Improvement Centre BV
Postbus 4
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 3
2665 MV Bleiswijk

Telefoon 010 522 1771
www.delphy.nl

Het Nieuwe Telen Paprika 2.0

Worldwide Expertise for Food & Flowers

Lisanne Helmus-Schuddebeurs[1], Rick van der Burg[1], Jeroen Zwinkels[2], Arie de Gelder[3] , Peter Geelen[4]

1 Delphy- Improvement Centre
2 Delphy
3 WageningenUR Glastuinbouw
4 Plantmonitoring

Projectnummer Kas als energiebron: 20047

Onderstaande partijen zijn bij het project betrokken geweest als financier of uitvoerder:

Disclaimer
© 2017 Delphy Improvement Centre, Violierenweg 3, 2665 MV Bleiswijk, Tel. 010-522 1771

Dit document is auteursrechtelijk beschermd.

Delphy is niet aansprakelijk voor eventuele schade als gevolg van gebruik van de resultaten van dti onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoudsopgave

Samenvatting **5**

1. Inleiding **7**

1.1. Doelstellingen 7

2. Aanpak en kasinrichting **9**

3. Verloop van de teelt **11**

4. Resultaten **13**

4.1. Klimaat 13

4.1.1. Buitencondities 13

4.1.2. Etmaaltemperatuur en lichtsom 14

4.1.3. Vocht in de kas 16

4.1.4. CO_2 17

4.1.5. Watergift en opname 20

4.2. Schermen en Uitstraling 21

4.2.1. Schermstrategie 21

4.2.2. Schermen en lichtverlies 22

4.2.3. Uitstraling 23

4.3. Buis en energiegebruik 24

4.4. Gewasontwikkeling 26

4.5. Productie en vruchtkwaliteit 27

4.5.1. Productie en vruchtgewicht 27

4.5.2. Vruchtkwaliteit 29

5. Conclusies en Leerpunten **32**

Literauur **34**

Bijlage I Overzicht stook en ventilatiestrategie 36

Bijlage II Realisatie Schermstrategie 37

Bijlage III Overzicht productie 39

Samenvatting

Het Project 'Het Nieuwe Telen Paprika 2.0' is een voorzetting op het project 'Paprika energiezuinig met goede kwaliteit' (De Gelder et al., 2017). De goede resultaten in dit project vroegen om meer uitdaging in het tweede jaar. De belangrijkste doelstelling voor dit seizoen waren:

- Inzetten van een spouwscherm (2x Luxous 1147, met een kleine spouw van ± 7 cm), om de isolatie in de winter te verhogen, en het energiegebruik verder te reduceren.
- Gasverbruik voor warmte van maximaal 15 m^3/m^2 en een piekverbruik van maximaal 0.7 m^3/m^2/week .
- CO_2 gebruik is maximaal 22.5 kg/m^2 en het piekverbruik is maximaal 0.8 kg/m^2/week.
- Het gewas in balans houden door het toepassen van vruchtdunning.

Daarnaast was er een vergelijk met het naastgelegen praktijkbedrijf, de resultaten hiervan zijn opgenomen in het monitoringsproject (Raaphorst, 2018) Het ras in de proef is gelijk gesteld aan de praktijkreferentie, dit was het gele ras 'Allrounder'.

De plantdatum was 1 december, en gedurende de teelt zijn er een aantal struikelblokken geweest waar goed lering uit is getrokken. De beoogde productieprognose is niet gerealiseerd. De productie in de kas gemeten kwam uit op 31.1 kg/m^2 en het gemiddeld vruchtgewicht was 195 gram. De lagere productie wordt toegeschreven aan een aantal factoren: extra lichtverlies door het spouwscherm ; een periode in maart waarin boriumgebrek is ontstaan (water en opname van voedingselementen tijdens de proef was niet optimaal) ; beperkte dosering van CO_2 en het toepassen van vruchtdunning. Gedurende de zomerperiode zijn kwalitatieve problemen aan de vruchten geconstateerd: watervlekken (verbranding van de schouders) en stekplekken. Dit is met name toe te schrijven aan de hoge temperaturen in combinatie met een hoge instraling die in juni was gerealiseerd. Het ras Allrounder bleek hier gevoeliger voor te zijn dan in de eerdere teelt is gerealiseerd met Maranello. Positief was dat er gedurende de teelt geen enkele vrucht met binnenrot is geconstateerd na een week bewaring.

De schermconfiguratie bestond uit het spouwscherm op het onderste dradenbed en een helder energiescherm (Luxous 1147) op het bovenste dradenbed. In totaal is het enkele scherm gedurende 4124 uur 100% gesloten geweest en het spouwscherm 3623 uur. Tussen week 20 en week 30 is het scherm minimaal ingezet voor energiebesparing, maar sloten de schermen voor 80% ter voorkoming van uitstraling. Het totale energiegebruik kwam uit op 14.1 m^3/m^2, dit is onder de doelstelling, het piekverbruik is echter gedurende 5 weken wel boven de 0.7 m^3/m^2 uitgekomen.

Het spouwscherm heeft een meerwaarde getoond wanneer het gaat om energiebesparing. Ook was de netto uitstraling bij twee gesloten doeken lager dan de teelt in 2016 bij een gelijke temperatuur boven de doeken. Wel gaf het spouwscherm beperkingen bij het inzetten op de dag, door de hoge isolatiewaarde en lagere lichtdoorlatendheid.

Vanaf september heeft het gewas een behoorlijke druk van meeldauw gekend. Richting het einde van de teelt liep de luchtvochtigheid in de kas hoog op. Uiteindelijk is hierin de grens opgezocht, maar zagen we toch wat uitval van stengels richting het einde van de teelt, waarop volgend er maatregelen zijn geweest met minder intensief schermen om het vocht te beheersen.

1. Inleiding

In 2016 zijn er twee teeltexperimenten voor paprika uitgevoerd in het kader van het programma 'Kas als Energiebron': "Paprika energiezuinig met goede kwaliteit"* (De Gelder, et al. 2017) en "Paprikateelt in de hoog geïsoleerde Venlow Energy kas" (De Zwart, et al. 2017). De resultaten van de twee projecten gaven voldoende aanleiding om er een vervolg aan te geven.

In de teelt van 2016 is het energiegebruik in de proef "Paprika energiezuinig met goede kwaliteit" teruggebracht naar 17 m^3/m^2. Ondanks dat in deze teelt een grote besparing was gerealiseerd voor de inzet van warmte, was de conclusie dat er nog een stap gezet kan worden. Van het totale energiegebruik is ongeveer 70% gebruikt in de eerste 3 maanden van de teelt. Om het totale energiegebruik verder te reduceren moet het energiegebruik in de winter naar beneden, en zullen de pieken in het energiegebruik in de weken dat we te maken hebben met lage buitentemperaturen moeten worden verlaagd. Om op dit hoge gebruik in de winter in te spelen is de isolatie van de kas verhoogd door de schermconfiguratie uit te breiden met een spouwscherm op de onderste tralie, dus een spouwscherm bestaande uit 2 heldere energieschermen in combinatie met een enkel helder energiescherm.

Gedurende de gehele teelt zijn naast het schermen voor isoleren van de kas de schermen constant ingezet ter voorkoming van uitstraling, het juiste moment van openen en sluiten van het scherm werd hierbij gemonitord met een netto stralingsmeter. Het voorkomen van uitstraling wordt in verband gebracht met het voorkomen van binnenrot doordat de gewastemperatuur en verdamping op een hoger niveau wordt gehouden. De resultaten afgelopen jaren waren positief, maar meer monitoring van de temperaturen van de verschillende gewasonderdelen waren op dit punt gewenst.

Waar het verlies van warmte in de winter hoog is, geldt dit in de zomer voor CO_2. Ook gaven telers aan hier meer aandacht voor te willen omdat een laag energiegebruik in de zomer ook zorgt voor beperkte beschikbaarheid van CO_2 of CO_2 moet worden ingekocht via een externe bron. In tomaat is eerder aangetoond dat een halvering van het CO_2 nauwelijks effect had op de productie (de Gelder et al., 2012).

Kort samengevat zijn in dit project meerdere elementen ingebracht om de principes van 'Het nieuwe telen (HNT)' te toetsen en de grenzen weer een stukje te verschuiven. Belangrijk hierbij is dat de teeltstrategie uiteindelijk wordt opgepakt door de praktijk. Om dit te stimuleren is er een praktijk vergelijk gemaakt met het naastgelegen bedrijf dat de basis principes van het nieuwe telen toepast. In dit rapport wordt er verder niet op het praktijk vergelijk ingegaan, dit is ondergebracht in het monitoringsproject van KAE (Raaphorst, 2018).

1.1. Doelstellingen

Om de grenzen van HNT weer een stukje te verleggen zijn voor dit project de volgende doelstellingen vooraf vastgelegd.

<u>Energiedoelstelling</u>

- De energiedoelstelling voor warmte is telen met maximaal 15 m^3/m^2 voor warmte. Hierbij mag het piekverbruik in de winter niet hoger zijn dan 0.7 m^3/m^2/week.
- Een CO_2 dosering van maximaal 0.8 kg/m^2/week en maximaal 22.5 kg/m^2 voor de gehele teelt. Dit te realiseren door de CO_2 lichtafhankelijk te doseren.

Technische doelstellingen

- Telen met een spouwscherm (twee heldere energieschermen op elkaar die een aantal cm uit elkaar zijn getrokken voor extra isolatie) in combinatie met een helder energiescherm om in de koudste periode het piekverbruik te verlagen.
- Binnenrot voorkomen door een uniform klimaat, het voorkomen van uitstraling en het voorkomen van vochtschokken, daarbij mag de teeltstrategie niet ten koste gaan van de productie en houdbaarheid van de vruchten.
- Toepassen van een regeling voor CO_2 integratie die leidt tot tenminste de normale productie met een reductie van de hoeveelheid gedoseerde CO_2. De focus is om de CO_2 verliezen van de kas te beperken door een lichtafhankelijke CO_2 dosering en het beperken van de ventilatie.

Leerdoelstelling

- Door de teelt te combineren met monitoring op een nabij gelegen praktijkbedrijf en te werken met een begeleidingscommissie bestaande uit telers die ook de teelt van 2016 hebben begeleidt de kennis overdragen naar de praktijk.

**Omdat het project "Paprika energiezuinig met goede kwaliteit" van de 2 projecten het meest vergelijkbaar is met de praktijk en dit vervolgproject ook wordt uitgevoerd in dezelfde afdeling in het Improvement Centre zal er verder in deze rapportage hiernaar gerefereerd worden wanneer er een vergelijk gemaakt wordt met 2016, het project in de Venlow Energy kas zal verder buiten beschouwing worden gelaten.*

2. Aanpak en kasinrichting

Voor de teelt is afdeling 6 bij Delphy Improvement Centre bijna volledig ongewijzigd gebleven, zoals eerder beschreven is er alleen een aanpassing in de schermconfiguratie doorgevoerd.
In 2016 was de configuratie als volgt:

- Bovenste Scherm: Luxous 1547 D FR
- Onderste Scherm: Luxous 1147 FR

Om de isolatiewaarde van de kas met name in de winter te verhogen is het onderste scherm vervangen door het spouwscherm en het bovenste is ook vervangen voor de meest heldere variant om naast maximale isolatie ook maximaal licht in de kas te krijgen met gesloten schermen. Deze aanpassingen resulteren in de volgende schermconfiguratie:

- Bovenste scherm: Luxous 1147 FR
- Onderste scherm: 2 x Luxous 1147 FR (met een spouw tussen de twee doeken).

Figuur 2.1. Overzicht van de afdeling 2 weken na planten is te zien dat beide schermen gesloten zijn.

De kasuitrusting was verder als volgt:

Locatie:	Afdeling 6, Delphy Improvement Centre
Afdelingsgrootte:	bruto teelt opp. – 1008 m^2 (35 meter * 3 tralies van 9.6 meter breed)
	Netto teelt opp. – 936 m^2 (32.5 meter * 3 tralies van 9.6 meter breed)
Poothoogte:	6.68 meter
Kasdek type:	Venlo dek – tralie ligger met 2 kappen per tralie
Glastype:	helderglas: 91% lichtdoorlatendheid en 22% helling
Verwarming:	Buisrail (51 mm), 6 per tralie.
	Gevelverwarming apart regelbaar.
CO_2-dosering:	OCAP
Klimaatcomputer:	Priva
Teeltsysteem:	Vier rijen systeem (3 stengels per plant)
Goten:	Hangende goten, 30 cm boven de bodem
Rijafstand:	1.60 meter
Substraat:	Grodan Vital (133*17*7.5) , in de twee buitenste tralies lagen diverse nieuwe mattypes.
Watergift	druppelaars met een afgifte van 2 liter/uur, 1 druppelaar per plant.

Om de principes van HNT te kunnen toetsen en monitoren waren de volgende systemen/meetinstrumenten in de afdeling geplaats:

- Nivolatoren (Nivola B.V.), voor het creëren van verticale luchtbeweging, om in de periodes dat er geen buisvraag is de verdamping van het gewas te stimuleren.
- Netto-stralingsmeter, om de uitstraling van het gewas te monitoren en hiermee het juiste moment van openen en sluiten van het scherm te bepalen.
- Thermoview (letsgrow), warmtebeeldcamera om de temperatuur van de verschillende plantonderdelen te monitoren.
- 5 meetboxen, 1 boven het scherm, 1 in de buitenste tralie voor het sturen van de gevelverwarming, 1 in de buik van het gewas, en 2 meetboxen naast elkaar bij de kop, als controle meting op de CO_2-concentratie in de afdeling.
- PAR sensor, voor het meten van de instraling in de kas.

Er is gekozen voor het ras Allrounder (geel, Rijkzwaan). Naast het argument dat we deze teelt een ander ras wilde, is dit het ras wat ook wordt geteeld bij de praktijkreferentie. De planten zijn op 1 december geplant.

3. Verloop van de teelt

Onderstaande teeltverslag is een samenvatting van de weekverslagen die gemaakt werden naar aanleiding van de bezoeken door Jeroen Zwinkels (Delphy).

De planten die op 1 december zijn geplant worden als goed beoordeeld, complimenten aan de plantenkweker. De eerste weken van de teelt is de ontwikkeling van het gewas goed, en de eerste vruchten worden gezet in het vierde oksel. In de eerste week van januari is de constatering dat er wat spontaniteit op het gewas ontbreekt, om wat meer spontaniteit te krijgen wordt er besloten wat eerder op temperatuur te zijn, de watergift wat te verhogen en het scherm iets eerder te openen. Hoewel de daaropvolgende week herstel te zien is, wordt het gewas eind januari wederom beoordeeld als donker, met weinig scheutgroei en slecht afgemaakte bladeren in de kop van het gewas (Figuur 3.1). Daarnaast tonen de wortelpuntjes wat bruin en ingedroogd. De vruchten aan de plant zien er echter wel goed uit. Het eerste zetsel wordt gedund op 1 vrucht per stengel, met een voorkeur voor het vierde oksel. Er staan enkele zwakker stengels tussen, om deze te laten herstellen worden hierop geen vruchten aangehouden.

Begin februari is erg donker en dit gaat dan ook samen met veel schermuren van beide doeken. De planten hebben in deze periode dan ook weinig gedaan, dit is in de praktijk op dit moment echter niet veel anders. Wel is het tweede zetsel vertraagd ten opzichte van de praktijkreferentie, wat mogelijk veroorzaakt is door de vele schermuren in deze periode. Vanaf eind februari zien we de spontaniteit van het gewas toenemen. In week 12 worden de eerste vruchten geoogst.

Eind maart wordt borium gebrek waargenomen in het gewas (Figuur 3.1), de oorzaak van het gebrek wordt hierbij niet toegeschreven aan de gift maar aan factoren die een belemmering veroorzaakten in de opname. Allereerst waren dit de vele schermuren in combinatie met het lage buisgebruik die zorgde voor een lagere opname van het gewas. Daarnaast werden de matten als erg nat beoordeeld, wat niet goed was voor de ontwikkeling van de wortels. Dit heeft mogelijk ook voor een beperking van de opname gezorgd. Hierop zijn teeltmaatregelen genomen die de verdamping van het gewas meer moesten stimuleren.

Figuur 3.1. Boriumgebrek (links), onafgemaakt blad (rechts).

Vanaf half april komt de plantbelasting boven de gestelde prognose uit, vanaf dit moment is er besloten om in ieder oksel maximaal 1 vrucht aan te houden. Omdat op dit moment de kwaliteit van zetting wat minder is, wordt besloten bij het wegnemen wel extra aandacht te hebben op de scheve vruchtjes. Tot juni verloopt de gewasontwikkeling goed, de planten worden als fris en sterk beoordeeld, wel zijn er geregeld opmerkingen over de wortels die niet sterk tonen.

Vanaf begin juli toont de kop wat chlorotisch (vergeling), hoewel de mate van vergeling wat wisselt, blijft de vergeling lang standhouden (Figuur 3.2). Vanaf augustus wordt het gewas geregeld als moeizaam beoordeeld, de gewaskenmerken die hieraan gerelateerd worden zijn lager vruchtgewicht terwijl de plantbelasting niet hoog is, weinig scheutgroei, wisselende zetting tussen de takken en zwakke wortels. Half september zit het laatste zetsel eraan, en eind september wordt de kop uit het gewas gehaald. Vanaf oktober is het lastig om de vochtigheid in de afdeling te controleren doordat er weinig buisvraag is als gevolg van de hoge buitentemperaturen. Omdat er op kritische momenten geen condensatie op het gewas werd geconstateerd (mogelijk als gevolg van de gecreëerde luchtbeweging met de nivolatoren) is hierin de grens opgezocht. Half oktober zien we wat Botrytus verschijnen, waardoor er vanaf dit moment besloten is om wat actiever (meer vocht afvoer realiseren) te gaan telen. Op 1 november worden de laatste vruchten geoogst en is de proef ten einde.

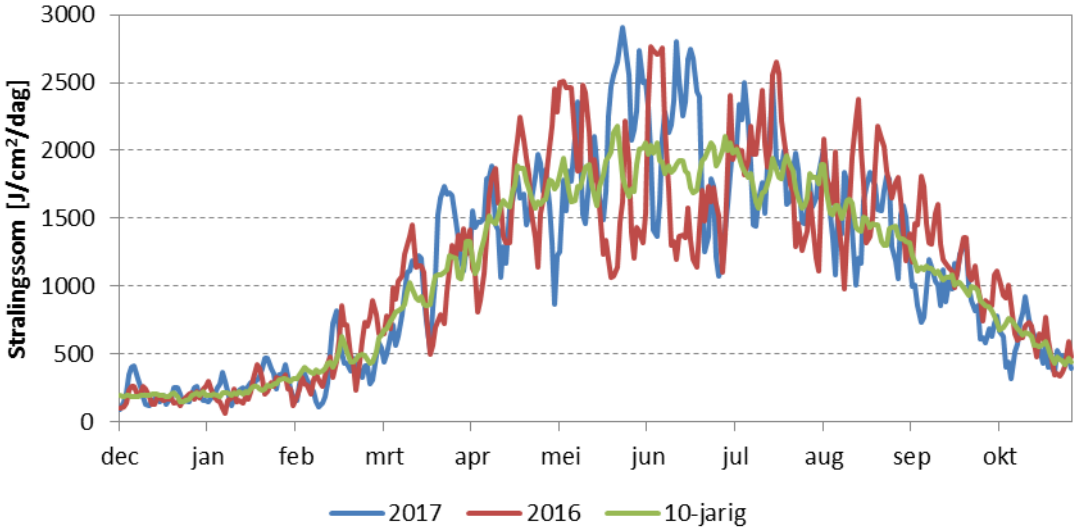
Figuur 3.2. Vanaf begin juni toonde het blad chlorotisch in de kop van het gewas.

4. Resultaten

4.1. Klimaat

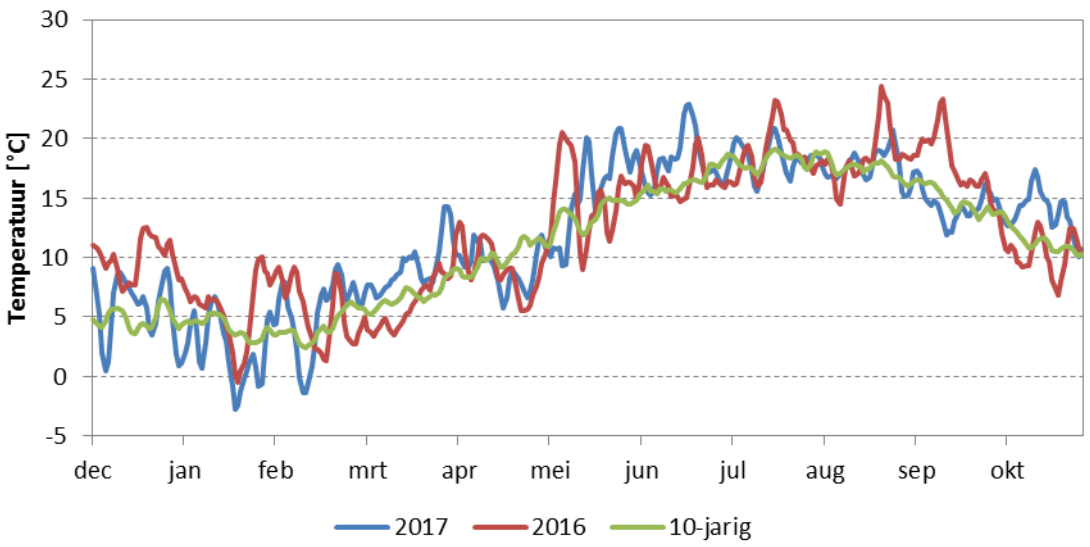
4.1.1. Buitencondities

De buitencondities gedurende de teelt zijn essentieel om een goede interpretatie te gegeven van het gerealiseerde klimaat in de afdeling en het energiegebruik. Figuur 4.1 toont de stralingssom van de afgelopen teelt en het 10-jarig gemiddelde. Daarnaast is ook het jaar 2016 weergegeven, omdat voor het analyseren van de toegevoegde waarde van het spouwscherm een vergelijk met de schermconfiguratie van 2016 gemaakt zal worden. Hoewel de totale lichtsom vergelijkbaar was met 2016 en zelfs hoger dan het 10-jarig gemiddelde was de verdeling van het licht over het jaar heen minder gunstig. In de maanden februari, augustus, september en oktober was de lichtsom lager en in de maanden mei en juni werd een plus op de lichtsom gerealiseerd.



Figuur 4.1. De stralingssom weergegeven van 2017, 2016 en het 10-jarig gemiddelde. De data van 2017 en 2016 zijn gemeten op de locatie van het Improvement Centre (Bleiswijk), het 10-jarig gemiddelde is afkomstig van het meteo station Rotterdam van het KNMI. Om de data beter leesbaar te hebben in de grafiek is de data weergegeven als het voortschrijdend gemiddelde van 3 dagen.

Figuur 4.2 toont de buitentemperaturen, ten opzichte van het 10-jarig gemiddelde is met name januari een koude maand geweest. Omdat 2016 een erg warme winter kende zijn er tussen 2016 en 2017 wel grote verschillen gerealiseerd. Zo was de temperatuur in december en januari respectievelijk 4.4 en 3.2°C lager. De temperaturen in maart waren dit jaar gemiddeld 3.2 °C hoger dan in 2016. In het najaar was september lager dan het 10-jarig gemiddeld en 3.8°C lager dan in 2016, oktober was daarentegen weer een erg warme maand.

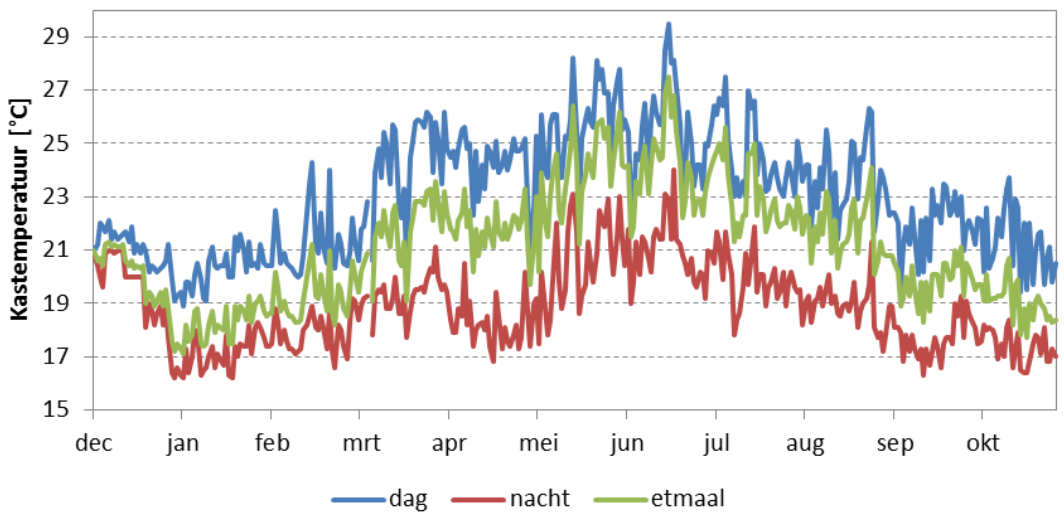


Figuur 4.2. De gemiddelde buitentemperatuur van 2017, 2016 en het 10-jarig gemiddelde. De data van 2017 en 2016 zijn gemeten op de locatie van het Improvement Centre (Bleiswijk), het 10-jarig gemiddelde is afkomstig van het meteo station Rotterdam van het KNMI. Om de data beter leesbaar te hebben in de grafiek is de data weergegeven als het voortschrijdend gemiddelde van 3 dagen.

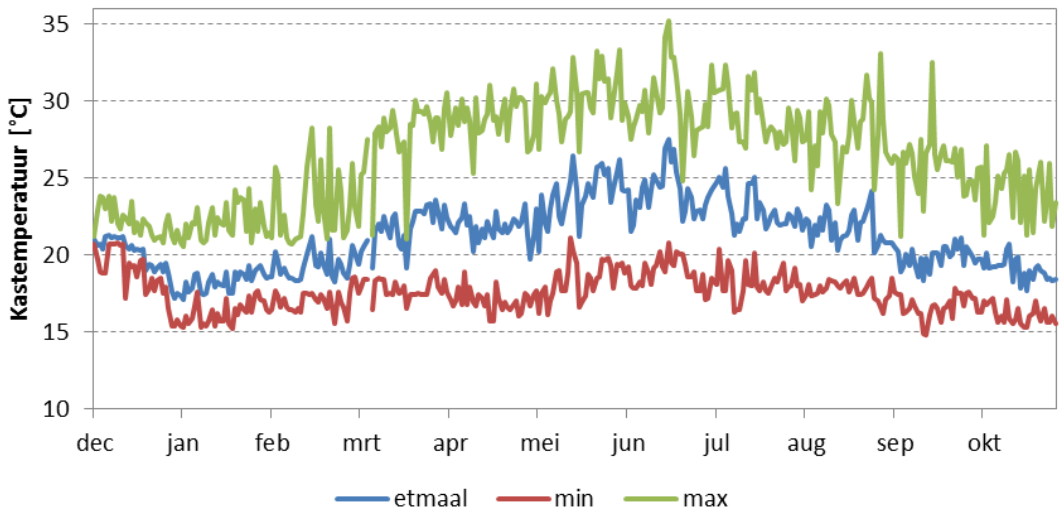
4.1.2. Etmaaltemperatuur en lichtsom

Bij aanvang van de teelt is de doelstelling om de gewasontwikkeling te stimuleren waardoor hier hoge etmaaltemperaturen worden gerealiseerd. In deze eerste weken van de teelt is het verschil tussen de dag en nachttemperatuur klein. Om vervolgens de eerste zetting af te dwingen is de temperatuur verlaagd (met name in de nacht). Gedurende de gehele teeltperiode is er gewerkt met een temperatuurverhoging op directe straling, en een stralingssom invloed op de nachttemperatuur om zo de gewenste temperatuur:licht te realiseren. Mei en juni kende warme dagen met veel instraling, waardoor de etmalen maar met name de maximum temperatuur hoog opliep. In juli werd geconstateerd dat het gewas hier niet goed op reageerde, en zijn er aanpassingen in het klimaat gedaan om wat lager in de temperatuur uit te komen. Op de dag werd er eerder gelucht en vanaf zon-onder mocht er vanaf dit moment worden afgelucht. Omdat het laatste zetsel er ruim op tijd aan zat waren er geen maatregelen nodig richting het einde van de teelt om de afrijping te forceren (Figuur 4.3 en Figuur 4.4). 'Bijlage I Overzicht stook en ventilatiestrategie' toont een overzicht van de klimaatinstellingen per week.

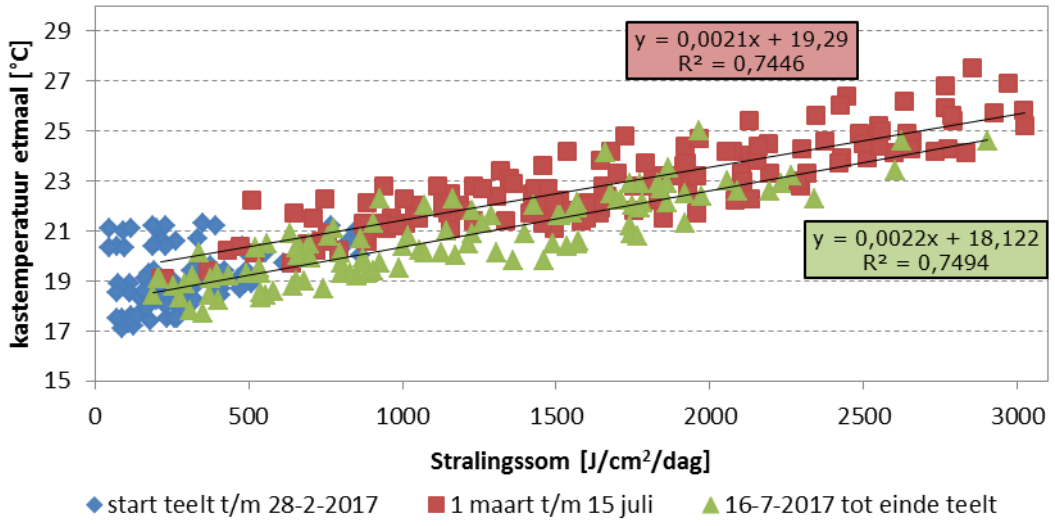
Voorafgaand aan het project was er gedefinieerd dat er geteeld zal gaan worden met een lichtsom afhankelijke etmaal temperatuur waarbij de basistemperatuur 19°C was en een verhoging van 2°C per 1000 J/cm^2/dag. Deze lijn werd gehanteerd vanaf het moment dat er voldoende belasting aan de plant zat. Hierbij zijn we uitgegaan van 1 maart, het moment dat het tweede zetsel eraan zat. Tot half juli is dit uitgangspunt gehanteerd met een uiteindelijke basistemperatuur van 19.3 °C en een lichtverhoging van 2.1 °C per 1000 J/cm^2/dag. Zoals eerder genoemd was deze lijn te heftig voor het gewas en is vanaf half juli de basistemperatuur verlaagd waardoor we uiteindelijk twee verschillende lijnen kunnen definiëren (Figuur 4.5). Wanneer de instraling in de loop van de teelt toeneemt is ook een gevolg dat de CO_2 concentratie in de afdeling afneemt. Voor het optimaliseren van de assimilatenbalans zal de stijging van de instraling en temperatuur juist moeten samengaan met een maximale beschikbaarheid van CO_2. Het feit dat CO_2 bij hoge instraling onder het gewenste niveau lag kan ook hebben meegespeeld bij het feit dat het gewas niet goed kon omgaan met de hoge etmalen. Mogelijk heeft dit gezorgd voor een onbalans in de assimilatenbalans doordat het verbruik hoger lag dan de aanmaak.



Figuur 4.3. Gemiddelde dag, nacht en etmaal temperatuur.



Figuur 4.4. Minimum, maximum en gemiddelde temperatuur per etmaal.



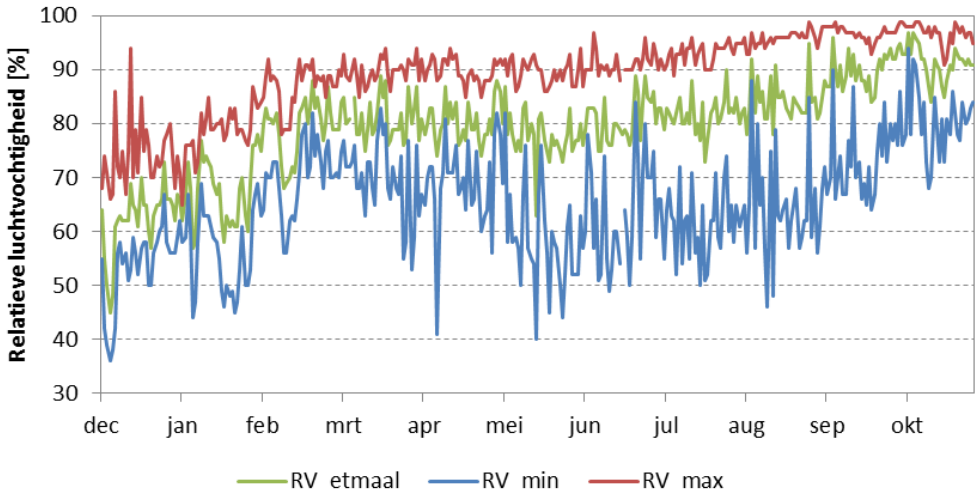
Figuur 4.5. De gerealiseerde etmaal temperatuur uitgezet tegen de lichtsom. Er is hier onderscheidt gemaakt tussen 3 periode: start teelt tot voldoende plantbelasting (1 maart), 1 maart tot half juli en half juli tot einde teelt als gevolg van een aanpassing in de strategie.

4.1.3. Vocht in de kas

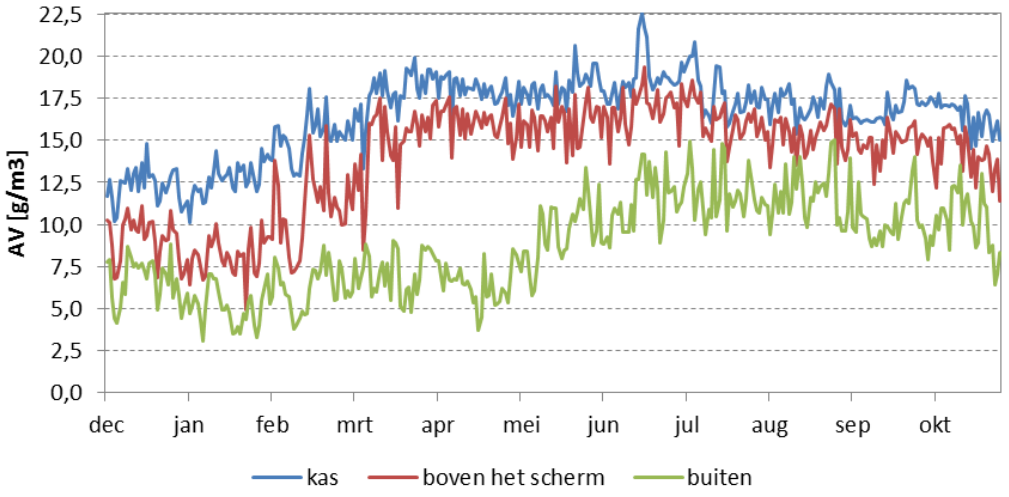
Zoals ook vermeld in het rapport van De Gelder et al. 2017, heeft het relatief grote gevel oppervlak in de afdeling effect op de relatieve vochtigheid in de afdeling. Met name in het begin van de teelt is dit effect zichtbaar. Tot maart fluctueert de RV tussen de 60 en 80%, vanaf maart zien we pas een stijging van de RV. Het feit dat de RV in de afdeling relatief laag is, is wel belangrijk voor het toepassen van de principes in de praktijk. Door de lage luchtvochtigheid in de afdeling aan het begin van de teelt kon het scherm eenvoudig gesloten blijven. In deze periode van het jaar is door het grote verschil in AV binnen en buiten er wel veel ruimte om vocht af te voeren, die in de praktijk ook benut kan worden.

Door de lage luchtvochtigheid in de afdeling aan het begin van de teelt kon het scherm eenvoudig gesloten blijven. De vochtafvoer uit de afdeling is door de hogere mate van lek via het grotere geveloppervlak hoger dan bij een normale kas (ondanks dat de gevel sterk geïsoleerd is, is de lek groter zoals ook blijkt uit de daling van de CO_2 in de nacht). Daarnaast blijft het kasdek kouder door de sterke isolatie en dat zorgt voor meer vochtafvoer. De luxous schermen laten wel vocht door. Als de schermen overdag bij matige instraling (<175 W/m2) dicht gehouden worden is het effect van straling op de verdamping geringer, zodat de planten minder vocht produceren. De verdamping is wel iets groter door het grotere vochtdeficit, maar dit effect is kleiner dan het effect van straling op de verdamping.

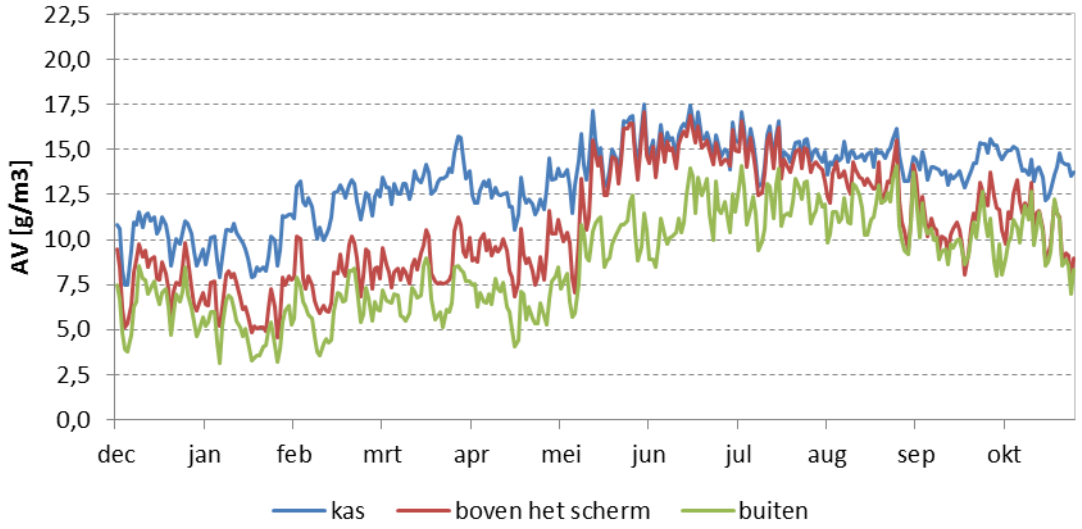
Vanaf september zien we dat de luchtvochtigheid in de nacht in de kas oploopt en de maximale waardes oplopen tot boven de 95%. Figuur 4.7 en Figuur 4.8 tonen het verloop van het AV door het jaar heen gedurende de dag en de nacht. Vanaf juni is een sterke stijging van het AV buiten waarneembaar, wat betekent dat het in deze periode moeilijker is om vocht af te voeren. Vanaf september is te zien dat in de nacht de schermen gesloten waren en werd getracht om middels luchten boven het scherm vocht af te voeren, dit is zichtbaar aan het feit dat het AV boven het scherm gelijk is aan het AV buiten. Op dat moment is het buiten niet zo koud dat het kasdek nog via condensatie vocht afvoert en moet er boven het scherm geventileerd worden.



Figuur 4.6. Gemiddelde, minimale en maximale relatieve luchtvochtig weergegeven per etmaal.



Figuur 4.7. Gemiddelde Absolute luchtvochtigheid (AV) gedurende de dag in de kas, boven het scherm en buiten.



Figuur 4.8. Gemiddelde absolute luchtvochtigheid (AV) gedurende de nacht in de kas, boven het scherm en buiten. Zeker in de nachtsituatie toont dit de mogelijkheden om vocht af te voeren.

4.1.4. CO_2

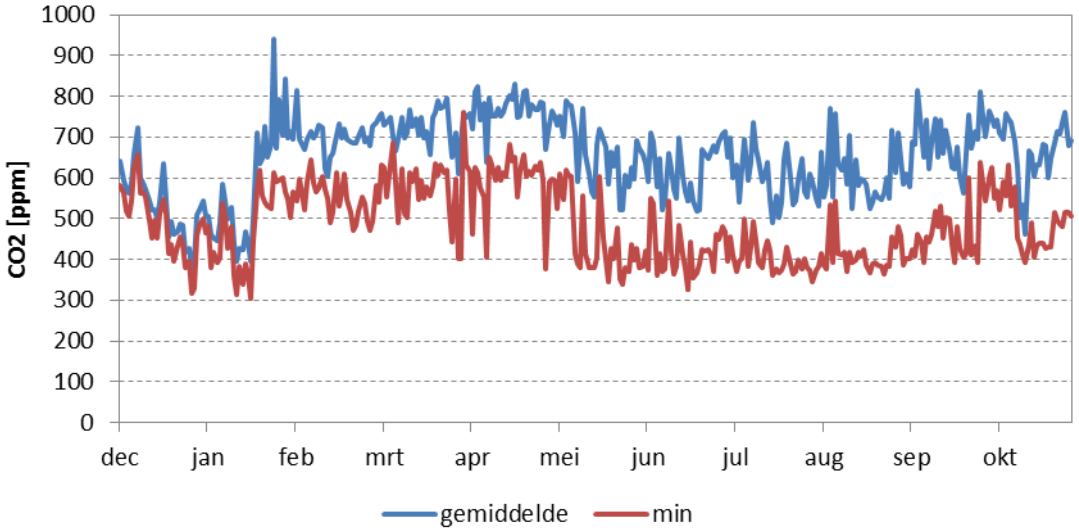
Een belangrijke doelstelling binnen het project was het reduceren van de CO_2 input. Omdat de nauwkeurigheid van de CO_2 meting op de meetbox nog weleens wil gaan afwijken gedurende de teelt zijn er drie meetboxen dicht bij elkaar gehangen om te dienen als elkaars referentie. Gedurende de teelt zijn er geen verschillen tussen de drie meetboxen ontstaan. In het verslag worden verder alleen de metingen van meetbox 1 getoond.

De strategie om het CO_2 verbruik te reduceren was te doseren op basis van de instraling, en hiermee dus indirect op de fotosynthese capaciteit van het gewas die bij een lagere instraling lager is. De doseringscapaciteit was daarbij gebaseerd op basis van de opname capaciteit van het gewas. Voor de fotosynthese is de winst in het traject van 400 naar 500 ppm het grootste (de Gelder et al. 2017). Gemiddeld kwam de CO_2 op de dag nauwelijks onder de 500 ppm, de minimum waardes lagen echter wel lager (Figuur 4.9). Essentieel zijn juist de momenten dat de CO_2 concentratie lager is dan 500 ppm. In week 25 was de constatering dat de CO_2 op de dag relatief eenvoudig onder de 500 ppm kwam, ook bleef het verbruik ruim onder de gestelde prognose, waardoor de

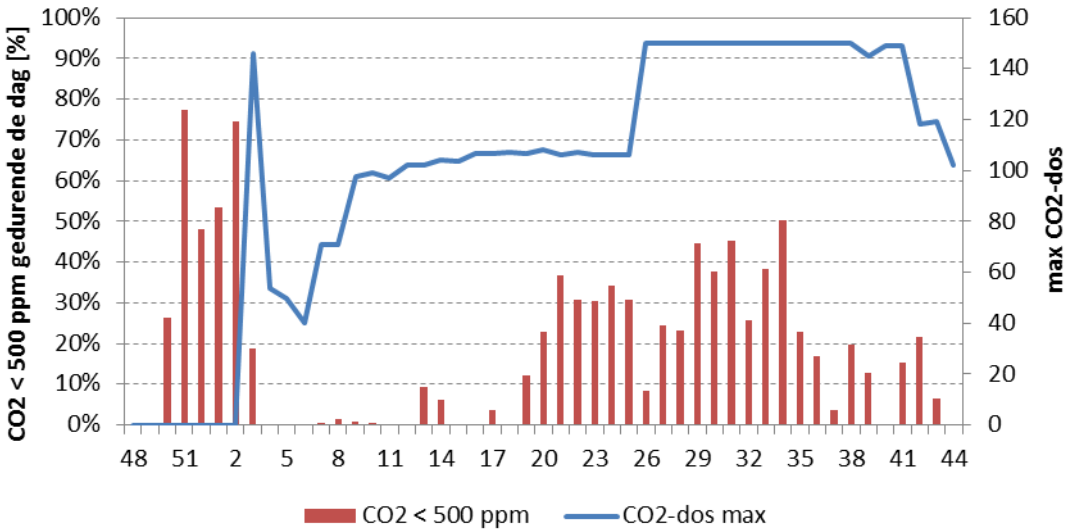
doseringscapaciteit tussentijds is aangepast (Tabel I). Vanaf het moment van doseren is de CO_2 concentratie 17% van de totale dagperiode onder de 500 ppm geweest.

Tabel I. Overzicht van de CO_2 doseringsstrategie, op basis van de het gerealiseerde verbruik en het te snel wegzakken van de CO_2 in de afdeling is de strategie in week 25 bijgesteld.

Instraling [W/m²/s]	Dosering tot week 25 [kg/ha/uur]	Dosering vanaf week 25 [kg/ha/uur]
0	40	40
200	40	40
350	65	60
500	85	100
650	100	125
800	110	150
1200	110	150



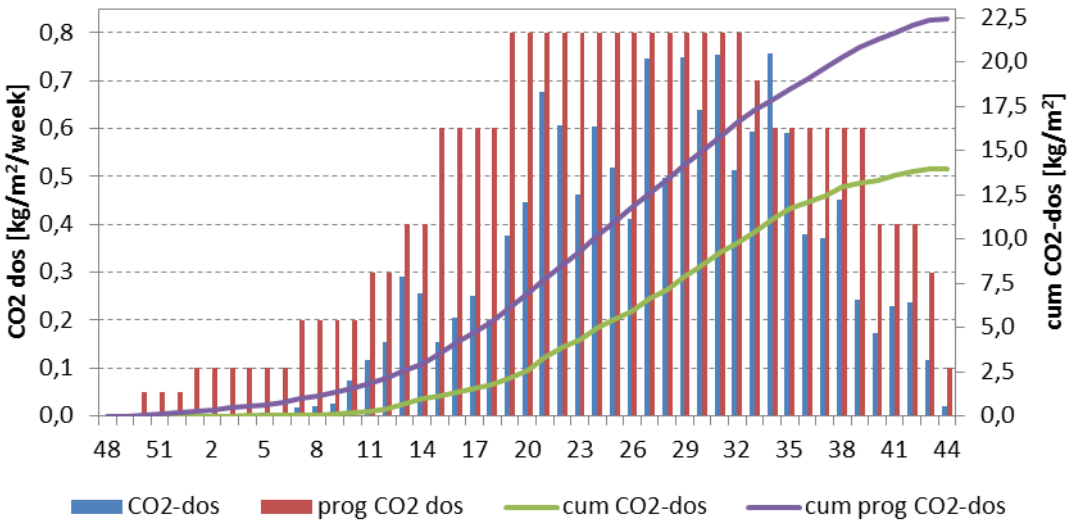
Figuur 4.9. Gemiddelde en minimale CO_2 concentratie per etmaal gedurende de dagperiode.



Figuur 4.10. % van de daglengte dat de [CO_2] lager is dan 500 ppm, en de maximale CO_2 dosering die per week is gerealiseerd.

Uiteindelijk komt de dosering uit op 14 kg/m^2, waarbij het grootste verschil t.o.v. de prognose wordt gemaakt in de periode tot week 20 en de laatste weken van de teelt. In deze periode kan met een beperkte dosering de CO_2 concentratie in de kas goed op peil worden gehouden en is het verlies van CO_2 als gevolg van ventilatie klein. De dagen waarop het meest gedoseerd is het verlies van CO_2 het grootst. Om in de toekomst CO_2 efficiënter in te zetten zal er meer rekening gehouden moeten worden met het CO_2 verlies. Het CO_2 verlies wordt bepaald door het verschil in CO_2 concentratie tussen de kaslucht en de buitenlucht en de ventilatiesnelheid:
CO_2 ventilatieverlies = Δ CO_2 kas-buitenlucht * ventilatiesnelheid (m^3/m^2/uur).

Middels de CO_2 rekentool van KAE kan het verlies van CO_2 op basis van de kascondities en de buitencondities bepaald worden. Als voorbeeld zijn de gerealiseerde condities van een zomerse dag (2 juni 2018) verwerkt in de rekentool. Midden op de dag waren de buitencondities 22°C, 45% RV en 850 Watt instraling. In de kas was het op dat moment 31°C; 77% RV en 550 ppm CO_2 (Het berekende CO_2 verlies was op dat moment 96.0 kg/ha/uur. Omdat in de afdeling bij veel instraling de schermen gesloten waren is het verlies niet 1-op-1 op te bepalen vanuit te tool en zal waarschijnlijk lager hebben gelegen). Verlagen van de streefwaarde van 550 ppm naar 500 ppm zal het verlies terugbrengen naar 64 kg/ha/uur, het verhogen van streefwaarde naar 600 ppm resulteert in een verlies van 128 kg/ha/uur. Om het verlies aan CO_2 te beperken, is het dus belangrijk om het verlies inzichtelijk te hebben en vervolgens de strategie hierop aan te passen om het verlies te beperken en de efficiëntie te verhogen. Dit moeten we echter wel combineren met de vraag: Hoe zetten we de gedoseerde CO_2 optimaal om in groei en productie? De opname van het gewas wordt hierbij bepaald door het verschil in CO_2 concentratie tussen de kas en het blad in combinatie met huidmondjesgeleiding. Een hogere CO_2 concentratie in de kaslucht zorgt voor hogere ventilatieverliezen, maar ook een hogere opname en dus netto fotosynthese. Een optimale strategie voor CO_2 maakt dus gebruik van de CO_2 balans van de kas en de CO_2 balans van het gewas. Verneveling kan bijdragen het verlies te verminderen en de efficiëntie te verhogen doordat het de energie-inhoud van de lucht verhoogt en hiermee ventilatiesnelheid verminderd. Wanneer in de hierboven beschreven situatie de RV wordt verhoogd naar 85% daalt het CO_2 verlies van 85 kg/ha/uur(Geelen, et al. 2015).



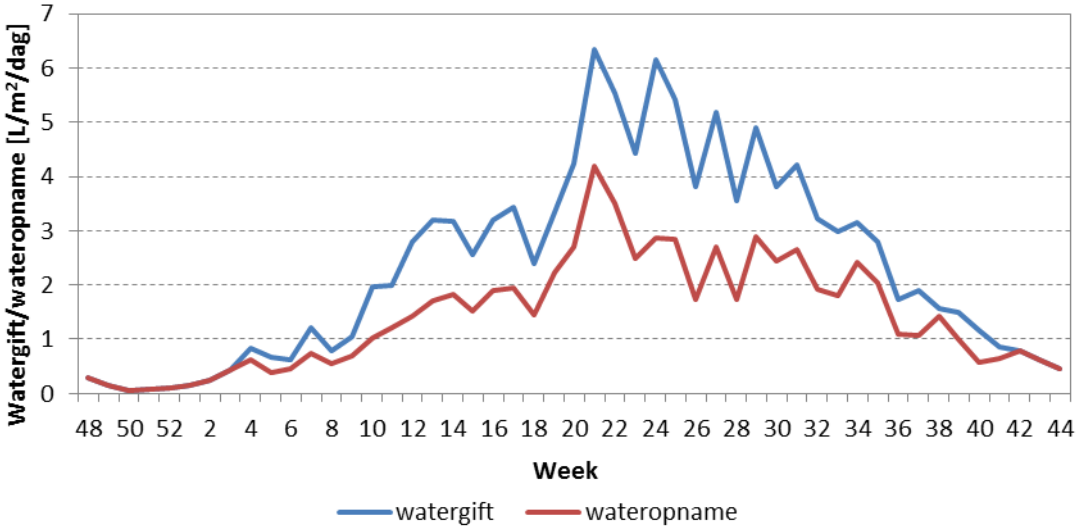
Figuur 4.11. Gerealiseerde en geprognotiseerde CO_2 dosering per week en cumulatief.

4.1.5. Watergift en opname

Gedurende de gehele is de wateropname en de hieraan gerelateerde conditie van het wortelgestel een onderwerp van discussie geweest. De eerste fase van de teelt kenmerkte de waterbalans zich door een lage opname wat onder andere werd toegeschreven aan de hoge isolatie. Intering in de nacht werd hierdoor onvoldoende gerealiseerd. Maar ook de totale intering van de mat kwam niet laag genoeg. De watergift in het begin was mogelijk te groot.

De verversing van de mat was beperkt waardoor de EC in de mat te lang op een hoger niveau lag dan gewenst. Later in de teelt zijn de wortels echter nooit meer als echt spontaan beoordeeld, en hierbij werd geregeld terug geredeneerd naar de start periode van de teelt. Mogelijk licht hier ook nog een relatie met de plantbalans met name de maand februari werd gekenmerkt door donker weer en er waren dan ook weinig assimilaten voor de plant beschikbaar. Toen het licht eenmaal kwam ging de energie hoofdzakelijk naar de vruchten doordat er veel zetting was, en hebben de wortels mogelijk een tekort aan assimilaten gekregen.

Gedurende de discussies in de BCO kwam daarbij naar voren hoe om te gaan met de watergift onder gesloten en/of het later opnemen van het scherm. De gebrek verschijnselen in het gewas zijn ook aanleiding om in het vervolg kritisch te kijken naar de opname van de voedingselementen. Mogelijk vraagt een teelt waarin meer geschermd wordt en waarin de gewasactiviteit lager is om een andere samenstelling van het voedingswater. De totale watergift over de gehele teelt was 800 liter/m^2, hiervan is uiteindelijk 485 liter/m^2 opgenomen door het gewas (Figuur 4.12). Wanneer we dit relateren aan gemiddelde cijfers vanuit de praktijk dan is de opname behoorlijk lager, wat vraagt om meer aandacht voor de watergift binnen HNT. De elementen die niet actief worden opgenomen (calcium en borium) zijn hierbinnen extra belangrijk. Bij een lagere verdamping wordt de totale voedingsopname minder, hier kan op worden ingespeeld door de EC te verhogen en zo de voedingsopname te stimuleren. De hogere EC geeft echter ook een lagere verdamping waardoor de immobiele elementen nog minder worden opgenomen. De verhouding tussen de elementen moet dus kritisch worden bekeken en zal moeten worden aangepast aan de omstandigheden.



Figuur 4.12. Gemiddelde watergift en wateropname weergeven in liters/m^2/dag.

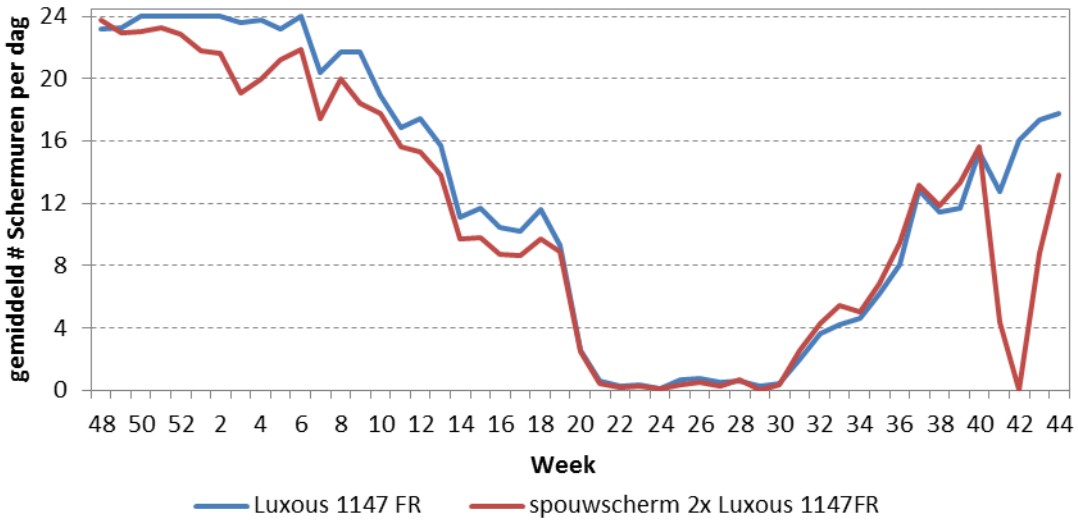
4.2. Schermen en Uitstraling

4.2.1. Schermstrategie

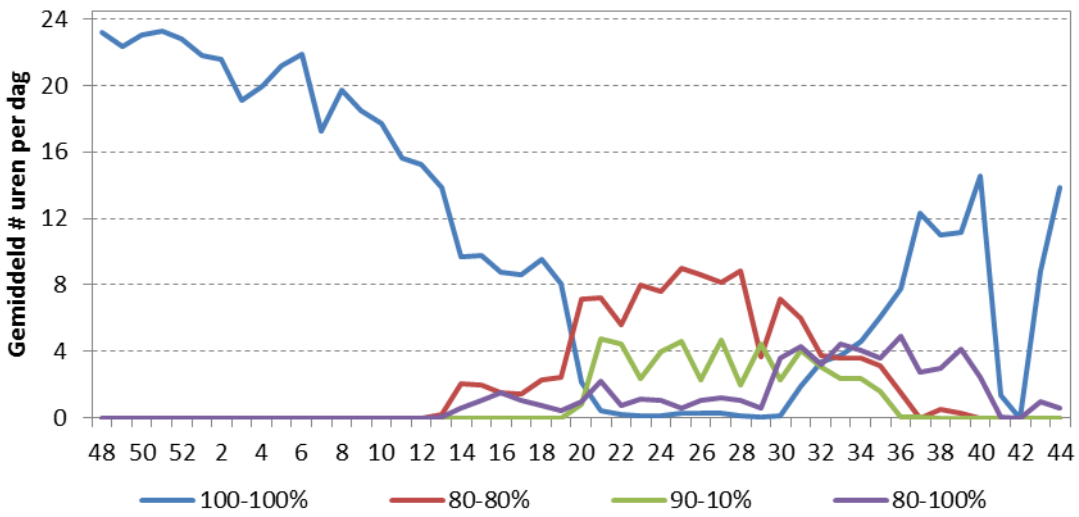
De schermen zijn een kernonderdeel binnen dit project en zijn gedurende deze proef ingezet met 3 verschillende doeleinden. Allereerst dienen de schermen als isolatie van de kas voor energiebesparing. Met name de eerste periode van de teelt wanneer de buitentemperaturen laag zijn. Zowel gedurende de dag en nacht worden de schermen hoofdzakelijk ingezet met als doel energie te besparen. De hoge lichtdoorlatendheid van de energieschermen maakt het mogelijk om ook gedurende de dag veel schermuren te kunnen maken. In de zomerperiode werden de schermen zowel op de dag als in de nacht ingezet. Op de dag werden de schermen op basis van hoge instraling gesloten (de kas werd niet gekrijt), het enkele scherm sloot voor 90% en het spouwscherm voor 10%. Om het moment dat er geen netto instraling meer was gingen de schermen dicht ter voorkoming van uitstraling. In de regel sloten beide schermen 80% op basis van het verschil tussen de kastemperatuur en de stooktemperatuur sloten de schermen later in de nacht alsnog voor 100%. 'Bijlage II Realisatie Schermstrategie' toont in 2 dagen hoe de drie verschillende doeleinden van de schermen zijn toegepast.

In de eerste maanden van de teelt zijn de schermen uitsluitend ingezet met als uitgangspunt isoleren en dus energie besparen. Beide doeken waren in de basis gesloten en het spouwscherm mocht in deze periode open op basis van instraling. In eerste instantie bij 150 Watt, en vanaf week 2 bij 100 Watt instraling. Het enkele scherm opende bij een ΔT kleiner 5°C (temperatuur in de kas – temperatuur boven het doek) of bij meer dan 300 Watt instraling. Dit heeft er uiteindelijk in geresulteerd dat het spouwscherm gedurende 3623 uur voor 100% gesloten is geweest en het enkele scherm gedurende 4124 uur voor 100% gesloten is geweest. Dit komt neer op respectievelijk 45% en 51% van de totale teeltduur (Figuur 4.13).

Figuur 4.14 toont de inzet van de verschillende schermstrategieën gedurende de teelt. De strategie om te schermen tegen uitstraling met 2 doeken voor 80% gesloten is met name in de zomerperiode toegepast. Uiteindelijk is deze strategie ruim 800 uur in werking geweest. Schermen tegen instraling is gedurende 350 uur van de teelt toegepast.



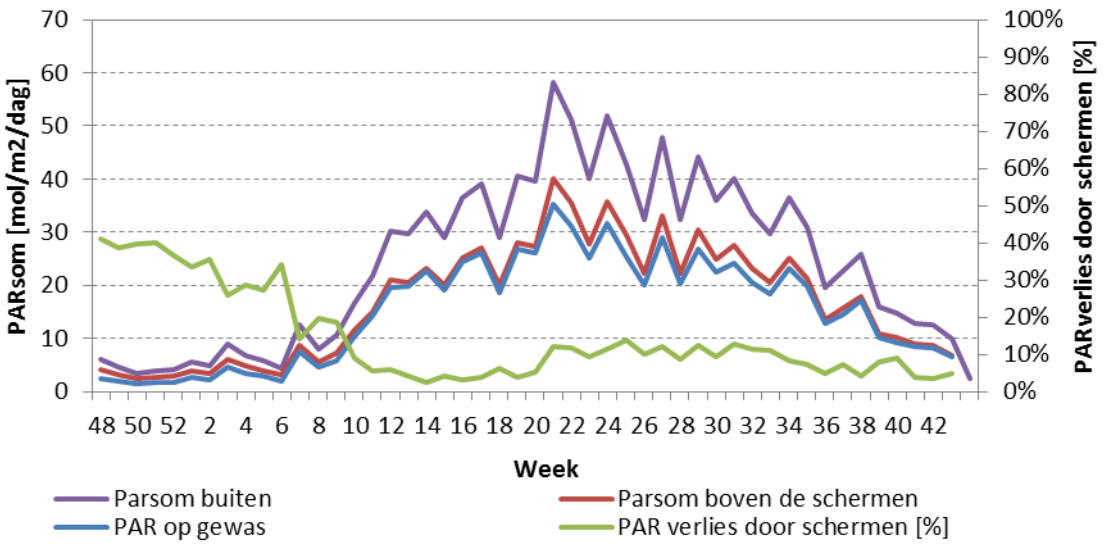
Figuur 4.13 Overzicht van het gemiddeld aantal schermuren per dag dat de schermen 100% gesloten waren.



Figuur 4.14 Overzicht van het gemiddeld aantal uren per dag dat verschillende schermstrategieën zijn toegepast.

4.2.2. Schermen en lichtverlies

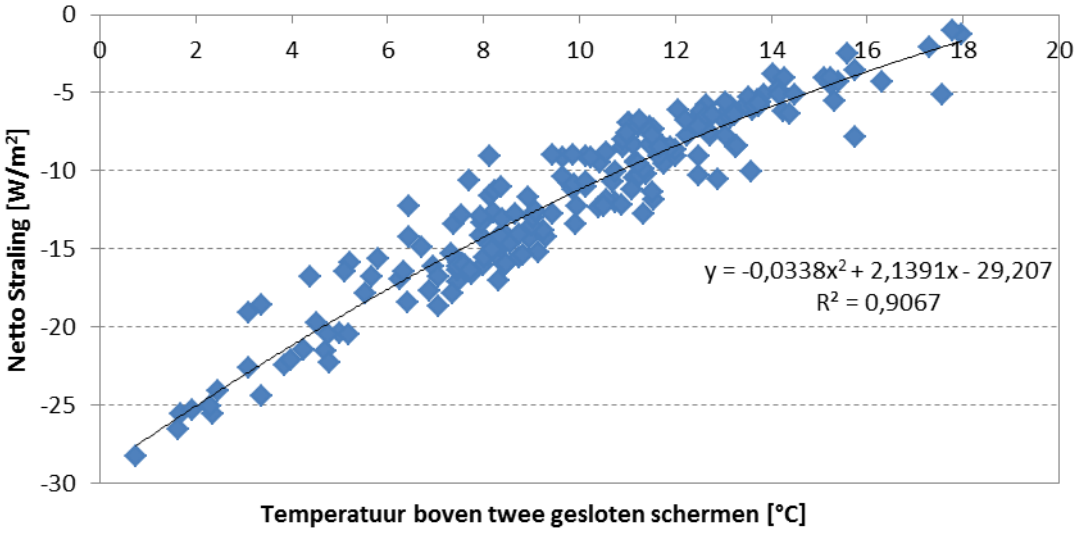
Het moment van openen en sluiten van de schermen en de balans tussen energie en licht is geregeld een discussiepunt rondom het toepassen van de principes van HNT. Het sluiten van het scherm op het moment dat er instraling van buiten is levert altijd lichtverlies op. In de periode dat de energieschermen op de dag dicht liggen met als doel energiebesparing is dit inherent aan een periode met te weinig licht en zal dit van invloed zijn op de fotosynthese. Figuur 4.15 toont de hoeveelheid licht dat het gewas niet heeft bereikt als gevolg van het kasdek en de inzet van de schermen. Omdat er geen PAR-sensor boven het doek was gepositioneerd is bij de lichtdoorlatendheid van het kasdek uitgegaan van een vaste waarde van 69% lichtdoorlatendheid (Raaphorst, 2018). Het lichtverlies op gewasniveau is variabel en afhankelijk van de inzet van de schermen. Tot grofweg week 8 is het verschil in absolute hoeveelheid licht verlies als gevolg van schermen klein, maar is het relatieve PAR verlies als gevolg van schermen ruim 30%. In de daarop volgende periode is het lichtverlies beperkt omdat het scherm op de dag hoofdzakelijk geopend is, vanaf week 20 neemt het verlies weer wat toe als gevolg van schermen tegen instraling. Het effect van het licht wegschermen in deze periode heeft nauwelijks effect voor de fotosynthese. Mocht het echter een effect hebben dan is dit eerder positief omdat een stukje stress als gevolg van hoge instraling bij het gewas wordt weggenomen. In rapport van Raaphorst (2018) wordt een stukje productieverlies ten opzichte van het praktijkvergelijk toegeschreven aan het lichtverlies als gevolg van het intensieve schermgebruik in de winter.



Figuur 4.15. Gemiddelde PARsom per week buiten, onder het kasdek en op gewasniveau (dus verlies door de inzet van schermen (linker-as) en % lichtverlies als gevolg van het schermgebruik. Omdat het verlies door de kasdek is gebaseerd op basis van een vaste gemeten waarde is het verlies als gevolg van het kasdek niet weergegeven als % ten opzichte van buiten.

4.2.3. Uitstraling

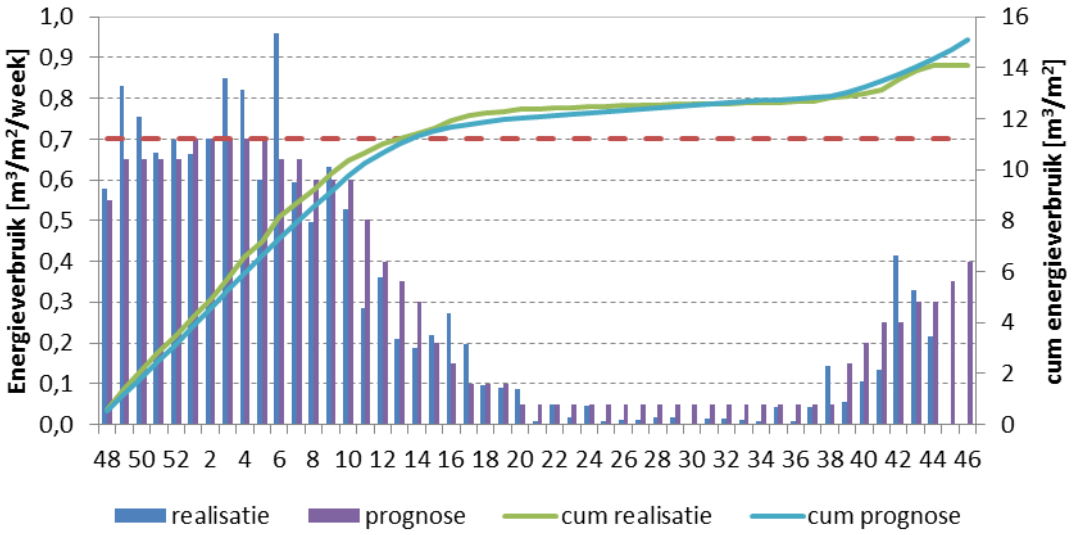
Het schermen tegen uitstraling heeft als doel afkoeling in de kop van het gewas te voorkomen en hiermee de verdamping van het gewas opgang te houden. Een belangrijk resultaat hiervan is het voorkomen van vrijvocht op het gewas door zowel een te hoge worteldruk als door condensatie. In het rapport van De Gelder et al. 2017 staat beschreven dat de temperatuur boven het doek bepalend is voor de mate van uitstraling doordat dit de temperatuur van het doek bepaalt. Een hogere isolatiewaarde zal moeten resulteren in een groter verschil tussen de kastemperatuur en de temperatuur boven het scherm. Bij een vergelijkbare temperatuur boven het scherm is netto straling hoger in vergelijking met het voorgaande jaar. Dit betekent dat de temperatuur van het onderste scherm hoger is, wat het gevolg is van de luchtlaag tussen de beide schermen (Figuur 4.16). Dit effect was ook duidelijk vanaf het moment dat er werd overgeschakeld naar het sluiten van beide schermen voor 80%. Hierdoor kwam de temperatuur boven het scherm dichter bij de kastemperatuur en dus werd te temperatuur van het onderste scherm (het object waarnaar het gewas uitstraalt) ook hoger. Dit was direct te zien in een afname van de uitstraling. Bijlage III toont enkele dagen in het klimaat waarin de omschakeling van 100% gesloten schermen in nacht naar 80% sluiten van de schermen zichtbaar is op de uitstraling.



Figuur 4.16. De gemiddelde Netto Straling in relatie tot de temperatuur boven twee gesloten doeken in de donkerperiode.

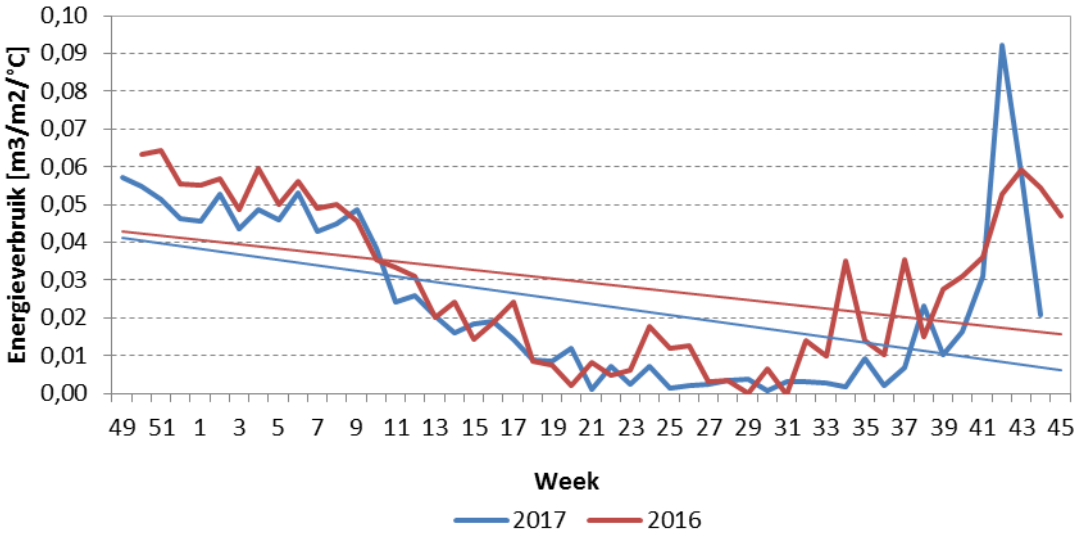
4.3. Buis en energiegebruik

Om het energiegebruik in de afdeling te reduceren werd er niet gewerkt met een minimumbuis, maar kwam de buis er alleen in op warmtevraag. Uitdaging was daarnaast om het piekverbruik in de winterperiode te reduceren tot maximaal 0.7 m^3/m^2 /week door maximaal te isoleren. Het totale energiegebruik was geprognotiseerd op maximaal 15 m^3/m^2. Omdat er geen concessies worden gedaan aan het klimaat om het energiegebruik te beperken, was de verwachting dat de extra besparing vanuit de hogere isolatiewaarde van het scherm zou komen. Het totale energiegebruik is uiteindelijk uitgekomen op 14.1 m^3/m^2, deze waarde is gecorrigeerd voor het verschil in gevelverlies in proefafdeling t.o.v. een praktijkbedrijf zoals beschreven in het rapport van de Gelder et al. 2017. Dit is iets onder de prognose, maar dit verschil is veroorzaakt doordat de teelt twee weken korter duurde dan vooraf beoogd was. Het piekverbruik komt in totaal 5 weken boven de vooraf geprognotiseerde 0.7 m^3/m^2 uit (Figuur 4.17).



Figuur 4.17. Energiegebruik gerealiseerd en geprognotiseerd per week en cumulatief. Het gerealiseerde energiegebruik is daarbij gecorrigeerd voor het extra gevelverlies.

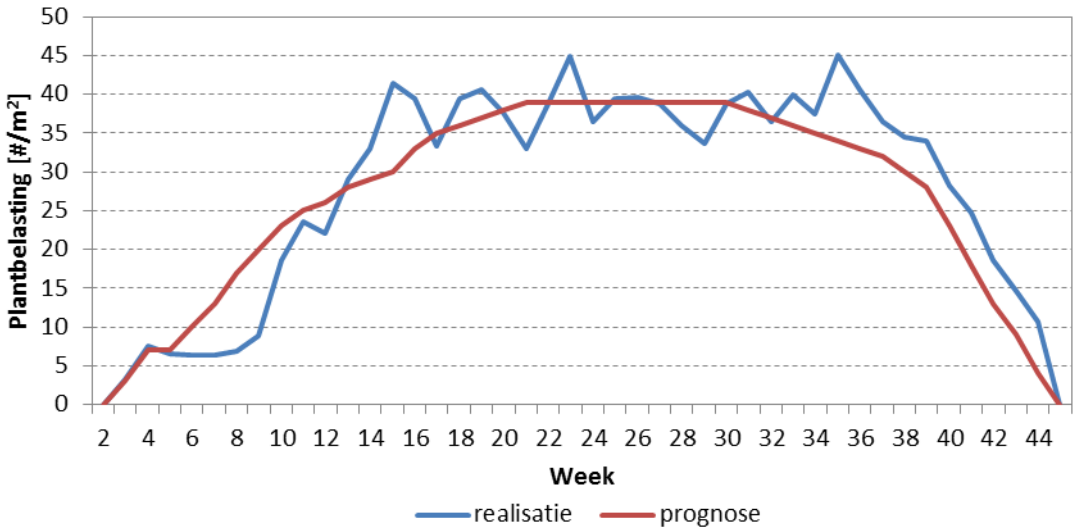
Om de meerwaarde van het spouwscherm te kunnen kwantificeren is er een vergelijk met de resultaten van het teeltseizoen 2016 gemaakt. Hierbij is gekeken hoeveel energie er nodig was om per week 1°C verschil tussen kastemperatuur en buitentemperatuur te overbruggen. Op deze wijze worden de verschillende buitencondities tussen de twee teeltseizoenen meegenomen. Wanneer we op deze manier naar het verbruik kijken dan zien we dat er in de eerste fase van de teelt er gemiddeld 10% minder energie nodig was voor iedere °C verschil tussen de kastemperatuur en de buitentemperatuur. Vanaf week 10 is te zien dat extra isoleren weinig meerwaarde heeft. Week 42 toont direct wat het effect is van het verbruik in relatie tot de temperatuur als er gestuurd wordt op vocht (Figuur 4.18).



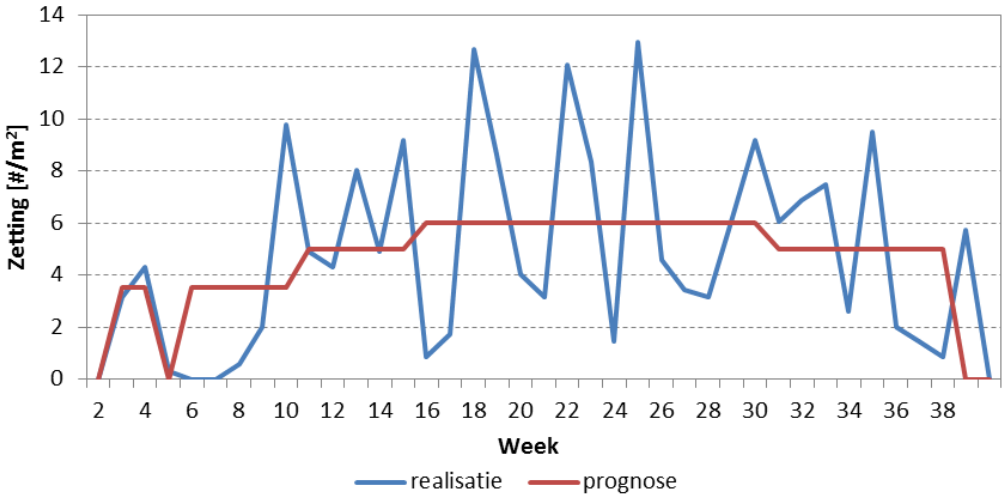
Figuur 4.18. Het energiegebruik gebaseerd op het verschil tussen de kastemperatuur en de buitentemperatuur. De y-as geeft hier weer hoeveel energie er nodig is per week om de kas 1°C op te warmen ten opzichte van de buitentemperatuur. De dikke lijnen tonen de realiseerde waardes per week de dunne lijnen tonen de trendlijn van beide jaren. Op deze manier worden de verschillende buitencondities in de twee verschillende seizoen meegenomen. De extra isolatie die is gerealiseerd met de aangepaste schermconfiguratie wordt hiermee beter zichtbaar omdat er wordt gecorrigeerd voor de buitentemp.

4.4. Gewasontwikkeling

Voorafgaand aan het project was voor de ontwikkeling van het gewas een prognose opgesteld. De resultaten van afgelopen jaar toonde dat in de tweede helft van het jaar de plantbelasting te hoog werd. Dit resulteerde in combinatie met de hoge etmaaltemperaturen in een relatief laag vruchtgewicht. Doelstelling in deze proef was om middels het verwijderen van dubbele vruchten (dus maximaal 1 vrucht per oksel) het gewas in balans te houden, de plantbelasting niet te hoog te laten oplopen en een hoger vruchtgewicht te realiseren. Figuur 4.19 toont het verloop van de plantbelasting ten opzichte van de prognose. Opvallend is het achterblijven van de realisatie ten opzichte van de prognose tussen week 5 en week 10. Dit is het resultaat van een vertraging van het tweede zetsel (Figuur 4.20), wat onder andere is toe te schrijven aan de lage stralingssom in de eerste periode van februari. Een gevolg hiervan was dat beide schermen ook nog eens gesloten bleven en de plant mogelijk onvoldoende energie over had om tijdig terug te komen met de zetting. Hoewel het verloop van de plantbelasting goed in lijn is met de prognose is dit voor de zetting niet het geval. In de prognose was uitgegaan van een vlak zettingspatroon, de realisatie toont echter duidelijke pieken en dalen in de zetting. Dit laat zien dat het in balans krijgen van een paprikagewas niet eenvoudig is. Om het gewas in balans te houden is vanaf week 16 vruchtdunning toegepast. De hypothese was dat middels deze strategie het gewas een goede opvolging zou hebben in de vruchtzetting, en wekelijks een zelfde aantal vruchten geoogst zouden moeten gaan worden. Een goede regelmaat heeft het gewas tijdens de teelt echter niet gekend.



Figuur 4.19. Gerealiseerde en geprognotiseerde plantbelasting.

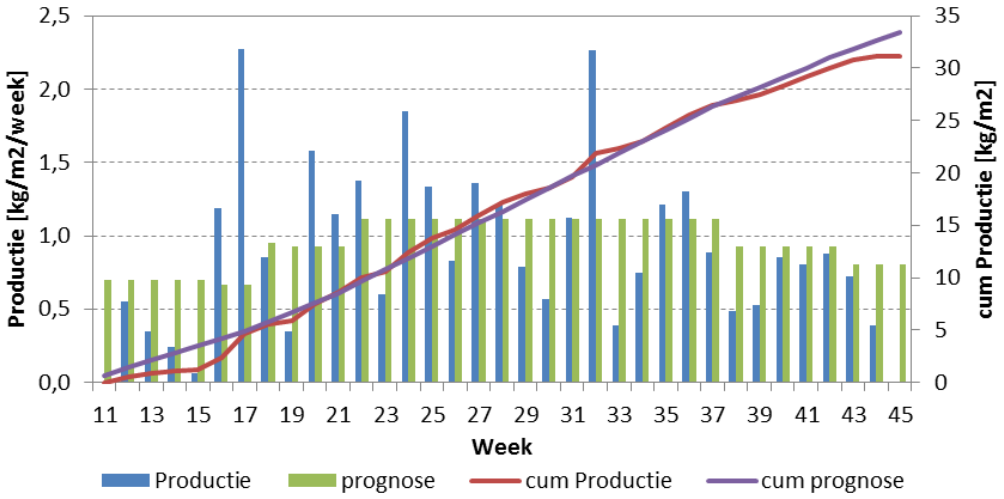


Figuur 4.20. Gerealiseerde en geprognotiseerde zetting.

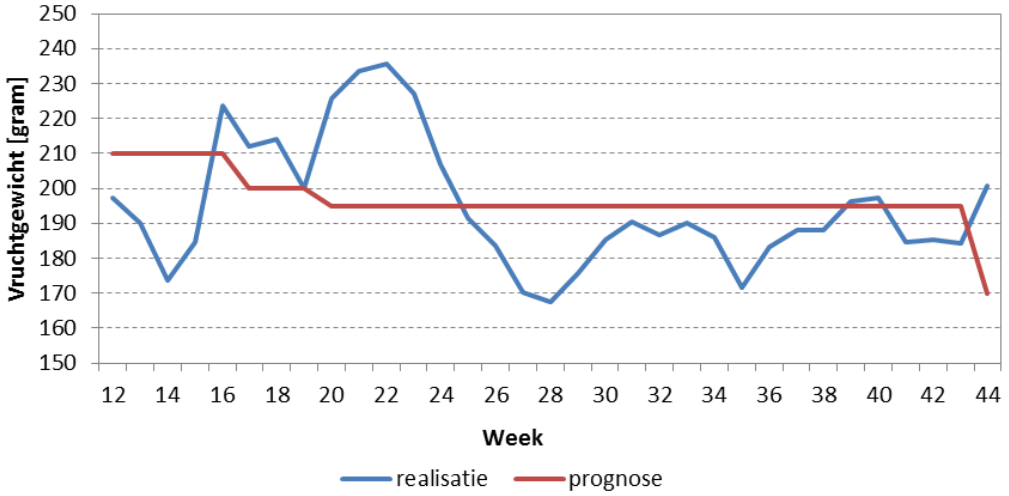
4.5. Productie en vruchtkwaliteit

4.5.1. Productie en vruchtgewicht

De vertraging in de zetting begin februari is ook terug te zien in de productie. Tot en met week 15 wordt erg slechts 1.2 kg/m^2 geoogst terwijl er 3.5 kg/m^2 was geprognotiseerd. In week 16 en 17 zien we vervolgens een piekproductie en een behoorlijke inhaalslag. Tot week 38 zien we dat de productie goed de prognose volgt, maar daarna zien we dat de realisatie achterblijft. Uiteindelijk komt de productie met 31.1 kg/m^2 (exclusief 0.9 kg/m^2 onverkoopbaar en groen geoogst product) een kleine 2 kg/m^2 onder de prognose uit. Hierbij moet wel vermeld worden dat de weergegeven productie is op basis van de pad registratie in de kas. Wanneer we dit vertalen naar gesorteerde kilo's dan zal dit ongeveer 5% lager zijn. Opvallend is dat in het tweede gedeelte van de teelt het vruchtgewicht lager is dan vooraf beoogd, terwijl de toegepaste vruchtdunning had moeten leidden tot een hoger vruchtgewicht (Figuur 4.22). De pieken in de zetting laten echter zien dat er gedurende de teelt geen goede balans is gerealiseerd. Deze onregelmatigheid in de plantbalans in combinatie met de assimilatenbalans waarbij de CO_2 beperkend was hebben hier mogelijk aan bijgedragen. De vraag blijft dan nog wel of toepassing van vruchtdunning uiteindelijk heeft bijgedragen aan een lagere productie. Andere verklaring voor de lagere productie (en mogelijk ook voor het lagere vruchtgewicht) worden gezocht in het lichtverlies door intensief schermgebruik en de problemen in de voeding/opname waardoor het gewas niet optimaal heeft kunnen functioneren.

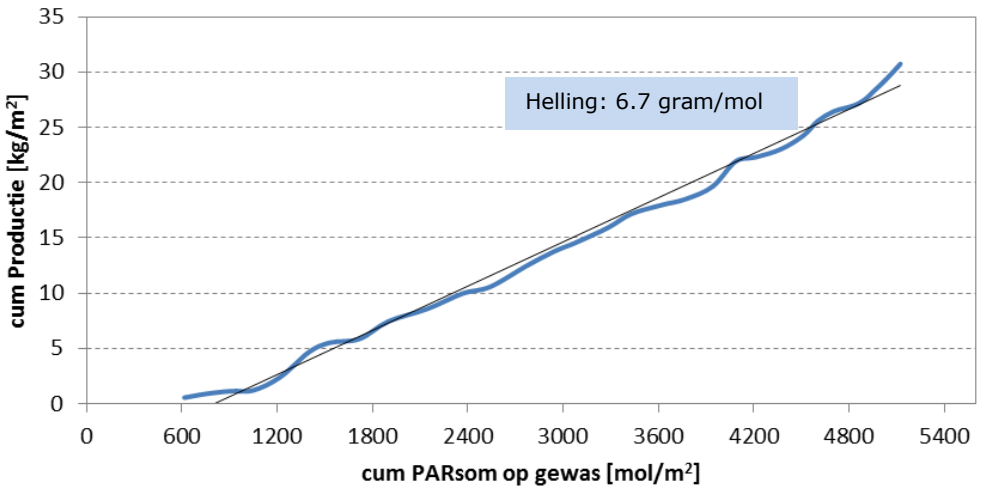


Figuur 4.21. Gerealiseerde en geprognotiseerde productie per week en cumulatief. De productie is hierbij weergegeven als productie die is geregistreerd in de kas per pad, na sorteren zal dit 5% lager zijn. De getoonde data is het gemiddelde van de middelste tralie (goot 7 t/m 13).



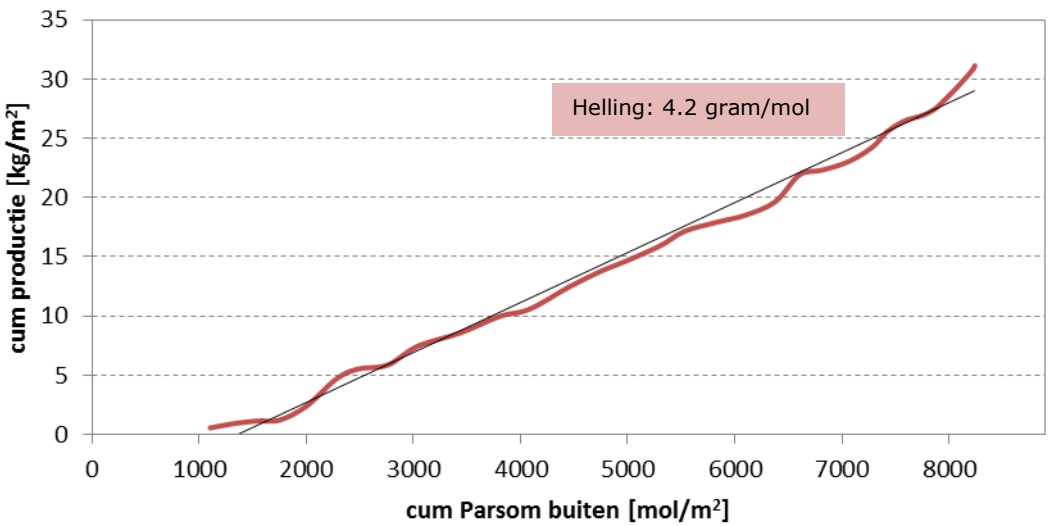
Figuur 4.22. Gerealiseerd vruchtgewicht ten opzichte van het geprognotiseerde vruchtgewicht.

Licht is een belangrijke verklarende factor voor de productie, het vergelijk met prognose zoals weergegeven in Figuur 4.21 is gebaseerd op basis van langjarige gemiddeldes, maar is echter niet gecorrigeerd voor de gerealiseerde condities. In Figuur 4.23 is de cumulatieve PARsom op gewasniveau uitgezet tegen de productie. Gedurende de teelt wordt er gemiddeld 6.7 gram geoogst product per mol licht in de kas geproduceerd. Wanneer we kijken naar de afwijkingen ten opzichte van de trendlijn dan is zichtbaar dat er op meerdere momenten in de teelt wordt afgeweken van de lijn. De vertraging van het tweede zetsel en de daarop volgende inhaalslag is in deze grafiek ook duidelijk zichtbaar. Vervolgens zien we dat we vanaf een cumulatieve lichtsom van ongeveer 2500 mol (week 23) de gerealiseerde productie onder de trendlijn gaat lopen en bij ongeveer 3600 mol (week 29) zien we een duidelijke dip in de realisatie. Wanneer we dit vergelijken met de bevindingen van de realisatie ten opzichte van de prognose dan zien we dat we juist in de periode van week 23 tot week 35 het licht niet maximaal hebben kunnen omzetten in productie. Het feit dat bij meer licht het minder efficiënt wordt omgezet en dat bij het een hoge lichtintensiteit het CO_2 niveau lager was zijn hierbij onderdeel van discussie. De hierboven eerder beschreven mogelijke verklaringen voor de lagere productie veranderen hierdoor echter niet.



Figuur 4.23. De cumulatieve productie uitgezet tegen de cumulatieve PARsom op gewasniveau in de periode van 1 december 2016 tot 1 november 2017.

Hierboven is een beschrijving gegeven van hoe efficiënt het gewas het licht kan omzetten dat het daadwerkelijk heeft ontvangen. Uiteindelijk gaat het erom dat het zonlicht maximaal wordt benut en omgezet in productie. Wanneer we dus alleen kijken naar het ontvangen licht dan lijkt de benutting hoger dan dat deze daadwerkelijk is. In Figuur 4.24 is de relatie tussen de totale buitenlicht som en de productie weergegeven. Omdat een groot deel van het licht wordt weggenomen door de kas en dit een vaste waarde is komt de lijn in de grafiek redelijk overeen met Figuur 4.23. De daadwerkelijke LBE wanneer we deze relateren aan het buitenlicht hiermee 4.2 gram per mol. Omdat er op de momenten dat er veel licht ook middels schermen licht is weggenomen is te zien dat de dip bij veel instraling groter is omdat in deze fase licht is weggenomen en de benutting op plantniveau dus hoger uitvalt.



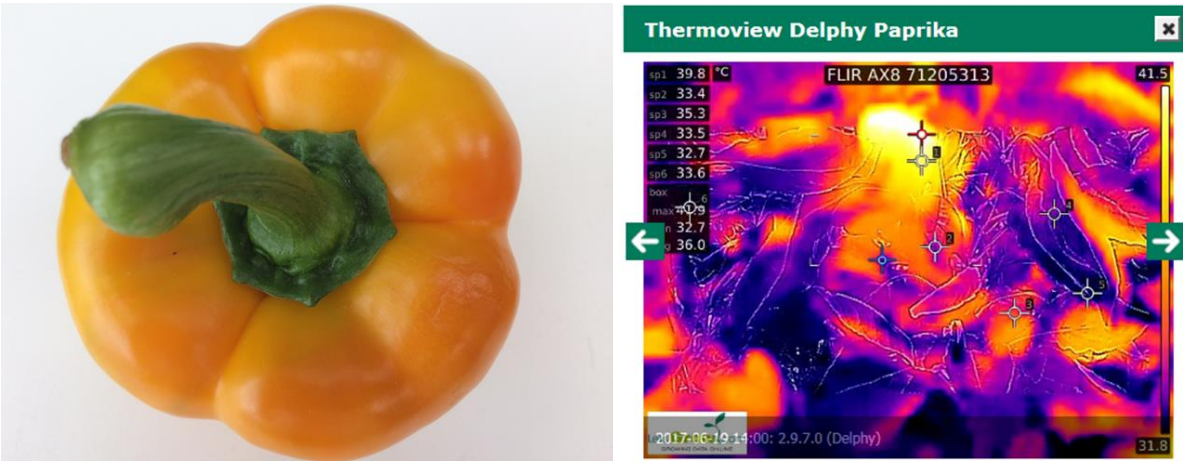
Figuur 4.24. De cumulatieve Productie uitgezet tegen de cumulatieve Parsom buiten in de periode van 1 december 2016 tot 1 november 2017.

4.5.2. Vruchtkwaliteit

De hypothese die toebehoort aan het schermen tegen uitstraling is dat het binnenrot in paprika tegengaat. Door het inzetten van schermen ter voorkoming van uitstraling verliest het gewas minder energie en blijft er meer energie over voor de verdamping. De verdamping blijft hierdoor op een hoger niveau en de worteldruk wordt lager. Een hoge worteldruk (guttatie) in combinatie met condensatie kunnen zorgen voor vrij vocht op bloemen en vormen daarmee een invalshoek voor binnenrot. Het sluiten van het scherm heeft dus een direct effect op het voorkomen van vrij vocht op de bloemen doordat de uitstraling van de bloemen verminderd. Dit leidt tot een hogere temperatuur van de bloemen en geeft minder kans op condensatie. Indirect heeft het voorkomen van uitstraling effect op de worteldruk waardoor de kans op guttatie afneemt (Geelen et al. 2015) Wekelijks zijn er twintig vruchten na een week bewaring open gesneden en in geen van de gevallen is er binnenrot geconstateerd, dus een score van 0% binnenrot (Figuur 4.25).

Figuur 4.25. Wekelijks werden 20 vruchten na een week opengesneden op de aanwezigheid van binnenrot te toetsen. Binnenrot is gedurende de teelt in geen enkele vrucht waargenomen.

In de maand juni zijn bovenop de vruchten, zogenoemde watervlekken op schouders van meerdere vruchten geconstateerd. De oorzaak hiervan wordt gezocht in een te hoge vruchttemperatuur als gevolg van directe straling in combinatie met de ruimte temperatuur. In de periode eind mei/ juni was de instraling erg hoog. Het heldere energiescherm werd voor 90% gesloten om de instraling weg te nemen, de overig 10% werd ingevuld door het spouwscherm. Op de thermoview camera is te zien dat in de middag de vruchttemperatuur ondanks het schermen oploopt tot richting de 40°C. Dit is hoogstwaarschijnlijk de oorzaak is van watervlekken. Het grootste aandeel vruchten met watervlekken werd geconstateerd in de gevelrij, waar de vruchten meer worden blootgesteld aan directe instraling (Figuur 4.26). In de maand juli was een veel gemaakt opmerking: 'stekplekken op de vruchten' het ontstaan van deze plekken wordt ook toegeschreven aan de een te hoge instraling en hoge kastemperatuur.



Figuur 4.26. In juni werden zogenoemde watervlekken op de schouders van enkele vruchten geconstateerd (links). Op Thermoview camera is te zien dat in de middag ondanks het schermen de vruchttemperatuur hoog opliep (rechts).

5. Conclusies en Leerpunten

In de eerste fase van de teelt was de hoofddoelstelling om middels de inzet van het spouwscherm in combinatie met het heldere energiescherm het piekverbruik in de winter te verlagen tot maximaal 0.7 m^3/m^2/week. Hoewel het spouwscherm heeft geresulteerd in een hogere besparing, is het niet gelukt om het piekverbruik onder de 0.7 m^3/m^2/week te houden. Over de gehele teelt is deze grens gedurende 5 weken overschreden. Om in een langdurige koude periode het piekverbruik verder te kunnen reduceren zal er gekeken moeten worden naar het aanpassen van de temperatuurstrategie. Het spouwscherm resulteerde daarnaast in lagere uitstraling ten opzichte van het voorgaande jaar. Of het inzetten van het spouwscherm overdag een meerwaarde heeft in de teelt van paprika is nog een discussie punt. De isolatiewaarde is hoger, maar ook het lichtverlies overdag is hoger.

Uiteindelijk is aan het einde van de teelt de conclusie dat de beoogde productieprognose niet is gerealiseerd. Het is niet mogelijk om hiervoor één oorzaak aan te wijzen, maar het is een opstapeling van factoren die hebben geresulteerd in een lagere productie. Allereerst is er in de winterperiode door met beide schermen op de dag dicht te liggen meer licht weggenomen. Dit kwam met name tot uiting in de vertraging van het tweede zetsel. Vervolgens is in maart boriumgebrek opgetreden in het gewas. Er is er minder CO_2 gedoseerd, in de periode met hoge instraling heeft dit mogelijk geresulteerd in een onbalans tussen aanmaak en verbruik van assimilaten. De hogere temperatuur zorgde hierbij voor een hoger verbruik, maar doordat CO_2 beperkt was resulteerde dit niet in een hogere aanmaak. Het verwachte effect van het dunnen van vruchten op het vruchtgewicht is niet uitgekomen. Waarbij de vraag is of middels het wegnemen van vruchten niet direct productie wordt weggegooid? We weten dat een paprikagewas zich lastig in balans laat sturen en dus is de vraag of vruchtdunning bijdraagt aan een betere balans?

Gedurende de teelt is de watergift en de hieraan gerelateerde wateropname en opname van de voedingselementen een veel besproken punt geweest. Conclusie aan het einde van de teelt is dat totale wateropname in de teelt laag is geweest. De condities die inherent zijn aan het nieuwe telen: veel schermen, weinig buis en een hogere luchtvochtigheid hebben hun invloed op de wateropname van het gewas. Een aandachtspunt in de toekomst is om de watergiftstrategie en de samenstelling van het voedingswater aan te passen aan deze condities.

Een belangrijk leerpunt uit dit project is ook dat ieder ras weer anders reageert, waar in de teelt van 2016 het ras ‘Maranello’ goed om kon gaan met hoge temperaturen had het ras ‘Allrounder’ er dit jaar meer moeite mee waardoor er in juli is overgeschakeld naar een lagere basistemperatuur. Deze werd gerealiseerd door het verlagen van de ventilatietemperatuur. De hoge temperaturen in deze fase in combinatie met het zeer licht doorlatende nieuwe scherm hebben nadelige effecten gehad op kwaliteit van de vruchten, eind juni werden zogenoemde watervlekken (verbranding op de schouders van de vruchten geconstateerd) en in de maand juli waren veel stekplekken aanwezig op de vruchten.

Aan het einde van de teelt was het lastig om het vocht nog te kunnen beheersen in combinatie met de schermregeling. Omdat er geen vrijvocht zichtbaar was op het gewas op de kritische momenten (mogelijk als gevolg van de nivolatoren) zijn er beperkte maatregelen genomen om het vocht af te voeren. Uiteindelijk kwam er toch zichtbaar botrytis en wat uitval in het gewas, waardoor er uiteindelijk toch een buisje op vocht is ingezet. Het vocht in het najaar in relatie tot de schermstrategie is hierbij dus een aandachtspunt.

Een belangrijk resultaat van de proef is dat er geen enkele vrucht met binnenrot is gesneden na een week bewaring. Hoewel we het op basis van 1 object niet hard kunnen maken, lijkt de hypothese dat middels het schermen de kop van het gewas warmer blijft waardoor de verdamping op een hoger niveau blijft en de worteldruk afneemt steeds meer vorm te krijgen. Waarbij vanuit de BCO met name het langer dichthouden van het scherm in de ochtend wordt gezien als middel ter voorkoming van binnenrot.

Literauur

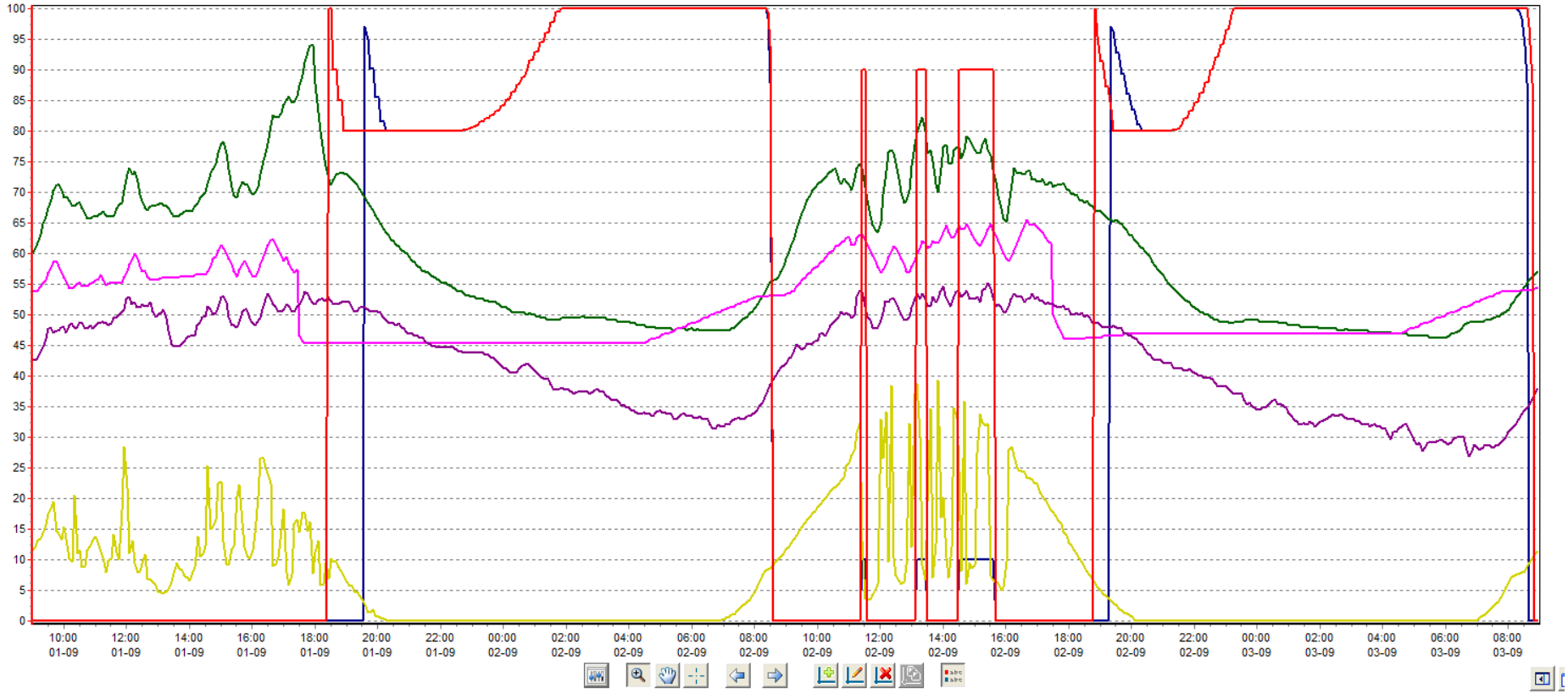
- de Gelder, A., van der Burg, R., & Zwinkels, J. (2017). *Paprika energie zuinig met goede kwaliteit* (No. 1434). Wageningen UR Greenhouse Horticulture.
- de Zwart, H. F., de Gelder, A., Hofland-Zijlstra, J., & Noordam, M. (2017). Paprikateelt in de hooggeïsoleerde VenLow Energy kas (No. 1435). Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw.
- de Gelder, A., Warmenhoven, M. G., Kromdijk, J., Meinen, E., de Zwart, H. F., Stolker, H., & Grootscholten, M. (2012). Gelimiteerd CO2 en het nieuwe telen tomaat (No. 1159). Wageningen UR Glastuinbouw.
- Raaphorst, M. (2018). Vergelijking klimaat Paprika: Analyse van Het Nieuwe Telen Paprika bij Delphy Improvement Centre in vergelijking met een praktijkbedrijf. Wageningen Plant Research.
- Geelen, P. A. M., Voogt, J. O., & van Weel, P. A. (2015). De basisprincipes van Het Nieuwe Telen. LTO Glaskracht Nederland.

Bijlage I Overzicht stook en ventilatiestrategie

Tabel II Overzicht van Stook en ventilatiestrategie gedurende de teelt.

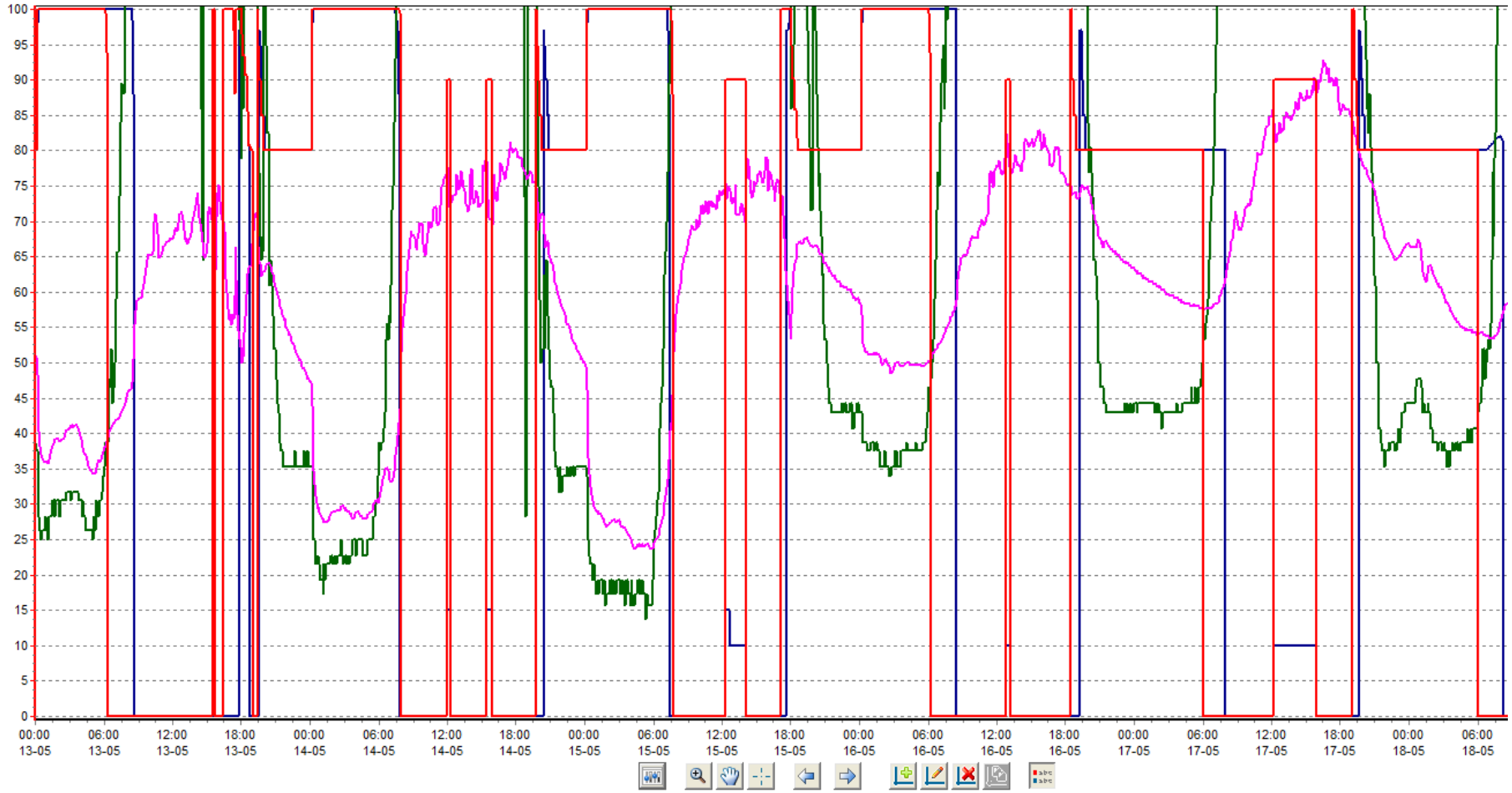
week	stooktemp Dag [°C]	Stralingsinvloed	stooktemp Nacht [°C]	lichtsomverhoging	ventilatie temp Dag [°C]	vochtinvloed	ventilatie temp Nacht [°C]
49	21,5	+0.5 °C tussen 100 - 300 W/m2	21		28		28
50	21,5	+0.5 °C tussen 100 - 300 W/m2	20		28		28
51	20,5	+1 °C tussen 100-300 W/m2	18	+1 °C tussen 100 -200 J/cm2	28		28
52 - 3	20,5	+1,5 °C tussen 100-300 W/m2	16	+2 °C tussen 200 -400 J/cm2	28		28
4-5	20,5	+1,5 °C tussen 100-300 W/m2	17	+1 °C tussen 200 -400 J/cm2	28		28
6	20,5	+3 °C tussen 200-400 W/m2	17	+1 °C tussen 200 -500 J/cm2	28		28
7	20,5	+3 °C tussen 200-400 W/m2	17	+1 °C tussen 300 -600 J/cm2	28		28
8	20,5	+3 °C tussen 200-400 W/m2	16	+2 °C tussen 300 -800 J/cm2	28		28
9	20,5	+3 °C tussen 200-400 W/m2	17	+2 °C tussen 200 -900 J/cm2	25		25
10	20,5	+3 °C tussen 200-400 W/m2	17	+2°C tussen 400 -900 J/cm2	27		27
11-13	20,5	+3 °C tussen 200-400 W/m2	16	+2°C tussen 700 -1500 J/cm2	27		27
14-15	20,5	+3 °C tussen 300-500 W/m2	16	+2°C tussen 1000 -2000 J/cm2	23	+3°C 6 tot 2 VD 6:30-11:00 +6°C 6 tot 2 VD 11:00-22:00	27
16 - 23	20,5	+3 °C tussen 300-500 W/m2	16	+2°C tussen 1500 -2500 J/cm2	23	+3°C 6 tot 2 VD 6:30-11:00 +6°C 6 tot 2 VD 11:00-22:00	27
25 -26	20,5	+3 °C tussen 300-500 W/m2	16	+2°C tussen 1500 -2500 J/cm2	23	+2°C 6 tot 2 VD 6:30-11:00 +4°C 6 tot 2 VD 11:00-22:00	zon onder: afluchten op 20°C met max raam 10%
27- 31	20,5	+3 °C tussen 300-500 W/m2	16	+2°C tussen 1500 -2500 J/cm2	21	+2°C 6 tot 2 VD 6:30-11:00 +4°C 6 tot 2 VD 11:00-22:00	zon onder: afluchten op 18°C met max raam 10%
32-33	20,5	+3 °C tussen 300-500 W/m2	16	+2°C tussen 1500 -2500 J/cm2	21	+2°C 6 tot 2 VD 6:30-11:00 +4°C 6 tot 2 VD 11:00-22:00	zon onder: afluchten op 18°C met max raam 20%
34 -35	20,5	+3 °C tussen 300-500 W/m2	16	+2°C tussen 1500 -2500 J/cm2	21	+2°C 6 tot 2 VD 6:30-11:00 +4°C 6 tot 2 VD 11:00-22:00	zon onder: afluchten op 18°C met max raam 40%
36 -38	20,5	+3 °C tussen 300-500 W/m2	16	+2°C tussen 1000 -2000 J/cm2	21	+2°C 6 tot 2 VD 6:30-11:00 +4°C 6 tot 2 VD 11:00-22:00	zon onder: afluchten op 18°C met max raam 40%
39 -44	20,5		16		21	+2°C 6 tot 2 VD 6:30-11:00 +4°C 6 tot 2 VD 11:00-22:00	21

Bijlage II Realisatie Schermstrategie



Gegeven	Informatiegroep	Min...	Max...	Min	Max	Gmd	Een...
ber doek 1	KLIMAAT2:AFD 6 DOEK 1	0	100	0	100	58	%
ber doek 2	KLIMAAT2:AFD 6 DOEK 2	0	100	0	100	52,1	%
gem kastemp	KLIMAAT2:Afd 6	0	35	16,2	32,9	21,1	°C
ber verw t	KLIMAAT2:Afd 6	0	35	15,9	22,9	18	°C
buitentemp	KLIMAAT:METEO	0	35	9,4	19,3	15	°C
gem straling	KLIMAAT2:METEO STRAL. OPN. 1	0	2500	0	984	171,7	W/m²

Figuur 0.1. Bovenstaande grafiek toont alle drie de mogelijkheden waarop de schermen werden gebruikt gedurende de teelt. Op 1 september blijft de instraling onder de 700 Watt en blijven de schermen geopend. Aan het einde van de dag gaan beide schermen voor 80% dicht om de kas wel af te koelen, maar uitstraling te voorkomen. Wanneer het verschil tussen de kastemperatuur en de stooktemperatuur kleiner is dan 2°C gaan beide schermen voor 100% dicht. 2 september is een dag met hogere instralingswaarde en is te zien dat het scherm gedurende 3 periodes sluit voor 90% voor het enkele scherm (doek 1) en 10 voor het spouwscherm (doek 2). De nacht van 2 op 3 september is kouder voor de schermen eerder dicht gaan dan de nacht ervoor.



Gegeven	Informatiegroep	Min...	Max...	Min	Max	Gmd	Een...
ber doek 1	KLIMAAT2:AFD 6 DOEK 1	0	100	0	100	50,1	%
ber doek 2	KLIMAAT2:AFD 6 DOEK 2	0	100	0	100	48	%
univ.meting	Netto straling meter Afd.6	-20	20	-14,5	879,4	127	
gem kastmp 3	KLIMAAT2:AFD 6 MEETBOX 3	0	35	8,3	32,5	21,7	°C

Figuur 0.2. Bovenstaande grafiek toont het effect van het sluiten van de doeken (rode en blauwe lijn) in de nacht voor 100% en 80% op de uitstraling. Wanneer in de nacht de doeken voor 80% sluiten is zichtbaar dat de temperatuur boven het scherm (roze lijn) toeneemt en hierdoor de uitstraling (groene lijn) afneemt.

Bijlage III Overzicht productie

Tabel III

Week	#/m²	Kg/m²	Vruchtgewicht	Uitgroeiduur
12	5.2	0.55	188	58
13	1.2	0.35	185	60
14	0.0	0.24	171	
15	0.0	0.06	175	
16	2.0	1.19	223	45
17	6.6	2.27	212	47
18	6.9	0.85	200	48
19	5.5	0.35	200	46
20	8.3	1.58	222	49
21	2.3	1.14	225	46
22	6.1	1.38	227	50
23	1.4	0.60	225	46
24	8.9	1.85	206	44
25	9.8	1.34	193	42
26	2.9	0.83	184	45
27	4.9	1.36	169	42
28	5.8	1.21	171	43
29	6.9	0.79	170	43
30	2.9	0.57	184	46
31	4.6	1.13	184	43
32	9.2	2.27	179	48
33	2.0	0.39	181	49
34	5.2	0.75	180	49
35	2.3	1.21	181	44
36	4.6	1.30	184	46
37	4.9	0.88	185	48
38	3.5	0.49	183	49
39	5.2	0.53	181	55
40	4.3	0.86	186	53
41	2.3	0.81	194	54
42	5.2	0.88	185	58
43	3.2	0.72	184	55
44	2.6	0.39	201	59
Totaal/gemiddeld		31.1	195	
Groen geoogst		0.37		
Afval		0.53		