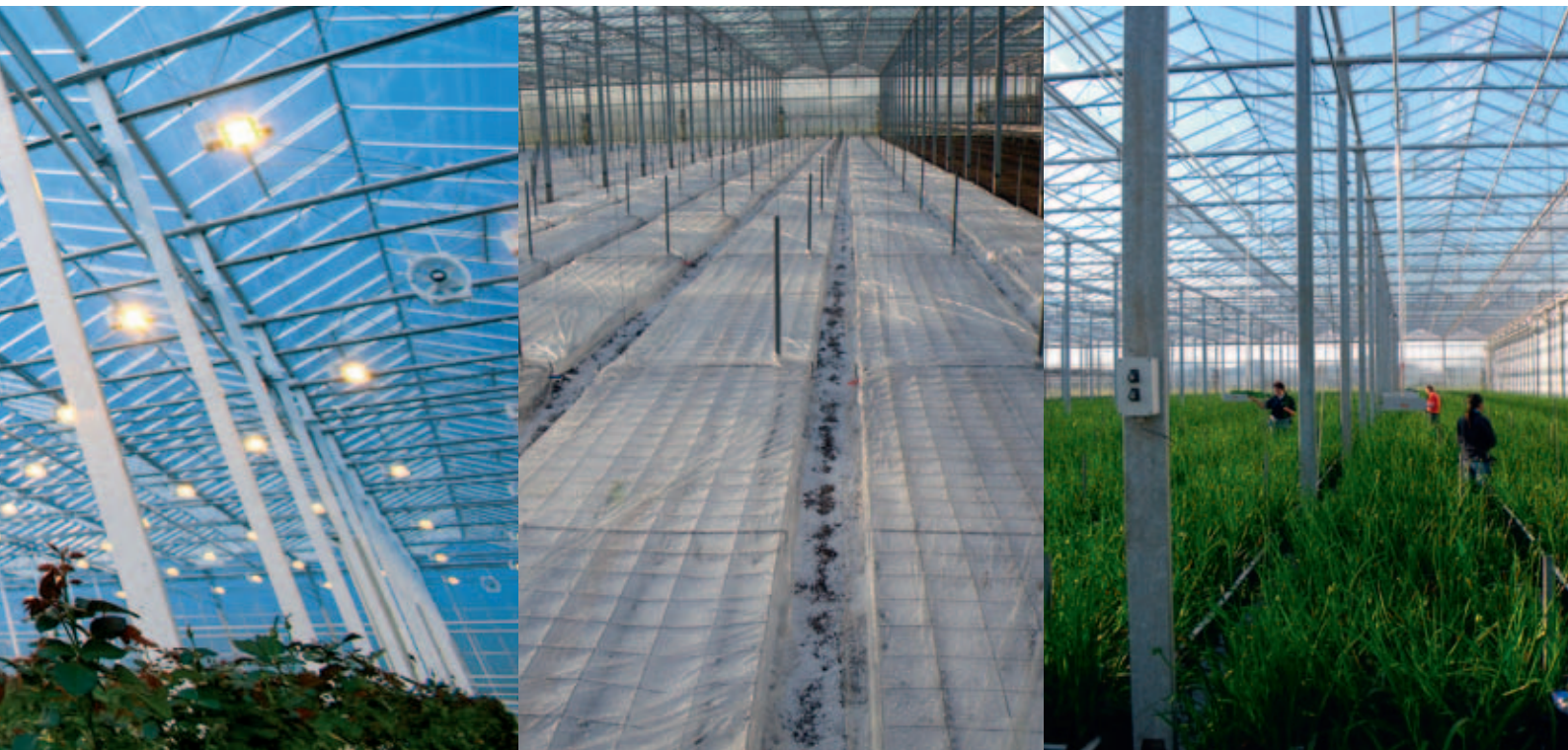




Het Nieuwe Telen Freesia

Ontwerp van een energiezuinig teeltconcept

Peter van Weel, Caroline Labrie, Frank van der Helm



Referaat

Wageningen UR Glastuinbouw heeft in opdracht van het PT en het ministerie van EL&I in het kader van Kas als Energiebron voorbereidend onderzoek gedaan naar een energiezuinig teeltconcept voor Freesia ("Het Nieuwe Telen"). De warmtevraag van de gangbare freesiateelt is berekend op 13 m³ a.e./m²/jaar; dit gaat vooral naar het op temperatuur houden van de kas en naar het afvoeren van vocht uit verdamping en de bodem. De mogelijke energiebesparing bij Freesia wordt ingeschat op 7 m³/m².jaar (excl. stomen en belichting). Dit is te bereiken met actieve ontvochtiging en het afdekken van de bodem.

Circa 3 m³/m² besparing is te realiseren is door via aangepaste isolatie en watergift de verdamping uit de bodem tegen te gaan. Het perspectief hiervan is in een experiment aangetoond zonder negatieve effecten op de groei.

Abstract

With funding of the Dutch Product Board of Horticulture and Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation, Wageningen UR Greenhouse Horticulture developed a concept of energy efficient growing of freesia. Dutch freesia growers use about 13 m³ a.e./m²/year; most of it for keeping the right temperature and for removing damp from evapotranspiration. Potential energy savings are estimated on 7 m³/m²/year. This can be achieved by using active dehumidification and isolation of the ground. Experiments showed the perspectives of isolation of the ground, without negative consequences for growth.

© 2011 Wageningen, Wageningen UR Glastuinbouw

Wageningen UR Glastuinbouw

Adres : Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk
: Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk
Tel. : 0317 - 48 56 06
Fax : 010 - 522 51 93
E-mail : glastuinbouw@wur.nl
Internet : www.glastuinbouw.wur.nl

Inhoudsopgave

	Voorwoord	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Het Nieuwe Telen	9
	1.2 Probleemstelling en achtergrond	9
	1.3 Doelstellingen	11
2	Werkwijze	13
	2.1 Ontwerpen teeltconcept	13
	2.2 Proeven met bodemafdekking	13
	2.2.1 Aanleiding proeven met bodemafdekking	13
	2.2.2 Proefopzet bodemafdekking	14
3	Resultaten	17
	3.1 Inleiding	17
	3.2 Algemene inschatting van effecten	17
	3.3 Besparingsopties	19
	3.4 Nadere uitwerking	22
	3.4.1 Opblaasbare isolatie	22
	3.4.2 Buitenlucht inblazen	23
	3.4.3 Bodem afdekken tegen verdamping	24
	3.4.4 Lampwarmte	25
	3.4.5 Warmtepomp en warmteopslag	25
	3.4.6 Energiescherm	26
	3.5 Verdeling verwarmingsenergie	26
	3.6 Kwantificering energiebesparing	27
	3.7 Additionele proef bodemafdekking	27
	3.7.1 Proeven voor inschatting van de verdamping	27
	3.7.2 Meting van bodemtemperaturen	28
	3.7.2.1 Metingen aan bovengronds klimaat	29
	3.7.2.2 Gewaswaarnemingen	34
	3.7.3 Conclusie uit proeven met bodemafdekking	35
4	Discussie en aanbevelingen	37
	4.1 Vervolgonderzoek met toepassing in de praktijk	37
5	Conclusies	39
6	Referenties	41

Voorwoord

Samenwerking tussen telers, voorlichters, onderzoekers en beleidsmedewerkers is nodig om nieuwe teeltsystemen tot stand te laten komen. Een woord van dank voor iedereen die heeft bijgedragen aan de totstandkoming van het teeltconcept voor Het Nieuwe Telen Freesia. Allereerst de financiers, het Ministerie van LNV en het Productschap Tuinbouw, vertegenwoordigd door de heren L. Oprel en de heren A. Dijkshoorn en D. Medema voor het vertrouwen.

De leden van de landelijke commissie Freesia van LTO Groeiservice voor het draagvlak. De heren van de begeleidingscommissie of 'Denktank freesia'; P. Penning, M. Mol, R. Gerichhausen, J. Zeestraten, B. Akerboom en teeltvoorlichter H. Pronk voor het leveren van de creatieve input in de brainstormsessies en het enthousiasme om met elkaar de freesiateelt te innoveren. A. van der Heijden van LTO Groeiservice voor het mede organiseren van de bijeenkomsten met de begeleidingscommissie. Feije de Zwart voor de modelberekeningen en ook andere collega's voor hun kennisbijdrage.

Peter van Weel
Caroline Labrie
Frank van der Helm

Bleiswijk, Juni 2011

Samenvatting

Vochtbeheersing speelt een belangrijke rol in het energieverbruik van koude teelten zoals freesia. De teelt van freesia vindt een gedeelte van het jaar plaats bij een lage temperatuur van 8 °C. Door deze lage temperatuur is de kans op condens en daarmee op botrytis erg groot. Noodgedwongen wordt dan de verwarming gebruikt om de bloemen zodanig te verwarmen dat zij het warmste object worden in de kas. Dat kost extra energie en gaat ten koste van productie en kwaliteit. De mogelijkheid van het tot kaslucht opgewarmde buitenlucht inblazen om te ontvochtigen, is in koude teelten zoals Freesia minder effectief dan in warmere teelten. Het temperatuurverschil tussen de gewenste kastemperatuur en de buitentemperatuur is immers kleiner. Er geldt dat hoe verder de buitenlucht opgewarmd kan worden, hoe droger deze wordt. De vraag is hoe de vochtproblemen voorkomen kunnen worden op een zo energiezuinig mogelijke en uiteindelijk rendabele manier.

Er is een energiezuinig teeltconcept ontwikkeld om voor snijbloemen met een zeer lage warmtebehoefte, met freesia als pilotgewas. Hierbij ligt de focus op inzet van energiezuinige technieken voor de vochtbeheersing doormiddel van gecontroleerde toediening van buitenlucht, in plaats van minimumbuis en vochtkierregelingen.

Om te bepalen waar de grootste energiebesparing vandaan te halen is, is berekend hoeveel verwarmingsenergie nodig is voor verwarming en ontvochtiging van de kaslucht. Hieruit blijkt dat 51% nodig is om de kas op temperatuur te houden. Het blok met de minimumbuis dat wordt ingezet om breekstelen te voorkomen komt 30 dagen per jaar voor en kost daarmee 3% van de energie. Het afvoeren van de gewasverdamping kost 23%. Het afvoeren van de verdamping vanuit de bodem is geschat op 23%. Het is belangrijk te realiseren dat water dat middels watergift de kas in komt, er ook weer uit moet via verdamping vanuit gewas en bodem. Deze vochtafvoer kost bij elkaar dus ca. 46% van de verwarmingsenergie.

Een aantal energiebesparende stappen en potentiële energie besparing zijn geanalyseerd:

- Het verminderen van de verdamping vanuit de kasgrond door afdekking en onderlangs water geven (Ca. 3 m³ m² jaar).
- Het beter isoleren van het bed in de teeltfasen waarin er nog nauwelijks gewas boven de grond is door opblaasbare bodemisolatie eerste teeltfase (max. 30-130 kWh).
- het inblazen van droge buitenlucht tussen het gewas. RV setpoint bij de meetbox verhogen van 85% naar 88% geeft een besparing van 2,6 m³ m² jaar.
- Het actief drogen van kaslucht zolang de buitentemperatuur hoger is dan de gewenste kastemperatuur doormiddel van ontvochtiging via koeling aan de gevel.
- De inzet van een warmtepomp gecombineerd met een warmte/koude opslag in het grondwater.

Als deze maatregelen blijken te werken is ook de toepassing van een energiescherm met een hogere isolatiewaarde denkbaar;

- Energiescherm in plaats van open scherm (Ca. 2 m³ m² jaar¹).
- Met transparant energiescherm ook overdag schermen bij lage buitentemperatuur (Ca. 0,5 m³ m² jaar¹).
- Energiescherm al <12°C sluiten in plaats van <5°C (etmaaltemperatuur gemiddeld 0,2°C hoger) (Ca. 0,5 m³ m² jaar¹).
- Indien luchtbeweging met verticale ventilatoren werkelijk breekstelen kan voorkomen, bespaart dit de inzet van het blok met de minimumbuis van ca. 0,5 m³ m² jaar. Daarnaast zou de buis minder ingezet kunnen worden vanwege de betere temperatuurverdeling door de ventilatoren, maar de luchtbeweging zou de verdamping ook juist kunnen stimuleren waardoor juist weer meer vocht in de kas komt dat weer afgevoerd moet worden. Verder onderzoek is vereist om deze effecten bij freesia te kunnen kwantificeren.

De maximaal mogelijke energiebesparing bij Freesia op de totale warmtebehoefte wordt ingeschat op 7 m³/m².jaar (50%, excl. stomen en belichting), maar dit is afhankelijk van de effecten op het gewas. De effecten van actieve ontvochtiging en het afdekken van de bodem op de gewasgroei van Freesia zijn nog niet bekend.

Het inbrengen van opgewarmde buitenlucht lijkt dus een voordehand liggende maatregel. De lage teelttemperatuur veroorzaakt echter dat dit bij Freesia vaak niet effectief is. Doordat het temperatuurverschil tussen kaslucht en buitenlucht vaak maar klein is, is het drogende effect van de nauwelijks opgewarmde buitenlucht ongeveer de helft van de tijd te klein. Een alternatief is de lucht extra te drogen door een proces van koeling en opwarming. Om het benodigde debiet voor het inblazen van lucht bij freesia te halen zijn minimaal 4 slurven van 120 mm nodig. De praktische inpassing in de kas is in deze inventarisatie niet duidelijk geworden.

Uit de inventarisatie van HNT Freesia blijkt dat ca. 3 m³/m² besparing te realiseren is door de toevoer van vocht te beperken. Dit door via aangepaste isolatie en watergift verdamping vanuit de bodem tegen te gaan. Bijkomend voordeel is dat hiermee ook energiebesparing bereikt kan worden op bodemverwarming en koeling. Een proef met verschillende materialen toont aan dat het mogelijk is de bodem te isoleren tegen verdamping en warmteverlies/opwarming zonder negatieve effecten op de groei van Freesia.

Dit onderzoek is gefinancierd door Productschap Tuinbouw en Ministerie van LNV binnen het programma Kas als Energiebron.

1 Inleiding

Dit onderzoek maakt onderdeel uit van het programma Kas als Energiebron, welke wordt gefinancierd door het ministerie van LNV en Productschap Tuinbouw. Binnen dit programma valt dit onderzoek in het transitiepad teeltstrategieën. Doel van dit programma is dat bestaande glastuinbouwbedrijven kunnen profiteren van nieuwe inzichten en zo met zo laag mogelijke investeringen kunnen besparen op het energieverbruik. Plant en teelttechniek staan hierbij centraal.

1.1 Het Nieuwe Telen

“Het Nieuwe Telen” is volgens definitie van het programma “Kas als energiebron” substantieel energiezuiniger telen, waarbij plant en teelttechniek centraal staan, met inzet van technieken om de warmtevraag te beperken en een optimaal teeltklimaat te handhaven. Het Nieuwe Telen combineert kennis vanuit (semi-) gesloten kassen en traditionele teeltwijze, tot een economisch verantwoorde wijze van geconditioneerd telen. De inzet van technieken kan stapsgewijs op bedrijfsniveau plaatsvinden.

Kenmerkend voor “Het Nieuwe Telen” zijn de volgende aspecten:

1. Vermindering van de energievraag. Bijvoorbeeld vermindering van de warmtevraag door intensieve isolatie met energieschermen. Intensief betekent zowel meer uren schermen, meerdere schermen toepassen als beter isolerende schermen inzetten. Andere voorbeelden om de energievraag te verminderen zijn efficiënter koelen en belichten.
2. Inzet van energiezuinige technieken voor de vochtbeheersing, met name gecontroleerde toediening van (droge) buitenlucht, in plaats van minimumbuis en vochtkierregelingen.
3. Telen met de natuur (licht en buitentemperatuur) mee: lichtafhankelijke temperatuurintegratie, aanpassing van plant- en oogstdata en meer licht toelaten door inzet van koeling.
4. Vermindering van de ventilatie door luchtbevochtiging, zodat de plant beter CO₂ kan opnemen.
5. Verbetering van de temperatuur en vochtverdeling in de kas door gecontroleerde luchtbeweging.
6. Inzet van actieve koeling waarbij de verzamelde warmte op het eigenbedrijf nuttig kan worden toegepast (duurzame benutting van zonne-energie). Een alternatief is om niet te koelen maar direct duurzame warmtebronnen te benutten, bijvoorbeeld aardwarmte.

(Kas als Energiebron, 2010).

Afhankelijk van het gewas, dragen de verschillende maatregelen anders bij aan de potentiële energiebesparing. Ook kunnen bepaalde maatregelen ongeschikt zijn voor een gewas. Met een kasklimaat simulatiemodel, zoals KASPRO, kunnen de verschillende maatregelen doorgerekend worden. Uitgaande van de fysiologie van het gewas, kunnen verwachtingen worden geformuleerd ten aanzien van productie en kwaliteit.

1.2 Probleemstelling en achtergrond

De teelt van freesia en andere relatief koud geteelde snijbloemen als anjer vindt een gedeelte van het jaar plaats bij een lage temperatuur van 8 °C. Door deze lage temperatuur is de kans op condens en daarmee op botrytis erg groot. Noodgedwongen wordt dan de verwarming gebruikt om de bloemen zodanig te verwarmen dat zij het warmste object worden in de kas. Dat kost extra energie en gaat ten koste van productie en kwaliteit. De mogelijkheid van het tot kaslucht opgewarmde buitenlucht inblazen om te ontvochtigen, is in koude teelten zoals Freesia en Anjer minder effectief dan in warmere teelten. De gewenste kastemperatuur van 8 a 10°C is meestal lager dan de buitentemperatuur.

Uit het recent afgeronde onderzoek 'Energiezuinig teeltsysteem snijbloemen' (Labrie en De Zwart, 2010) kwam uit de voorstudie en de bijbehorende workshop dat in de echt koude teelten zoals Freesia en Anjer de vochtbeheersing een zeer belangrijke rol speelt. Alstroemeria was in deze studie pilotgewas, waarbij een etmaaltemperatuur van 16°C etmaal de buitenluchtaanruiging een goede methode bleek voor vochtbeheersing. Het ontworpen en getoetste teeltconcept voor Alstroemeria is echter nog niet één op één toepasbaar voor Freesia en Anjer door de nog lagere temperaturen in vergelijking met Alstroemeria. Bij koude gewassen als sla bleek een systeem met luchtslangen voor onvoldoende ontvochtiging te zorgen omdat het gewas dicht op de bodem ligt en deze geheel bedekt (Campen en Sapunas, in press). Bij Freesia en Anjer is dit niet het geval en bieden luchtslangen nog wel potentie. Ten opzichte van Alstroemeria lijkt hierbij wel een uitgebreidere mogelijkheid voor ontvochtiging vereist. De vraag is hoe de vochtproblemen voorkomen kunnen worden op een zo energiezuinig mogelijke en uiteindelijk rendabele manier.

De gedachte bestaat dat door het ventileren met buitenlucht, gecombineerd met goed schermgebruik de vocht gerelateerde problemen, zoals botrytis, opgelost kunnen worden. Omdat voor dit systeem warmtewisselaars geïnstalleerd worden die bij een relatief lage watertemperatuur voldoende warmte afgeven kan een warmtepomp worden ingezet met een hoge COP. Daardoor komen de hoogste en de laagste te leveren watertemperatuur van de warmtepomp dicht bij elkaar. Door dit gunstige temperatuurniveau en de lage gevraagde warmtesom komen andere warmteopslagsystemen in beeld dan de dure aquifers. Deze aannames zijn nog niet proefondervindelijk aangetoond.

De RV in de freesiateelt bedraagt in de meetbox bij 8 °C vaak rond de 90%. Theoretisch is er dan geen aanleiding tot de veronderstelling dat langdurig hoge luchtvochtigheden of zelfs condens bij de bloemen of de bladeren te verwachten zijn. Toch zijn er aanwijzingen dat die omstandigheden wel degelijk optreden. Recent is bij gerbera vastgesteld dat door de uitstraling van de plant naar een koude hemel (open schermdoek) bepaalde plantonderdelen gemakkelijk een halve graad kouder kunnen zijn dan de meetbox aangeeft. Stel dat dit bij freesia ook zo is, dan is het volgens het Mollier diagram zo dat bij dergelijke lage temperaturen een dergelijk temperatuurverschil al tot condensatie kan leiden. Bij 8 °C en 90% RV ligt het dauwpunt op 6,3 °C en bij 98% RV al op 7,7 °C. Zeker daar waar blad of bloemblaadjes dicht op elkaar liggen is de aanname dat de RV daar lokaal hoger ligt door de slechte vochttafvoer gerechtvaardigd. Daar komt nog bij dat door het nauwelijks stoken de luchtbeweging rondom die plekken ook nog eens laag is.

Ontvochtigen met buitenlucht heeft in de ogen van telers geen zin gezien de kleine verschillen tussen kaslucht en buitenlucht. De vraag is in hoe vaak dit gebeurt. Zo gauw als de buitentemperatuur boven de kastemperatuur ligt wel. Maar in dat geval zou de warmtewisselaar in de gevel gebruikt kunnen worden als ontvochtiger. Is de buitenlucht bijvoorbeeld 15 graden bij 90% RV, dan zal bij afkoeling naar 13,5 °C al condensatie optreden. Bij verdere afkoeling naar 5 °C en vervolgens weer opwarmen naar 8 °C resteert er een RV van 83%.

Is de buitenlucht kouder dan de kaslucht, dan is er geen koeling nodig, maar juist verwarming. Buitenlucht van 6 °C met een RV van 90% heeft na opwarming tot 8 °C een RV van 80%.

Bij freesia wordt ook energie gebruikt voor bodemkoeling en bodemverwarming. In teelten met bodemkoeling is ook een kleine hoeveelheid energie te besparen door de bodem te koelen met koelwater van een hogere temperatuur dan gebruikelijk door meer koelwater toe te passen. Hierdoor wordt de bodemtemperatuur en daarmee de knopinductie ook uniformer (Labrie en Raaphorst, 2009). Bij freesia wordt bodemkoeling toegepast van mei t/m september. Dan wordt een bodemtemperatuur van 15 °C gehandhaafd door slangen in de bodem. Buiten die periode kan de bodem ook naar 15 °C verwarmd worden met hetzelfde slangenbed. De benodigde koude voor de bodemkoeling wordt vaak geleverd door een warmtepomp. Een dergelijke machine levert gelijktijdig warmte op. Door de hoge kosten van warmteopslag en de relatief geringe warmtevraag van de freesiateelt wordt deze warmte veelal geloosd bij gebrek aan een aquifer. Door een koppeling tussen de buitenluchtventilatie (met ontvochtiging of verwarming) en de koeling kan een centrale warmte/koude buffer zinvol zijn. Omdat de totale energievraag erg laag zal worden (< 10 a.e.q/m²/jaar) komen hoog gelegen opslagsystemen, met een beperkt volume, in beeld. Te denken valt aan een buffer onder de kas van ongeveer 3m hoogte gevuld met water of zout (PCM) of een veel kleiner volume aan thermochemische opslag in een hydraat. Schermdoeken functioneren in dit geval niet alleen bij verwarmen maar ook bij koelen van de bodem. De warmte die bij koelen en ontvochtigen wordt geproduceerd met een warmtepomp kan met een hoog rendement in de buitenlucht aanruiging worden gebruikt. De benodigde koude kan in de winter gegenereerd worden met buitenlucht, door gebruik te maken van de warmtewisselaars in de buitenlucht aanruiging.

1.3 Doelstellingen

Algemeen doel is kennis genereren over manieren, technieken en methodes om energie te besparen. De ondernemer beslist of hij met de opgedane kennis energie bespaart of zijn energie-efficiency verhoogt.

Technische doelstellingen

- Ontwikkelen en toetsen van een energiezuinig integraal teeltconcept voor snijbloemen met een zeer lage warmtebehoefte, met freesia als pilotgewas. Hierbij ligt de focus op inzet van energiezuinige technieken voor de vochtbeheersing doormiddel van gecontroleerde toediening van buitenlucht, in plaats van minimumbuis en vochtkierregelingen.
- De energiebesparende maatregelen binnen het concept moeten toegepast kunnen worden met minimaal behoud van productie en kwaliteit.
- De verschillende componenten binnen het concept moeten eventueel als los component door telers toegepast kunnen worden op korte termijn en met rendabele investeringen.

Energiedoelstellingen

Theoretische reductie van het gas- en elektraverbruik ten behoeve van verwarming, ontvochtiging, CO₂ en bodemkoeling/verwarming met 45%. Dit door toepassing van een warmtepomp met een hoge COP waarde waarbij gebruik en productie van warmte en koude met behulp van laagwaardige warmteopslagsysteem zoveel mogelijk in balans wordt gebracht. Deze dienen te zorgen voor voldoende ontvochtiging en een afname in gasverbruik voor klimaatregeling van de kas, zonder extra te gaan belichten.

Nevendoelstellingen

- Verbetering van het rendement van de bedrijfsvoering van teeltbedrijven.
- Door beperkte ventilatie voor ontvochtiging minder verlies van gedoseerde CO₂ van najaar tot het vroege voorjaar met potentie voor productieverhoging.
- Door beperkte ventilatie door verneveling minder verlies van gedoseerde CO₂ in voorjaar en zomer met potentie voor productieverhoging.

2 Werkwijze

2.1 Ontwerpen teeltconcept

- Aan de hand van een deskstudie en in samenspraak met experts is een energiezuinig teeltconcept ontworpen voor freesia, als pilotgewas voor snijbloemen met een zeer lage warmtebehoefte en vochtproblemen. Deze experts bestaan uit freesiatelers, een teeltvoorlichter freesia en onderzoekers met kennis op het gebied van de teelt van freesia, kasklimaat, energiebesparing, tuinbouwtechniek en het ontwerpen van teeltconcepten voor Het Nieuwe Telen. Er zijn zes bijeenkomsten geweest.
- De absolute energiebesparing van het teeltconcept ten opzichte van de referentiesituatie is berekend met behulp van het kasklimaat model KASPRO. Hierbij is gebruik gemaakt van buitenklimaat omstandigheden van het zogenaamde SEL jaar.
- In de berekeningen is uitgegaan van een concrete situatie, een modern freesiabedrijf, met de standaard teeltwijze als referentie. Deze referentie is vastgesteld aan de hand van KWIN en in overleg met de BCO en landelijke commissies.
- De terugverdientijd van de investeringen in energiebesparende componenten is berekend, gebaseerd op de besparing in energiekosten.
- Er is een workshop gegeven voor telers van betrokken gewassen en andere geïnteresseerden, bestaande uit presentatie van de resultaten van fase 1 en informatievoorziening en discussie over de implementatie van deze resultaten.

2.2 Proeven met bodemafdekking

2.2.1 Aanleiding proeven met bodemafdekking

Naar aanleiding van de berekeningen lijkt het voor freesia van belang om de inbreng van vocht vanuit de bodem tegen te gaan. In een brainstormsessie zijn een aantal mogelijkheden naar voren gekomen. Omdat hier nog weinig over bekend is, is besloten om aansluitend op het ontwerpen van een teeltconcept enkele typen bodemafdekking nader te onderzoeken met als doel om:

1. Vochtaanvoer door verdamping vanuit bodem tegen te gaan
2. de eerste 8 weken van de teelt de bodem te isoleren om een egale bodemtemperatuur te realiseren op een energiezuinige manier.

In onderstaande tabel zijn de in de brainstormsessie genoemde mogelijkheden weergegeven en daarbij de verwachting in hoeverre deze voldoen aan de gestelde eisen. Naar aanleiding hiervan zijn met de denktank freesia vijf concepten gekozen om uit te testen. Deze zijn dikgedrukt in de tabel.

Tabel 1. Concepten voor bodem afdekking.

Concept afdekking / Functie-eisen	Verdamping vanuit bodem tegengaan	Bodemtemperatuurisolatie	Planten met plantmachine mogelijk	Rooten van knollen mogelijk	Egale bodemtemperatuur bij knollen	Uitwisseling O ₂ , CO ₂ en ethyleen bodem-lucht mogelijk	Stomen materiaal mogelijk	of hijsbaar waardoor stomen mogelijk	Hergebruik materiaal mogelijk of geen restproduct na stomen	Ziekterisico beperkt	Kosten beperkt	Totaalscore
Styromull afsluiten met veenlijm	+ / -	+	++	++	+	+	+		+	+	+	11
Geheel afdekken met isolerend plastic met plantgaten	++	+	-	-	+/-	-		+	+	+/-	+	3
Biologisch afbreekbaar vulmateriaal strooien	+	+	++	++	+	+ / -	+ / -		+	+ / -	+	10
Geheel afdekken met plastic stroken	+ / -	+ / -	+	+	+ / -	+		+	+	+ / -	+	6
Folietunnel met buitenluchtaanzuiging	-	+ / -	+	+	+	+		+	+	+	-	5
Volvelds luchtslangen (wit)	+	++	+	+	+	+		+	+	-	-	7
Volvelds luchtslangen met luchtbeveiliging	+	++	+	+	+	+		+	+	+	-	9

2.2.2 Proefopzet bodemafdekking

Aan het onderzoek gingen drie onderzoeksvragen vooraf:

Onderzoeksvraag 1: hoeveel verdamping is er vanuit de bodem bij de geselecteerde afdekmaterialen?

Dit is te meten door de bodem af te sluiten met een kasje, met RV-sensor en te meten hoe snel (bijna) verzadigingspunt is bereikt (duurt ca 2 uur, na elkaar te meten)

Onderzoeksvraag 2: Hoe reageert de jonge plant op het materiaal wat betreft langs het materiaal omhoog groeien, zichtbare schade door schadelijke stoffen vanuit de bodem of vanuit het materiaal, schade door schimmels vanwege ongewenste condensvorming?

Onderzoeksvraag 3: Wat is de RV tussen het gewas bij de verschillende afdekmaterialen?

RV en temp tussen gewas is gemeten met Wysensis draadloze sensoren en bodemtemperatuurmeters.

Foto 1. Proef van de kweker met afdekken van bedden met freesia door transparant folie.

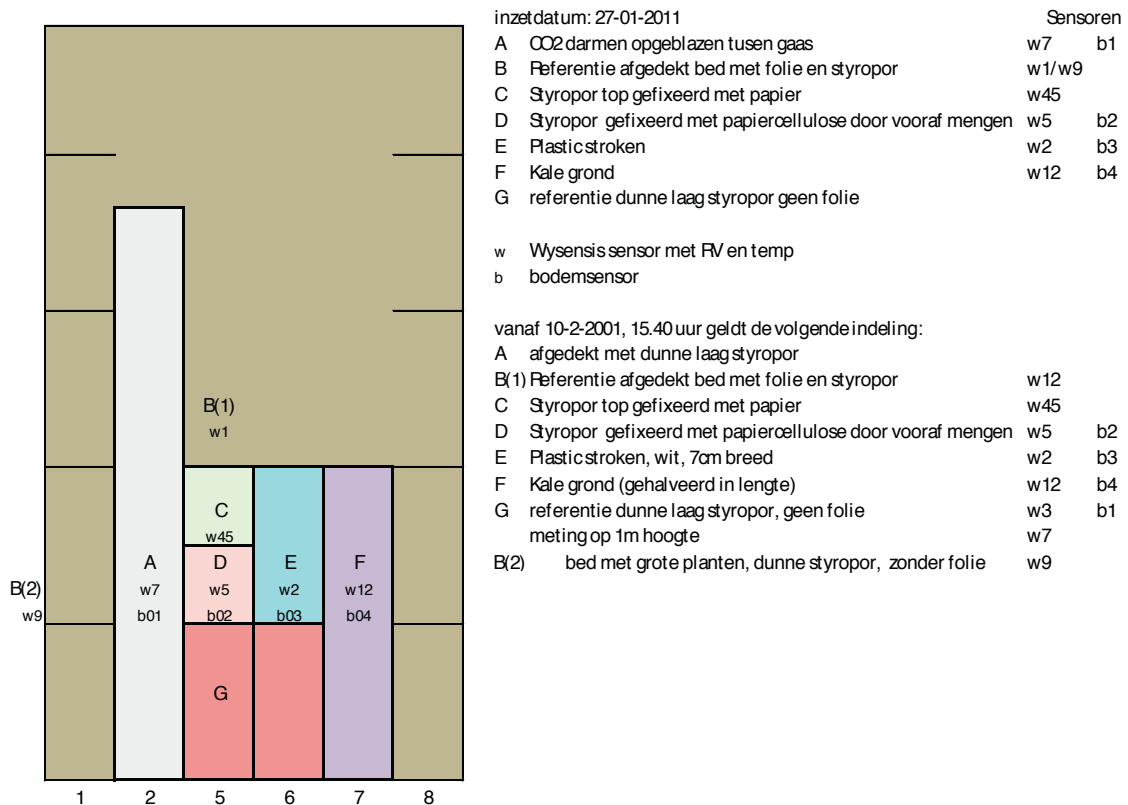


Voor het uittesten van de bodemafdekking zijn proefvakken van 2 meter aangelegd geselecteerde materialen:

- Kale grond (referentie)
- Styropor zoals in de praktijk (referentie)
- Styropor vermengd met papier
- Styropor los gestrooid met een toplaag papier
- plastic stroken
- volvelds afdekken met opblaasbare luchtslangen (wit)

Met draadloze Wysensis sensoren en bodemtemperatuurmeters is het klimaat gedurende de hele proef gevolgd. Een schematisch overzicht van de proef is hieronder weergegeven.

Foto 1. Proef van de kweker met afdekken van bedden met freesia door transparant folie.



Figuur 1. Schematisch overzicht van de proef met bodem afdekking.

Naast deze opties zijn in 2 kratten verschillende toepassingen getest van styropor en lijm. Een behandeling is volledig gemengd en de ander is over de top bespoten met een afbreekbare lijm.

Niet alle mogelijkheden uit de brainstormsessie zijn gerealiseerd. Sommige opties zijn vastgelopen op praktische uitvoerbaarheid zoals biologisch afbreekbaar vulmateriaal dat bij contact met water direct tot snot verviel.



Foto 2. Proef met afdekmaterialen: styropor met papiercellulose (links) en plastic stroken (rechts). Uiterst links hangt een meter boven de grond het hijsgaas met opgeblazen slurven.

3 Resultaten

3.1 Inleiding

Het “Nieuwe Telen” biedt mogelijk ook voor freesia perspectieven op energiebesparing en tegelijkertijd op het oplossen van kwaliteitsproblemen als botrytis en breekstelen. Dit concept bestaat uit de volgende stappen die mogelijk ook voor freesia relevant kunnen zijn:

1. Vermindering van de energievraag door intensieve isolatie met energieschermen: meer uren met meerdere en beter isolerende schermen.
2. Efficiënter koelen en ontvochtigen door de inzet van energiezuinige technieken voor de vochtbeheersing zoals gecontroleerde toediening van (droge) buitenlucht, in plaats van minimumbuis en vochtkieren.
3. Telen met de natuur (licht en buitentemperatuur) mee: lichtafhankelijke temperatuurintegratie, aanpassing van plant- en oogst data en meer licht toelaten.
4. Ventilatie verkleinen door luchtbevochtiging, zodat er meer CO₂ in de kas blijft.
5. Beter verdeling van temperatuur, CO₂ en vocht door gecontroleerde luchtbeweging.
6. Gebruik van actieve koeling met inzet van de verzamelde warmte op het eigen bedrijf. Of duurzame warmtebronnen benutten, bijv. aardwarmte.

Met een groep freesia ondernemers aangevuld met een bedrijfsvoorlichter is gediscussieerd over de vraag welke van deze stappen perspectieven bieden en op welke wijze dat toepasbaar zou zijn. Deze notitie doet verslag van deze beschouwingen.

3.2 Algemene inschatting van effecten

Exclusief stomen wordt nu 13 m³/m²/jaar verbruikt. Daarvan is naar schatting ongeveer de helft nodig voor ontvochtigen. Ondanks die inzet is er toch nog last van kwaliteitsproblemen. Vanaf week 6 tot einde teelt, behalve in juni, juli en augustus, is vocht een probleem en levert breekplanten en botrytis op. Eén teler maakt met verticale ventilatoren boven het gewas veel luchtbeweging en heeft tot 1 december niet gestookt, terwijl er toch geen kwaliteitsproblemen waren.

Een heldere analyse van de oorzaak van breekstelen of botrytis ontbreekt. Breekstelen lijken het gevolg van een gebrek aan verdamping bij doorgaande wortelactiviteit en botrytis wordt geweten aan meerdere uren condens op het gewas. Beide moeten dan een klimaatgerelateerde aanpak krijgen om tot een oplossing te komen. Door de toevoer van energie kan de verdamping gestimuleerd worden, maar het lijkt er op dat het nu al zo is dat de verhouding lichtsom/temperatuursom suboptimaal is. De temperatuursom zou juist omlaag moeten in plaats van omhoog. Verdamping stimuleren zonder de gewastemperatuur te verhogen doe je met luchtbeweging tussen het gewas of door het verlagen van de RV tussen het gewas door daar drogere lucht doorheen te blazen. Condens vermijden zonder temperatuurverhoging doe je door overal in het gewas een hogere temperatuur te hebben dan het dauwpunt. Dat kun je bereiken met luchtbeweging, door het voorkomen van uitstraling naar een koude hemel en door het verlagen van de RV tussen het gewas, vooral op de plekken die het koudst zijn. Momenteel worden echter andere instrumenten ingezet zoals het zoveel mogelijk open zetten van de ramen en het inzetten van een verwarmingsbuis. Deze instrumenten kosten niet alleen onnodig energie en CO₂, maar zijn ook nog eens minder effectief dan gewenst. Het feit dat een horizontaal blazende ventilator kennelijk de vochtproblemen kon oplossen zonder te stoken wijst op een grote rol voor luchtbeweging. De vraag is wat er precies gebeurt wanneer de ventilator bovenlangs het gewas blaast. Wordt er vocht afgevoerd uit het bladpakket? Stimuleert dat de verdamping? En waar blijft het vocht vervolgens? Of is het niet de luchtverplaatsing zelf, maar bijvoorbeeld extra warmtetoevoer naar het gewas die leidt tot extra verdamping? Deze aspecten spelen een rol bij de uiteindelijk te realiseren energiebesparing.

Bij een nadere analyse van de effecten van luchtbeweging moeten een paar zaken overwogen worden. Luchtbeweging met horizontaal blazende ventilatoren zal vooral boven het gewas tot vochtafvoer leiden en tot een egale temperatuurverdeling net boven het gewas. Als er vocht tussen het gewas vandaan moet komen zal dit niet zozeer door luchtbeweging tussen het gewas maar door dampdrukverschillen veroorzaakt worden. Dat duidt op stilstaande lucht in de situatie zonder ventilator. Damptransport door diffusie gaat heel langzaam en is heel erg afhankelijk van de afstand waarover de waterdamp zich moet bewegen door de lucht.

Een voorbeeld: tussen het gewas heerst 10 graden en 95%RV, de omringende kaslucht is 11 graden en 80% RV. De diffusie over een afstand van 10cm is dan 0,8 g/m².uur. Verlaag je door middel van luchtbeweging de afstand naar bijvoorbeeld 1 cm, dan neemt het vochttransport toe naar 8,0 g/m².uur mits de RV's hetzelfde blijven, maar dat is natuurlijk niet helemaal correct omdat de RV bij het gewas zal dalen en die in de kaslucht juist stijgen. Maar toch is duidelijk dat door luchtbeweging de grenslaag kleiner wordt en daarmee de vochtafvoer door diffusie groter. De luchtbeweging zelf heeft nog een ander effect op de vochtafvoer. De lucht tussen het gewas van 95% RV heeft een vochtinhoud van 8,9 g/m³. De toegevoerde kaslucht heeft een vochtinhoud van 8,0 g/m³. Als je die lucht niet over maar door het gewas zou blazen met een debiet van 5 m³/m².uur, zal er $(8,9-8,0) \cdot 5 = 4,7$ g/m³ vocht worden afgevoerd. Bij 20 graden zou bij dezelfde RV's zelfs 8,5 g/m³ worden afgevoerd omdat warmere lucht meer vocht kan bevatten. Overigens betekent een egale verticale luchtverplaatsing van 5 m³/m².uur niet veel in de zin van luchtbeweging. De lichtsnelheid door het gewas bedraagt dan nog maar 0,14cm per seconde. Dit is wat er gebeurt als er kaslucht wordt gecirculeerd.

Het vochtafvoerend vermogen van luchtbeweging wordt groter als er buitenlucht wordt toegevoerd. Is de RV van de buitenlucht na verwarming tot 10 graden bijvoorbeeld 60%, dan zal er 16,4 g/m².uur worden afgevoerd. Of bij 30% RV 30,5 g/m².uur. De vochtafvoer neemt verder ook rechtvenredig toe met het luchtdebiet. Het binnenbrengen van 10 m³/m².uur buitenlucht met een RV van 60% zal 32,8 g/m².uur vocht afvoeren.

Wat als de buitentemperatuur hoger is dan de gewenste kasluchttemperatuur? In eerste instantie ligt het dan voor de hand om kaslucht te gaan circuleren. Dat heeft echter alleen zin als er ook vocht naar buiten wordt afgevoerd, anders zal het verschil in absoluut vocht binnen de kas steeds kleiner worden, mede doordat de extra luchtbeweging ook nog eens zorgt voor een grotere verdamping. Afvoeren van vocht zou kunnen gebeuren door buitenlucht aan te voeren zolang deze droger is dan de kaslucht. Overwogen kan worden om dan deze inkomende buitenlucht af te koelen tot gewenste kaslucht temperatuur. Buitenlucht van 20 graden en 60% RV afkoelen naar 15 graden verwijderd helaas geen vocht omdat de resterende RV 82% zal bedragen, dus nog beneden verzadiging. Maar uitwisselen van kaslucht voor buitenlucht voert wel vocht af. Een voorbeeld: stel het is buiten 20 graden en 60% RV. Binnen is gewenst: 15 graden en 90% RV. De vochtconcentraties zijn dan: binnen 11,5 g/m³ en buiten 10,3 g/m³. Per m³ luchtuitwisseling wordt dan 1,2 gram afgevoerd. De RV van de ingeblazen lucht is dan 81%. Bij een verdamping van 25 g/m²/h moet dan 20,8 m³/m².uur worden uitgewisseld, dus erg veel. Er is 35 kW aan koelenergie nodig per 1000 m² kas om deze hoeveelheid buitenlucht af te koelen naar 15 graden. Deze lucht kan zonder verdere aanpassing tegen het gewas worden geblazen omdat de temperatuur gelijk is aan de gewastemperatuur.

Gezien de strategie van het nieuwe telen om de lichtsom en de temperatuursom in evenwicht met elkaar te houden om zoveel mogelijk met de natuur mee te telen moet goed overwogen worden of een actieve verlaging beneden de buitentemperatuur wel zo efficiënt is. Uitgaande van een teelttemperatuur van die ongeveer 1 graad onder de buitentemperatuur ligt (door verneveling of door gewasverdamping), dus 19 graden in plaats van 15 graden zou het bovenstaande rekenvoorbeeld er geheel anders uit zien. Bij 20 graden en 60% RV buiten en 19 graden en 90% RV binnen is het verschil in absoluut vocht 3,3 g/m³. Om 25 g/m².uur vocht af te voeren moet er dus 7,6 m³/m².uur lucht worden uitgewisseld.

Een alternatieve methode van ontvochtigen is om kaslucht van 15 graden af te koelen naar 5 graden. Dan zal deze lucht nog $6,8 \text{ g/m}^3$ vocht bevatten en wordt er dus per m^3 $11,5-6,8= 4,7$ gram vocht afgevoerd. Dan is er uitwisseling nodig van $25/4,7= 5,3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{uur}$. Daarvoor is 37 kW koude nodig voor 1000 m^2 . De vraag is of deze lucht onverwarmd tussen het gewas kan worden geblazen om het gewas af te koelen naar de gewenste 15 graden. Jammer genoeg is de ontvochtiging capaciteit het grootst wanneer zo diep mogelijk wordt gekoeld. Een oplossing kan wel zijn om een deelstroom lucht diep af te koelen en die vervolgens weer te mengen met kaslucht voordat deze via slangen naar de planten wordt gebracht. Kiest men toch voor directe inblaas van koude lucht, dan kan opwarming van de lucht in de slang worden voorkomen en zo een goede temperatuurverdeling over de lengte van de slang te krijgen, door deze geïsoleerd of dubbelwandig te maken en niet direct op het gewas te blazen.

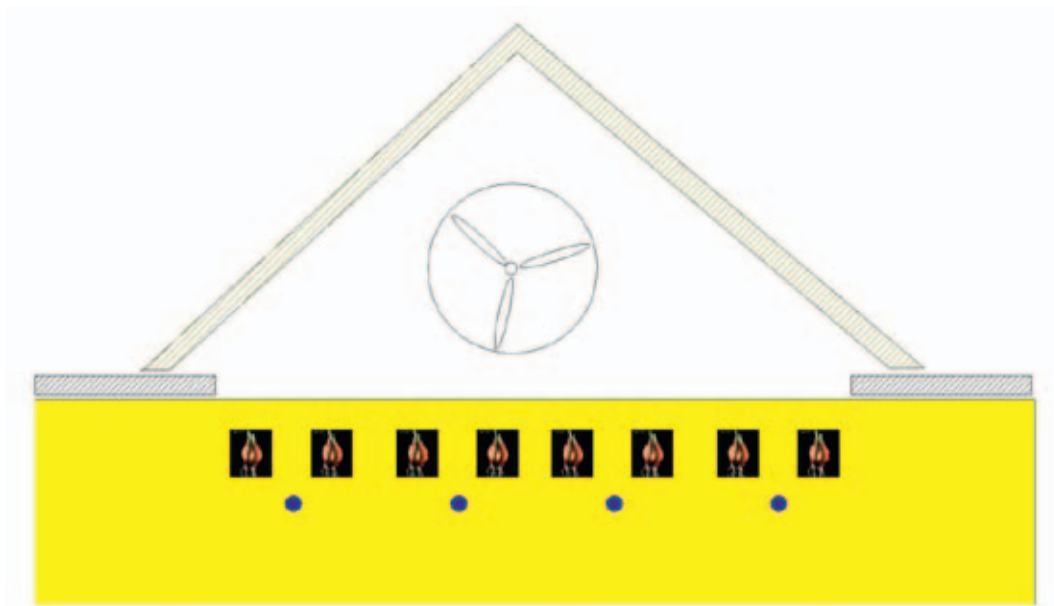
De conclusies uit deze berekeningen zijn dat vochttransport door diffusie alleen over korte afstanden een rol van betekenis kan spelen. Die afstand kan actief worden verlaagd door luchtbeweging boven of in het gewas. De hoeveelheid vochtafvoer door luchtbeweging zelf is sterk afhankelijk van het verschil in absoluut vochtgehalte tussen de lucht in het bladpakket en de aangevoerde lucht. Concreet betekent dit dat er naar gestreefd moet worden om altijd luchtbeweging te creëren dichtbij de plek waar vochtophoping plaatsvindt en als toevoerbron lucht te kiezen die zo min mogelijk vocht per m^3 bevat. Dat zal normaal gesproken altijd buitenlucht zijn. Alleen wanneer de buitenlucht warmer is dan de gewenste kastemperatuur kan dat beter kaslucht zijn. In dat geval lijkt het zinvol om deze lucht af te koelen aan de gevel en onder het gewas te blazen. Op die manier worden ontvochtiging en gewaskoeling gecombineerd. Mogelijk is dan wel een dubbelwandige slang nodig om temperatuurverschillen over de slang te voorkomen. Gezien de positieve ervaringen met luchtbeweging boven het gewas valt ook te overwegen om dit verder uit te werken. Bij het nieuwe telen wordt het energiescherm wel meer gesloten gehouden, wat negatief werkt op de vochtafvoer aan het kasdek. Daarom zal het bovenlangs circuleren van kaslucht mogelijk gecombineerd moeten worden met een kleine aanvoer van buitenlucht onderin het gewas. Als alternatief kan worden gedacht aan het creëren van een condenserende kasgevel waarin door middel van verdampingskoeling in een dubbele spouw een koud oppervlak wordt gecreëerd. De gerealiseerde teelttemperatuur ten opzichte van de heersende buitentemperatuur heeft grote invloed op de mogelijkheden van ontvochtiging met buitenlucht, de hoeveelheid lucht die daarvoor uitgewisseld zal moeten worden en de noodzaak van additionele koeling.

3.3 Besparingsopties

Om een helder inzicht te krijgen in energie besparingsopties is de teelt opgedeeld in een aantal fases met voor iedere fase een gerichte aanpak. De volgende fases kunnen worden onderscheiden:

1. Knol onder de grond

De gewenste knoltemperatuur is 15 graden. Om dat te bereiken ligt een goede isolatie en een optimale verdeling van de slangen voor de hand. Als die isolatie bestaat uit een wegneembare tunnel kan door de tunnel als extra optie koude lucht worden geblazen om de uniformiteit te verbeteren bij een gering aantal koel-slangen. Die installatie kan gevoed worden vanuit de bodemkoelinstallatie die bovengronds wordt voorzien van een kunststof warmtewisselaar aan de gevel waarmee buitenlucht kan worden afgekoeld.

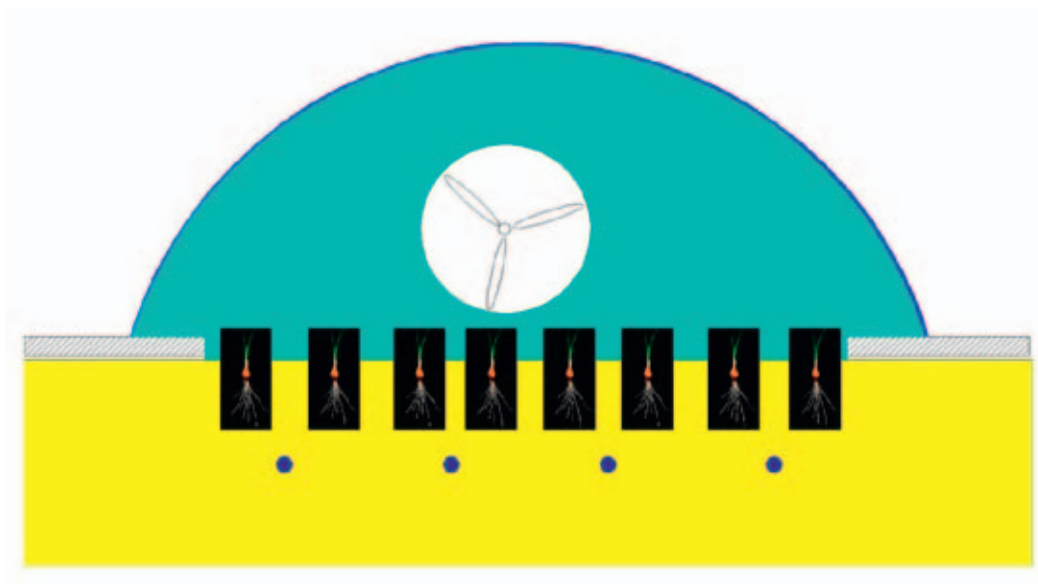


Figuur 2. Isolatie-tunnel over de ondergrondse knollen met luchtkoeling en bodemkoeling.

2. Spruit net boven de grond

In dit stadium moet de bodem nog steeds 15 graden blijven en gedurende een aantal dagen de lucht ook. De boven beschreven installatie kan daarom ook voor deze fase worden benut mits de isolerende afdekking bestaat uit transparant materiaal, bijvoorbeeld een NIR reflecterende dubbelwandig folie. Boven de tunnel kan sterk worden verneveld bij volledig geopende ramen om extra afkoeling van de lucht boven de tunnel te bereiken.

De folietunnel kan mogelijk opschuifbaar of inklapbaar worden gemaakt om deze ook in de volgende stadia in de nacht te kunnen gebruiken. Ontvochtiging gebeurt via de buitenlucht aanzuiging.



Figuur 3. Isolatie-tunnel van folie met luchtkoeling en bodemkoeling voor jonge spruiten.

3. Plantstadium

Zowel de bodem als de lucht moeten nu 17 graden worden, in de winter mag de luchttemperatuur zelfs 10 graden worden. De bodemkoeling kan blijven functioneren. De opwarming van de bodem door zonlicht wordt zoveel mogelijk tegengegaan door het strooien van isolatiekorrels. De isolerende eigenschappen daarvan zouden nog wat extra aandacht moeten krijgen. Daarvoor zijn wat alternatieven genoemd die in een apart hoofdstuk zijn uitgewerkt. Een groot voordeel van een bodemafdekking is ook dat de vochtproductie vanuit de bodem geminimaliseerd kan worden waardoor er ook minder vocht afgevoerd hoeft te worden. Het laag houden van de kaslucht temperatuur en het voorkomen van condens zijn nu de grootste zorgen. Helaas zitten daar natuurlijk negatieve koppelingen, een lagere kastemperatuur verhoogt de RV en verkleint de afstand tussen planttemperatuur en dauwpunt. Dat blijkt uit de volgende lijst:

Tabel 2. Relatie luchttemperatuur, RV en dauwpunt.

Luchttemperatuur [°C]	RV [%]	Dauwpunt [°C]
17	95	16,3
17	90	15,5
17	85	14,6
10	95	9,3
10	90	8,5
10	85	7,7

Zolang er instraling (of belichting) is zal de kans op condens op het gewas niet zo groot zijn omdat het blad wordt opgewarmd en er bovendien actief vocht wordt afgevoerd, door luchten of door condensatie aan een koud kasdek. Ook als er gestookt moet worden is de kans op condens kleiner. Dus de donkerperioden en de perioden dat de kaslucht temperatuur actief verlaagd moet worden of de kasgrond wordt gekoeld zijn het meest gevaarlijk. Globaal zijn er drie wegen om dat op te lossen.

1. Ventileren met buitenlucht die wordt opgewarmd tot kasluchttemperatuur. Dit werkt alleen als de absolute vochtigheid buiten lager is dan binnen en de buitenlucht kouder is dan de kaslucht. Zijn die gelijk dan heeft deze methode alleen zin als de kastemperatuur tijdelijk verhoogd wordt. Is de gewenste kastemperatuur lager dan de buitentemperatuur dan zal de buitenlucht actief gekoeld moeten worden. Het valt te overwegen om op zulke momenten over te schakelen op het circuleren van kaslucht langs een energiegevel. Daarin wordt buitenlucht bevochtigd tot het dauwpunt van die lucht is bereikt. De kaslucht kan zo gelijktijdig worden ontvochtigd en afgekoeld. Zolang de buitenlucht kouder is dan de gewenste kaslucht, kan een gecombineerd systeem van circulatie van kaslucht en buitenlucht worden ingezet voor ontvochtiging en koeling. Door de buitenlucht te leiden langs een volume kaslucht zal de kaslucht afkoelen en ontvochtigen en de buitenlucht juist opwarmen. Door beide stromen daarna bij elkaar te brengen ontstaat nog verdere ontvochtiging. De grootte en de plaats van de benodigde luchtkanalen is een punt van discussie. De details zijn in een apart hoofdstuk uitgewerkt. In grote lijnen is er in het hijsgaas weinig ruimte voor slangen en is men ook bang dat de takken onder de slangen door gaan groeien en dan krom zijn. Als je de slangen in het pad legt heb je meer ruimte en geen planten die er onder kunnen groeien. Wel is de doordringing van de lucht in het gewas moeilijker egaal te krijgen. De bedranden die normaal al extra uitdrogen zullen dat nu nog meer gaan doen. De kokers in het pad kunnen van doek worden gemaakt dat belopen kan worden of van harde kokers waarover gelopen kan worden en die eventueel half ingegraven zijn.

Figuur 4. Luchtdistributie vanuit de paden met ingegraven beloopbare kokers.

2. Ontvochtigen en koelen van de kaslucht met mechanische koeling. Daar zit wel een addertje onder het gras. Koelen gebeurt het meest efficiënt en uniform bij een klein temperatuurverschil tussen kaslucht en warmtewisselaar. Ontvochtigen vergt juist een zo groot mogelijk temperatuurverschil. Daarom is het beter om beide doelen niet te verenigen in één apparaat of na ontvochtiging de koude lucht eerst te mengen met kaslucht voordat deze weer bij de planten wordt geblazen.
3. Door middel van ventilatoren de temperatuurverschillen in de kas zo klein houden dat condensatie zelfs bij hoge RV's moeilijk zal optreden. Het beste is om daarvoor verticaal werkende ventilatoren te gebruiken omdat deze met weinig stroom veel lucht kunnen verplaatsen. Als het buiten kouder is dan binnen moet een energiescherm worden gesloten om die temperatuurverschillen verder te verkleinen.

3.4 Nadere uitwerking

3.4.1 Opblaasbare isolatie

Deze kan worden opgehangen boven het hijsgaas. Eventueel combineren met een permanente slang in het looppad. In dat geval moet de isolatie slurf 120-125 cm breed zijn. De isolatie moet van dunne folie met een i coating zijn gemaakt die PAR licht doorlaat maar warmtestraling reflecteert. Als de folie weinig weegt en strak kan worden gespannen kan deze dubbelwandig worden en door zijn eigen gewicht een spouw vormen, zodat blazen overbodig wordt en lekken ook geen bezwaar zijn. Zo gauw de planten het folie raken, moet het verwijderd worden.



Figuur 5. Dubbele lagen gealuminiseerde folie met spouw.

3.4.2 Buitenlucht inblazen

De bedden zijn 85-100 m lang. Er is per uur tussen de 5 en 10 m³ lucht per m² kas nodig. Om die te verplaatsen over de lengte van het bed moet er per bed per uur $10 \times 100 \times 1,6 = 1600$ m³ lucht worden aangevoerd. Daarvoor is er een slang nodig van 320 mm of groter. Eventueel te verdelen in bijvoorbeeld 2 slangen van 220mm, of 4 slangen van 160mm. Als de slangen vanuit het midden gevoed kunnen worden, dus bij een lengte van 50m, kan worden volstaan met 1 slang van 240mm, 2 slangen van 160mm of 4 slangen van 120mm.

Bij 5 m³/m²/uur kan het grootste deel van het jaar voldoende ontvochtigd worden. Dan zakken de benodigde buisdiameters voor 100m lengte naar dezelfde waarden als voor 50 meter lengte, dus 240 mm voor 1 slang, 160 mm voor 2 slangen en 120 mm voor 4 slangen per bed van 1,6m.

Deze buisdiameters zijn berekend voor een zo laag mogelijk stroomverbruik. De maximale opvoerdruk van de ventilator is 200 Pascal. Per 1000 draaiuren wordt dan ongeveer 0,2 kWh/m² aan stroom verbruikt. Door verhoging van de druk naar 700 Pascal kan met een kleinere buisdiameter worden volstaan, bijvoorbeeld 4 slangen van 75 mm bij een gewenst debiet van 5 m³/m²/uur. Daardoor verdubbelen tot verdriedubbelen wel de stroomkosten. Er is ook een 60% duurdere centrifugaal ventilator nodig in plaats van een axiale. Ook wordt het moeilijker om een goede verdeling te krijgen, zodat de berekening van het gaatjespatroon veel kritischer wordt. Inmiddels wordt door een tweetal bedrijven daarom nu een dubbelwandige slang gebruikt waardoor in de buitenschil nog weer een drukvereffening kan plaatsvinden.

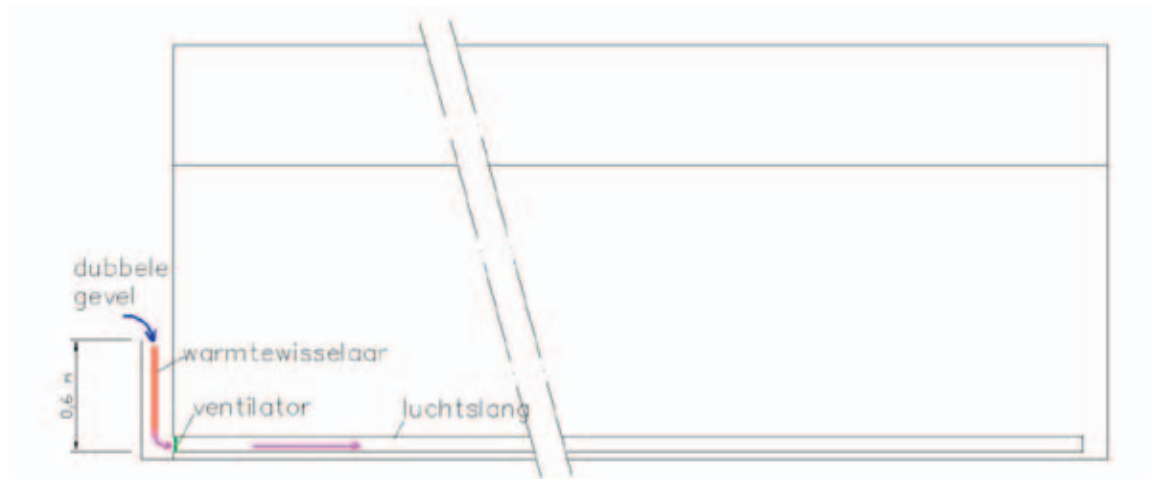
Omdat er in het bed zelf weinig ruimte is heeft een slang in het pad de voorkeur. Als dit een slang van doek is kan er gewoon overheen gelopen worden en kan deze na de teelt gewassen worden. Plastic slangen worden te glad en beschadigen snel. Er is doek verkrijgbaar met verschillende porie grootten. www.euromanchetten.nl. Omdat dit doek vrij duur is kan als alternatief mogelijk toch gekeken worden of een folieslang met gaatjes aan één zijde van het pad kan worden opgehangen die men leeg laat lopen als er door het pad gelopen moet worden.

Figuur 6. Luchtdistributie via opgehangen slangen die leeg geen barrière vormen voor het lopen door het pad.

Daarnaast zijn er nog twee alternatieven denkbaar:

- a. ingegraven PVC buizen in het midden van het bed. 90-110 mm is maximaal haalbaar.
- b. luchttoevoer van bovendoor, bijvoorbeeld met luchtslangen onder de kasgoot of met een netwerk van horizontale ventilatoren.

Omdat de lucht moet worden voorverwarmd tot kastemperatuur is aan de gevel een warmtewisselaar nodig. Deze moet liefst in kunststof worden uitgevoerd, vanwege corrosie en kosten. Denkbaar is dat daarvoor een vlakke plaatwisselaar dwars op het teeltbed in een dubbelwandige gevel wordt geplaatst zodat er zo weinig mogelijk teeltruimte verloren gaat.



Figuur 7. kunststof warmtewisselaar in een dubbelwandige gevel.

Het volume buitenlucht dat moet worden toegevoerd varieert afhankelijk van het enthalpieverschil (vochtinhoud en temperatuur) tussen binnen en buiten. Daarop kan op twee manieren worden gereageerd. Het lijkt logisch om met een frequentieregelaar traploos te variëren, maar daaraan kleven twee bezwaren. Ten eerste het feit dat bij variabele debieten de luchtverdeling over de gaatjes nooit optimaal zal zijn, ten tweede de hoge kosten van een frequentieregelaar. In proeven is gebleken dat een vaste ventilatorstand gecombineerd met een aan/uit regeling goed kan functioneren. Eventueel kan er nog gekozen worden voor een hoog/laag schakelaar, waarbij de lage stand optimaal is voor luchtverdeling en stroomverbruik en de hoge stand alleen tijdelijk wordt gebruikt. Dat zal vooral het geval zijn wanneer de binnen en buiten condities weinig verschillen en dan is de luchtverdeling minder belangrijk dan in de winter. Bovendien kunnen de ventilatoren boven het gewas de lucht nog wat herverdelen. Een punt van aandacht is ook de filtering van de lucht die binnenkomt. Om de stroomkosten niet teveel op te laten lopen door een grote luchtweerstand van een gaasfilter, moet geprobeerd worden om het oppervlak daarvan zo groot mogelijk te maken, bijvoorbeeld door het in een zigzagvorm te vouwen. De benodigde maaswijdte is afhankelijk van de plagen die tegen gehouden moeten worden. Met name in Amerika heeft men veel ervaring met filterdoek voor ventilatoren van pad-and-fan systemen.

3.4.3 Bodem afdekken tegen verdamping

Een droge ondergrond betekent minder kans op condensatie onderin het gewas dankzij hogere temperaturen en lagere luchtvochtigheden. De exacte besparing is moeilijk te berekenen omdat er geen cijfers beschikbaar zijn over de verdamping vanuit de bodem. In ieder geval zal dit steeds minder worden naarmate het gewas meer sluit. Aan de andere kant zal een warmere bodem dan de kaslucht altijd tot verdamping leiden, ook bij gesloten plantendek.

Verschillende opties voor afdekken zijn genoemd:

- a. stroken folie waartussen de planten zelf omhoogkomen, bij zwartwitfolie bestaat de grootste kans dat de planten op de juiste plek omhoogkomen.
- b. Door folie heen planten. In ieder geval moet de folie dan ademend zijn.
- c. Afdekken met papier. Door beregening wordt de afdekking tijdelijk water doorlaatbaar.
- d. Stro, werkt vooral in de zomer.
- e. Permanent lucht afzuigen door stoomdrainage.

De watergift moet dan liefst onder deze afdekmaterialen plaatsvinden. Een proef met verschillende afdekmethoden lijkt gewenst om het gedrag van het materiaal over langere tijd te bekijken en te ervaren of de planten niet krom gaan groeien door de afdekking.

3.4.4 Lampwarmte

In tegenstelling tot andere teelten moet de lampwarmte bij het gewas weg worden gehouden. Door warme lucht bovenin de kas af te zuigen en de warmte daaruit tijdelijk op te slaan kan hij de volgende ochtend weer worden gebruikt om de kas naar de dagtemperatuur te brengen.

Reflectorkoeling met water bij SON-T lampen is een nog niet ontwikkelde optie, maar is wel mogelijk. Ook luchtbeweging met een ventilator langs de reflectoren en deze warmte dan in een hooggeplaatste warmtewisselaars (koelers) afvoeren kan helpen. Toch zal dit maar deels helpen omdat SON-T lampen een groot aandeel infrarood licht bevatten die direct naar de planten wordt gestraald zullen ze toch nog deels extra opwarmen ondanks de koeling van de reflectoren.

In dat opzicht kunnen plasmalampen of LED als een veelbelovende nieuwe optie worden gezien. De hoeveelheid IR straling die naar het blad gezonden wordt is beduidend minder dan bij een SON-T lamp. De warmteafgifte van plasma-lampen is 25% van het vermogen, bij Son-T lampen 75%. En het lichtrendement is daarmee ook hoger. Een eerste proef met een plasma-lamp leverde duidelijke groeiverbetering op.

3.4.5 Warmtepomp en warmteopslag

Na de aanleg van warmtewisselaars in de gevel ontstaan er diverse mogelijkheden om een warmtepomp met een hoog rendement in te zetten. Als daarbij wordt uitgegaan van een nieuw type kunststof platenwisselaar met een plaatoppervlak van 20 m² per 500 m², kan met een water aanvoertemperatuur van 30 graden de buitenlucht altijd voldoende worden opgewarmd. Als er een goed en volledig gesloten isolatiescherm aanwezig is zal de resterende warmtevraag minimaal zijn, dus ook lage buistemperaturen tussen de planten. De bodemverwarming vraagt ook slechts lage aanvoer temperaturen, dus eigenlijk is er nooit meer een hogere water aanvoertemperatuur nodig dan 30 graden. Aan de koel zijde geldt eigenlijk hetzelfde. Voor de bodemkoeling is een aanvoertemperatuur van 6 graden voldoende. Met een systeem van acht in plaats van vier koelsslagen, is 9 graden al voldoende (proef freesia energiezuinige bodemkoeling). Alleen als er ontvochtigd moet worden met de installatie aan de gevel is 6 graden niet voldoende. Een water aanvoertemperatuur van 5 graden of lager is dan beter. Het is goed denkbaar om daarvoor water dat door de warmtepomp tot 6 graden is afgekoeld verder te koelen met een tweede warmtepomp. Die moet een capaciteit hebben van 35 W/m². Bij een COP van 5 ongeveer 70 kW elektrisch vermogen per ha. Deze zal naar schatting ongeveer 1000 draaiuren maken. Kosten ongeveer €0,70 per m².jaar. De benodigde energie kan via een slangenbed worden onttrokken aan een grondwaterlaag. Er wordt dan warm water naar het slangenbed geleverd. Dat kan zonder vergunning. Per ha is op jaarbasis 350.000 kWh nodig. Als daarvan 50% in het voorjaar en 50% in het najaar moet worden geleverd mag ervan uit worden gegaan dat de waterlaag in de tussentijd door weer voldoende is afgekoeld. Daarnaast kan er ook warmte worden onttrokken aan dezelfde waterlaag voor het opwarmen van buitenlucht aan de gevel en het verwarmen via de grondslangen en de verwarmingsbuizen in het bed. Als er echter alleen 175.000 kWh koude onttrokken wordt en de watertemperatuur mag van 12 naar 20 graden stijgen, dan is er 18750 m³ water nodig. Bij een laagdikte van 2 meter dus bijna 1 ha grondoppervlak. Door de onttrokken hoeveelheden warmte mee te nemen in de berekeningen wordt dit oppervlak kleiner, globaal gehalveerd. Per ha moet globaal 10.000x5= 50.000 meter slang worden ingegraven met een sleuvenfrees.

3.4.6 Energiescherm

Het lage energieverbruik bij freesia rechtvaardigt geen grote investeringen in een tweede energiescherm. Een beter isolerend eerste scherm dat zo dicht mogelijk wordt gehouden loont waarschijnlijk wel. Omdat er geen vocht meer door het scherm hoeft komen ook gealuminiseerde folies in aanmerking mits daaronder geen condens optreedt, waardoor er druipschade kan ontstaan. Een dubbelwandig scherm zou dan ideaal zijn. Is alleen een enkel scherm mogelijk dan moeten de volgende effecten worden bezien: Wat gebeurt er als de ramen volledig dicht gehouden worden of juist wijd open boven een dicht scherm, uiteraard bij werkende buitenlucht toevoer? Wat heeft de oppervlaktestructuur van de onderkant van het folie voor invloed op het condensatiegedrag? Welke rol speelt horizontale luchtbeweging onder het scherm?

3.5 Verdeling verwarmingsenergie

Om te bepalen waar de grootste energiebesparing vandaan te halen is, is berekend hoeveel verwarmingsenergie nodig is voor verwarming en ontvochtiging van de kaslucht (zie onderstaande figuur). 51% is nodig om de kas op temperatuur te houden. Het blok met de minimumbuis dat wordt ingezet om breekstelen te voorkomen september - oktober na een dag >1000 joule (5 uur rond zon onder) komt 30 dagen per jaar voor en kost daarmee 3% van de energie. Het afvoeren van de gewasverdamping kost 23%. Hierbij is aangenomen dat de gewasverdamping $300 \text{ l/m}^2/\text{jaar}$ is. Het afvoeren van de verdamping vanuit de bodem (evaporatie) is geschat op 23%. Hierbij is aangenomen dat er gedurende de winter 20 l/m^2 vanuit de bodem verdampt. Het is belangrijk te realiseren dat water dat middels watergift de kas in komt, er ook weer uit moet via verdamping vanuit gewas en bodem. Dit kost bij elkaar dus ca. 46% van de verwarmingsenergie.

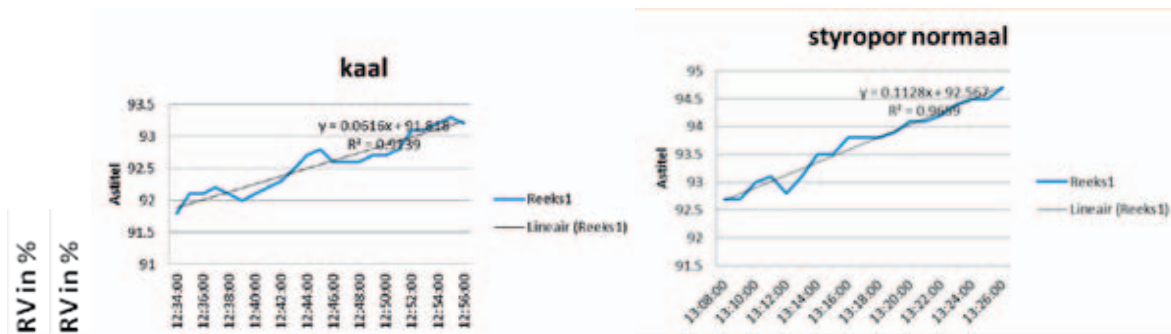
3.6 Kwantificering energiebesparing

Methode	Energiebesparing
Opblaasbare bodemisolatie eerste teeltfase	Bij een perfecte isolatie hoeft de bodem alleen de eerste dag van de teelt op de juiste temperatuur te worden gebracht. De besparing van verbeterde bodemisolatie ten opzichte van styropor is zonder metingen nog niet te kwantificeren omdat het afhangt van de vochtigheid van de bodem en de laagdikte welke ook afhangt van de netheid van strooien. Met de huidige methode kost bodemkoeling/verwarming totaal (12 weken) 30 kWhth voor bodemkoeling en 130 kWhth (= 15 m ³ ae) voor verwarming.
Bodem afdekken tegen verdamping (evaporatie) en onderlangs watergeven	Ca. 3 m ³ m ² jaar
Energiescherm in plaats van open scherm.	Ca. 2 m ³ m ² jaar.
Met transparant energiescherm ook overdag schermen bij lage buitentemperatuur.	Ca. 0,5 m ³ m ² jaar.
Energiescherm al bij 12°C dicht in plaats van <5°C (etmaaltemperatuur gemiddeld 0,2°C hoger)	Ca. 0,5 m ³ m ² jaar
Vochtbeheersing door buitenlucht inblazen ipv buis	RV setpoint verhogen van 85% naar 88% geeft een besparing van 2,6 m ³ m ² jaar.
Ontvochtiging via koeling aan de gevel	
Warmtepomp en warmteopslag	Door Ruijs~Set~Sal.~S(2010) is een economische analyse uitgevoerd om bij o.a. freesia de koelmachine voor warmtepomp en aquifer te vervangen en in zomer een vernevelinginstallatie toe te passen. In Freesia is overschakelen van koelmachine naar warmtepomp en koude-warmteopslag energetisch en economisch aantrekkelijk (positief saldo € 0,8/m ² respectievelijk € 1,9/m ² (Ruijs~Set~Sal.~S2010).
Verticale ventilatoren	Het blok met de minimumbuis om breekstelen te voorkomen (sept-okt na een dag >1000 joule, 5 uur rond zon onder) kost ca. 0,5 m ³ m ² jaar. Met verticale ventilatoren lijkt dit blok niet meer nodig. Daarnaast kan de buis minder ingezet worden door betere temperatuurverdeling, maar de luchtbeweging kan de verdamping juist stimuleren waardoor juist weer meer vocht in de kas komt dat weer afgevoerd moet worden. Onderzoek is vereist om deze effecten bij freesia te kunnen kwantificeren.

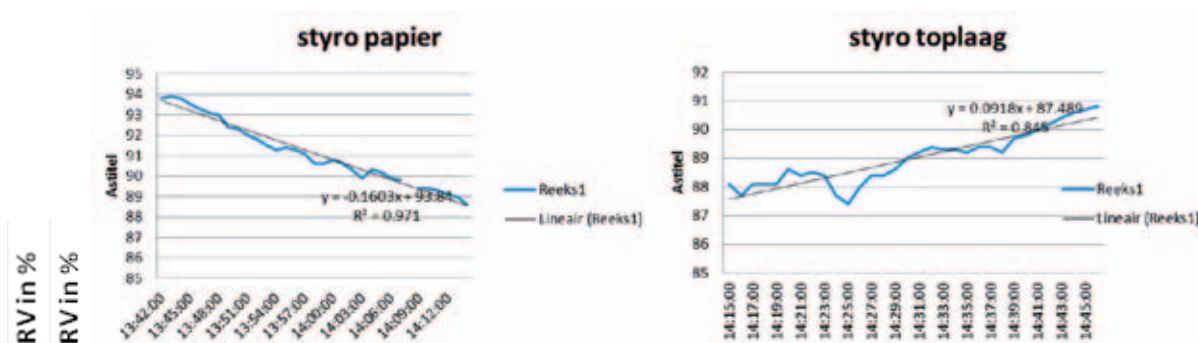
3.7 Additionele proef bodemafdekking

3.7.1 Proeven voor inschatting van de verdamping

De verdamping vanuit de bodem boven een bepaalde afdekmethodes is ingeschat door een fles met daarin een RV sensor op zijn kop op het oppervlak te zetten. Het verloop van de RV is dan een indicatie voor de verdamping vanuit de bodem. Daaruit kwamen de volgende beelden:



Figuur 8. verdamping uit kale bodem Figuur 9. verdamping vanuit traditionele afdekking.



Figuur 10. verdamping uit styropor/papier mengsel Figuur 11. verdamping vanuit een verlijmde styropor laag.

In Figuur 10. is de hellingshoek negatief. Dat komt omdat de condensatie tegen de koude fles groter is dan de verdamping vanuit de bodem. Helaas weten we niet precies hoeveel de condensatie is, maar het was in de fles op dat moment ongeveer 17 graden. Bij 90% RV is het dauwpunt dan 15,4 graden. In de kas was het 15,0 graden. Aannemende dat de fleswand ongeveer kastemperatuur is door de dunne kunststof fleswand, kan er dus condensatie zijn opgetreden. Uiteraard is die condensatie er ook bij de andere metingen, maar netto heeft dat in die situaties de verdamping niet kunnen overtreffen. Deels komt dat ook omdat de metingen overdag hebben plaatsgevonden waardoor ook verschillen in instraling in de fles kunnen zijn opgetreden.

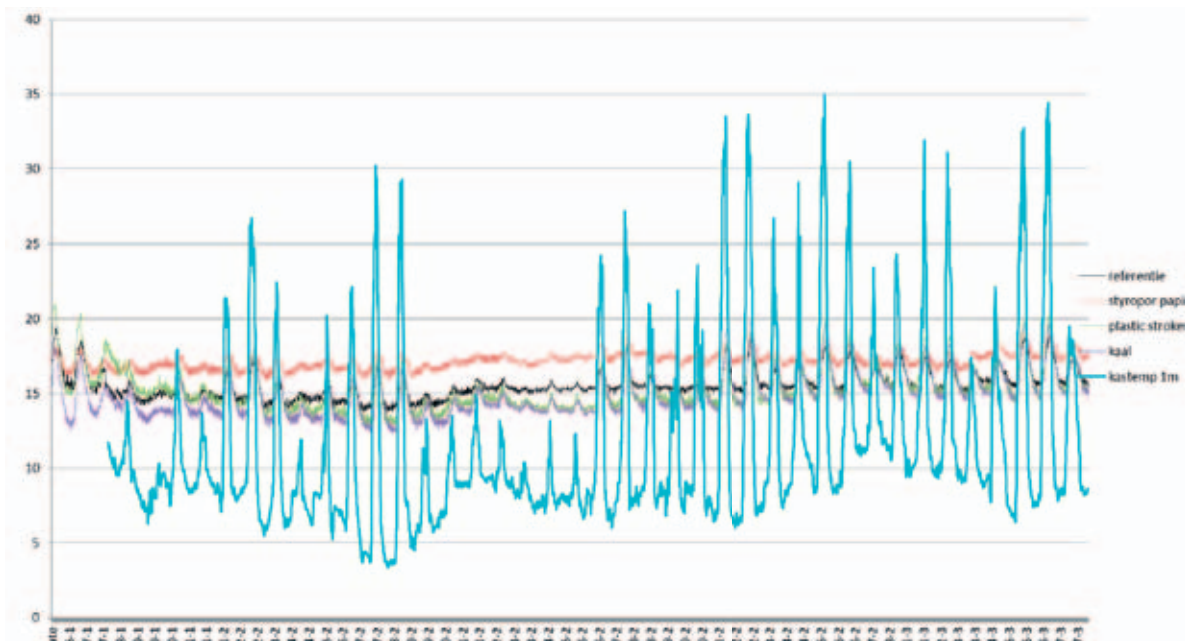
Conclusie proeven voor inschatting van de verdamping

Op deze wijze zijn de verschillen in verdamping niet betrouwbaar te meten. Bij een volgende meting is het aan te bevelen een geïsoleerde fles te nemen en bij voorkeur in de nacht te werken. Daarnaast waren niet alle materialen even droog bij aanvang van de meting waardoor het wel een momentopname is geweest. Alleen langdurige gemiddelden zijn bruikbaar om een betrouwbaar beeld te krijgen.

3.7.2 Meting van bodemtemperaturen

De verschillende afdekkingen hebben naar verwachting een verschillende isolatiewaarde. Materialen die minder vocht doorlaten transporteren daarmee ook minder verdampingswarmte. Een dikkere isolatielaag verkleint bovendien de convectieve overdracht van de warme kasgrond naar de koude kaslucht in de winter of de overdracht van de warme kaslucht naar de gekoelde kasgrond in de zomer.

Om een inschatting te maken van de isolatiewaarde is met bodemsensoren op 5cm diepte gemeten welke temperaturen gerealiseerd zijn. Omdat onder alle bedden eenzelfde verwarmingssysteem ligt dat op één punt geregeld wordt zal een betere isolatiewaarde leiden tot een hogere bodemtemperatuur dan nagestreefd.



Figuur 12. Verloop van de bodemtemperatuur bij verschillende afdekkingen.

Het beeld is duidelijk, de dikkere laag styropor vermengd met papier isoleert het beste. Afdekking met plastic stroken en kale bodem scoren slechter dan standaard afdekking (referentie). Plastic stroken zijn permanent nat en heel dun. Bovendien waren de kieren tussen de stroken erg breed omdat anders de planten er niet tussendoor omhoog groeiden. Deze twee dingen samen maken dat het erg slecht isoleert. Wat verder opvalt is dat overdag bij instraling de pieken bij kaal en plastic stroken veel groter zijn. Isolatie vlak de pieken duidelijk af. Gemiddeld werden de volgende bodemtemperaturen gerealiseerd:

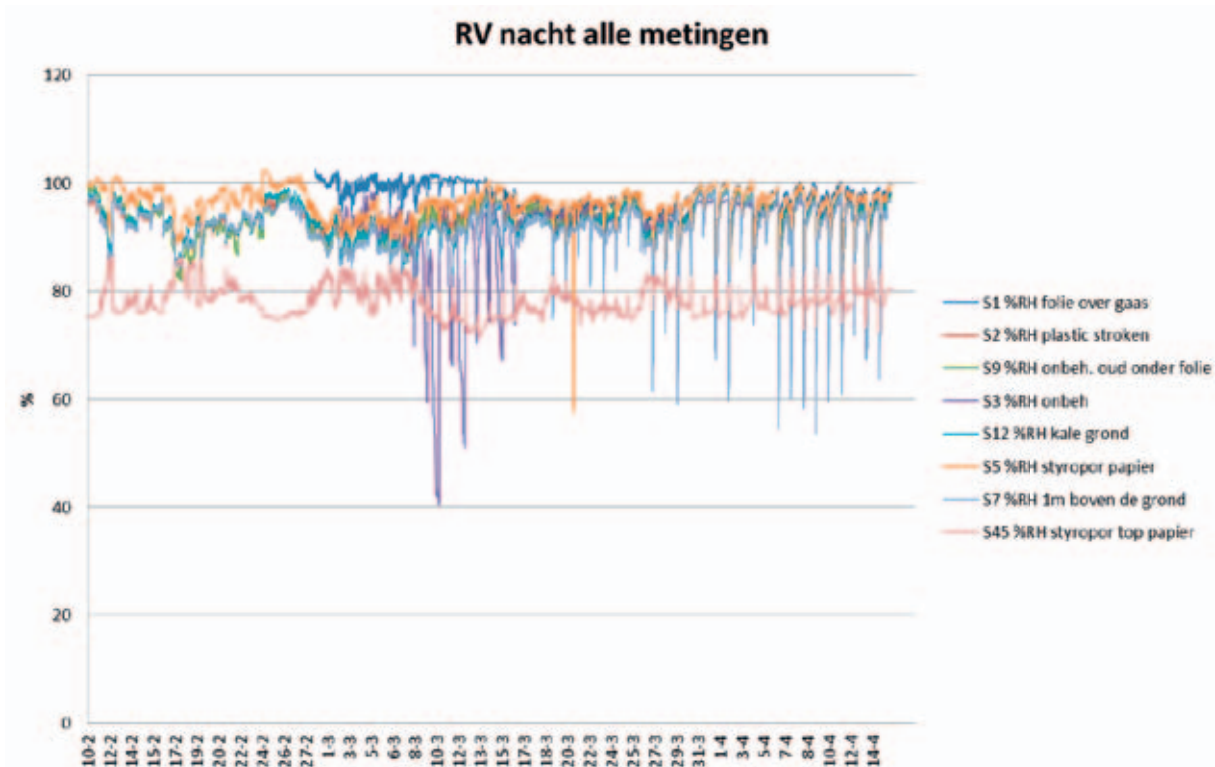
Tabel 3.

Referentie	15,6 °C
Styropor papier	17,2 °C
Plastic stroken	15,4 °C
Kaal	15,0 °C
kaslucht	11,4 °C

De betere isolatiewaarde van de verlijmde styropor zal ook een betere horizontale warmteverdeling hebben veroorzaakt, maar daaraan is niet gemeten.

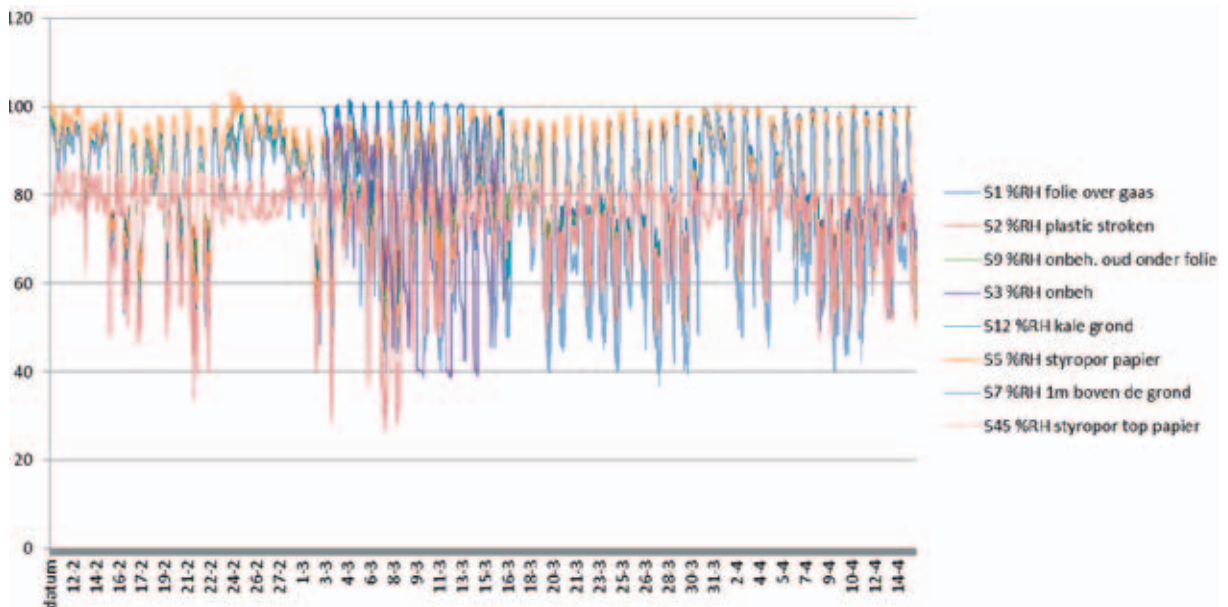
3.7.2.1 Metingen aan bovengronds klimaat

Vanaf 10 februari is het bovengrondse klimaat waargenomen met behulp van draadloze sensoren die temperatuur en RV hebben gemeten op 1cm boven het oppervlak. Omdat het ongeventileerde sensoren zijn is de waarde bij instraling niet geheel betrouwbaar. Daarom zijn de data opgesplitst in nacht en dag data. Vanaf 17-3 is het gewas meer gesloten en wordt de invloed vanuit de bodem naar verwachting anders. Daarom zijn die data ook nog een keer apart weergegeven. Helaas waren de metingen van 10-2 t/m 2-3 voor de sensoren S1 en S3 onbetrouwbaar en daarom weggelaten. Kijken we naar de nachtsituatie, dan ontstaat het volgende beeld.



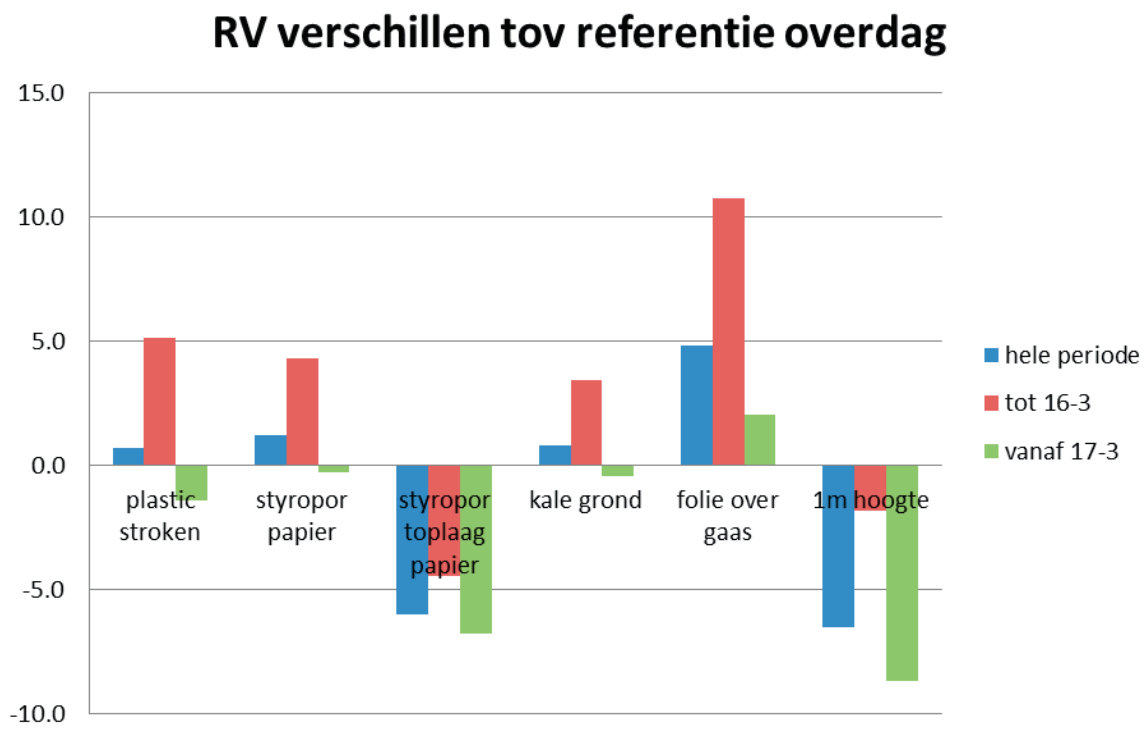
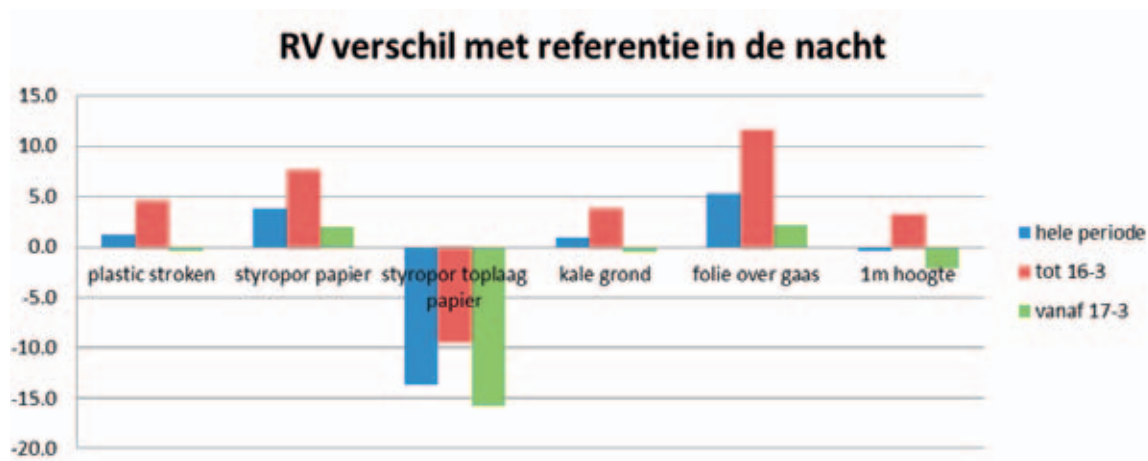
Figuur 13. verloop van de RV bij verschillende afdekkingen gedurende de nacht.

Duidelijk is waarneembaar dat de behandeling met styropor afgedekt met een toplaag (S45) de laagste RV oplevert. Het bed afgedekt met folie (S1) kent de hoogste RV, maar die zakt vanaf 12-3 wanneer het folie er af gaat. Overdag ziet de situatie er als volgt uit:



Figuur 14. verloop van RV bij verschillende afdekkingen overdag.

Het beeld is hier diffuser. En uiteraard is er door de instraling veel meer fluctuatie. Om een duidelijker beeld te krijgen zijn voor beide dagperiodes voor de periode 2-3 t/m 14-4 de verschillen uitgezet ten opzichte van de standaard situatie met styropor afdekking. Omdat vanaf 17-3 het gewas wat meer gesloten was, is een onderscheid gemaakt tussen de periode voor en na die datum. Dat leverde het volgende beeld op:

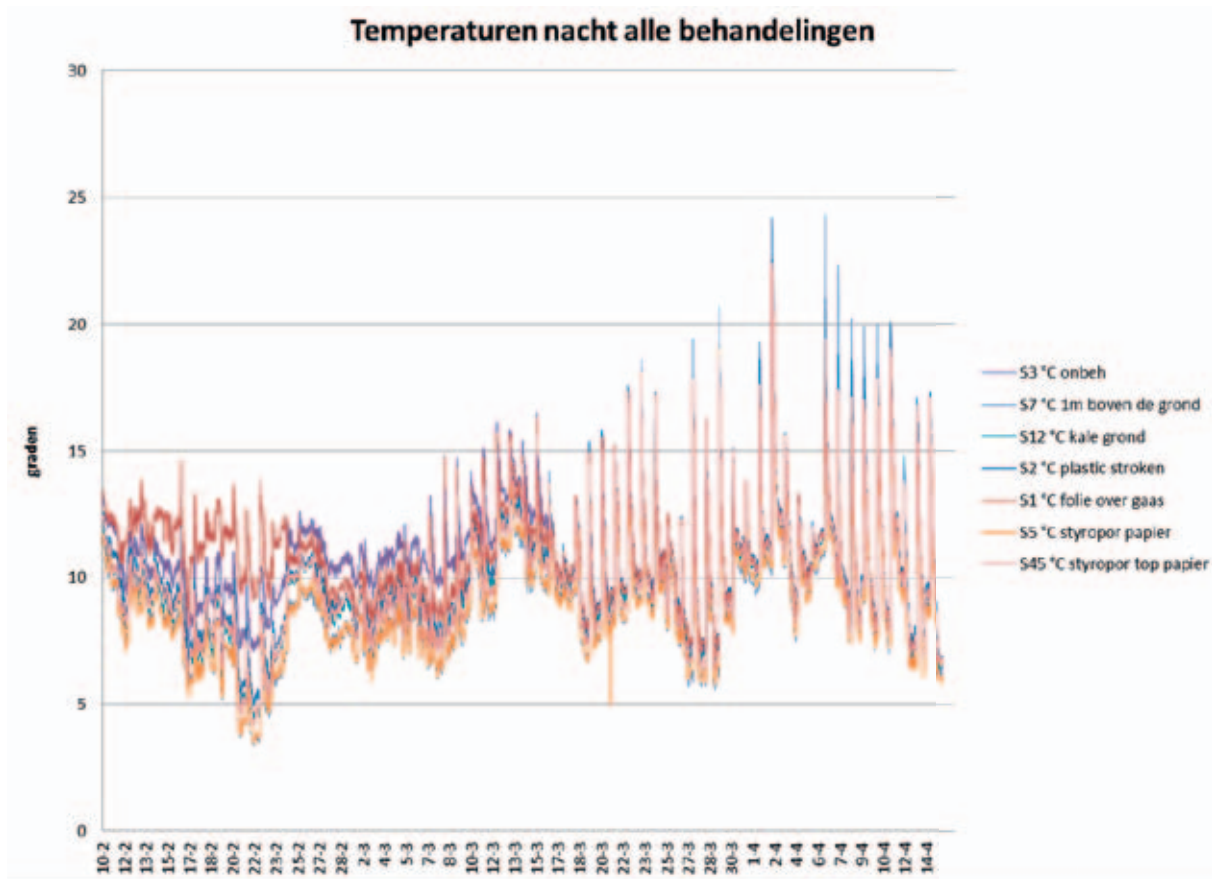


Figuur 15. RV verschillen ten opzichte van styromull afdekking in 2 periodes en gedurende de nacht en de dag.

De RV is duidelijk het laagst bij de afdekking met styropor met papieren toplaag. Dat lijkt in tegenstelling met de uitkomsten van het onderzoek met de omgekeerde fles. Omdat het hier om langduriger waarnemingen gaat, wordt aan deze data meer waarde gehecht. Mogelijk is de vochtigheid van de toplaag van grote invloed op de momentane waarneming. Het feit dat de styropor vermengd met papier zelfs een hogere RV oplevert dan de dunne styropor afdekking duidt erop dat de betere isolatie meer te wijten is aan de laagdikte, dan aan de verminderde warmteoverdracht door verdamping. Dankzij de hogere bodemtemperatuur verdampt er meer vocht en dat kan blijkbaar goed door het materiaal heen. Dat pleit voor een afdekking van de toplaag met een nog minder goed vochtdoorlatend materiaal dan de papierlijm zoals het polymeer dat buiten de proef al is beproefd.

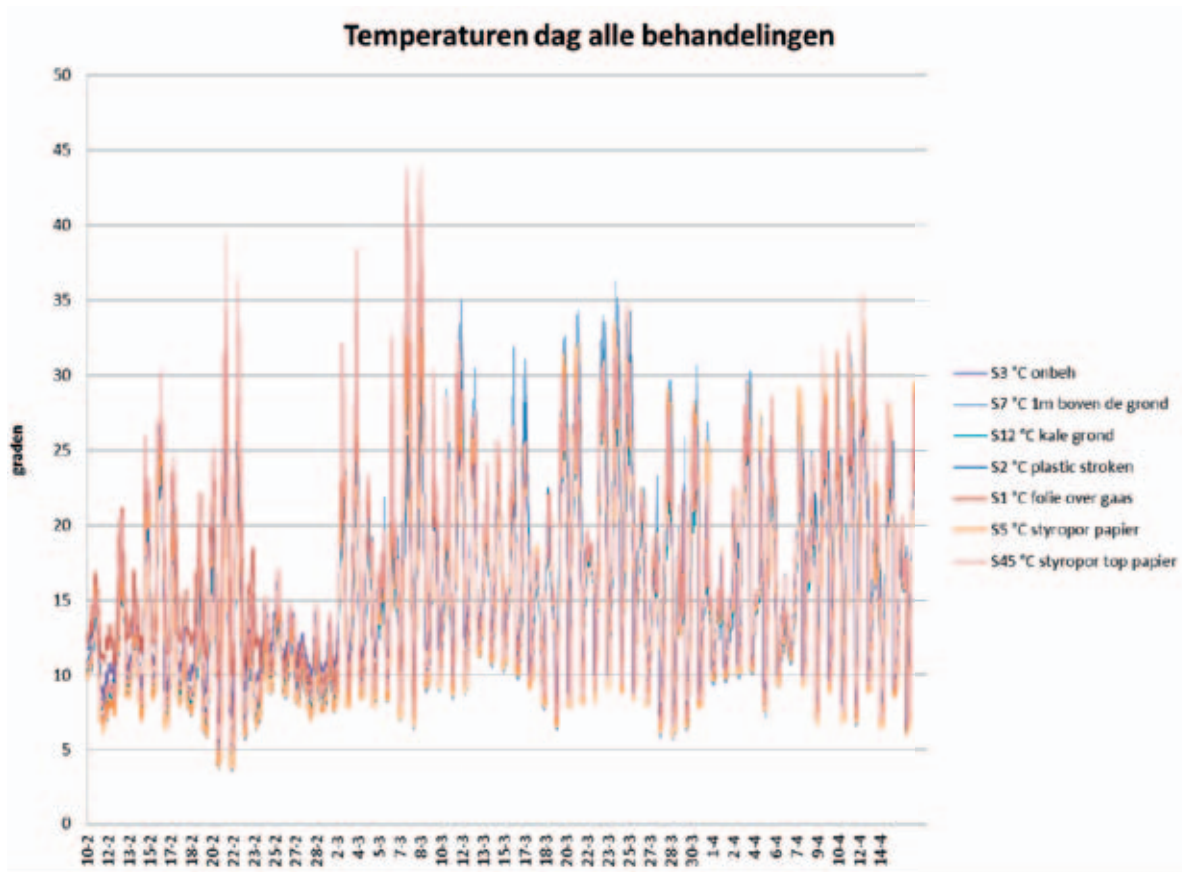
Er is ook duidelijk zichtbaar dat de invloed van de afdeklaag op de RV minder wordt als het gewas meer sluit.

De invloed op de temperatuur net boven de grond is ook gemeten. Die temperaturen zien er in de nacht als volgt uit:



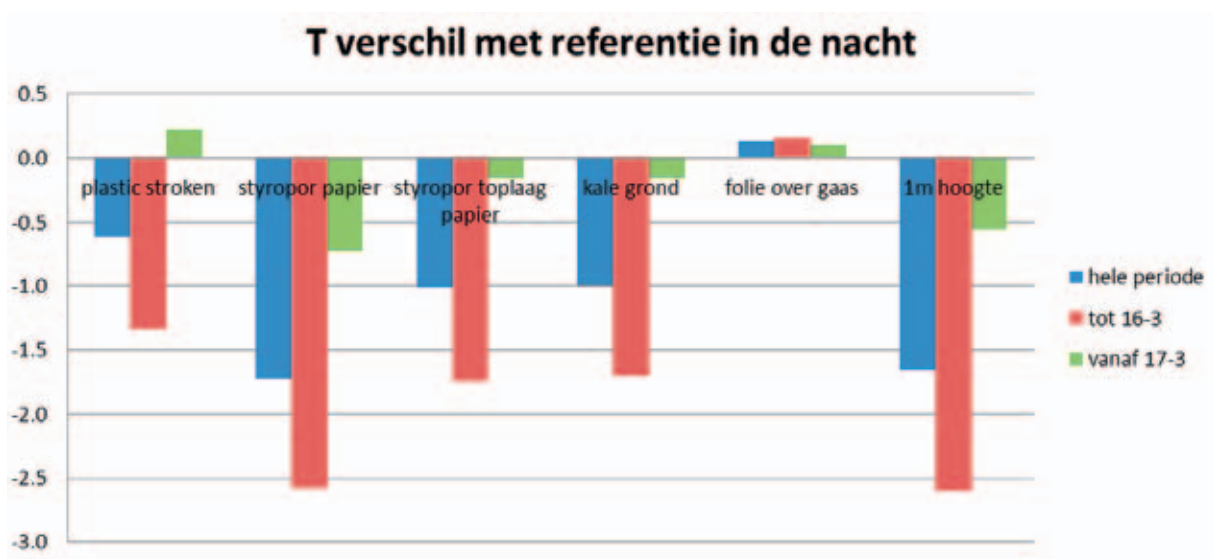
Figuur 16. temperaturen boven de bodem bij verschillende afdekkingen in de nacht.

In de tweede helft van de periode schieten de temperaturen nog wat verder omhoog, maar dat komt door de definitie van de "nacht". Die loopt voor de grafiek van 18.00 tot 6.00 uur. Overdag is het beeld nog onrustiger, maar daarbij moet wel worden bedacht dat de meetboxjes niet geventileerd zijn en daarmee erg gevoelig voor straling.



Figuur 17. temperaturen boven de bodem bij verschillende afdekkingen overdag.

Een beter inzicht krijgen we weer door de gemiddelde verschillen uit te zetten over de hele meetperiode ten opzichte van de referentie (dunne laag styropor). Omdat de temperatuurmetingen ook de eerste periode wel betrouwbaar waren is hierbij gekeken van 10-2 t/m 14-4. Omdat de dagtemperaturen niet echt betrouwbaar zijn, zijn die weggelaten.



Figuur 18. temperatuurverschil met styromull afdekking in de nacht.

Opvallend is dat alle behandelingen kouder zijn dan boven de referentie. Dat komt mede omdat de lucht op 1m hoogte gemiddeld een paar graden kouder is dan de bodem. De verschillen tussen de afdekkingen worden geringer bij meer gewasafdekking. De kale bodem isoleert in tegenstelling tot wat verwacht werd redelijk goed. Dat komt wellicht door de duidelijk waarneembare uitdroging van de bovenste laag grond. Dat heeft weer te maken met het feit dat er met druppelslangen wordt gegoten en er relatief veel verdamping is vanuit de onafgedekte bodem. Ook is duidelijk dat folie over het gaas voor een hogere temperatuur zorgt door verminderde luchtbeweging en isolatie.

3.7.2.2 Gewaswaarnemingen

De eerste vraag bij het afdekken van de bodem is of het gewas er goed doorheen kan groeien. Dit was niet voor alle afdekmaterialen het geval. De freesia is niet in staat om tussen luchtslangen door te groeien. Het gewas groeit krom onder de slangen. Ook de plastic stroken geven problemen. Bij gebruik van doorzichtige stroken groeit de freesiascheut gewoon door en druk het folie omhoog. Ook ondoorzichtige smaller stroken van wit plastic komen met de scheuten mee omhoog, waardoor het blad en wellicht later ook de bloemstengel krom groeien. De folie en de luchtslangen zijn tijdig verwijderd. De scheuten konden wel goed door een dikke laag styropor groeien, ook als deze aan elkaar gelijmd was. Zelfs als hiervoor vrij kleverige synthetische lijm is gebruikt groeien de scheuten er nog doorheen. Het volledig aan elkaar lijmen lijkt een betere optie dan alleen de bovenlaag, omdat in dat geval soms tijdelijk een dun top laagje van verlijmd styropor meer omhoog kan groeien. Dit zakte in de proef later weer terug.

Ook styropor verlijmd met papiercellulose vormde geen probleem voor de freesia om doorheen te groeien.



Foto 3. Jonge freesia scheuten tillen gelijmde styropor iets op.

Foto 4. Oudere freesia scheuten met teruggezakt styropor.



Foto 5. en Foto 6. Freesiascheuten tillen plastic stroken op.

De afdekmaterialen dekken de bodem af en hebben hierdoor ook invloed op de vochtigheid van de bodem. Geen afdeklaag met styropor en plastic stroken gaven een drogere bodem. Dit was ook in geringe mate zichtbaar aan het gewas dat donkerder van kleur was, iets korter en spichtig en bij de oogst iets kleinere kammen en dunnere takken gaf. Er zijn geen ziekteproblemen gesignaleerd als gevolg van het afdekken van de bodem. De knollen zijn door de kweker visueel beoordeeld als normaal gezond. De styroporlaag was na het rooien in de bodem opgegaan. Verschil met een normaal vak was nog nauwelijks zichtbaar. Eventueel opzuigen van styropor zal voor het rooien plaats moeten vinden. De kweker ervaart het onderwerken van styropor in de grond niet als een probleem, maar met het oog op duurzaamheid is hergebruiken gewenst.

3.7.3 Conclusie uit proeven met bodemafdekking

De afdeklaag heeft invloed op zowel de temperatuur van de bodem als op het bovengrondse klimaat. De invloed op het bovengrondse klimaat neemt af naarmate het gewas meer sluit. Een dikke isolatielaag met een vlies dat zo min mogelijk waterdamp doorlaat lijkt het beste te werken. Daarmee wordt de bodemtemperatuur met enkele graden verhoogd ten opzichte van de huidige dunne laag met styropor korrels bij dezelfde watertemperatuur. Ook wordt de bodemtemperatuur stabiel bij instraling. Daardoor zal het koeffect ook groter worden. De temperatuur in de kas mag in de winter verder zakken zonder teveel invloed op de bodemtemperatuur waardoor de energievraag omlaag kan.

4 Discussie en aanbevelingen

In de discussie met als vraag welke potenties tot energiebesparing benoemd kunnen worden en wat de praktische gevolgen daarvan kunnen zijn, viel het integrale denken van deze groep op, die was gericht op het wegnemen van bronnen van energieverstopping. Ongeveer de helft van het huidige energieverbruik wordt besteed aan het voorkomen van vochtproblemen zoals botrytis en breekstelen. Het eerste probleem ontstaat vanuit condensatie, het tweede vanuit een gebrek aan verdamping. Maar ook op de breekstelen kan vervolgens op het wondvlak botrytis ontstaan. Als stappen om te komen tot verbetering worden gezien:

- het verminderen van de verdamping vanuit de kasgrond,
- het inblazen van droge buitenlucht tussen het gewas,
- het beter isoleren van het bed in de teeltfasen waarin er nog nauwelijks gewas boven de grond is en
- het actief drogen van kaslucht zolang de buitentemperatuur hoger is dan de gewenste kastemperatuur.
- Als deze maatregelen blijken te werken is ook de toepassing van een energiescherm met een hogere isolatiewaarde denkbaar.
- De inzet van een warmtepomp gecombineerd met een warmte/koude opslag in het grondwater kan worden gesimuleerd zodra de energiestromen in dit nieuwe concept helder zijn. Daarvoor moet echter eerst een praktijktest worden uitgevoerd waarin de volgende vragen worden beantwoord:
 1. Wat is het effect op de verdamping vanuit het bed van een andere afdekking en methode van watergift?
 2. Wat zijn de gevolgen van een tijdelijk verbeterde isolatie van het bed op het energieverbruik en de gelijkheid in temperatuur van het bed en de lucht daarboven?
 3. Op welke wijze kan er voldoende buitenlucht binnen het gewas gebracht worden en wat is het effect op RV, temperatuurverdeling en uitdroging van de grond?
 4. Hoe kan er effectief ontvochtigd worden in de perioden dat de buitentemperatuur hoger is dan de gewenste planttemperatuur en hoeveel uur per jaar is dat noodzakelijk?
 5. Levert gelijktijdige kaskoeling dan wat op? Vanuit het project groeimodel Freesia blijkt dat bij hoge temperaturen de dissimilatie sterk toeneemt. Hierdoor neemt de netto groei af.

4.1 Vervolgonderzoek met toepassing in de praktijk

De centrale vraag in het streven naar energiebesparing in combinatie met vermindering van kwaliteitsproblemen door condens en door gebrek aan verdamping, is welke rol luchtbeweging, eventueel in combinatie met drogere lucht daarin kan spelen. De systemen waarmee je dat kunt uitvoeren zijn nog divers en alleen op basis van theorie kan voor freesia nog keuze daaruit gemaakt worden. Concepten uittesten in kasproeven kan hier meer zekerheid over geven. Voorgesteld wordt om op praktijkschaal een systeem voor buitenlucht toevoer onder het gewas te beproeven. Voor een keuze gemaakt kan worden welk distributie systeem daarvoor gekozen moet worden is een test met een aantal van die systemen gewenst. Daarbij moet worden gekeken naar de luchtverdeling in het bed, de werkbaarheid, de kosten en het eventueel krom groeien van de planten. Daarna een keuze maken en een hele afdeling uitrusten zodat schermgebruik, energiebesparing en effect op het gewas bestudeerd kunnen worden. Indien dit niet realiseerbaar is zal een gedeelte van de kas afgeschermd moeten worden. Uitgangspunt is de nieuwe kunststof warmtewisselaar die in de gevel zal worden ingebouwd. Binnen dat project kunnen dan kleine proeven worden uitgevoerd met:

1. Bodemafdekking en een andere manier van water geven
2. Isolerende afdekkingen tijdens de eerste teeltfasen.
3. Andere schermmaterialen.
4. Ontvochtiging via diepe koeling aan de gevel.

Na een jaar metingen van het energieverbruik kan een simulatiestudie worden uitgevoerd om na te gaan of een warmtepomp met een warmteopslag in het grondwater economisch haalbaar is en extra energiebesparing oplevert en welke combinatie van de energiebesparende maatregelen het meeste perspectief biedt.

5 Conclusies

Het energieverbruik voor de warmtevraag is in voor de referentieteelteel freesia bepaald op $13 \text{ m}^3 \text{ a.e./m}^2/\text{jr}$. Deze energie is verdeeld over 51% om de kas op temperatuur te houden, 3% is nodig om in september - oktober breekstelen te voorkomen met een minimum buis en 46% is nodig om vocht van verdamping van de bodem (50%) en het gewas (50%) af te voeren.

De mogelijke energiebesparing bij Freesia op de totale warmtebehoefte wordt ingeschat op $7 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{.jaar}$ (50%, excl. stomen en belichting), maar dit is afhankelijk van de effecten op het gewas. De effecten van actieve ontvochtiging en het afdekken van de bodem op de gewasgroei van Freesia zijn nog niet bekend.

Bij Freesia is 46% van de verwarmingsenergie toe te schrijven aan het wegstoken van vocht. Het inbrengen van opgewarmde buitenlucht lijkt dus een voordehand liggende maatregel. De lage teelttemperatuur veroorzaakt echter dat dit bij Freesia vaak niet effectief is. Doordat het temperatuurverschil tussen kaslucht en buitenlucht vaak maar klein is, is het drogende effect van de nauwelijks opgewarmde buitenlucht ongeveer de helft van de tijd te klein. Een alternatief is de lucht extra te drogen door een proces van koeling en opwarming. Om het benodigde debiet voor het inblazen van lucht bij freesia te halen zijn minimaal 4 slurven van 120 mm nodig. De praktische inpassing in de kas is in deze inventarisatie niet duidelijk geworden.

Uit de inventarisatie van HNT Freesia blijkt dat ca. $3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ besparing te realiseren is door de toevoer van vocht te beperken. Dit door via aangepaste isolatie en watergift verdamping vanuit de bodem tegen te gaan. Bijkomend voordeel is dat hiermee ook energiebesparing bereikt kan worden op bodemverwarming en koeling. De uitgevoerde proef met verschillende materialen toont aan dat het mogelijk is de bodem te isoleren tegen verdamping en warmteverlies/opwarming zonder negatieve effecten op de groei.

Een afdeklaag heeft invloed op zowel de temperatuur van de bodem als op het bovengrondse klimaat. De invloed op het bovengrondse klimaat neemt af naarmate het gewas meer sluit. Een dikke isolatielaag met een vlies dat zo min mogelijk waterdamp doorlaat lijkt het beste te werken. Daarmee wordt de bodemtemperatuur met enkele graden verhoogd ten opzichte van de huidige dunne laag met styropor korrels bij dezelfde watertemperatuur. Ook wordt de bodemtemperatuur stabiel bij instraling. Daardoor zal het koeffect ook groter worden. De temperatuur in de kas mag in de winter verder zakken zonder teveel invloed op de bodemtemperatuur waardoor de energievraag omlaag kan.

Met verticale ventilatoren lijkt het mogelijk om het inzetten van een minimumbuis ter voorkoming van breekstelen te voorkomen. Daarnaast kan de buis dan ook minder ingezet worden door betere temperatuurverdeling. De luchtbeweging kan de verdamping juist stimuleren waardoor juist weer meer vocht in de kas komt dat weer afgevoerd moet worden. Onderzoek is vereist om deze effecten bij freesia te kunnen kwantificeren.

6 Referenties

Campen, J. en A. Sapunas, 2011.

Kas als Energiebron, 2010.

www.kasalsenergiebron.nl

Labrie, C. en M. Raaphorst, 2009.

Labrie, C. en F. de Zwart, 2010.

Ruijs, M. *et al.*, 2010.

