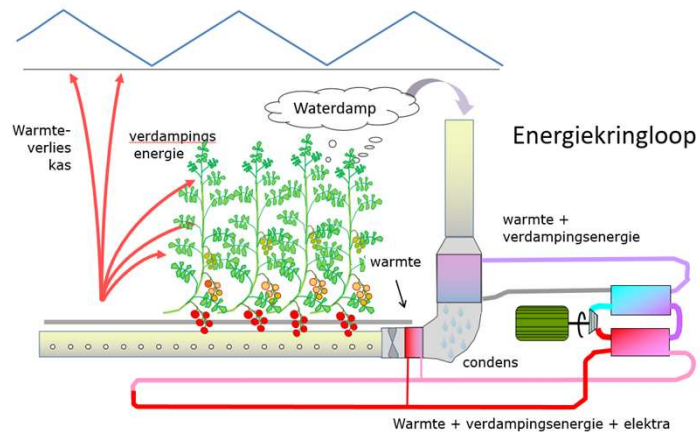


# Energiezuinige ontvochtiging

Feije de Zwart

Wageningen University & Research, business unit Glastuinbouw



Na belichting is ontvochtiging de grootste energie-vrager in de tuinbouw. Verwarming gebruikt natuurlijk ook energie, maar tegen warmteverlies is de kas relatief gemakkelijk te isoleren. En vooral bij koudere teelten is de verwarmingsbehoefte laag, waardoor het energieverbruik voor ontvochtiging 'vanzelf' relatief belangrijk wordt.

In dit speelveld is mij gevraagd om iets te presenteren over energiezuinige ontvochtiging, en dan met name in koudere teelten.

Ik doe dit vanuit mijn expertise als kasklimaat simulatiemodel bouwer.

In de afgelopen jaren heeft Wageningen UR Glastuinbouw een uitgebreid simulatiemodel gemaakt dat de energie- en vochtbalansen in een kas beschrijft en het effect kan berekenen van apparaten die ingezet kunnen worden om de luchtvochtigheid te beheersen.

In deze presentatie laat ik een aantal resultaten daarvan zien en de grote lijnen die daaruit geconcludeerd kunnen worden.

## Een goed groeiend gewas verdampt water

- Dat is nodig om nutriënten vanuit het wortelmilieu naar de groeiende delen te brengen
- Bij hoge (zon)licht belasting zorgt dit voor koeling van het gewas.

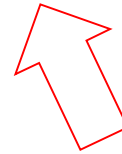


Een tuinbouwgewas verdampt grofweg tussen de 500 en 1000 liter per m<sup>2</sup> per jaar. De uiteindelijke gewasverdamping hangt af van de hoeveelheid belichting en beschaduwing die wordt toegepast en van de luchtvochtigheid waarbij geteeld wordt.

Vanuit teeltkundig perspectief is gewasverdamping gewenst. In eerste instantie omdat met de verdamping nutriënten vanuit het wortelmilieu naar de groeiende delen worden gebracht. Daarnaast draagt de verdamping ook bij aan de koeling van het gewas. Dat is een heel belangrijk aspect, maar niet zozeer vanuit energieverbruiks-oogpunt. De momenten waarop planten echt koeling nodig hebben is het in de regel warm en zonnig en op die momenten speelt verwarming nauwelijks een rol.

## Verdamping verhoogt de luchtvochtigheid

- Soms is dit wat je als tuinder graag wil
- Een té hoge luchtvochtigheid is ongewenst



Ontvochtiging

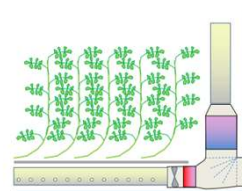
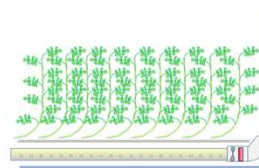
Die verdamping leidt uiteraard tot een hogere luchtvochtigheid.

Soms is dat gewenst.

Soms ook niet, en de acties die dan genomen worden noem ik Ontvochtiging.

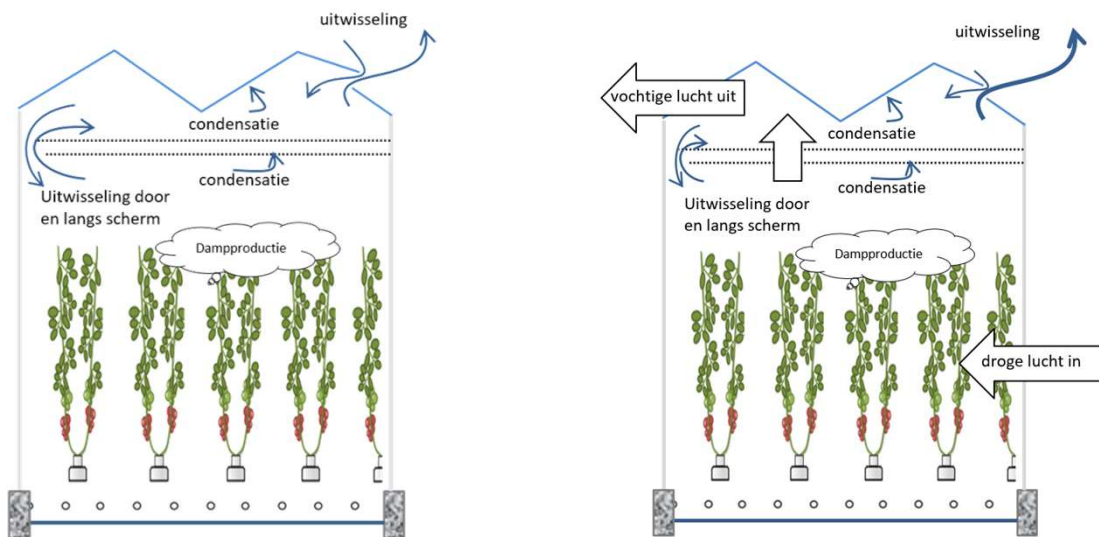
# Verschillende manieren van ontvochtiging

- Ramen openen
- Schermkieren
- Geforceerde uitwisseling door het scherm
- Buitenlucht inblazen
- 'Mechanische' ontvochtiging



Kassen hebben voor deze ontvochtiging een aantal systemen beschikbaar. Het eenvoudigste systeem is natuurlijk het open zetten van ramen. Meer geavanceerde systemen zijn verschillende buitenlucht-inblaassystemen. De meest geavanceerde systemen zijn gebaseerd op wat ik verder als mechanische ontvochtiging zal aanduiden.

## Inblazen buitenlucht: E-zuiniger dan uitwisselen



De laatste jaren wordt er steeds meer gebruik gemaakt van het actief inblazen van buitenlucht.

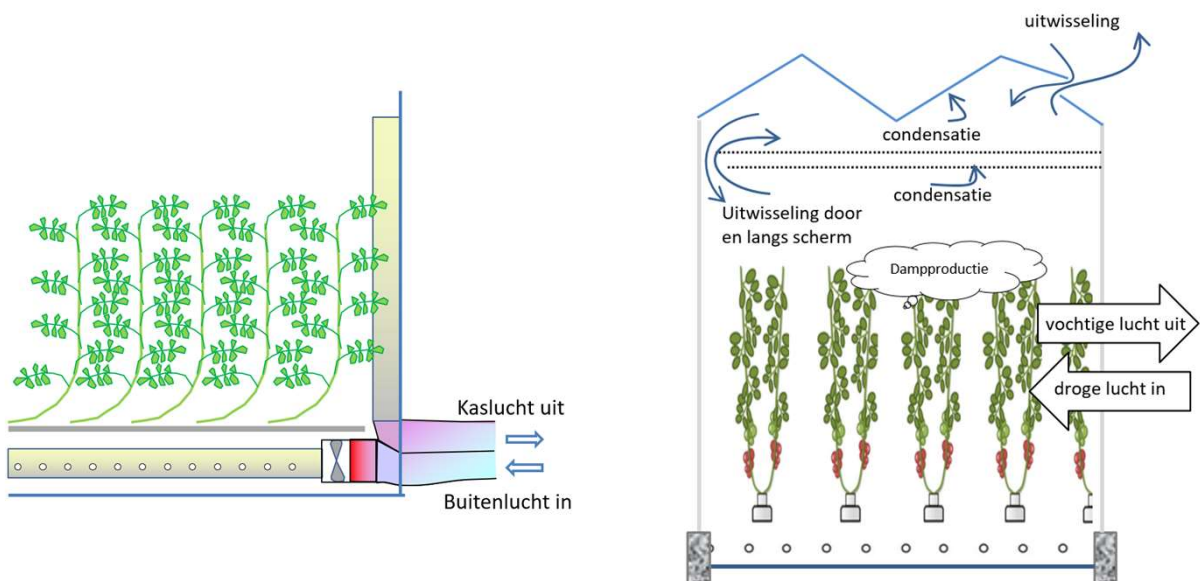
Hoewel dit niets anders is dan het actief bevorderen van de luchtuitwisseling tussen kaslucht en buitenlucht, en dus qua energieverbruik vergelijkbaar is met het gebruik van ramen, staat dit toch als energiezuinig te boek.

Dit komt doordat bij actief lucht inblazen de hoeveelheid lucht goed gedoseerd kan worden en je dus niet gauw teveel lucht uitwisselt.

In de tweede plaats leidt actief inblazen van lucht onder een gesloten schermdoek tot een overdruk onder het scherm, en daardoor tot een vermindering van kouval door de veelheid van kiertjes en spleetjes in het schermstelsel.

Op het moment trouwens dat een tuinder een buitenlucht inblaasinstallatie gebruikt om de luchtvochtigheid in de kas lager te krijgen dan zonder zo'n installatie mogelijk was zal het systeem juist tot een hoger energieverbruik leiden.

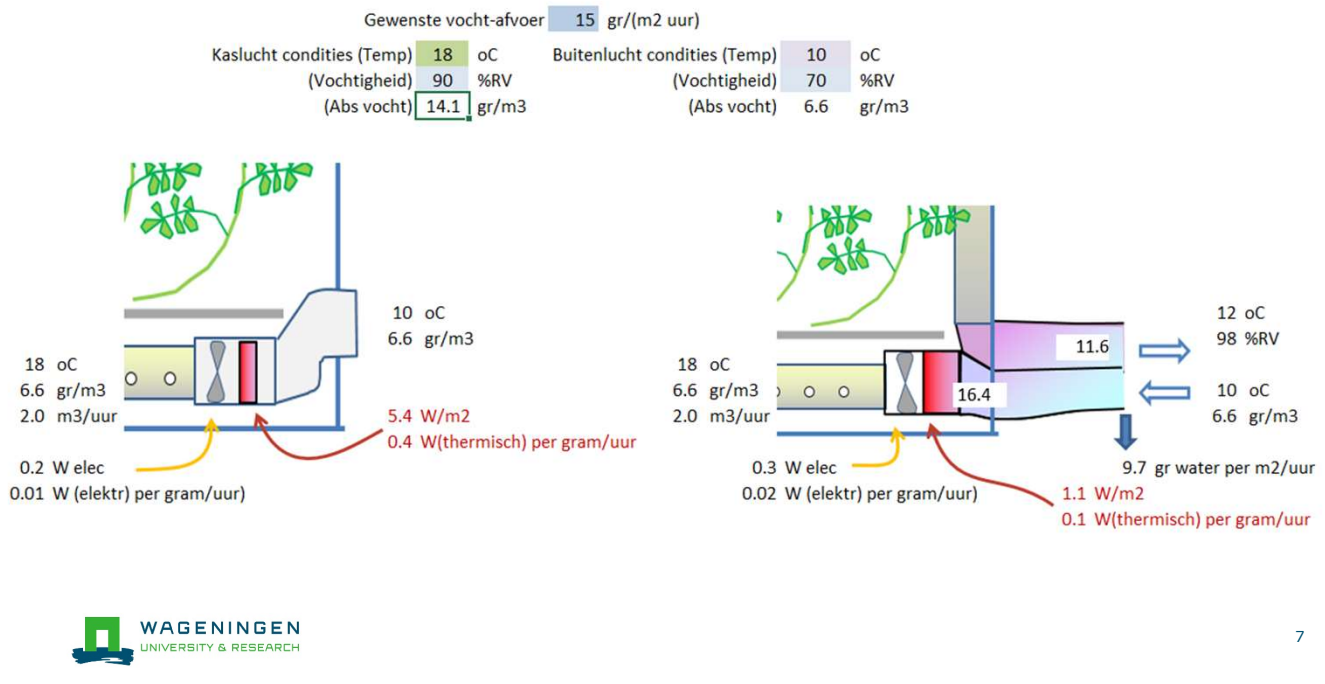
## Balansventilatie → voelbare warmte terugwinning



Dat energieverbruik voor ontvochtiging door middel van het inblazen van buitenlucht kan behoorlijk verlaagd worden door gebruik te maken van een balans-ventilatie, waarbij de ingaande buitenlucht in een lucht/lucht warmtewisselaar wordt voorverwarmd aan de uitgebazuin kaslucht.

Dit bespaart energie, maar toch iets minder dan je op grond van de voorverwarming zou verwachten doordat zo'n balansventilatie ten koste gaat van het overdruk-effect.

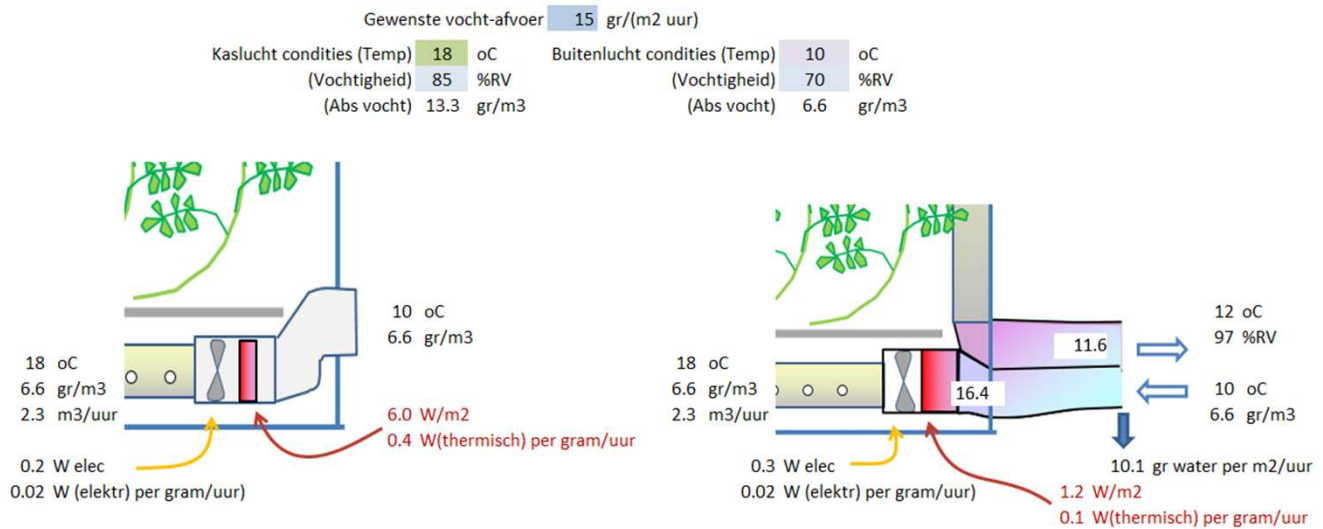
# Een paar cijfermatige voorbeelden



Die verlaging van de warmtevraag voor de opwarming van de buitenlucht is goed te zien in bovenstaand overzicht.

Te zien is dat een goed gedimensioneerd balansventilatiesysteem de warmtevraag voor het opwarmen van de buitenlucht terugbrengt van 0.4 W(thermisch) per gram/uur naar 0.1 W(thermisch) per gram/uur.

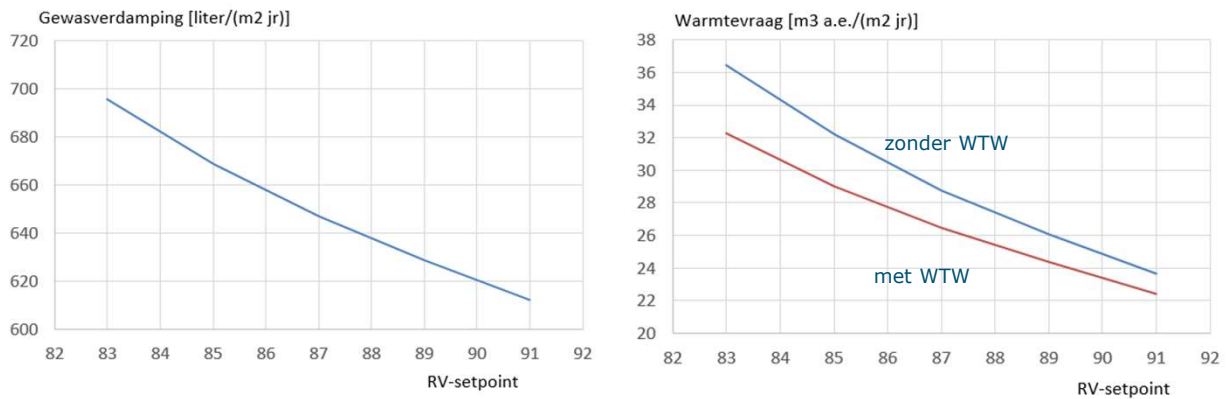
## Een paar cijfermatige voorbeelden



Ontvochtiging kost meer energie naarmate de luchtvochtigheid in de kas lager is. Dat is hier te zien in de 6 W/m<sup>2</sup> (linker plaatje) en de 1.2 W/m<sup>2</sup> (rechter plaatje). Die getallen zijn hoger dan in de vorige sheet, terwijl in alle uitgangspunten gelijk zijn, behalve de luchtvochtigheid in de kas. De boodschap is dat ontvochtiging duurder wordt naarmate je de kas droger wil hebben.



# Energieverbruik en luchtvochtigheidssetpoint



Lager RV-setpoint:

- meer verdamping (= meer latente warmte opname)
- meer warmte nodig per eenheid

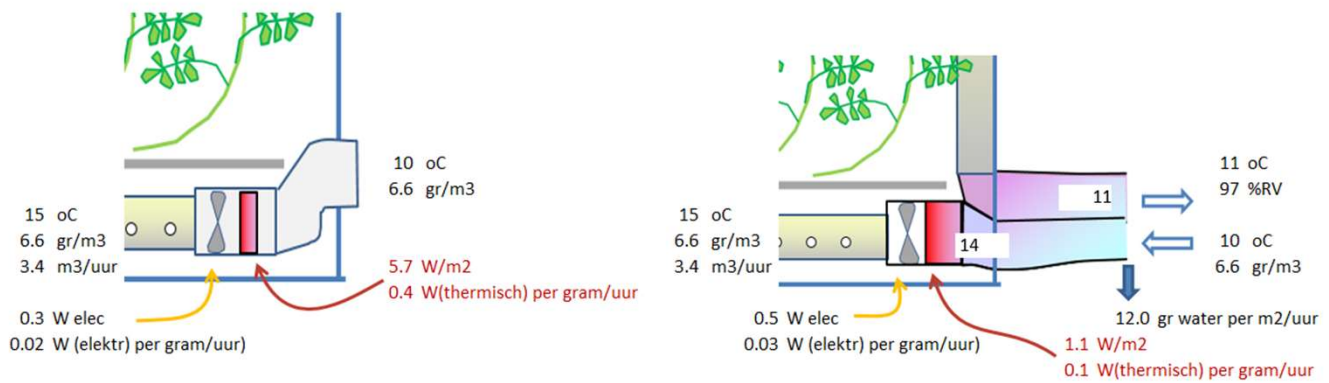
Dat komt niet alleen doordat het ontvochtigingsproces meer energie vraagt, maar vooral ook omdat het gewas meer gaat verdampen naarmate de kaslucht droger is.

Ontvochtiging heeft daarmee altijd een vorm van 'dweilen met de kraan open'.

Het zoeken naar een zo hoog mogelijke luchtvochtigheid voor de teelt is daardoor misschien wel belangrijker dan het installeren van energiezuinige ontvochtigingsapparatuur.

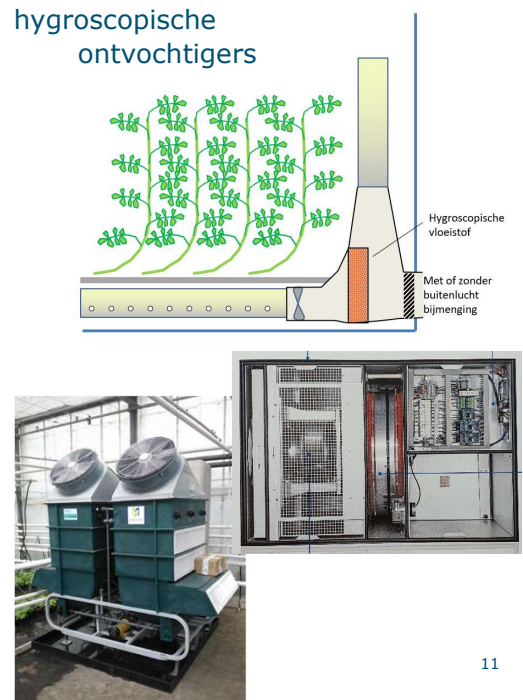
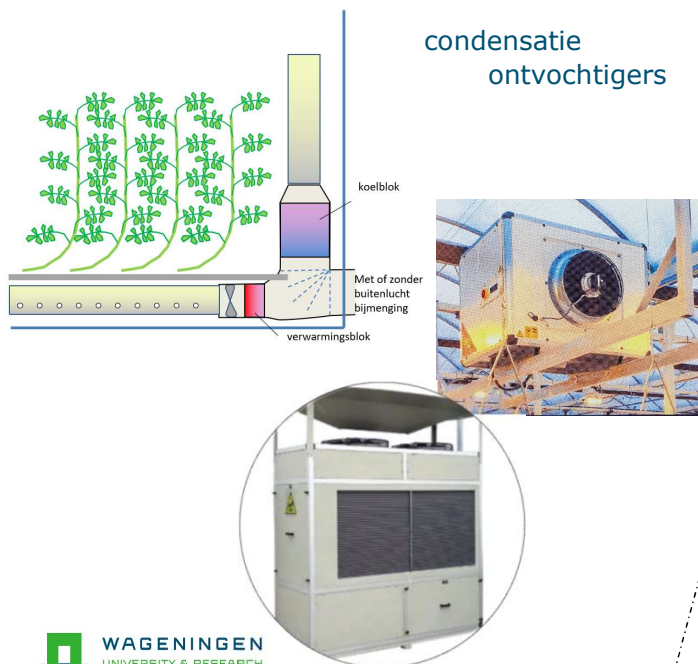
## Een paar cijfermatige voorbeelden

Gewenste vocht-afvoer		15 gr/(m2 uur)	
Kaslucht condities (Temp)	15 oC	Buitenlucht condities (Temp)	10 oC
(Vochtigheid)	85 %RV	(Vochtigheid)	70 %RV
(Abs vocht)	11.0 gr/m3	(Abs vocht)	6.6 gr/m3



Bij lagere kasluchttemperaturen is bij gebruik van buitenlucht niet zozeer het energieverbruik voor ontvochtiging het probleem (dat neemt namelijk af omdat de buitenlucht minder opgewarmd hoeft te worden), maar is het de afvoercapaciteit die beperkend wordt. Bij vergelijking tussen de de cijfers op deze sheet met de vorige sheets is dat te zien aan het grotere aantal m3 lucht dat verplaatst moet worden.

# Mechanische ontvochtiging

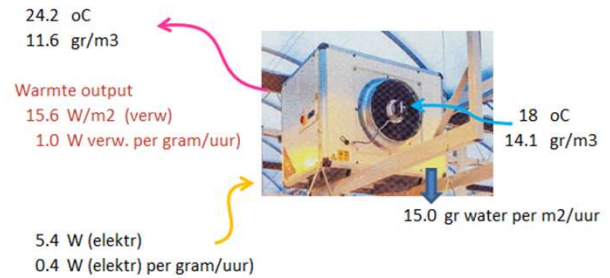
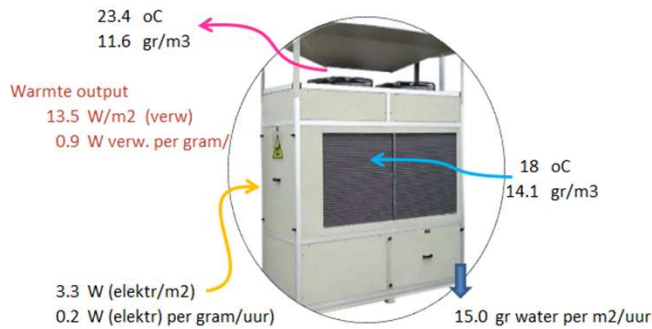


Bij de hiervoor genoemde technieken wordt kaslucht uitgewisseld met buitenlucht en leidt dus tot verlies van CO<sub>2</sub>, van vocht (latent warmte) en bij de eenvoudige systemen ook het verlies van voelbare warmte.

Die verliezen kunnen worden voorkomen door het gebruik van mechanische ontvochtiging. Hierin kun je twee categorieën onderscheiden, de ontvochtigers die gebaseerd zijn op condensatie op een koud oppervlak of ontvochtiging via een hygroscopische vloeistof of hygroscopisch materiaal.

## Een paar cijfermatige voorbeelden

		Gewenste vocht-afvoer	15	gr/(m <sup>2</sup> uur)		
Kaslucht condities (Temp)	18	oC	Buitenlucht condities (Temp)	10	oC	
(Vochtigheid)	90	%RV	(Vochtigheid)	70	%RV	
(Abs vocht)	14.1	gr/m <sup>3</sup>	(Abs vocht)	6.6	gr/m <sup>3</sup>	

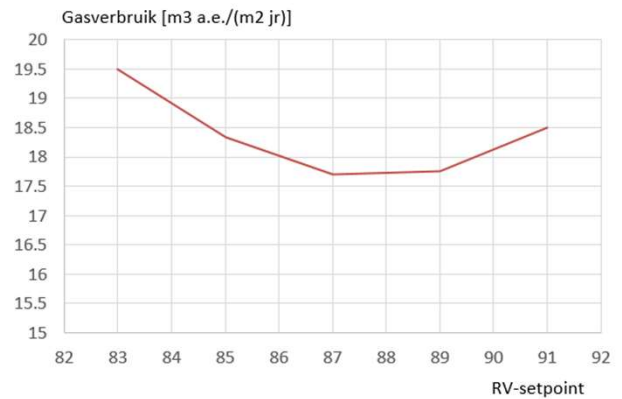
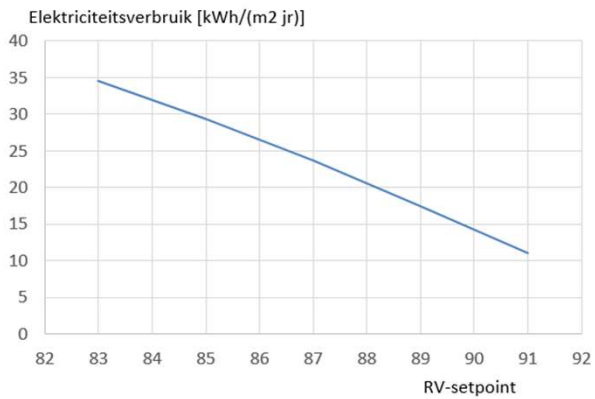


Bij de mechanische, directe ontvochtigers wordt de latent warmte omgezet in voelbare warmte. Daardoor is de lucht die uit de unit wordt geblazen altijd een flink aantal graden warmer (en natuurlijk droger (niet alleen in RV, maar ook in absoluut vocht)) dan de lucht die ingezogen wordt.

Deze machines gebruiken Hierbij elektriciteit en het meest belangrijke efficiencygetal Hierbij is het aantal Watts elektrisch per gram/uur ontvochtiging.

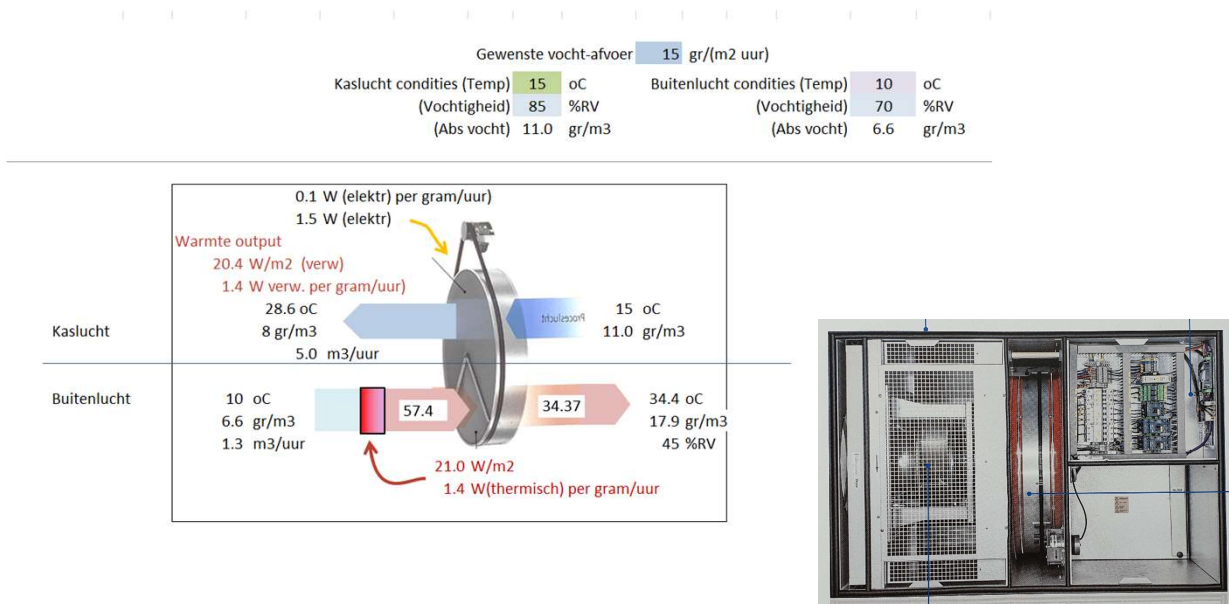
In het ene geval zien we hier 0.2 W/gram per uur. Dit zou betekenen dat het onttrekken van 100 liter waterdamp per m<sup>2</sup> per jaar vanuit de kaslucht (dat is een ordegrrootte getal als we het hebben over de ontvochtigingsbehoefte van een kas) 20 kWh elektricitiet zou vragen.

# Elektriciteitsverbruik en gasverbruik



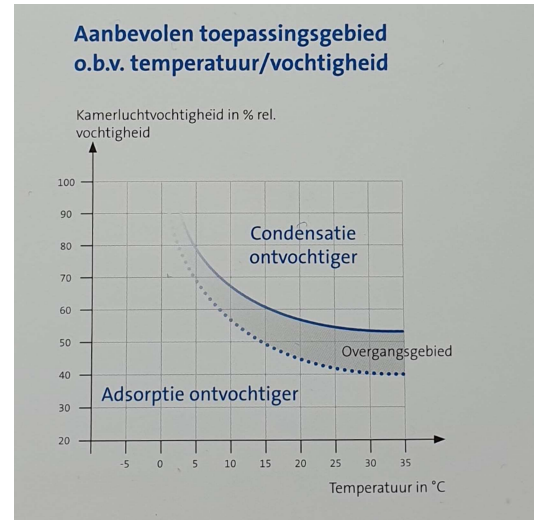
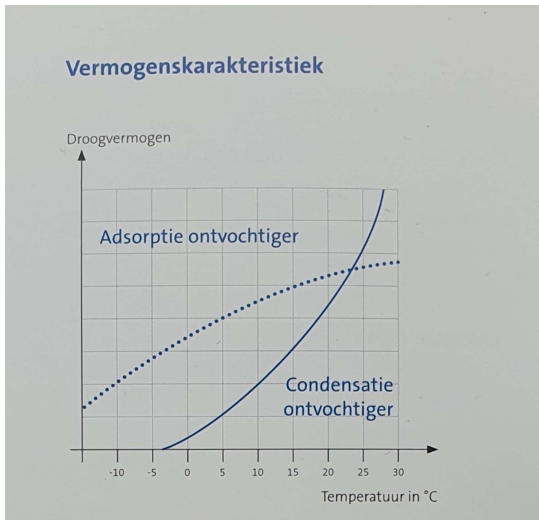
Het elektriciteitsverbruik is daarmee substantieel, maar omdat zo'n unit warme lucht uitblaast, en de kas veel meer gesloten kan blijven, loopt de warmtevraag voor de overige verwarming fors terug.

# Een paar cijfermatige voorbeelden



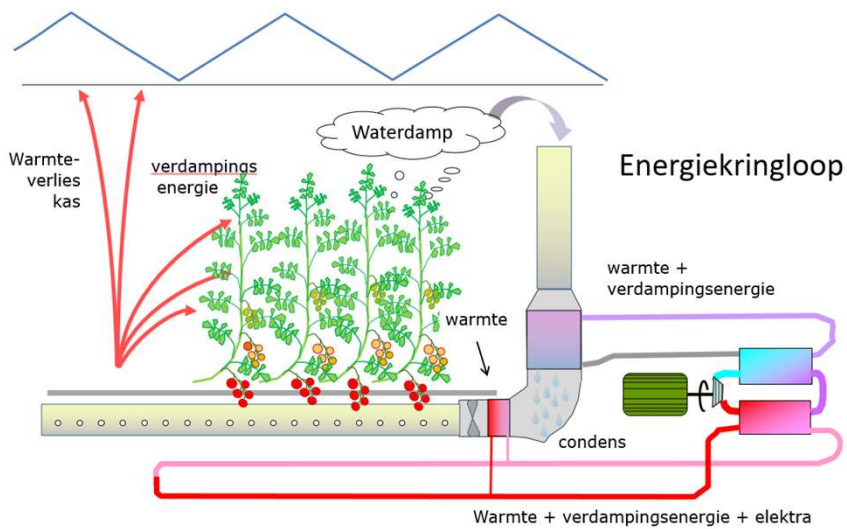
Een ander systeem voor mechanische ontvochtiging gebruikt een hygroscopisch materiaal. In dit apparaat van Condair is dat een dun laagje silica dat vocht vanuit de vochtige lucht opneemt, maar daarna natuurlijk weer geregenereerd moeten worden. Hier gebeurt dat met (hoogwaardige) warmte en buitenlucht. Een deel van de warmte-input wordt aan de kaslucht afgegeven, maar een groot deel gaat ook naar de buitenlucht. Dit apparaat heeft daarom dus veel warmte nodig (1.4 W per gram/uur). Vergelijken met het vorige apparaat is dit dus 7x zoveel en vereist dus dat warmte veel goedkoper is dan elektriciteit.

# Hygroscopische drogers vooral bij lage temp



Het is dus niet zozeer de energetische efficiëntie wat het grootste voordeel is van hygroscopische droging, maar vooral het feit dat dit soort apparaten koudere of drogere lucht kan ontvochtigen.

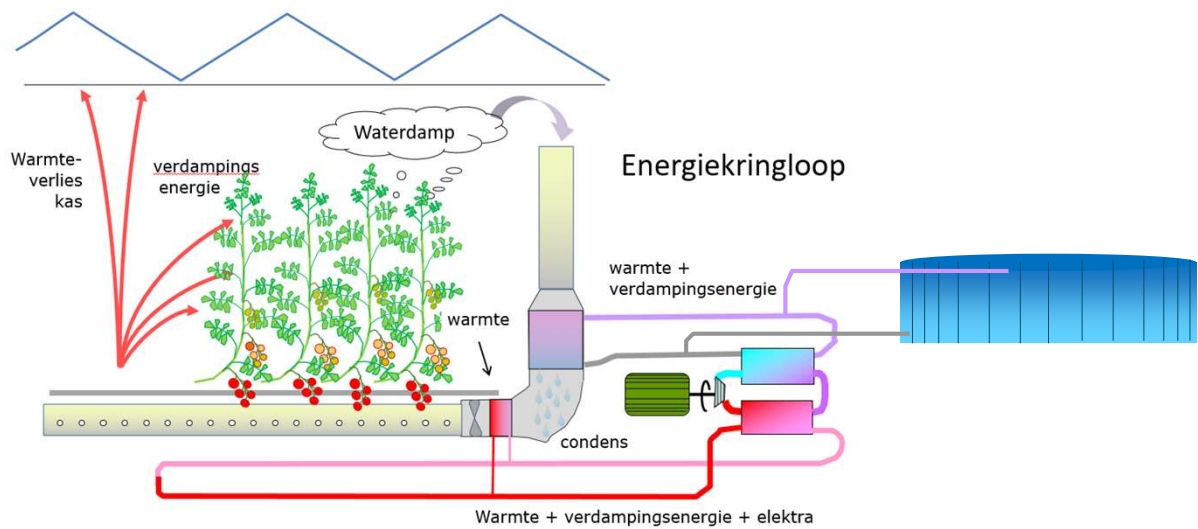
## Tot nu toe systemen zonder opslag



De apparaten die tot nu toe besproken zijn kunnen geen warmte opslaan (oogsten) voor later gebruik. Dit kan wel in geval het condenserende (koude oppervlak) door middel van een warmtepomp koud wordt gehouden.

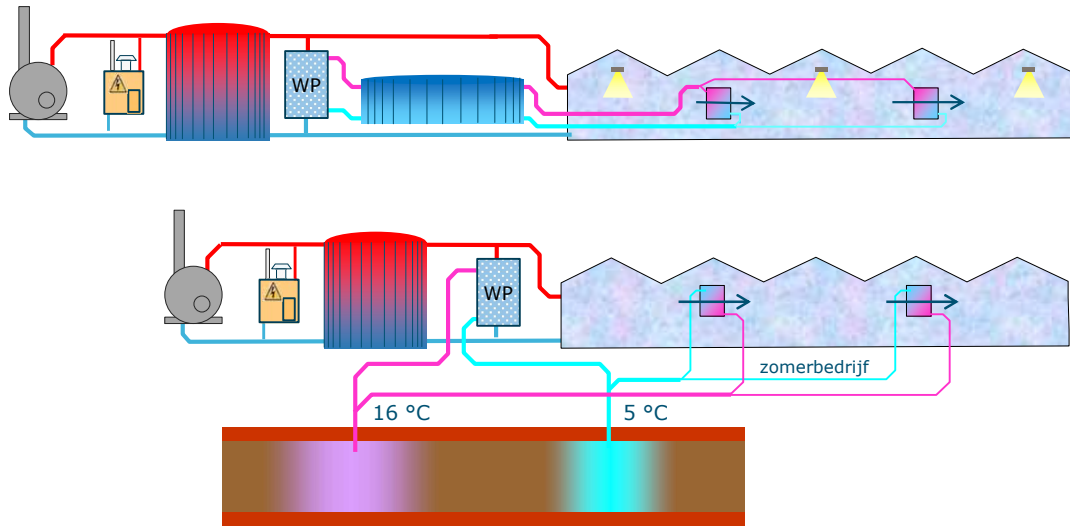


## Met opslag zou het zo kunnen



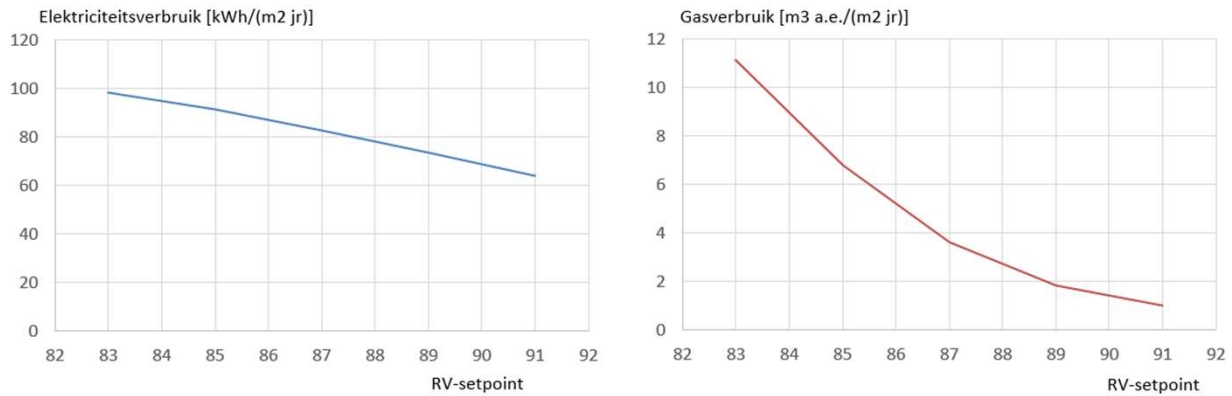
Dat is hier schetsmatig weergegeven. De warmtepomp wordt gebruikt om de kas te verwarmen en/of als warmtebron voor de opwarming van de ontvochtigde lucht. Het koude blok kan, deels of volledig, gevoed worden vanuit een koud water tank, die koud gehouden wordt door de warmtepomp

## Koel- en verwarmingsblok i.c.m. warmtepomp



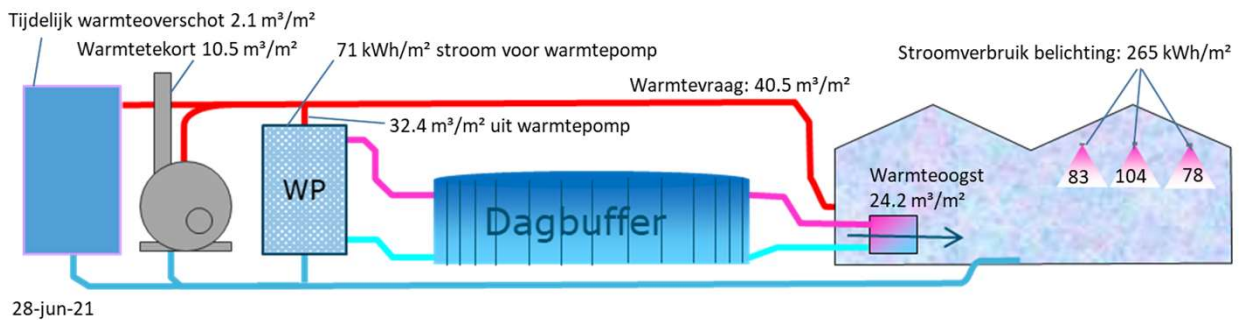
Op deze manier fungeert de koude opslag tank als etmaalbuffer, maar het system met de ontvochtigers kan ook gebruikt worden in combinatie met een seizoensopslag systeem. Dan kunnen de ontvochtigers in de zomerperiode energie oogsten voor de winterperiode.

## Elektriciteitsverbruik en gasverbruik



Zo'n systeem op basis van ontvochtiging op een koud oppervlak met een warmtepomp en aquifer vraagt een behoorlijke hoeveelheid elektriciteit, maar geeft tegelijkertijd een enorme verlaging van het resterende gasverbruik. Als er ook nog een hoge luchtvochtigheid wordt geaccepteerd zakt het resterende gasverbruik naar bijna 0. Ervan uitgaande dat de elektriciteit vanuit duurzame bron afkomstig is betekent dit dat het gebruik van mechanische ontvochtiging en seizoensopslag voor warmte een goede kandidaat-technologie is voor de fossielvrije teelt in kassen.

## Systeem lijkt dus mogelijk voor fossielvrije teelt

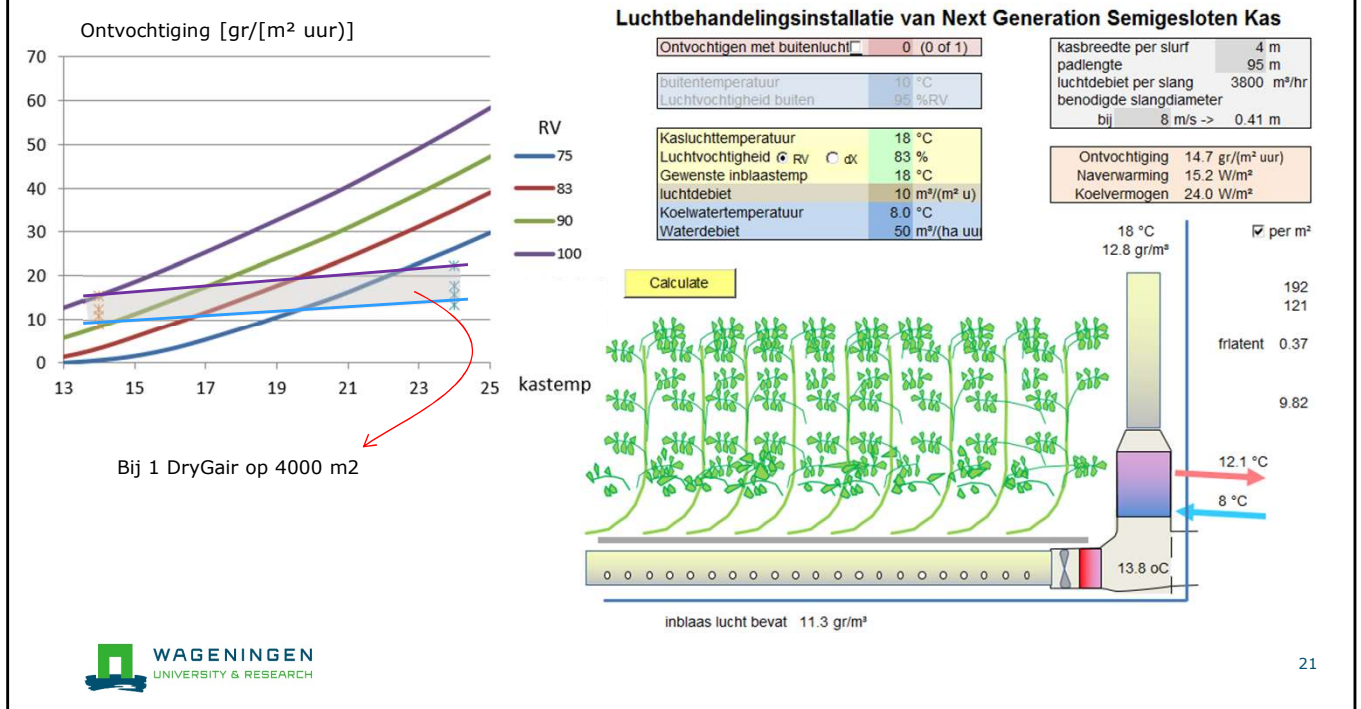


Het hierboven geschetste systeem wordt al een aantal jaren achtereen beproefd bij het Delphi Improvement centre. Daar wordt uitgegaan van een installatie zonder aquifer en in het seizoen 2020-2021 liet dit zien dat bij gebruik van alleen een etmaalbuffer het resterend gasverbruik al naar  $10.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ jaar})$  kon worden teruggebracht.

Overigens ging het hier om een intensief belichte teelt, waardoor het elektriciteitsverbruik hoog is, vooral voor de belichting.

In de nu lopende teelt wordt hetzelfde concept bestudeerd, maar dan met minder belichting, waardoor het algehele energieverbruik substantieel daalt.

# Directe ontvochtigingscyclus minder gevoelig



Ontvochtiging op basis van condensatie aan een koud oppervlak biedt dus goede perspectieven voor een fossiel-vrije teelt, maar heeft wel als nadeel dat de capaciteit flink terugloopt bij lagere luchtvochtigheid of een lagere kasluchttemperatuur. Dit is goed te zien in de resultaten van een model wat de ontvochtigingscapaciteit van een warmtewisselaar weergeeft als functie van luchtdebieten, watertemperaturen en kasluchtcondities. Dit model is ontwikkeld voor het project Next Generation Semigesloten Kas.

De grafieken laten zien dat een systeem bestaande uit slurven met een diameter van 40 cm (2 slurven per kap van 8 meter) en een lucht-circulatiecapaciteit van 10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> uur) onder de ontwerpcondities van 18 °C, en 83% RV ongeveer 15 gram vocht per m<sup>2</sup> per uur kon afvoeren.

De grafiek laat zien hoe die capaciteit verandert bij verandering van temperatuur en luchtvochtigheid.

In hetzelfde plaatje staat ook de capaciteit van een installatie op basis van ontvochtiging met directe omzetting van vocht in warmte (in dit geval DryGair). Het is goed te zien dat de capaciteit van zo'n machine veel minder terugloopt bij lagere luchtvochtigheid of temperatuur. Maar omgekeerd loop de capaciteit ook minder op bij een hogere temperatuur of luchtvochtigheid.

Dank!

Vragen?



Ministerie van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit

