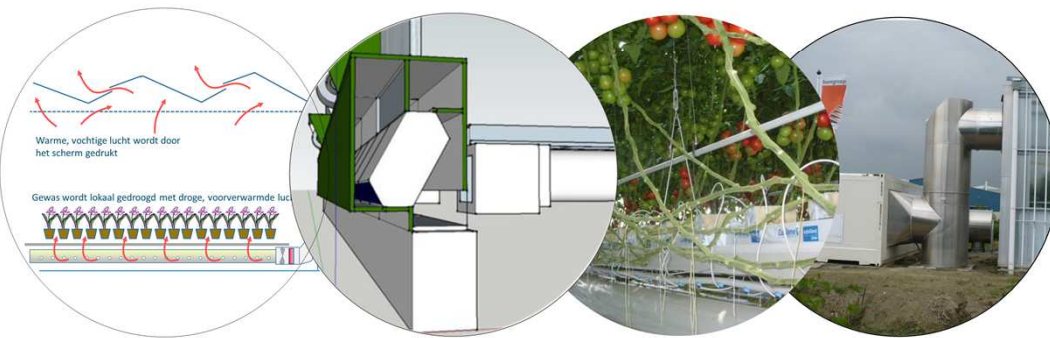


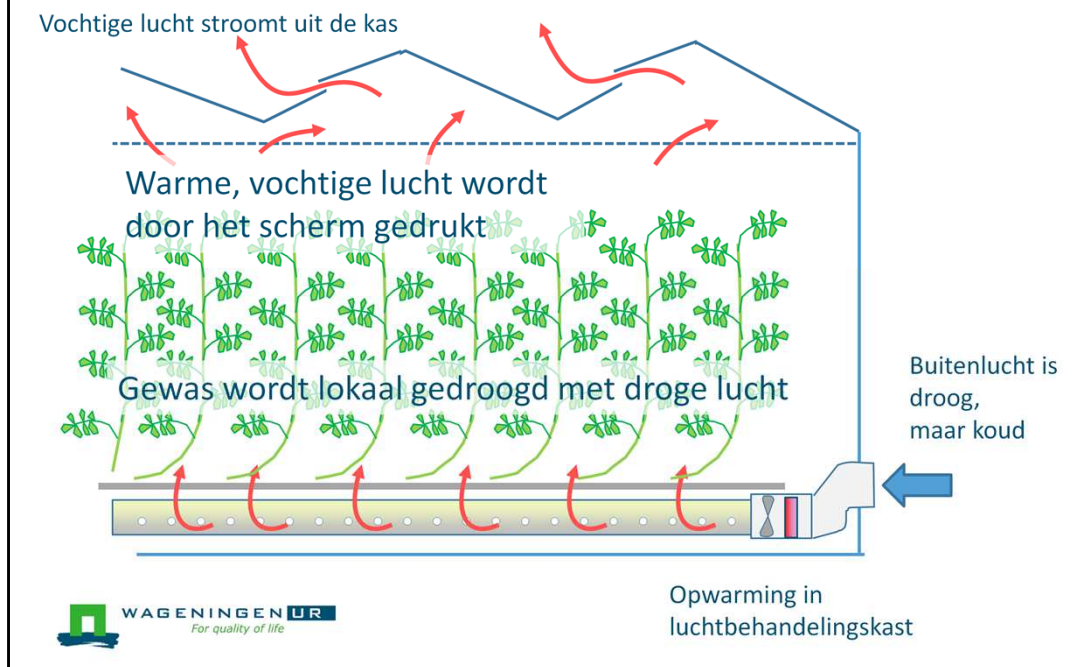
Ontvochtiging, de energie van waterdamp

Feije de Zwart



Deze presentatie is gegeven op de Studiemiddag 'Telen onder isolerend glas' in de ontvangstruimte van de nieuwe ID-kas van Duijvestijn tomaten. Door nieuwe inzichten in Het Nieuwe Telen zijn er steeds meer technieken ontwikkeld om het vocht af te voeren. Feije de Zwart licht de laatste ontwikkelingen en mogelijkheden op dit gebied toe.

Buitenluchtaanzuiging als uitgangspunt

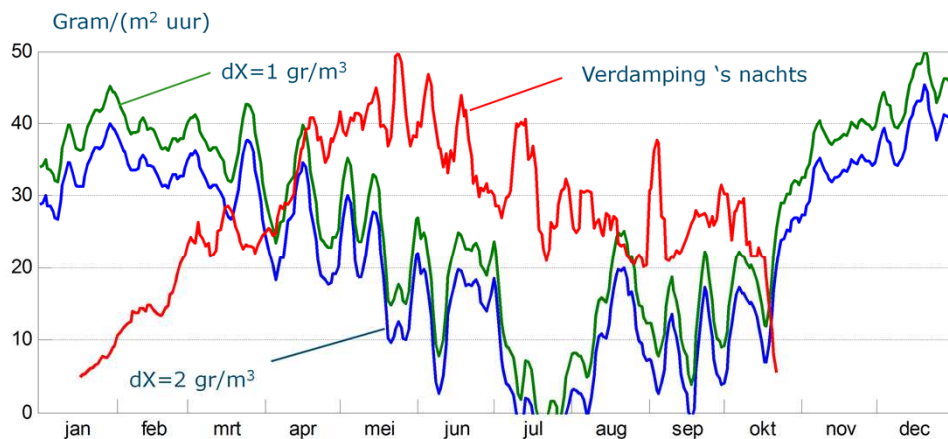


In de afgelopen jaren is een systeem met buitenluchtaanzuiging de standaard geworden. Hierdoor is de klimaatregeling verschoven van een grove regeling met minimum buis en minimum raam naar een verfijnde regeling waarin niet meer vocht wordt afgevoerd dan nodig.

Door de verbeterde vochtbeheersingsmogelijkheid kan er veel intensiever geschermd worden.

De combinatie van al deze maatregelen leidt tot energiebesparingspercentages van 25 tot wel 40%. Je zou kunnen zeggen dat het de buitenluchtaanzuiging is die dat heeft bewerkstelligd, maar eigenlijk is het de buitenluchtaanzuiging die andere maatregelend mogelijk maakt. Een buitenluchtaanzuigingsysteem zonder dat je de minimumbuis verlaagt kost alleen maar meer energie.

Ontvochtigingscapaciteit buitenlucht



Kasluchttemp: 17 °C

Luchtdebiet: 5 m³/(m² uur)



Vooraf in het voor- en najaar kun je met een buitenluchtaanzuigingsysteem met een bescheiden capaciteit genoeg vocht afvoeren om de verdamping van een groentegewas (hier tomaat) bij te houden.

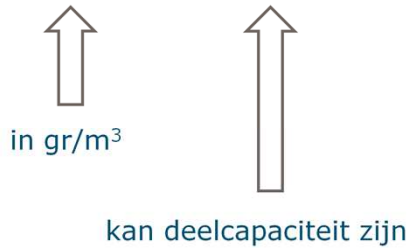
Vanaf april tot half oktober is de verdamping van het gewas al gauw meer dan wat zo'n installatie kan afvoeren, maar in die periode van het jaar hoef je niet veel meer te stoken en staan de ramen vaak toch al open voor de verlaging van de etmaaltemperatuur.

De grafiek laat ook zien dat het accepteren van een hoge luchtvochtigheid een duidelijke toename van de capaciteit oplevert.

De capaciteiten zijn ook hoger wanneer de kasluchttemperatuur hoger is dan de 17 °C die in dit plaatje wordt vermeld.

Buitenluchtaanzuiging geeft controle

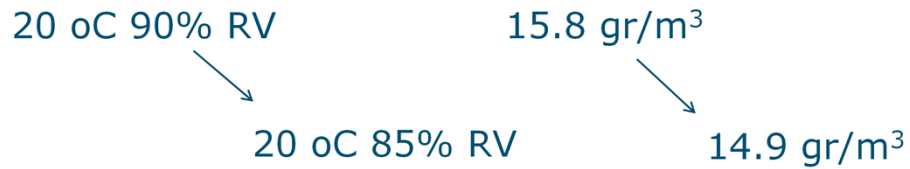
$\Delta X \cdot \text{capaciteit} = \text{minimale vochtafvoer}$



Het mooie van zo'n buitenluchtaanzuigingssysteem is dat waar je vroeger bij het gebruik van ramen en stoken om vocht af te voeren eigenlijk niet wist hoeveel de plant op dat moment verdampte (tenzij je een weggoot gebruikte), dat je nu met een simpel formuleetje altijd weet hoeveel vocht je via de buitenlucht aanzuiging afvoert.

Het gaat in deze formule wel om de uitwisselingscapaciteit met buitenlucht. Bij veel installaties kan dit een deel van de totale luchtcirculatie zijn doordat in de LBK buitenlucht wordt gemengd met kaslucht.

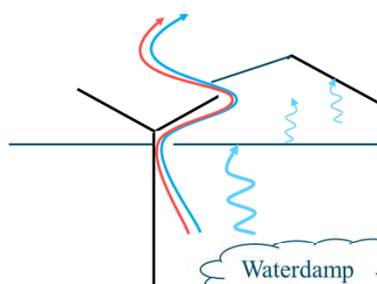
Dynamische effecten?



Bij 7 m³ lucht per m² kas → 7 gram vochtafvoer

De afvoer van vocht naar buiten hoeft niet gelijk te zijn aan de verdamping. Het kan immers ook zijn dat de kaslucht vochtiger of droger aan het worden is. In het eerste geval is de afvoer naar buiten kleiner dan de verdamping en in het tweede geval is de vochtafvoer groter dan de verdamping. Het verschil in de absolute hoeveelheid vocht in de kas tussen vochtige en droge lucht is echter maar een paar gram per m³ dus de verwaarlozing die je maakt bij de stelling vocht-afvoer = verdamping is maar heel klein. Het absoluut vochniveau in een kas verandert immers altijd maar een klein beetje.

Hoeveel stookenergie gaat er door de ramen



Belichte teelt (roos)		Onbelichte teelt (tomaat)	
'droog' (80% RV)	'nat' (85%RV)	'droog' (85%RV)	'nat' (90% RV)
16.1 m ³ /m ²	9.9 m ³ /m ²	8.7 m ³ /m ²	3.9 m ³ /m ²

Verhouding tussen voelbare en latente warmte is vrijwel 1 op 1



Het afvoer van vocht kost echter altijd energie, ook als je dat met zo'n uitgiend buitenluchtsysteem doet. Maar om hoeveel energie gaat dat nou. In dit plaatje heb ik het alleen over de energie die door de ramen verdwijnt als het te vochtig is en niet te warm. Als de kas te warm is gaan de ramen namelijk open om warmte af te voeren, en daarbij gaat ook vocht mee. Die warmte komt dan echter van de zon of de lampen en tel ik niet mee in de stookenergie voor ontvochtiging.

Met behulp van een model heb ik berekend hoeveel warmte er de kas wordt uitgeblazen doordat er bij de ontvochtiging met een buitenlucht aanzuigstelsel warme en vochtige kaslucht wordt vervangen door koude en droge buitenlucht.

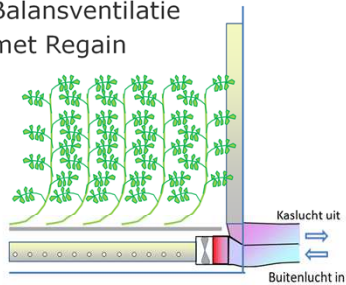
Het staatje laat zien dat dit bij een belichte teelt meer is dan bij een onbelichte teelt en dat dit bij een droog geteeld gewas meer is dan bij een vochtig geteeld gewas.

Allemaal logisch, maar ik heb deze getallen nodig om het energiebesparingspotentieel van de energiezuinige ontvochtiging uit te kunnen leggen.

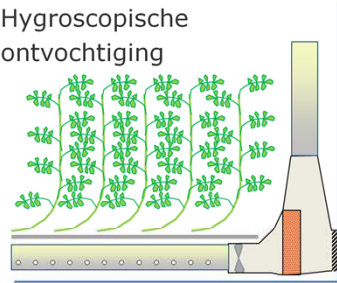
Berekeningen laten zien dat door de bank genomen de verhouding tussen de hoeveelheid voelbare en latente warmte die afgevoerd wordt 50-50 is.

Bij energiezuinige ontvochtiging proberen we die warmte binnen te houden

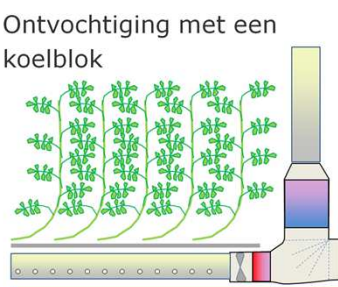
Balansventilatie met Regain



Hygroscopische ontvochtiging

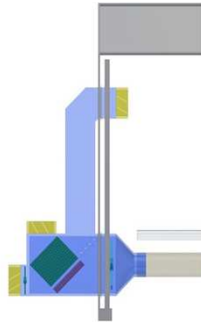


Ontvochtiging met een koelblok



Als ik het ontvochtigingsproces energiezuiniger wil maken kan ik dus proberen om die warmte die onbedoeld via de ramen verdwijnt in de kas te houden. Op dit moment zijn er hiervoor 3 systemen min of meer beschikbaar.

Balansventilatie met Regain → terugwinning van voelbare warmte



Het eerste systeem is het Regain systeem waarbij voelbare warmte kan worden teruggewonnen

U ziet hier een aantal praktische uitvoeringsvormen daarvan.

Bij zo'n regain unit wordt de ingaande koude buitenlucht via een lucht/lucht wisselaar geleid langs de uitstromende warme en vochtige kaslucht.

Balansventilatie met Regain

→ terugwinning van voelbare warmte

m ³ /m ²	Belichte teelt (roos)		Onbelichte teelt (tomaat)	
	'droog' (80% RV)	'nat' (85%RV)	'droog' (85%RV)	'nat' (90% RV)
Totaal verlies via LBK	16.1	9.9	8.7	3.9
Theoretisch max	7.9	4.6	4.2	2.1
Praktisch max	6.4	3.6	3.4	1.7
In de praktijk	2.5	0.8	3.1	1.6

Effect is minder dan praktisch max door: - extra stroomverbruik
- warmte niet altijd nuttig te gebruiken
(vooral bij belichte teelt met WKK)



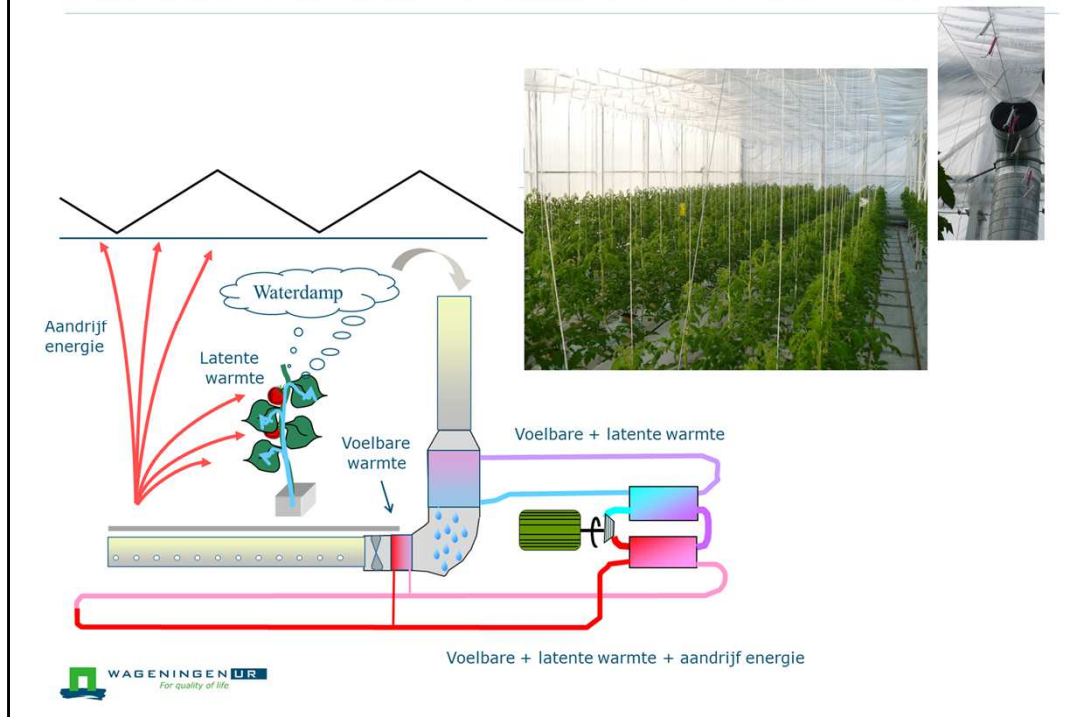
De theoretisch maximale hoeveelheid warmte die daarmee binnen kan worden gehouden is gelijk aan het voelbare warmteverlies. De instromende lucht kan immers niet warmer worden dan de uitstromende kaslucht.

Je hebt daarvoor echter een heel grote warmtewisselaar nodig, dus praktisch gesproken is een 80% terugwinning van voelbare warmte reeel. Dit betekent dat bij een kasluchttemperatuur van bijvoorbeeld 20 oC en een buitenluchttemperatuur van 10 oC de instromende lucht op 18 oC binnenkomt.

De werkelijke besparing in de praktijk is nog wat lager dan dat praktisch maximum. In de belichte teelten komt dat doordat lang niet altijd nuttig gebruik gemaakt kan worden van die teruggewonnen warmte. Belichting en de WKK (er is hier gerekend met 12000 lux belichting en een 400 kWe WKK) leveren immers sowiso warmte en als de ontvochtiging dan energiezuiniger wordt betekent dat lang niet altijd dat de WKK of de ketel minder gaan draaien.

In de onbelichte teelt is de besparing in de praktijk lager dan de besparing die de warmteterugwinning oplevert omdat een balansventilatiesysteem meer stroom verbruikt dan een eenvoudig buitenlucht aanzuigsysteem.

Next Generation → voelbare + latente warmte



In het Next Generation Systeem vindt de ontvochtiging van de kas intern plaats. Het overtollige vocht condenseert op een koelblok zodat de latente warmte in de kas blijft. In het koelblok wordt de lucht natuurlijk ook afgekoeld, maar ook deze warmte ben je niet kwijt, zoals dat wel gebeurt bij het ontvochtigen met buitenlucht aanzuiging. De voelbare en latente warmte die je bij ventileren met buitenlucht kwijtraakt aan de omgeving raak je met Next Generation kwijt aan de koelmachine, maar die geeft die warmte direct weer af aan de warme kant van de machine.

Op het fotootje kun je zien dat we in 2013, het jaar waarin we experimenteren met de Next Generation Semigesloten Kas hebben gedaan, de aanzuigopening van de installatie onder het foiliescherm hadden zitten. Een foiliescherm zonder perforatie, waardoor de luchtuitwisseling van de kas met buiten minimaal was.

Een soort warmtepomp droger



Standard droger
0.46 kWh/kg

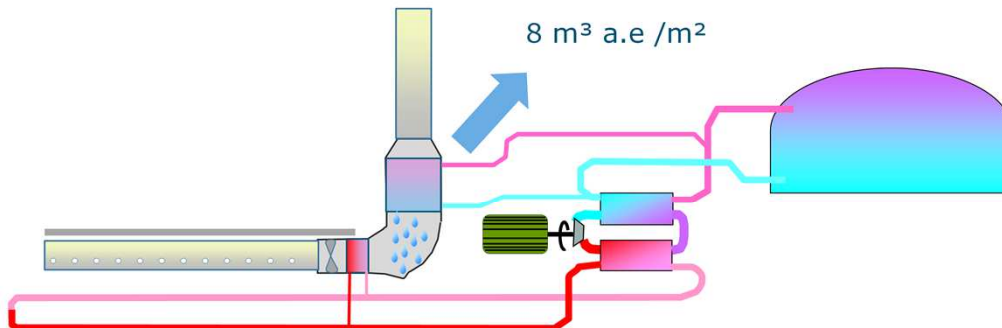


Warmtepomp droger
0.23 kWh/kg

Je zou de Next Generation Semigesloten kas kunnen zien als een warmtepomp droger. Een gewone kas wordt ontvochtigd op een manier die lijkt op een gewone wasdroger. Een gewone droger maakt warme lucht en blaast die warme lucht samen met het vocht naar buiten.

Een warmtepomp droger heeft een koelblok in de machine en geen uitlaat naar buiten. De voelbare en latente warmte blijft op deze manier in de droger en daardoor gebruikt deze machine twee keer zo weinig stroom per kg te grogen wasgoed als een standaard droger.

Koelblok geeft warmte uit afval (vocht)



Warmtevraag van de kas:

$27 \text{ m}^3 \text{ a.e. /m}^2$

hiervan wordt $8/27 = 30\%$ ingevuld door afval-warmte

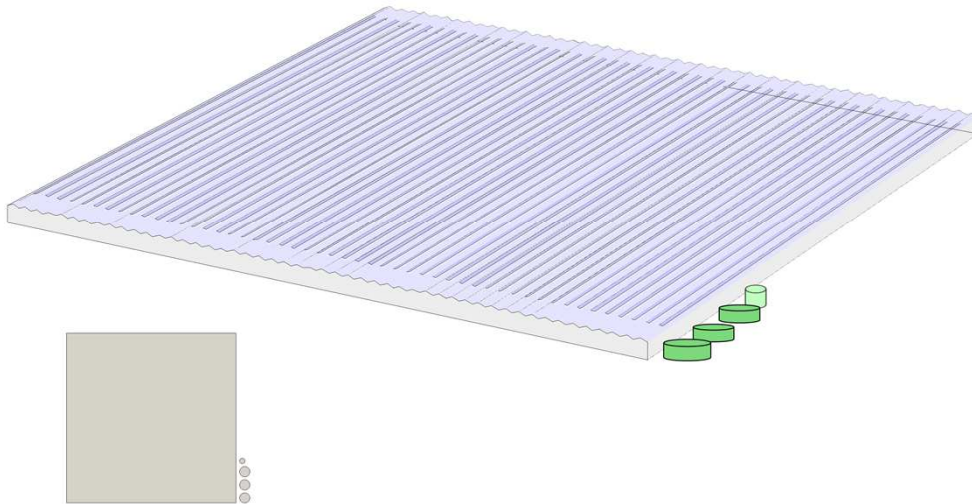
De latente en voelbare warmte die op het koelblok wordt afgegeven vormt in feite een bron van duurzame warmte waaraan de warmtepomp energie onttrekt.

Op jaarbasis levert dat in een groentekas ongeveer 8 m^3 aardgas equivalenten aan warmte.

De (hoogwaardige) energiebehoefte van de kas daalt met eenzelfde getal dus het besparingspotentieel van het Next Generation Semigesloten kas concept is 8 m^3 per m^2 per jaar.

De proefkas op het IDC heeft dan ook laten zien dat je met zo'n systeem prima tomaten kan telen bij een gasverbruik van om en nabij de 20 m^3 per m^2 per jaar.

Benodigde buffer: 200 m³/ha



Hiervoor is niet eens een aquifer nodig. 200 m³/ha buffercapaciteit in een ongeïsoleerde tank voor koud water is voldoende. Hier heb ik schetsmatig aangegeven hoe dit op een 4 ha met 3 tanks van 270 m³ er uit zou zien. Het systeem heeft ook een kleine hoog-temperatuur buffertank nodig voor tijdelijke WKK-overschotten. Ook dit is een kleine tank, want het WKK vermogen is klein, rond de 160 kW per ha.

Proeven bij Lans in Rilland



Parallel aan het onderzoek op het IDC in Bleiswijk is een soortgelijk systeem bestudeerd bij Lans in Rilland.

De prestaties van de installatie in Bleiswijk en in Rilland zijn vergelijkbaar. Ook in Rilland kon zo'n 60 liter vocht per m² per jaar worden gecondenseerd.

Installatie is alleen voor proef



 **WAGENINGENUR**
For quality of life

Het systeem bij Lans is gebaseerd op 2 slurven per 8 meter tralie zou in het echt ingepast kunnen worden met hierboven getoonde gevel-units.

Luchtbehandelingskast op IDC, Bleiswijk



In Bleiswijk is de luchtbehandelingskast daadwerkelijk in de kas ingebouwd. De bovengetoonde unit is goed voor 500 m².

Kas kan in de winter dicht blijven

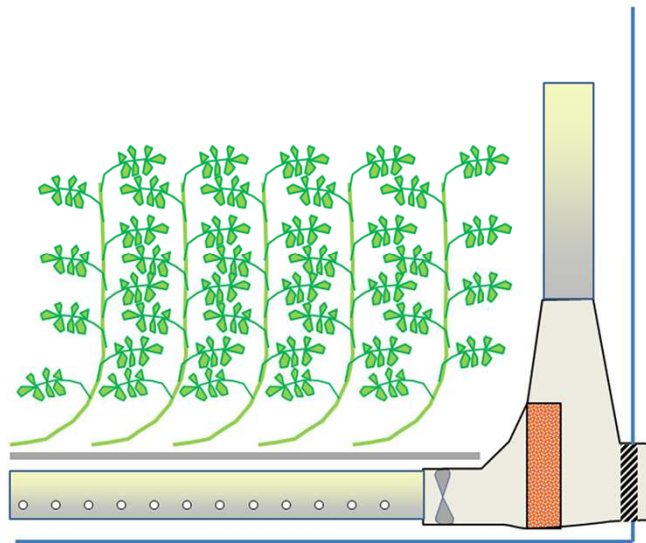


We konden in de winter de kas met deze interne ontvochtiging helemaal dicht houden, maar ik moet wel zeggen dat dat krap aan was. De RV lag heel vaak boven de 90% en dat terwijl het nog maar een jong gewas was.

Bij Lans in Rilland, waar het gewas veel eerder geplant was, was de ontvochtigingscapaciteit duidelijk te klein om van een gesloten kas te kunnen spreken. Bijna altijd was er daar een combinatie van ontvochtigen met de LBK en ontvochtigen met ramen.

Dat kwam behalve door het grotere gewas ook door het feit dat men daar simpelweg niet toestaat dat de luchtvochtigheid zo ver oploopt.

Hygroscopisch ontvochtigen



Het derde systeem is een heel nieuwe ontwikkeling

Hygroscopisch → voelbare + latente warmte



Vorig jaar zijn de eerste experimenten met hygroscopische ontvochtiging bij Lans in Zeeland uitgevoerd.

Het waren nog een beetje pioniersmetingen, met alle haken en ogen die daar bij horen, maar de potentie is aangetoond en de daar gebruikte apparaten en de metingen daaraan maken het mogelijk om goede verwachtingen over de werking in jaarrondbedrijf uit te spreken.

Hygroscopische ontvochtiging is bij Lans uitgevoerd als een soort pad&fan systeem, maar met het verschil dat een gewoon pad&fan systeem de lucht koelt en bevochtigt, terwijl een hygroscopisch pad&fan systeem de lucht juist ontvochtigt en verwarmt.

De zoutoplossing die gebruikt is, gewoon CaCl_2 , neemt het vocht uit de kaslucht op en wordt daarbij steeds wateriger.

Die circulerende oplossing moet daarom steeds worden geregenereerd en daarvoor is gebruik gemaakt van een vacuumverdamer.

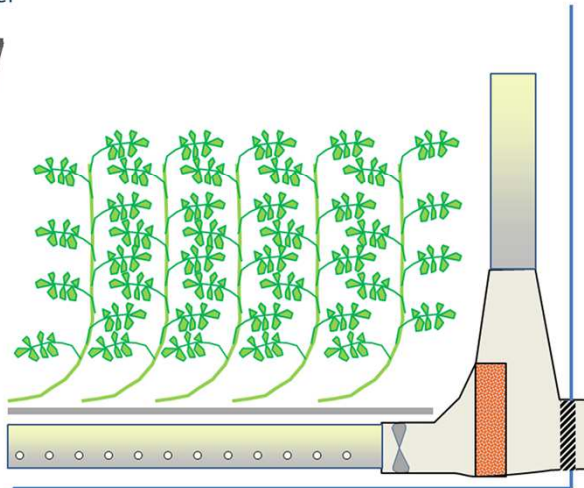
Hierdoor was het stroomverbruik voor de regeneratie vrij laag; rond de 10 kWh per m² kas per jaar

Hygroscopisch ontvochtigen?

Gewoon water

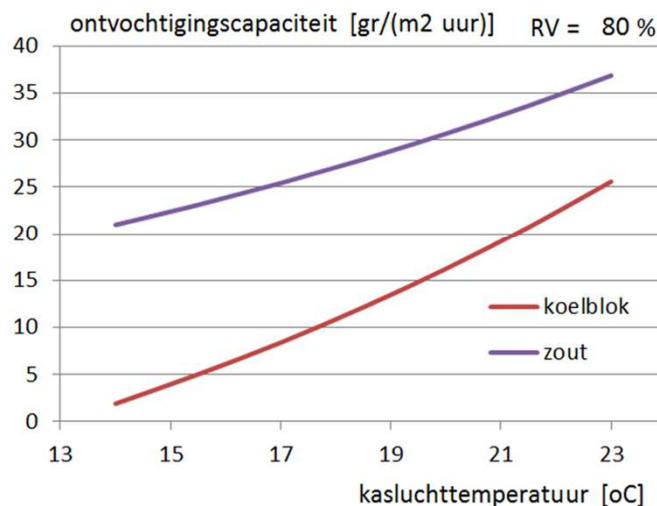


Heel zout water



De kern van het proces is dat waar lucht boven gewoon water de luchtvochtigheid krijgt die hoort bij een RV van 100% bij die watertemperatuur, maar dat lucht boven hygroscopisch zout een veel lagere luchtvochtigheid krijgt.

Hygroscopisch ontvochtigen?



Ervaringen die we met de proefopstelling bij Lans hebben opgedaan laten zien dat zo'n hygroscopisch systeem een behoorlijk hoger ontvochtigingscapaciteit via dezelfde slurven kan realiseren in vergelijking met ontvochtiging middels een koelblok.

Helaas hebben we hierover nog niet meer dan verwachtingen die gebaseerd zijn op wat proeven aan een proefinstallatie.

Als de installatie zich op grote schaal gedraagt zoals we op grond van de proeven verwachten dan zullen de besparingen die ermee gehaald kunnen worden vergelijkbaar zijn met de besparingen die met de Next generation Semigesloten kas kunnen worden behaald.

De installatie in de kas zal kleinere luchtslangen nodig hebben omdat de lucht droger kan worden gemaakt.

Daar staat tegenover dat er in het ketelhuis een regeneratie-unit moet worden geplaatst.

De vraag is dan natuurlijk of de totale installatie voor ontvochtiging op basis van zouten goedkoper en/of praktischer zal zijn dan een installatie op basis van een koelblok.

Hartelijk dank voor uw aandacht

Dank aan de financiers



Ministerie van Economische Zaken

Productschap  Tuinbouw



Rabobank

en de grote inzet van



Dan rest mij nu nog u te danken voor uw belangstelling en wil ik nog even de aandacht vestigen op de verschillende financiers die in deze onderzoeken een rol spelen.