



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

Energieffektivitet i industrien 4. og 6. april 2017

# Har detaljeret energikortlægning og pinchanalyse værdi?

Lars Reinholdt, TI  
Brian Elmegaard, DTU



# Indhold

## Energieffektivisering baseret på procesviden og -data

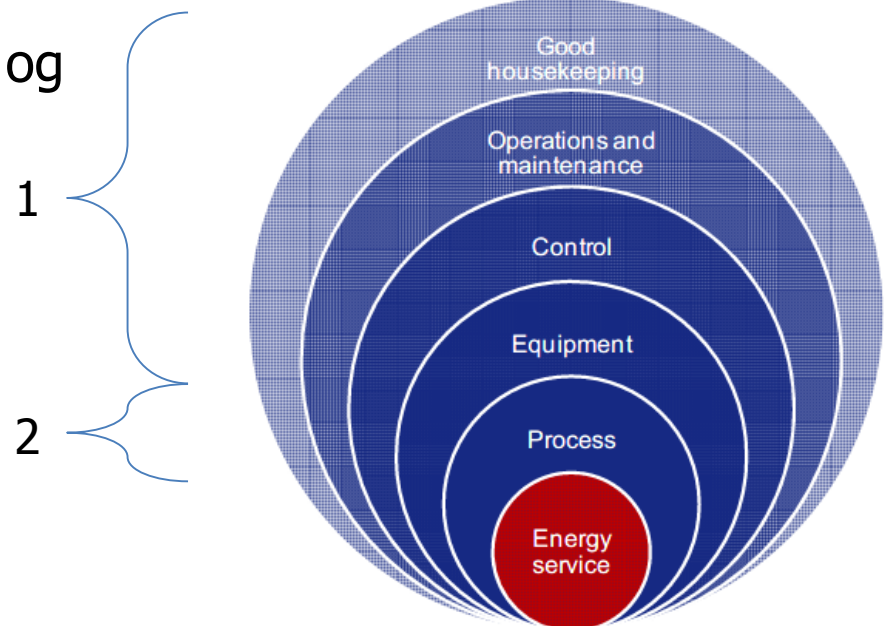
- Minimering af energiforbrug
- Hvor godt skal man kende energistrømmene?
- Bestemmelse af energistrømmene
- Hvordan skaffes data?
- Hvordan kan dataene bruges?
- Analysemetoder
  - Pinchanalyse, til hvad?, muligheder og begrænsninger

# Minimering af energiforbrug

- Fire niveauer
  1. Optimering af nuværende produktionsanlæg/udstyr
  2. Optimering af nuværende produktionsprocesser
  3. Optimering ifm. ombygninger og udvidelser
  4. Optimering ved/gennem omlægning af produktionsprocesserne

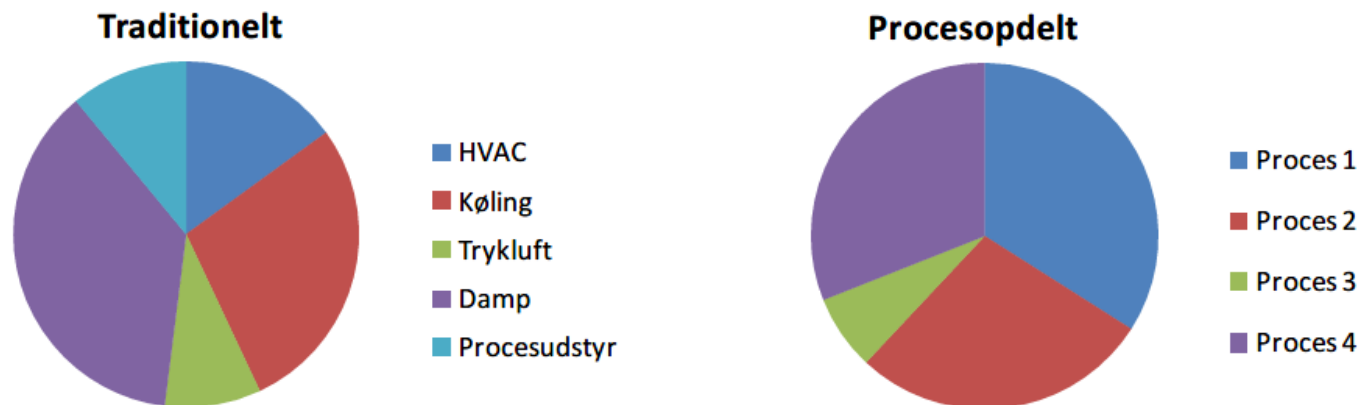
Postulat:

Man skal kende energistrømmene og baggrunden for dem



# Hvor godt skal man kende energistrømmene?

- Målet er ikke eksakte tal, men potentialeidentifikation og at noget realiseres.
- Måling af procesparametre og energistrømme fører ikke energibesparelse. Uanset nøjagtighed!
- Det er først, når den opnåede viden anvendes og bringes i spil.
- Opgørelse af, hvor og i forbindelse med hvilken proces, energien bruges kan ofte føre til fokusering af indsatsen og større besparelser.



Figur 10. Energibalancer

# Bestemmelse af energistrømmene

Stort datagrundlag kræves, men kan baseres på flere kilder

- indsigt og erfaring  
dette skal dog ofte krydstjekkes, f.eks. "spørge mange"
- Estimer. F.eks. mærkeplader, men pas på: Måske er komponenten overdimensioneret og kører dellast.
- Beregning af energibalancer, f.eks. baseret på viden om processtrømmens parametre
- Måling
  
- Ved valg af målenøjagtighed skal formålet med den pågældende måling holdes for øje
  
- Man kan drukne i data!

# Hvordan kan dataene bruges?

## Case: Aarhus Slagtehus

Store mængder varmt vand ved hhv. 60°C og 90°C.

- 60°C anvendes til rengøring under og efter produktion samt til håndvask efter opblanding til 40°C
- 90°C anvendes til sterilisation af:
  - - Knive (25 knivsterilisatorer, termostatstyrede til min. 82°C)
  - - Save til opskæring af kroppe
  - - Afhuderkæde
  - - Tarmbakke m.v., alle styret til 1 sterilisationsskyl pr krop
  - - Manuel sterilisation af destruktionsvogne
  - - 3 spuleslanger til rengøring
  - - 1 tarmcentrifuge med tidsstyret skyl

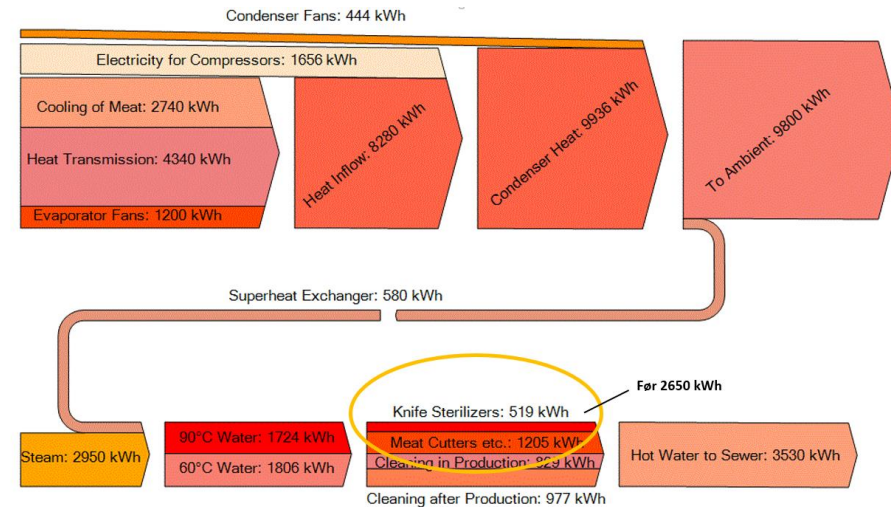
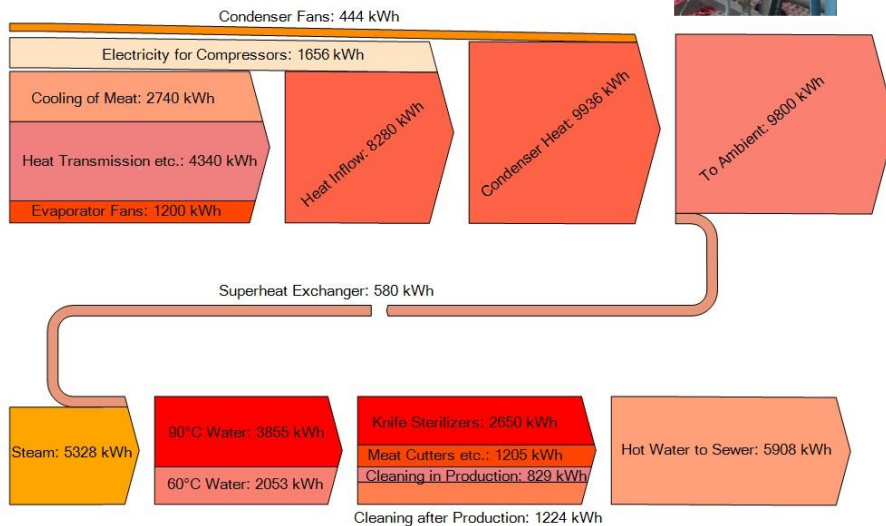
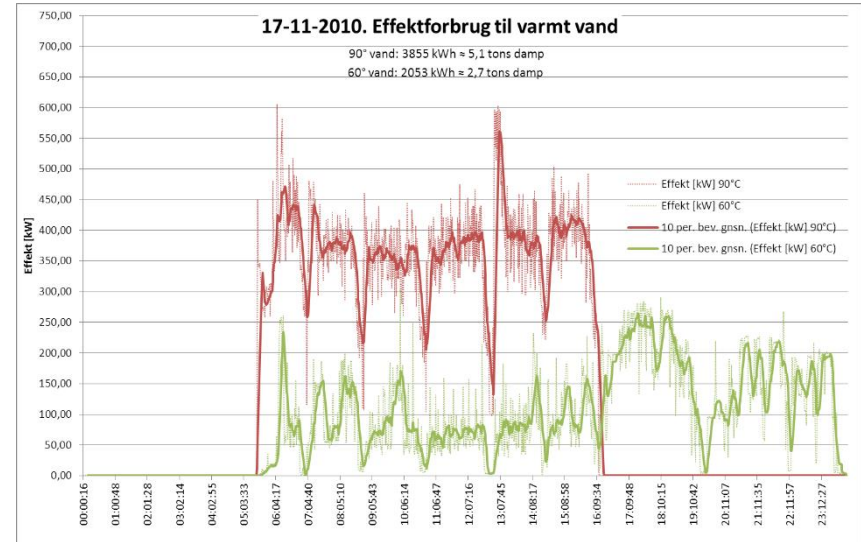


# Case: Aarhus Slagtehus



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

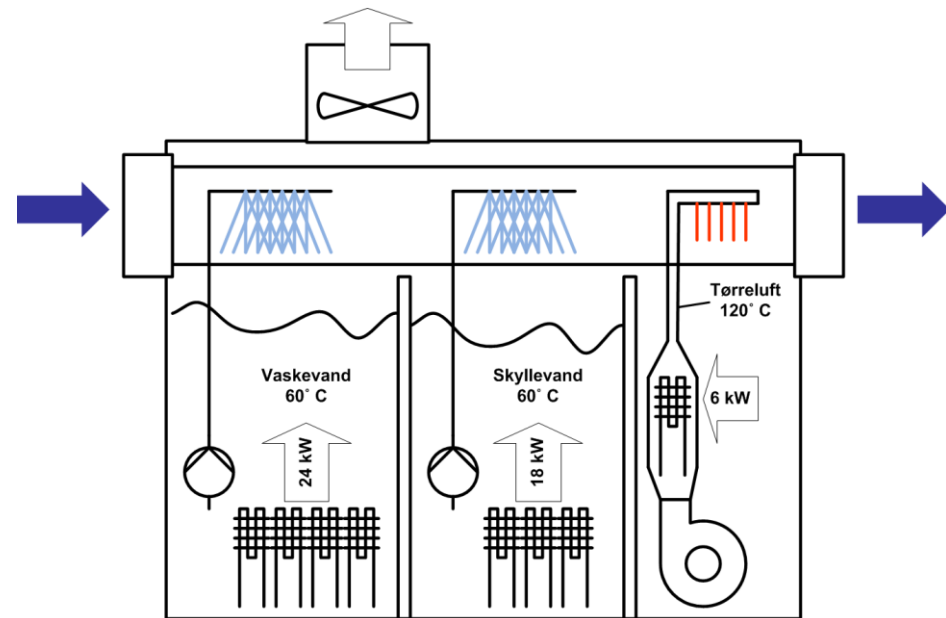
- Detaljeret kortlægning
- Kortlægning af processerne førte til ændring af knivsterilisatorerne
- Kunne det være gjort uden måling: Ja.



# Hvordan kan dataene bruges?

## Case: Industriel emnevaskemaskine

- KSN Gennemløbsvasker, tromletype

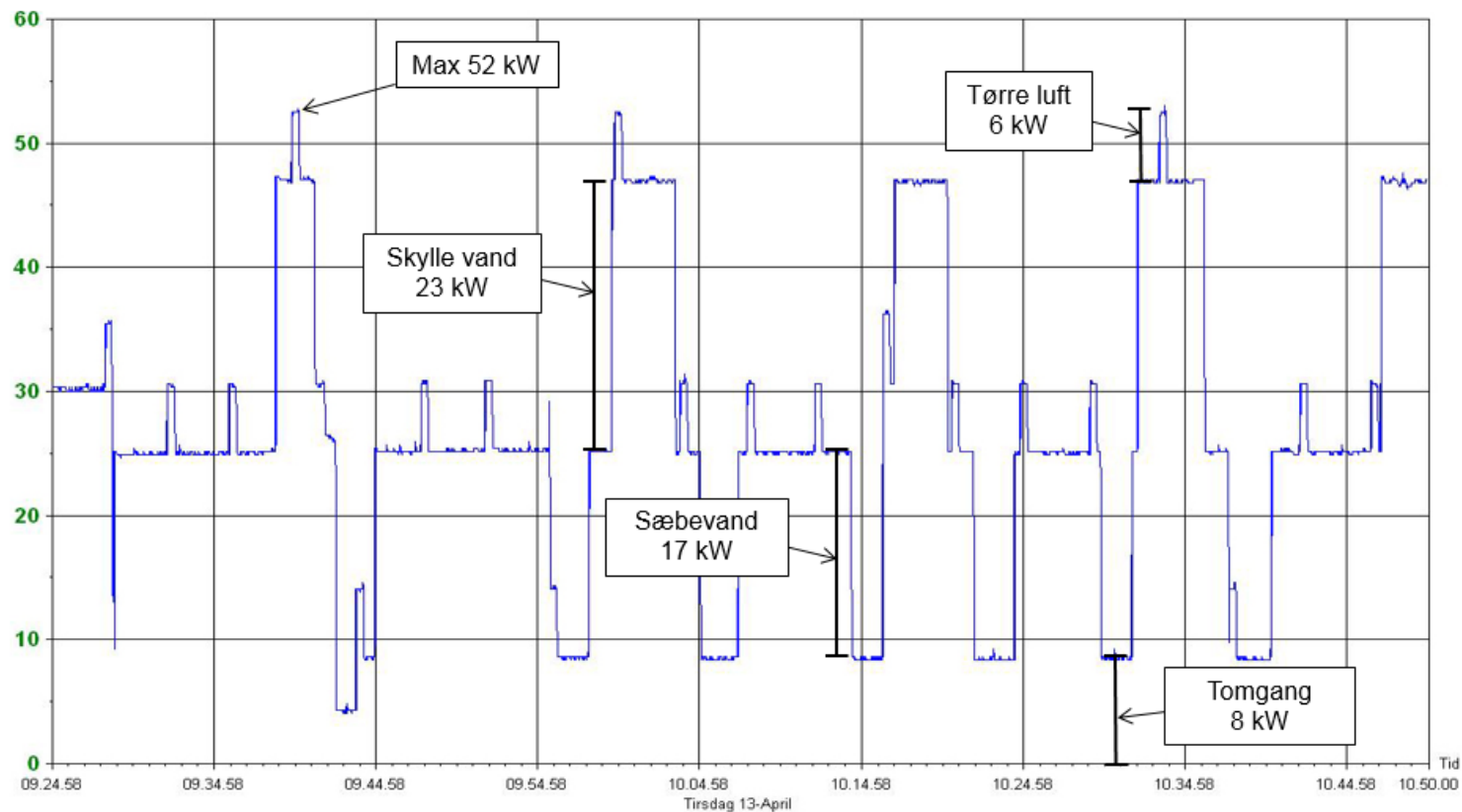




# Hvordan kan dataene bruges?

## Case: Industriel emnevaskemaskine

- Kortlægning af forbrug i delprocesser med én effekt-logger



- Kunne det være gjort uden måling: Nej

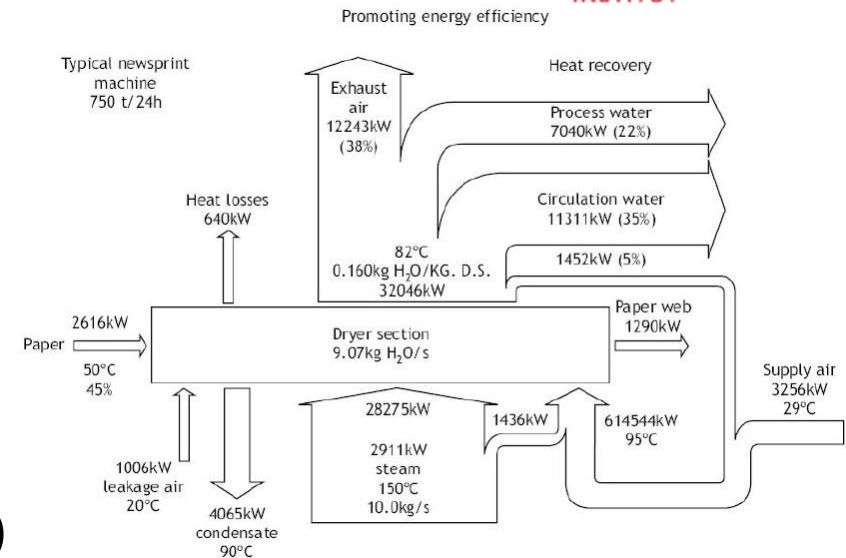
# Hvordan kan dataene bruges?



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

## Analysemetoder

- Energibalancer
- Sankey diagram giver godt overblik
- KPIer (Key Performance Indicators)  
Kan bruge af operatørerne i den daglige produktionsstyring
  - Specifikt energiforbrug, f.eks. kWh/kg<sub>produkt</sub>
  - COP
  - Nøjagtighed ikke vigtig, derimod reproducerbarheden
- Optimering gennem procesanalyse
  - Varmegenvinding
  - Effektudjævning
  - Pinchanalyse



# Pinchanalyse

- Systematisk metode til analyse af **procesintegration** af varme strømme, der skal køles og kolde strømme der skal opvarmes.

## Muligheder

- Energieffektivisering gennem varmeveksling for minimering af behov for ekstern opvarmning og køling.
- Optimal integrationer (varmevekslernetværksdesign) ud fra økonomiske parametre  
Sammenspil mellem investering og energibesparelse.
- Vurderingsgrundlag for, hvor god den nuværende proces er.
- Anvise de største og lavest hængende frugter
- Giver retningslinjer - praktiske løsninger behøver ikke være hvad pinch siger, man kan afvige fra metoden efter behag

## Begrænsninger

- Giver kun et øjebliksbillede: Dynamiske forhold og samtidighed medtages ikke.
- Fysiske forhold (f.eks. afstand) indgår ikke.

# Pinchanalyse

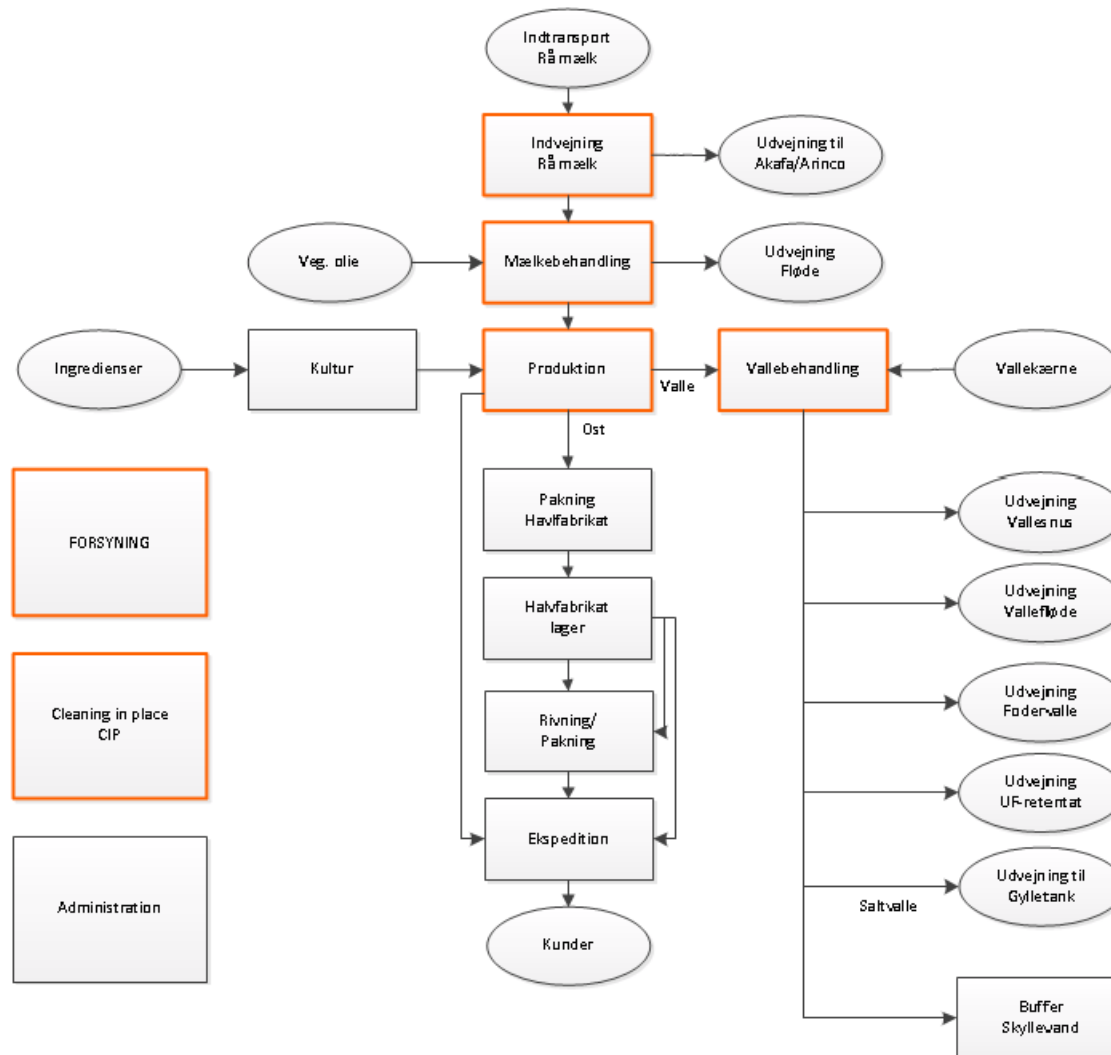
## Metode

1. Opstille strømdata:  
Medistrømmenes kapacitetsstrøm ( $\text{kW}/^{\circ}\text{C}$ ) og temperaturskift
2. Opdele de varme hhv. kolde strømme i temperaturintervaller
3. Summere de varme hhv. kolde strømme indenfor temperaturintervaller
4. Optegne kompositkurver

1 og 2 gøres normalt alligevel ved proceskortlægning.

# Pinchanalyse

## Case: Osteproduktion



# Pinchanalyse

## Case: Osteproduktion



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

### Strømdata og temperaturintervaller

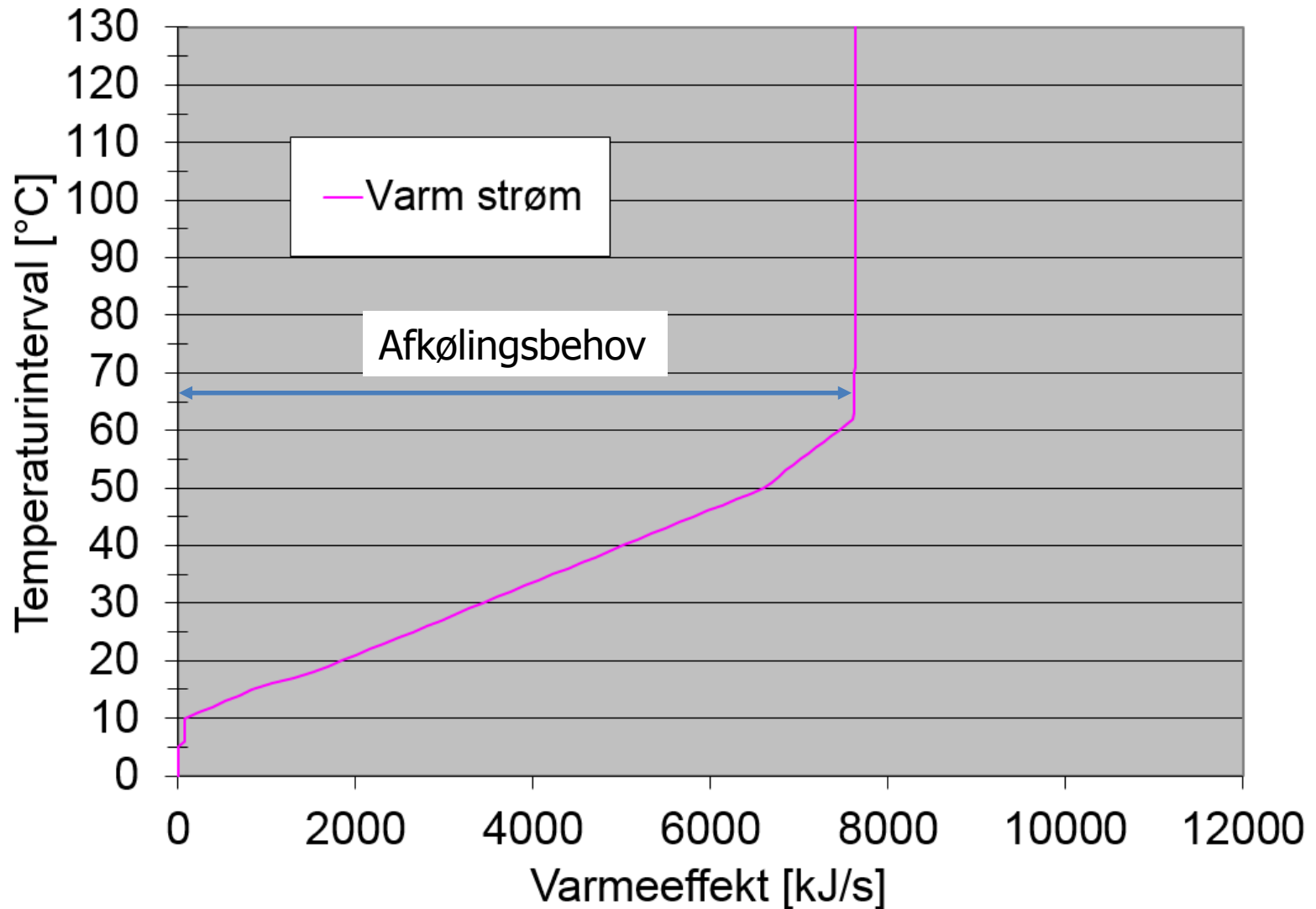
|    | A                | B        | C        | D           | E         | F    | G   |
|----|------------------|----------|----------|-------------|-----------|------|-----|
| 1  | Strøm            | Tstart   | Tend     | mcp         | Q         | type |     |
| 2  | Råmælk           | 5        | 65       | 72,96423135 | 4377,8539 | kold | A   |
| 3  | Fløde opvarmning | 65       | 90       | 5,612633181 | 140,31583 | kold | B   |
| 4  | Flødetermisering | 90       | 120      | 5,612633181 | 168,379   | kold | Qk1 |
| 5  | Fløde nedkøling  | 120      | 95       | 5,612633181 | 140,31583 | varm | B   |
| 6  | Fløde opvarmning | 65       | 86       | 1,870877727 | 39,288432 | kold | C   |
| 7  | Pasterisering    | 86       | 93       | 1,870877727 | 13,096144 | kold | Qk2 |
| 8  | Fløde nedkøling  | 93       | 72       | 1,870877727 | 39,288432 | varm | C   |
| 9  | Afkøling         | 72       | 5        | 1,870877727 | 125,34881 | varm | Qv1 |
| 10 | Nedkøling reg    | 67,36842 | 5,789474 | 71,09335363 | 4377,8539 | varm | A   |
| 11 | Nedkøling        | 5,789474 | 5        | 71,09335363 | 56,126332 | varm | Qv2 |
| 12 | Ostemælk op      | 10       | 49       | 71,09335363 | 2772,6408 | kold | D   |
| 13 | Ostemælk op      | 49       | 74       | 71,09335363 | 1777,3338 | kold | Qk3 |
| 14 | Opstemælk ned    | 74       | 35       | 71,09335363 | 2772,6408 | varm | D   |
| 15 | Procesvand       | 10       | 67,55502 | 15,15177099 | 872,06054 | kold | Qk4 |
| 16 | Ostemasse        | 41       | 62       | 82,21104452 | 1726,4319 | kold | Qk5 |
| 17 | Ostemasse        | 62       | 15       | 82,21104452 | 3863,9191 | varm | Qv3 |
| 18 | Valle op         | 41       | 66       | 74,30892472 | 1857,7231 | kold | E   |

# Pinchanalyse



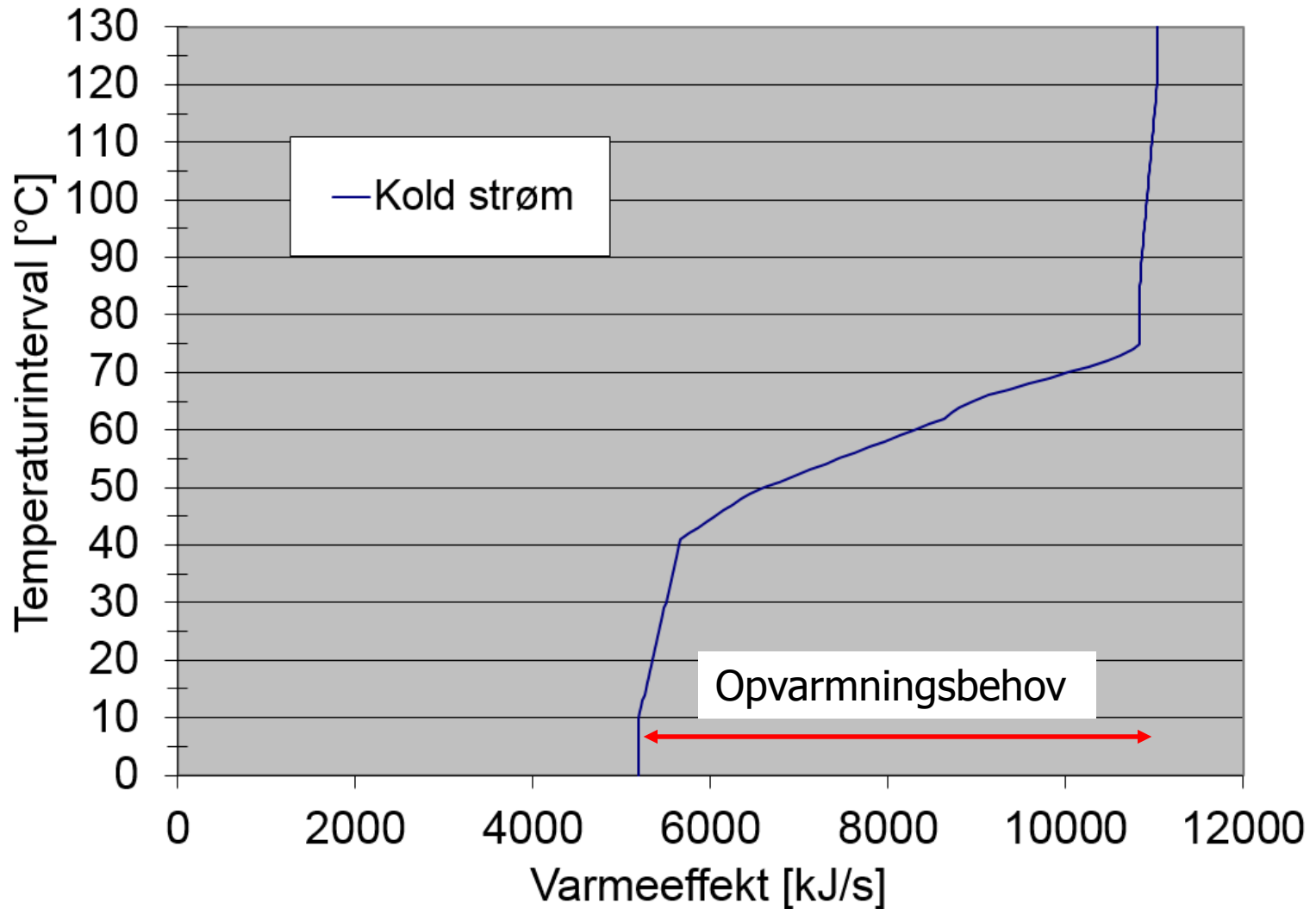
TEKNOLOGISK  
INSTITUT

## Case: Osteproduktion



# Pinchanalyse

## Case: Osteproduktion



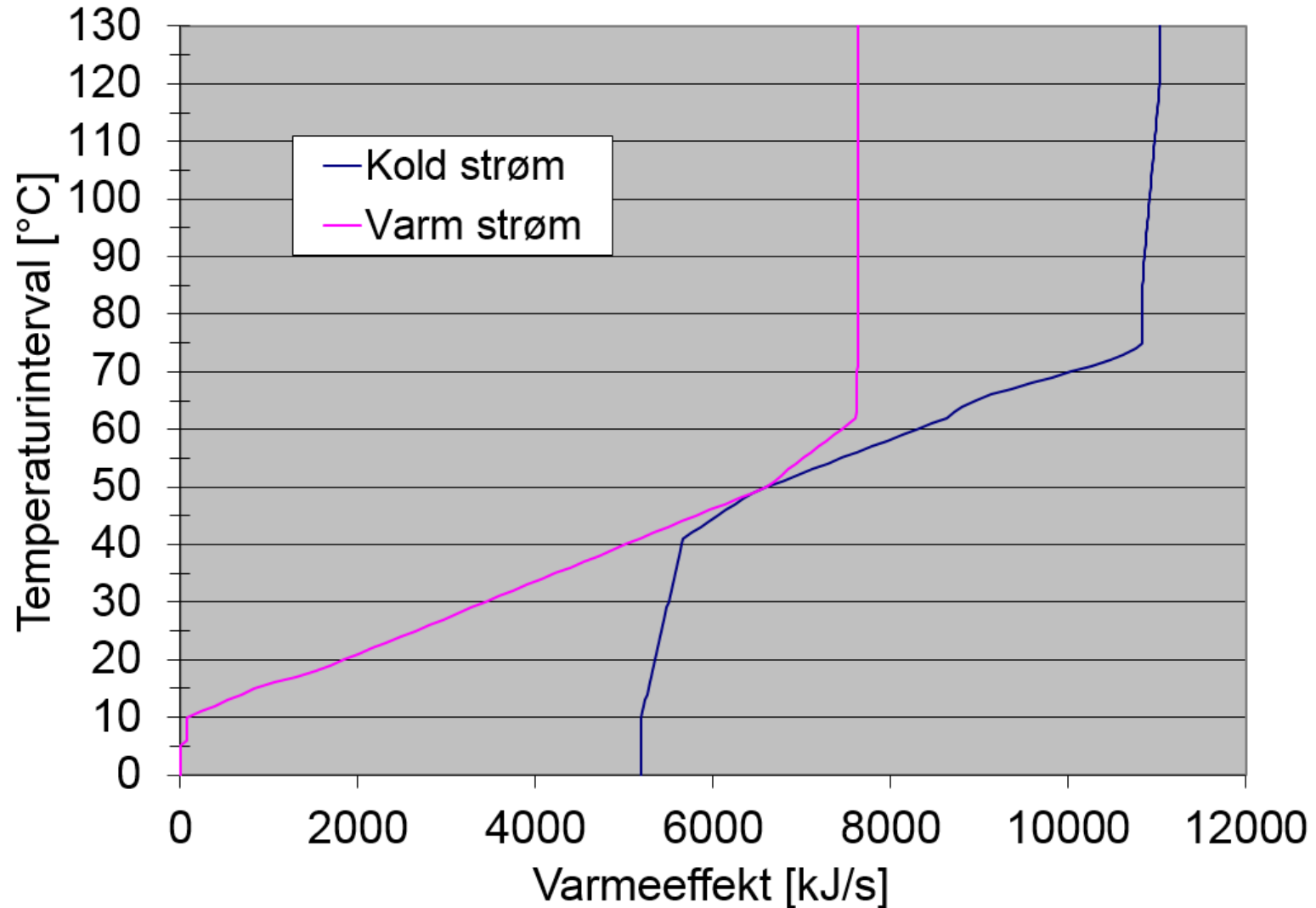


# Pinchanalyse



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

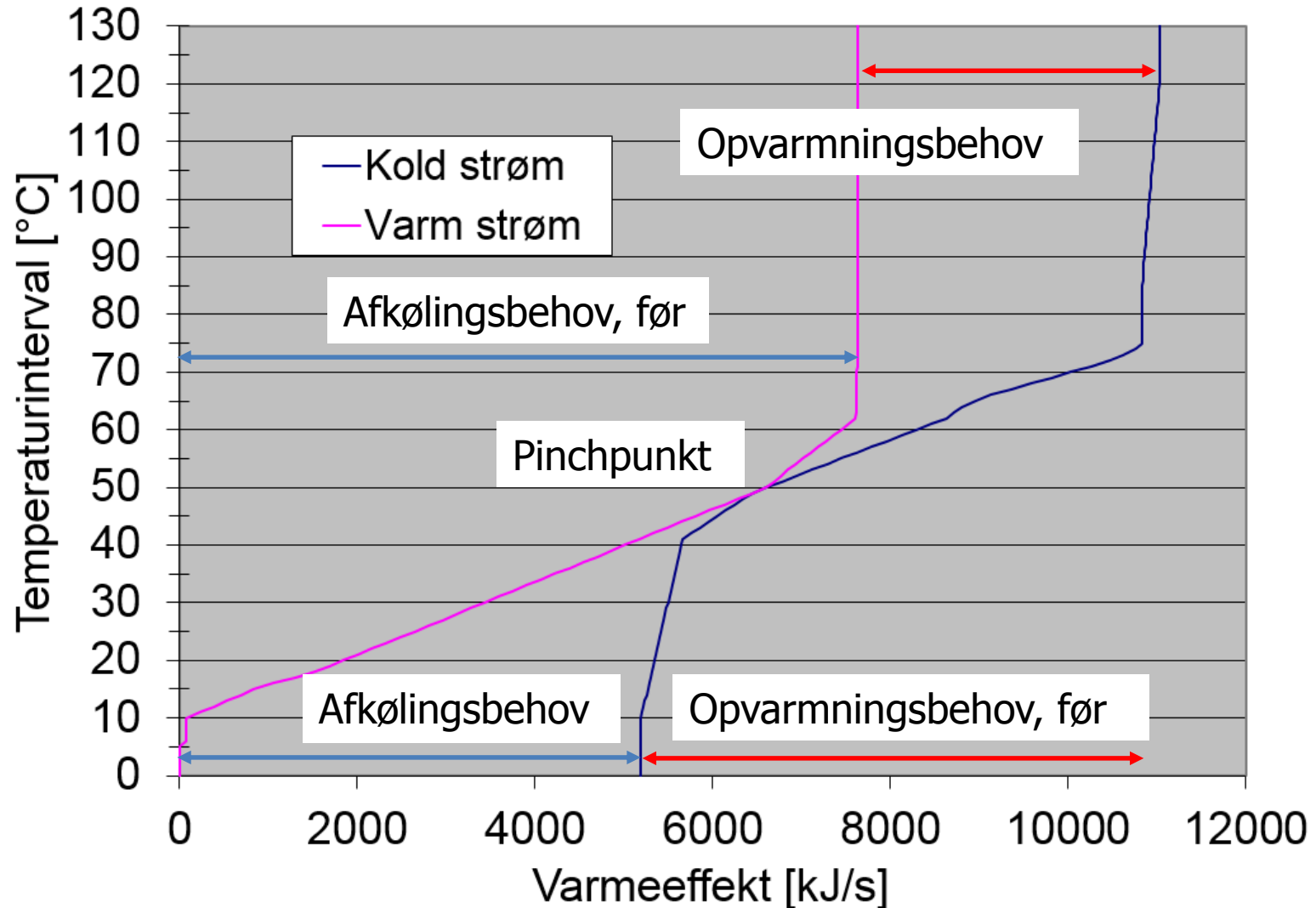
## Case: Osteproduktion



# Pinchanalyse



## Case: Osteproduktion



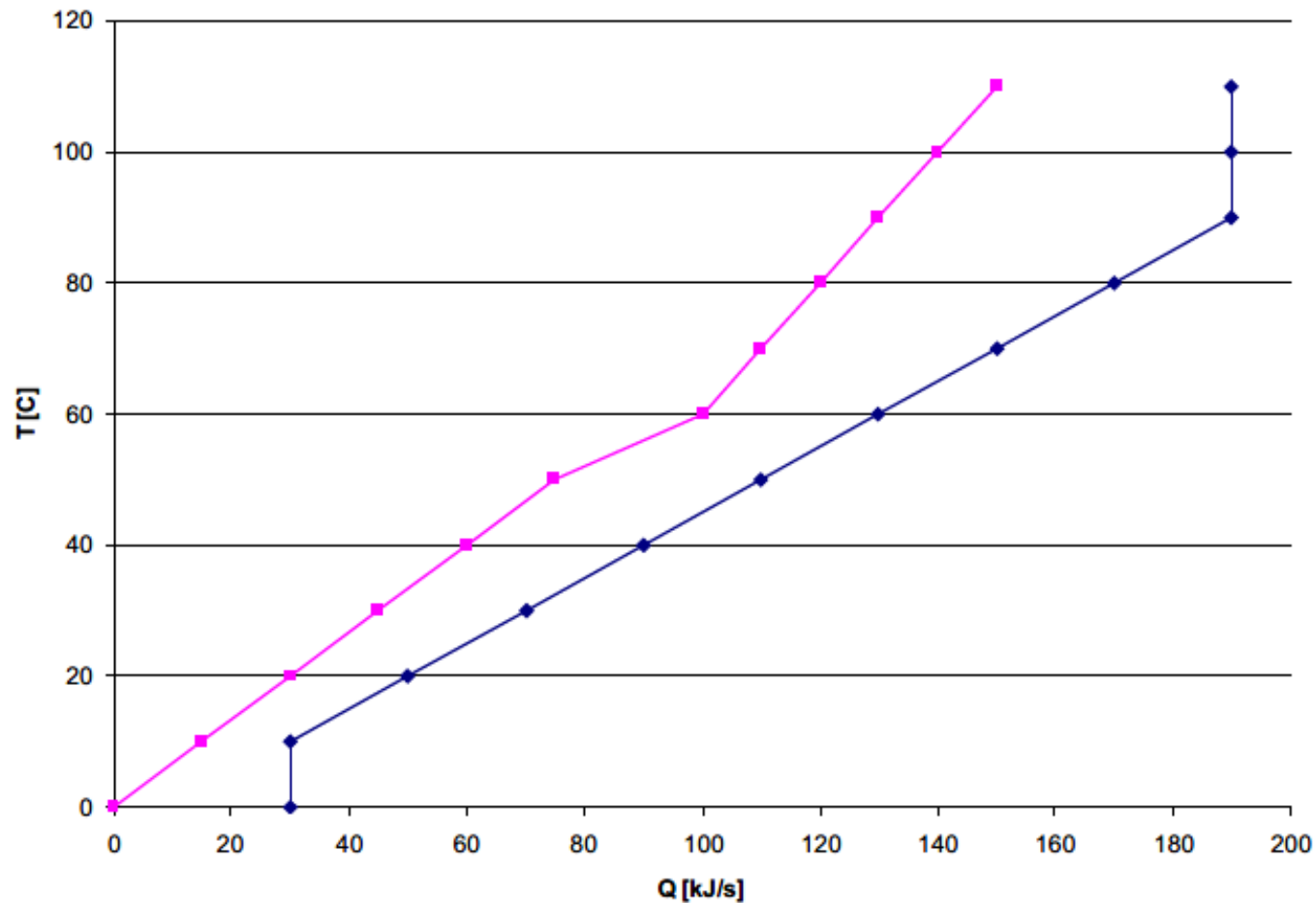
# Pinchanalyse



TEKNOLOGISK  
INSTITUT

## Mindste tilladelige temperaturdifferens

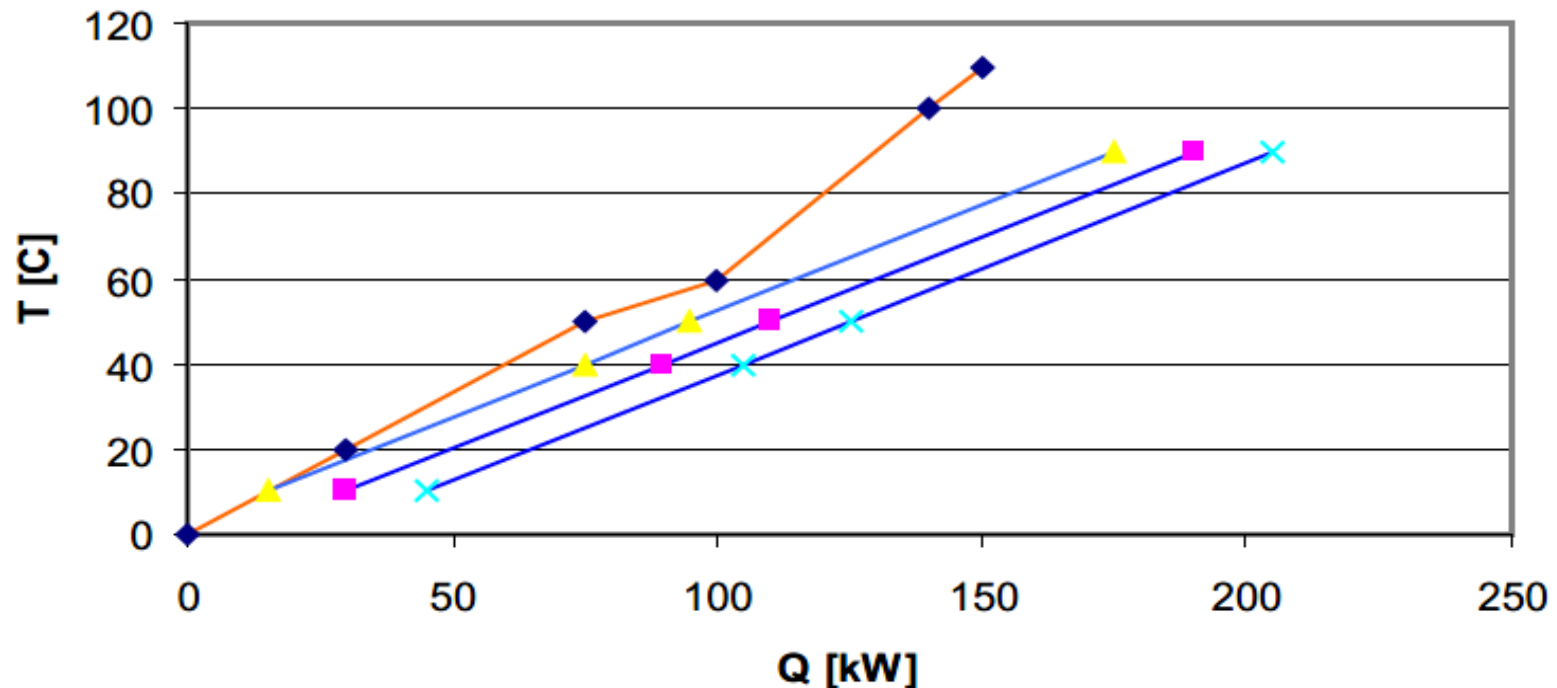
$$\Delta T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$$



# Pinchanalyse

## Mindste tilladelige temperaturdifferens

$\Delta T_{\min} = 0, 10 \text{ og } 22^\circ\text{C}$



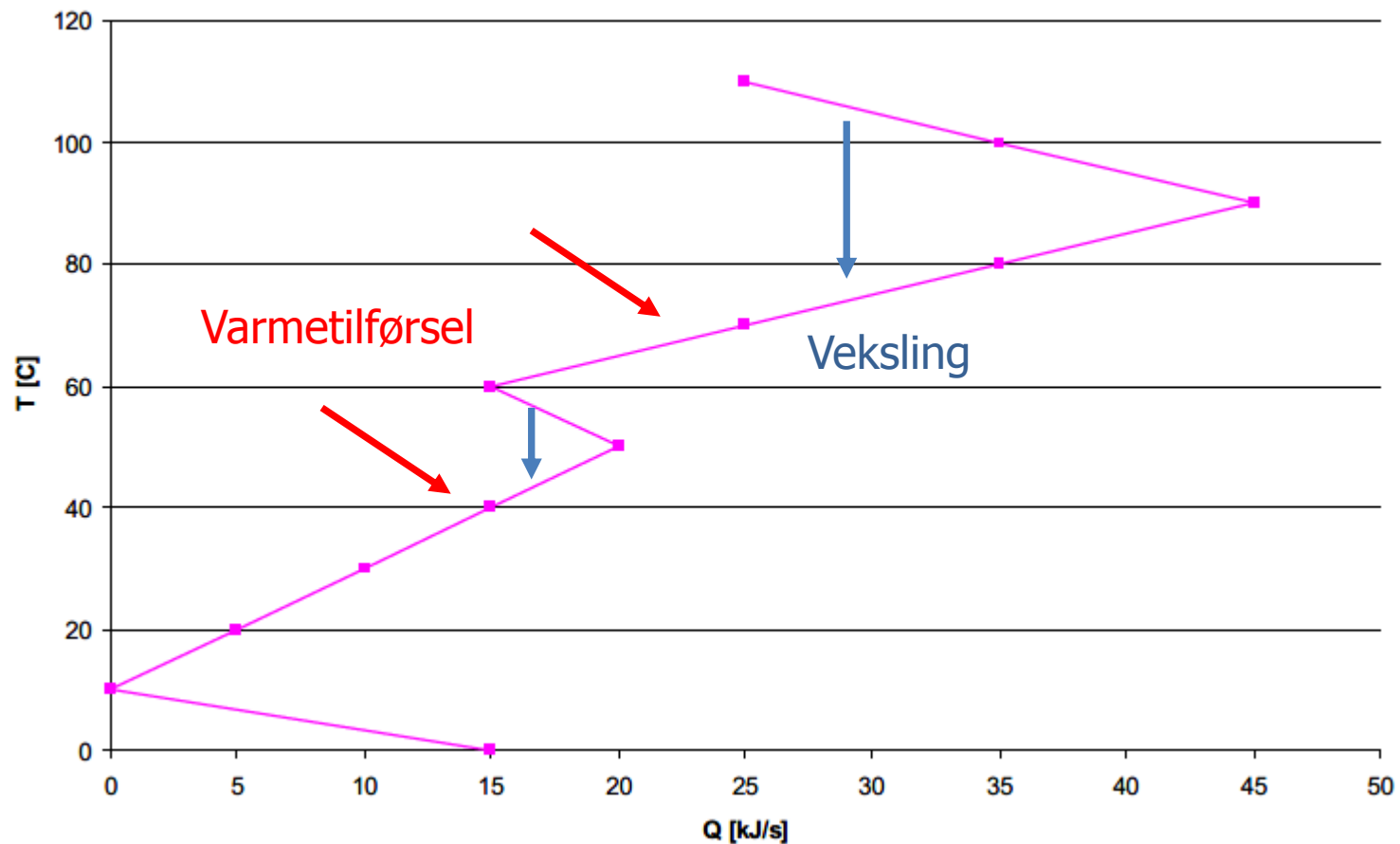
Eksternt varme/kølebehov:

- Ved  $\Delta T_{\min} = 0^\circ\text{C}$ : 25 / 15 kW
- Ved  $\Delta T_{\min} = 10^\circ\text{C}$ : 40 / 30 kW

# Pinchanalyse

## Stor komposititkurve

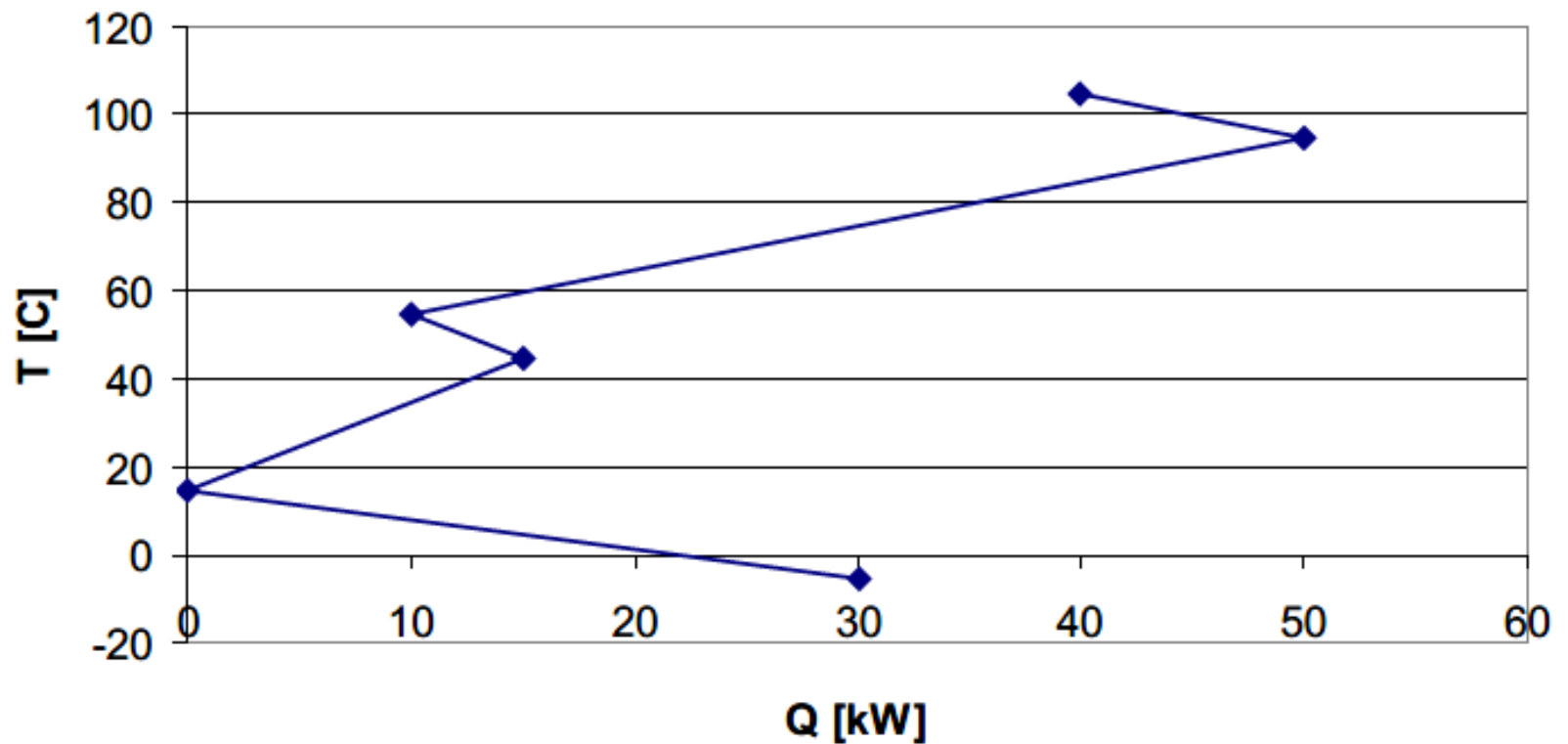
- $\Delta T_{\min} = 0^\circ\text{C}$



# Pinchanalyse

## Stor komposititkurve

- $\Delta T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$



# Pinchanalyse

## Opsummering

- Integration af flere processer
- Viser minimalt behov for ekstern opvarmning og afkøling (under de givne forudsætninger): Benchmark
- Deler optimeringsopgaven op i en varmedel og en køledel
- Giver optimalt varmevekslernetværk og identificere uheldige (eksisterende) varmevekslinger
- Giver mulighed for optimal integration af varmepumper
  
- Blot et øjebliksbillede
- Siger ikke noget om fysiske forhold

# Kursus

## Nyt kursus

“Energieffektivisering gennem data- og pinchanalyse”

Giver indføring i energieffektivisering ved brug af dataanalyse, gennem teori og praktiske øvelser med beregningsværktøjer, herunder praktisk anvendelse af pinchanalyse.

September 2017



Mange tak

**Lars Reinholdt**  
**Teknologisk Institut**  
[ire@teknologisk.dk](mailto:ire@teknologisk.dk)

**Brian Elmegaard**  
**DTU, MEK**  
[be@mek.dtu.dk](mailto:be@mek.dtu.dk)