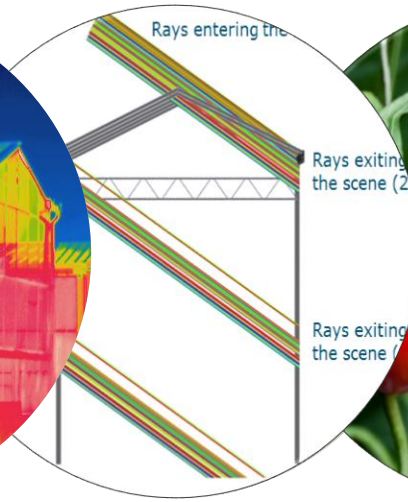
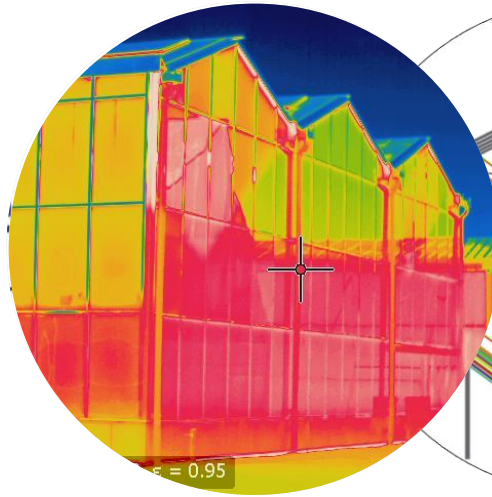


# Low- $\epsilon$ : schermen of glas?

*Light event, 26/3/2025, Bleiswijk*

Frank Kempkes, WUR Glastuinbouw



# Warmteverlies minimaliseren: Isolerende kasdekmaterialen

## ▪ VenLow kas (2013)

3mm dubbel glas, 3 × AR, 1 × Low-ε

- Te hoge isolatie (sneeuw)
- Licht transmissie van 2 lagen glas hoog houden is uitdagend
- Prijs



# Isolerende kasdekmaterialen: wat voorbeelden

- **VenLow kas (2013)**  
3mm dubbel glas, 3 × AR, 1 × Low-ε → te hoge isolatie (sneeuw)
- **2SaveEnergy kas (2016)**  
4mm glas + EFTE. → sneeuw afsmelten mogelijk
- **Berry Energy Saving Technology (BEST) (2020)**  
Noppenfolie, alternatief voor volle grond. → 'goedkoop' kasconcept
- **BBBLS (2016, NL/Noorwegen)**  
Zeepbellen tussen dubbel EFTE
- **Liquid foam (2009, Canada)**  
Vloeibaar schuim tussen dubbellaags PE (30-60% besparing)
- **Aearo-gels**  
Schuim op nano-schaal, (extreem) hoge transmissie, niet stabiel
- **Geysir (AGC)**  
2 × AR, 1 × low-e → modern hortiplus glas, nu 'zonder' lichtverlies
- **Fineo (AGC)**  
Vacuum tussen dun glas. Hoge isolatie i.c.m. hoge transmissie → extreem duur



# Wat gaat deze isolatie ons opleveren?

- Alleen isoleren gaat een vocht probleem creëren
- Combinatie van:
  - Maximaal gebruik zonlicht
  - Isoleren (dek & schermen)
  - Ontvochtigen (energiewaardig)
  - Teeltstrategie (toelaatbaar vochtniveau, RTR etc.)
  - Gedrag van de ondernemer in de regelingen
- Tot 70% op warmtegebruik te besparen

# Conclusies kasdek isolatie

- Beperkt aantal “nieuwe” materialen verkrijgbaar die praktisch en concurrerend zijn met de bestaande materialen
  - Vele materialen op lab-schaal of in conceptfase
- Moeten concurrerend zijn met relatief goedkope alternatieven zoals energie- en schaduwsschermen en tijdelijke coatings.
- Praktische problemen zoals vervuiling, sneeuw en vocht vaak onbekend
- Technisch gezien is optimalisatie op één eigenschap meestal goed mogelijk
  - Verslechterd vaak andere eigenschappen
- Onderzoek veelal gericht op gebouwen, automotieve en elektronica
- Desondanks wordt behoefte aan nieuwe kasdekmaterialen steeds sterker, dus nieuwe ontwikkelingen blijven belangrijk

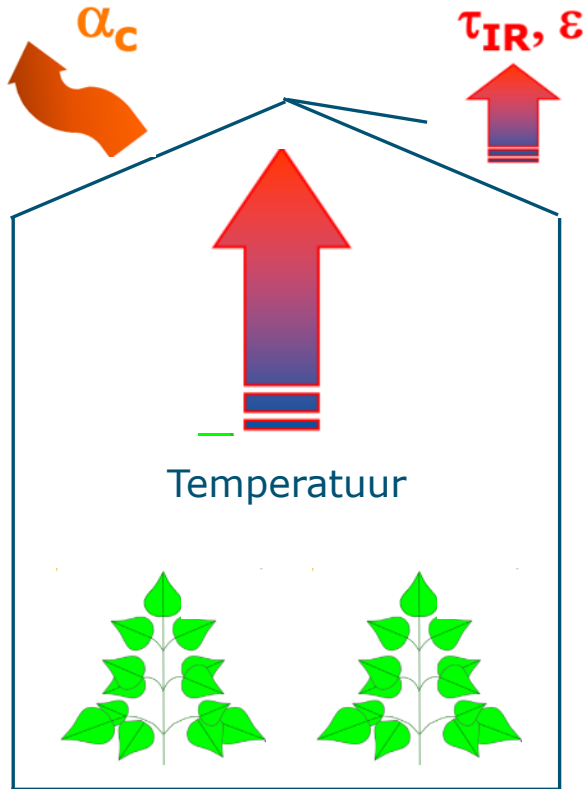
# Low- $\varepsilon$ eigenschappen

- Voorbeeld van praktisch en “concurrerend”
- Wat weten jullie?

# Warmteverlies van een kas

- Lekverliezen
  - Kieren en gaten
  - Ramen open
- Convectie verliezen
  - Warmteoverdracht glas aan buitenlucht
- **Stralingswarmte verliezen (low  $\epsilon$ )**
  - Warmteoverdracht glas naar de hemel
  - Warmteoverdracht scherm naar kasdek

# Fysische aspecten



$\alpha_c$  Convectief warmteverlies afhankelijk van  $\Delta T$  (binnen – buiten) en windsnelheid

$\tau_{IR}, \epsilon$  Stralingswarmte verlies afhankelijk van  $\Delta T$  (glas – hemel) helder / bewolkt

$\epsilon$  Nummer geeft het niveau van de sterkte van deze koppeling aan  
Meeste materialen  $\approx 0.9$   
Aluminium 0.1 (nieuw) geoxideerd 0.4

- Standaard glass  $\approx 0.9$
- Geysir glass (AGC)  $\approx 0.3$



# Aanleiding



- Zoektocht naar verlaging warmtevraag
  - Kas met hoge lichtdoorlatendheid, max gratis zonne-energie
  - Goede isolerende eigenschappen warmteverlies voorkomen
- Antireflectie coatings (AR) verhogen lichttransmissie
- Emissiearme coatings (low-  $\epsilon$ ) verminderen het warmteverlies
  - Veel low-  $\epsilon$  coatings verlagen licht transmissie fors (HR+++)
  - Hebben beschermende atmosfeer nodig om degradatie te voorkomen
  - Low- $\epsilon$  coatings standaard alleen in dubbel glas toegepast

# Potentie van Low- $\epsilon$

- Low- $\epsilon$  en antireflectie eigenschappen verenigen in een enkele coating waardoor het verhogen van de lichttransmissie en verminderen van het warmteverlies wordt gecombineerd
- Potentiële besparing ca. 20%
  - Kasdek warmer, minder gewas uitstraling +
  - Minder condensatie - , mogelijk minder lichtverlies +
  - Meer ventileren, CO<sub>2</sub> verlies -



# Proeven onbelicht

- Project van programma KaE
  - Bewijzen dat dit ook daadwerkelijk zo werkt met tomaat (2022) vs aubergine (2023 [WUR] & 2024 [Delphy IC]), toch een heel andere teelt
  - Meegegeven opdracht: “State of the art” teelt
    - Ook referentieteelt
    - Veel schermen (HNT)
    - Actief ontvochtigen (met terugwinning van latente warmte)

# Opzet van de proef

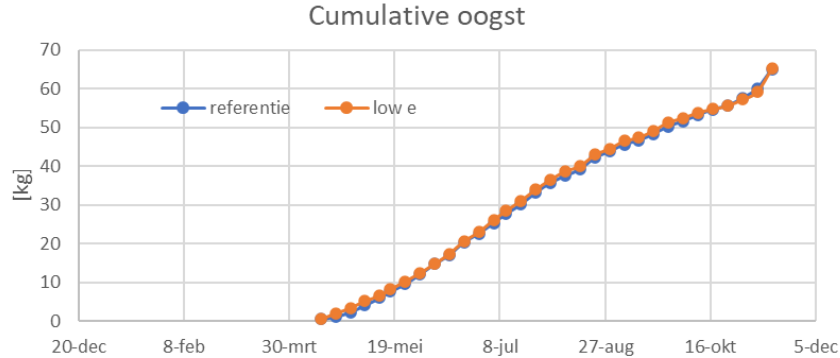
- Referentie & Low emissie glas (ook in gevels)
- Schermen:
  - Transparant (luxous) & donkerdoek [2022] → tomaat
  - Transparant (luxous) & Transparant (vocht) [2023] → aubergine
    - Maximale flexibiliteit
- Alleen buisrail, de groeibuis groep is de naverwarming LBK geworden
- Telen met de principes van het nieuwe telen
- Monitoring energie stromen & gevolgen op klimaat en CO<sub>2</sub> concentratie

■ LOW\_e



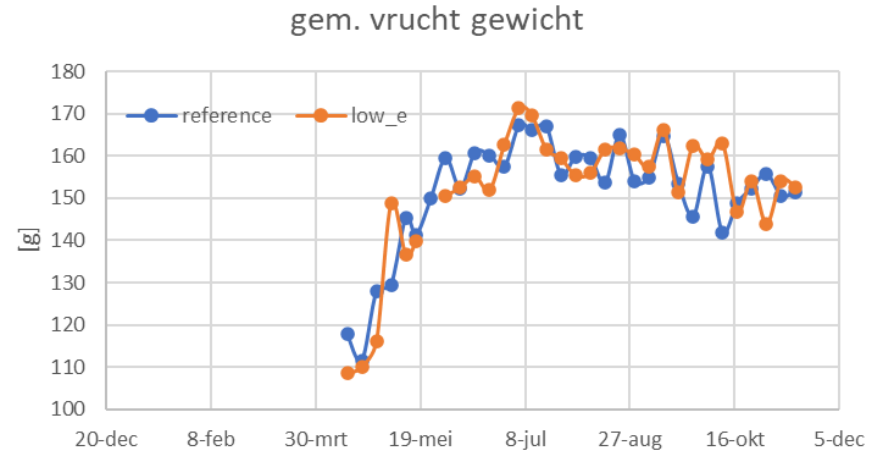


# Plant metingen en oogst data tomaat

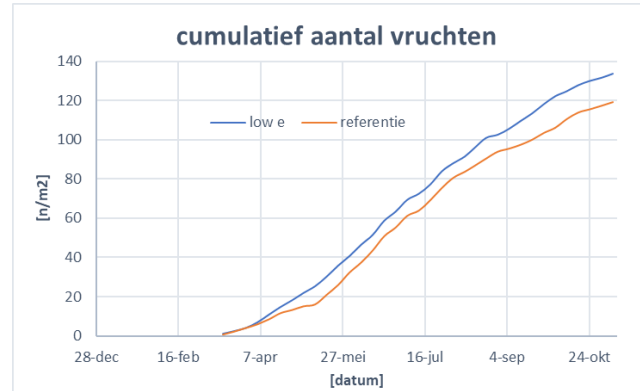
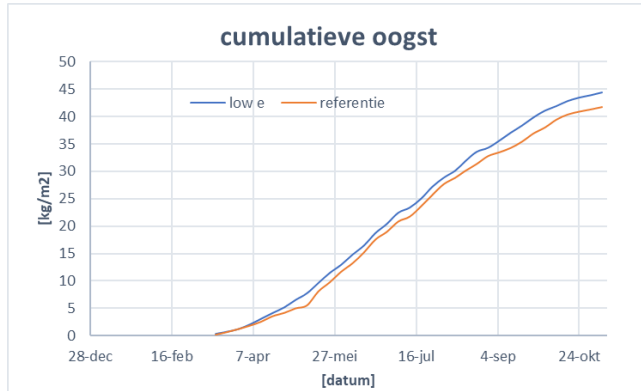


- Beide afdelingen: 65 kg
- Plantlengte: 9.2 meter
- # trossen: 30 per plant

- Tomaat 28-12-2021 – 16-11-2022
- Marinice
- 2.5 st/m<sup>2</sup>



# Plant metingen en oogst data aubergine



- Oogst: 43.5 & 41 kg
- Plantlengte: 3.72 & 4,02 meter
- # vruchten: 130 & 115 stuks (285 & 319 gram)

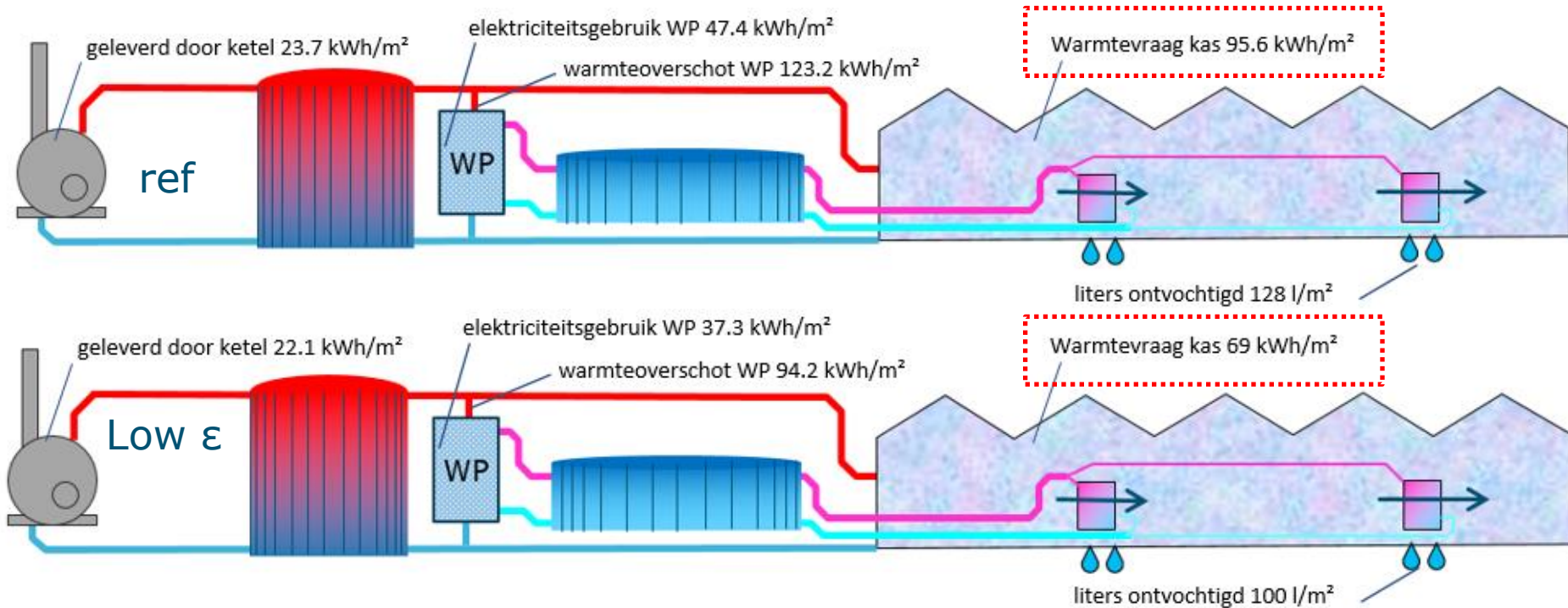
Verschillen niet aan glasdek toe te wijzen, conclusie is gelijke teelt



# Energie

$1\text{m}^3 = 8.8\text{ kWh}$

- Warmtevraag kas door Low- $\epsilon$  20+% lager
- Forse warmteoverschotten  $\rightarrow$  tevel ontvochtigd & el. gebruik WP >>



# Conclusies

- Onder Low- $\varepsilon$  glas is prima (onbelicht) te telen
  - Geen productieververschil te wijten aan het glas
  - Kwaliteit is gelijk
- Er is een forse besparing op warmtegebruik mogelijk (ca. 20%)
  - Besparing vergroten door grotere DIF bij zelfde RTR (TI)
  - Onbalans in de winter vraagt seizoensopslag
  - Onbalans in zomer → minder ontvochtiging met systeem
- MAAR
  - Glas is voor nieuwbouw, kan dit niet met een scherm?



# Energlik

- Interreg Vlaanderen-Nederland project
- Doel = demonstratie dat een meer klimaatneutrale glastuinbouw ook economisch rendabel kan zijn

Met de steun van:



**Interreg**  
Vlaanderen-Nederland



Gefinancierd door  
de Europese Unie

Energlik



provincie limburg



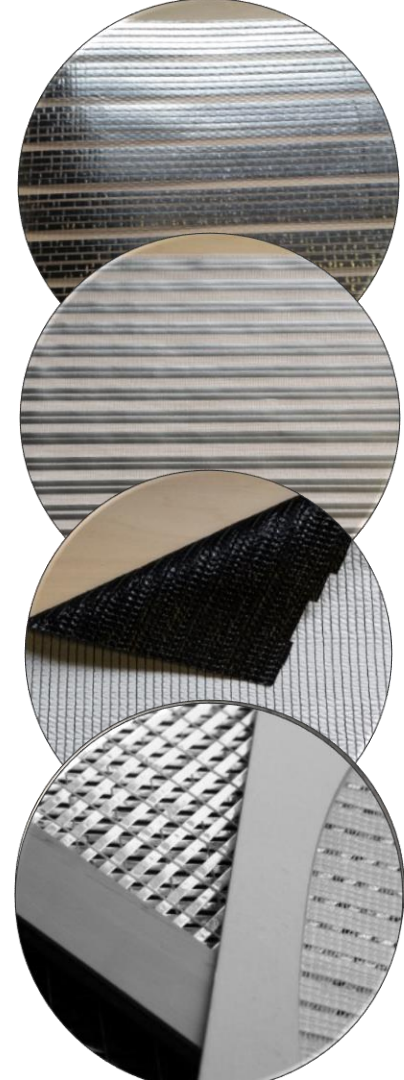
Partners:



# Schermen

## ■ Schermtypes

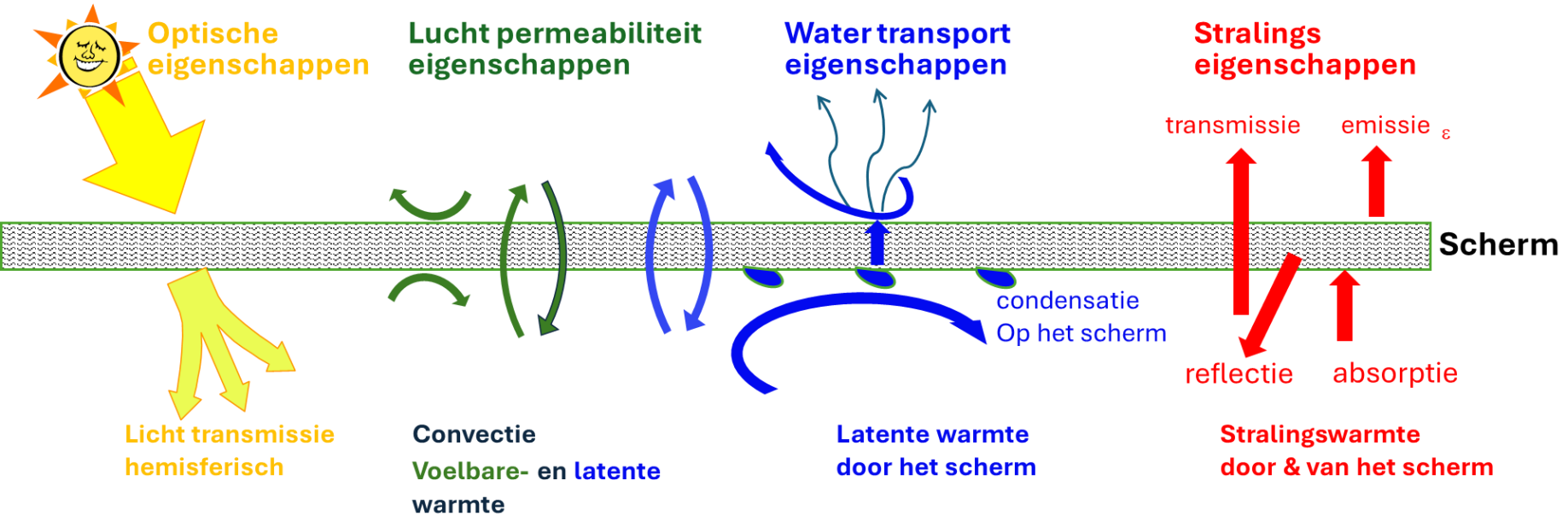
- Geweven, gebreid, folie
- Meer open, meer gesloten doeken
- Transparant, diffuus, wit, zwart, aluminium,...
- Inzet voor:  
licht sturing: schaduw, diffuus, tegen lichtemissie  
energiebesparing: isolatie, minder uitstraling,  
vochtafvoer...
- Gebruik als: nacht- of dagscherm



# Energieverliezen van een scherm afhankelijk....

- Buitencondities
- Lekverlies scherminstallatie
- **Gebruik van het scherm**
  - Vochtsetpoint waar op geregeld wordt
- Aantal schermlagen
- Scherm materiaal en zijn eigenschappen

# Schermeigenschappen





# Schermeigenschappen

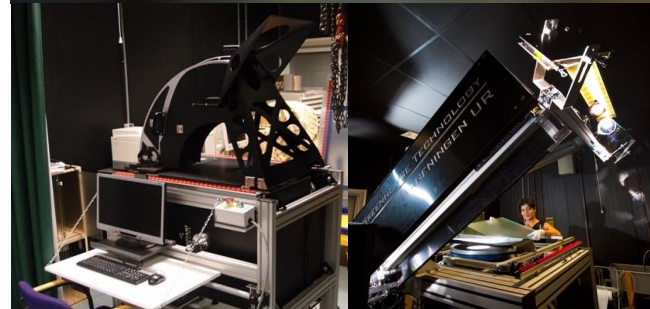
- Kwantificeren optische en fysische **eigenschappen** schermen droog en nat middels gestandaardiseerde metingen:
  - Lichttransmissie
  - Warmtestraling eigenschappen
  - Luchtdoorlatendheid
  - Vochttransport
- Objectieve **vergelijking** van schermmaterialen
- Hierdoor toeleveranciers materialen **verbeteren**
- Gebruik van een model om gemeten eigenschappen te vertalen naar totale **energiebesparing** van teelt
- Hierdoor kunnen telers weloverwogen **keuzes** maken voor materialen en gebruik

# WUR LightLab - metingen

- Optische eigenschappen van kasdekmaterialen en schermen
- R&D samen met toeleveranciers
- Ontwikkeling van nieuwe meetprotocollen
- Informatie voor toeleveranciers en telers

## NEN 2675

Greenhouse glass - Determination of optical properties of greenhouse covering materials and screens





# Energieverliezen (Dicht → Open → Zeer Open)

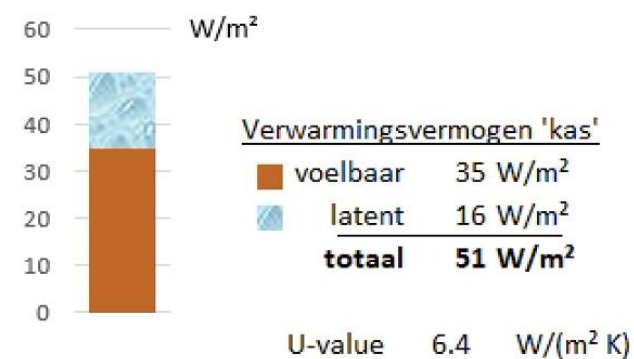
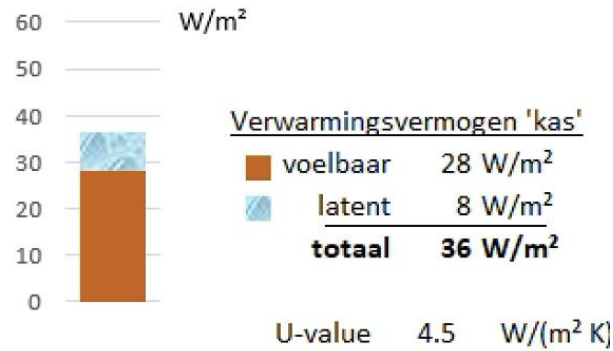
Conditie: boven scherm 10°C 60% RV, onder scherm in kas 18°C 70% RV,  
Scherm droog

Vochtdoorlatendheid:

Laag

Hoog

Zeer hoog



# Energieverliezen (Scherm Droog → Nat)

Vochtdoorlatendheid: **Laag** Droog of Nat

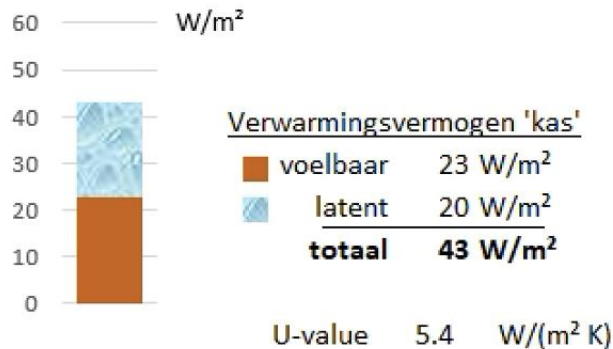
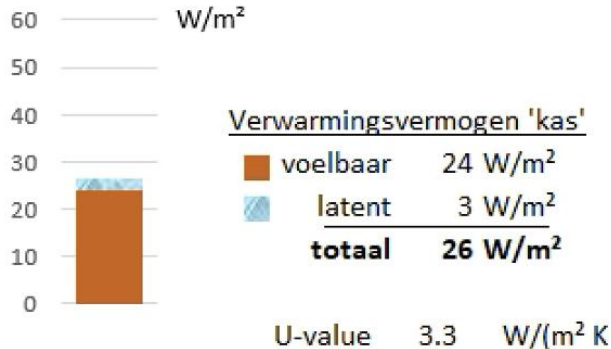
Conditie: Boven scherm 10°C 60% RV, onder scherm in kas....

18°C **70%** RV

18°C **90%** RV

Scherm droog

Scherm nat



# Energieverliezen (Kasluchttemperatuur)

Vochtdoorlatendheid: **Laag, scherm is nat** kas warm of koud

Conditie: Boven scherm 10°C 60% RV, onder scherm in kas....

**18°C** 90% RV

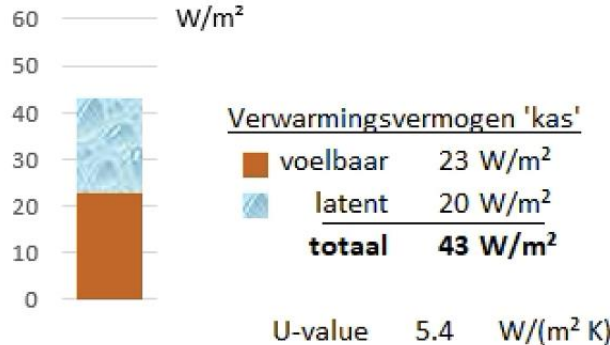
Scherf nat

**25°C** 90% RV

Scherf nat



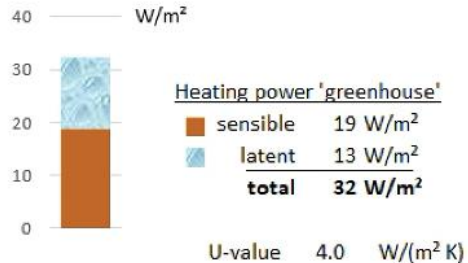
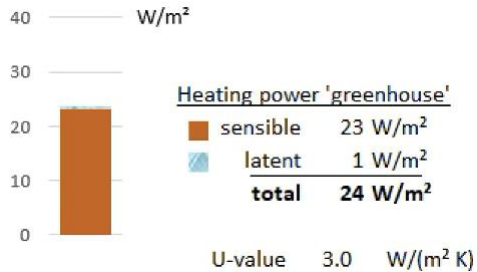
En meer lagen?  
Kas als Energiebron  
"Spouwscherf  
isoleert beter?"



# Energieverliezen (Uitstraling)

- Vochtdoorlatendheid laag (RC220), warmtestralingseigenschappen...
- transmissie hoog emissie laag

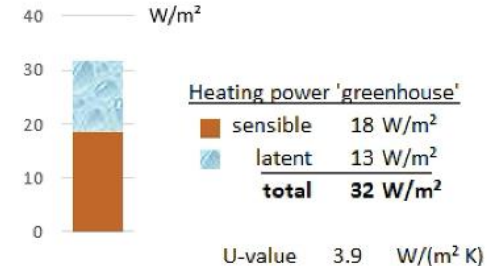
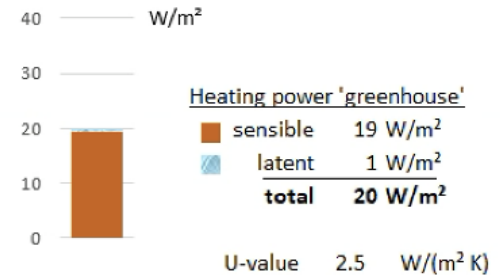
## ■ Droog

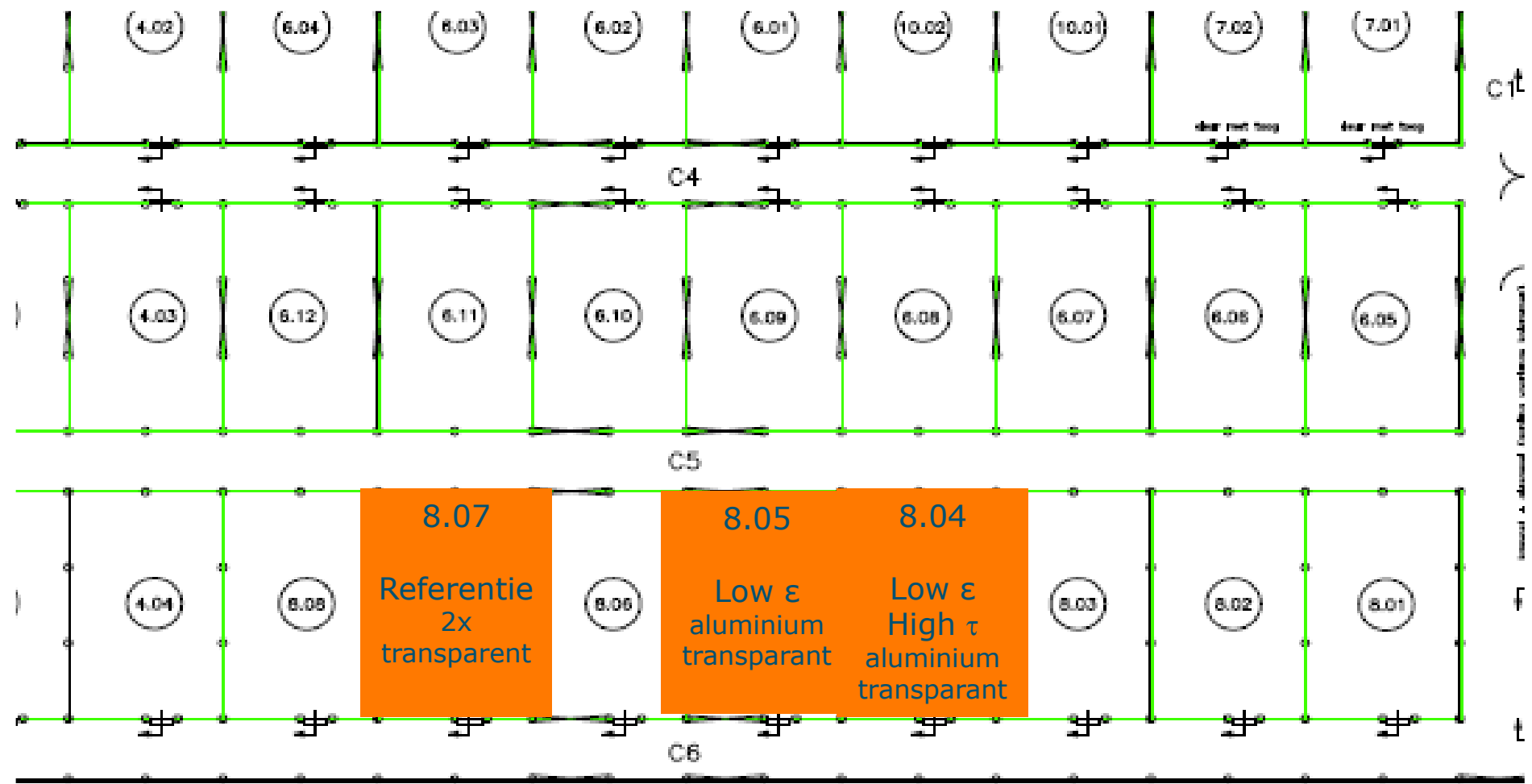


## ■ Nat



- transmissie laag emissie laag





# Doelen

- Model validatie
- Inzicht over relatie tussen scherm eigenschappen (PAR,  $\epsilon$ ), strategie (dagschermen), energie en opbrengst
- Vermindert scherm nattigheid de energiebesparing?



shutterstock.com

# Schermen – theorie DOEKEN IN KAS

8.07 Referentie

8.05 Low  $\epsilon$

8.04 Low  $\epsilon$  High  $\tau$

Referentie transparant



Low- $\epsilon$  aluminium



Low- $\epsilon$  aluminium



Referentie transparant



Low- $\epsilon$  transparant

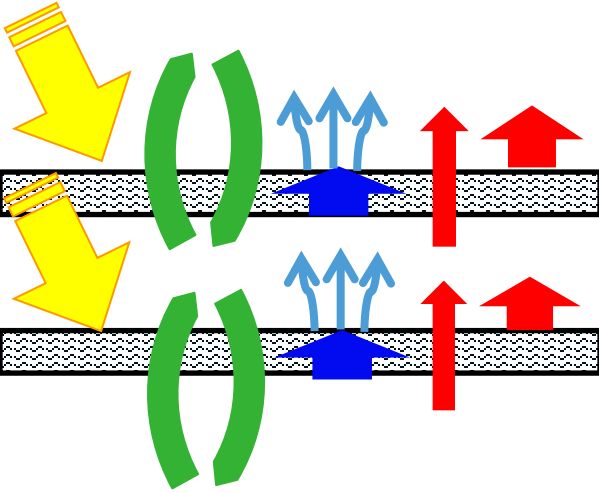


Low- $\epsilon$  High- $\tau$  transparant

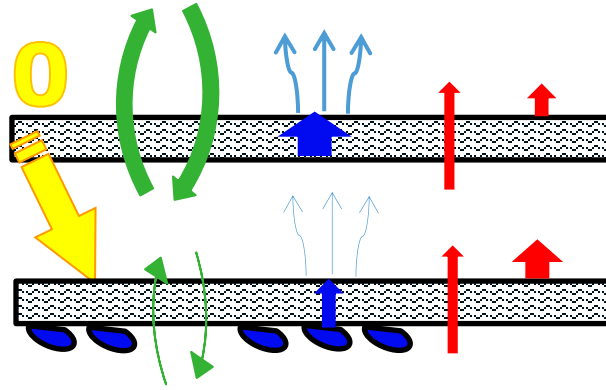


# Schermen – theorie VERWACHTING

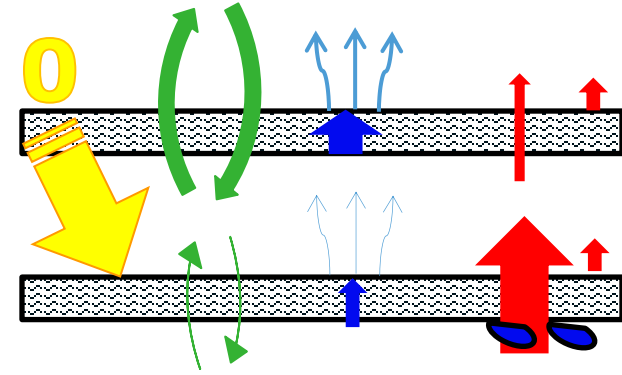
8.07 Referentie



8.05 Low  $\epsilon$



8.04 Low  $\epsilon$  High  $\tau$



Lucht permeabiliteit

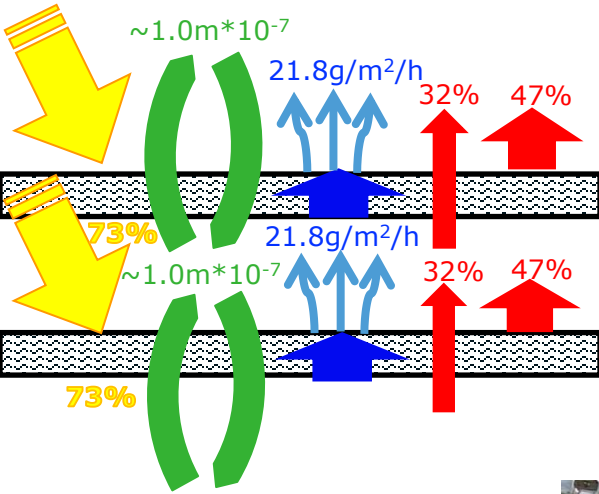
Water transport

Straling

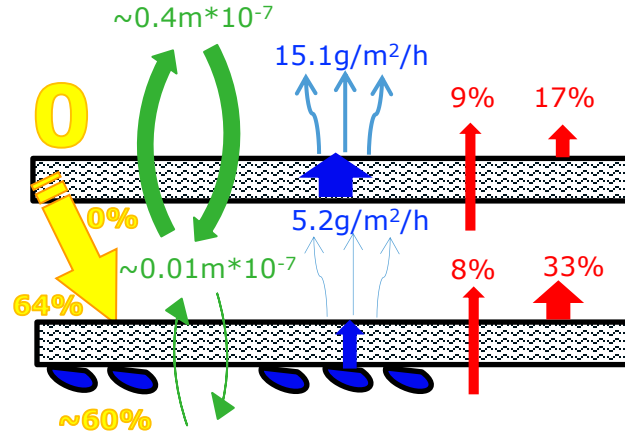


# Schermen – theorie DOEKEN in de KAS

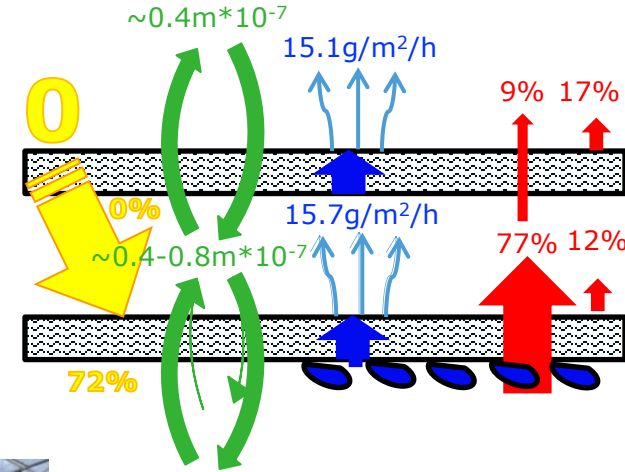
8.07 Referentie



8.05 Low  $\epsilon$

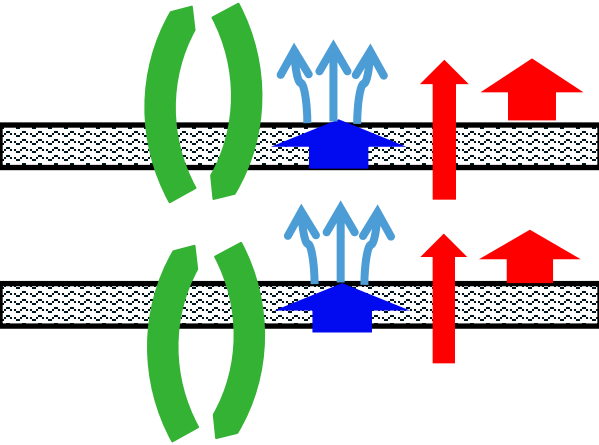


8.04 Low  $\epsilon$  High  $\tau$

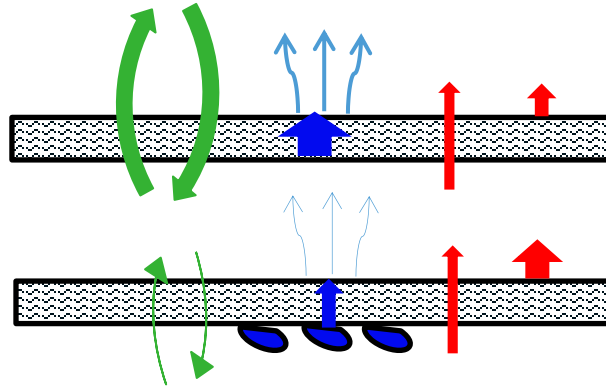


# Schermen – gebruik nacht

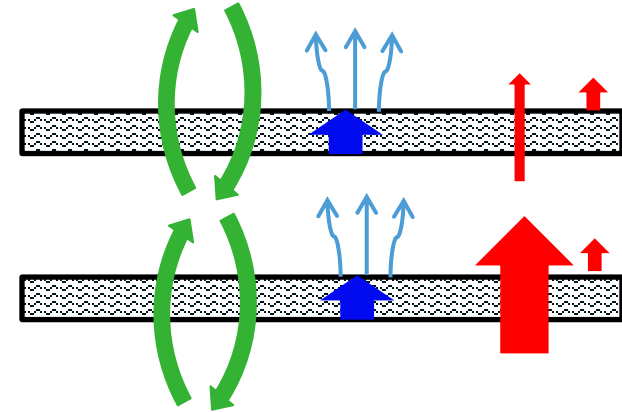
8.07 Referentie



8.05 Low  $\epsilon$



8.04 Low  $\epsilon$  High  $\tau$



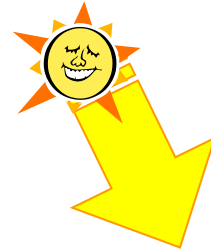
# Schermen – gebruik dag



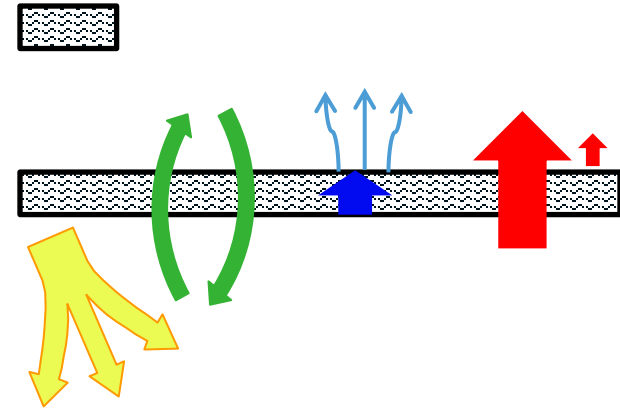
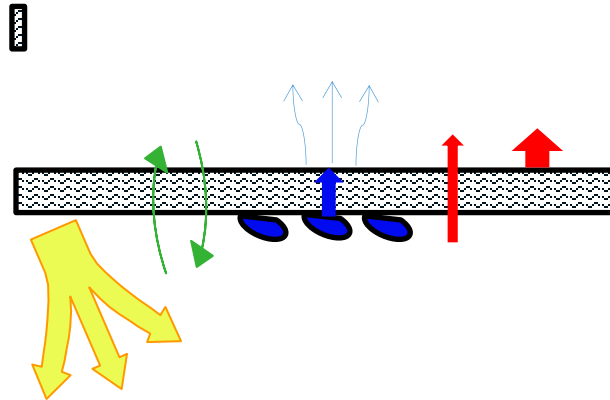
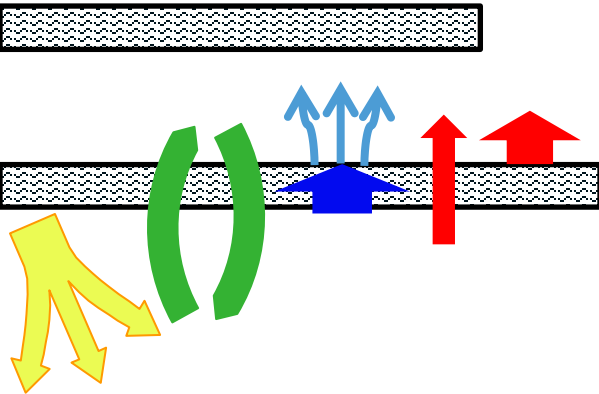
8.07 Referentie



8.05 Low  $\epsilon$

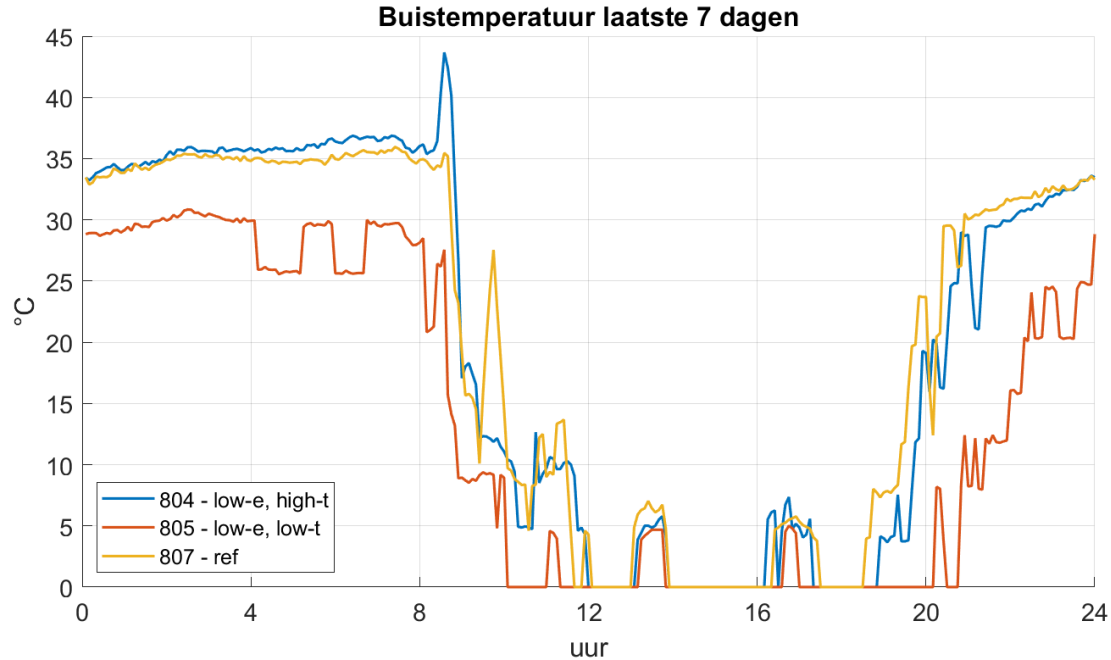


8.04 Low  $\epsilon$  High  $\tau$



PAR som gelijk

# Buistemperatuur (cyclemean 1<sup>e</sup> week maart)

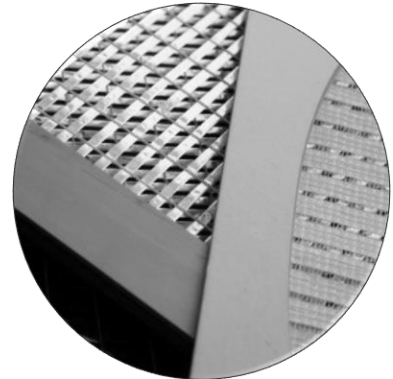


# Take home messages glas vs scherm

- Low  $\epsilon$  glas verlaagt warmtevraag met meer dan 20% (bewezen)
  - Transmissie vergelijkbaar met "standaard" glas
- Low  $\epsilon$  scherm verlaagt warmtevraag ook % is nog onbekend
  - Transmissie mag nog verbeterd worden, nu nog prototype
  - Gewas (paprika) lijkt wat meer verschillen te laten zien (prematuur)
- Kosten bepalen uiteindelijk de toepassingsmogelijkheden van deze techniek

# Take home messages schermeigenschappen

- Energiebesparing enkel scherm  $\sim 25-30\%$  (vergeleken met geen scherm)
- Energiebesparing optimale schermeigenschappen plus  $\sim 10-15\%$   
= lage lucht/vochtdoorlatendheid, hoge reflectie warmtestraling
- Hoger RV setpoint plus  $\sim 35-40\%$  (80% naar 90% RV)  
afhankelijk van verdampingsniveau gewas/vochtproductie
- Dubbel/triple schermen plus  $\sim 15-20\%$  (vergeleken met enkel scherm)
  - **verhoog RV, maak meer schermuren**
  - **kies voor scherm met betere eigenschappen**
  - **kies voor meer dan 1 scherm**
  - **zorg voor goede afdichting installatie**



# Bedankt!



**KAS ALS  
ENERGIEBRON**



Ministerie van Landbouw, Visserij,  
Voedselzekerheid en Natuur

**Kijk | Kennis in je Kas**  
VOOR EEN DUURZAME VOORSPRONG

