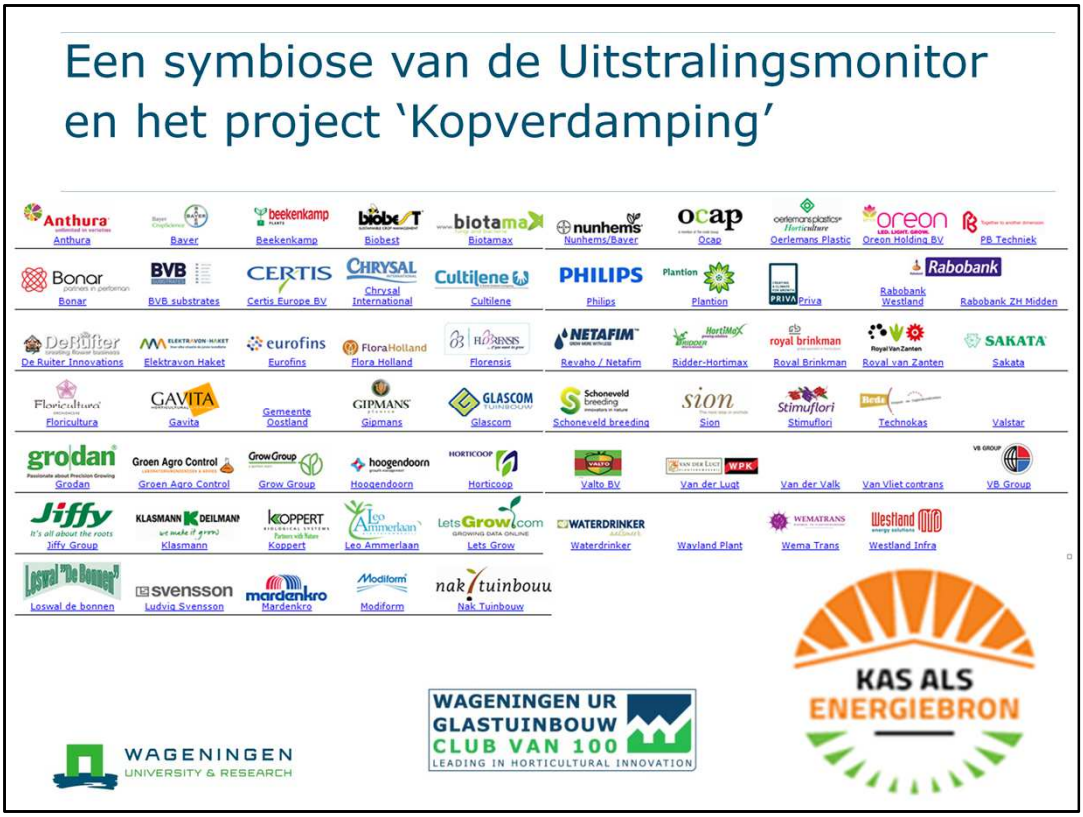


Goede middag,

Ik ben Feije de Zwart en mij is gevraagd om vanmiddag te vertellen over de resultaten uit het project “Verdamping bij de kop”.
Wat doet dan die “Uitstralingsmonitor” in de titel, zult u nu misschien zeggen.
Een terechte vraag, maar na deze presentatie zult u het hopelijk met mij eens zijn dat de uitstraling bij de kop van het gewas alles te maken heeft met uitstraling.
Dat was namelijk de conclusie uit het project “Verdamping bij de kop”. Een project wat iets heel anders heeft opgeleverd dan waarvoor het project in eerste instantie bedoeld was. Dat gebeurt soms in onderzoek en misschien kan ik zelfs stellen dat wat we hebben gevonden waardevoller was dan het antwoord op de vraag waarmee we van start gingen.

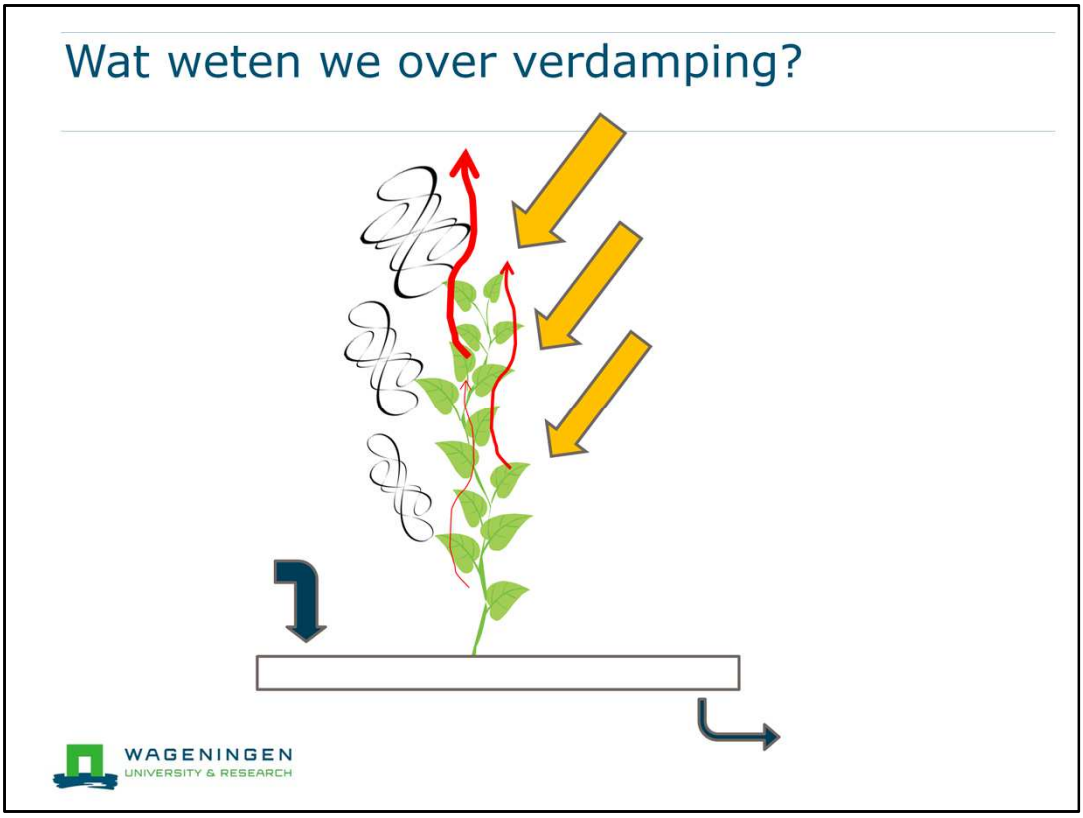
Ik ben in ieder geval blij om in de gelegenheid te zijn vanmiddag om hier over te vertellen.



De de titel zegt het al, dit verhaal is een samenvoeging is van twee projecten. De uitstralingsmonitor is voor de helft gefinancierd vanuit het onderzoeksprogramma Kas Als Energiebron, en voor de andere helft vanuit een samenwerkingsverband van toeleveranciers in de tuinbouw, de zogenaamde Club van 100.
Op dit moment bestaat dat samenwerkingsverband nog niet uit de beoogde 100 bedrijven, maar we zitten dicht in de buurt en de huidige deelnemers bestrijken de gehele breedte van de toeleverende industrie.

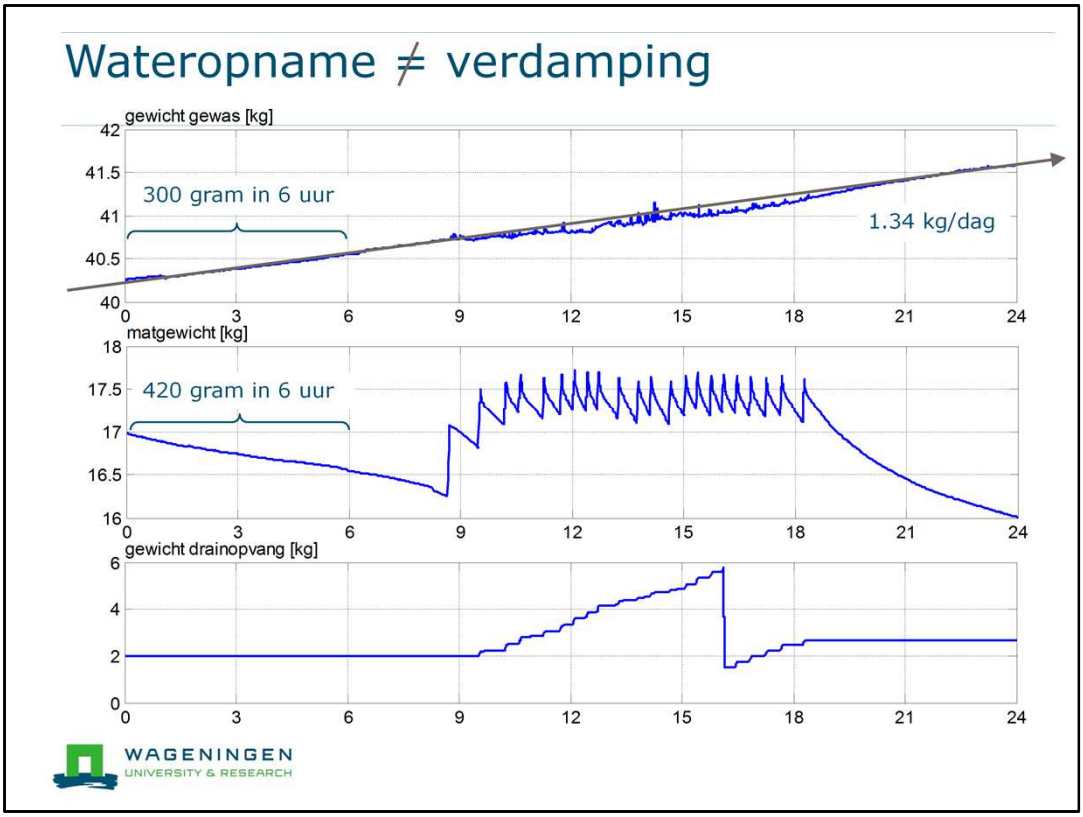
Het project "Verdamping bij de kop" is gefinancierd door Kas Als Energiebron, het Innovatie en actieprogramma van het ministerie van Economische Zaken en LTO Glaskracht.

Door de samenvoeging van deze twee projecten is de inbreng van Kas Als Energiebron dus veel groter geworden.



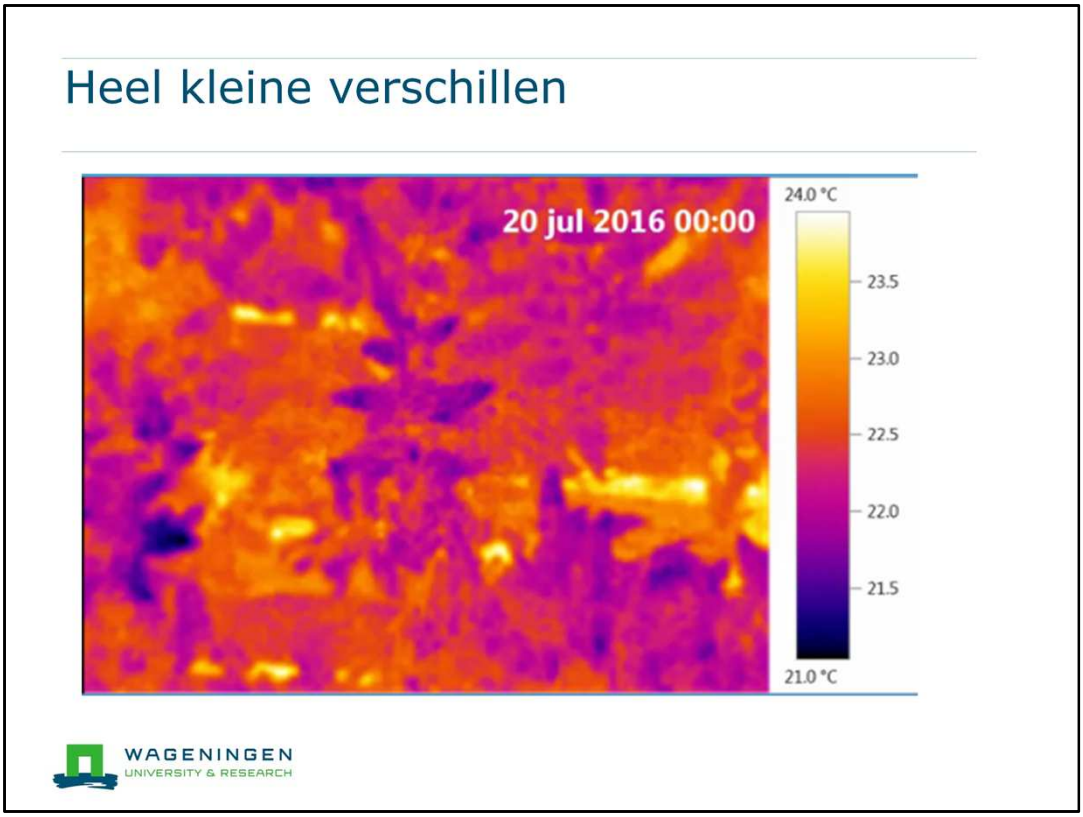
Eigenlijk weten we maar weinig over verdamping.
Het algemene principe is duidelijk. Zonlicht verwarmt de bladeren, maar doordat die water verdampen blijft de gewastemperatuur normaal gesproken dicht bij de luchttemperatuur.
‘s Nachts gaat de verdamping op een laag pitje door en daardoor, maar niet alleen daardoor, zakt de gewastemperatuur onder de luchttemperatuur.
De meeste tuinders in de groenteteelt en ook een flink aantal siergewassen weten hun watergift en hun drain.
Het verschil tussen die twee noemt men vaak de verdamping, maar is eigenlijk de wateropname. Op een zonnige dag kun je die twee wel bijna aan elkaar gelijk stellen, maar ‘s nachts is de verdamping soms nog niet de helft van de wateropname is. De rest is groei, en dus geen verdamping.
En, als we over dat verschil tussen wateropname en verdamping heen stappen , en we kijken gewoon weer naar de gift en drain cijfers, dan weten we overdag wel ongeveeer hoe het zit, maar over de nacht weten we heel weinig. We hebben geen drain, dus we weten eigenlijk pas als er de volgende dag weer drain komt, en dat is omstreeks de 3^{e} gietbeurt, dat kennelijk de eerste twee gietbeurten de hoeveelheid water was die nodig was om te compenseren voor de wateronttrekking van de nacht.
Alleen tuinders met een weeggoot hebben informatie over het verloop van de nachtelijke verdamping.

In het project “Kopverdamping“ was het de bedoeling om nog een stapje verder te komen, namelijk om de verdamping van een specifiek stukje van de plant, de kop te bepalen met een infrarood-camera.



Voordat ik verder ga over het kopverdampingsproject maak ik een kort uitstapje naar die gewasopname, de groei.
Bovenstaande grafiek laat zien dat de toename van het gewasgewicht praktsich een rechte lijn is.
Gedurende het getoonde etmaal neemt het gewicht dat aan de gewasdraad hangt vrijwel linear toe met 1.34 kg per dag.
In de eerst 6 uur is dit 300 gram.
In diezelfde tijd zien we dat de mat 420 gram lichter wordt en dat er in die periode geen drain is.
De gewichtsafname in de mat is op deze dag voor het grootste gedeelte geen verdamping 300 van de 420 gram is alleen verplaatsing van water van de mat naar de bovengrondse delen. De verdamping is slechts 120 gram in 6 uur, dus gemiddeld 20 gram per uur.
De 6 gemeten planten beslaan 1.8 m2 dus de gemiddelde verdamping per m2 was in deze periode slechts 11 gram/(m2 uur).

Overdag zien we de watergeefbeurten als allemaal opwaarste gewichtsveranderingen, gevolgd door een neerwaartse verandering van het gewicht. Ook hier is een deel van de neerwaartse verandering weer ten gevolge van de gewasgroei, maar ook van water dat uit de mat afloopt richting drainbak.
Rond 16:00 uur zien we de drainbak een keer leeggepompt worden.



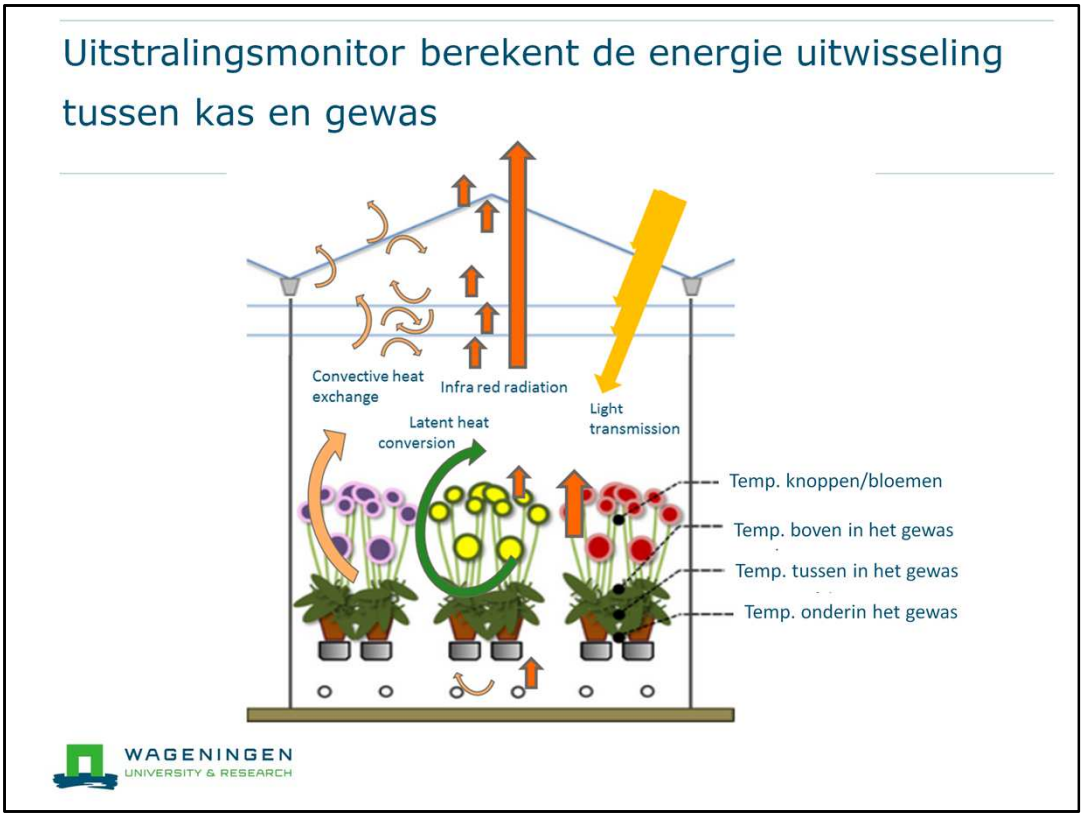
In het Kopverdampingsproject was het bedoeling om te bestuderen of we met de infrarood-camera de nachtelijke verdamping in de kop zouden kunnen bepalen. Immers, hoe meer verdamping, hoe kouder het blad.

Dat bleek allemaal helemaal niet mee te vallen. De camera zag natuurlijk wel verschillen in bladtemperatuur tussen de bovenste en dieper gelegen bladeren, maar we konden die niet betrouwbaar omrekenen tot een daadwerkelijk verdampingsgetal.

Hier zien we zo'n camera-beeld, waar in het midden een kouder blad is te zien, een blad uit de kop van het gewas. Het is ongeveer een graad kouder dan dieper gelegen bladeren.

Maar komt dit door verdamping?

Natuurlijk een beetje, maar vooral door uitstraling, en daarmee zijn we bij de uitstralingsmonitor aangeland.



De uitstralingsmonitor berekent de energiehuishouding in een kas door de balans op te lossen van de :

<u>Convectieve uitwisseling:</u>

dat is energie-afgifte door verplaatsing van materie met de ene temperatuur naar materie met een andere temperatuur.

<u>IR-uitwisseling:</u>

Dat is uitwisseling van infrarode energie (electromagnetische straling). Plat gezegd gaat het hier om energie-uitwisseling van het ene oppervlak naar een ander oppervlak. Oppervlakken die in principe op onbeperkte afstand ten opzichte van elkaar liggen.

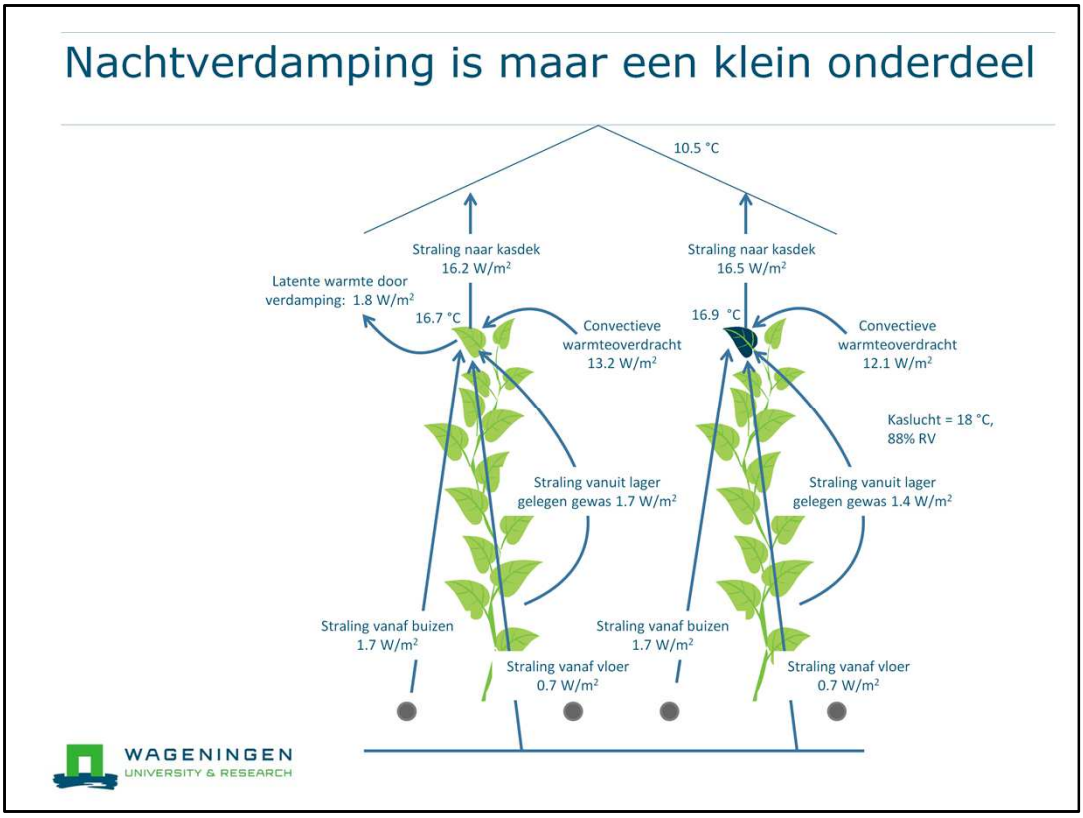
<u>Absorptie van licht:</u>

Eigenlijk is dit ook electromagnetische straling, net als IR, maar dan in een ander golflengtegebied en met het verschil dat de oppervlakken in een kas wel kortgolvig licht absorberen en reflcteren, maar het niet zelf produceren (behalve bij gebruik van belichting natuurlijk).

<u>Latente warmte:</u>

Dit is de omzetting van warmte in waterdamp.

Aan de hand van de verschillende soorten energie-uitwisseling rekent het model de stationaire temperatuurverdeling uit. Dat wil zeggen, de temperatuurverdeling die zou ontstaan wanneer de omgevingscondities een lange tijd hetzelfde zouden zijn. In de praktijk is dat natuurlijk niet zo, maar deze statische benadering geeft een beter inzicht in het effect van de keus voor het type scherm, de lokatie van de verwarming, het aan of uit zetten van belichting enz.



De uitstralingsmonitor is een web-applicatie die slechts een beperkt aantal berekende waarde toont.
Voor het project 'Kopverdamping' zijn echter ook de onderliggende rekenresultateten bestudeerd om te kunnen zien welk aandeel die verdamping heeft op de temperatuur van blaadjes in de kop van het gewas.
In deze figuur is te zien dat die verdamping erg weinig gewicht in de schaal legt. Straling naar het kasdek en convectieve overdracht van de kaslucht naar het gewas zijn de belangrijkste factoren.
In dit voorbeeld is de kop van het gewas 1.3 oC kouder dan de kaslucht (linker plaatje), maar als het blaadje niet zou verdampen (rechter plaatje) dan berekent het model dat het blaadje 1.1 oC kouder zou zijn dan de kaslucht.
Natuurlijk is het verschil groter als de verdamping groter zou zijn, bijvoorbeeld bij een kaslucht met 80% RV in plaats van 88% waarmee hier gerekend is, maar het project was bedoeld om juist bij lage verdamping nog iets te kunnen zeggen over de verdamping in de kop.

Heel kleine verschillen



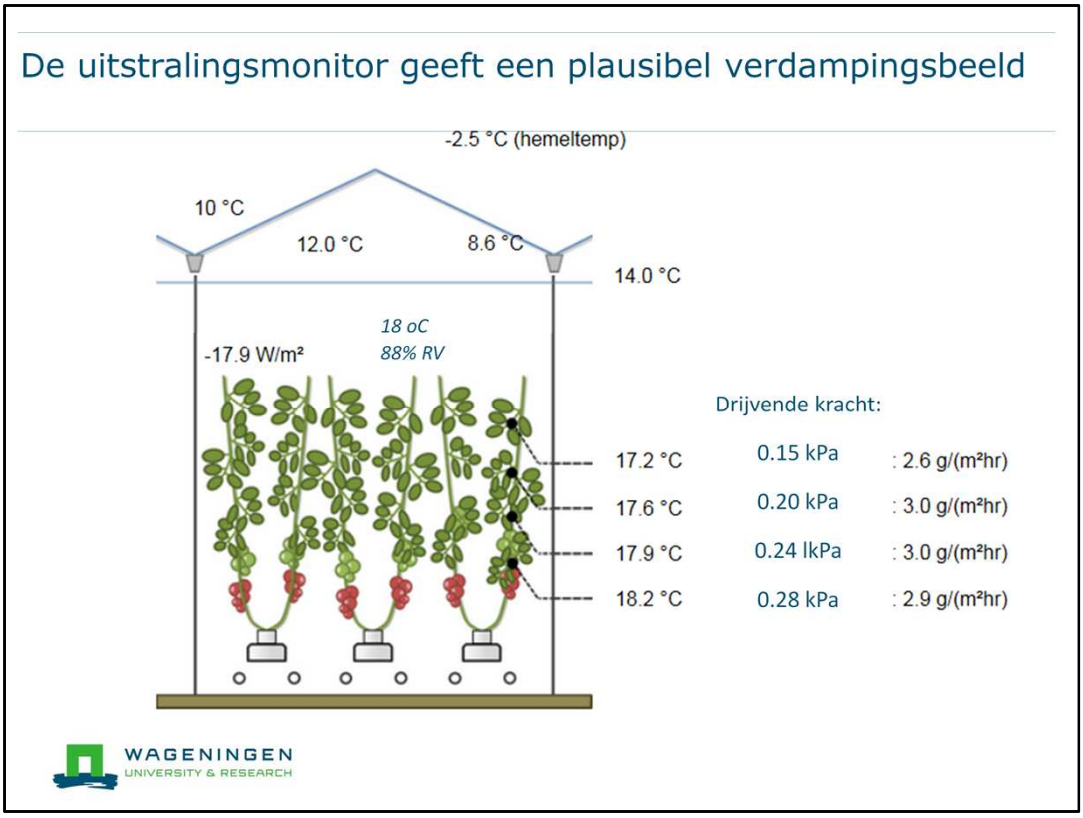


WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Dat kan dus eigenlijk alleen door in het camera-beeld naast de te bestuderen kop, ook kunstbladeren, waarvan je weet dat ze niet verdampen in beeld te hebben.

Dit maakt de meting omslachtig en als het verschil tussen verdampend en niet verdampend 0.2 oC is, dan is het verschil tussen normaal verdampend en te weinig verdampend maar 0.1 oC.
En daar heb je hele dure camera's voor nodig.

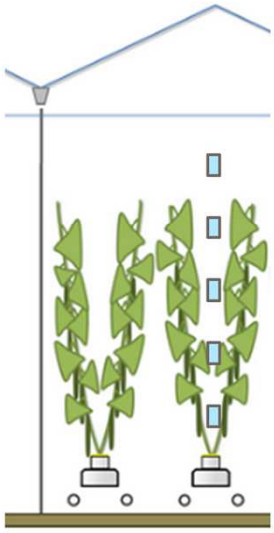
De huidige warmtebeeldcamera's laten 's nachts eigenlijk het effect van uitstraling zien, en niet het effect van verdamping



Daarmee leek het kopverdampingsproject dus mislukt, maar de opdrachtgevers zagen juist iets heel interessants in de resultaten, namelijk dat de Uitstralingsmonitor dus niet alleen de temperatuurverdeling in het gewas kon laten zien, maar ook de verdeling van de verdamping.
In dit plaatje zie je hoe het temperatuurprofiel een per gewaslaag verschillende drijvende kracht voor de verdamping oplevert en dus een per gewaslaag verschillende verdamping.

De oplettende lezer ziet waarschijnlijk dat de drijvende kracht voor de verdamping naar beneden toe steeds groter wordt, terwijl de verdamping een maximum heeft in het midden van het gewas. Dat komt doordat het model aanneemt dat naar beneden toe de bladeren ouder zijn en daarmee een kleiner verdampend vermogen hebben.

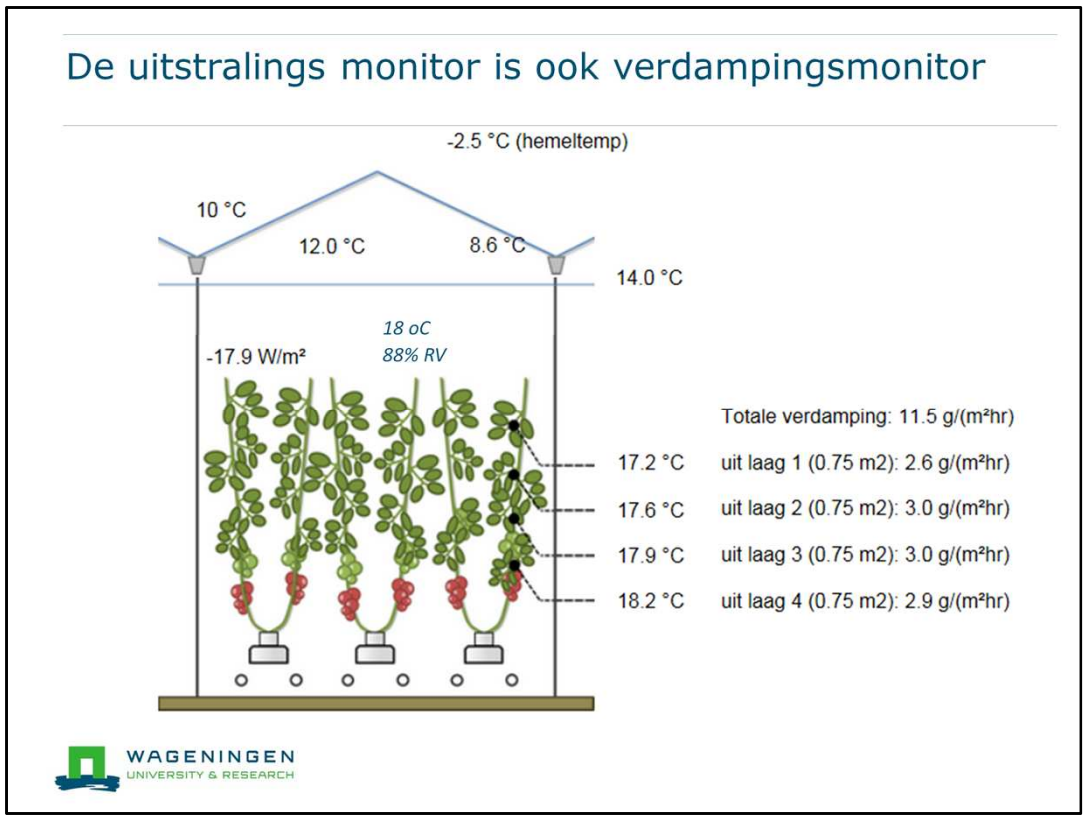
Meting Temperatuurprofiel



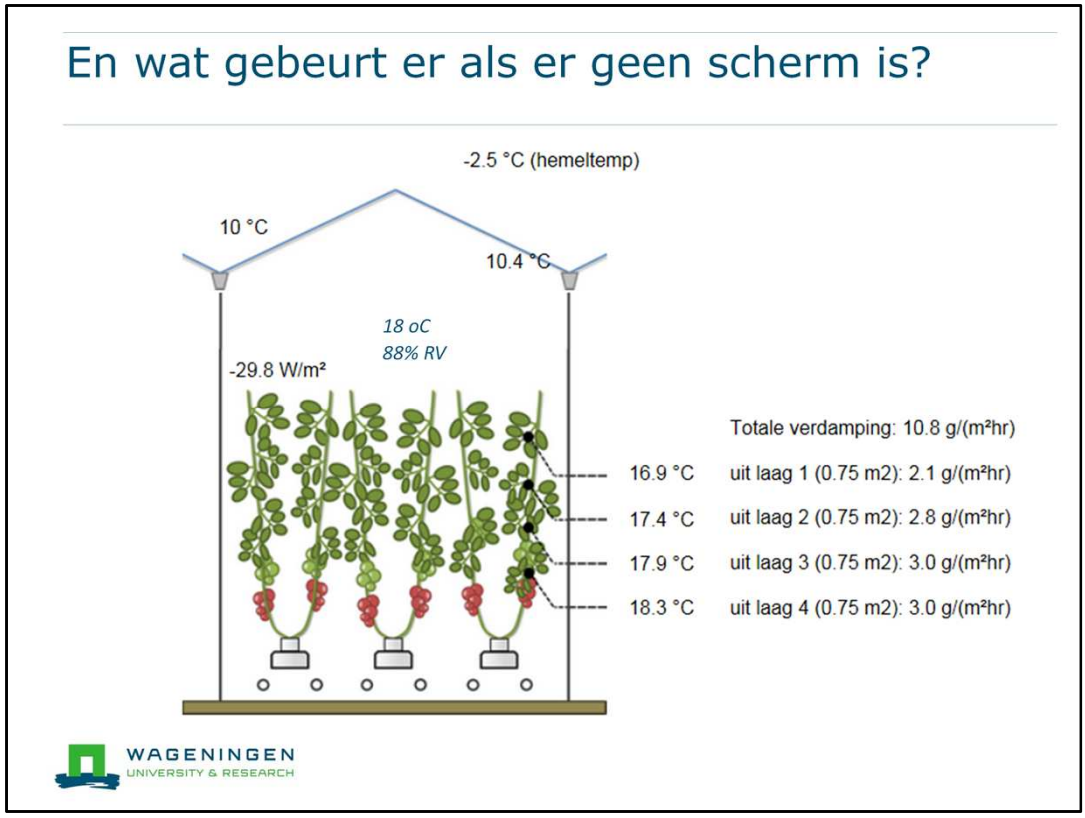


WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

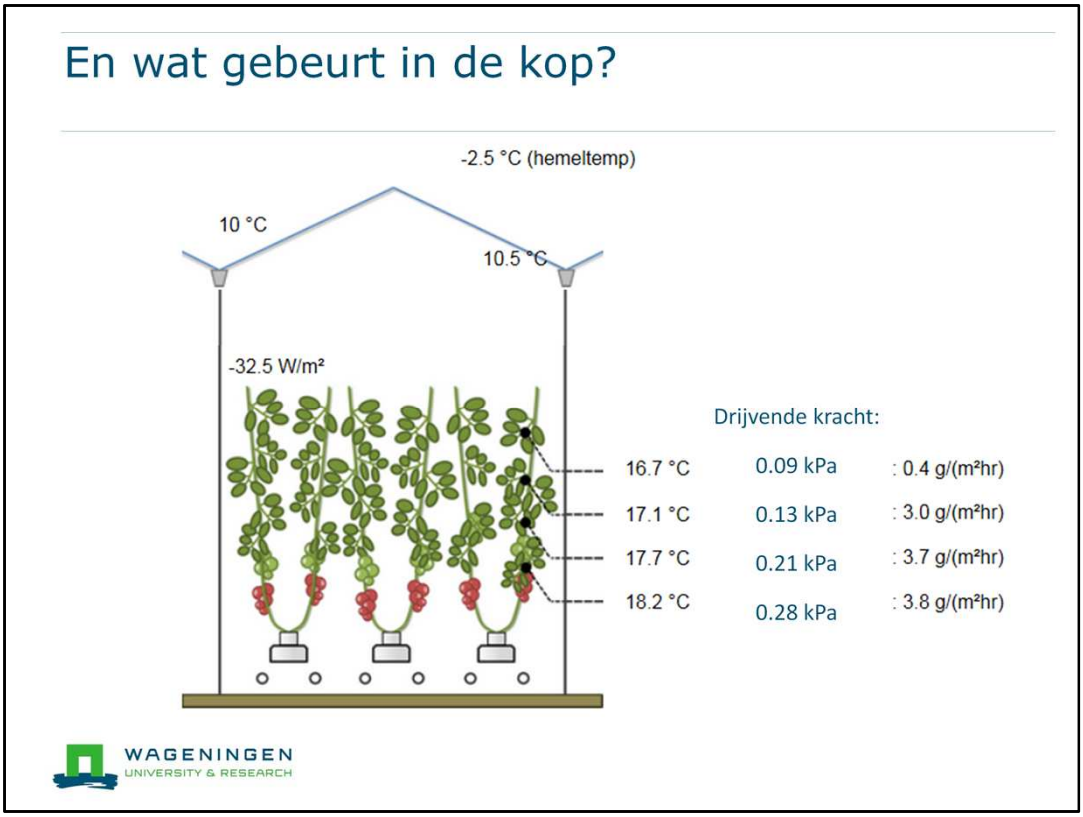
Zo'n afnemende verdampingscapaciteit heb ik aangebracht omdat het model anders een kleinere temperatuurgradient berekende dan dat er in metingen werd gevonden.
Waar in de bovenste bladlagen de uitstraling veruit de belangrijkste component in de energiebalans is, draagt in de lagere bladlagen de verdamping voor een groter deel bij aan de energiebalans rond het blad.



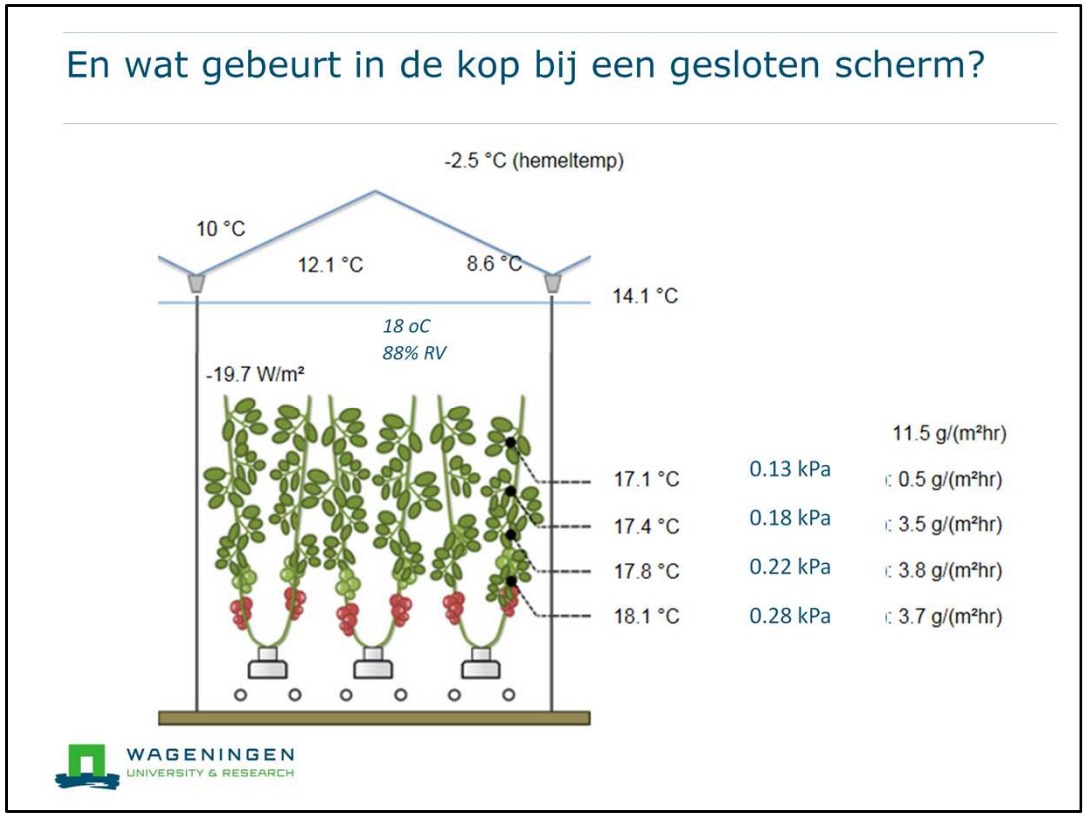
Daarmee is de Uitstralingsmonitor nu dus ook een verdampingsmonitor geworden. Hij geeft niet alleen een verdampingsgetal aan als functie van kas- en gewastemperaturen en de luchtvochtigheid, maar ook de verdeling daarvan over het gewas.



En als je dan bijvoorbeeld het scherm weghaalt, dan zie je dat de totale verdamping afneemt (omdat de gewastemperaturen lager worden), maar dat bijvoorbeeld de verdamping onderin het gewas toeneemt omdat zonder scherm de verwarming hoger staat en de buizen dus heter zijn.

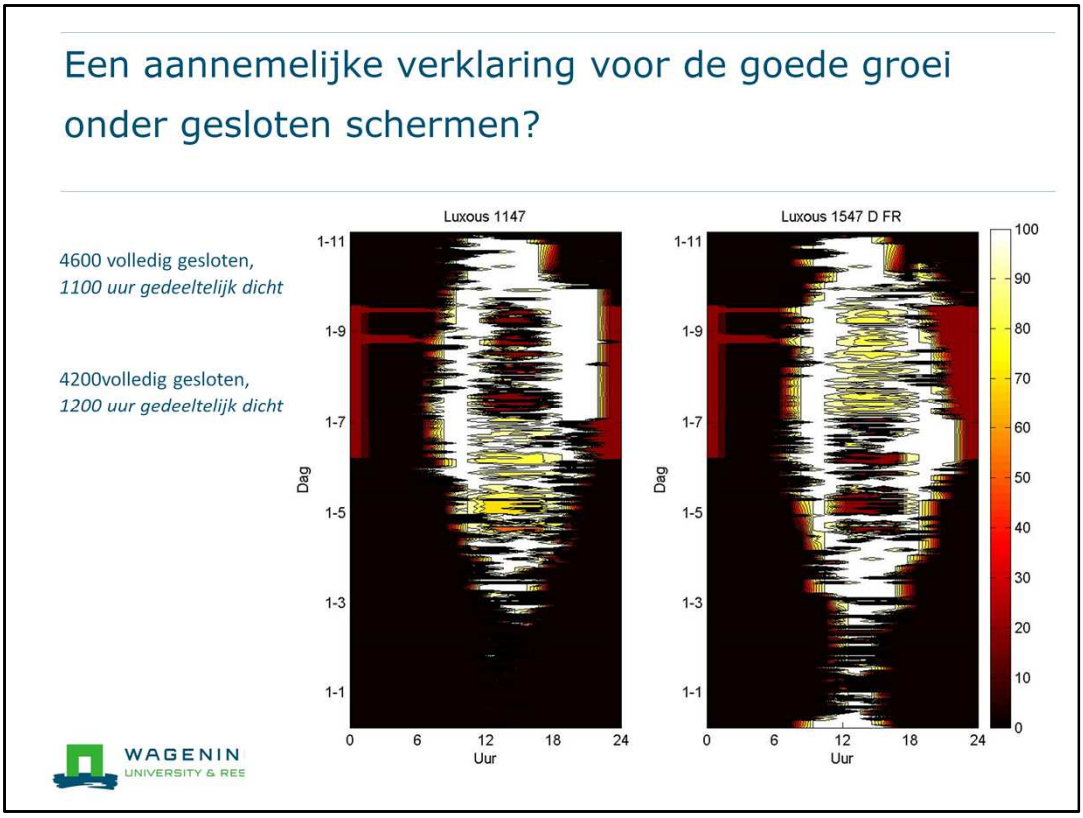


Speciaal voor het kopverdampingsproject is het ook mogelijk om de vier gewaslagen, die hiervoor evenredig over de LAI verdeeld waren wat anders in te delen.
De allerbovenste blaadjes zullen immers kouder zijn dan de bovenste 25% van het bladpakket.
Uiteraard is de drijvende kracht voor die koude blaadjes nog weer wat kleiner, en wat meer afhankelijk van het scherm.



Want sluiten we het scherm weer, dan gaan die bovenste blaadjes 20% meer verdampen.

In de aankondiging van deze workshop had ik het over een verdubbeling. Zulke verdubbelingen kun je ook wel laten zien, maar dan moet je bijvoorbeeld een vergelijking maken tussen een scherm open en een scherm dicht bij een buitentemperatuur van 0 oC. Dat zal echter niet zo'n praktijkgerouw voorbeeld zijn want tegenwoordig heeft iedereen toch echt z'n scherm wel dicht bij lage buitentemperaturen



Maar ook bij hogere temperaturen draagt een scherm dus bij aan een warmere kop en daarmee aan een grotere verdamping.
Afgelopen jaar was ik betrokken bij het experiment met het intensief gebruik van schermen in de paprika hier op het Improvement Centre. In het bovenstaande plaatje is het aantal schermuren getoond voor de twee schermen in de kas. De proefperiode loopt van onderaan in de grafiek (7-dec) , tot bovenaan (7-nov). Horizontaal staat de 24-uurs perioden. Zwart betekent een gesloten scherm, wit is een open scherm en de kleur gradiënt geeft de mate van opening van het scherm weer.
Ik denk niet dat ik overdrijf als ik stel dat er nog nooit een proef geweest is waarin er zoveel werd geschermd. Het energieverbruik van die teelt was bijzonder laag (16.9 m3/m2) en de productie was geheel praktijk conform.
Dat was eerlijk gezegd boven verwachting.
Misschien was het wel het effect dat de Uitstralingsmonitor hier laat zien waardoor het gewas zich gedurende het hele teeltseizoen zo gestaag een hoge productie heeft gegeven.

Scenarios

http://www.glastuinbouwmodellen.wur.nl/radiationmonitor/?user=KaE_NLC_ext

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Met de uitstralingsmonitor kunnen eindeloos veel scenario's worden bekeken.
Het gaat dan natuurlijk steeds over het effect van het gebruik van het scherm bij verschillende kasluchtcondities en bij verschillende licht- en belichtingssituaties.

In de regel verdeelt de Uitstralingsmonitor de totale bladmassa van de verschillende te kiezen groentegewassen evenredig over de 4 gesimuleerde bladlagen, maar als bij het invulveld gewas 'TomaatKV' of 'KomkommerKV' wordt gekozen dan wordt er 0.15 m2 blad per m2 kas aan de bovenste bladlaag toegekend en wordt de resterende 2.85 m2 blad over de andere drie bladlagen verdeeld.
Dan maakt de Uitstralingsmonitor dus de berekeningen die voor het Kopverdampingsproject zijn ontwikkeld.



Inmiddels is er veel ervaring opgedaan met de Uitstralingsmonitor en de conclusie is dat de berekende resultaten een goed beeld geven van het effect van schermen onder verschillende omstandigheden.

Ht meest interessante is echter dat er vooral een significant effect van het gebruik van schermen berekend wordt op de verdamping vanuit de kop. ‘s Nachts openen of sluiten van een scherm heeft nauwelijks invloed op de totale verdamping vanuit een gewas (aangenomen dat we kijken naar situaties bij gelijke RV), maar wel op de verdeling van die verdamping over de hoogte van het gewas. In een kas met een hoge luchtvochtigheid kan de verdamping vanuit de kop bij een geopend scherm zomaar de helft zijn van de verdamping bij een geslote n scherm
De Uitstralingsmonitor berekent daarmee een effect wat mogelijk een belangrijke verklaring is voor het feit dat het veelvuldig sluiten van schermen niet de problemen blijkt te geven die voorheen daarvan verwacht werden. Ondanks een hogere luchtvochtigheid die deels het gevolg is van het gebruik van schermen, maar ook het gevolg is van andere setpoints, neemt de gewasverdamping in de kop niet af en kan het gewas onverminderd nieuwe, sterke cellen maken.

Ik denk dat de sector erg geholpen is met dit inzicht dat door de financiering van LTO-glaskracht, het ministerie van economische zaken en toeleveranciers voor de tuinbouw mogelijk is gemaakt.