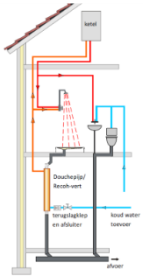
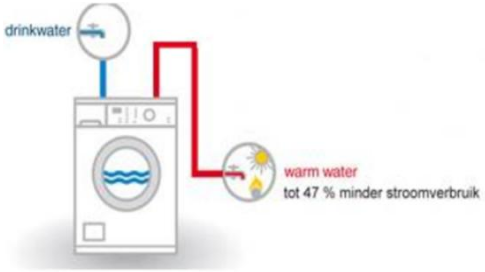





# Praktische aanbevelingen bij het ontwerp van warmterecuperatie en zonne-energie

ing. Eddy Janssen

# Situering

1. De groenste kWh is deze die u niet verbruikt.
   - Spaardouchekop
   - DWTW

2. Hernieuwbare energie voor zover economisch
   - Zonneboiler

3. Fossiele brandstoffen efficiënt gebruiken
   - $\eta_{productie}$
   - Hotfill wasmachine

# Overzicht

## Douchewarmtewisselaar

- werkingsprincipe en aansluitschema
- rendement en effectiviteit warmtewisselaars
- effectiviteit douchewarmtewisselaars, invloedsfactoren
- economische factoren
- uitvoeringen

## Rekentool dimensionering zonneboiler

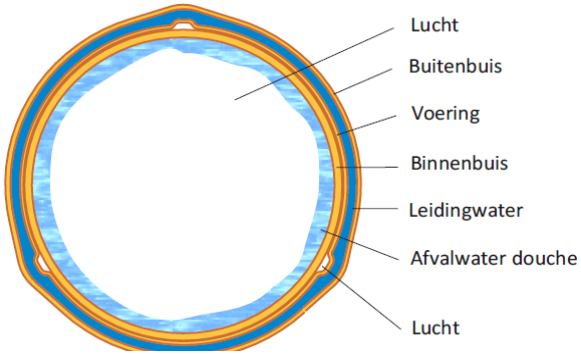
- belang dimensionering
- dimensioneringstool

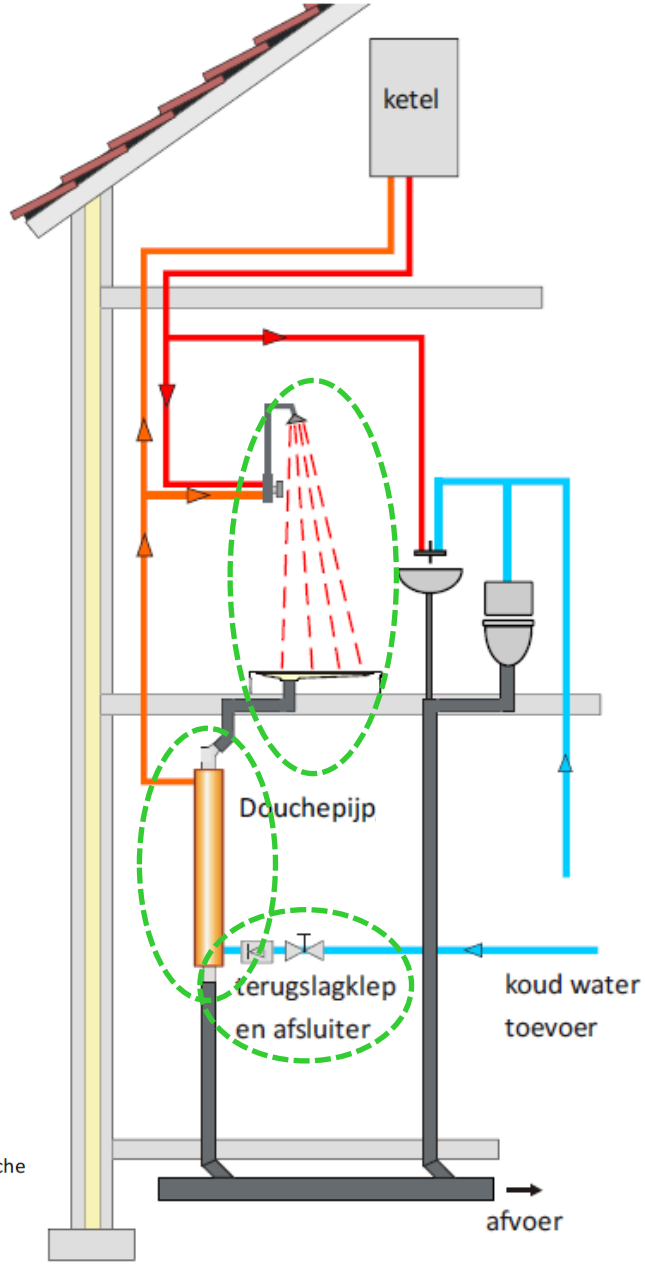
## Naverwarming en hotfill

# Douchewarmtewisselaar

## Werkingsprincipe

- Douche (niet voor bad…):
  - gelijktijdigheid
- Warmtewisselaar:
  - tegenstroom ↔ andere
- Belgaqua-goedkeuring:
  - EA
  - lekdetectie
  - vraag advies

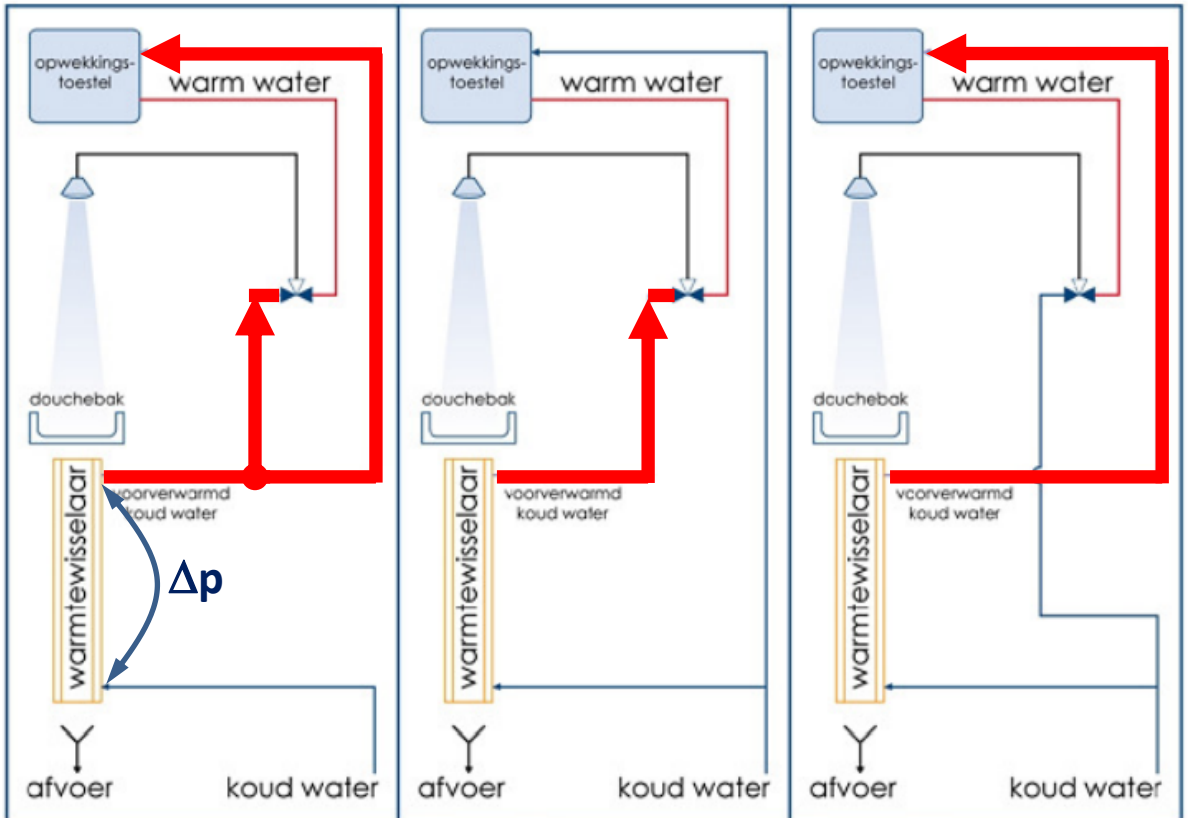


# Douchewarmtewisselaar

## Aansluitschema

- ‘rendement’
- drukverlies
- plaatsings-mogelijkheden

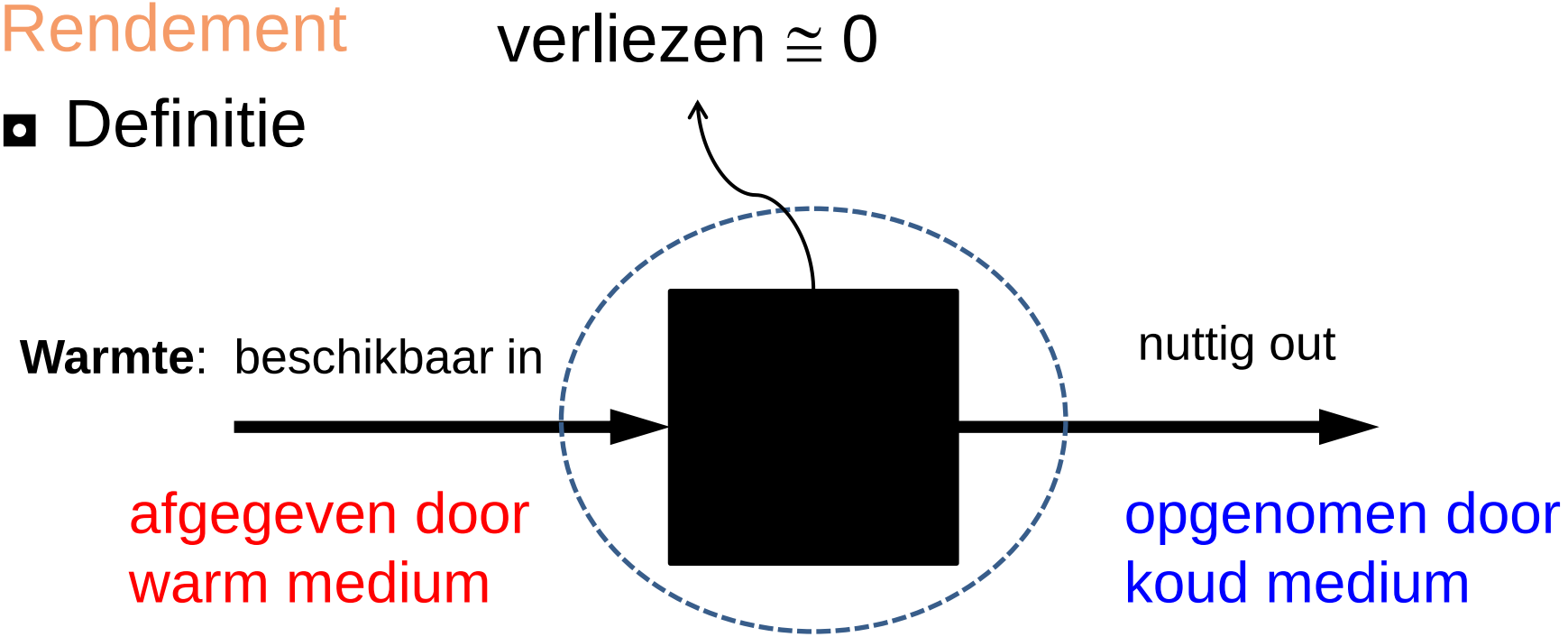



aansluitschema **1** aansluitschema **2** aansluitschema **3**

# Douchewarmtewisselaar

## Rendement

- Definitie

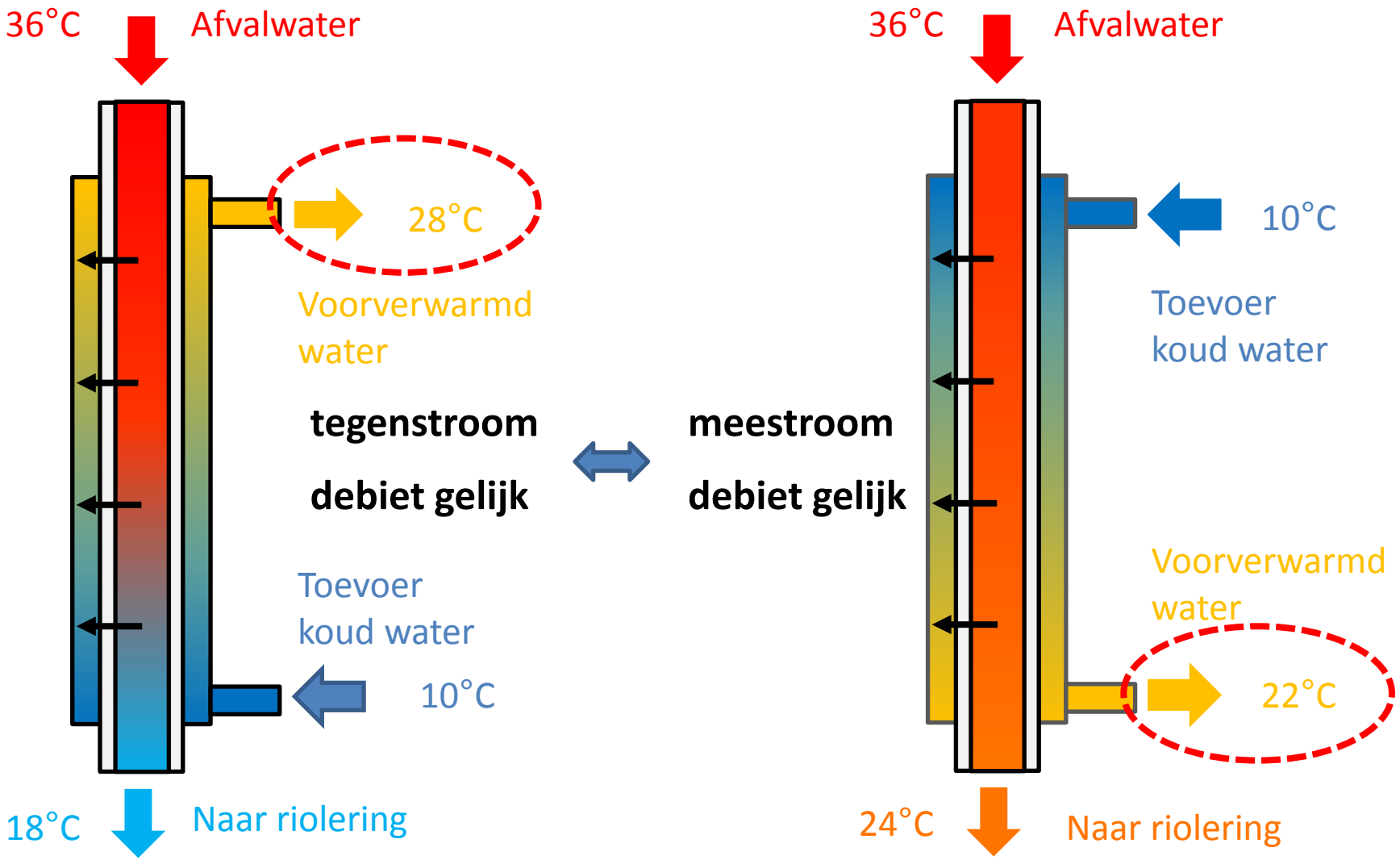



Regimetoestand: $\eta = \frac{\text{nuttig (out)}}{\text{beschikbaar (in)}} = \frac{\text{nuttig}}{\text{nuttig+verliezen}}$

maar: verliezen ≅ 0 $\Rightarrow$ $\eta \cong 1$ (≅ 100 %) ?

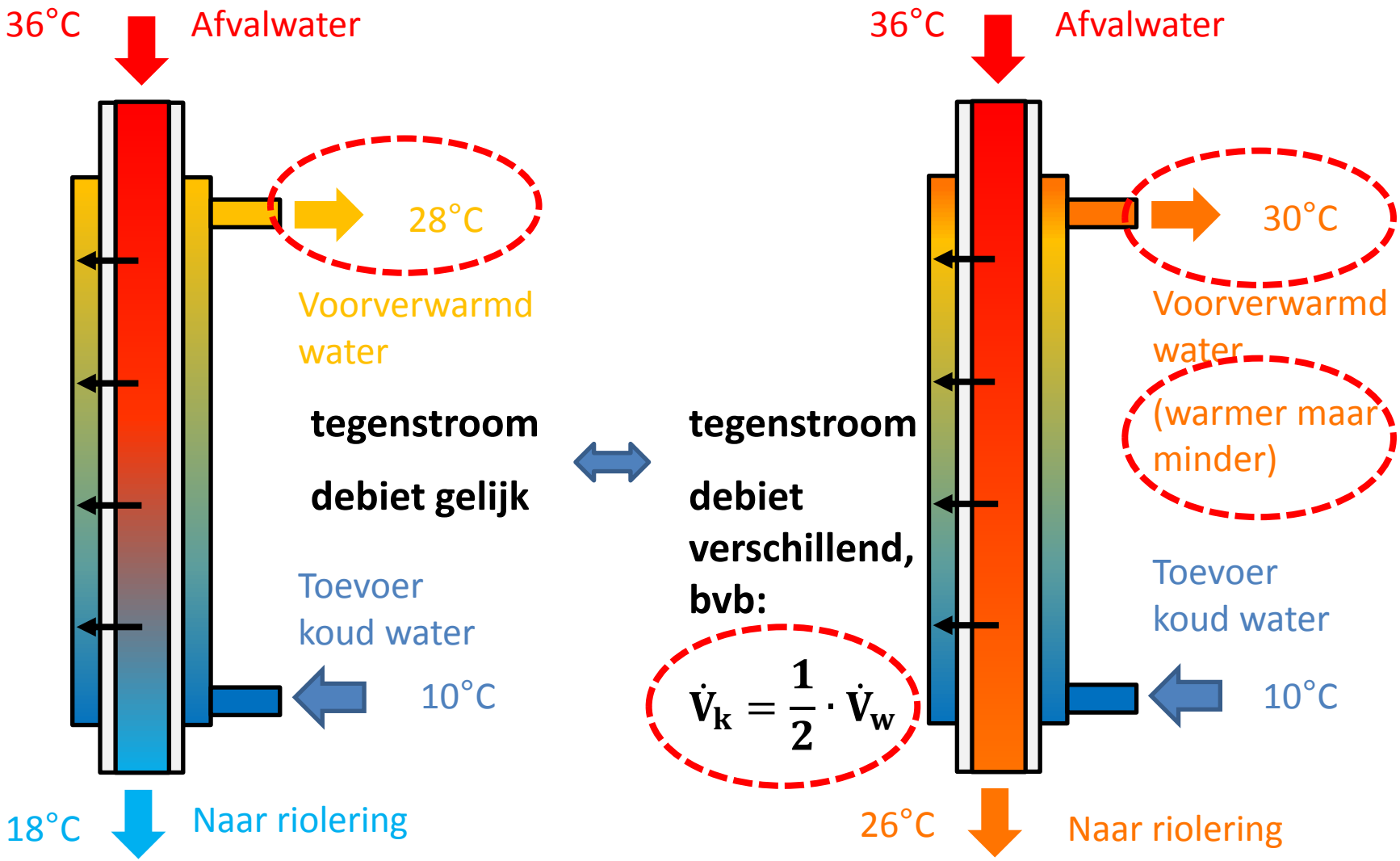
# Douchewarmtewisselaar

## Effectiviteit douchewarmtewisselaar



# Douchewarmtewisselaar

## Effectiviteit douchewarmtewisselaar



# Douchewarmtewisselaar

## Effectiviteit douchewarmtewisselaar

- NEN5128: definitie
  - $\text{DWTW} - \text{rendement} = \dfrac{\text{aan water afgegeven warmte}}{\text{beschikbare warmte douchewater}}$

Met ‘rendement’ wordt hier ‘effectiviteit’ E bedoeld:

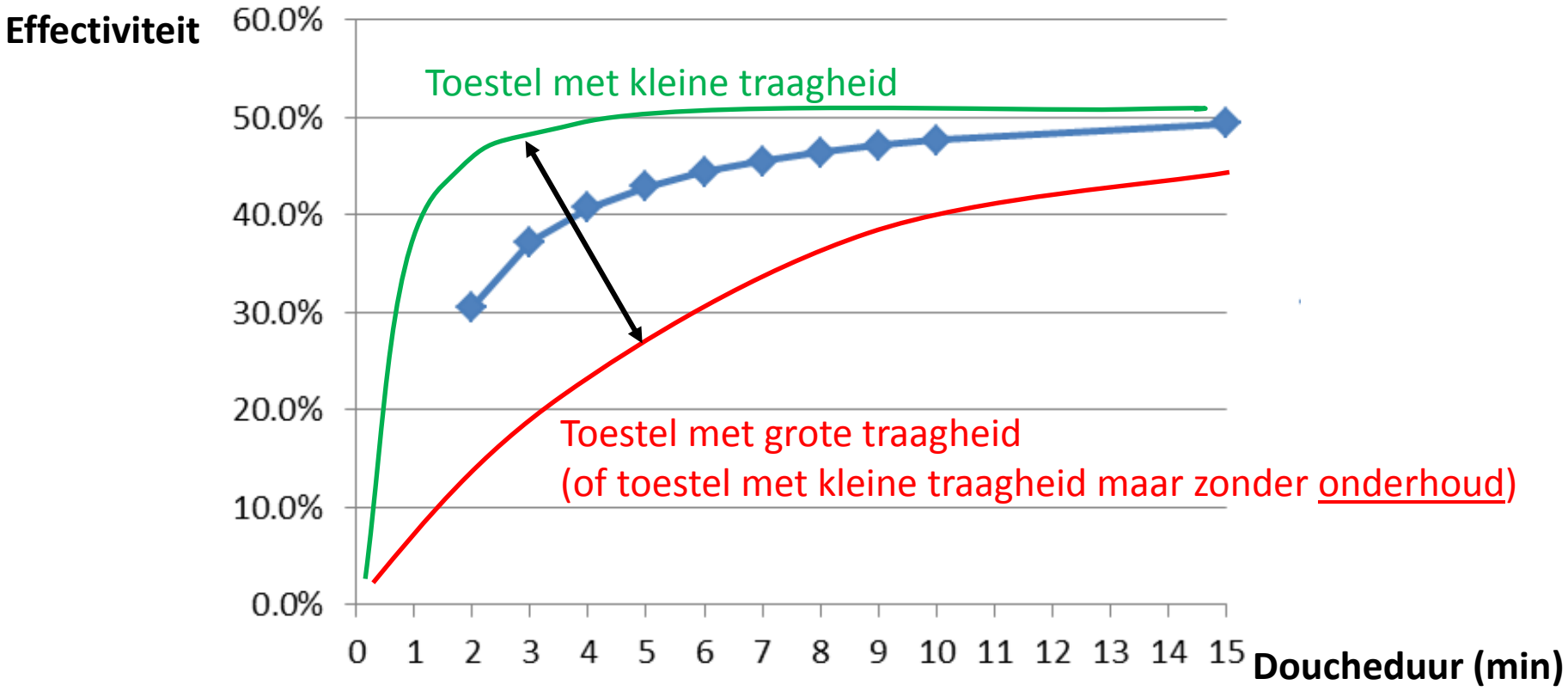
$$E = \frac{\sum\left(\dot{m}_k \cdot \left(t_{k,ex} - t_{k,in}\right) \cdot \Delta t\right)}{\sum\left(\dot{m}_w \cdot \left(t_{w,in} - t_{k,in}\right) \cdot \Delta t\right)}$$

$$= \frac{\sum\left(\dot{m}_w \cdot \left(t_{w,in} - t_{w,ex}\right) \cdot \Delta t\right)}{\sum\left(\dot{m}_w \cdot \left(t_{w,in} - t_{k,in}\right) \cdot \Delta t\right)}$$

# Douchewarmtewisselaar

## Effectiviteit douchewarmtewisselaar

- NEN5128: wat met overgangsverschijnselen ?



# Douchewarmtewisselaar

## Effectiviteit douchewarmtewisselaar

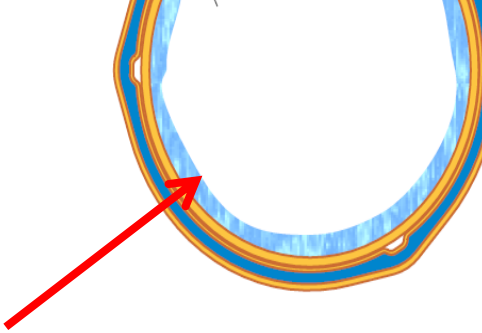
- NEN5128: standaarddouchetapping
  - klasse:

| Klasse | Totale tapdebiet (l/min) | Tapvolume (l) |
|---|---|---|
| 2 | 5,8 | 47 |
| 3 | 9,2 | 73 |
| 4, 5, 6 | 12,5 | 100 |

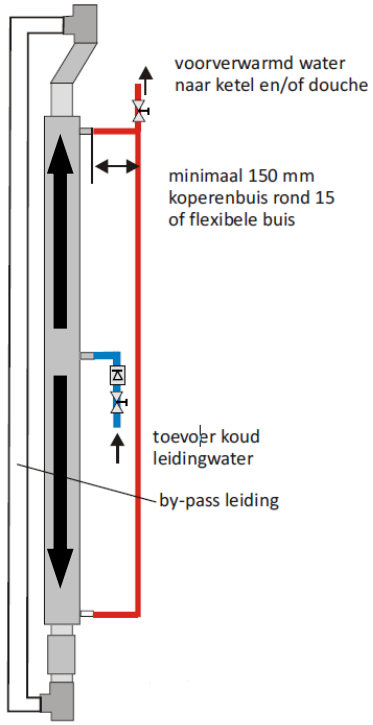
  - debieten koud en warm gelijk (aansluitschema 1)
  - $t_{k,in}$ = 10 °C (±1K); $t_{w,in}$ = 40 °C (±1K); $t_{omgeving}$ = 20 °C (±3K)
  - rendement over gehele tapduur, dus <u>gemiddelde</u> effectiviteit
  - temperatuursondes dicht bij WW, korte geïsoleerde leiding, dus geen systeemeffectiviteit, wel <u>producteffectiviteit</u>

# Douchewarmtewisselaar

## Effectiviteit douchewarmtewisselaar



- Invloedsfactoren: productspecificaties
  - bij grote buisdiameter: ongunstig stromingsprofiel (E↓)
  - middenaftakking of parallel:

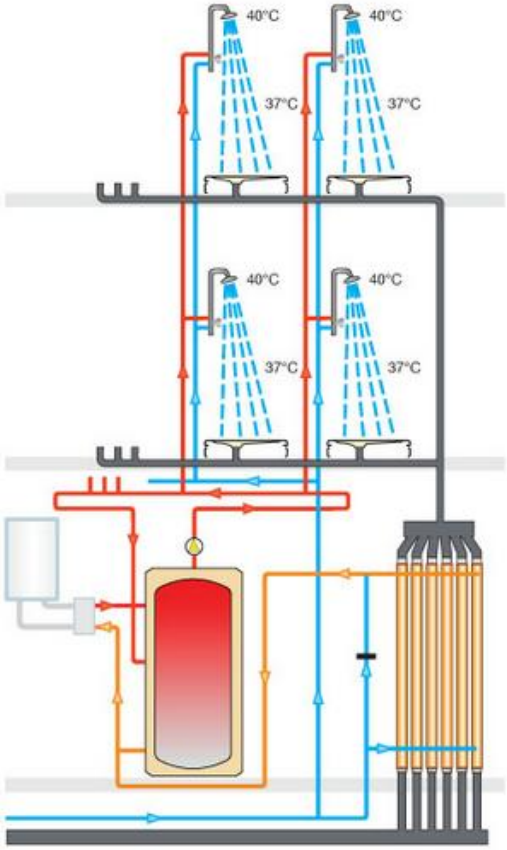



$\Delta p_{koud}$ x1/8

maar

effectiviteit ↓

(geen tegenstroom-warmtewisselaar)



# Douchewarmtewisselaar

## Effectiviteit douchewarmtewisselaar

- Invloedsfactoren: bedrijfsomstandigheden
  - duur van de douche (of kort na elkaar douchen)
  - voorkeur schema 1, <u>maar</u>: grotere interactiviteit, wel minder storend wegens koudwatertemperatuur
  - toenemend debiet: lagere effectiviteit en grotere besparing (maar het verbruik stijgt uiteraard)

# Douchewarmtewisselaar

## Effectiviteit douchewarmtewisselaar

- Invloedsfactoren: opstelling
  - warmtecapaciteit douchebak:
    - voorkeur voor lichte douchebak
  - afstand:
    - voorkeur voor korte geïsoleerde afvoerleiding
  - douchecel:
    - voorkeur voor gesloten douchecel i.p.v. inloopdouche
  - thermostatische douchekraan <u>vereist</u>:
    - bespaart altijd energie, water en tijd
    - bij DWTW duurt het overgangsverschijnsel langer

# Douchewarmtewisselaar

## Opbrengst

- contradictie:
  - kortste terugverdientijd bij grootverbruikers
    - bij slecht productierendement, dure energie enz.
    - bij langdurig douchen en groot debiet
    - bij afwezigheid van zonneboiler (DWTW werkt het hele jaar)

- dimensionering:
    - Optimalisatie: kleiner productiesysteem
    - Reboud-effect: grotere douchekoppen

# Douchewarmtewisselaar

## Opbrengst

| | debiet | doucheduur | douches/week | weken/jaar | massa/jaar | tkoud | twarm | opwekkingsrendement | zonnefractie | nodige energie/jaar | effectiviteit | bespaarde energie/jaar | restenergie | energieprijs | bespaard geld/jaar | investering | TVT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | l/min | min | / | / | kg/j | °C | °C | % | % | kWh | % | kWh | kWh | €/kWh | € | € | j |
| 1 | 6 | 5 | 7 | 52 | 10.920 | 10 | 40 | 75 | 0 | 508 | 40 | 203 | 305 | 0,06 | 12 | 800 | 65,6 |
| 2 | 12 | 5 | 7 | 52 | 21.840 | 10 | 40 | 75 | 0 | 1.016 | 40 | 406 | 609 | 0,06 | 24 | 800 | 32,8 |
| 3 | 12 | 10 | 7 | 52 | 43.680 | 10 | 40 | 75 | 0 | 2.032 | 40 | 813 | 1.219 | 0,06 | 49 | 800 | 16,4 |
| 4 | 12 | 10 | 14 | 52 | 87.360 | 10 | 40 | 75 | 0 | 4.063 | 40 | 1.625 | 2.438 | 0,06 | 98 | 800 | 8,2 |
| 5 | 6 | 5 | 7 | 52 | 10.920 | 10 | 40 | 75 | 50 | 254 | 40 | 102 | 152 | 0,06 | 6 | 800 | 131,3 |
| 6 | 12 | 5 | 7 | 52 | 21.840 | 10 | 40 | 75 | 50 | 508 | 40 | 203 | 305 | 0,06 | 12 | 800 | 65,6 |
| 7 | 12 | 10 | 7 | 52 | 43.680 | 10 | 40 | 75 | 50 | 1.016 | 40 | 406 | 609 | 0,06 | 24 | 800 | 32,8 |
| 8 | 12 | 10 | 14 | 52 | 87.360 | 10 | 40 | 75 | 50 | 2.032 | 40 | 813 | 1.219 | 0,06 | 49 | 800 | 16,4 |
| 17 | 6 | 5 | 7 | 52 | 10.920 | 10 | 40 | 75 | 0 | 508 | 50 | 254 | 254 | 0,06 | 15 | 800 | 52,5 |
| 18 | 12 | 5 | 7 | 52 | 21.840 | 10 | 40 | 75 | 0 | 1.016 | 50 | 508 | 508 | 0,06 | 30 | 800 | 26,3 |
| 19 | 12 | 10 | 7 | 52 | 43.680 | 10 | 40 | 75 | 0 | 2.032 | 50 | 1.016 | 1.016 | 0,06 | 61 | 800 | 13,1 |
| 20 | 12 | 10 | 14 | 52 | 87.360 | 10 | 40 | 75 | 0 | 4.063 | 50 | 2.032 | 2.032 | 0,06 | 122 | 800 | 6,6 |
| 21 | 6 | 5 | 7 | 52 | 10.920 | 10 | 40 | 75 | 50 | 254 | 50 | 127 | 127 | 0,06 | 8 | 800 | 105,0 |
| 22 | 12 | 5 | 7 | 52 | 21.840 | 10 | 40 | 75 | 50 | 508 | 50 | 254 | 254 | 0,06 | 15 | 800 | 52,5 |
| 23 | 12 | 10 | 7 | 52 | 43.680 | 10 | 40 | 75 | 50 | 1.016 | 50 | 508 | 508 | 0,06 | 30 | 800 | 26,3 |
| 24 | 12 | 10 | 14 | 52 | 87.360 | 10 | 40 | 75 | 50 | 2.032 | 50 | 1.016 | 1.016 | 0,06 | 61 | 800 | 13,1 |
| 33 | 6 | 5 | 7 | 52 | 10.920 | 10 | 40 | 75 | 0 | 508 | 40 | 203 | 305 | 0,22 | 45 | 800 | 17,9 |
| 34 | 12 | 5 | 7 | 52 | 21.840 | 10 | 40 | 75 | 0 | 1.016 | 40 | 406 | 609 | 0,22 | 89 | 800 | 8,9 |
| 35 | 12 | 10 | 7 | 52 | 43.680 | 10 | 40 | 75 | 0 | 2.032 | 40 | 813 | 1.219 | 0,22 | 179 | 800 | 4,5 |
| 36 | 12 | 10 | 14 | 52 | 87.360 | 10 | 40 | 75 | 0 | 4.063 | 40 | 1.625 | 2.438 | 0,22 | 358 | 800 | 2,2 |
| 37 | 6 | 5 | 7 | 52 | 10.920 | 10 | 40 | 75 | 50 | 254 | 40 | 102 | 152 | 0,22 | 22 | 800 | 35,8 |
| 38 | 12 | 5 | 7 | 52 | 21.840 | 10 | 40 | 75 | 50 | 508 | 40 | 203 | 305 | 0,22 | 45 | 800 | 17,9 |
| 39 | 12 | 10 | 7 | 52 | 43.680 | 10 | 40 | 75 | 50 | 1.016 | 40 | 406 | 609 | 0,22 | 89 | 800 | 8,9 |
| 40 | 12 | 10 | 14 | 52 | 87.360 | 10 | 40 | 75 | 50 | 2.032 | 40 | 813 | 1.219 | 0,22 | 179 | 800 | 4,5 |
| 49 | 6 | 5 | 7 | 52 | 10.920 | 10 | 40 | 75 | 0 | 508 | 50 | 254 | 254 | 0,22 | 56 | 800 | 14,3 |
| 50 | 12 | 5 | 7 | 52 | 21.840 | 10 | 40 | 75 | 0 | 1.016 | 50 | 508 | 508 | 0,22 | 112 | 800 | 7,2 |
| 51 | 12 | 10 | 7 | 52 | 43.680 | 10 | 40 | 75 | 0 | 2.032 | 50 | 1.016 | 1.016 | 0,22 | 223 | 800 | 3,6 |
| 52 | 12 | 10 | 14 | 52 | 87.360 | 10 | 40 | 75 | 0 | 4.063 | 50 | 2.032 | 2.032 | 0,22 | 447 | 800 | 1,8 |
| 53 | 6 | 5 | 7 | 52 | 10.920 | 10 | 40 | 75 | 50 | 254 | 50 | 127 | 127 | 0,22 | 28 | 800 | 28,6 |
| 54 | 12 | 5 | 7 | 52 | 21.840 | 10 | 40 | 75 | 50 | 508 | 50 | 254 | 254 | 0,22 | 56 | 800 | 14,3 |
| 55 | 12 | 10 | 7 | 52 | 43.680 | 10 | 40 | 75 | 50 | 1.016 | 50 | 508 | 508 | 0,22 | 112 | 800 | 7,2 |
| 56 | 12 | 10 | 14 | 52 | 87.360 | 10 | 40 | 75 | 50 | 2.032 | 50 | 1.016 | 1.016 | 0,22 | 223 | 800 | 3,6 |

legende: donkerder = interessanter voor DWTW

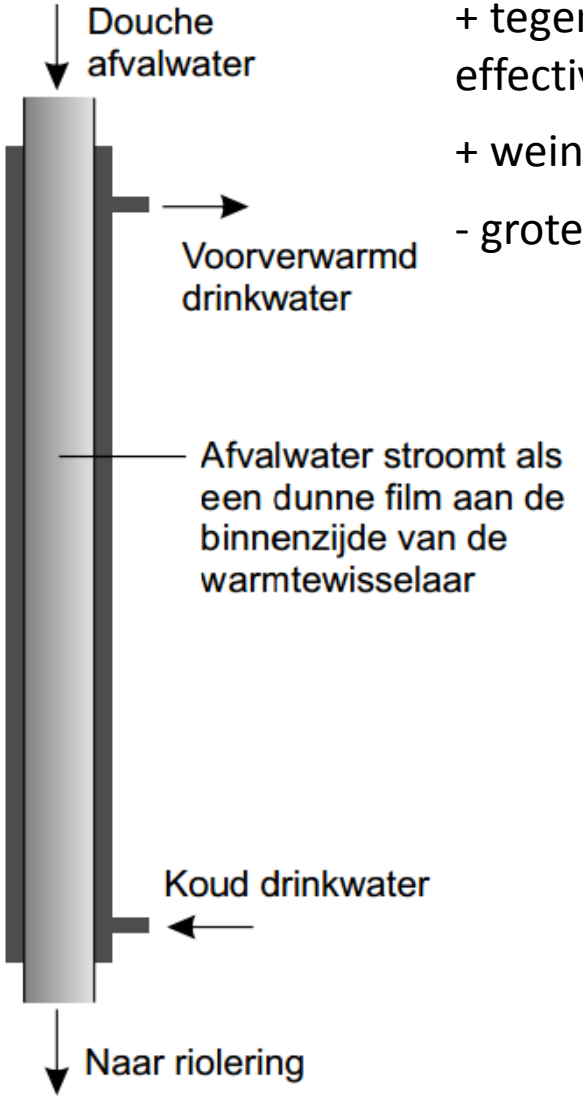
geel = vrij in te vullen

Investering (bv. 800 €) = kost DWTW (incl plaatsing) verminderd met kostenbesparing door goedkoper productiesysteem

# Douchewarmtewisselaar

## Uitvoeringen

- <u>Douchepijp</u>
- Douchegoot
- Douchebak
- Doucheput
- Douchekanon




**<u>Beoordeling</u>**:

+ tegenstroomww., effectiviteit tot 65 %

+ weinig onderhoud

- grote inbouwhoogte

# Douchewarmtewisselaar

## Uitvoeringen

- Douchepijp
- <u>Douchegoot</u>
- Douchebak
- Doucheput
- Douchekanon

**<u>Beoordeling</u>**:

+ kleine inbouwhoogte (inbouw in vloer)

- effectiviteit soms lager door afwijking van het tegenstroomprincipe effectiviteit tot 46 %

# Douchewarmtewisselaar

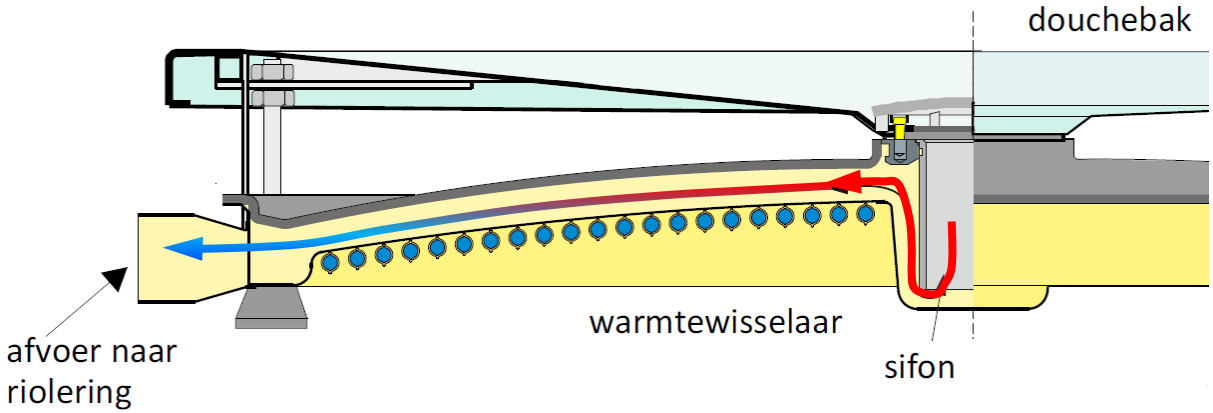
## Uitvoeringen

- Douchepijp
- Douchegoot
- <u>Douchebak</u>
- Doucheput
- Douchekanon

**<u>Beoordeling</u>**:

+ kleine inbouwhoogte (geïntegreerd)

- effectiviteit soms lager door afwijking van het tegenstroomprincipe effectiviteit tot 50 %



# Douchewarmtewisselaar

## Uitvoeringen

- Douchepijp
- Douchegoot
- Douchebak
- <u>Doucheput</u>
- Douchekanon

**<u>Beoordeling</u>**:

+ kleine inbouwhoogte

+ voor openbare accommodaties (meerdere douches, gemakkelijk onderhoud)

- effectiviteit soms lager door afwijking van het tegenstroomprincipe effectiviteit tot 43 %

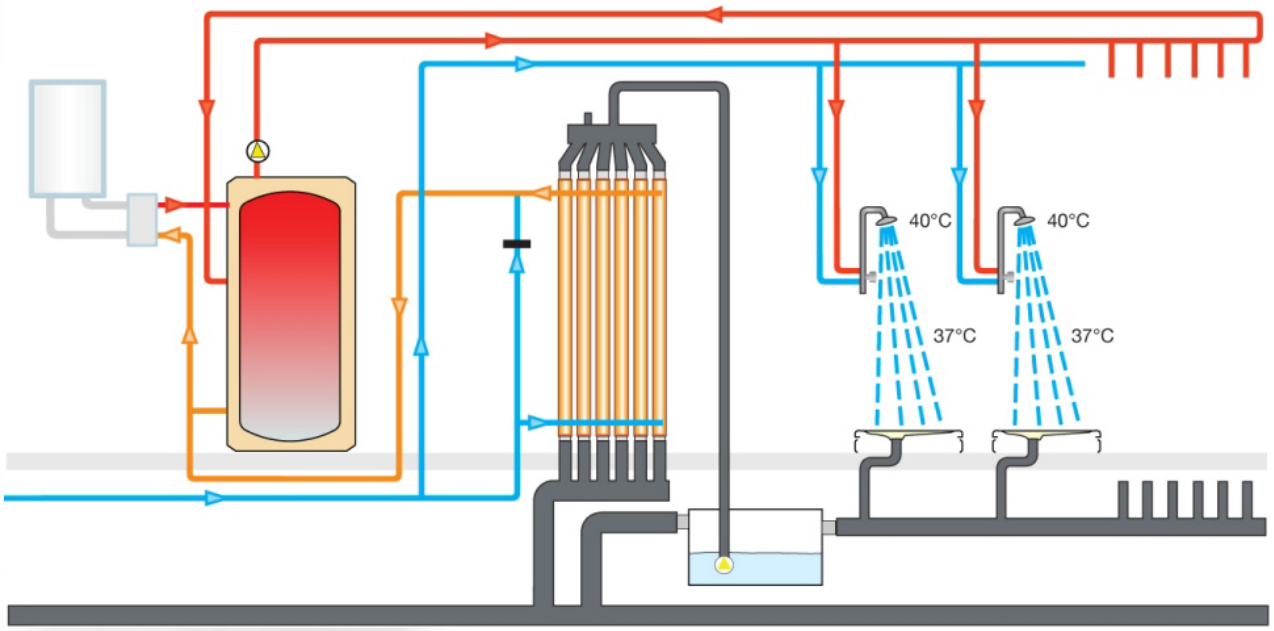
# Douchewarmtewisselaar

## Uitvoeringen

- Douchepijp
- Douchegoot
- Douchebak
- Doucheput
- <u>Douchekanon</u>

**<u>Beoordeling</u>**:

Zie douchepijp, maar voor grotere debieten



# Douchewarmtewisselaar

## Besluit: praktische aanbevelingen

- Belgaqua-goedkeuring vereist, bij twijfel: raadpleeg Belgaqua
- Dicht bij de douche-afvoer, bij voorkeur geïsoleerd
- Toevoer niet isoleren (snelle afkoeling >< Legionella)
- Aansluiting op warm- en koud water (schema 1) indien mogelijk
- Thermostatische douchekraan sterk aanbevolen
- Bijkomende drukverliezen, interactiviteit  minder effect op temp
- Toegankelijk voor onderhoud, opgelet met reinigingsproducten
- Prestaties goedgekeurd door certificaat?
- Prestaties vaak lager door ander tappatroon en systeemverlies
- Vooral interessant voor grootverbruikes
- Groot verschil in prijzen en prestaties

# Douchewarmtewisselaar

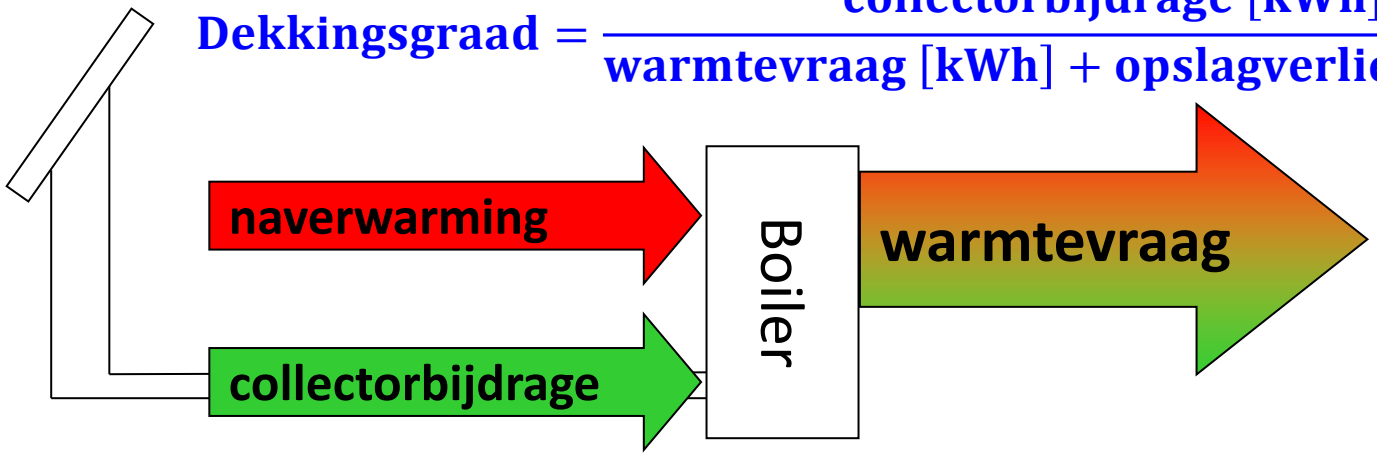
## Meer informatie

- Hei-tech, www.hei-tech.nl
- BRIES, www.Bries.nl
- DSS, www.dutchsolarsystems.com
- EE, www.energie-efficiente.com
- EHTECH, www.ehtech.fr
- EIDT, http://zypho.eu
- Easy Sanitary Solutions, www.easy-drain.nl
- Germontis, http://www.germontis.nl
- ITHO, www.ithodaalderop.be
- MENERGA, www.menerga.be
- RenewABILITY Energy Inc., www.renewability.com

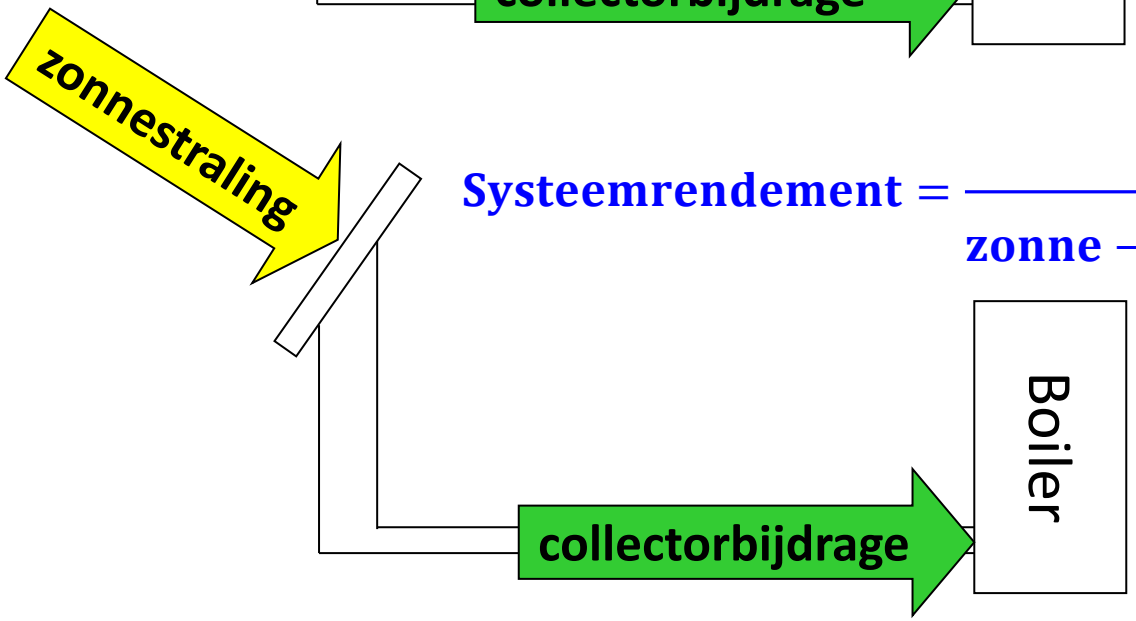
# Dimensioneren van zonneboilers

## Definities

$$\text{Dekkingsgraad} = \frac{\text{collectorbijdrage [kWh]}}{\text{warmtevraag [kWh]} + \text{opslagverliezen[kWh]}}$$



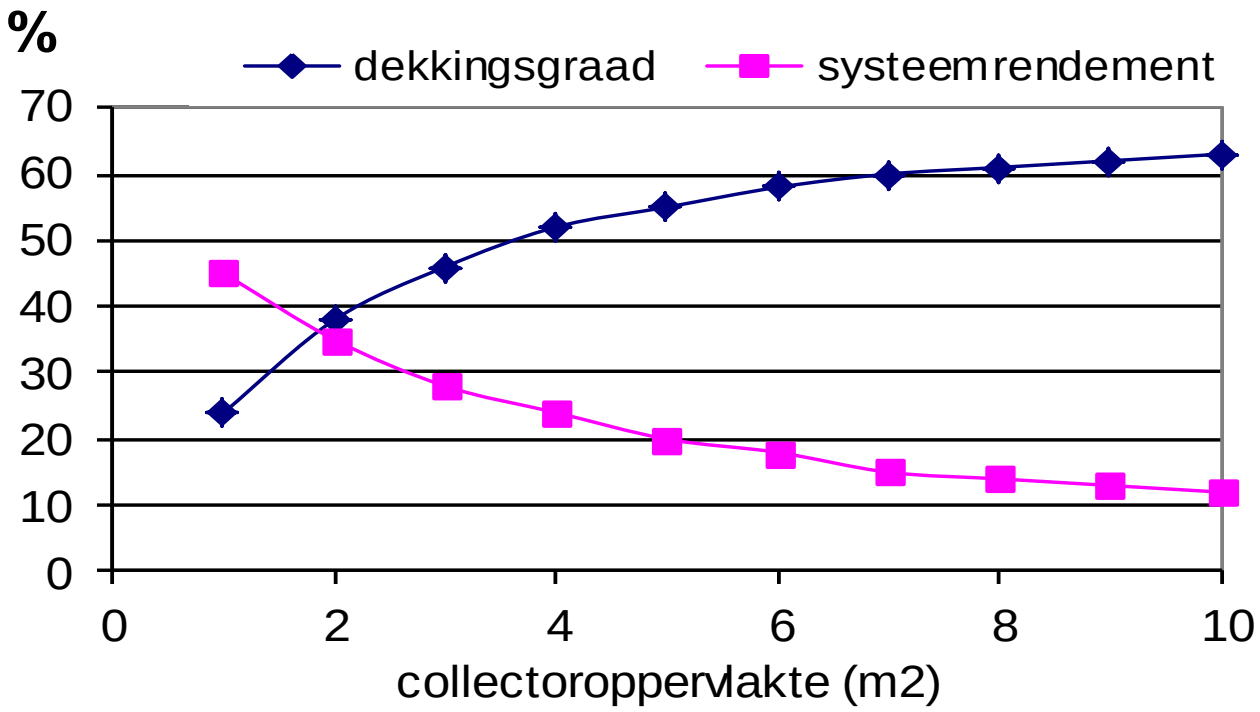

$$\text{Systeemrendement} = \frac{\text{collectorbijdrage [kWh]}}{\text{zonne} - \text{energie} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}\right] \text{x coll. opp.} [\text{m}^2]}$$



# Dimensioneren van zonneboilers

## Belang van dimensioneren

- overdimensioneren en kans op oververhitting
- overdimenisoneren is niet economisch



# Dimensioneren van zonneboilers

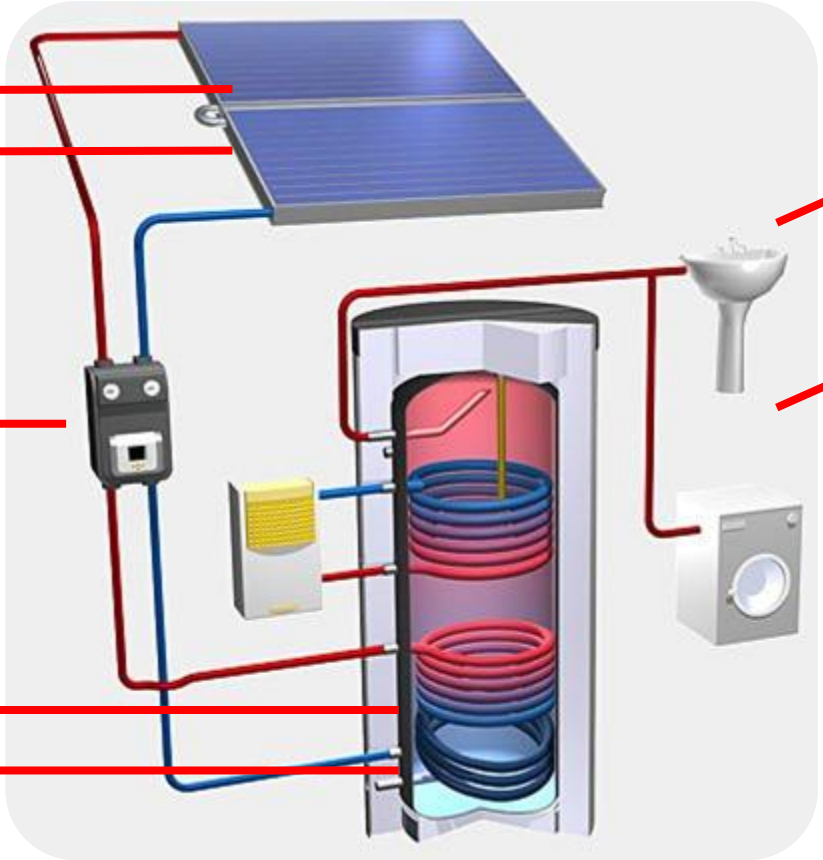
## Probleemstelling

- Invloedsfactoren op de opbrengst

Collector:
- rendement
- oppervlakte

Collectorregeling

Boilervolume:
- volume
- isolatie



Tappatroon

...

# Dimensioneren van zonneboilers

## Probleemstelling

- Beschikbare simulatieprogramma's

| | T*SOL | TRNSYS | Belsolar |
|---|---|---|---|
| Begeleiding naar optimum | **Vb. 10 vrijheidsgraden, 3 simulaties per vrijheidsgraad → $3^{10}$ = 59000 simulaties** | | |
| Gebruiksvriendelijkheid | ✓ | ✗ | ✓ |
| Hoge nauwkeurigheid | ✗ | ✓ | ✗ |
| Lage kostprijs | ✗ | ✗ | ✓ |
| Vrije keuze fabrikant | ✓ | ✓ | ✗ |

# Dimensioneren van zonneboilers

## Excel-dimensioneringstool

- Demonstratie
  (tool beschikbaar op www.tetra-sww.be)

# Naverwarming

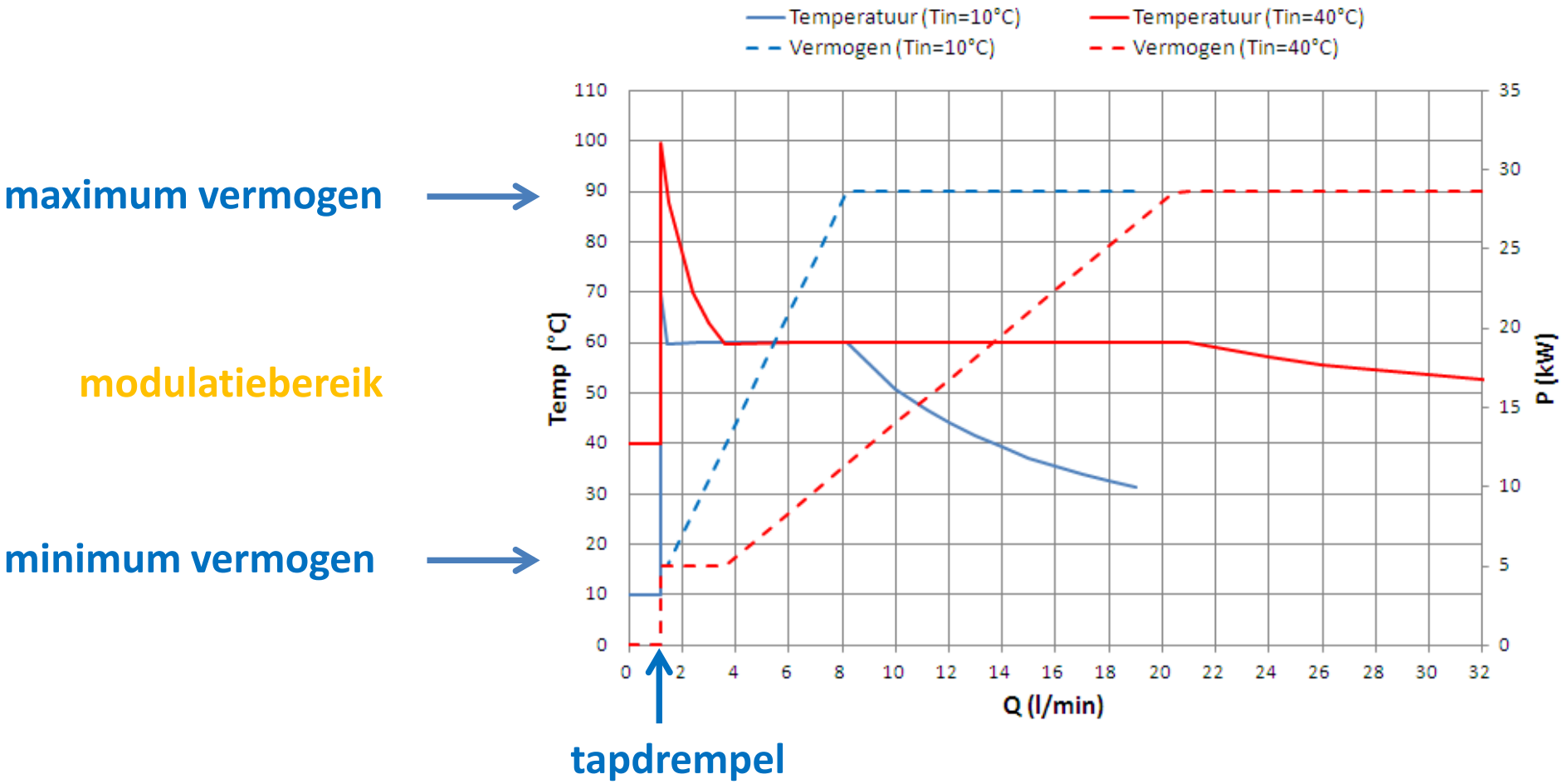
## Probleemstelling

- temperatuur koud water: 5…15 °C
- temperatuur na zonneboiler: 5…85 °C
  - lage temperatuur: naverwarming noodzakelijk
  - hoge temperatuur: risico op oververhitting elimineren

# Naverwarming

## Probleemstelling

- Hoge temperatuur mogelijk



# Naverwarming

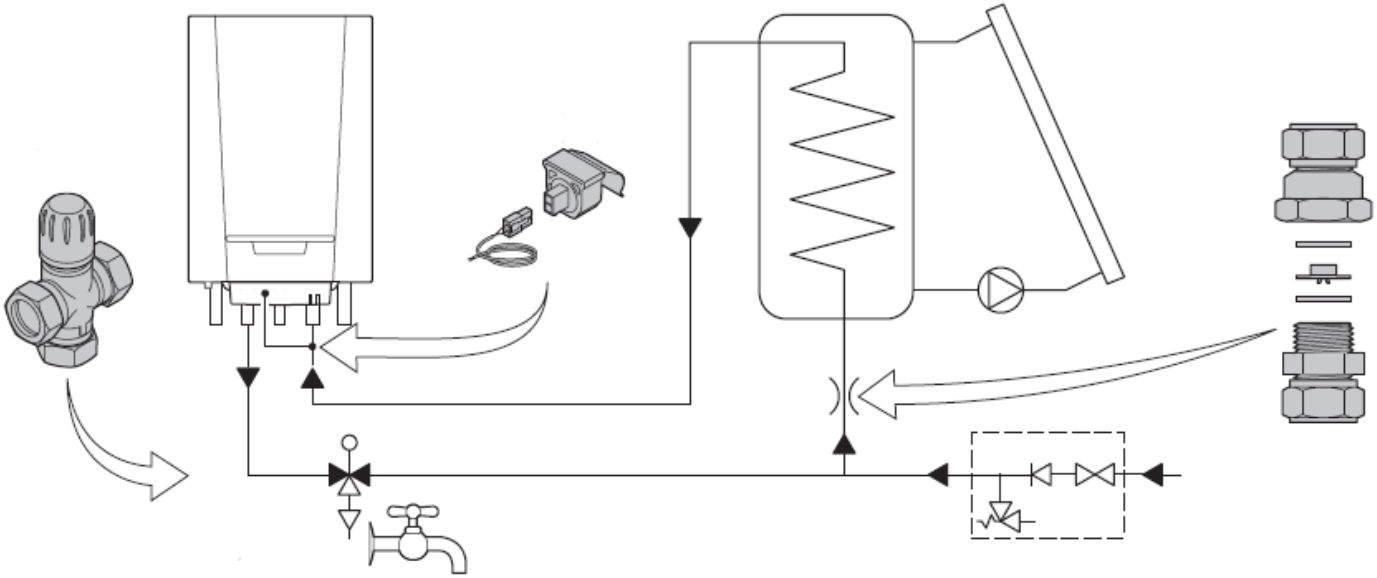
## Probleemstelling

- Hoge temperatuur mogelijk
  - vooral aandachtspunt bij doorstroomsystemen

# Naverwarming

## Probleemstelling

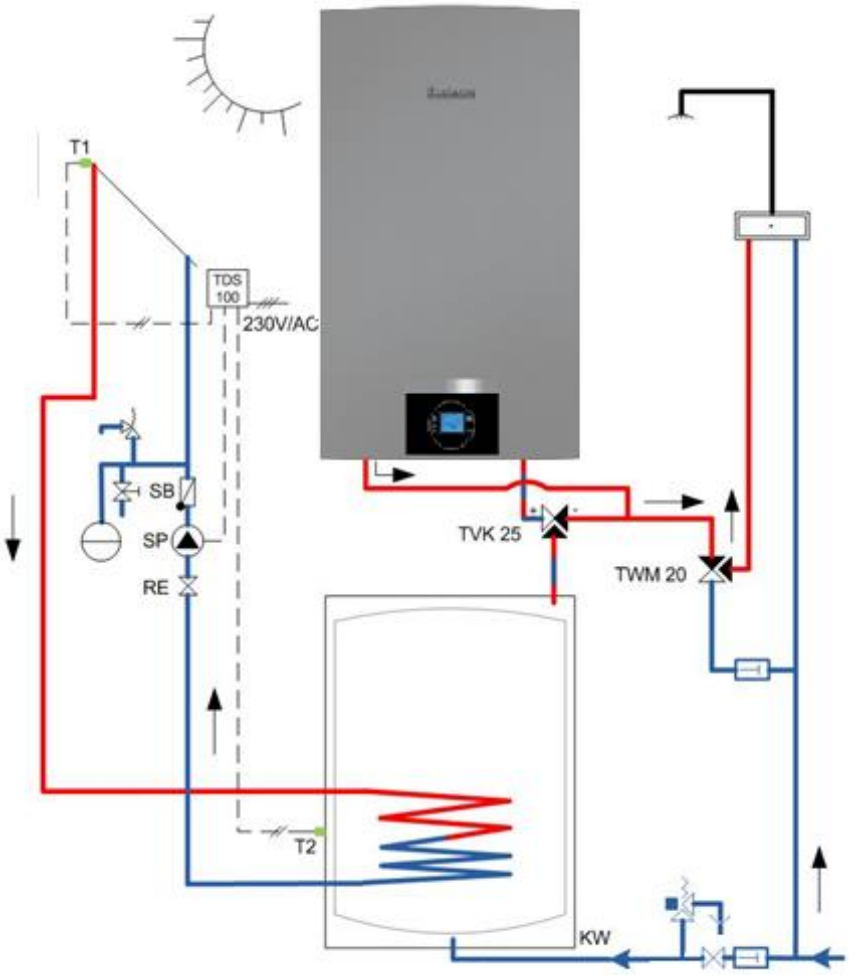
- Hoge temperatuur mogelijk
  - oplossingen:
    - toestel altijd doorstroomd, te hoge temperaturen vermijden:
      - tapdrempel, modulatiebereik en regeling
      - temperatuurbestendigheid van onderdelen



# Naverwarming

## Probleemstelling

- Hoge temperatuur mogelijk
  - oplossingen:
    - mogelijk bijkomende voorwaarde: toestel in bypass bij te hoge temp (thermostatische verdeelkraan)




**TVK 25 : thermostatische verdeelkraan**
Beschermt het toestel tegen te hoge watertemperatuur

**TWM 20: thermostatische mengkraan**
Beschermt de gebruiker tegen te hoge watertemperatuur

# Naverwarming

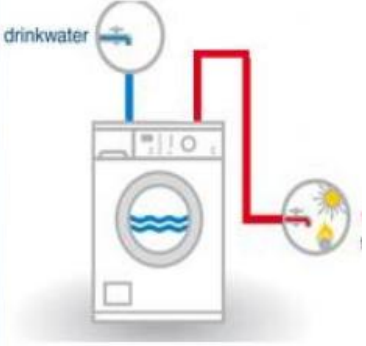
## Geschikte naverwarmers

- Eisen NZ-label Nederland

  - Temperatuurbestendigheid, drukbestendigheid
  - Mag geen tapwatertemperatuur > 70 °C kunnen leveren anders toepassen van een een thermostatisch mengventiel
  - Brander moet bij inlaattemperatuur (gemeten aan de uitlaat zonneboiler) > 60 °C uitschakelen
  - Maximalisatie zonnefractie: naverwarmen zonder overmatig bijmengen van koud water aan de inlaat

# Hotfill wasmachine

## Randvoorwaarden




- Kosten energie en water

| | | |
|---|---|---|
| volume water | 10 | liter |
| $m^3$-prijs | 3 | €/$m^3$ |
| waterkost | 0,03 | € |
| t koud | 10 | °C |
| t warm | 40 | °C |
| energie | 0,35 | kWh |
| kWh-prijs | 0,22 | €/kWh |
| energiekost | 0,077 | € |

x aantal spoelbeurten (=2+3-1)
substitutie door regenwater…

x aantal wasbeurten (=1 of 2)
substitutie door gas, zon…

- Was-technisch: temperatuur < 40 °C ivm eiwitten
- Distributierendement: korte afstand