

# Warmteterugwinning en fossielvrij telen



Feije de Zwart

Wageningen University & Research, business unit Glastuinbouw



# Fossiel vrij - niks nieuws

2008: Van der Hoorn Orchideeën,  
Eerste Kas Zonder Gas

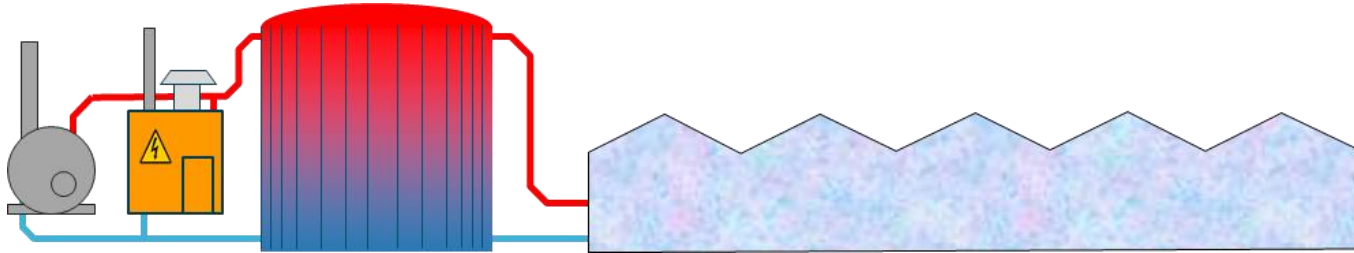


≈250 kWh elektriciteit  
per m<sup>2</sup> per jaar

2018: Kwekerij Baas,  
Volledig gestookt op biomassa



# Economische factoren bepalen de huidige situatie



|                    | gas<br>$\text{m}^3/\text{m}^2$ | Wkk verm<br>$\text{kW}/\text{ha}$ | Netto stroom<br>$\text{kWh}/\text{m}^2$ |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| Tomaat (onbelicht) | 52                             | 400                               | -135                                    |
| Tomaat (belicht)   | 57                             | 500                               | 150                                     |
| Chrysant           | 42                             | 400                               | 20                                      |

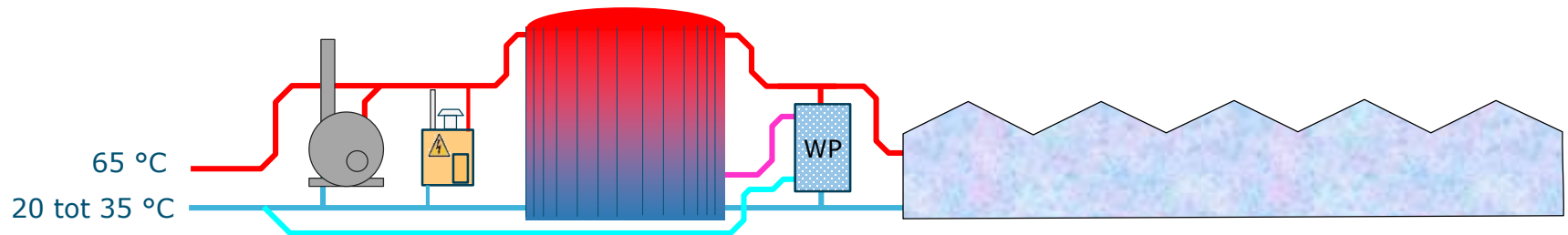
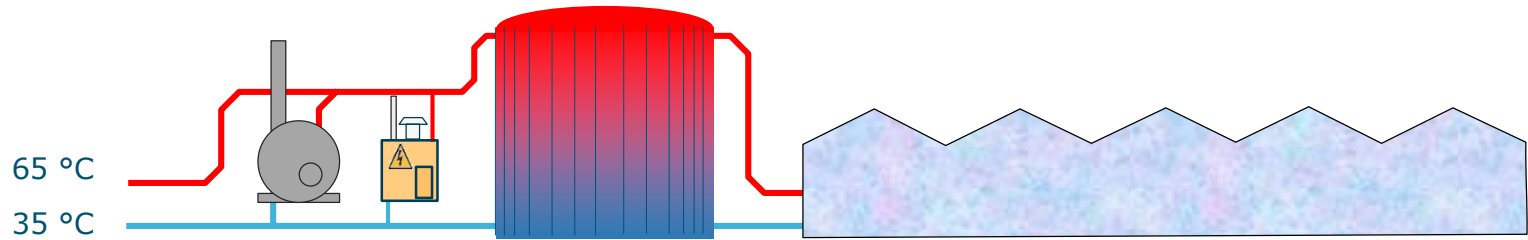
# In komende jaren nieuwe economische realiteit

|                       | Referentie | Transitie |          |                                                                                               |
|-----------------------|------------|-----------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gas                   |            |           |          |                                                                                               |
| Gasprijs              | 20         | 30        | €ct/m³   | Gas (variabel)<br>Ketelgas: 23 -> 53 ct/m³ (+30 ct/m³)<br>WKK gas: 20 -> 46 ct/m³ (+26 ct/m³) |
| EB+ODE ketel          | 3,3        | 15        | €ct/m³   |                                                                                               |
| EB+ODE wkk            | 0          | 7,5       | €ct/m³   |                                                                                               |
| transport GTS         | 20         | 30        | €/(m³ h) |                                                                                               |
| transport regionaal   | 25         | 30        | €/(m³ h) |                                                                                               |
| CO₂ heffing overheid  | 0          | 45        | €/ton    |                                                                                               |
| Stroom                |            |           |          |                                                                                               |
| elektra baseload      | 45         | 50        | €/MWh    | Stroom (variabel)<br>74 -> 105 €/MWh                                                          |
| EB+ODE inkoop elektra | 19         | 40        | €/MWh    |                                                                                               |
| Transport             | 10         | 15        | €/MWh    |                                                                                               |
| jaarpiek elektra      | 12         | 18        | €/kW     |                                                                                               |
| maandpiek elektra     | 1,50       | 2,25      | €/kW     |                                                                                               |

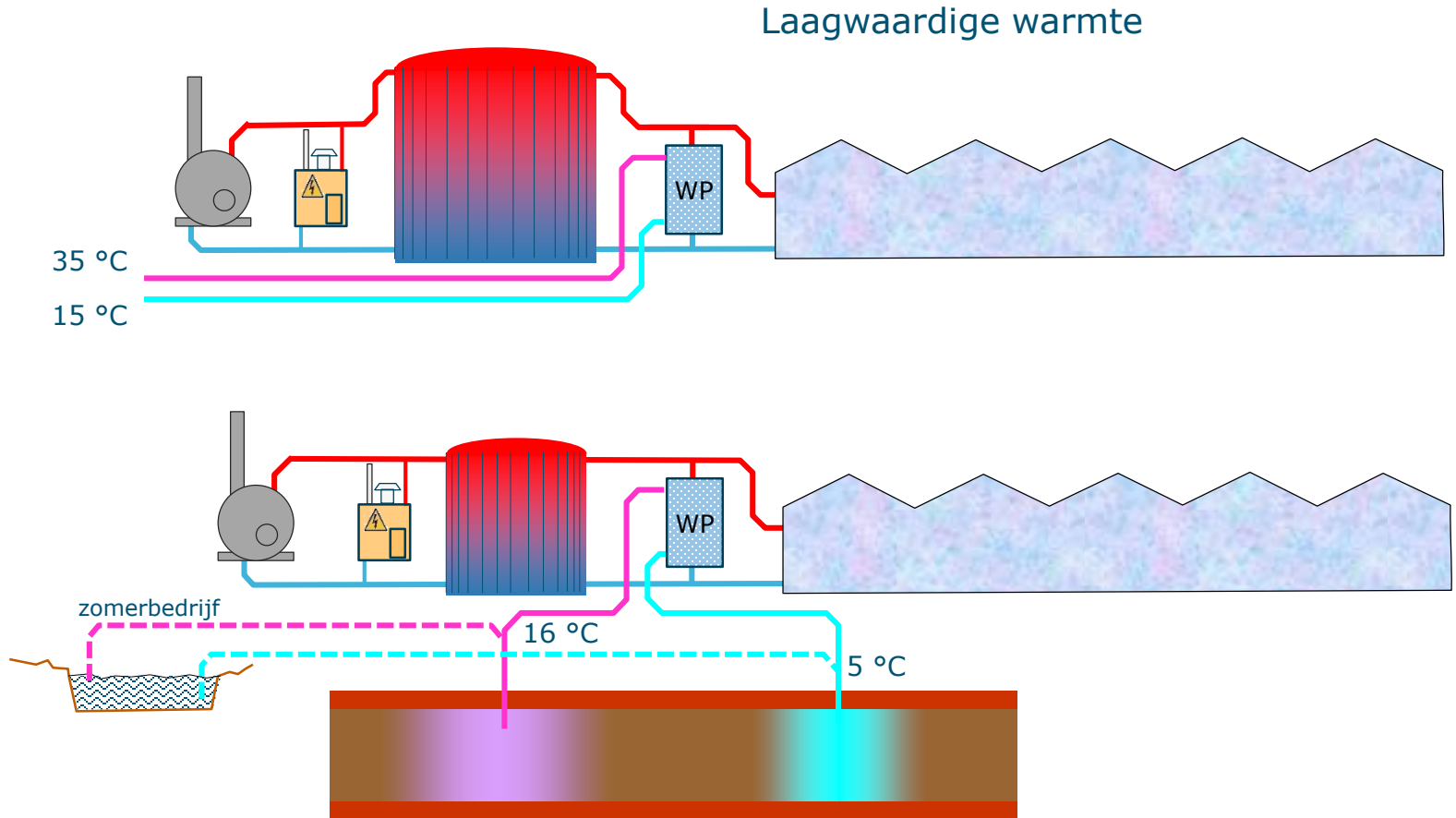
Gasprijs stijgt harder dan stroomprijs → WKK verliest terrein

# Alternatieve verwarmingsystemen (1)

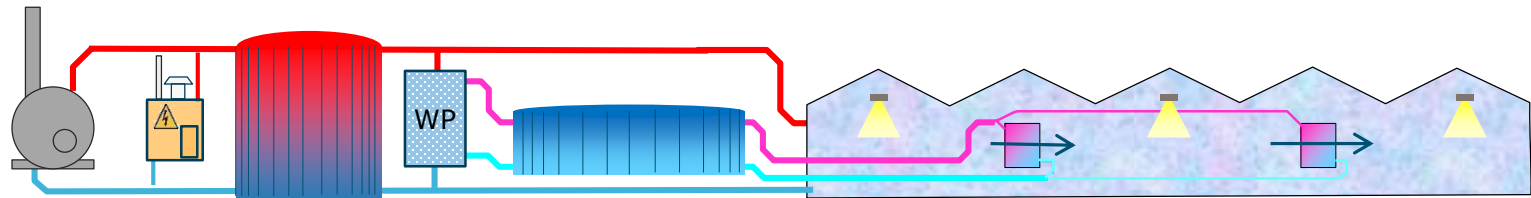
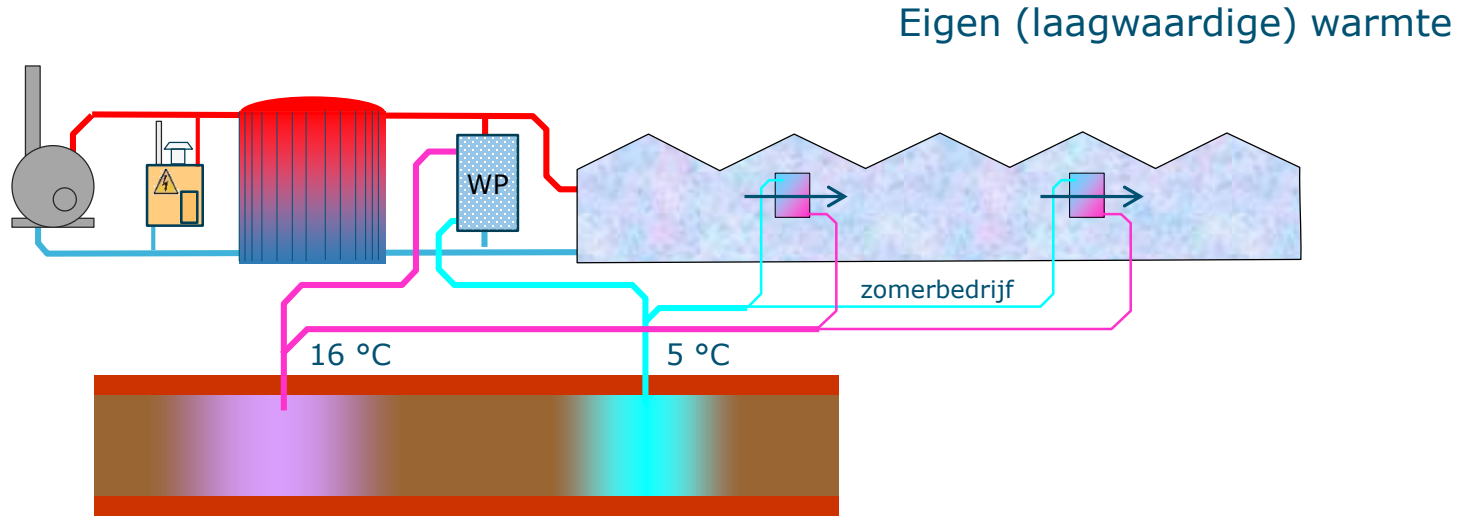
Hoogwaardige warmte-infrastructuur  
(geothermie, industriële restwarmte)



# Alternatieve verwarmingsystemen (2)



# Alternatieve verwarmingsystemen (3)



# Waar liggen de grootste kansen

Transitie (tot 2030)

Duurzaam (2040)

|                               | Tomaat                       |                              | Chrysan                      |                              | Potplant                     | Tomaat                       |                              | Chrysan                      |                              | Potplant                     |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                               | onbelicht                    | belicht                      | t                            | Ti                           | Ti                           | onbelicht                    | belicht                      | t                            | Du                           | Du                           |
| Referentie kas                | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> |
| Opties                        | 41.25                        | 51.77                        | 30.51                        | 18.49                        | 18.49                        | 25.36                        | 54.64                        | 32.44                        | 22.11                        | 22.11                        |
| WKK                           | 15.08                        | 46.88                        | 28.20                        | 11.49                        | 11.49                        | 28.37                        | 52.64                        | 30.77                        | 17.86                        | 17.86                        |
| Aardwarmte en WKK             | 14.68                        | 45.98                        | 28.18                        | 10.44                        | 10.44                        | 20.40                        | 51.49                        | 29.27                        | 15.12                        | 15.12                        |
| HT warmte en WKK              | 15.00                        | 47.24                        | 28.66                        | 11.28                        | 11.28                        | 18.37                        | 50.10                        | 28.23                        | 13.76                        | 13.76                        |
| LT warmte + WP en WKK         | 17.96                        | 47.94                        | 29.33                        | 13.53                        | 13.53                        | 21.74                        | 52.71                        | 30.08                        | 16.07                        | 16.07                        |
| Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK | 15.56                        | 45.63                        | 27.72                        | 11.18                        | 11.18                        | 15.43                        | 49.47                        | 26.50                        | 10.21                        | 10.21                        |
| Kaswarmte + WP en WKK         | 20.75                        | 48.14                        | n.v.t.                       | 17.81                        | 17.81                        | 22.95                        | 50.85                        | 28.57                        | 18.40                        | 18.40                        |
| Kaswarmte + WP/KWO en WKK     | 18.04                        | 48.57                        | 30.26                        | 15.21                        | 15.21                        | 17.97                        | 51.26                        | 29.26                        | 15.77                        | 15.77                        |
| E-zuinige kas                 | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> | E-kosten<br>€/m <sup>2</sup> |
| Opties                        | 15.92                        | 45.93                        | 28.01                        | 14.84                        | 14.84                        | 19.05                        | 46.12                        | 29.79                        | 17.35                        | 17.35                        |
| WKK                           | 13.64                        | 45.34                        | 27.20                        | 11.19                        | 11.19                        | 18.47                        | n.v.t.                       | 29.28                        | 15.78                        | 15.78                        |
| Aardwarmte en WKK             | 12.74                        | 44.95                        | 27.47                        | 9.99                         | 9.99                         | 17.57                        | 45.67                        | 28.44                        | 13.93                        | 13.93                        |
| HT warmte en WKK              | 12.36                        | 44.61                        | 27.24                        | 10.23                        | 10.23                        | 16.12                        | 45.00                        | 27.54                        | 12.71                        | 12.71                        |
| LT warmte + WP en WKK         | 14.53                        | 45.21                        | 28.01                        | 12.06                        | 12.06                        | 18.12                        | n.v.t.                       | 28.69                        | 14.49                        | 14.49                        |
| Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK | 13.02                        | 44.09                        | 27.35                        | 10.49                        | 10.49                        | 13.65                        | 43.46                        | 26.05                        | 10.09                        | 10.09                        |
| Kaswarmte + WP en WKK         | n.v.t.                       | n.v.t.                       | n.v.t.                       | 14.82                        | 14.82                        | n.v.t.                       | n.v.t.                       | n.v.t.                       | 15.66                        | 15.66                        |
| Kaswarmte + WP/KWO en WKK     | 15.16                        | n.v.t.                       | n.v.t.                       | 13.08                        | 13.08                        | 15.52                        | n.v.t.                       | 28.46                        | 12.40                        | 12.40                        |

2

1

3

3

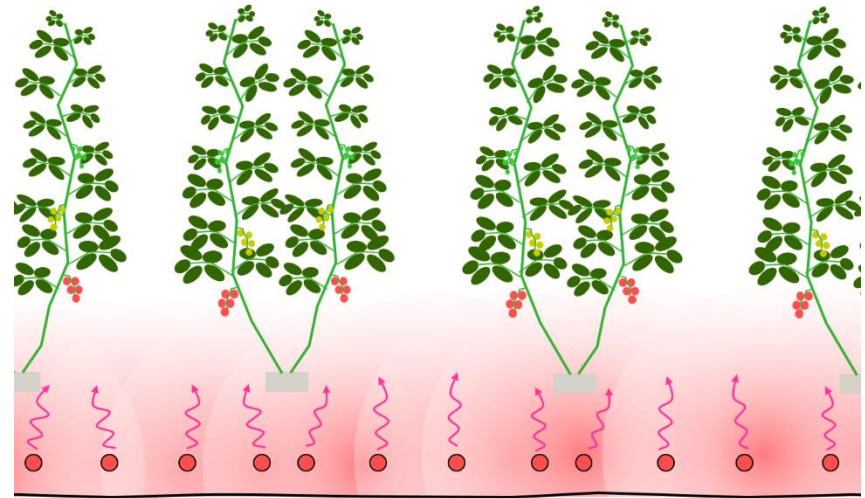
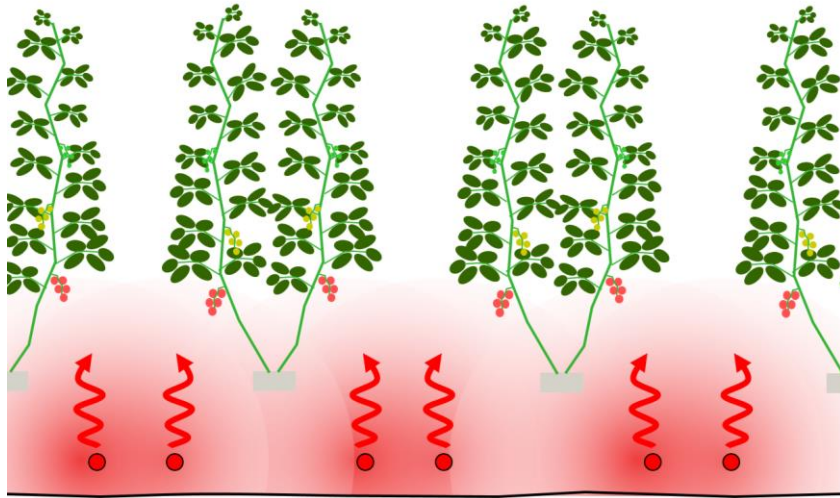
1

2



# Wat is er anders in een fossiel-vrije kas

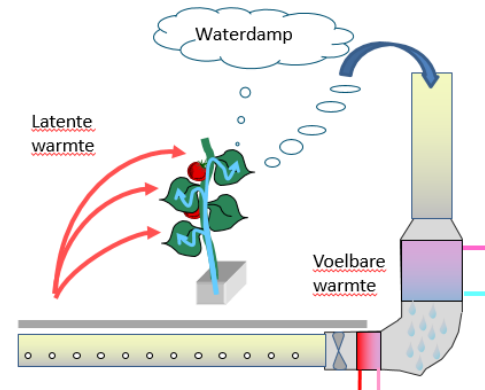
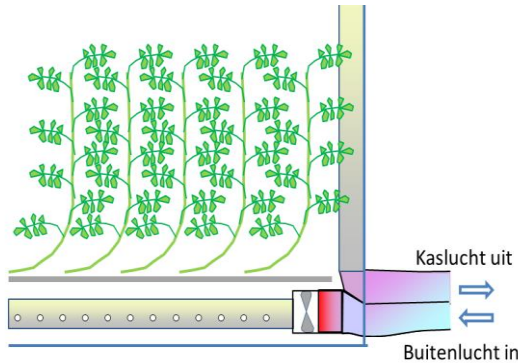
- Groter Verwarmend Oppervlak (meer buizen)



- Helpt bij Geothermie, verwarming met warmtepompen en voor vergroting van bufercapaciteit

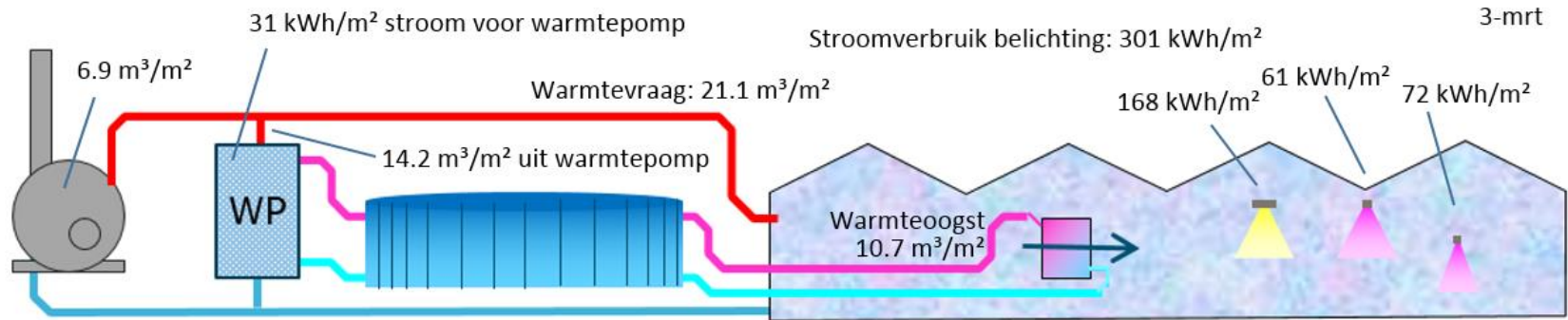
# Wat is er anders in een fossiel-vrije kas (2)

- Kas heeft een hogere isolatiegraad
- Ontvochtiging met warmte-terugwinning



- LED belichting
- CO<sub>2</sub> komt van een externe bron

# (Latente) warmteoverschotten als Energiebron



Delphy



# Luchtbehandelingskasten langs gevels



## Luchtbehandelingsinstallatie van Next Generation Semigesloten Kas

Ontvochtigen met buitenlucht ☐ 0 (0 of 1)

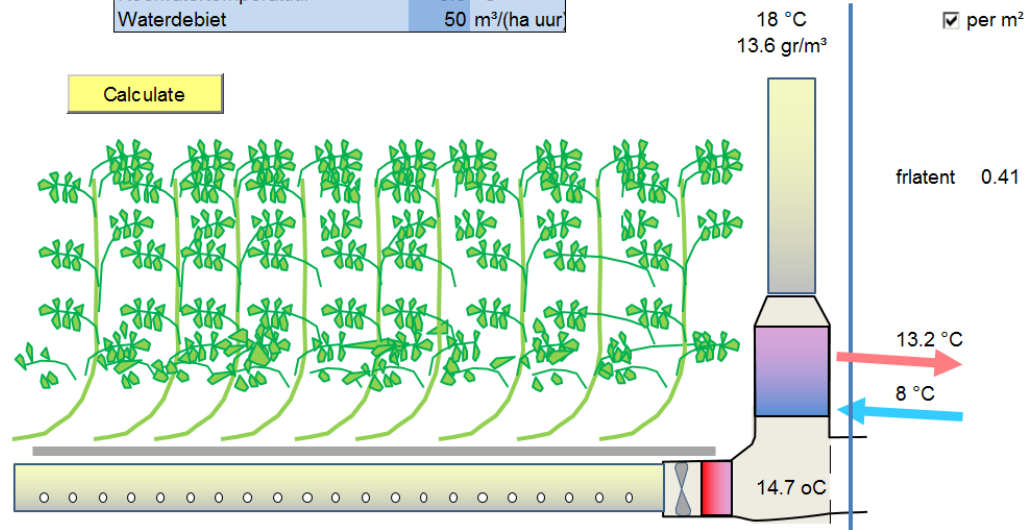
buitentemperatuur 10 °C  
Luchtvochtigheid buiten 95 %RV

Kasluchttemperatuur 18 °C  
Luchtvochtigheid ☒ RV ☐ dX 88 %  
Gewenste inblaastemp 18 °C  
luchtdebiet 15 m³/(m² u)  
Koelwatertemperatuur 8.0 °C  
Waterdebiet 50 m³/(ha uur)

kasbreedte per slurf 3.2 m  
padlengte 95 m  
luchtdebiet per slang 4560 m³/hr  
benodigde slangdiameter  
bij 8 m/s -> 0.45 m

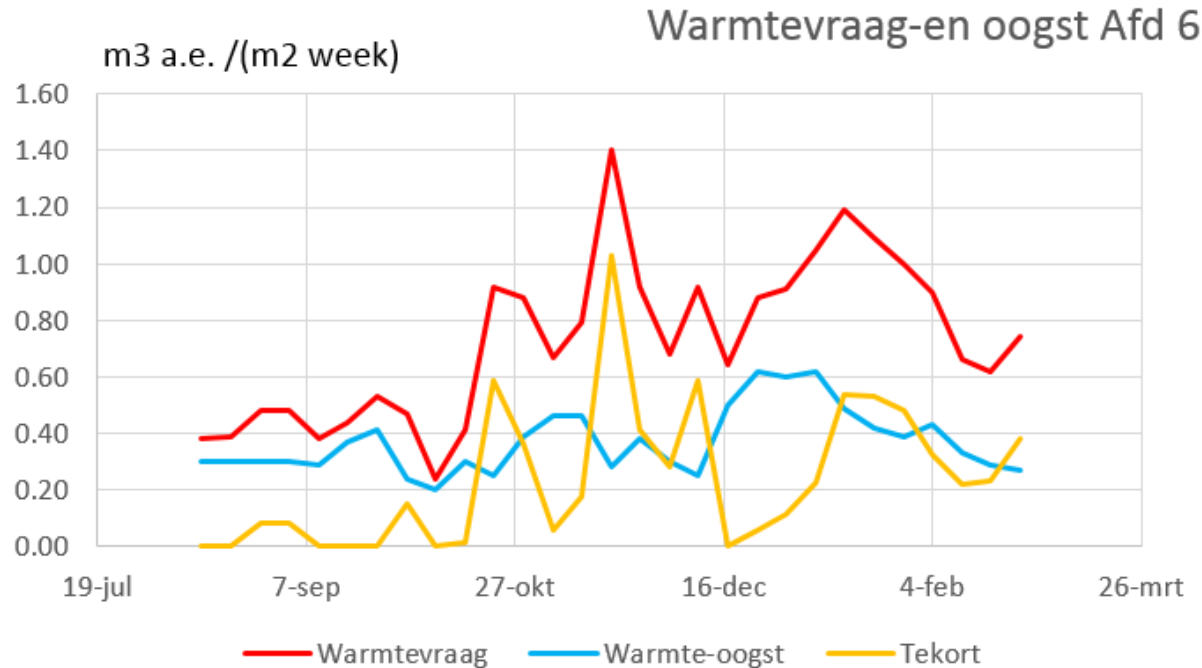
Ontvochtiging 20.3 gr/(m² uur)  
Naverwarming 17.9 W/m²  
Koelvermogen 30.3 W/m²

Calculate

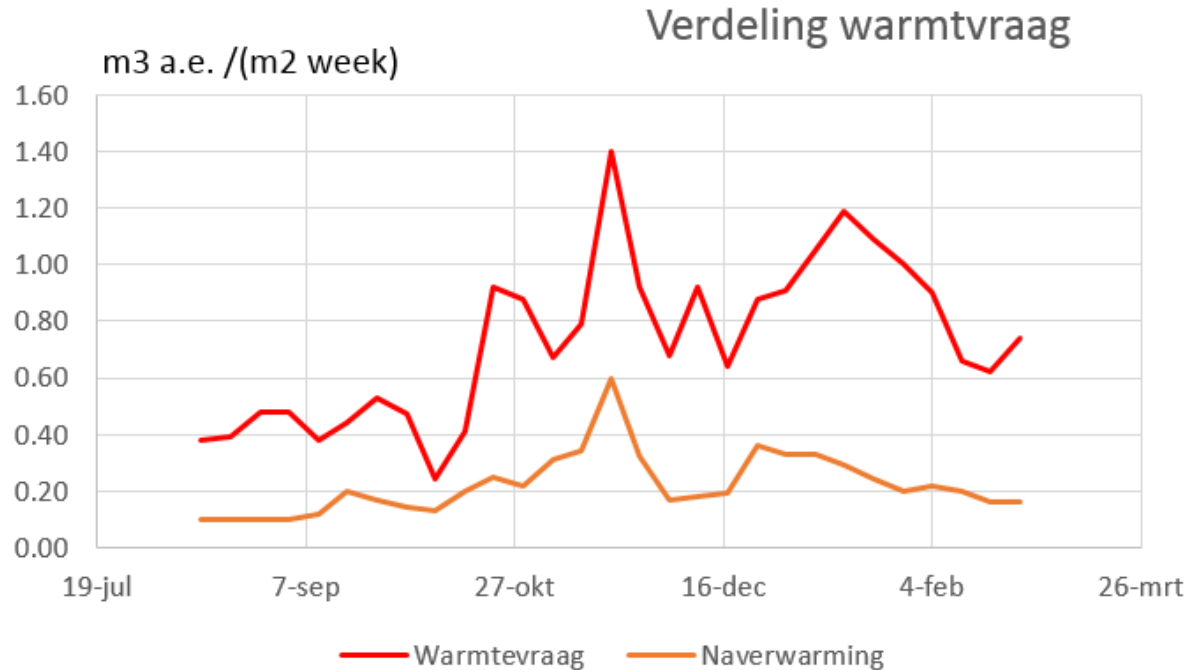




# Warmteoogst is een substantieel deel



# Warmtevraag gaat niet echt naar beneden



# Toch een deel van de ontvochtiging naar boven?



Eén systeem voor ontvochtigen, koelen én verwarmen

### Het Nieuw Telen in de rozen

Om in de rozen het meest optimale teeltklimaat te creëren, ontwikkelden wij voor Van der Drift Roses in Kwintsebeek een uniek installatieconcept. Voor deze rozenkwekerij van 40.000 m<sup>2</sup> namen we de uitdaging aan om met één systeem zowel te ontvochtigen, te koelen als ook te verwarmen. Hiervoor plaatsten we in de kopgevel een zelf ontwikkelde luchtbehandelingskast die onder alle weersomstandigheden met minimaal energiegebruik het op dat moment gewenste binnenklimaat realiseert. Een teler bespaart zo niet alleen veel energie, maar creëert aantoonbaar betere teeltomstandigheden die tot de hoogst mogelijke rozenproductie leiden met de hoogst mogelijke kwaliteit.

► De techniek

In de kopgevels van de kas zijn in elke tralie van 8 meter luchtbehandelingskasten aangebracht. Deze luchtbehandelingskasten zijn voorzien van geluidsarme ventilatoren en toerengeregelde EC-motoren. Daarnaast zitten er ook luchtfilters in, die de volle flow (binnenlucht + buitenlucht) filteren. Tevens zijn de luchtbehandelingskasten voorbereid voor UV-ontsmetting van de lucht.

**TECHNOKAS**  
— smart greenhouses —

[www.technokas.nl](http://www.technokas.nl)

# Waar liggen de grootste kansen

Transitie (tot 2030)

Duurzaam (2040)

|                               | Tomaat           |                  | Chrysant         |                  | Potplant | Tomaat           |                  | Chrysant         |                  | Potplant         |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                               | onbelicht        |                  | belicht          |                  |          | onbelicht        |                  | belicht          |                  |                  |
| Referentie kas                | T                | T <sub>i</sub>   | T <sub>i</sub>   | T <sub>i</sub>   |          | D <sub>L</sub>   | D <sub>U</sub>   | D <sub>L</sub>   | D <sub>U</sub>   |                  |
| E-kosten                      | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> |          | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> |
| Opties                        |                  |                  |                  |                  |          |                  |                  |                  |                  |                  |
| WKK                           | 41.27            | 51.77            | 30.51            | 18.49            |          | 25.36            | 54.64            | 32.44            | 22.11            |                  |
| Aardwarmte en WKK             | 15.08            | 46.88            | 28.20            | 11.49            |          | 28.12            | 52.64            | 30.77            | 17.86            |                  |
| Aardwarmte + WP en WKK        | 14.68            | 45.98            | 28.18            | 10.44            |          | 20.40            | 51.49            | 29.27            | 15.12            |                  |
| HT warmte en WKK              | 15.00            | 47.24            | 28.66            | 11.28            |          | 18.37            | 50.10            | 28.23            | 13.76            |                  |
| LT warmte + WP en WKK         | 17.96            | 47.94            | 29.33            | 13.53            |          | 21.74            | 52.71            | 30.08            | 16.07            |                  |
| Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK | 15.56            | 45.63            | 27.72            | 11.18            |          | 15.43            | 49.47            | 26.50            | 10.21            |                  |
| Kaswarmte + WP en WKK         | 20.75            | 48.14            | n.v.t.           | 17.81            |          | 22.95            | 50.85            | 27.57            | 18.40            |                  |
| Kaswarmte + WP/KWO en WKK     | 18.04            | 48.57            | 30.26            | 15.21            |          | 17.97            | 51.26            | 29.26            | 15.77            |                  |
| E-zuinige kas                 | T                | T <sub>i</sub>   | T <sub>i</sub>   | T <sub>i</sub>   |          | D <sub>L</sub>   | D <sub>U</sub>   | D <sub>L</sub>   | D <sub>U</sub>   |                  |
| E-kosten                      | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> |          | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> | €/m <sup>2</sup> |
| Opties                        |                  |                  |                  |                  |          |                  |                  |                  |                  |                  |
| WKK                           | 15.92            | 45.93            | 28.01            | 14.84            |          | 19.05            | 46.12            | 29.79            | 17.35            |                  |
| Aardwarmte en WKK             | 13.64            | 45.34            | 27.20            | 11.19            |          | 18.47            | n.v.t.           | 29.28            | 15.78            |                  |
| Aardwarmte + WP en WKK        | 12.74            | 44.95            | 27.47            | 9.99             | 2        | 17.57            | 45.67            | 28.44            | 13.93            | 3                |
| HT warmte en WKK              | 12.36            | 44.61            | 27.24            | 10.23            |          | 16.12            | 45.00            | 27.54            | 12.71            |                  |
| LT warmte + WP en WKK         | 14.53            | 45.21            | 28.01            | 12.06            |          | 18.12            | n.v.t.           | 28.69            | 14.49            |                  |
| Oppervl. Wat. + WP/KWO en WKK | 13.02            | 44.09            | 27.35            | 10.49            | 1        | 13.65            | 43.46            | 26.05            | 10.09            | 1                |
| Kaswarmte + WP en WKK         | n.v.t.           | n.v.t.           | n.v.t.           | 14.82            |          | n.v.t.           | n.v.t.           | n.v.t.           | 15.66            |                  |
| Kaswarmte + WP/KWO en WKK     | 15.16            | n.v.t.           | n.v.t.           | 13.08            | 3        | 15.52            | n.v.t.           | 28.46            | 12.40            | 2                |



# Hartelijk dank voor uw aandacht

## Dank aan de financiers



Ministerie van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit



[Feije.deZwart@wur.nl](mailto:Feije.deZwart@wur.nl)

