

14 Conclusies en aanbevelingen

14.1 Conclusies

Klimaat verwarmen

- Horizontale temperatuurverdeling proefvak bij onderdoor verwarmen wordt niet verbeterd of zelfs iets slechter wanneer verwarmd wordt met Fiwihex. Horizontale verdeling bij bovendoor verwarmen wordt beter bij verwarmen met de Fiwihex.
- Het vochtgehalte op bloemhoogte is de meest kritische plek op gewasniveau bij onderdoor verwarmen. Bij bovendoor verwarmen is de meest kritische plek het ingebogen blad.
- Verticale temperatuurverdeling in de donkerperiode laat een grotere gradiënt zien bij onderdoor verwarmen Fiwihex in vergelijking tot conventioneel verwarmen. Waarbij op gewasniveau het ingebogen blad het warmst en op bloemhoogte het koudst is. Metingen boven de bloemhoogte laten een nog verdere daling zien van de temperatuur. Wanneer de belichting aan gaat wordt de gradiënt kleiner.
- De verticale temperatuurverdeling bij bovendoor verwarmen laat een omgekeerde gradiënt zien in vergelijking met conventioneel verwarmen. Waarbij op gewasniveau het ingebogen blad het koudst is en op bloemhoogte het warmst.
- De luchtbeweging is bij onderdoor verwarmen met Fiwihex onder de teeltgoot hoger en op ingebogen bladhoogte gelijk of in sommige gevallen (plekken) iets hoger dan bij traditioneel. Het effect op de luchtbeweging op ingebogen blad hoogte lijkt erg klein. Bij bovendoor verwarmen wordt de luchtbeweging onder de teeltgoot en ingebogen blad niet altijd beter. Wel is er pleksgewijs een verhoging van de windsnelheid te zien. De gewasweerstand is hierin een bepalende factor.
- Buitenomstandigheden als windsnelheid en -richting en klimaatregeling zoals raam- en schermstand hebben een grote invloed op de luchtstromen in de kas.
- De ventilatorstanden die gerealiseerd worden zijn o.a. afhankelijk van het vermogen dat ingebracht moet worden. Uit de Quick scans blijkt dat het niet nodig is om de maximale ventilatorstand te hanteren. Bij onderdoor verwarmen is te zien dat de lucht in het proefvak later omhoog getransporteerd wordt bij een hoge stand (78%). Om een rustiger klimaat te realiseren voldoet een ventilator stand van 58% goed. Bij bovendoor verwarmen is te zien dat een hoge ventilator stand (78%) veel effect heeft boven het gewas maar op gewasniveau een lagere ventilatorstand voldoende moet zijn.
- De extra luchtbeweging die door de ventilator gecreëerd zou moeten worden op gewasniveau is bij zowel onder- als bovendoor circuleren pleksgewijs te zien maar niet overal. Of door de extra beweging voldoende vocht afgevoerd wordt om de minimum buis te vervangen is dan nog de vraag. De metingen kunnen dit niet aantoonbaar maken. Het effect van de minimum buis op de luchtstromen lijkt minimaal.

Klimaat koelen

- Horizontale temperatuur verdeling proefvak bij onderdoor koelen laat op ingebogen bladhoogte een relatief grote gradiënt zien, op gewashoogte en bloemhoogte is deze gradiënt zeer gering. Bij bovendoor koelen is deze gradiënt op alle hoogtes zeer gering maar in verhouding op ingebogen blad ook het grootst.
- Verticale temperatuurverdeling laat bij onderdoor koelen een gradiënt zien tussen ingebogen blad en bloemhoogte, waarbij het ingebogen blad het koudst is. Bij bovendoor koelen is er haast geen gradiënt. Als er een gradiënt te zien is, dan is de temperatuur het laagst op bloemhoogte.
- De horizontale vochtverdeling proefvak is bij onderdoor koelen bij het ingebogen blad het grootst en het vochtdeficit is het laagst in vergelijking met gewas- en bloemhoogte.
- De horizontale vochtverdeling proefvak is bij bovendoor koelen op ingebogen bladhoogte het minst goed. Het vochtdeficit is niet op een bepaalde hoogte het laagst of het hoogst.

Fotosynthese en gewastemperatuur

Verwarmen

- Overdag zijn er zeer geringe temperatuurgradiënten binnen het gewas, zowel bij onderdoor als bij bovendoor verwarmen.
- Fotosynthese/huidmondjes geleidbaarheid wordt niet gelimiteerd door onderdoor of bovendoor verwarmen.

Koelen

- Gewastemperatuur gradiënt is bij onderdoor koelen relatief groot in vergelijking met bovendoor koelen.
- Geen limitatie huidmondjesopening bij bovendoor koelen. Bij onderdoor koelen ook geen limitatie, de geleidbaarheid bij het ingebogen blad ligt wel beduidend lager en kan limiterend werken bij verhoogde instraling.
- 's nachts koelen (bovendoor) heeft relatief weinig effect op de huidmondjes geleidbaarheid. Geleidbaarheid is over de nacht redelijk stabiel.

De manier van verwarmen of koelen heeft geen meetbare effecten op de gewasfotosynthese.

Energie

Verwarmen

- Onderdoor verwarmen geeft een energie besparing. Het lijkt erop dat o.a. de assimilatiebelichting warmte efficiënt gebruikt wordt. Hoeveel energie er bespaard kan worden is afhankelijk van hoeveel energie er gebruikt moet worden om vocht af te voeren.
- Bovendoor verwarmen laat tot zover geen besparing zien op het energieverbruik.
- Bij zowel onderdoor als bovendoor verwarmen moet het klimaat regeltechnisch nog verder uitgewerkt worden.

- Voor het gebruik in de functie van minimum buis zijn de variabele kosten alleen de elektriciteitskosten van de fiwihex. De warmte die de fiwihex in gaat is immers gratis geogste zonnewarmte. Voor een minimum buis uit een traditioneel systeem bestaan de kosten vooral uit kosten voor het maken van de warmte met een ketel of een warmte-kracht. Uit de voorbeeld berekening blijkt dat het omslagpunt bij een warmteprijs van 1,2 ct/kWh_{th} ligt.
 - Dit is altijd goedkoper dan het produceren van warmte met de ketel.
 - Dit is niet goedkoper als er warmte van een warmte-kracht beschikbaar is die draait voor belichting of voor terug leveren op het net tijdens plateau uren.
- Voor warmte maken in de functie van verwarmen voor temperatuur is het vrijwel altijd goedkoper om de ketel of een warmtekracht in te zetten. Het fiwihex systeem en de warmtepomp gaan minder efficiënt werken waardoor het elektriciteitsverbruik en de daarbij horende kosten uit de pas gaan lopen.
- Het gebruik van de dag buffer om de geogste warmte overdag 's nachts te gebruiken werkt energie besparend. Stel dat de vraag uitkomt op 25 m³/m² ae per jaar en dat dit een verbruikspatroon is wat sterk lijkt op een traditionele rozenteelt, dan zou ongeveer 50% van deze warmte uit de dagbuffer betrokken kunnen worden.
- Verwarmen met bronwater is zonder inzet van de warmtepomp niet mogelijk. De warmtepomp zal dan ook altijd ingeschakeld moeten worden om voldoende temperatuur te leveren om te kunnen verwarmen.

Koelen

- Op beide bedrijven (Boonekamp Roses en Porta Nova) is de inzet van de koelinstallatie beperkt waardoor de totale koudevraag laag is.
- De manier waarop de teler met de koelinstallatie omgaat heeft veel meer invloed op de hoeveelheid energie die er voor koelen nodig is dan de manier waarop gekoeld wordt (bovendoor of onderdoor).
- Er kan geen vergelijk gemaakt worden tussen Boonekamp Roses en Porta Nova om te bepalen welke manier van koelen het meest energie-efficiënt is.
- Berekeningen d.m.v. het energiemodel laten zien dat er een besparing gerealiseerd kan worden door de Fiwihexen beneden te plaatsen. De hoeveelheid energie die bespaard wordt hangt af van de klimaatinstellingen en koelstrategie.
- De vraag naar elektriciteit is bij een bedrijf met koelen en verwarmen door Fiwihex 40 tot 50 kWh/m² hoger dan de referentie, of wel een verhoging van 9-11%. De ventilatoren verbruiken hiervan 16-20 kWh, het resterende deel is nodig voor het aandrijven van de warmtepomp en de systeem pompen.

CO₂

- Er wordt door koeling inderdaad bereikt dat met veel minder CO₂ een hoger CO₂-niveau kan worden gehandhaafd.
- Het feit dat Porta Nova meer gekoeld heeft als Boonekamp blijkt ook uit het feit dat er bij Porta Nova minder CO₂ is gebruikt. Het is echter niet aangetoond dat dit verschil het gevolg is van bovendoor of onderdoor koelen.
- Het werkelijk gehanteerde ventilatievoud en gerealiseerde CO₂-niveau is het gevolg van operationele besluiten, waarbij de kosten van koeling en het gewenste CO₂-niveau beslissende factoren zijn. Dit is erg moeilijk in één strategie per jaar te definiëren.

- Bij Porta Nova is 52% CO₂ bespaard door te koelen en bij Boonekamp 47%.

Productie en kwaliteitsgegevens

Koelen

- Bovendoor koelen bij Van den Berg in 2008 en 2009, laat een kwantitatief voordeel zien in de ongekoelde kas en een kwalitatief voordeel in de gekoelde kas. Dit verschil is echter gering.
- Porta Nova: Onderdoor koelen geeft een kwalitatief voordeel in de gekoelde kas, kwantitatief in de ongekoelde kas. Onderdoor koelen gaf betere kwaliteit doordat 2009 het eerste volle productie kalenderjaar betrof. Op basis van het Explorer model mag worden verwacht dat op termijn de kwantitatieve productie in de gekoelde kas hoger zal worden.
- Porta Nova: In de onderdoor gekoelde locatie is de gerealiseerde productie lager dan de berekende productie. In de ongekoelde locatie is de gerealiseerde productie hoger dan de berekende productie.
- Porta Nova: Onderdoor koelen geeft een iets grotere knophoogte dan niet koelen.
- Van den Berg Roses: In 2008 is de knophoogte in de bovendoor gekoelde afdeling iets groter dan in de niet gekoelde afdeling. In 2009 is er nagenoeg geen verschil.
- Van den Berg Roses: De ongekoelde afdeling heeft een lager gerealiseerde productie (5% in 2008 en 2% in 2009) dan de berekende productie. De gekoelde afdeling heeft een lager gerealiseerde productie van (1% 2008 en 2009) dan de berekende productie.
- Boonekamp Roses: De productie en kwaliteitscijfers missen een goede referentie. Het is aan de hand van de getoonde cijfers dan ook niet te zeggen welk direct effect de koeling op de productie en kwaliteit heeft gehad.

Verwarmen

- Modelmatige berekeningen, gemaakt aan de hand van de fotosynthese, gewastemperatuur en akoestisch metingen, laten zien dat zowel onderdoor als bovendoor verwarmen goed mogelijk is. Het gewasmanagement zal wel aangepast moeten worden op de manier van verwarmen.

Klimaatmodel

- Onderdoor koelen leidt niet tot andere gemiddelde temperaturen in het gewas. Er is wel een grotere temperatuur gradiënt over het gewas. Deze grotere temperatuurgradiënt leidt tot grote verschillen in RV bovenin en onderin het gewas. Bij koeling overdag is de RV onderin zo'n 10% hoger dan bovenin, bij verwarming 's nachts is dat andersom.
- Overdag leidt dat tot een relatief lage RV (70%) in de bovenste gewaslaag. Deze lagere luchtvochtigheid doet het effect op de fotosynthese van de hogere bladtemperaturen teniet. Er is geen enkel verschil in de gewas fotosynthese berekend tussen de situaties met de Fiwihex boven en de Fiwihex onder het gewas.
- Onderdoor koelen en het handhaven van een RV boven in het gewas van 80% brengt een risico op bladnat onderin met zich mee. Het risico op nachtelijk

bladnat boven in is iets verhoogd bij onderdoor verwarmen maar dat effect is klein.

- Het effect van onderdoor koelen en verwarmen op de fotosynthese is dus klein of afwezig. Dat hoeft niet te gelden voor de ontwikkeling van de scheuten en knoppen. Gemiddeld veranderen de temperaturen weliswaar niet, maar als de knopontwikkeling vooral door nachtelijke temperaturen wordt bepaald, dan zal er natuurlijk een effect zijn van de wat lagere nachtelijke temperatuur boven in het gewas. Dergelijke verschillen ontstaan echter alleen als de temperatuur 's nachts en de temperatuur overdag in verschillende mate van invloed zijn. Het "in verschillende mate" moet bovendien aanzienlijk zijn. Het gaat immers om temperaturen die overdag 1°C lager zijn dan met de FiwiHex boven het gewas.

Explorer model

- De effecten van de plaats van de FiwiHex zijn rasafhankelijk maar er kunnen toch enkele algemene conclusies worden geconstrueerd. Het lijkt dat rassen die een relatief grote temperatuurgevoeligheid hebben voor scheutuitloop zoals 'Red Naomi', 'Prima Donna' en 'Passion', gebaat zijn bij een positie van de FiwiHex onderin het gewas. Door de positie onderin het gewas van met name de warmtebron wordt de uitloop gestimuleerd. Het gevaar bestaat dat dit, bij een gebrek aan de benodigde assimilaten, leidt tot kleine takken. Voor rassen die erg makkelijk uitlopen, zoals 'Avalanche', leidt een hogere temperatuur tot een enorme toename van het aantal takken en uiteindelijk tot een verstoring van de hele plantbalans. In de analyse is echter uitgegaan van temperatuur gradiënten over het gewas, waarbij de gemiddelde temperatuur voor alle rassen hetzelfde was. Dit kan een vertekend beeld opleveren en het is niet uitgesloten dat ook 'Avalanche' prima presteert met een onderverwarming, mits het setpoint voor de gemiddelde bladtemperatuur op een lager niveau wordt afgesteld.
- Het is erg waarschijnlijk dat eventuele rasafhankelijke negatieve effecten van onder- en bovendoor verwarmen c.q. koelen heel goed door teeltmanagement kunnen worden opgeheven.

14.2 Aanbevelingen

Klimaatregeling

Om tot een goede klimaatregeling te komen moet er nog een hoop geleerd worden. Het verwarmen met de FiwiHex heeft een andere interpretatie van waardes nodig. Bijvoorbeeld bij eenzelfde aanvoer temperatuur ondernet of FiwiHex zal het vermogen dat naar de kas toegebracht wordt anders zijn. Het is dan ook aan te bevelen om met vermogens te werken of in ieder geval deze te registreren om een goed beeld te krijgen wat er nu echt in de kas gebeurt

De hoeveelheid warmte die naar de kas gebracht moet worden om vocht af te voeren is moeilijk te bepalen. De balans die hierin gevonden moet worden is een leerproces waarbij de grenzen opgezocht moeten worden van het maximaal toelaatbare.

Energie

Het verwarmen met warmtewisselaars heeft zeker potentie. Als we kijken naar het gevraagde vermogen valt er zeker een besparing te realiseren door met laagwaardige warmte te werken. Klimatologisch is dit echter niet altijd aan te bevelen, zeker als de Fiwihexen boven hangen is het gewenst om het ondernet in sommige gevallen in te schakelen. Het is aanbevolen om genoeg meetpunten in de kas te hebben om continu een goed beeld te hebben van het klimaat en daarmee de grenzen voor energie besparing te kunnen bepalen.

Productie en gewasmanagement

Uit de modelberekeningen blijkt dat zowel bovendoor als onderdoor verwarmen en koelen plantfysiologisch mogelijk is. Het gewasmanagement moet hierbij wel aangepast worden en de traditionele manier van telen zal niet altijd tot de mogelijkheden behoren.