentalregeling voor warmtepompen

WP - Invloed van toerental en ontwerp



Besluit

- Studie van de thermodynamische zichtpunt
- P (thermodynamiek) $\Leftrightarrow P_{elec}$??
- Rendement iso-s met zeer lage of zeer hoge frequentie ?
- Welke regeling om zich altijd aan de behoeften aan te passen ?
- Welke regeling om een optimale COP altijd krijgen ?

Dank U voor
uw aandacht