

De (semi-)gesloten kas

Koelen, Ontvochtigen, Bevochtigen, Luchtbeweging

Peter van Weel, Wageningen UR Glastuinbouw



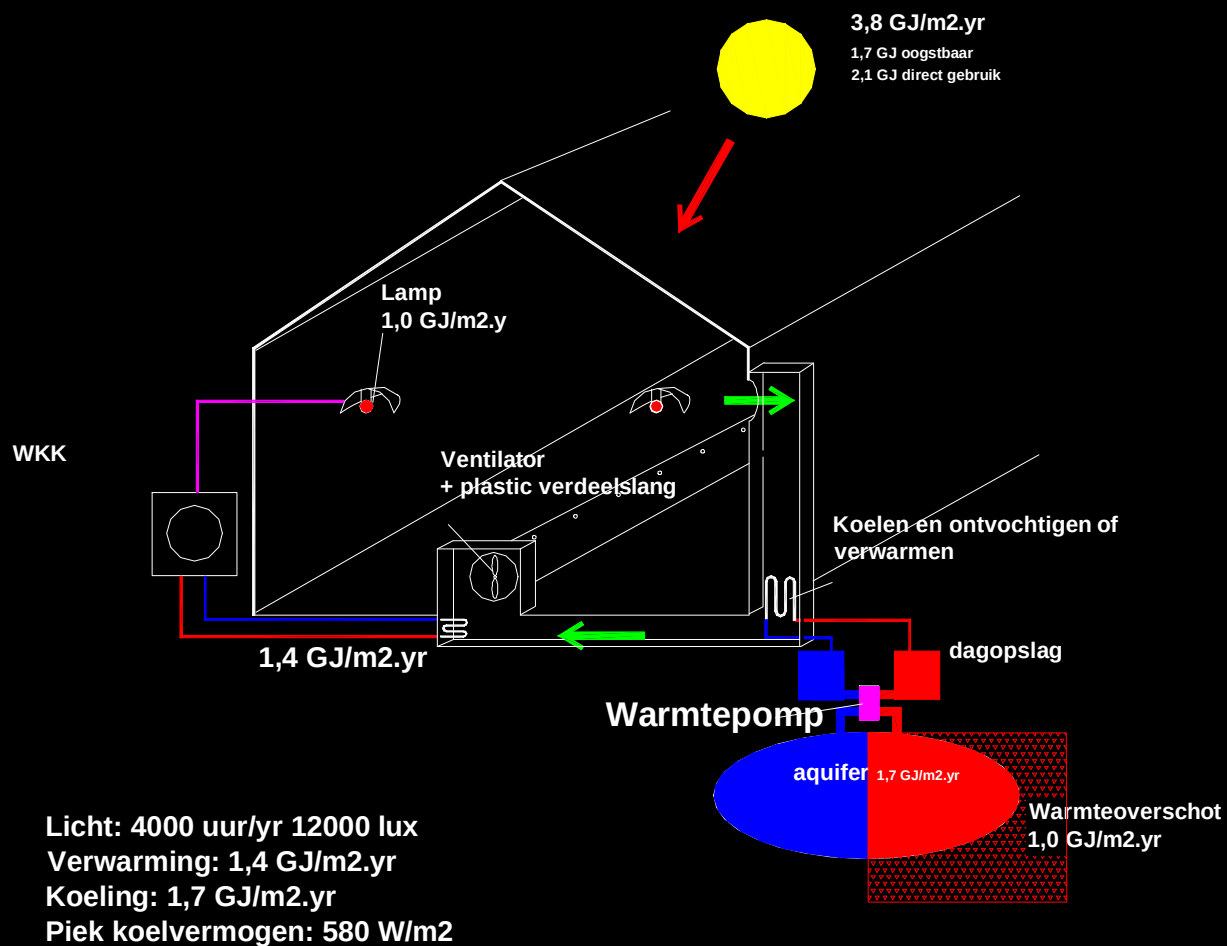
Waarom?

- a) Energiebesparing
 - 1. Zonnewarmte oogsten
 - 2. Minder ventileren
 - 3. Meer (energie)schermen
- b) Stress verminderen overdag
- c) Hogere CO₂ concentratie handhaven
- d) Temperatuur dagsom verlagen
- e) RV verlagen in de nacht

a) Energiebesparing: Gesloten kas

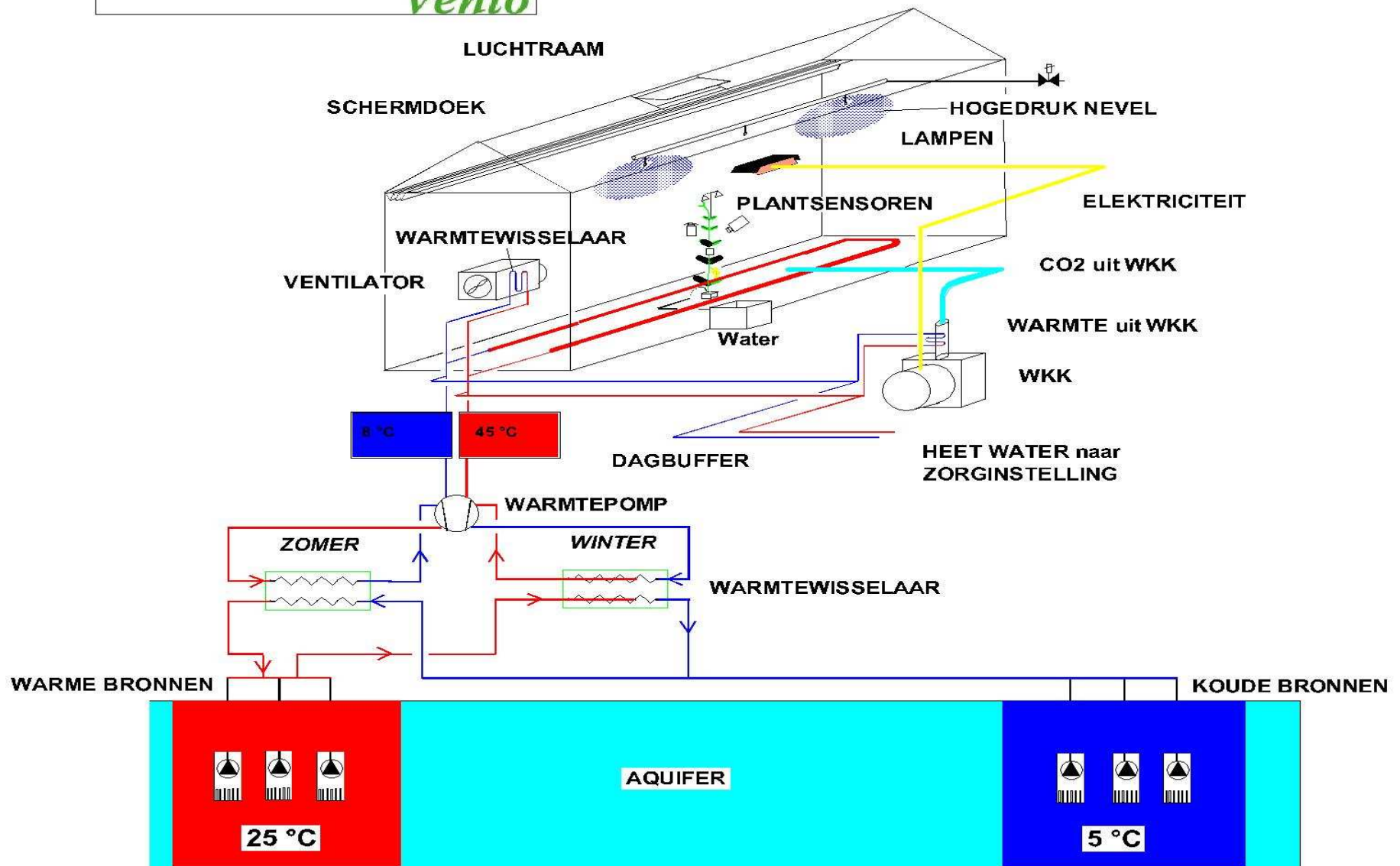
- Tweemaal jaarverbruik oogsten (350-700 W/m²)
- Teeltcondities verbeteren
 - Hoge investering van €50-100/m² → lange terugverdientijd
 - Hoog stroomverbruik van € 2,50-4,00/m²
 - 35-50% energiebesparing
 - Staat energiebesparende maatregelen en belichting in de weg

Gesloten kas



a) Energiebesparing: Semi-gesloten kas

- Eigen warmteverbruik oogsten (200 W/m²)
- of alleen teeltcondities verbeteren (50-200 W/m²)
 - Lagere investering van €5-40/m²
 - 20-50% energiebesparing
 - Goed te combineren met hoge isolatiewaarden en minimale ventilatie
 - Te combineren met belichting

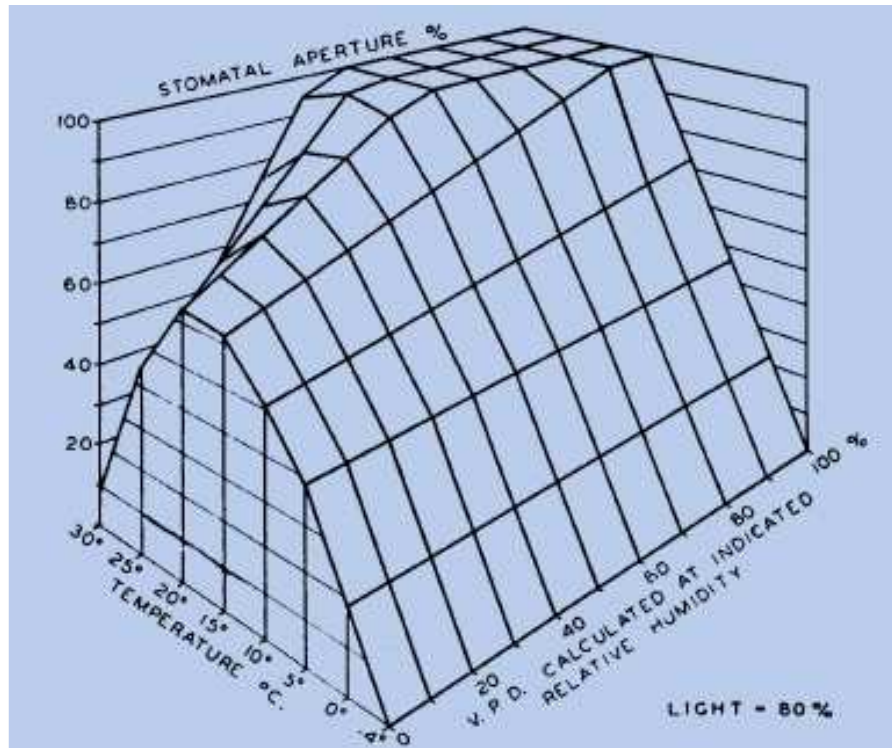


b) Stress verminderen overdag

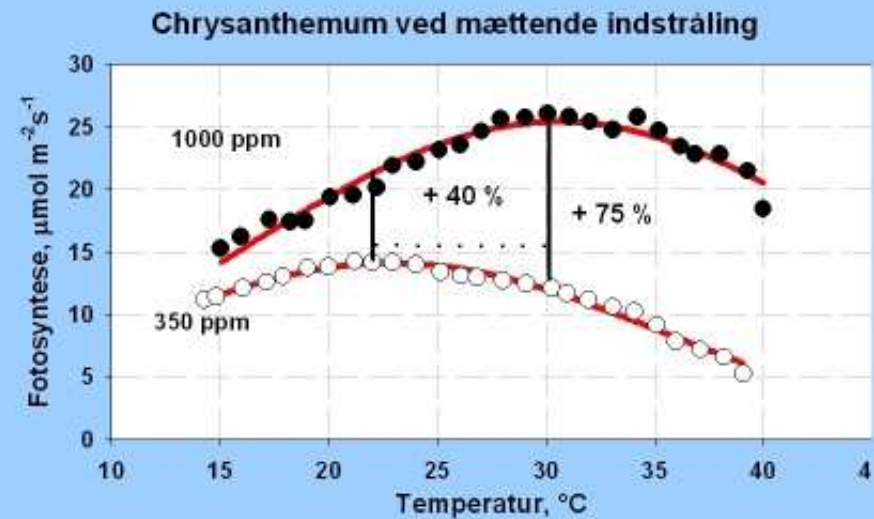
■ Wat is stress?

- Te hoge blad of kasttemperatuur, leidend tot slechte groei of bladverbranding?
- OF:
- Celverdroging door slechte waterbalans leidend tot lagere fotosynthese?

Optimale Temperaturen?

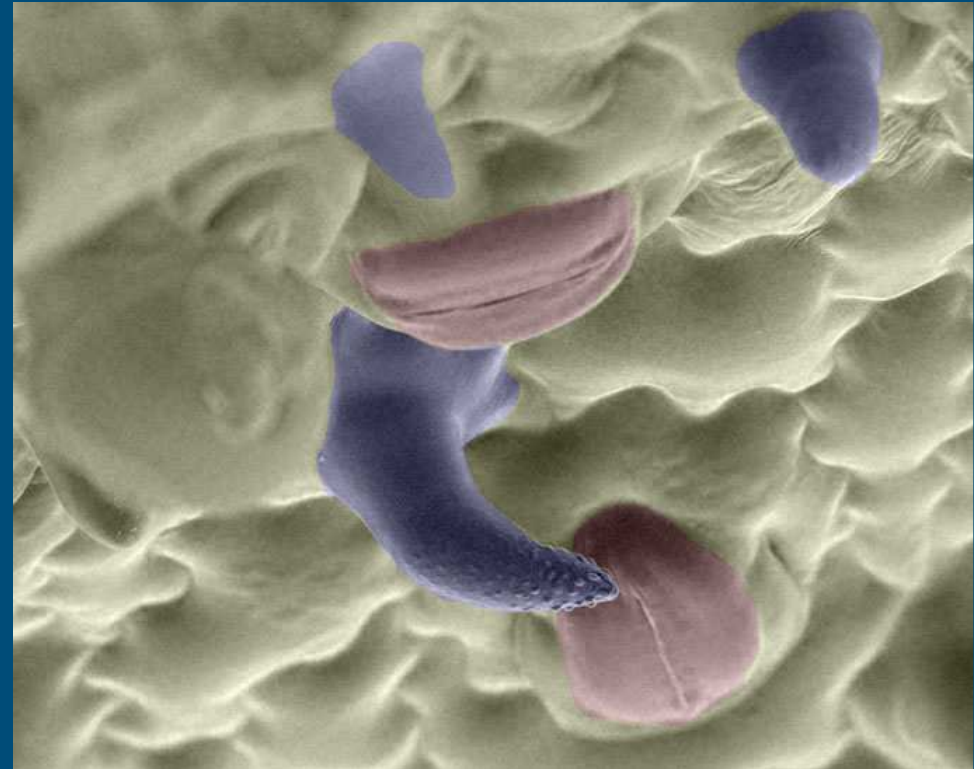


Fotosyntese, temperatur og CO₂



Huidmondjes spelen een belangrijke rol

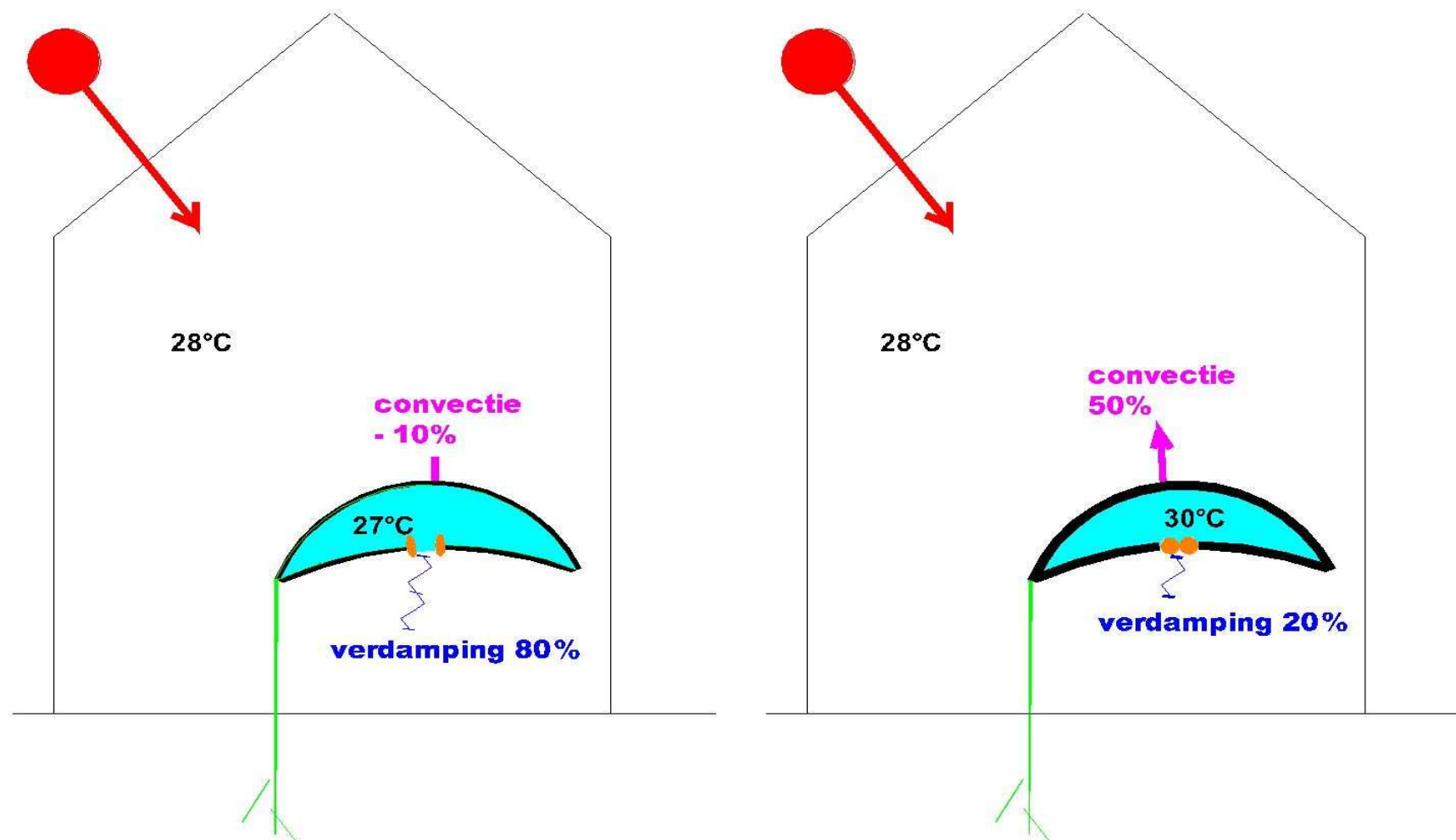
- Regelen de koeling van een blad via verdamping en beschermen tegen uitdroging
- Regelen de toevoer van CO_2 en de afvoer van O_2



Een huidmondje is een actief regelorgaan

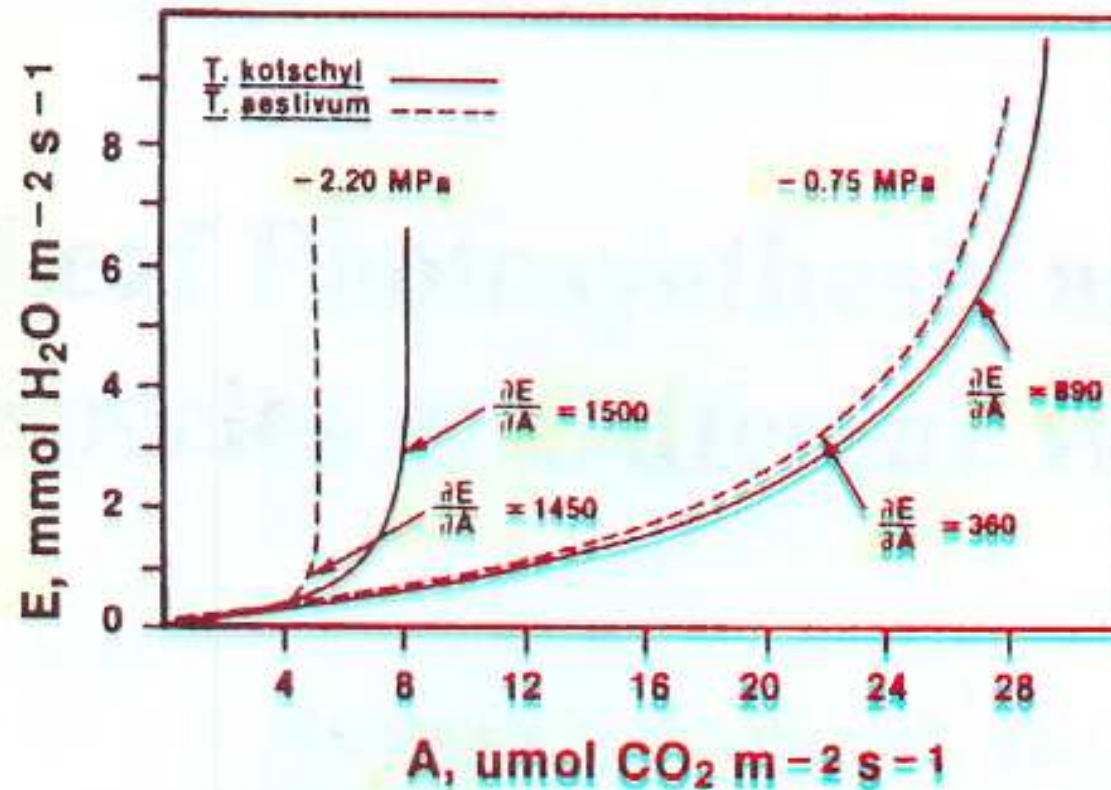
- De verhouding tussen warmteafvoer via verdamping en via convection wordt door het huidmondje bepaald
- Verdamping wordt voor 95% bepaald door energietoevoer en niet door VPD
- VPD is vooral een gevolg van de stand van het huidmondje
- Regelen op VPD of op RV is gevaarlijk: kan leiden tot sluiting huidmondjes

Hoe raakt een blad zijn energie kwijt?



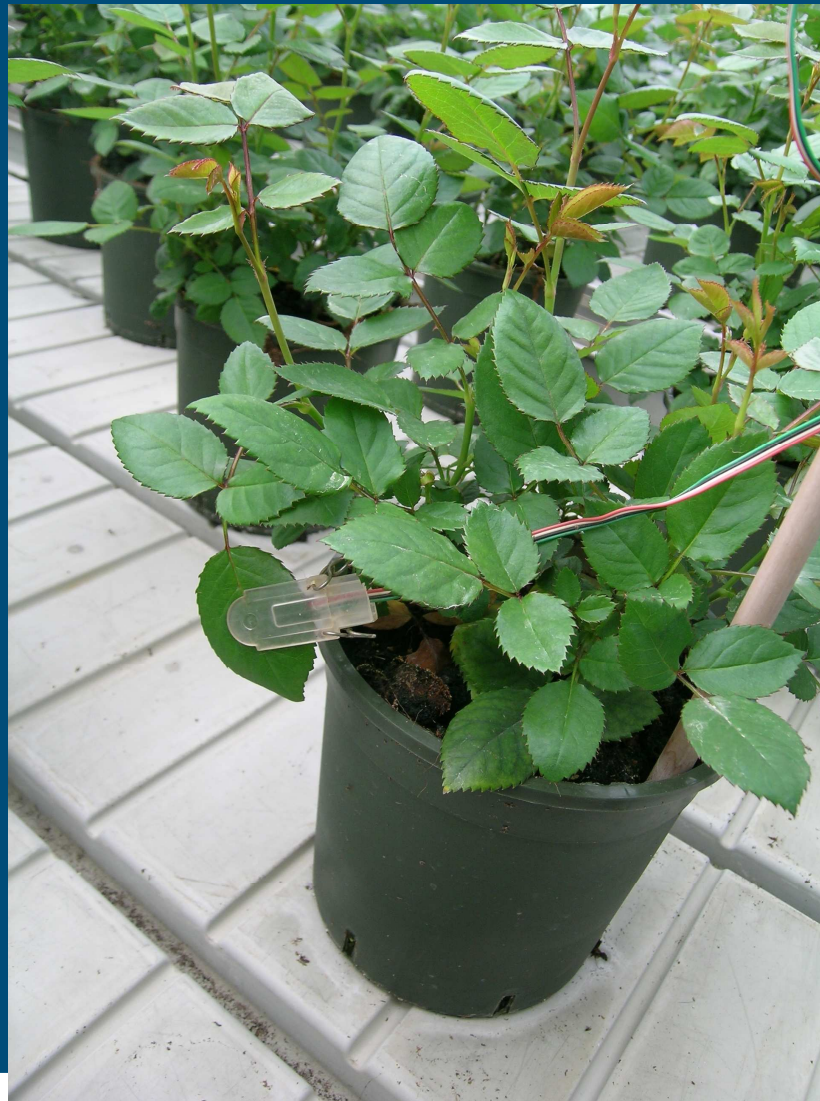
WAGENINGENUR

For quality of life



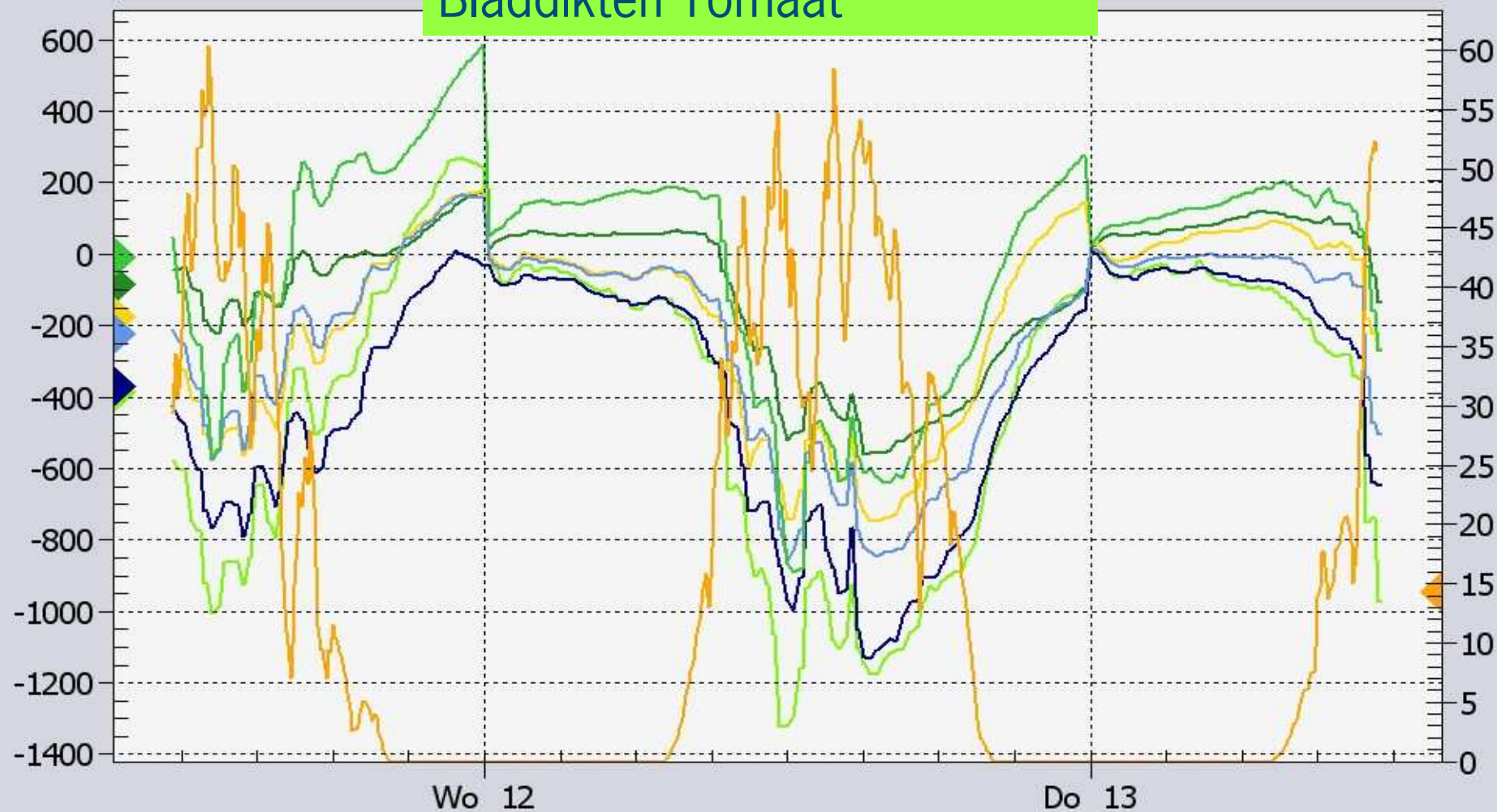
Relatie tussen fotosynthese (A) en verdamping (E) bij een vochtig blad ($-0,75$ MPa) en bij een droog blad ($-2,2$ MPa), bij 350 ppm CO_2
(bij twee verschillende weerstanden van het huidmondje)

Waterstatus kan worden gemeten met bladdiktesensor en gebruikt als controlemiddel



<<

Bladdikten Tomaat



Sep 2007

www.hoogendoorn.nl

	Kleur	Naam en eenheid
1	■	#: LA1 delta midnight
2	■	#: LA2 delta midnight
3	■	#: LA3 delta midnight
4	■	#: LA4 delta midnight
5	■	#: LA5 delta midnight
6	■	#: LA6 delta midnight
7	■	straling: meting - W/m²: Gr 1

	Fact	As	Min	Max	Gem	Leeslijn
1	<	-1,324.3	267.8	-383.8	-320,3	
1	<	-1,131.3	8.3	-370.3	-446,8	
1	<	-558.5	174.3	-84.5	-12,8	
1	<	-748.5	180.0	-176.2	-200,0	
1	<	-856.8	165.8	-223.8	-159,3	
1	<	-888.8	588.5	-7.5	179,5	
0.1	>	0.0	60.4	14.3	9,9	

Vorige

Volgende

Problemen verdamping

- Als de verdamping te laag wordt:
 - Stijgt de bladtemperatuur en beschadigen boven 40 °C de eiwitten.
- Als de verdamping te hoog wordt:
 - Kan de wateraanvoer vanuit de wortels of vanuit de slecht ontwikkelde vaten in de bovenste bladeren tekort schieten en tot verdroging leiden.
 - Sluiten de huidmondjes en daalt de fotosynthese

Mechanische koeling

- Door de kaslucht van bovenaf actief te koelen zakt de temperatuur rondom de plant en koelt het blad en het groeipunt.
- Daardoor zakt de bladtemperatuur en is er meer CO₂ beschikbaar. De verdamping zal echter gelijk blijven of zelfs stijgen doordat de zonne-energie eerst op het blad komt en er bovendien extra luchtbeweging is.
- Wordt er van onder uit gekoeld dan ontstaat een slecht verticaal temperatuur profiel.
- Met de koelinstallatie zal actief worden ontvochtigd.
- Oppassen dat door de extra luchtbeweging en de lagere RV de verdamping niet zo hoog oploopt dat de huidmondjes sluiten.

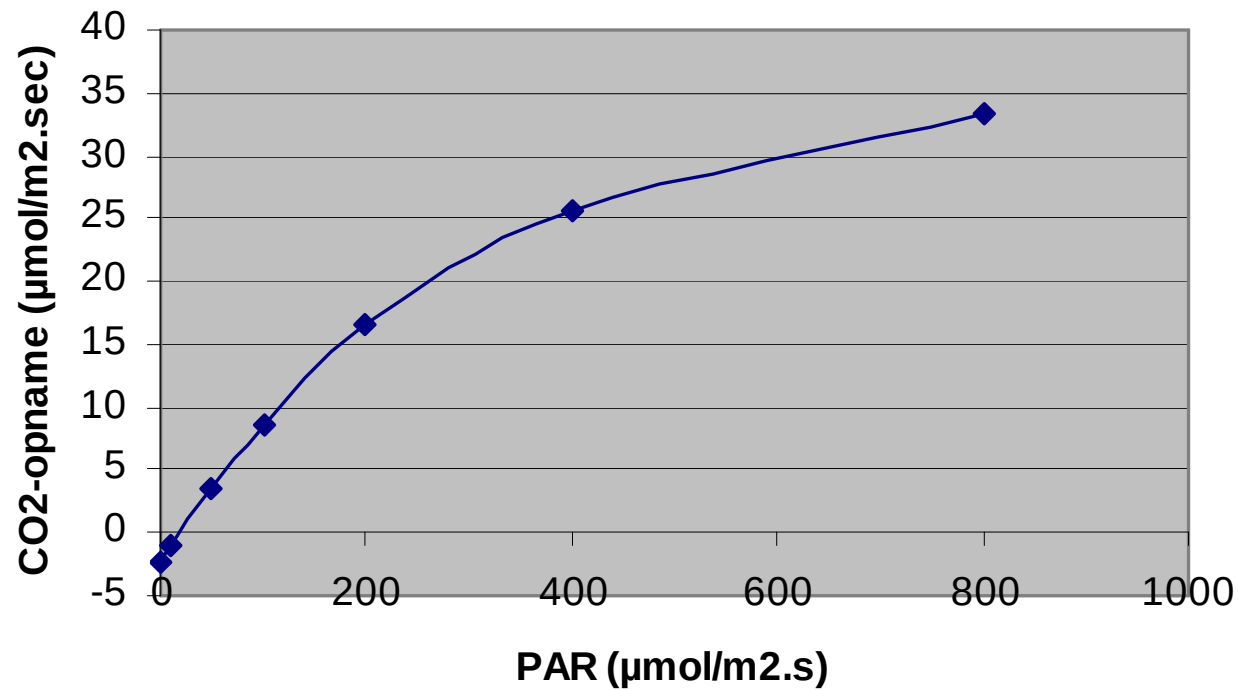
Verneveling

- In combinatie met een hoge ventilatie zakt de luchttemperatuur 3 tot 4 graden, maar de CO₂ concentratie blijft laag. De bladtemperatuur zal iets zakken mits de huidmondjes open blijven. Sluiten ze dan zal de bladtemperatuur sterk oplopen.
- In combinatie met extra sluiten van luchtramen blijft de luchttemperatuur gelijk terwijl de CO₂ concentratie stijgt. De bladtemperatuur zal iets stijgen door de iets lagere verdamping. De huidmondjes blijven langer open.

c) Overdag hogere CO₂ concentratie handhaven

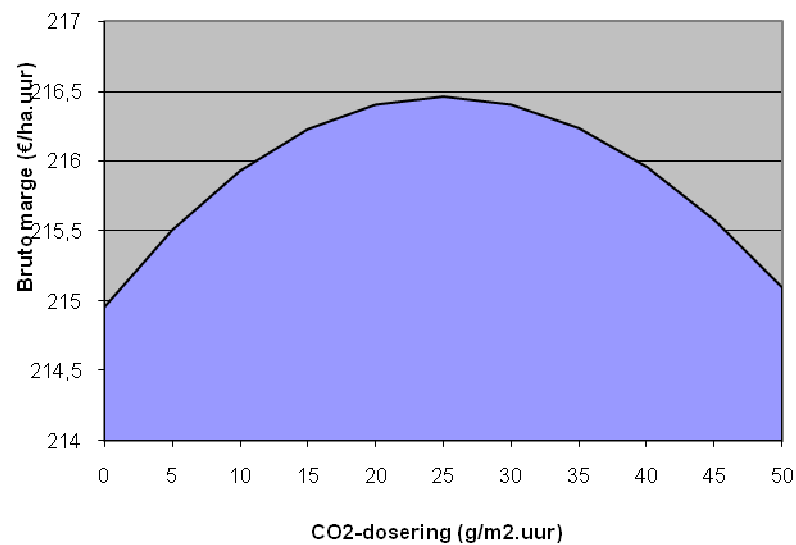
- Bij veel licht zou er veel CO₂ in de kas moeten zijn.
- Maar door de hoge ventilatieverliezen verdwijnt er juist veel CO₂
- Zijn die ventilatieverliezen te verminderen?

Licht en CO₂ horen bij elkaar

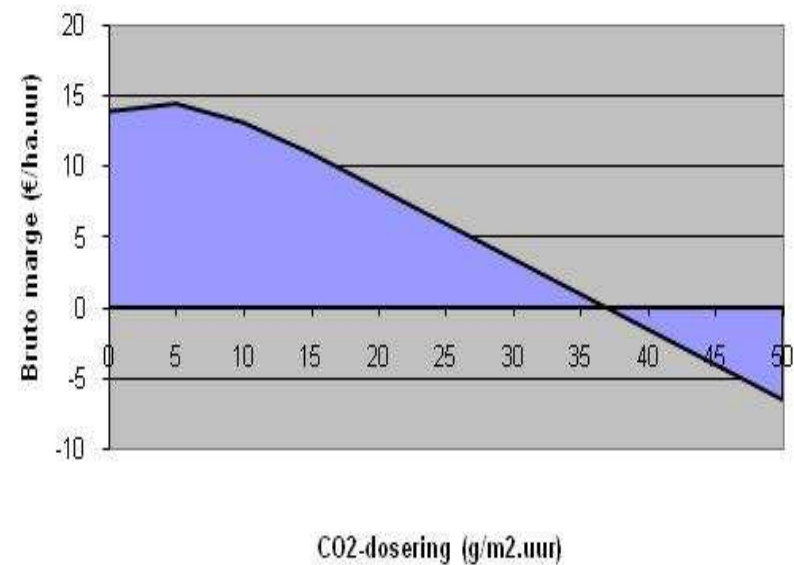


Opbrengst minus kosten

1000 W/m²



100 W/m²



CO₂ opbrengsten in beeld brengen!

- Weeggoot
- Lengteontwikkeling
- Kiloproductie
- Uitzetten tegen sommen aan licht, temperatuur en CO₂

Mogelijkheden om de ventilatie te beperken

■ Koelen

- Geïnstalleerd vermogen bepaalt de ventilatiewinst en de haalbare verlaging van de planttemperatuur. Kosten hoog

■ Vernevelen

- Verhoogt de warmte-inhoud van een m³ kaslucht en beperkt de verdamping met maximaal 15%, waardoor hogere planttemperatuur. Kosten laag

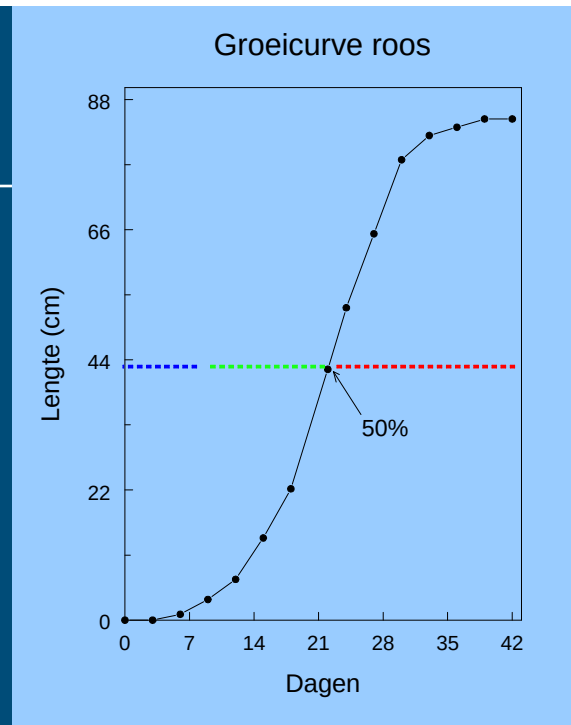
■ Schermen

- Het is de vraag wat het netto effect is. Lagere planttemperatuur, maar geen lagere luchttemperatuur. Maar ook minder licht. En ventilatieverlies CO₂?

d) Temperatuur dagsom verlagen

- Veel processen zijn gebonden aan een temperatuursom.
 - Bijvoorbeeld lengteontwikkeling is gebonden aan graaddagen.
 - Binnen die graaddagen bepaalt de lichtsom de kwaliteit.
- Dus kwaliteit haal je door bij een bepaalde lichtsom te letten op de graaddagen (of bij te belichten)

Teeltstrategie Roos



Ontwikkelingstijd/fase

- 1. Uitloop 200 °d
- 2. Knopvorming 260 °d
- 3. Rijping 400 °d
- Totaal 850-900 °d

Teeltduur/omstandigheden

- 8 d 25°, 4 kLux
- 12 dagen 21°, 4-10 kLux
- 15 dagen 20°, 10 kLux
- 35 dagen

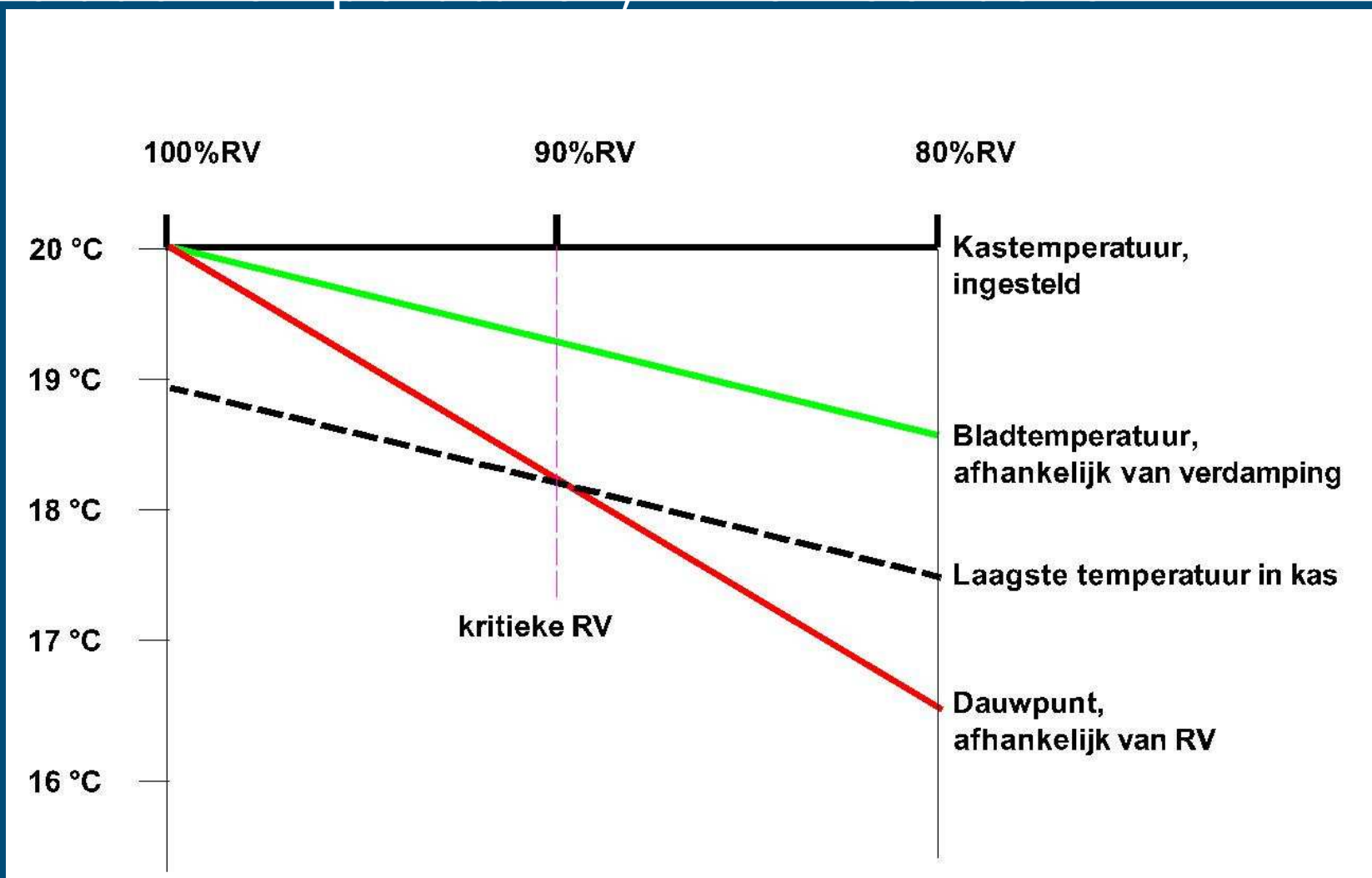
Koelen bij voorkeur in de nacht?

- In de nacht koelen is veel goedkoper en eenvoudiger dan overdag
 - Koelen met scherm dicht, 50 W/m² geeft al veel effect
 - Dakberegening of hogedruk nevel gebruiken om 's avonds snel af te koelen
 - Maar wat is de optimale temperatuur voor de verwerking van de assimilaten?

e) RV verlagen in de nacht

- RV leidt op zich niet tot botrytis, daarvoor zijn celbeschadigingen nodig
- Het is vooral condens die tot botrytisgroei leidt.
 - Condens ontstaat door temperatuurverschillen in de kas, meestal op plantonderdelen met meer massa die na-ijlen
- Botrytis kan het beste worden vermeden door:
 - Voorkomen verticale temp verschillen door luchtbeweging
 - Ontvochtigen aan kasdek
 - Ventileren met buitenlucht

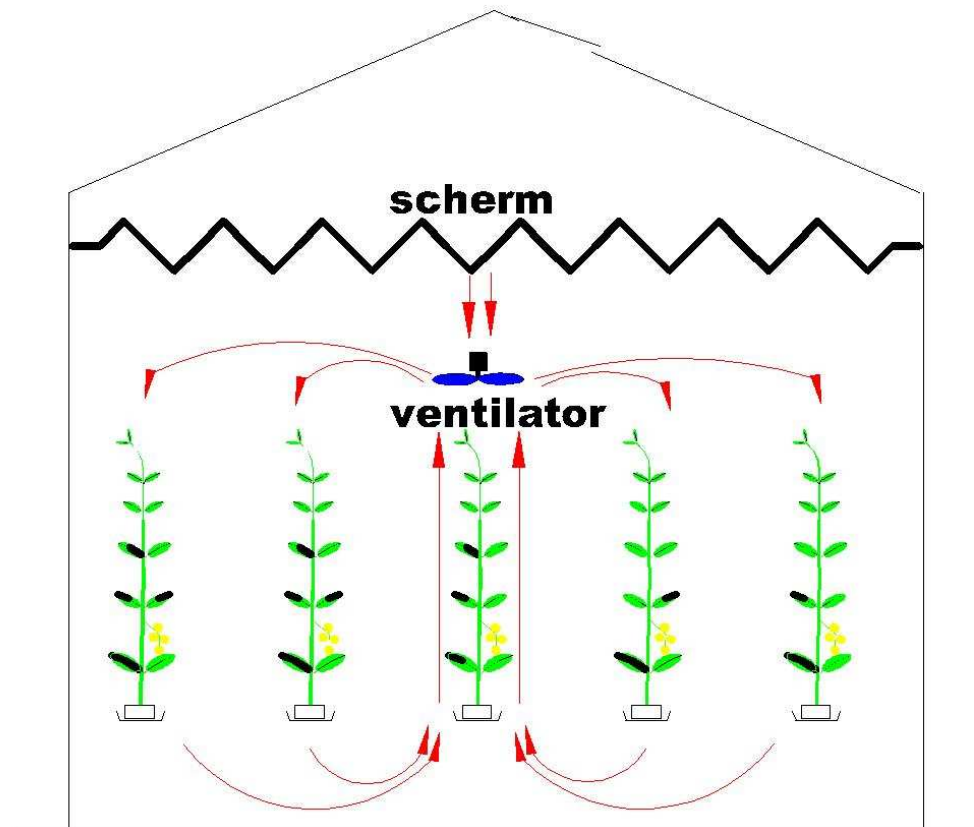
Relatie Temperaturen, RV en Condens



Verticale temperatuurverschillen voorkomen

- Verticale luchtbeweging werkt effectief op het voorkomen van koude vruchten of stengels, ook tijdens het opentrekken van scherm. Daardoor kan zwaarder en langer geïsoleerd worden.
- Ook kouval door kieren in het schermdoek kan effectief worden bestreden doordat een goede menging mogelijk is.

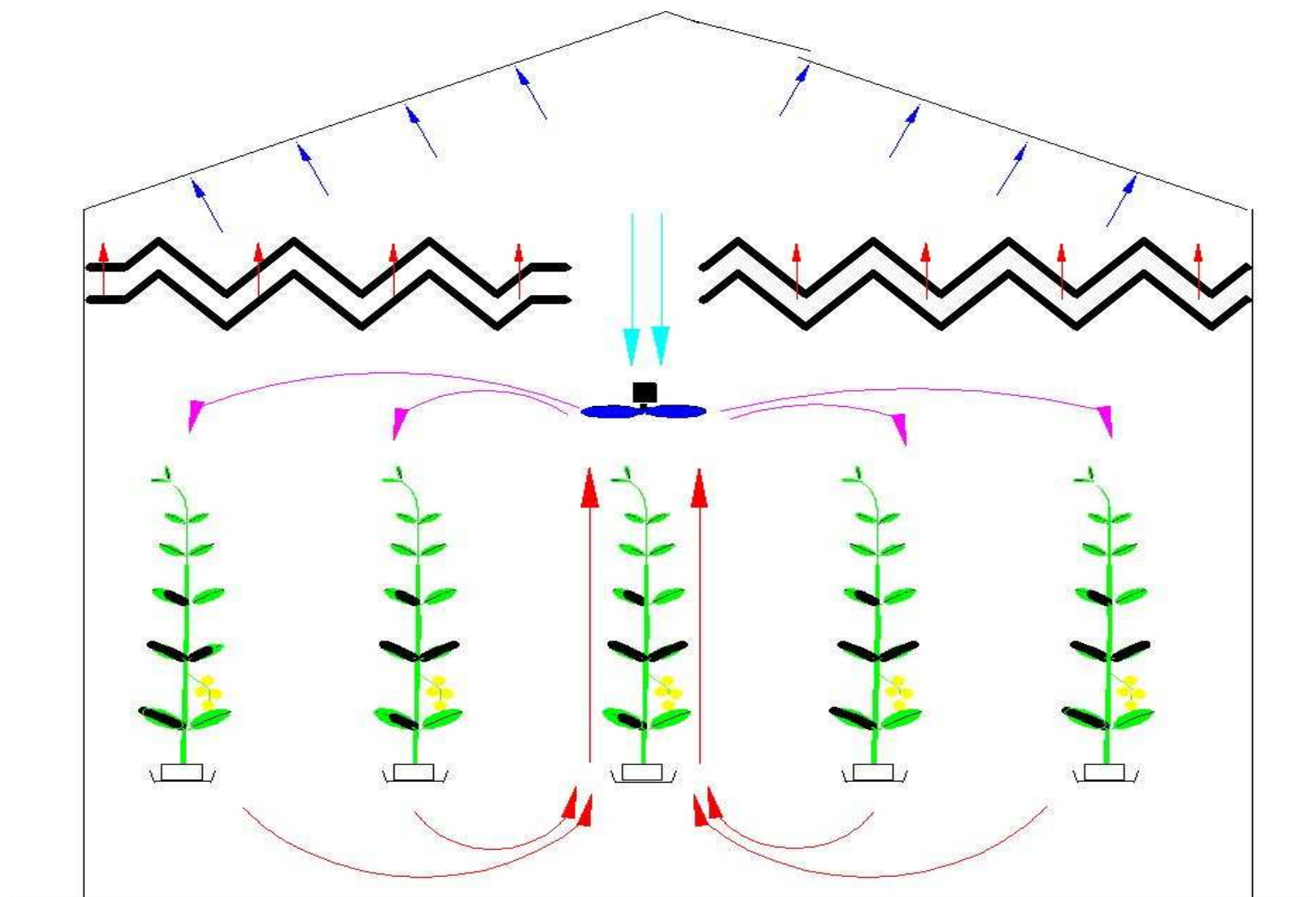
Verticale ventilator, Aircobreeze



Verticale luchtbeweging combineren met kier

- Door het schermdoek te sluiten wordt het kasdek kouder en kan dit gebruikt worden om te ontvochtigen.
- Door via een kier of een regelbare opening lucht aan te zuigen van boven het scherm en te mengen met de kaslucht wordt kouval vermeden en zal de vochtige kaslucht door het doek worden geperst.

Stuurbare ventilatie zonder kouval



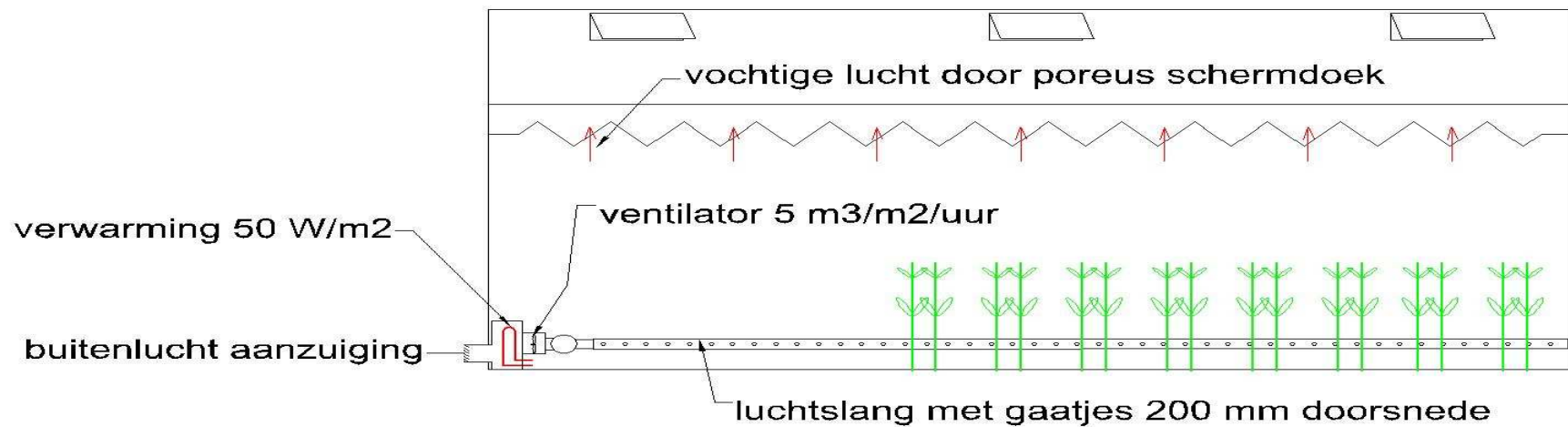
Verticale luchtbeweging

- Een permanente kleine luchtstroom kan een dood klimaat onderin het gewas voorkomen. Daarmee zal de gasuitwisseling rondom het blad verbeteren.
- Als die luchtstroom gebaseerd is op een versterking van natuurlijke stromingen kost dat relatief weinig elektriciteit.
- Eén ventilator per 200-250 m².
- Lage uniforme luchtsnelheden van 5 cm/sec.
- Laag stroomverbruik van 1W/m².

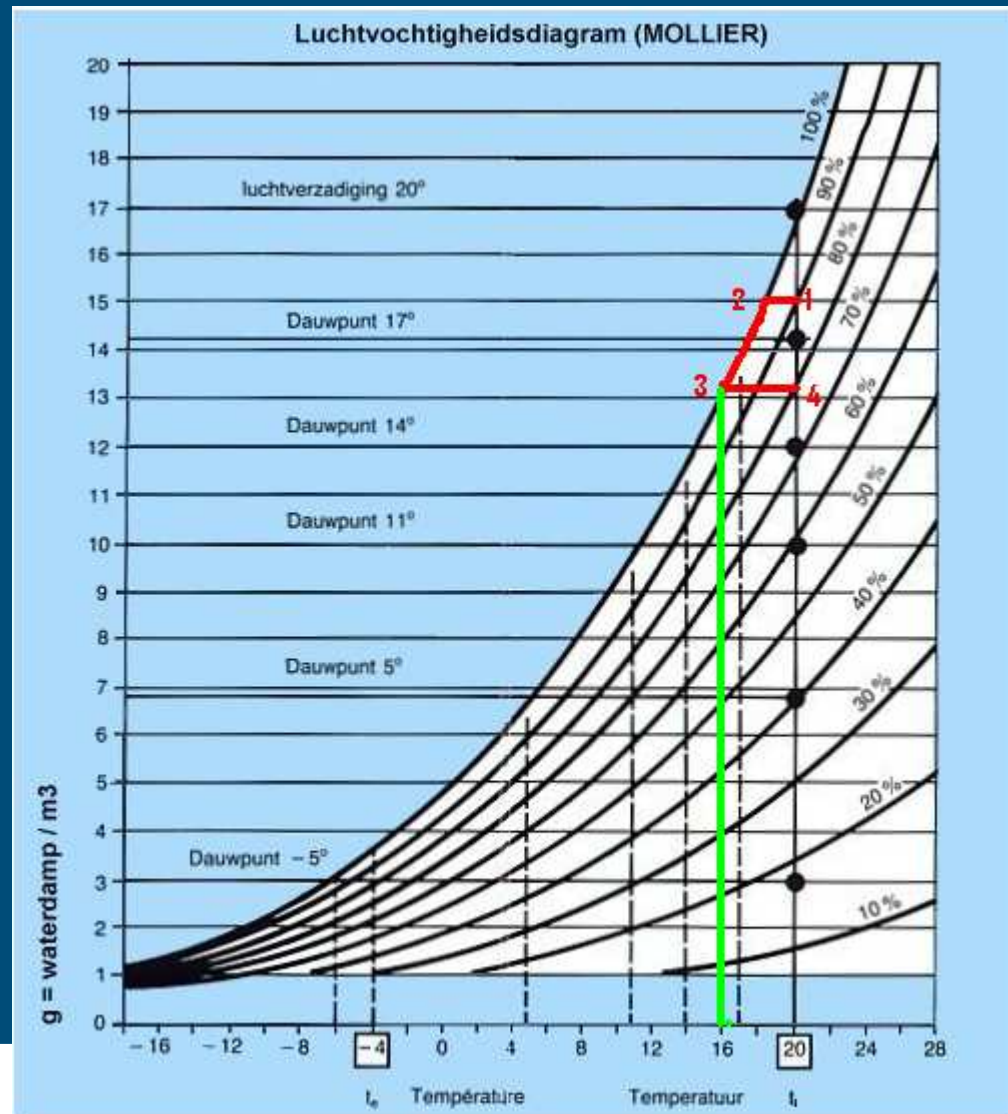
Ventileren met buitenlucht

- Een groot deel van het jaar bevat buitenlucht minder grammen vocht per m³ dan kaslucht, zelfs als het regent.
- Opwarmen van droge lucht kost minder energie dan opwarmen van vochtige lucht.
- Kouval kan worden voorkomen door met een gesloten scherm te ventileren.

Ventileren met buitenlucht met opwarming



Ontvochtigen?



Eerst afkoelen naar 16 graden

Ingevoerde gegevens:

	Punt 1	Punt 2	
Temperatuur:	20	16	gr.C
Relatieve vochtigheid:	90	100	%

Berekeningsresultaat:

	Punt 1	Punt 2	Vershil	
Dampspanning:	21	18.2	-2.8	mBar
Absolute vochtgehalte:	13.2	11.4	-1.8	gr/kg droge lucht
Enthalpie:	53.2	44.6	-8.6	kJ/kg
Dichtheid:	1.18	1.2	0.02	kg/m3
Natte bol temperatuur:	18.8	15.9	-2.9	gr.C

Daarna weer opwarmen naar 20 graden

Ingevoerde gegevens:

	Punt 1	Punt 2	
Temperatuur:	16	20	gr.C
Relatieve vochtigheid:	100	80	%

Berekeningsresultaat:

	Punt 1	Punt 2	Vershil	
Dampspanning:	18.2	18.7	0.5	mBar
Absolute vochtgehalte:	11.4	11.7	0.3	gr/kg droge lucht
Enthalpie:	44.6	49.5	4.9	kJ/kg
Dichtheid:	1.2	1.18	-0.02	kg/m3
Natte bol temperatuur:	15.9	17.6	1.7	gr.C

Toegevoerde energie: $4,9 + 8,6 = 13,5$ kJ/kg

Ventileren met buitenlucht van 10 graden 80% RV

Ingevoerde gegevens:

	Punt 1	Punt 2	
Temperatuur:	10	20	gr.C
Relatieve vochtigheid:	80	42	%

Berekeningsresultaat:

	Punt 1	Punt 2	Vershil	
Dampspanning:	9.8	9.8	0	mBar
Absolute vochtgehalte:	6.1	6.1	0	gr/kg droge lucht
Enthalpie:	25.3	35.6	10.3	kJ/kg
Dichtheid:	1.23	1.18	-0.05	kg/m3
Natte bol temperatuur:	8.2	12.6	4.4	gr.C

Toegevoerde energie: 10,3 kJ/kg

Koelen in de praktijk

- Ontvochtigen alleen doen wanneer strikt noodzakelijk en dan bij voorkeur door ventileren.
- Koude lucht van bovenaf verdelen vraagt om een klein temperatuurverschil tussen kaslucht en warmtewisselaar in combinatie met een groot volume verplaatste lucht.
- Dat laatste kan het meest efficiënt worden uitgevoerd met een lokaal geplaatste ventilator en niet met een centraal geplaatste ventilator met verdeelslang.
- Verneveling is alleen een (zeer efficiënte) vorm van koeling wanneer gecombineerd met een hoge ventilatie. Omdat dan veel CO₂ verloren gaat is dat echter niet aan te bevelen.
- Verneveling met lage ventilatie kan 10% meer productie opleveren.

Wageningen UR Glastuinbouw

Innovaties vóór en mét de glastuinbouw

© Wageningen UR

