



De klimaat- en risicobestendige kas

De "ETF-onE" kas

Johanna Bac-Molenaar, Frank Kempkes, Jan Janse en Marcel Raaphorst

Rapport WPR-1291



Referaat

Bij Wageningen UR Glastuinbouw & Bloembollen in Bleiswijk in een kas met ETFE-folie in het kasdek, is binnen het programma 'Kas als Energiebron' een aardbeionderzoek met junidragers uitgevoerd (doorteeft). Het onderzoek was vooral gericht op beperking van het energie- en CO₂-gebruik. Het ETFE-folie heeft een hoge diffusiteit en een hoge UV-B transmissie. De kas heeft doorlopende nokluchting en 3 schermen. Het hoofdras was Elsanta.

Het elektriciteitsverbruik voor de warmtepomp was 11.6 kWh/m², waarbij 46.4 kWh/m² warmte is geproduceerd. Bij het ontvochtigingsproces ontstond een warmteoverschot van 18.8 kWh/m² die voor de verwarming kon worden gebruikt. Daarnaast werd er via gas 71.8 kWh/m² (=8.1 m³/m²) gebruikt: in totaal dus 90.6 kWh/m² voor de kasverwarming. In totaal is er 8.9 kg/m² CO₂ gedoseerd.

Elsanta produceerde in totaal 12.0 kg/m², waarvan 10.7 kg/m² Klasse I. De vruchtmaat liet echter wat te wensen over. Met name in het voorjaar vormde meeldauw een probleem, waardoor naast het gebruik van 'groene' middelen, ook regelmatig chemisch ingegrepen moest worden.

Abstract

At Wageningen UR Greenhouse Horticulture & Flower Bulbs in Bleiswijk a study with Junebearer strawberries was performed in a greenhouse with ETFE foil in the greenhouse roof. This research was carried out within the program 'Greenhouse as Energy Source'. The research was mainly aimed at limiting energy and CO₂ consumption. The ETFE foil is highly diffuse and has a high UV-B transmission. The greenhouse has continuous ridge ventilation and 3 screens. The main variety was Elsanta.

The electricity consumption for the heat pump was 11.6 kWh/m² leading to a heat production of 46.4 kWh/m². The dehumidification process produced a heat surplus of 18.8 kWh/m² that could be used for heating. In addition, 71.8 kWh/m² (=8.1 m³/m²) gas was used: a total of 90.6 kWh/m² was used for greenhouse heating. A total of 8.9 kg/m² of CO₂ was dosed.

Elsanta produced a total of 12.0 kg/m², of which 10.7 kg/m² Class I. In some periods a higher fruit size would be desirable. Mildew was particular in the spring a problem, which required regular chemical intervention in addition to the use of 'green' agents.

Rapportgegevens

Rapport WPR-1291

Projectnummer: 3742310300

BO-nummer: BO 43-127-007

DOI: <https://doi.org/10.18174/648400>

Disclaimer

© 2024 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Glastuinbouw, Postbus 20, 2665 MV Bleiswijk T 0317 48 56 06, www.wur.nl/plant-research.

Kamer van Koophandel nr.: 09098104

BTW nr.: NL 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeleelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Adresgegevens

Wageningen University & Research, BU Glastuinbouw

Postbus 20, 2665 ZG Bleiswijk

Violierenweg 1, 2665 MV Bleiswijk

T +31 (0)317 - 48 56 06

F +31 (0)10 - 522 51 93

glastuinbouw@wur.nl

wur.nl/glastuinbouw

Inhoud

Samenvatting	5	
1	Introductie	7
	1.1 Wat is er bijzonder aan de ETFE kas?	7
	1.2 Schets aardbei doorteelt in de ETFE kas	7
2	Klimaat en Energie	9
	2.1 Lichttransmissie	9
	2.2 Temperatuur en RV	10
	2.3 CO ₂ en energie	11
3	Aardbeiproductie en kwaliteit	15
	3.1 Productie en kwaliteit hoofdras Elsanta	15
	3.2 Productie en kwaliteit rassen Limalexia, Falco en Sonsation	18
	3.3 Gewasbescherming	21
4	Economische evaluatie	23
	4.1 Schade risico	23
	4.2 Productie	23
	4.3 Energieverbruik	24
	4.4 Duurzaamheid	24
5	Conclusies en discussie	25
	5.1 Productie en kwaliteit	25
	5.2 Energie en CO ₂	25
	5.3 ETFE kasdek	26
	5.4 Swing systeem	26
Literatuur		27
Bijlage 1	Materiaaleigenschappen ETFE	28
Bijlage 2	Scouting logboek	29

Samenvatting

In een traditionele onbelichte doorteelt met aardbei wordt relatief veel energie gebruikt. Men streeft zowel naar koude nachten, als ook naar etmaaltemperaturen van minimaal 15 graden. Dit betekent dat veel warmte die aan het einde van de nacht en gedurende de dag wordt toegevoegd, bij de start van de nacht weer door de ramen verdwijnt. Koude nachten worden bij junidragers verbonden met betere kwaliteit en vruchtgrootte. Een etmaal van 15 graden is nodig om in de herfst de vruchten te laten rijpen voordat er te weinig licht is. Ook is een etmaaltemperatuur van 15 graden nodig om de plant genoeg trossen te laten aanleggen voordat de koude-periode in januari/februari start. Aanleg van trossen bepaalt je productieniveau in het voorjaar.

In een kas bij Wageningen UR Glastuinbouw & Bloembollen in Bleiswijk met ETFE-folie in het kasdek, is een onderzoek uitgevoerd binnen het programma Kas als Energiebron. Het duurzame ETFE-folie was met een hortiscatter van 60% hoog diffuus en liet veel UV-B door. De kas heeft een doorlopende nokluchting en 3 schermen. Het hoofdtras was Elsanta met proefsgewijs de rassen Sonsation, Limalexia en Falco. In het onderzoek hebben we gestreefd naar een beperkt gebruik van warmte. Wel is er gestreefd naar koude nachten, waarbij voor zonsopgang is begonnen met opstoken. Ook hebben we de temperatuur op zonnige dagen bij veel licht laten oplopen, terwijl op donkere dagen ook tijdens de productieperiode, het energiedoek grote delen van de dag en nacht is dicht gebleven. Door deze strategie werd meer warmte in de kas vastgehouden.

Verder is het gebruik van CO₂ en chemische gewasbeschermingsmiddelen beperkt. CO₂ is vooral ingezet als er niet of nauwelijks werd geventileerd en/of het energiedoek was gesloten, zodat de gedoseerde CO₂ zoveel mogelijk in de kas bleef. Daarnaast zijn vooral preventieve bespuitingen voor meeldauw uitgevoerd met groene middelen (met elicitor-werking en/of MRL-vrij) en is er in het gewas altijd een standing-army van natuurlijke vijanden aanwezig geweest.

Het elektriciteitsverbruik voor de warmtepomp was 11.6 kWh/m². Bij het ontvochtigingsproces ontstond een warmteoverschot van 18.8 kWh/m² die voor de verwarming kon worden gebruikt. Daarnaast werd er via gas 71.8 kWh (=8.1 m³/m²) voor de verwarming gebruikt. Dat is dus in totaal 89.2 kWh/m² voor verwarming. Over de hele proefperiode is er in totaal 8,9 kg/m² CO₂ gedoseerd. Dit is een forse reductie ten opzichte van de praktijk, waar een gasverbruik tussen de 15 en 20 m³/m² tot voor kort gangbaar was. Afgelopen seizoen hebben veel telers vanwege de hoge energieprijzen al energie bespaard.

In deze proef is met Elsanta een opbrengst gehaald van 12,0 kg/m², waarvan 10,7 kg/m² Klasse I. In de praktijk varieert de totaalproductie tussen de 10 en 15 kg/m². De vruchtmaat liet wel wat te wensen over, vooral bij het hoofdtras Elsanta. Kleine vruchten leveren helaas niet veel op, vanwege de slechte verhouding arbeidsinput en marktprijs.

In deze proef hebben we laten zien dat energiebesparing niet alleen mogelijk is bij het ras Elsanta, maar ook bij nieuwere rassen zoals Limalexia en Falco. Sonsation had in deze proef helaas geen goede opbrengst, waarschijnlijk omdat dit ras doorgaans eerder wordt geplant.

Meeldauw was in het voorjaar een probleem, waardoor we regelmatig chemisch hebben moeten ingrijpen. Het percentage vruchten dat werd afgekeurd vanwege meeldauw in de rassen Limalexia en Falco was te hoog. Dit laat zien dat bij het doen van energieproeven, gewasbescherming een niet weg te denken factor is. Telen bij hogere RV zet meeldauwgevoelige rassen direct op achterstand, omdat zonder preventief chemisch ingrijpen het behalen van een goede opbrengst moeilijk is. In een vervolproef moet er overwogen worden om in sommige nachten het energiedoek minder te gebruiken als dit de kans op meeldauw sterk vermindert.

1 Introductie

1.1 Wat is er bijzonder aan de ETFE kas?

ETFE staat voor **E**thyleen-**Tetra**Fluor**E**thyleen, dit is een duurzaam kunststofmateriaal met bijzondere eigenschappen. Het heeft een hoge lichttransmissie (zie paragraaf 2.1) en is klimaatbestendig, omdat het extreme weersomstandigheden zoals zware regen, storm, hagel en zelfs aardbevingen kan doorstaan. In tegenstelling tot het vaak toegepaste PE-folie, wat iedere paar jaar vervangen moet worden ten gevolge van veroudering, is de levensduur van ETFE meer dan 20 jaar zonder dat de transmissie significant terugloopt. In de ETFE-kas is de diffuse uitvoering toegepast, deze heeft een zeer hoge diffusiteit (60% Hortiscatter) en gelijktijdig beschikt het materiaal over een hoge UV-B doorlatendheid. De hydrofiele eigenschappen van het oppervlak zijn gunstig voor lichttransmissie onder natte omstandigheden, omdat de folie dan minder diffuus wordt. In Bijlage 1 zijn de belangrijkste eigenschappen van het gebruikte materiaal maar ook van de heldere uitvoering weergegeven.

Energie besparen in de ETFE-kas is goed mogelijk, door de 3 aanwezige schermen (aluminiumscherm, energiedoek en zonnedoek) in combinatie met de mogelijkheid tot ontvochtiging. Ook de isolatie van de wanden draagt hieraan bij (zie paragraaf 2.3).

In de ETFE-kas is een swing-systeem geïnstalleerd, dit betekent dat de helft van de goten naar links en rechts getrokken kan worden, zodat er ruimte ontstaat om gewaswerkzaamheden te doen en te plukken. In het swing-systeem is de afstand tussen de goten gemiddeld 90 tot 95 cm in tegenstelling tot een traditionele gootafstand van 110 cm. In het swing-systeem staan er dus meer planten per m², hierdoor wordt er meer licht opgevangen en behaal je in potentie een hogere productie (zie paragraaf 3.1).

1.2 Schets aardbei doorteelt in de ETFE kas

In de ETFE-kas zijn aardbeien geteeld in een traditionele doorteelt met als hoofdras Elsanta. Daarnaast werden op twee goten de volgende rassen geteeld: Limalexia, Falco en Sonsation. Op 16 augustus 2021 (week 33) werden gekoelde trayplanten geplant in kokos-substraat. In week 36 gingen de eerste bloemen bloeien (Figuur 1). Op 30 september (week 39) werden de eerste vruchten geplukt. De pluk liep door tot 6 december (week 49) (Figuur 2). Na een periode van bloeminductie en koude, is de kas vanaf 14 februari (week 7) weer opgestookt.



Figuur 1 16 sept 2021, eerste bloei.



Figuur 2 Eind november 2021, einde van de herfstpluk in zicht.

In week 13 gingen de eerste bloemen bloeien. Op 18 april (week 16) werden de eerste vruchten geplukt. De oogst liep door tot 1 juni (week 22) (Figuur 3). De gehele teeltperiode zijn de bloemen bestoven met hommels. Plagen zijn onder controle gehouden met biologische bestrijders, alleen voor luis is 1 maal chemisch gecorrigeerd. Rupsen hebben we in het najaar aangepakt met biologische insecticiden op basis van *Bacillus thuringiensis*. Meeldauw was zowel in najaar als voorjaar aanwezig, ondanks preventieve bespuitingen met middelen met elicitor-werking en het verdampen van zwavel. Daarom is er in de winter en het voorjaar regelmatig chemisch gecorrigeerd.

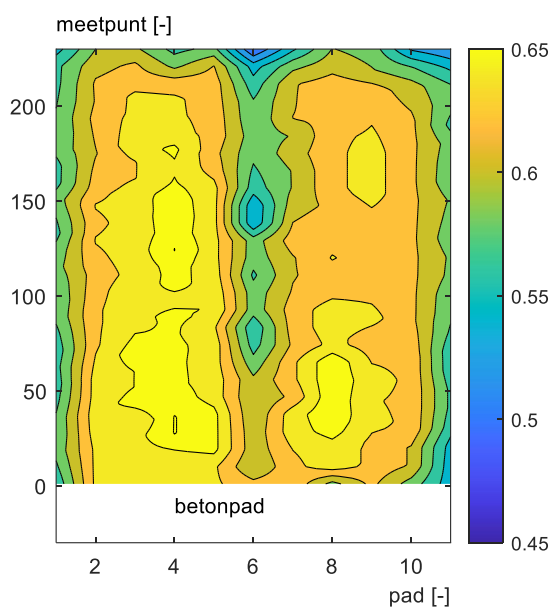


Figuur 3 4 mei 2022, productiepiek voorjaar.

2 Klimaat en Energie

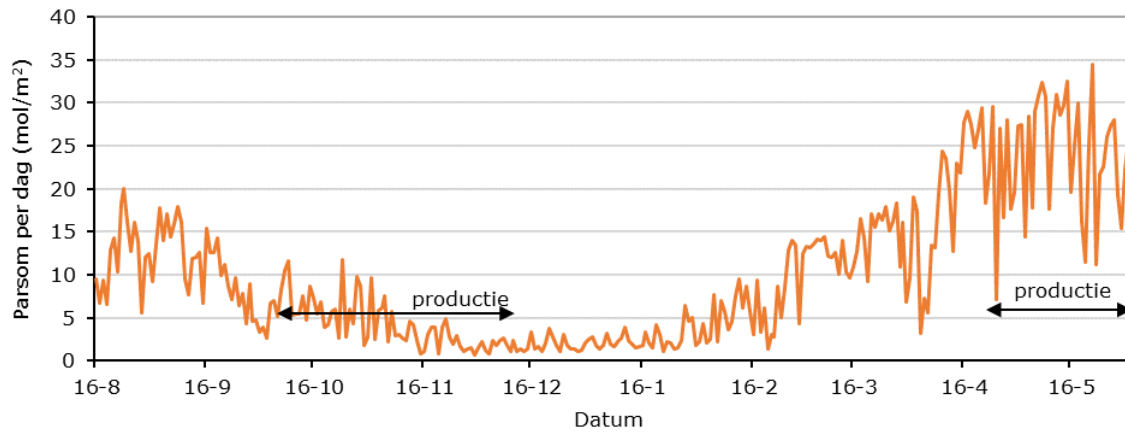
2.1 Lichttransmissie

De lichttransmissie van het kasdek is gemeten op 30 december 2021 met het scherm open (Figuur 4). Deze bleek langs de zijgevels en bij de kolommen in het midden (pad 11) lager te liggen dan in de rest van de afdeling. Over alle paden was de gemiddelde transmissie 62%. Als we de paden bij de gevel en bij de kolommen in het midden niet meenemen, dan was de gemiddelde transmissie 64,5%. Dat is minder dan de 74,5% hemisferische transmissie van alleen het ETFE, wat komt door de kasconstructiedelen en de scherminstallatie. Voor een praktijkkas zijn deze waarden aan de lage kant, echter door de kleine afmetingen van deze proefkas (19.2 x 23 m), moeten alle windverbanden, raam- en schermmotoren met alle bijbehorende constructiedelen ook in dit kleine oppervlak worden geplaatst waardoor de transmissie van dergelijke proefkassen zo'n 4 á 6% onder praktijkschaal ligt. Ook de UV-B transmissie in de kas is gemeten, deze was 56%.



Figuur 4 Gemeten lichttransmissie op 30 december 2021 bij open schermdoeken.

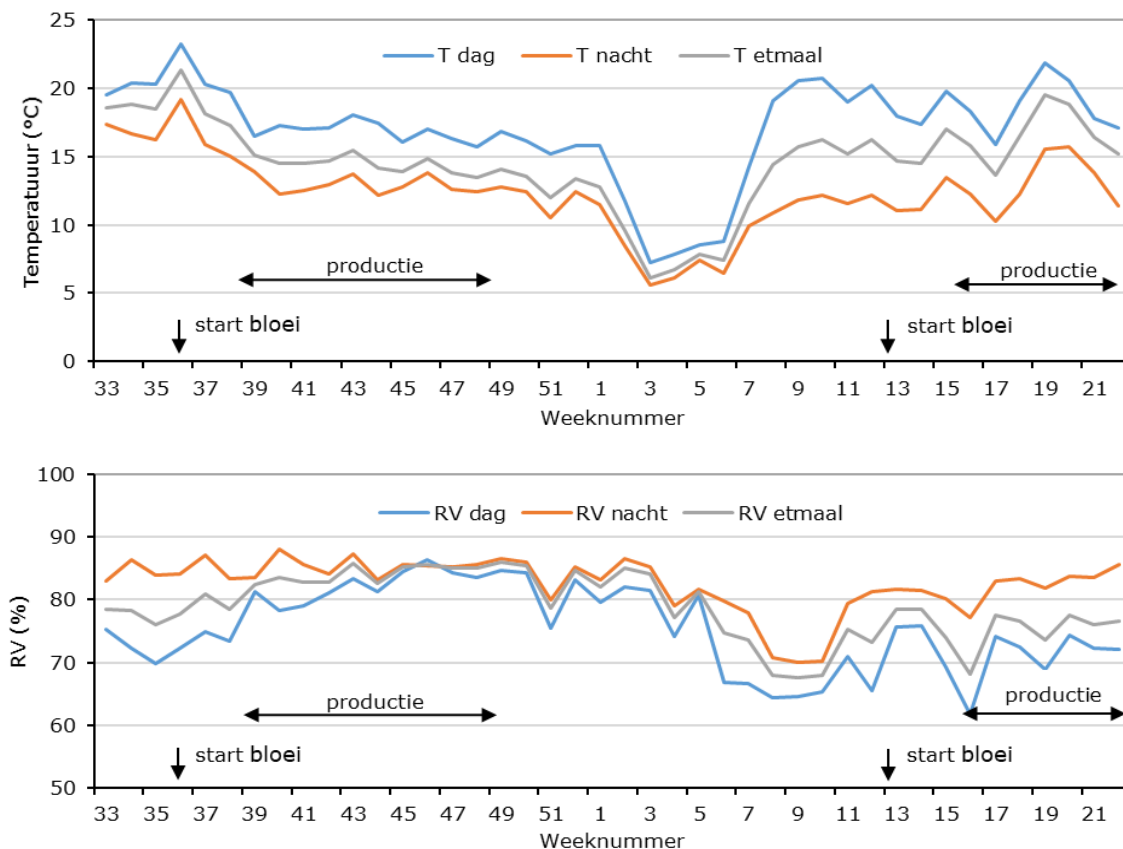
Omdat dit een onbelichte teelt betrof, was de hoeveelheid licht dat de planten in de ETFE-kas ontvingen, sterk gecorreleerd met de seizoenen (Figuur 5). Van start van de teelt tot einde pluk ontvingen de planten gemiddeld 9,6 mol/m² per dag aan licht. In de wintermaanden december en januari was dit erg laag, gemiddeld 2,6 mol/m² per dag. In het voorjaar van opstoken tot einde teelt was dit gemiddeld 20,1 mol/m² per dag.



Figuur 5 Hoeveelheid licht (Photo-active radiation, PAR) dat de planten in de kas hebben ontvangen gedurende de teeltperiode.

2.2 Temperatuur en RV

Het verloop van de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid (RV) gedurende de dag, de nacht en het etmaal is weergegeven in Figuur 6. Duidelijk is de koudeperiode te zien tussen begin januari en 14 februari. Na deze koude periode werd er opgestookt om vroegtijdig in productie te komen. Door het vele licht en de koude nachten in februari en maart is een groter dag/nacht verschil in temperatuur bereikt na de koudeperiode dan ervoor, een patroon welke typisch bij het voorjaar behoort. De relatieve luchtvochtigheid is in deze periode juist lager geweest.

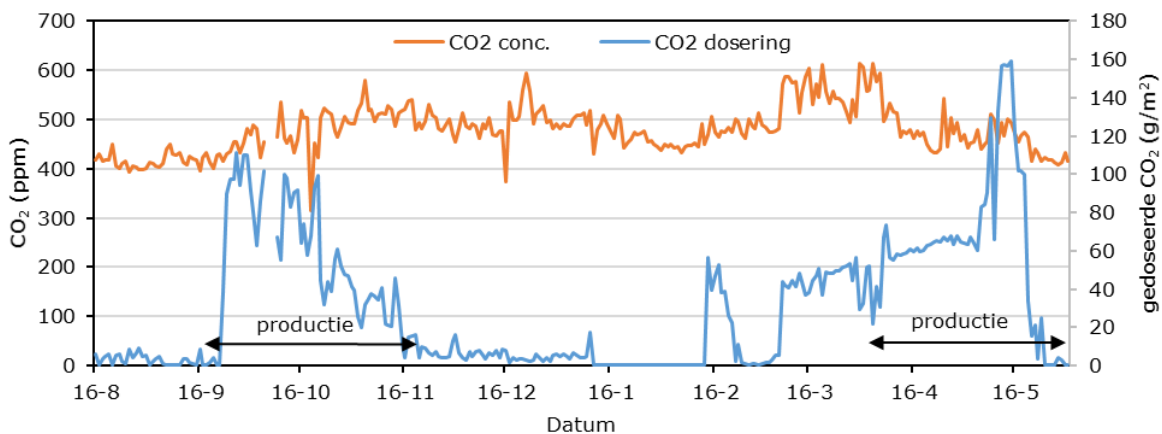


Figuur 6 Verloop van de temperatuur (°C) en de relatieve luchtvochtigheid (RV, %) gedurende de dag, de nacht en het etmaal.

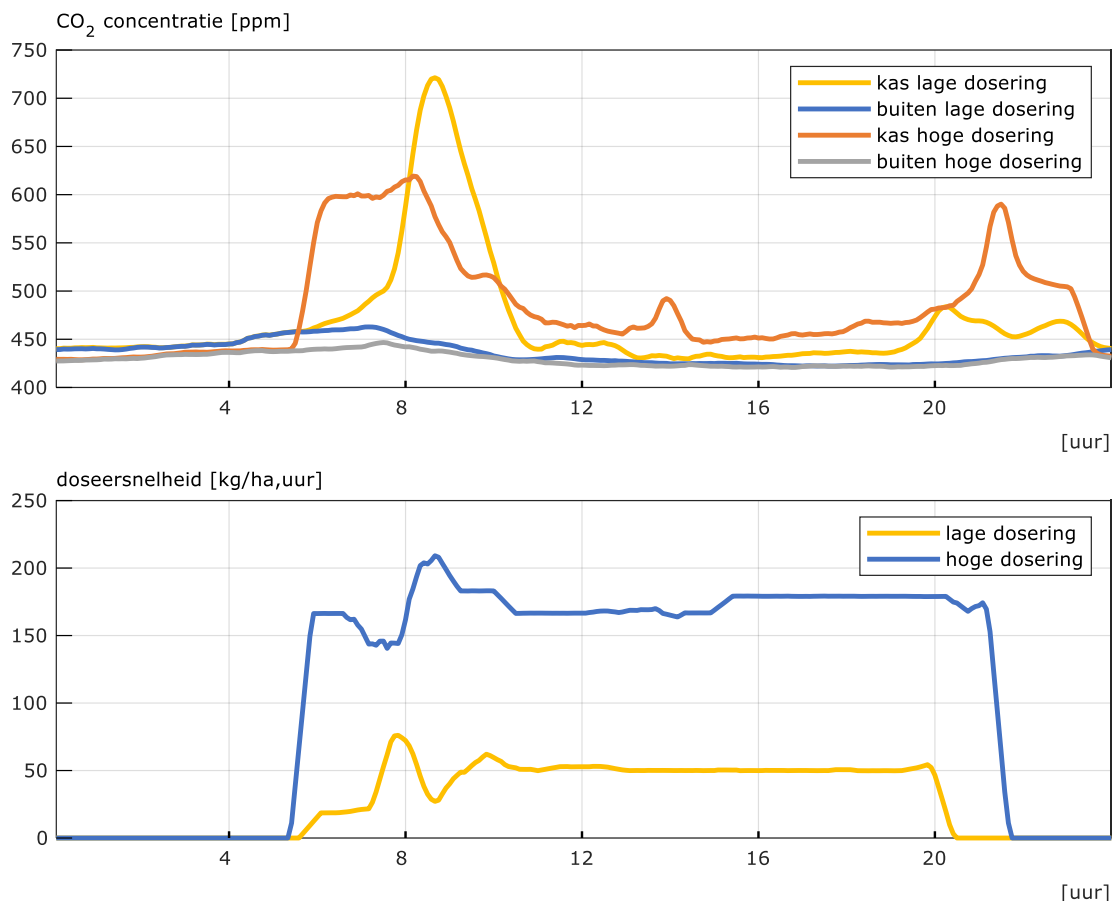
2.3 CO₂ en energie

De CO₂-concentratie was gemiddeld overdag 513 ppm. Op momenten met open luchtramen is het moeilijk om een hogere CO₂ concentratie te bereiken, daarom werd de dosering sterk verlaagd van 130 naar 80 in het najaar en van 75 naar 50 kg/ha.uur in het voorjaar bij een raamstand van meer dan 10%. De totale CO₂-dosering was 8,9 kg/m². Dit is veel minder dan wat de praktijk doseert. De KWIN (2023) geeft aan dat er 7,1 kg/m² CO₂ wordt gedoseerd via inkoop, boven op de CO₂ afkomstig uit de ketel. Als we uitgaan dat de telers al hun CO₂ uit de ketel doseren, behalve in de periodes 13, 1 en 2, dan wordt er 16,7 kg/m² additioneel via de ketel gedoseerd. Totaal wordt er in de praktijk dan 23,8 kg/m² CO₂ gedoseerd.

De tweede productieperiode duurde tot 1 juni. Uit Figuur 7 blijkt dat aan het eind van de teelt, van 9 tot 17 mei, nog veel CO₂ is gedoseerd. In deze periode is de CO₂ dosering bewust sterk verhoogd naar 200 kg/ha.uur om te tonen hoeveel effect dit nu uiteindelijk heeft of de CO₂ concentratie in de kas. Productietechnisch gezien is het de vraag of die CO₂ in zo'n laat stadium nog nuttig besteed is. Het effect van de verhoogde CO₂ dosering is in Figuur 8 getoond. Hoewel de omstandigheden uiteraard niet exact gelijk waren is voor de periode van 30 april t/m 6 mei 2020 de lage en voor de periode 11 t/m 16 mei de hoge doseersnelheid getoond. In Figuur 8 (boven) zijn de gerealiseerde CO₂ concentraties in de kas en buiten als een cyclisch gemiddelde en onder de doseersnelheid als een cyclisch gemiddelde getoond. De periode van 11 tot 17 uur is m.b.t de omstandigheden goed vergelijkbaar. In deze periode is bij een toename van de doseersnelheid van gemiddeld 50 naar 170 kg/ha.uur de CO₂ concentratie in de kas van 10 ppm boven de buitenwaarde naar 37 boven de buitenwaarde gestegen. Het is vervolgens een economische afweging of de toegenomen fotosynthesesnelheid door deze verhoging van slechts 27 ppm in de kas opweegt tegen de 120 kg per ha per uur extra gedoseerde CO₂. Het besparingsdoel is ruimschoots gehaald, het CO₂ verbruik is met 45% gereduceerd van 16 kg/m² per jaar naar 8,9 kg/m² per jaar.



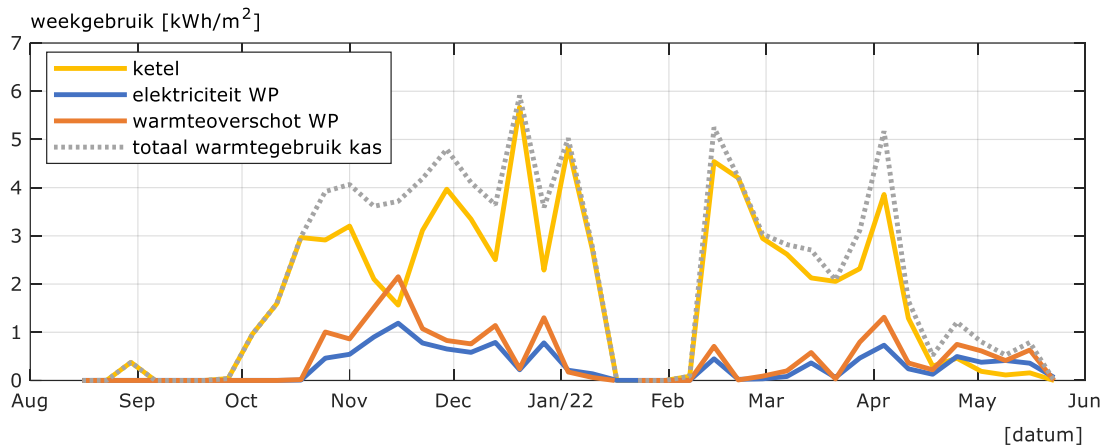
Figuur 7 Verloop van de CO₂-concentratie overdag (ppm) en de dosering (g/m².dag).



Figuur 8 Cyclisch gemiddelde CO₂-concentratie (ppm) van de kas- en buitenlucht bij een lage en hoge doseersnelheid (boven) en toegepaste doseersnelheid (kg/ha.uur), (onder).

De kas is voorzien van een actieve ontvochtigingsinstallatie. Op ontvochtigingsvraag van de kas, wordt de warmtepomp ingeschakeld om koude te produceren. In dit proces blijft warmte over die gebruikt kan worden om de kas te verwarmen. Is die warmte niet direct nodig, dan kan deze in een dagbuffer worden opgeslagen voor later gebruik. Door een storing in de ontvochtigingsinstallatie kon deze pas op 27 oktober in werking worden gesteld. Tot die tijd is dus alle benodigde warmte met de ketel geleverd en is ontvochtiging van de kas via de traditionele wijze, luchten en wat stoken, uitgevoerd. Daarna is een deel van de verwarmingswarmte bij de ontvochtiging van de kas teruggewonnen. Het is wel gebleken dat door de lage gewenste nachttemperaturen ontvochtigen met een dergelijke installatie uitdagend is. De vochtcapaciteit van koude lucht is nu eenmaal veel kleiner dan van warme lucht.

In Figuur 9 zijn de belangrijkste energiestromen op weekbasis weergegeven. Een belangrijk deel van de warmtevoorziening van de kas is met behulp van de ketel ingebracht, 71.4 kWh/m² (8.1 m³/m²). Daarnaast is er door de warmtepomp 11.6 kWh/m² elektriciteit gebruikt. Ervan uitgaande dat de COP van de warmtepomp gelijk is aan 4, betekent dat dat de warmtepomp 4 x 11,6=45,6 kWh/m² aan warmte heeft geproduceerd. Daarvan is 26,7 kWh/m² ingezet als naverwarming van de lucht na het koelblok. De rest is als buisverwarming in de kas gebracht. De totale warmte-inbreng in deze teelt is daarmee (71.4 + 45,6 =) 117 kWh/m² geweest. Daarvoor is 11.6 kWh/m² elektriciteit en 71.4 kWh/m² ketelwarmte gebruikt.



Figuur 9 Verloop van het warmte-inbreng van de ketel voor de kasverwarming (kWh/m^2), het elektriciteitsgebruik van de WP (kWh/m^2), het warmteoverschot van de WP ($kWh.m^2$) en het totale warmtegebruik van de kas (ketel+warmteoverschot) (kWh/m^2) gedurende de teeltperiode.

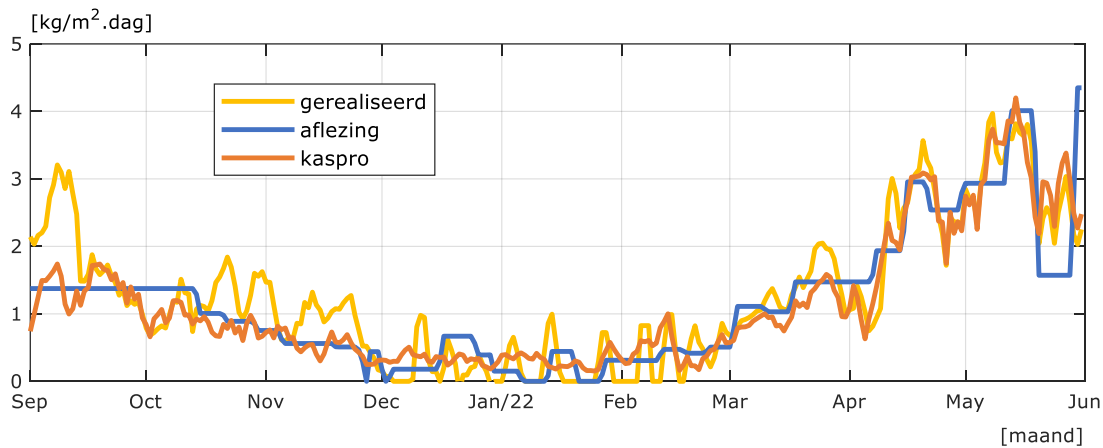
Het warmteverbruik was het hoogst eind december vlak voor de koudeperiode (Figuur 9). Op dat moment maakt het gewas nieuwe trossen aan voor de productie in het voorjaar. Ook in de tweede helft van februari, toen het gewas weer op temperatuur moest worden gebracht voor een vroege productie (opstook), is veel warmte gebruikt (Figuur 8). Het elektriciteitsverbruik hangt samen met de mogelijkheid om warmte te oogsten via de ontvochtiging en om deze geogste warmte ook weer te benutten. Zoals eerder is vermeld, functioneerde de warmteoogst pas eind oktober. Toen kon nog flink wat warmte worden geogst, maar in december tot maart bleef de mogelijkheid om warmte te oogsten beperkt. In april en mei hoefde nauwelijks meer extra warmte vanuit de ketel te worden ingezet, omdat vrijwel alle benodigde warmte door de warmtepomp kon worden geleverd.

In het totaal is er $8,1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ($71,3 \text{ kWh}/\text{m}^2$) gas verbruikt en $11,6 \text{ kWh}/\text{m}^2$ elektriciteit voor de klimatisering. Hiermee is niet helemaal aan de doelstelling voldaan ($0 \text{ m}^3/\text{m}^2$ gas en $20 \text{ kWh}/\text{m}^2$ voor de warmtepomp). Ook al was het verschil in doelstelling (20) en het werkelijke gebruik van de warmtepomp ($11,6$), volledig voor verwarming van de kas gebruikt, dan was daar ca. $(20.4 - 8.6 = 11.8 \approx 8.4 \cdot 4 \approx 33.6)$ kWh/m^2 aan warmte mee geproduceerd (COP warmte van 4). Daarmee was dus duidelijk niet aan de warmtevraag van $71,3 \text{ kWh}/\text{m}^2$ voldaan die met het gas is ingevuld, een tekort aan warmte van ruim $36 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Oorzaak hiervoor is tweeledig: Er is meer ontvochtigingsvraag dan verwacht en er wordt meer warmte afgelucht (die later weer moet worden ingebracht) dan verwacht. Daarbij speelt ook het moment van opstoken een belangrijke rol, voor zonsopkomst is vrijwel de volledige opstook van bijvoorbeeld 8 naar $17,5 \text{ }^\circ\text{C}$ eind februari al uitgevoerd waardoor de bijdrage van de zon aan dit traject vrijwel nihil is.

Als we deze teelt vergelijken met de praktijk dan is er een grote reductie in aardgasverbruik gerealiseerd. In de KWIN (2023) wordt van $13,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$ uitgegaan voor een Elsanta doorteelt. Dit is $5,1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ meer dan wat in deze teelt gerealiseerd is. Wel werd in de teelt in de ETFE kas $11,7 \text{ kWh}/\text{m}^2$ elektriciteit verbruikt voor de klimatisering, de warmtepomp voor de ontvochtiging en de daaraan gekoppelde terugwinning van latente warmte. In de KWIN (2023) wordt er uitgegaan van $6 \text{ kWh}/\text{m}^2$ elektriciteit, dit is elektriciteit voor zaken anders dan warmteproductie of ontvochtiging, en zal ongeveer gelijk zijn aan het verbruik in de teelt in de ETFE kas, maar dit elektriciteitsverbruik is in deze teelt niet geregistreerd.

De verdamping per dag is op drie manieren bepaald. Ten eerste is een Kaspro simulatie gemaakt door het gerealiseerde klimaat in een simulatiemodel na te bootsen (zie Bijlage 2). De berekende verdamping is één van de uitkomsten van deze simulatie. Ten tweede is de verdamping bepaald door dagelijks het verschil tussen gemeten watergift en het drainwater te bepalen. Ten derde is ter controle met een interval van enkele dagen tot weken de cumulatieve hoeveelheid watergift en drain bij de opslagtanks handmatig afgelezen. Door de afgelezen data te verdelen over de periode sinds de vorige aflezing, kan een indicatie worden gegeven over de wateropname per dag. De drie verschillende bepalingen komen tussen 1 september en 1 juni in totaal uit op een wateropname van respectievelijk 308, 345 en 313 l/m². Kaspro komt dus iets lager uit dan de twee metingen, wat kan worden verklaard doordat Kaspro door twee punten die Kaspro niet meetelt:

Het gewas en met name de vruchten nemen ook water op die niet bij de verdamping hoort. De vruchtproductie van ± 12 kg/m² is echter klein ten opzichte van de gemeten wateropname van 345 of 313 kg/m². Bovendien bevatten de vruchten naast water ook 7% drogestof. Daartegenover staat nog het gewicht van het gewas, dat niet is gemeten, maar aangenomen wordt dat het gewas minder water opslaat dan de vruchten. Het verschil tussen wateropname en verdamping wordt hiermee geschat op 5%. De piek in realisatie in de eerste teeltweken is met name het natmaken en verzadigen van het substraat. Daarmee is bij de simulatie geen rekening gehouden.



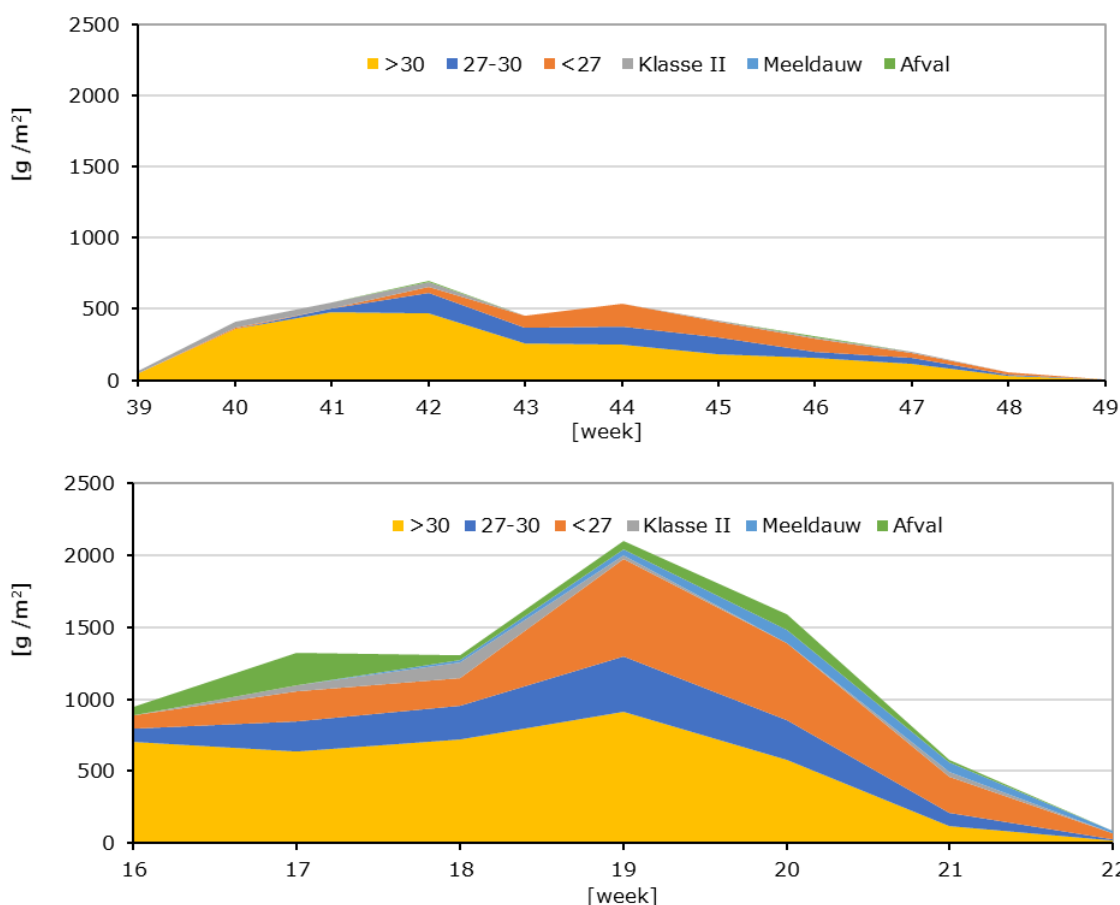
Figuur 10 Verdamping/wateropname in (l/m².dag) berekend met een Kaspro simulatie (kaspro=oranje), gemeten uit gift en drainmetingen (gerealiseerd=geel) en afgeleid uit tussentijdse aflezing van de watermeters (aflezing=blauw).

3 Aardbeiproductie en kwaliteit

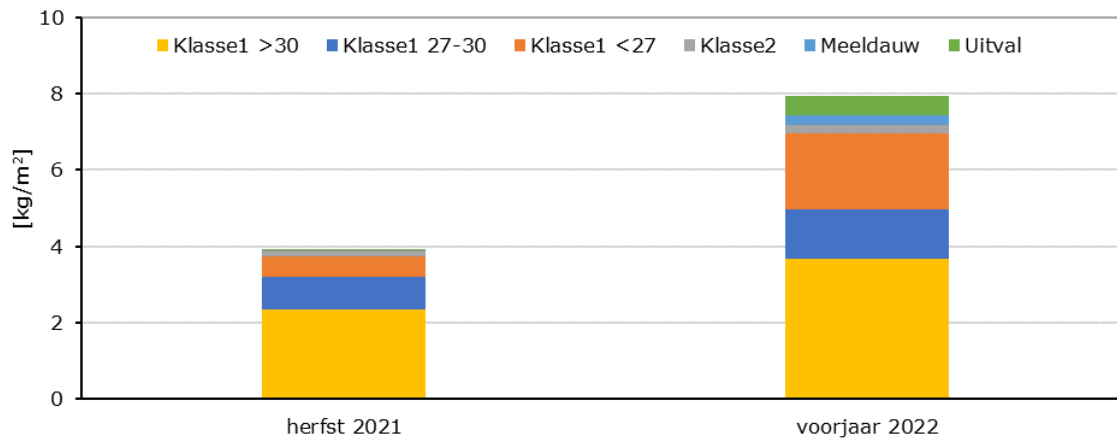
3.1 Productie en kwaliteit hoofdras Elsanta

Het hoofdras in de ETFE kas was Elsanta. Dit ras is gebruikt voor teeltbeslissingen, zoals klimaatinstellingen, start van de koudeperiode en moment van opstoken.

Het productieverloop was typisch voor een traditionele doorteelt, namelijk twee keer zoveel opbrengst in het voorjaar als in de herfst en door het piekpatroon kleinere vruchten in de tweede helft van iedere productieperiode. In de herfst was er een productieperiode van 11 weken, waarbij de productie in de eerste week en laatste twee weken laag lag (Figuur 11). In totaal is er in de herfst 4,0 kg/m² geplukt, waarvan 95% Klasse I (Figuur 12). In het voorjaar kwam de productie in een grote piek, op het hoogtepunt (week 19) werd er meer dan 2 kg/m² per week geoogst (Figuur 11). Deze piek was extra hoog door het mooie weer in maart/april. Dit ging ten koste van de vruchtmaat. Het percentage kleine vruchten (<27 mm diameter) was met 25% te hoog. Ook de lage dosering CO₂ kan hebben bijgedragen aan het hoge percentage kleine vruchten. In het voorjaar is er in totaal 8,0 kg/m² geplukt, waarvan 88% Klasse I (Figuur 12). Dat het percentage Klasse I lager lag in het voorjaar dan in de herfst had te maken met slechte vruchtzetting van de eerste vruchten (terug te zien in klasse 'Afval', Figuur 12) en door de hoge meeldaudruk (zie paragraaf 3.2). De totale productie van herfst en voorjaar samen was 12 kg/m².

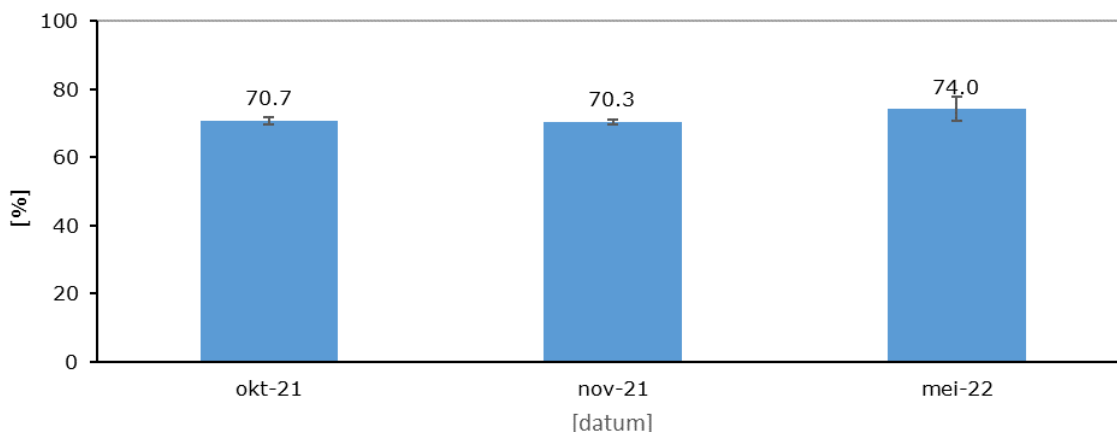


Figuur 11 Productiecijfers per week per klasse voor de productieperiode van de herfst van 2021 (boven) en het voorjaar van 2022 (onder).



Figuur 12 Productiecijfers per teeltperiode per klasse.

De lichtonderschepping was in de herfst ongeveer 70%, in het voorjaar was deze 74% (Figuur 13). Dit percentage is beduidend hoger dan wat gemeten wordt in een traditionele kas zonder swing-systeem, hier is de maximale lichtonderschepping voor Elsanta meestal rond de 65%.

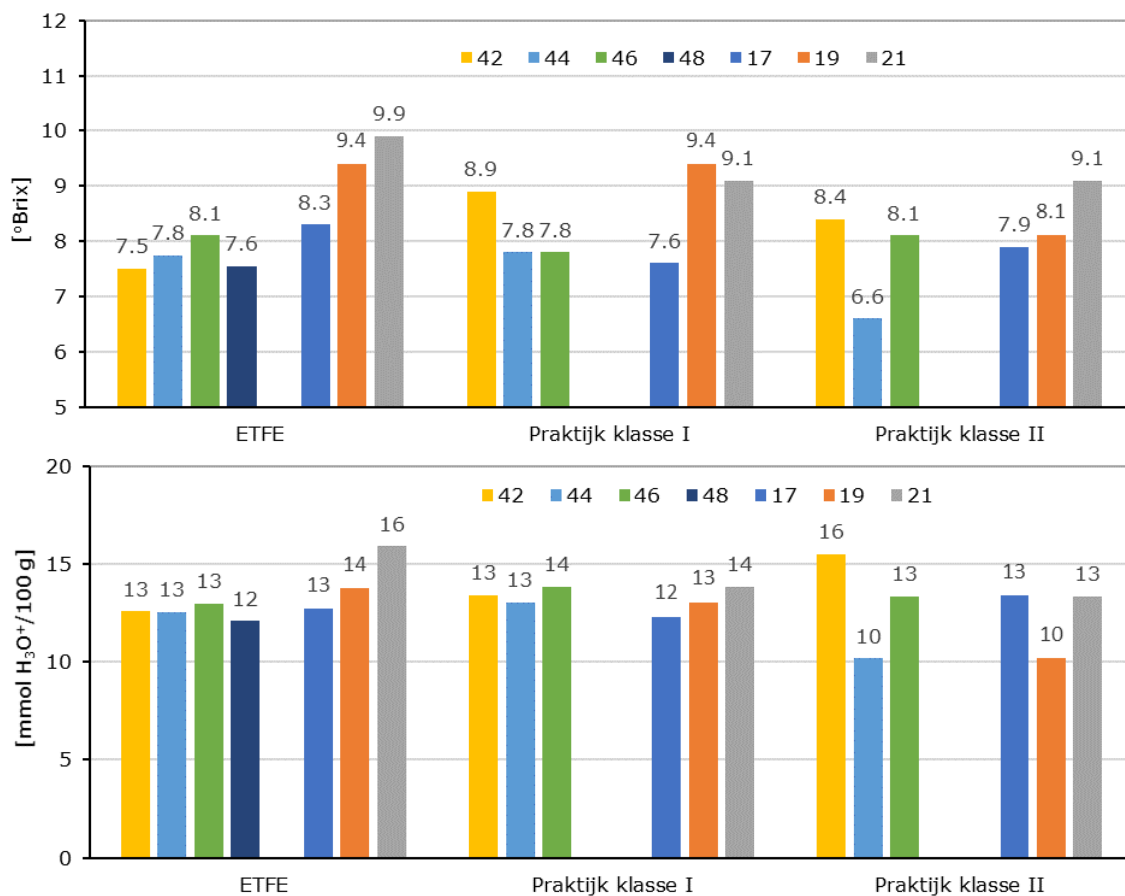


Figuur 13 Lichtonderschepping op drie momenten in de teelt, namelijk oktober en november 2021 en mei 2022 bij het ras Elsanta.

Ons doel was om met het bijzondere kasdek en het swing-systeem te komen tot een 10% hogere opbrengst. In de praktijk wordt door goede telers in een Elsanta doorteelt 13 tot 15 kg/m² geoogst. De KWIN (2023) rapporteert 13,6 kg/m², waarvan 4,6 kg in het najaar en 8,9 kg in het voorjaar. Wij hebben ons doel van een verhoging in de productie dus niet waar kunnen maken. Dat we dit niet behaald hebben heeft vooral te maken met onze teelt in de herfst. In deze periode hadden we problemen met ons irrigatiesysteem. Bij de verbouwing van de kas was de pomp niet goed gedimensioneerd voor het hoge aantal druppelaars dat in de aardbeiteelt wordt gebruikt (namelijk 6 per strekkende meter). Hierdoor is er aan het begin variatie ontstaan in vochtigheid tussen de bakken. Dit is enigszins recht getrokken tijdens de hergroei en koudeperiode (december tot februari). De teelt in het voorjaar is daarom zonder watergeefproblemen verlopen. Dit is ook te zien aan onze opbrengst, deze was 2 maal zo hoog in het voorjaar als in de herfst. Dit is ook wat de teeltadviseur aangaf: Het maximale wat je uit een voorjaarsteelt kunt halen, is een verdubbeling van je opbrengst in de herfstteelt. De irrigatieproblemen en ongelijkheid aan de start van de teelt hebben dus de hele teeltperiode invloed gehad op de opbrengst.

Niet alleen de lichtonderschepping (Figuur 13), maar ook de hoeveelheid licht dat de planten ontvangen (Figuur 5) bepaalt de smaak van de vruchten (Figuur 12). Wat opvalt is dat in het voorjaar de refractie (Brix) duidelijk oploopt als de hoeveelheid licht toeneemt. In de herfst is niet zo'n opvallende afname te zien, dit heeft er waarschijnlijk mee te maken dat de plantbelasting ook lager was in november toen de planten weinig licht ontvingen, maar nog wel produceerden. De hoeveelheid zuur in de ETFE-kas was nagenoeg gelijk tijdens de gehele teelt, dit betekent dat een hogere refractie voornamelijk bepaald wordt door een hogere hoeveelheid suikers, dus een hogere refractie betekent een zoetere smaak. Alleen aan het einde van de voorjaarsteelt ging het zuur iets omhoog, maar dit werd gecompenseerd door een zeer hoge refractie. Nederlandse consumenten waarderen een zoete aardbei waarin wat zuur aanwezig is.

Als we de smaak van de vruchten geplukt in de ETFE-kas vergelijken met de vruchten van een Elsanta doorteelt met gelijke plantdatum op een praktijkbedrijf (Klasse I en Klasse II), dan valt op dat de verschillen niet zo heel groot zijn (Figuur 14). Bij de start van de herfstpluk was de refractie in de ETFE-kas lager, terwijl bij de start van de voorjaarsteelt de refractie juist hoger was. Ook hebben de vruchten aan het einde van de voorjaarsteelt in de ETFE-kas een hogere refractie.



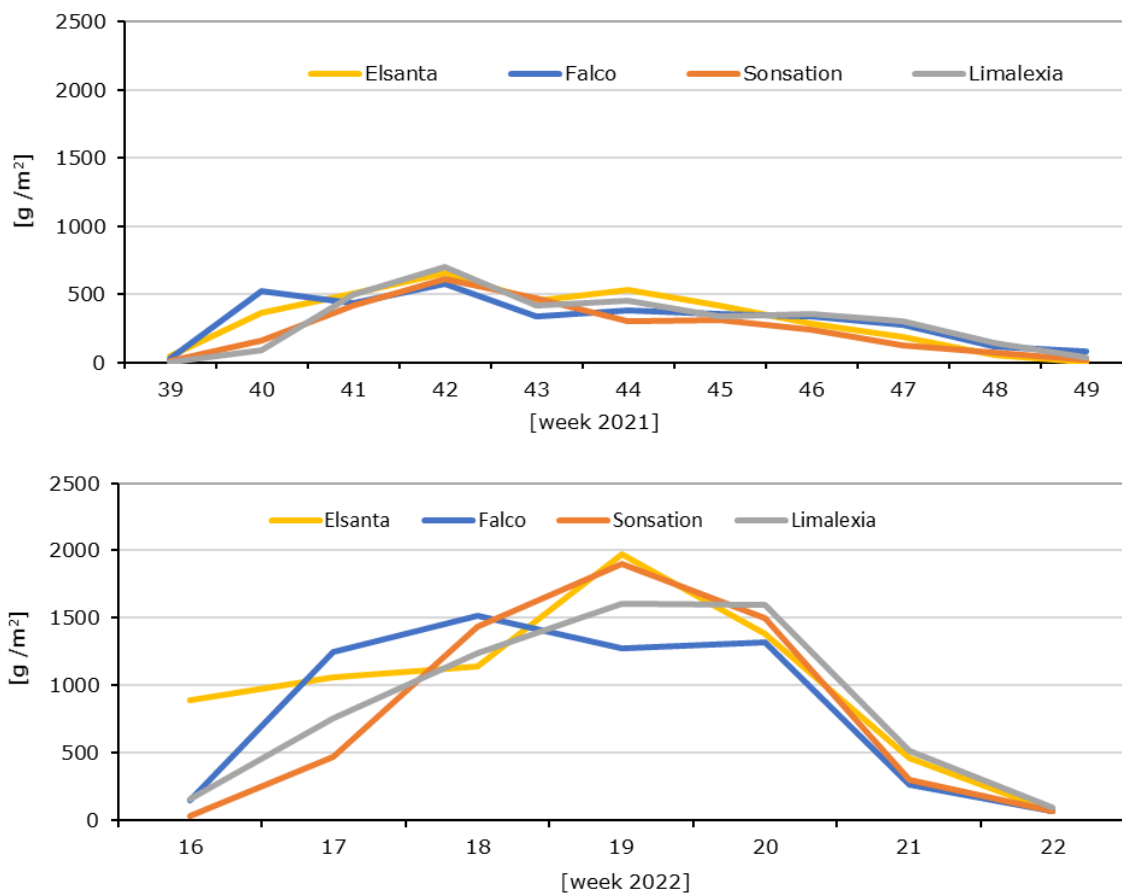
Figuur 14 Refractie (Brix°) en zuur (mmol H₃O⁺/100 g) van vruchten geplukt in de ETFE kas (groot en klein, klasse I en klasse II gemixt) en bij een teler in de praktijk met een Elsanta-gewas met gelijke plantdatum (Klasse I en Klasse II apart), per week weergegeven.

Er is tijdens de teelt ook twee keer vitamine C gemeten. In het najaar (week 46) is dit gedaan zowel met vruchten uit de ETFE-kas als vruchten uit de praktijk. De concentratie in beide monsters was precies gelijk, namelijk 65 mg/100g. In het (week 19) is alleen gemeten in vruchten uit de ETFE, de hoeveelheid vitamine C was toen iets lager dan in de herfst, namelijk 60 mg/100g.

Op basis van deze gegevens kunnen we niet concluderen dat een kasdek met hogere lichttransmissie en diffusiteit resulteert in een betere, dan wel slechtere smaak of kwaliteit. De vergelijking met de praktijk wordt hierbij beïnvloed door de lagere hoeveelheid licht dat de plant bereikt in de relatief kleine proefkas (zie paragraaf 2.1).

3.2 Productie en kwaliteit rassen Limalexia, Falco en Sonsation

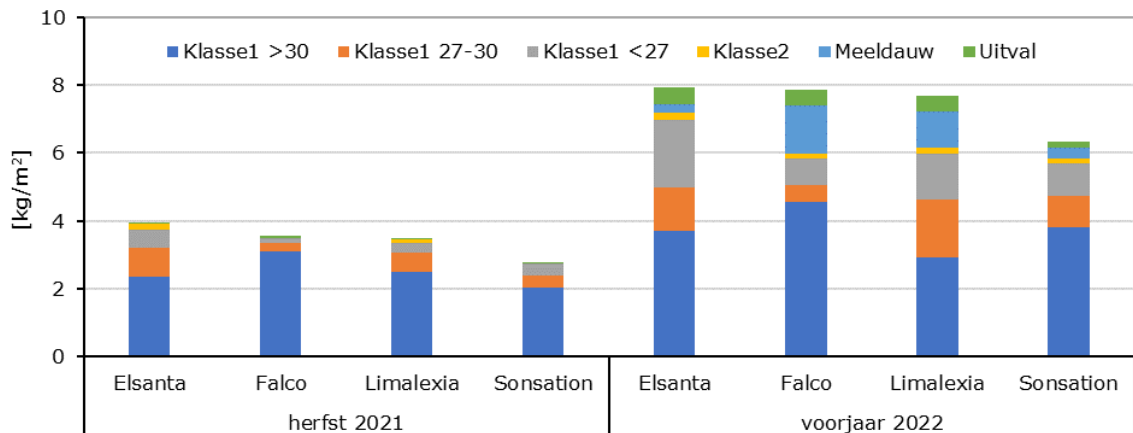
Naast Elsanta stond in de linker- en rechterhelft van de kas een goot met de volgende rassen: Falco, Limalexia en Sonsation. In zowel de herfst als het voorjaar zijn er alleen kleine verschillen waar te nemen in het productieverloop van de verschillende rassen (Figuur 15).



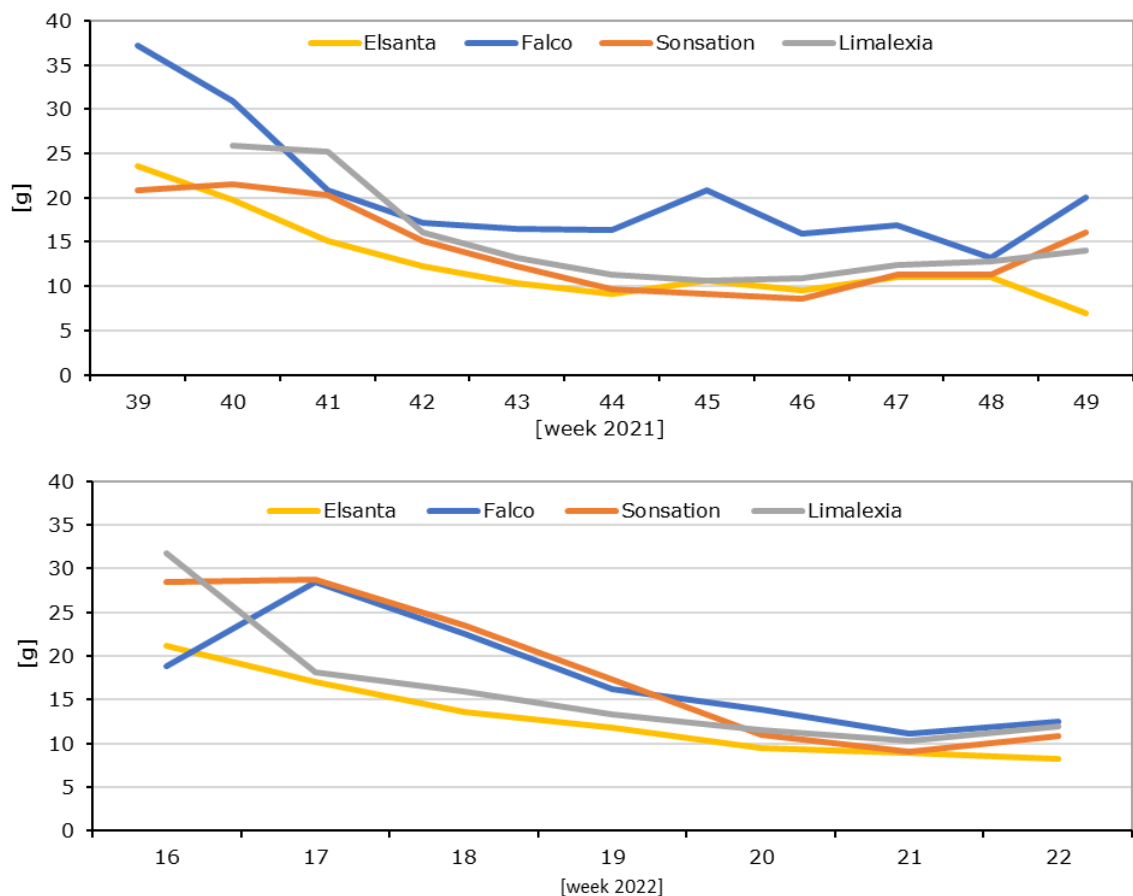
Figuur 15 Productiecijfers (Klasse I) per week per ras voor de productieperiode van de herfst van 2021 en het voorjaar van 2022.

Falco en Limalexia produceerden meer in de laatste weken van de herfstteelt (week 46-48). Ook hingen er aan het einde van de productie nog groene vruchten aan planten van deze rassen. Deze hebben we verwijderd om de hergroei en trossaanleg te bevorderen voordat de koudeperiode begon. In potentie hadden deze rassen dus nog 1 of 2 weken langer in productie kunnen blijven. Een langere productieperiode betekent echter ook dat de koudeperiode later start en je dus in het voorjaar later in productie komt. Ook met onze teeltstrategie kwamen deze rassen langzamer in productie in het voorjaar. Het lijkt gewenst om deze rassen iets eerder te planten, zodat de laatste vruchten wel tijdig geoogst kunnen worden. De totale opbrengst van Falco en Limalexia was in de herfst een halve kilo lager dan Elsanta en in het voorjaar ongeveer gelijk met het hoofd ras Elsanta. Er zijn echter grote verschillen in kwaliteit. Falco gaf zowel in de herfst als in het voorjaar, vooral aan het einde van de teeltperiodes, grotere vruchten (Figuur 17). Dit resulteerde in 87% grote vruchten (>30mm) in de herfst en 58% in het voorjaar voor het ras Falco, terwijl Elsanta in deze periodes maar 60% en 46% grote vruchten gaf (Figuur 17). Grote vruchten kosten minder oogstarbeid en worden door de markt gewaardeerd met betere prijzen. Limalexia en Falco kregen in het voorjaar als eerste last van meeldauw (zie paragraaf 3.2) en ondanks herhaaldelijk spuiten heeft dit geresulteerd in te veel vruchten met meeldauw, Falco 18% en Limalexia 14%.

Het ras Sonsation heeft het in deze doorteelt niet goed gedaan, deze opbrengst was namelijk beduidend lager dan Elsanta, namelijk 29% in de herfst en 20% in het voorjaar. Telers gaven ook aan dat dit ras in de praktijk altijd eerder wordt geplant en dat het ras daarom niet tot zijn recht is gekomen. Verschillen in plantmateriaal als gevolg van verschillen in plantopkweek, kunnen hierbij echter ook een rol hebben gespeeld.



Figuur 16 Productiecijfers per ras per teeltperiode per klasse.

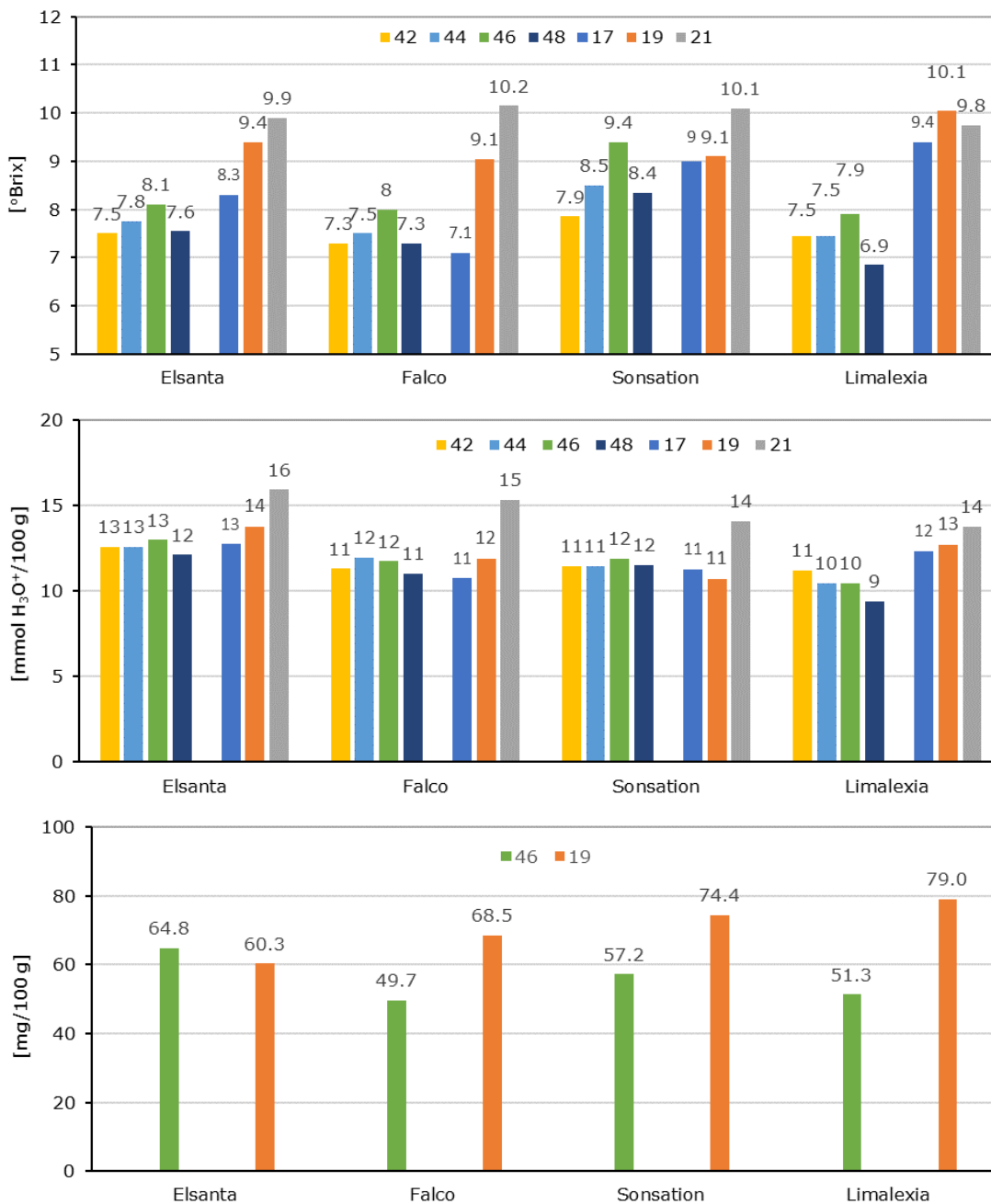


Figuur 17 Gemiddeld vruchtgewicht van Klasse I vruchten per ras tijdens de teeltperiodes in de herfst van 2021 (boven) en het voorjaar van 2022 (onder).

Tabel 1 Gemiddeld vruchtgewicht (g) per ras en teelt.

	Gemiddeld vruchtgewicht (g)	
	herfst	voorjaar
Elsanta	12,3	12,4
Falco	18,8	18,1
Limalexia	14,5	13,2
Sonsation	12,4	15,8

Wat betreft de meetresultaten van de refractie en het zuurgehalte, (Figuur 18), is het patroon hetzelfde voor alle rassen, namelijk hogere refractie in het voorjaar dan in de herfst. Sonsation heeft in het najaar de hoogste refractie, en Falco de laagste. Limalexia heeft de hoogste refractie in het voorjaar, maar ook de andere rassen scoren niet slecht. Elsanta is in zowel het najaar als het voorjaar het zuurste. Het vitamine C gehalte is in de herfst het hoogst voor Elsanta en in het voorjaar juist het laagst voor Elsanta.

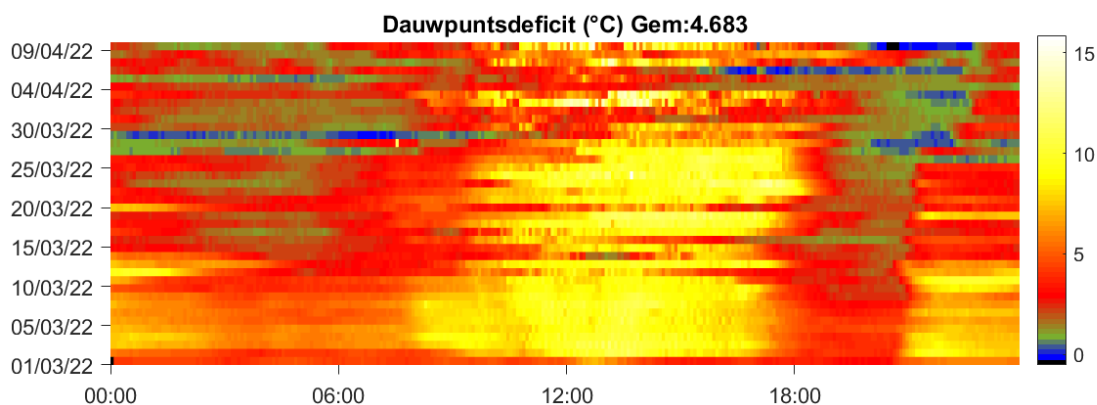


Figuur 18 Refractie (°Brix) (boven), zuur (mmol H₃O⁺/100g)(midden) en vitamine C (mg/100g) (onder) in vruchten van de 4 rassen per bepalingsweek weergegeven.

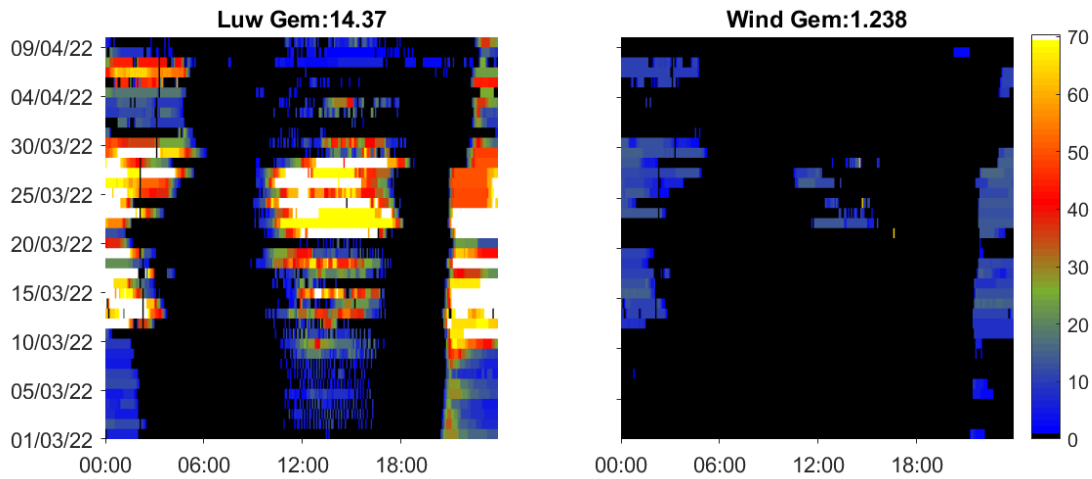
3.3 Gewasbescherming

De basis van onze gewasbeschermingsstrategie was het preventief inzetten van biologische bestrijders en het regelmatig intensief scouten. De inzet van gewasbeschermingsmiddelen, biologische bestrijders en het scoutlogboek kunnen worden gevonden in 0. Deze aanpak heeft erin geresulteerd dat trips, wittevlieg en spint de gehele teeltperiode onder controle waren. Voor luis hebben we eenmaal chemisch moeten corrigeren, dit was in de periode van trossaanleg en -ontwikkeling (week 1, 2022), er was toen weinig licht en de koude periode zou vlak daarna starten. Zowel weinig licht, als lage temperaturen zorgen voor slechte werking van biologische bestrijders van luis (o.a. sluipwespen en galmuggen), terwijl luis zich bij deze omstandigheden langzaam blijft ontwikkelen. In de praktijk waren er het afgelopen seizoen weer veel problemen met wittevlieg. Vooral in het zuiden van het land in aardbeiconcentratie gebieden. Tijdens deze proef hadden we op het proefbedrijf twee andere aardbeiproeven liggen, in geen van de proeven is wittevlieg een probleem geweest, terwijl deze wel is gezien in alle kassen tijdens het scouten, zowel in het najaar als het voorjaar. Preventieve inzet van de sluipwespen *Encarsia formosa* en *Eretmocerus eremicus* lijkt voldoende te zijn. In het najaar waren er veel rupsen aanwezig in het gewas, inzet van middelen op basis van de bacterie *Bacillus Thuringiensis* was voldoende om deze op een MLR-vrije manier onder controle te houden.

Meeldauw was in het najaar wel aanwezig, maar is binnen de perken gehouden met het 's nachts verdampen van zwavel en de inzet van preventieve MLR-vrije middelen die de plantweerbaarheid versterken. Na het einde van de najaarsoogst is er één keer chemisch ingegrepen om in het voorjaar schoon te starten. Na het opstoken was er helaas al snel meeldauw in het gewas aanwezig op zowel de bladeren, als de vruchten. Dit begon bij de rassen Limalexia en Falco en sloeg toen over naar de andere rassen. Dit laat zien dat werken met rassen die sterkere meeldauwresistentie hebben, problemen kan voorkomen. Dit overslaan gebeurde in de week van 1 tot 5 april. Als we kijken wanneer tijdens de teelt er omstandigheden zijn geweest die zeer gunstig zijn voor de meeldauw ontwikkeling, dan zien we in de nachten van 26 op 27 maart en van 28 op 29 maart dat de gemeten planttemperatuur en het dauwpunt (dauwpuntsdeficit) dichtbij elkaar lagen en de planttemperatuur soms zelfs onder het dauwpunt van de kastemperatuur lag (Figuur 19). Van 23 tot 29 maart was de actieve ontvochtiging echter buiten werking en werd er op "traditionele wijze" ontvochtigd. Er is die nachten grote kans geweest dat het gewas of in ieder geval de vrij hangende vruchten zijn nat geslagen. In deze nachten stonden de ramen aan de luwe zijde wijd open (Figuur 20), maar was ook het energiedoek 's nachts grotendeels dicht (kier 4%). Het verschil in vochtgehalte in de kaslucht en de buitenlucht is op dat moment laag (1 tot 2 gram per m³), maar niet nul. Dit betekent dat er twee mogelijkheden waren die deze meeldauwproblemen hadden kunnen voorkomen: 1. het verder openen van het energiedoek had gezorgd voor meer afvoer van vocht. 2. Het verhogen van de nachttemperatuur had gezorgd voor een lagere relatieve luchtvochtigheid. Er hingen op dat moment nog geen grote vruchten aan het gewas wat een iets hogere nachttemperatuur had toegelaten. Zowel optie 1 als optie 2 passen niet volledig in een energiezuinige teeltstrategie, echter bij een integrale aanpak van duurzaam telen mag gewasbescherming niet als sluitpost gebruikt worden. Bij vervolgroeven waarin energie-besparen het doel is, zal het nat slaan van het gewas ook als factor moeten worden meegewogen in het sturen van het klimaat.

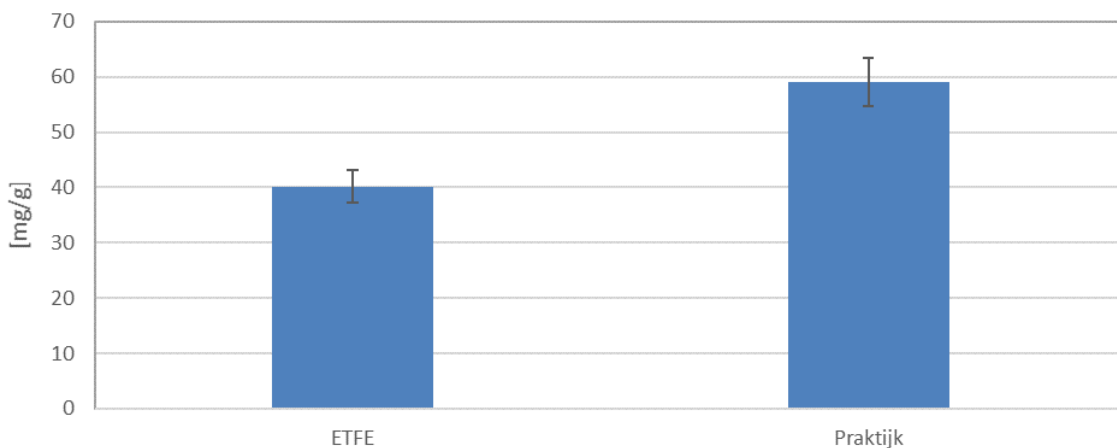


Figuur 19 Verloop van het dauwpuntsdeficit (=planttemperatuur – dauwpunt kaslucht) van 1 maart tot en met 9 april 2022.



Figuur 20 Verloop van de raamstand luwe zijde en windzijde (%) van 1 maart tot en met 9 april 2022.

Fenolen spelen een rol in de verdediging van de plant. Over het algemeen wordt aangenomen dat als het totaal fenolgehalte is verhoogd, ook de plantweerbaarheid is verhoogd (Kumar, 2020). UV-B licht zou de aanmaak van fenolen zou stimuleren (Schreiner, 2012). De transmissie van UV-B in de ETFE-kas is hoog (56%). We verwachten daarom dat de bladeren van de planten in de ETFE-kas meer fenolen zouden bevatten dan bladeren van een regulier geteeld gewas. Dit was helaas niet het geval. Op het praktijkbedrijf dat wij hebben bemonsterd was het totaal fenolgehalte in de bladeren hoger dan in de ETFE-kas. Ook is er een experiment dat laat zien dat in aardbei meer UV-B leidt tot een sterke afname in meeldauw-aantasting (Kanto, 2009). Dit hebben we ook gezien in een proef in de aardbei opkweek op onze proeflocatie in Bleiswijk (niet gepubliceerd). Hoewel wij een hoge UV-B transmissie meten in de ETFE-kas was er vooral in het voorjaar een hoge meeldauwdruk. De genoemde proef met een afname in meeldauw aantasting is ook moeilijk te vergelijken met onze kas, omdat in deze proef (bijna) geen UV-B wordt vergeleken met de aanwezigheid van een kleine hoeveelheid UV-B. Terwijl in onze kas veel UV-B wordt doorgelaten (56%) en ook een glazen kasdek 5% UV-B doorlaat. Het klimaat is belangrijk voor de meeldauw om tot ontwikkeling te komen. Als het klimaat gunstig is voor de meeldauw, dan is het effect van verhoging van de UV-B transmissie door het kasdek in de ETFE-kas niet terug te zien in de meeldauwaantasting. Omdat in proeven vaak de grenzen opgezocht worden van wat mogelijk is qua inzet van gewasbeschermingsmiddelen, is er achteraf in het vroege voorjaar hoogstwaarschijnlijk te laat ingegrepen met een chemisch meeldauwmiddel. Hierdoor is de infectiedruk te hoog opgelopen en werden er veel vruchten aangetast.



Figuur 21 Totaal fenolgehalte in de bladeren van aardbeiplanten in de ETFE-kas en in praktijkkas met planten met dezelfde plantdatum.

4 Economische evaluatie

4.1 Schade risico

Buiten de storm Eunice (18 februari 2022) is er geen ernstige storm of hagel opgetreden. De gemonteerde energie-impactmeter, die door Achmea ter beschikking was gesteld, heeft geen grote impact waargenomen. Op basis van 1 storm kan niet worden aangetoond of een ETFE kasdek daartegen beter bestand is dan een glazen kasdek.

Er is één keer een gaatje in het materiaal ontdekt, deze is eenvoudig met een "speciale" tape afgeplakt. Dat is een voordeel van ETFE ten opzichte van een glazendek, welke na breuk grote impact kan hebben op de voedselveiligheid. Deze voordelen zijn in dit project niet getoetst.

Er kunnen wel aannames worden gemaakt en op basis van die aannames kan worden berekend wat de toegevoegde waarde is van een klimaatbestendige kas.

1. Kleine schade
 - a. Verwachte glasbreuk bij glazen kasdek: 3 ramen per hectare per jaar.
 - b. Verwachte breuk ETFE: 0.
 - c. Verwachte schade bij glasbreuk: € 500,- per raam.
2. Grote schade
 - a. Verwachte frequentie van schade glazen kasdek: 1x per 200 jaar.
 - b. Verwachte frequentie van schade ETFE kasdek: 1x per 500 jaar.
 - c. Verwachte schade aan de kas en gewas: € 100,- per m².
3. Opslag reservevoorraad glas
 - a. 35 ruiten per hectare.
 - b. Voorraadkosten € 1,- per ruit per jaar.

De waarde van de klimaatbestendigheid kan dan worden berekend als $3 \times 500 / 10000 + 100 / 200 - 100 / 500 + 35 \times 1 / 10000 = 0.15 + 0.50 - 0.20 + 0.0035 \approx € 0,80$ per m² per jaar. Deze waarde is natuurlijk sterk afhankelijk van de gehanteerde aannames. Zo kunnen de indirecte kosten van glasbreuk een veel grotere impact hebben dan € 500,- als daarmee de bedrijfsvoortgang wordt gehinderd, bijvoorbeeld als het product uit de omgeving van de glasbreuk niet meer mogen worden verkocht.

4.2 Productie

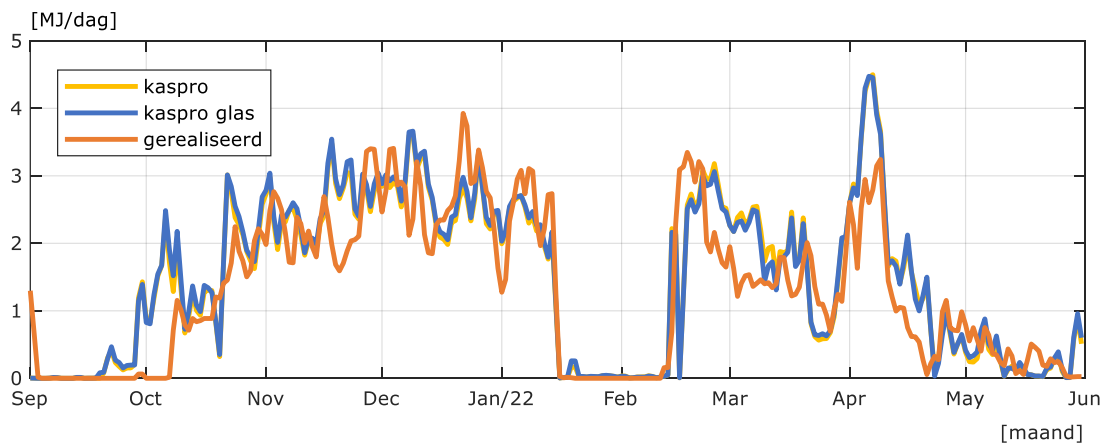
Een kasdek met ETFE heeft een lagere hemisferische lichttransmissie dan een diffuus glazen kasdek met een AR-coating. Volgens metingen en ray tracing berekeningen heeft een kale kas (zonder scherminstallaties en dergelijke) een hemisferische transmissie van PAR (400-700 nm) van 81,1% bij een glazen kasdek en 76,9% bij ETFE, ofwel ruim 5% meer lichttransmissie. Als wordt gerekend met doorlopende nokluchting dan zou de lichttransmissie van ETFE zelfs slechts 74,5% zijn. Het is daarmee aannemelijk dat de productie onder glas hoger zou zijn dan wat onder ETFE is bereikt. Uitgaande van 0,8% meer productie bij 1% meer lichttransmissie, zou je dan moeten uitgaan van 4% meer productie. Bij een omzet van € 60,- per m², waarvan de helft van de kosten recht evenredig is met de productie, zou 4% meerproductie leiden tot € 1,20 per m² meer winst per jaar. De productiederving onder ETFE kost dus € 1,20 per m² per jaar.

4.3 Energieverbruik

Om de invloed van ETFE op het energieverbruik te bepalen is het gerealiseerde klimaat in de proefkas gebruikt om de klimaatinstellingen te bepalen voor een simulatie met Kaspro (zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Door dezelfde klimaatinstellingen te gebruiken voor een simulatie waarbij glas in het kasdek zit, is de invloed op het energieverbruik bepaald van ETFE ten opzichte van glas. Dit verschil blijkt nihil te zijn, zoals is weergegeven in Figuur 22.

De totaalhoeveelheden gebruikte warmte komen hierbij neer op:

- Kaspro ETFE: 114 kWh/m².
- Meting ETFE: 117 kWh/m².
- Kaspro glas: 112 kWh/m².



Figuur 22 Warmtegebruik in MJ/m².dag berekend met Kaspro (geel), berekend op basis van temperatuurverschil (oranje) en berekend met Kaspro, als er glas in plaats van ETFE op het kasdek zou hebben gelegen (blauw).

De geringe invloed op het energiegebruik bij de toepassing van het ETFE-kasdek of een glazen kasdek wordt verklaard doordat de verschillende optische eigenschappen van beide kasdekken elkaar opheffen.

ETFE heeft namelijk ten opzichte van een glazen kasdek een lagere emissie en een hogere transmissie van langgolelige straling (warmtestraling), als het kasdek droog is. Ook heeft ETFE een hogere absorptie en een lagere transmissie van kortgolelige straling (zoals zichtbaar licht).

4.4 Duurzaamheid

ETFE heeft een lange levensduur (>20 jaar) en kan gerecycled worden waarbij het product uiteindelijk wordt verwerkt tot een basisproduct voor een andere ETFE variant. Via een apart kanaal kan het op diverse plekken op de wereld verzameld worden waarna het terug kan komen bij producent (AGC), van het hier gebruikte ETFE, beter bekend onder de productnaam F-clean.

Ten opzichte van bijvoorbeeld een normale PE folie is dit een grote stap vooruit, wat elke 2-4 jaar vervangen wordt en in realiteit niet altijd bij de afvalverwerker terecht komt.

De levensduur van het ETFE materiaal gaat dan ook gelijk op aan de economische levensduur van een glazen kas en kan bij de ontmanteling van de kas gerecycled worden.

5 Conclusies en discussie

5.1 Productie en kwaliteit

- De gerealiseerde productie van het ras Elsanta was 12 kg/m², waarvan 10,7 kg/m² Klasse I. Door langdurige problemen met de watergeefunit in het najaar, zijn er te weinig grove vruchten geoogst, waardoor de opbrengst in beide productieperiodes lager was dan de praktijk (Tabel 1).
- Het ras Falco had beduidend grovere vruchten, zowel in voorjaar als in najaar.
- De refractie was gemiddeld 7,7° in het najaar en 9.2° in het voorjaar.
- Vruchten van Elsanta uit de ETFE-kas en afkomstig van een praktijkbedrijf hadden ongeveer vergelijkbare refracties en zuurgehaltes.
- De refractie van Sonsation was in het najaar duidelijk hoger dan de andere rassen. In het voorjaar was de refractie van Falco duidelijke lager dan de andere rassen. Elsanta was zowel in het voorjaar als het najaar het zuurste.
- In het voorjaar vormde meeldauw een probleem. Vooral Falco en Limalexia hadden relatief veel vruchten met meeldauw.

5.2 Energie en CO₂

- In een doorteelt van aardbeien was het totale verbruik aan warmte voor de kasverwarming 90,3 kWh/m². Dit bestond uit warmte uit gas 71,3 kWh/m² (ofwel 8,1 m³/m²) en 18,9 aan warmte uit de warmtepomp die de buisverwarming is ingegaan. Van de totale warmteproductie uit de warmtepomp (45,6 kWh/m²) is 26,7 kWh/m² gebruikt voor de naverwarming van de ontvochtigde lucht. De warmtepomp heeft 11,6 kWh/m² elektriciteit gebruikt. (Tabel 2).
- Vergeleken met de praktijk (KWIN 2023) is het warmteverbruik voor de kasverwarming wel duidelijk lager (90,3 vs 116 kWh/m²), met een fors gereduceerd gasgebruik (5,1 m³/m²) maar het elektriciteitsgebruik is gestegen (11,6 kWh/m²).
- Het CO₂-verbruik kwam uit op 8,9 kg/m².

Tabel 2 Overzicht van verbruik van CO₂ (kg/m²) en energie (kWh/m²) in de teelt en de opbrengst (kg/m²).

		ETFE	KWIN (2023)
Verbruik	CO ₂ dosering	8,9 kg/m ²	23,8 kg/m ²
	Warmteverbruik	90,3 kWh/m ²	116 kWh/m ²
	Uit ketel	71,4 kWh/m ² (8,1 m ³ /m ² gas)	116 kWh/m ² (13,2 m ³ /m ² gas)
	Uit warmtepomp (11,6 kWh elektriciteit)	45,6 kWh/m ²	0
	• Naverwarming	26,7 kWh/m ²	0
	• In buisverwarming	18,9 kWh/m ²	0
Opbrengst	Totaal (hoofdras Elsanta)	12,0 kg/m ²	13,6 kg/m ²
	waarvan Klasse I	10,7 kg/m ²	NA

5.3 ETFE kasdek

- Het duurzame kunststofmateriaal ETFE in het kasdek heeft een hoge diffusiteit (hortiscatter 65%) en laat veel UV-B door, meer dan 50% bij een hemisferische transmissie van ca. 81% van het materiaal.
- De hoge diffusiteit verlaagt wel iets lichttransmissie t.o.v. een glazen dek met AR-coating, wat gevolgen kan hebben voor de productie.

Met een nauwelijks meetbaar effect op het energieverbruik en een lagere lichttransmissie, resteren er slechts enkele voordelen van een ETFE kasdek ten opzichte van een glazen kasdek. Dat zijn de hogere robuustheid en eventuele voordelen tijdens de bouw van de kas (minder transportkosten). Bij schade (zoals in paragraaf 4.1 is beschreven) ten aanzien van voedselveiligheid en de repareerbaarheid van deze film, zijn er ook voordelen ten opzichte van glas. Deze voordelen zijn in dit project niet getoetst.

5.4 Swing systeem

Ondanks de $\pm 10\%$ hogere lichtonderschepping met het swing systeem, heeft dit niet geleid tot een hogere productie dan in de praktijk. Dit heeft te maken met problemen met de irrigatie tijdens de proef. Voor een economische evaluatie van het swing systeem zouden ook de extra investeringskosten en de extra arbeid moeten worden meegenomen.

Literatuur

Kanto, Takeshi. (2009).

UV-B Radiation for Control of Strawberry Powdery Mildew. *Acta horticulturae*. 842.
10.17660/ActaHortic.2009.842.68.

Kumar, S., Abedin, M.M., Singh, A.K., Das, S. (2020).

Role of Phenolic Compounds in Plant-Defensive Mechanisms. In: Lone, R., Shuab, R., Kamili, A. (eds)
Plant Phenolics in Sustainable Agriculture. Springer, Singapore.

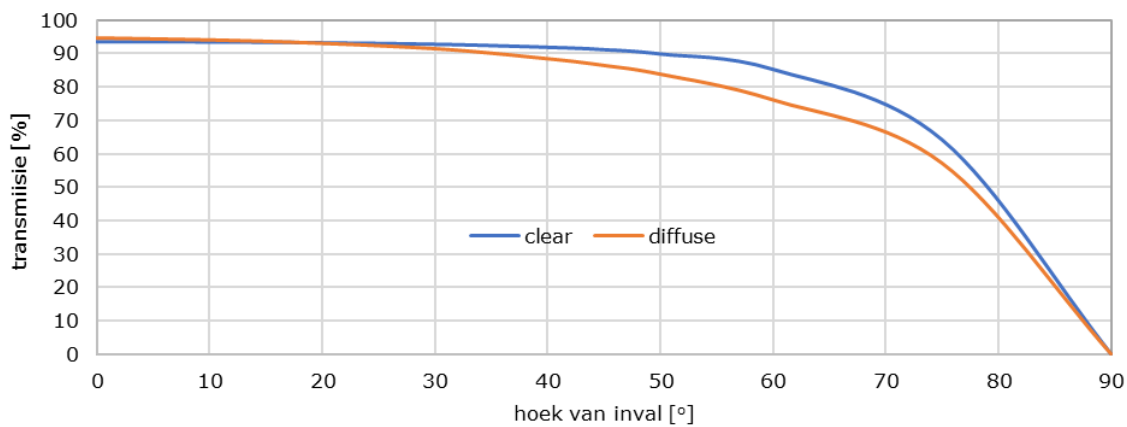
https://doi.org/10.1007/978-981-15-4890-1_22

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/pce.12368>.

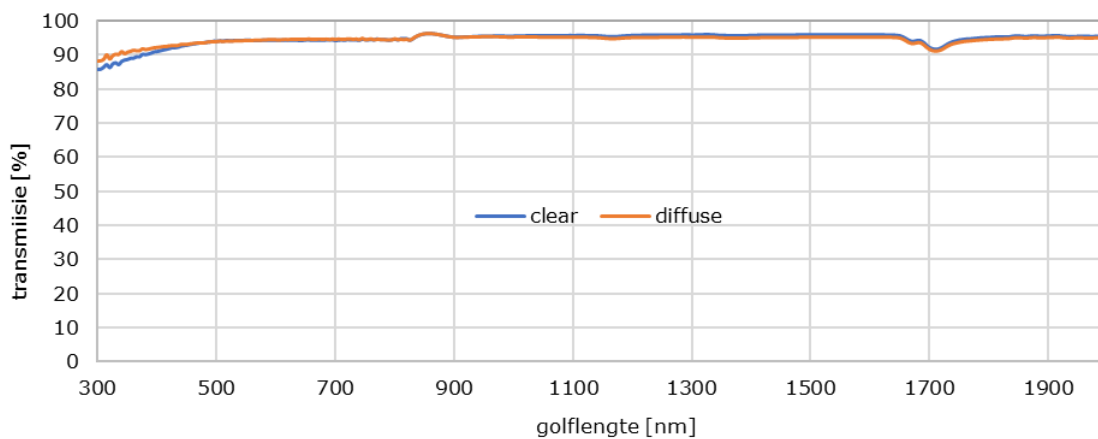
M. Schreiner, I. Mewis, S. Huyskens-Keil, M. A. K. Jansen, R. Zrenner, J. B. Winkler, N. O'Brien &
A. Krumbein (2012)

UV-B-Induced Secondary Plant Metabolites - Potential Benefits for Plant and Human Health,
Critical Reviews in Plant Sciences, 31:3, 229-240, DOI: [10.1080/07352689.2012.664979](https://doi.org/10.1080/07352689.2012.664979).

Bijlage 1 Materiaaleigenschappen ETFE



Transmissie van de heldere en diffuse ETFE-film bij diverse hoeken van inval.



Spectrale loodrechte transmissie van de heldere en diffuse ETFE-film.

Transmissie eigenschappen van de heldere en diffuse ETFE-film.

	Hemisferische transmissie	Hortiscatter	Loodrechte transmissie			
			UV	PAR	NIR	Zon
Nauwkeurigheid in % punten	±0.5	±5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5
Clear	86	0	89.2	93.8	95.1	94.1
Diffuse	81.4	62	91.3	94.1	95.1	94.4

Bijlage 2 Scouting logboek

Lijst biologische bestrijding 2021 + 2022, ETFE-kas.

Datum	Week	Scoutlogboek	Plaag	Bestrijder	Aantal
16-aug	33		witte vlieg	encarsia	25 kaartjes
16-aug	33		trips	thripex	50000
16-aug	33		spint	phytoseiulus	2000
23-aug	34	Geen ziekte en plagen aanwezig.	Trips	swirski ulti-mite	500 zakjes
23-aug	34		luis	aphidend	1000
23-aug	34		luis	colemani	1000
30-aug	35	Ahipar en luis aanwezig.	Bestuiver	natupol standard	1x
30-aug	35	En geparasiteerde wittevlieg eieren.	spint	phytoseiulus	2000
30-aug	35		witte vlieg	encarsia	25 kaartjes
30-aug	35		luis	colemani	1000
30-aug	35		luis	aphidend	1000
6-sep	36	Rupsenvraat gezien geen rupsen.	Luis	aphidend	1000
6-sep	36	Hier heb ik wel spintmijt gezien!	spint	phytoseiulus	2000
6-sep	36	Hiervoor ga ik extra biologie bestellen.	luis	colemani	1000
6-sep	36		witte vlieg	encarsia	25 kaartjes
13-sep	37	Rupsen en spint. Advies om te spuiten	Spint	spical ulti-mite	500 zakjes
13-sep	37	voor de rups. De spint ga ik biologisch	spint	phytoseiulus	10000
13-sep	37	aanpakken. De witte vlieg is goed	luis	aphidend	1000
13-sep	37	onder controle.	luis	colemani	1000
13-sep	37		witte vlieg	encarsia	25 kaartjes
20-sep	38	De rupsenschade breidt zich uit. Ook	Luis	aphidend	1000
20-sep	38	de spint breidt zich uit, de biologie	luis	colemani	1000
20-sep	38	voor de spint is wel terug te vinden.	trips	thripex-plus	200 zakjes
20-sep	38	Voor de rest geen ziekte of plagen	spint	phytoseiulus	10000
20-sep	38	aanwezig.	witte vlieg	encarsia	25 kaartjes
27-sep	39	Californische tripsdruk gaat wat	Luis	aphidend	1000
27-sep	39	omhoog. De rupsen en de spint wordt	luis	colemani	1000
27-sep	39	minder dit gaat de goede kant op.	witte vlieg	encarsia+ eretmocerus	25 kaartjes
27-sep	39		spint	phytoseiulus	20000
27-sep	39		witte vlieg	encarsia	30 kaartjes
27-sep	39		bestuiver	natupol smart	1x
29-sep	39		witte vlieg	swirski ulti-mite	55 zakjes
4-okt	40	Veel spint verspreid over de kas, ga	witte vlieg	encarsia	40 kaartjes
4-okt	40	extra roofofmijten bestellen	spint	phytoseiulus	20000
4-okt	40	Enkele trips hier en daar maar niet	luis	colemani	1000
4-okt	40	veel, Heel klein beetje wittevlieg	luis	aphidend	1000
4-okt	40	Veel rupsen schade en heb 6 a			
		7 kleine levende rupsjes gezien, ik zou			
		komende week nog een keer spuiten			
		tegen rupsen			
		Enkele plekje meeldauw			
11-okt	41	Veel minder spint aanwezig. Van	Luis	colemani	1000
11-okt	41	2 kokers naar de week teruggaan naar	spint	phytoseiulus	20000
11-okt	41	1 koker per week. Onder de	witte vlieg	encarsia	40 kaartjes
11-okt	41	10 graden is de spint maar ook de	luis	aphidend	1000
		phytoseiulus minder actief dus			
		werkzaam, hiermee rekening houden.			
		Wel moeten hier nog vangkaarten			
		opgehangen worden.			

Datum	Week	Scoutlogboek	Plaat	Bestrijder	Aantal	
18-okt	42	Bijna geen spint meer aanwezig enkeling nog hier en daar. Vangkaarten zijn opgehangen. Nog enkele rupsen aanwezig. Even in de gaten houden.	Spint	phytoseiulus	20000	
18-okt	42		witte vlieg	encarsia+eretmocerus	20 kaartjes	
18-okt	42		luis	aphidend	1000	
18-okt	42		luis	colemani	1000	
18-okt	42		spint	spical ulti-mite	500 zakjes	
25-okt	43		spint	phytoseiulus	10000	
25-okt	43		witte vlieg	encarsia	40 kaartjes	
1-nov	44	Meeldauw breidt zich hier uit. Rupsenschade op heel jong blad, rupsen zijn niet te vinden. Wel 1 rupsencocon gevonden. 1 witvliegje gezien. Van spint en trips hebben we geen last.	Witte vlieg	encarsia	30 kaartjes	
1-nov	44		spint	phytoseiulus	10000	
8-nov	45	Aphidend aanwezig. Nog superveel nieuwe rupsenvraat te zien. 2 rupsen gevonden. Meeldauw te zien op vruchten en vruchtstengels. Voor de rest geen plagen meer aanwezig.	Witte vlieg	encarsia+eretmocerus	25 kaartjes	
8-nov	45		spint	phytoseiulus	10000	
15-nov	46	Rupsenvraat is veel minder aanwezig. Advies om pas weer te gaan spuiten als je de rupsen gaat vinden. Verder is hier niks aanwezig.	luis	aphidend	1000	
15-nov	46		witte vlieg	encarsia	25 kaartjes	
22-nov	47		Spint	spical ulti-mite	500 zakjes	
22-nov	47	Rupsenvraat is veel minder aanwezig. Advies om pas weer te gaan spuiten als je de rupsen gaat vinden. Verder is hier niks aanwezig.	luis	aphidend	1000	
22-nov	47		witte vlieg	encarsia+eretmocerus	25 kaartjes	
29-nov	48	Aantal luis gevonden. Advies om te spuiten. De biologie werkt te langzaam door de koude kastemperaturen. 2 rupsen gevonden en 2 cocons.	Witte vlieg	encarsia	25 kaartjes	
29-nov	48		luis	aphidend	1000	
29-nov	48		trips	thripex-plus	500 zakjes	
6-dec	49	2 rupsen gevonden en 1 cocon. Voor de rest geen plagen aanwezig.	Witte vlieg	encarsia+eretmocerus	25 kaartjes	
20-dec	51	Veel rupsenvraat aanwezig maar geen rupsen kunnen vinden. Lisa (adviseur Koppert) vond de rupsenvraat stabiel en wel meevallen. Dus geen verdere actie nodig.	Witte vlieg	encarsia+eretmocerus	25 kaartjes	
27-dec	52		witte vlieg	encarsia	25 kaartjes	
27-dec	52		spint	spical ulti-mite	500 zakjes	
27-dec	52		trips	swirski ulti-mite	500 zakjes	
3-jan	1		Geen ziekte en plagen aanwezig.	Witte vlieg	enermix	25 kaartjes
3-jan	1			trips	thripex-plus	500 zakjes
3-jan	1			luis	aphidend	1000
10-jan	2	Alleen een beetje meeldauw gezien. Ik heb geen levende luizen meer kunnen vinden.	Witte vlieg	enstrip	25 kaartjes	
17-jan	3	Meeldauw aanwezig, verder geen ziekten en plagen aanwezig.	Witte vlieg	enermix	25 kaartjes	
21-feb	8	Meeldauw aanwezig	luis	aphidend	1000	
21-feb	8		spint	spical ulti-mite	500 zakjes	
28-feb	9	Naast meeldauw, geen ziekten en plagen aanwezig.	Luis	aphipar	1000	
28-feb	9		witte vlieg	swirski ulti-mite	500 zakjes	
7-mrt	10	Hier en daar een enkele meeldauw stip.	luis	aphidend	1000	
14-mrt	11		Luis	aphipar	1000	
21-mrt	12		luis	aphidend	1000	
28-mrt	13		luis	aphipar	1000	
28-mrt	13	Meeldauw meer aanwezig op de vruchtenstengels, vooral bij Limalexia. 1 klein plekje luis gevonden	spint	spical ulti-mite	500 zakjes	
30-mrt	13		bestuiver	natupol smart	1x	

Datum	Week	Scoutlogboek	Plaag	Bestrijder	Aantal	
4-apr	14	Luizen plek in rij 10 bak 1 en 2 vooraan de goot	luis	aphipar	1000	
4-apr	14		trips	swirski ulti-mite	500 zakjes	
4-apr	14		luis	aphidend	1000	
11-apr	15	Luizen breiden zich niet echt uit maar blijven wel aanwezig daardoor denk ik wel dat de bio werkt. Bio vind ik wel te moeilijk terug. We blijven extra hoeveelheden uitzetten.	Luis	aphipar	1000	
11-apr	15		luis	aphidend	10000	
16-apr	15		luis	aphidend	1000	
16-apr	15		luis	aphipar	1000	
25-apr	17		Nog wel veel bladluizen aanwezig.	Witte vlieg	enermix	50 kaartjes
25-apr	17		Ook veel dode/opgegeten bladluizen. Goed in de gaten houden.	luis	aphipar	1000
25-apr	17		luis	aphidend	2000	
2-mei	18	Luizen nog aanwezig maar steeds moeilijker te vinden. Aphidend en aphipar nu terug te vinden in het gewas. Gaat goed 👍	spint	spical ulti-mite	500 zakjes	
2-mei	18		luis	chrysopa	2000	
2-mei	18		luis	aphidend	2000	
2-mei	18		witte vlieg	encarsia	30 kaartjes	
9-mei	19	Nog steeds bladluizen aanwezig maar stukken minder. Veel geparasiteerde luis en veel luis opgegeten. 1 witte vlieg gevonden.	Witte vlieg	enermix	30 kaartjes	
9-mei	19		luis	aphidend	2000	
9-mei	19		trips	swirski ulti-mite	500 zakjes	
9-mei	19		luis	chrysopa	2000	
9-mei	19		luis	aphipar	1000	
16-mei	20		luis	aphipar	1000	
16-mei	20	luis	chrysopa	1000		
16-mei	20	luis	aphidend	1000		
16-mei	20	witte vlieg	enstrip	30 kaartjes		
23-mei	21	luis	aphipar	1000		
23-mei	21	luis	aphidend	1000		
23-mei	21	witte vlieg	enermix	20 kaartjes		
30-mei	22	luis	aphipar	1000		
30-mei	22	witte vlieg	ercal	20 kaartjes		
30-mei	22	luis	aphidend	1000		

Lijst chemische bestrijding 2021 + 2022, ETFE kas.

Datum	Week	Ziekte/plaag	Naam	MLR	hoeveelheid cc/gr	aantal liters gespoten
1-sep	35	Meeldauw	Fado	nee	125 cc	100
2-sep	35	Meeldauw	Zwavelblok	nee	2 stuks	
25-sep	38	Meeldauw/Rupsen	Xentari/Fado/Taegro	nee/nee/nee	200gr /300cc /27gr	100
2-okt	39	Rupsen	Xentari	nee	125 gr	125
15-okt	41	Meeldauw/Rupsen	Karma/Taegro/Dipel	nee/nee/nee	70 gr/7 gr/125 gr	125
27-okt	43	Meeldauw	Karma/Taegro	nee/nee	150 gr/18 gr	125
8-nov	45	Meeldauw	Karma/Taegro	nee/nee	150 gr/18 gr	125
17-nov	46	Meeldauw/Rupsen	Costar/Karma/Taegro	nee/nee/nee	150 gr/125 gr/16 gr	150
30-nov	48	Meeldauw	Karma	nee	125 gr	150
13-dec	50	Meeldauw	Abir/Karma	ja/nee	50 cc/150 gr	150
7-jan	1	Luis	Pirimor	ja	75 gr	150
25-feb	8	Meeldauw	Karma	nee	150 gr	150
28-feb	9	Meeldauw	Karma	nee	125 gr	125
14-mrt	11	Meeldauw	Fado/Taegro	nee/nee	200 cc/35 gr	100
14-mrt	11	Meeldauw	Zwavelblok	nee	2 stuks	
23-mrt	12	Meeldauw	Fado/Taegro	nee/nee	200 cc/37,5 gr	100
30-mrt	13	Meeldauw	Fado/Taegro	nee/nee	200 cc/36 gr	100
6-apr	14	Meeldauw	Abir/Flint	ja/ja	50 cc/6 gr	100
8-apr	14	Meeldauw	Karma/Serenade	nee/nee	135 gr/360 cc	110
12-apr	15	Meeldauw	Abir/Flint	ja/ja	50 cc/6 gr	100
15-apr	15	Meeldauw	Serenade/Karma	nee/nee	360 cc/135 gr	110
20-apr	16	Meeldauw	Bifasto/Karma	ja/nee	30 cc/135 gr	110
25-apr	17	Meeldauw	Taegro/Fado	nee/nee	40/160	110
29-apr	17	Meeldauw	Bifasto/Karma	ja/nee	50/145	120
2-mei	18	Meeldauw	Taegro/Karma	nee/nee	30/130	110
10-mei	19	Meeldauw	Abir/Flint	ja/ja	50 cc/6 gr	100
11-mei	19	Meeldauw	Abir/Flint	ja/ja	50 cc/6 gr	100
13-mei	19	Meeldauw	Taegro/ Karma	nee/nee	40/140	110
20-mei	20	Meeldauw	Karma/Takumi	nee/ja	150 gr/20 cc	200
7-jun	23	Meeldauw	Karma/Takumi	nee/ja	150 gr/20 cc	200

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research,
BU Glastuinbouw
Postbus 20
2665 ZG Bleiswijk
Violierenweg 1
2665 MV Bleiswijk
T +31 (0)317 48 56 06
www.wur.nl/glastuinbouw

Rapport WPR-1291

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.