

# Therapeutische hypothermie

## Topics in IC – 8 december 2011

### parallelsessie Technisch Klinisch Fysisch

ir. Annet Aarts

Klinisch fysicus in opleiding  
Jeroen Bosch Ziekenhuis

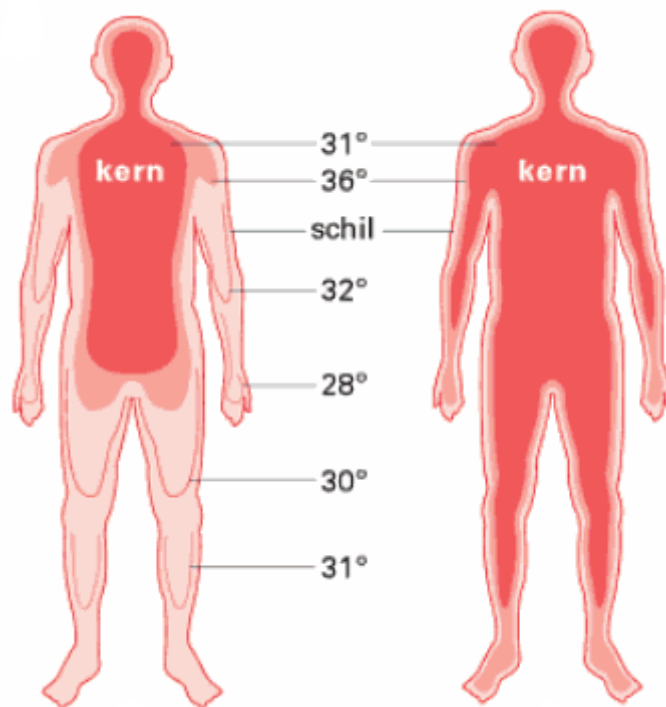
Opleider: Dr. Ad Maas

Plaatsvervangend opleider: Dr. Ir. Chris Peters

Co-opleider: Dr. Chris de Korte



# Temperatuurregulatie normaal (1)



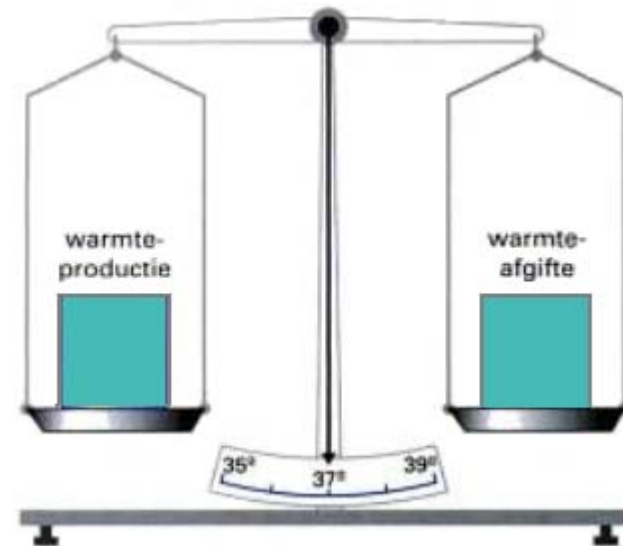
**Doel:** kerntemperatuur houden op  $\pm 37^{\circ}\text{C}$ ; optimaal functionerende fysiologie

Regulatie is complex systeem

- lichaamstemperatuur niet homogeen
- parallelle positieve en negatieve feedback systemen
- combinatie van actieve en passieve processen

# Temperatuurregulatie normaal (2)

Regulatie is evenwicht tussen aanvoer van warmte uit energiebronnen & warmte afgifte naar de omgeving



**Controle:** hypothalamus door informatie van perifere en kern temperatuur sensoren

# Temperatuurregulatie normaal (3)

## Actieve processen

### Metabolisme

- Verhoging/verlaging cellulaire metabolisme

### Vasomotie: vasodilatatie & vasoconstrictie

- Variatie diameter, mate van bloedflow in perifere vaatbed
- Kan zeer lokaal optreden

### Rillingen & pilo-erectie

- Ongecontroleerde willekeurige spieractiviteit
- Contractie rondom haarzakjes → extra isolerende laag

### Zweetsecretie

# Temperatuurregulatie normaal (4)

## Passieve (fysische) processen

Warmtetransport in het lichaam: conductie (geleiding)

- temperatuurverschil, bijv. ontstaan door toename metabolisme
- afstand
- warmtegeleidingsvermogen diverse weefsels

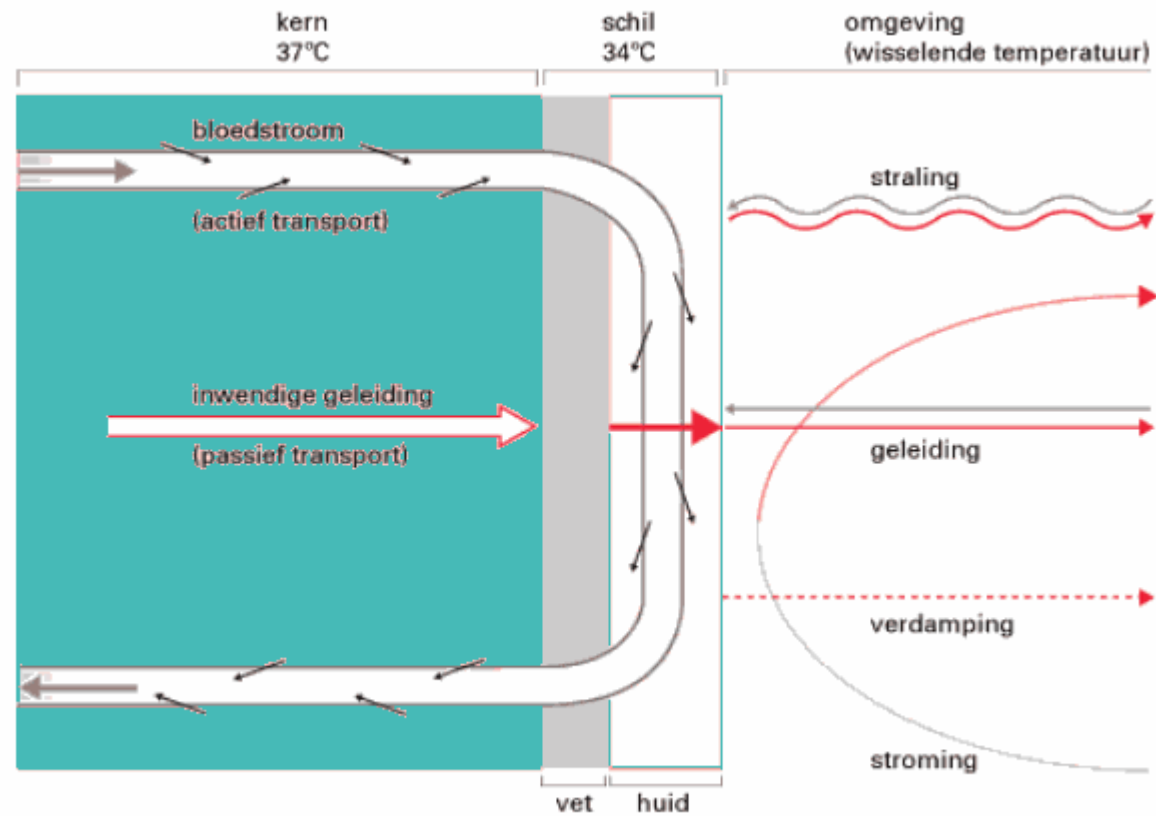
Warmtetransport van lichaam naar omgeving:  
convectie (stroming) & Radiatie (straling)

- afgifte of opname afhankelijk van temperatuurgradiënt tussen lichaamsoppervlak en omgevingslucht/omgevingsvoorwerp

Evaporatie (verdamping)

- overgang van vloeibare (zweet) naar gasvormige toestand, energie toevoegen

# Samenvatting



# Therapeutische hypothermie (1)

## Toegepast bij:

- Patiënten na adem- en circulatie stilstand

Vermindering metabolisme, gunstiger herstel patiënt

- Patiënten met verhoogde intracraniële drukken bij neurologisch trauma

Techniek om koorts te onderdrukken waardoor neurologische schade wordt beperkt

# Therapeutische hypothermie (2)

**Inductie hypothermie:** vergroten van warmteverlies kerntempertuur via convection of geleiding

Mate bepaald door:

- Temperatuurgradient
- Lichaamssamenstelling
- Geleidingseigenschappen van de omgeving

Streefwaarde van 32-34 °C gedurende 1 of meerdere dagen

# Therapeutische hypothermie (3)

## Fases therapie:

- Inductiefase

afkoelen naar doeltemperatuur

- Onderhoudsfase

constant houden doeltemperatuur, met  $\pm 0.2-0.5$  °C

- Opwarmingsfase

langzame en gecontroleerde opwarming naar normale lichaamstemperatuur

# Voorbeeld: niet-invasieve koeling



Temperatuur management  
op IC JBZ & UMC  
Radboud<sup>[1]</sup>

M.b.v. water-circulerende  
koelmatrassen: Blanketrol II/III  
(Cincinatti Subzero, The Surgical Company, Amersfoort)

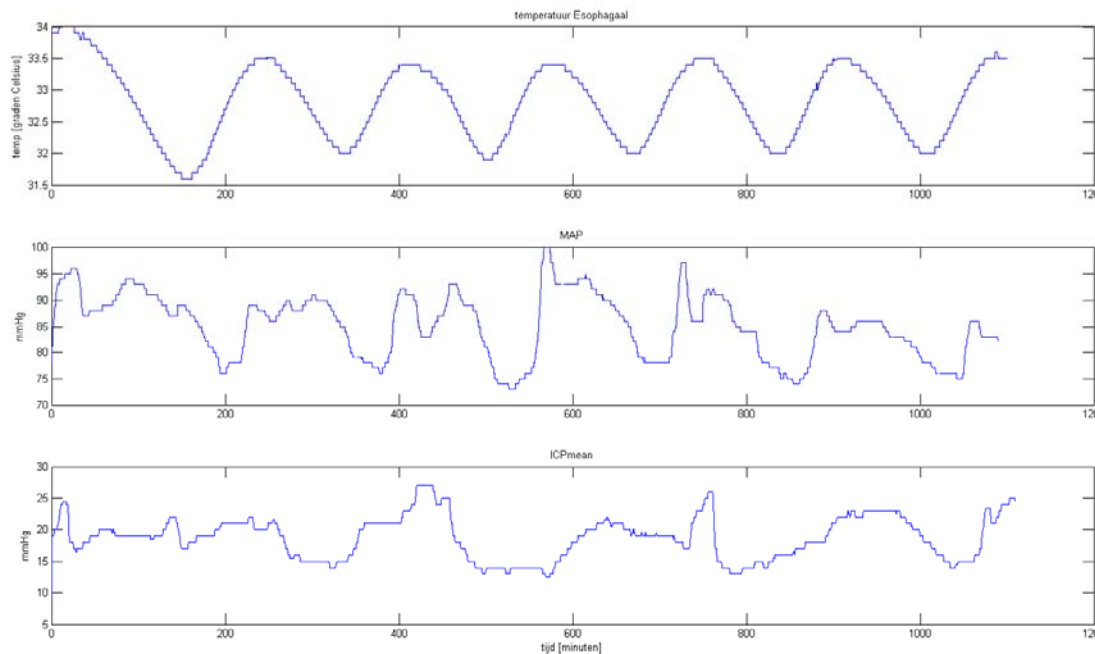
- Matrassen onder en over de patiënt
- Feedback systeem temperatuur: rectaal probe

[1] C.W. Hoedemaekers, et. al., *Comparison of cooling methods to induce and maintain normo- and hypothermia in intensive care unit patients: a prospective intervention study*, 2007, *Critical Care*, 11:R91

# Casus: fluctuatie in temperatuur (1)

Standaard gebruik: temperatuurrange patiënt rondom ingestelde waarde groter dan  $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$

- onwenselijke variatie van de bloeddruk
- onwenselijke variatie van de intracraniële druk

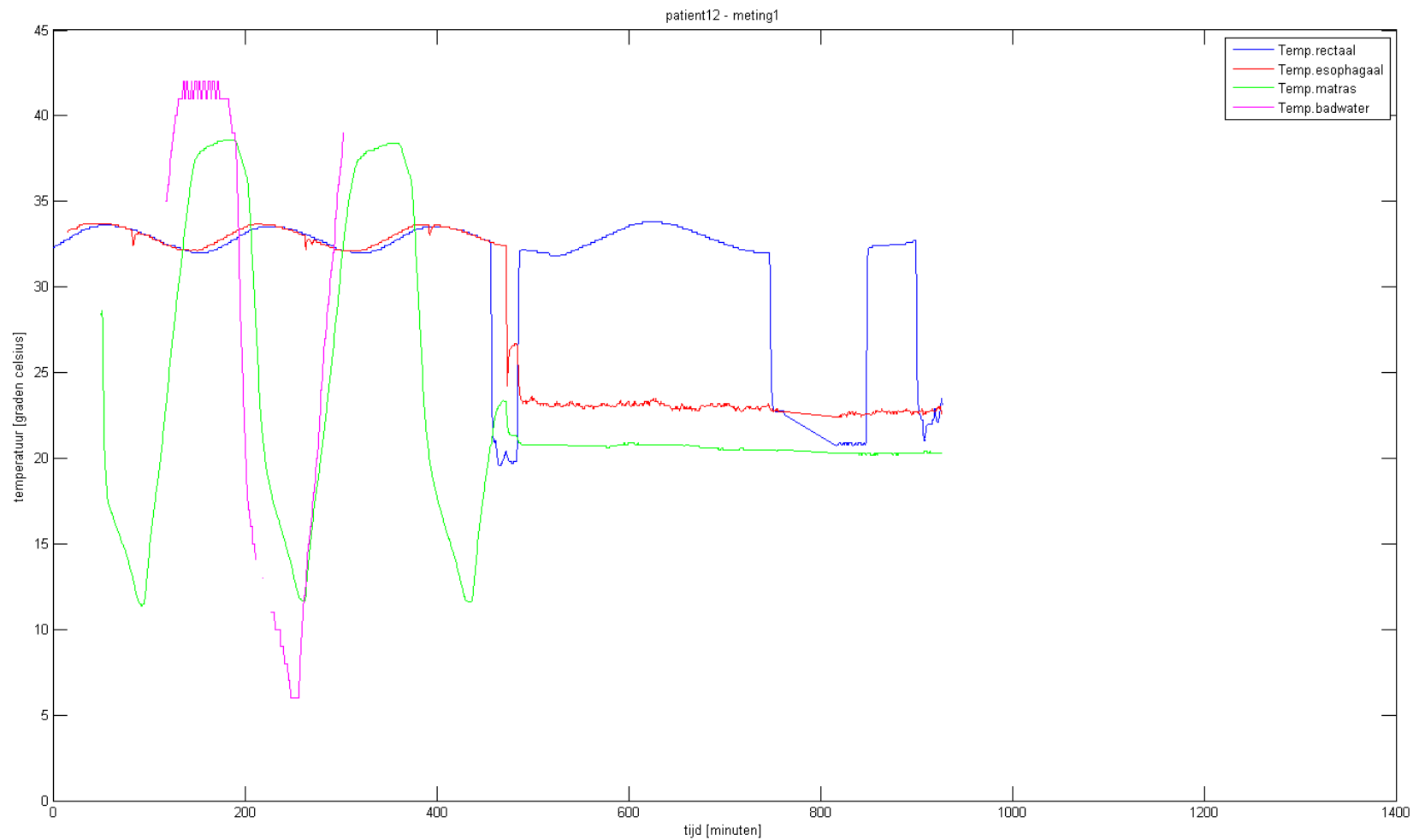


$T_{\text{rectaal}}$

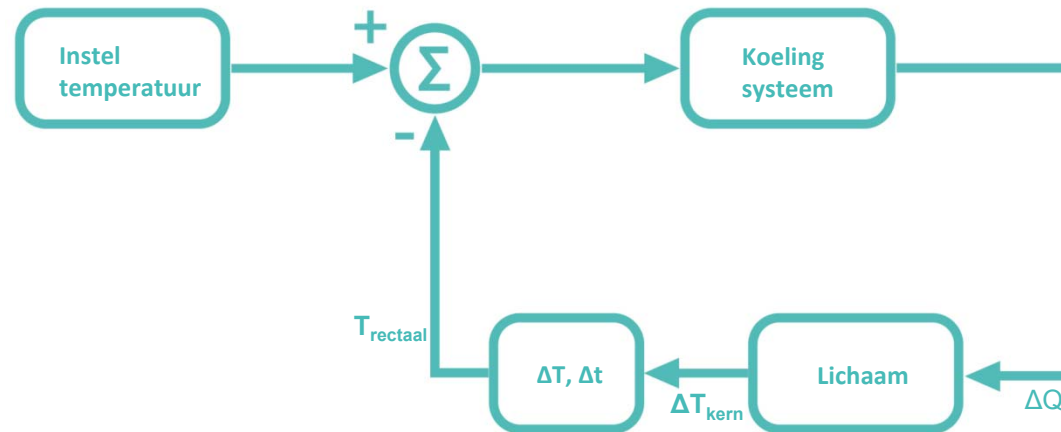
MAP

ICP<sub>gemiddeld</sub>

# Casus: fluctuatie in temperatuur (2)



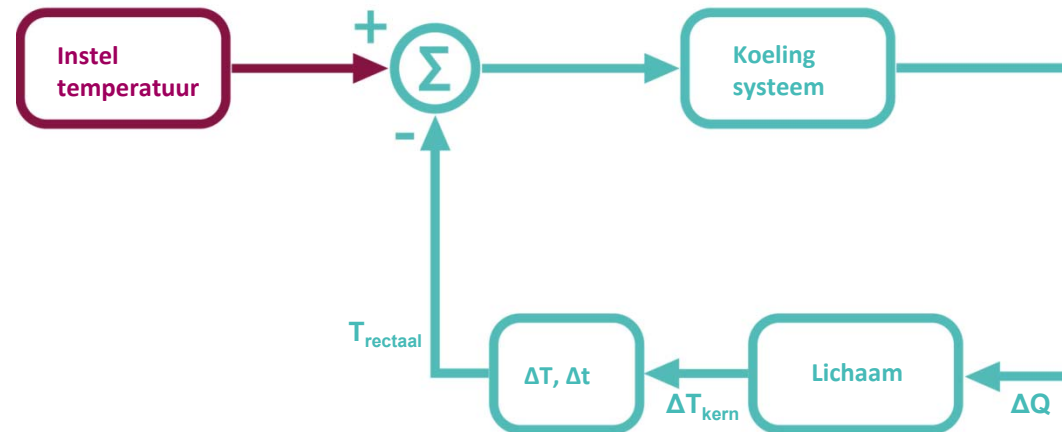
# Modelvorming (1)



## Algemene aannames:

- Vertraging  $T_{\text{rectaal}}$  t.o.v.  $T_{\text{kern}} = 15$  min
- Geen rekening gehouden met gevoeligheid temperatuurprobes
- Gemiddelde persoon = 75 kg
- Persoon in model als 1 compartiment

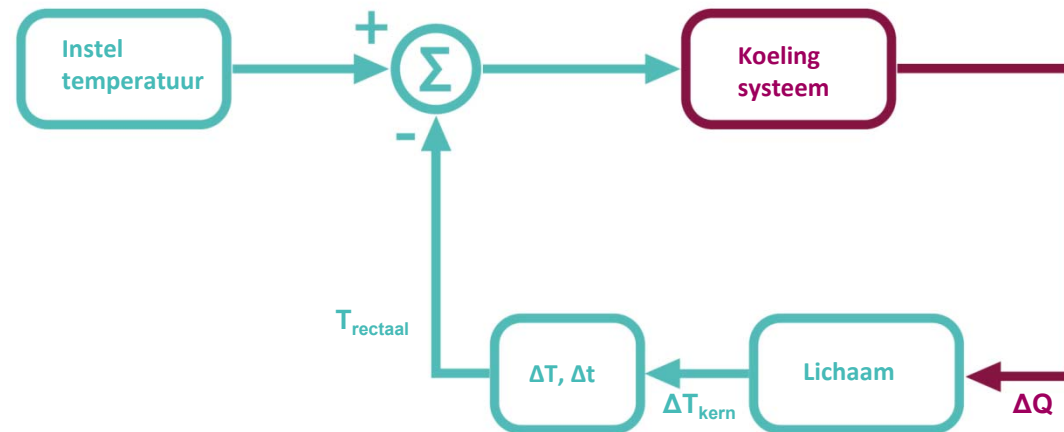
# Modelvorming (2)



## Aannames:

- Insteltemperatuur 33°C
- $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$  temperatuur boven/onder gewenste waarde
  - Boven waarde: koelen
  - Onder waarde: opwarmen
- Aan/uit schakelaar
- Opwarmen & afkoelen: 0.5 °C per minuut

# Modelvorming (3)



$$\Delta Q = A \cdot h_k (T_{instel}(t) - T_{rectaal}(t))$$

A = contactoppervlak matras met patiënt

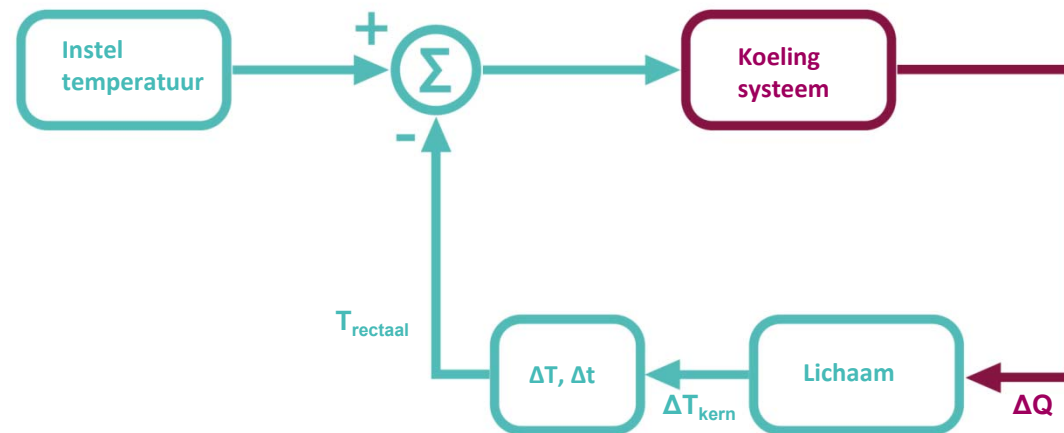
$h_k$  = warmteveranderingscoëfficiënt

**Dus:**

$\Delta Q > 0$ ; warmteflow naar de patiënt

$\Delta Q < 0$ ; warmteflow onttrokken aan de patiënt

# Modelvorming (3)



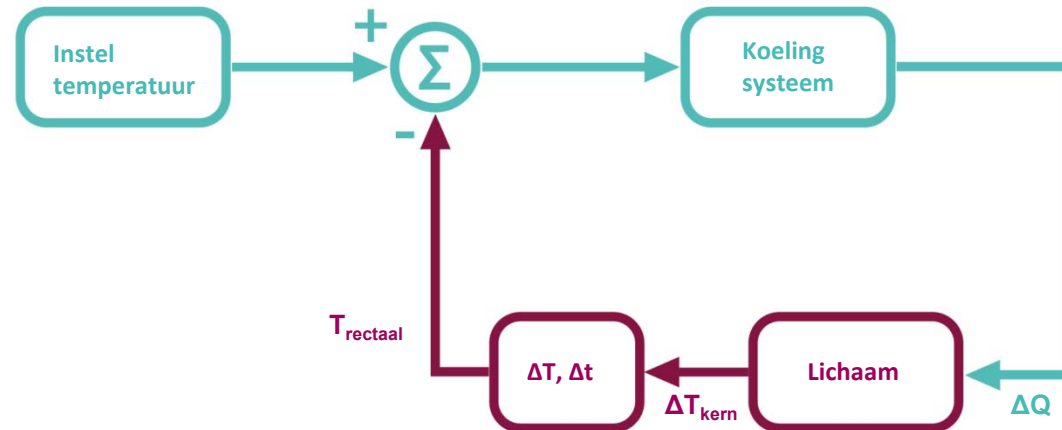
## Aannames:

- Matrasoppervlak =  $0.93\text{m}^2$  per matras  
Contactoppervlak 90% van een matras <sup>[1]</sup> → Totaal  $1.7\text{m}^2$
- $h_k = 41 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  <sup>[2]</sup> voor conventionele matrassen

<sup>[1]</sup> Brauer, A., et. Al., *Conductive Heat Exchange with a gel-coated circulating water matras*, Anesth. Analg., 2004; 99:1742-6

<sup>[2]</sup> English M.J.M., et al., *Heat loss in exposed volunteers*, Trauma, 1990, 30:422-425

# Modelvorming (4)



$$\Delta T = cf \cdot \frac{1}{m_p \cdot c_p} \cdot \Delta Q$$

$m_p$  = massa van de patiënt

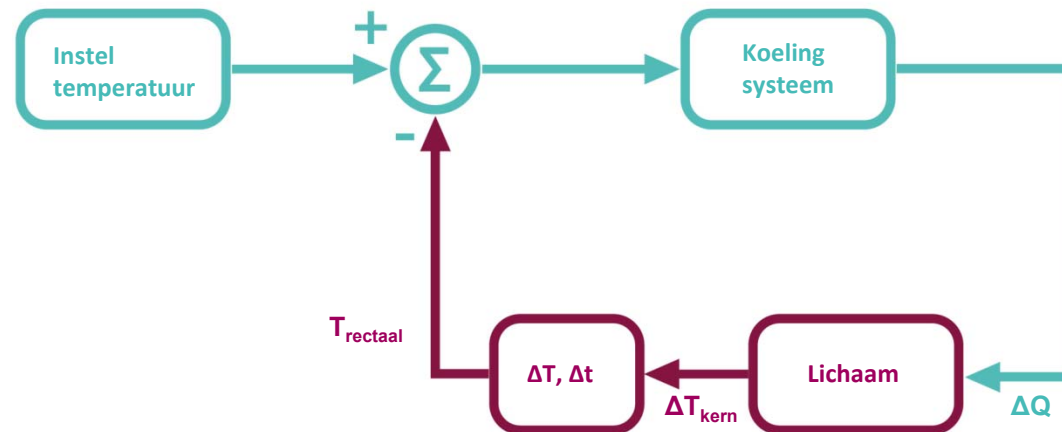
$c_p$  = soortelijke warmte van de mens =  $3.47 \cdot 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  [1]

cf = correctiefactor

$\Delta Q$  = warmteflow koeling systeem

[1] Mendlowitz, M., *The specific heat of human blood*, science, 1948; 107(2769) 97-98

# Modelvorming (4)

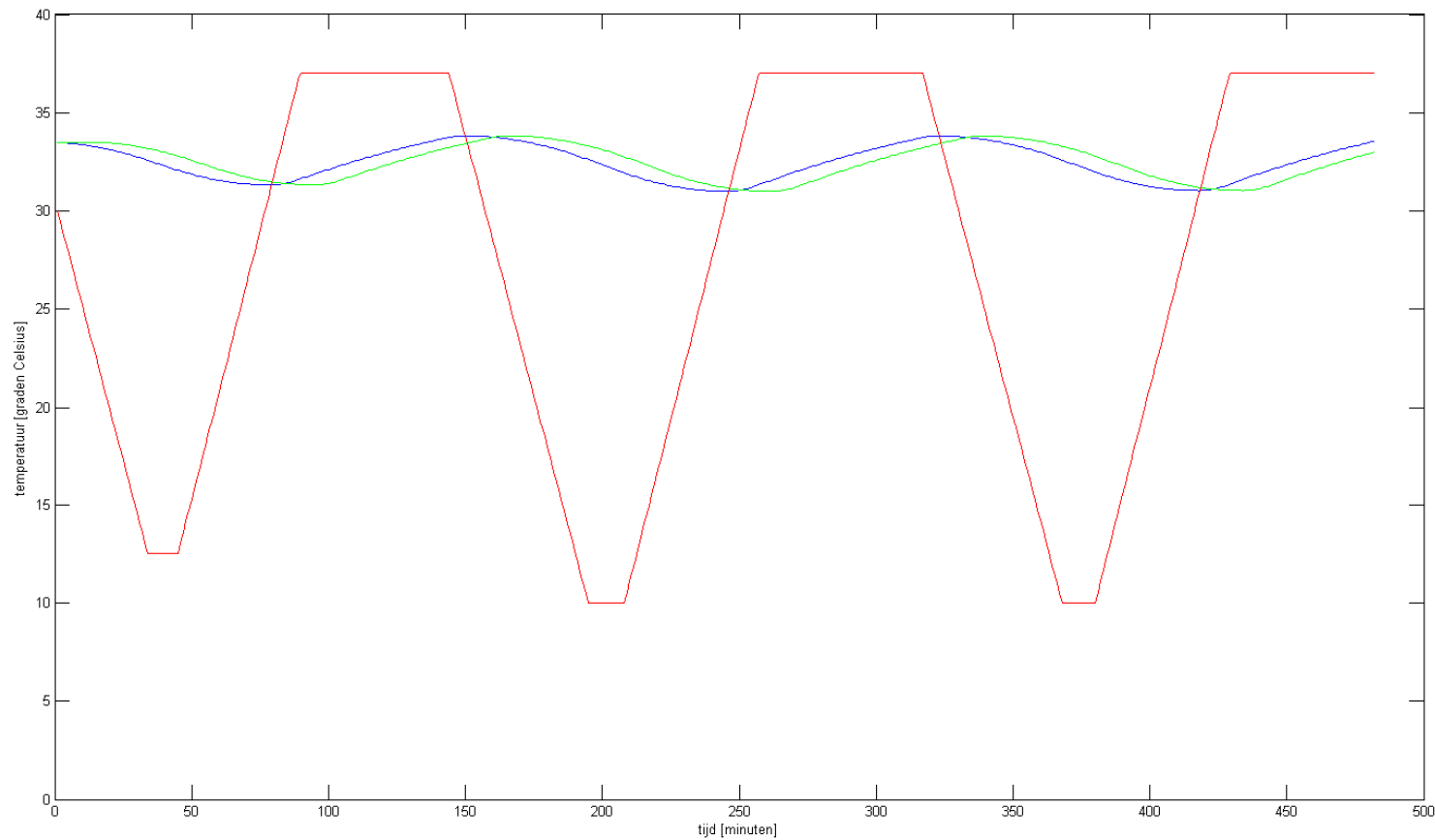


## Aannames:

- Rillingen als gevolg van extreme kou zijn onderdrukt
- Correctiefactor  $cf$  <sup>[1]</sup> voor actieve processen:  
vasoconstrictie/vasodilatatie; verandering hartfrequentie en ademhalings-frequentie; warmteproductie: varieert tussen 0.15 - 1
- $\Delta t = 15$  min

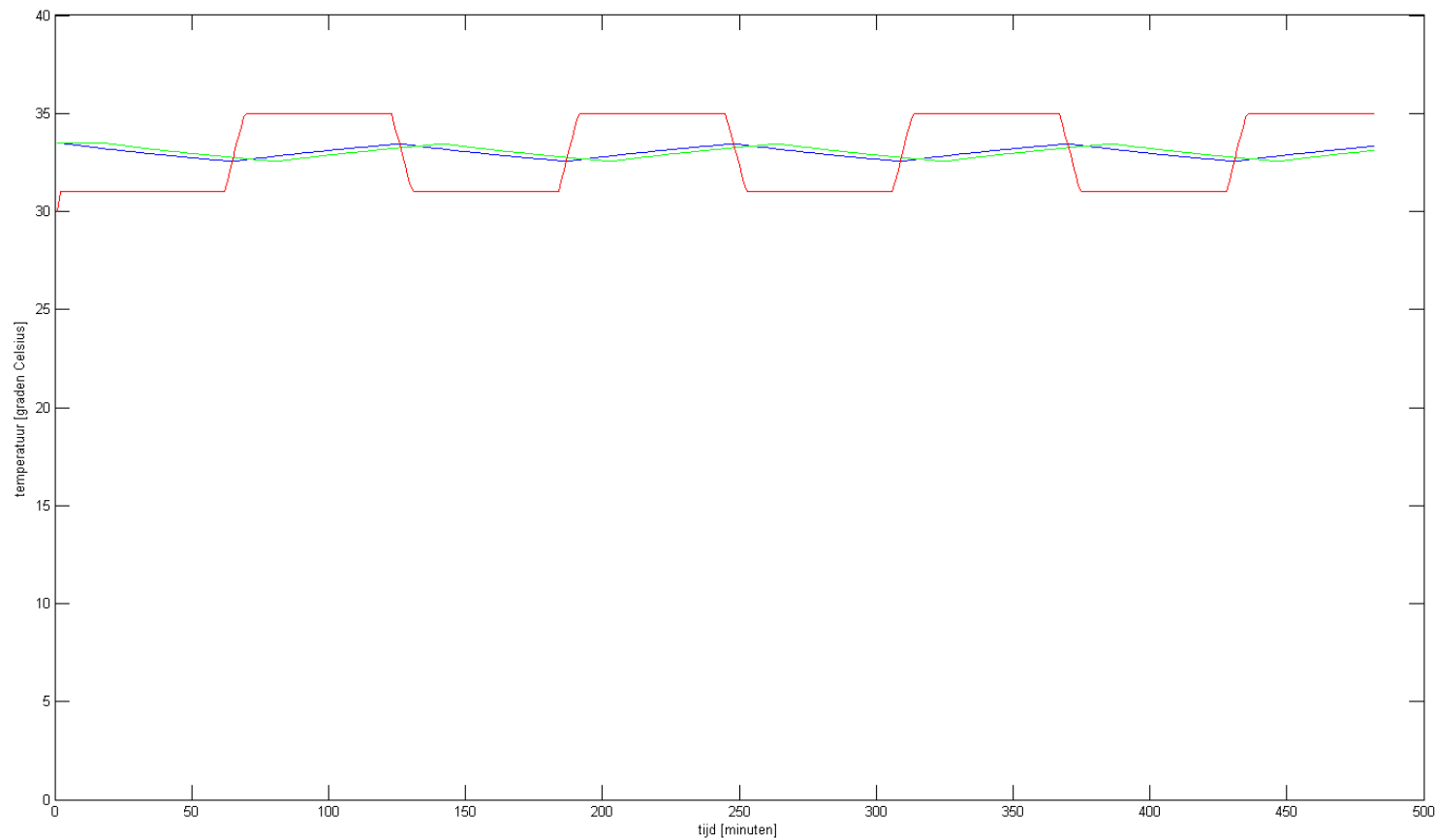
<sup>[1]</sup> Fiala, D., et al., *A computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: the passive system*, J. Appl. Physiol., 1999; 87(5):1957-1972

# Resultaten – model (1)



Standaard instellingen koelingsysteem;  $T_{\text{patiënt,min}} = 31.3^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{patiënt,max}} = 33.8^{\circ}\text{C}$

# Resultaten – model (2)



Ingesteld verschil in temperatuur patiënt en matras 2°C.  $T_{\text{patiënt, min}} = 32.6^{\circ}\text{C}$ ;  
 $T_{\text{patiënt, max}} = 33.4^{\circ}\text{C}$

## Resultaten – model (3)

<i>Meting</i>	$m_p$ [kg]	<i>Vertraging</i> <i>temp</i> [min]	$T_{matras,max}$ [°C]	$T_{matras,min}$ [°C]	$T_{rectaal,min}$ [°C]	$T_{rectaal,max}$ [°C]	$\Delta T_{rectaal}$	<i>Periode</i> [min]
1	75	15	37	10	31.3	33.8	2.5	167
2	75	15	37	23	31.8	33.8	2.0	128
3	75	15	37	28	32.2	33.8	1.6	115
4	75	15	35	31	32.6	33.4	0.8	123

Grotere temperatuurrange van de externe matrassen heeft sterke invloed op de fluctuaties in lichaamstemperatuur

# Conclusie

Model is sterk vereenvoudigd, temperatuur-regulatie niet in detail meegenomen.

Toch een goed beeld van de werkelijkheid door juiste aannames

## **Met dank aan**

Dr. C.W. Hoedemaekers

Prof. Dr. J.G. van der Hoeven

Drs. J. Hopman

Dr. C. de Korte

Dr. A.J.J. Maas

Dr. Ir. A.G. van der Giessen