Kalanchoë toekomstbestendig met minimale energie en remmiddelen II

Controle over vocht en luchtbeweging

Oktober 2025

D.I. Ruiter, H.H. Oudshoorn & S.W. Hogewoning

Kalanchoë toekomstbestendig met minimale energie en remmiddelen II

Controle over vocht en luchtbeweging

Oktober 2025

D.I. Ruiter[1], H.H. Oudshoorn[2] & S.W. Hogewoning[1]

[1]Plant Lighting B.V.
Doordraai 1
3981 PE Bunnik
info@plantlighting.nl
www.plantlighting.nl

[2]Delphy Improvement Centre B.V.
Violierenweg 3
2665 MV Bleiswijk

REFERAAT

D.I. Ruiter, H.H. Oudshoorn, S.W. Hogewoning. 2025. Kalanchoë toekomstbestendig met minimale energie en remmiddelen II. Plant Lighting B.V., Bunnik. 49p.

© 2025 Plant Lighting B.V.

Dit rapport is tot stand gekomen in samenwerking met het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur en Glastuinbouw Nederland in het kader van het programma Kas als Energiebron, ter stimulering van energiebesparende maatregelen in de tuinbouw. Het onderzoek is mede gefinancierd door Stichting Kennis in je Kas, de gewascoöperatie Kalanchoë, Agrolux Nederland B.V., Ludvig Svensson en Logiqs. De resultaten mogen vrij gebruikt worden, mits de bronnen worden vermeld. Plant Lighting B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen als gevolg van gebruik van gegevens uit dit rapport.

Inhoudsopgave

SAMENVATTING 5

DANKWOORD 6

1 INLEIDING 7
1.1 Achtergrond 7
1.2 Doelstellingen 9
1.3 Leeswijzer 9

2 MATERIAAL & METHODEN 10
2.1 Tijdlijn 10
2.2 Kasuitrusting 10
2.3 Uitgangspunten energiezuinige teeltstrategie 13
2.4 Behandelingen 14
2.5 Plantmateriaal 15
2.6 Groeicondities 15
2.7 Metingen 16
2.8 Energiebalans en berekende verdamping 17
2.9 Dataverwerking 17

3 KLIMAAT & ENERGIEGEBRUIK 18
3.1 Buitenomstandigheden 18
3.2 Belichting 18
3.3 Schermgebruik 20
3.4 Temperatuurstrategie en vochthuishouding 21
3.5 Microklimaat 28
3.6 Gewasverdamping 29
3.7 Energiebalans 31
3.8 Energiegebruik 34

4 RESULTATEN 36
4.1 Reguliere teelt 36
4.2 Verticale luchtbeweging 36
4.3 Kortere opkweekfase 37
4.4 Veenvrij substraat 37

5 DISCUSSIE & CONCLUSIES 40
5.1 Energiezuinige teeltstrategie 40
5.2 Microklimaat & verdamping 40
5.3 Duur van de lange-dag opkweekfase 41
5.4 Telen zonder remmiddelen 41
5.5 Veenvrij substraat 41
5.6 Toekomstperspectief energiebesparing 42

6 REFERENTIES 43

BIJLAGEN 44

Samenvatting

In het onderzoek naar een energiezuinige teelt van Kalanchoë heeft Plant Lighting stapsgewijs onderzocht hoe Kalanchoë functioneert en hier vervolgens samen met Delphy Improvement Centre een teeltstrategie op afgestemd. Uit de voorlaatste kasproef van 2023/2024 bleek een goede gewasgroei haalbaar met full-LED-belichting, overschakelen naar lange-dag na zes weken korte-dag, en intensief schermen. Er werden geen remmiddelen ingezet, wat bij een aantal cultivars helaas wel resulteerde in te grove en gestrekte planten.

In de kasproef van 2024/2025 (dit rapport) is in een winterteelt onderzocht in hoeverre enerzijds het microklimaat en de verdamping, en anderzijds de duur van de lange-dag opkweekfase, van invloed zijn op de uiteindelijke plantvorm bij een teelt zonder gebruik van remmiddelen. De verdamping heeft belangrijke gevolgen voor het energieverbruik en de noodzaak tot ontvochtiging. Binnen de proefkas is gevarieerd in de mate van gewas-verdamping door gebruik te maken van tafels van Logiqs met verticale luchtbeweging vanuit de tafel langs het gewas. Verder is er binnen deze proef nog een veenvrij substraat vergeleken met het reguliere substraat, omdat veenvrij telen een toekomstwens is in de Kalanchoëteelt.

Onder de energiezuinige teeltomstandigheden met full-LED en veel schermuren groeide het gewas wederom zonder noemenswaardige problemen. De cultivars die in praktijk geremd worden werden wel weer te grof en gestrekt. De behandeling met de verticale luchtbeweging resulteerde inderdaad in een minder vochtig microklimaat en fors meer verdamping (+60%). Dit had echter nagenoeg geen effect op de plantvorm en gemeten planteigenschappen. Waarbij opgemerkt dat de gewasverdamping ook bij de controlebehandeling al vrij hoog was.

Verkorting van de opkweekfase met één week resulteerde in kortere planten en een lager scheutgewicht, terwijl het bloemgewicht grotendeels gelijk bleef aan de controle. De plantvorm werd hierdoor echter niet verbeterd volgens de begeleidende kwekers: een compacte plant is immers niet hetzelfde als een te kleine plant. Positief was dat de planten op het veenvrije substraat vergelijkbaar presteerden met de controle, wat erop wijst dat een veenvrij alternatief goed inzetbaar is voor de Kalanchoëteelt.

Samenvattend laat dit onderzoek zien dat het mogelijk is om een goede groei van Kalanchoë te realiseren met energiebesparende teelttechnieken door een op teeltfase afgestemde belichtingsstrategie met full LED en veel isolatie door intensief schermgebruik. Ook midden in de winter. Voor een remmiddelenvrije teelt is echter selectie van compacte cultivars noodzakelijk, aangezien factoren als licht, klimaat of opkweekduur onvoldoende grip bieden op de plantvorm. De beperkte invloed van verdamping op de kwaliteit suggereert dat een lage verdamping mogelijk toelaatbaar is. Dit opent perspectieven voor verdere energiebesparing via intensief schermgebruik en het telen bij hogere luchtvochtigheid. Omdat de verdamping in alle behandelingen relatief hoog was, is aanvullend onderzoek naar de minimale verdamping waarbij het gewas nog goed groeit interessant.

Dankwoord

Dit rapport past in de onderzoekslijn 'Kalanchoë toekomstbestendig met minimale energie en remmiddelen'. Dit onderzoek is uitgevoerd door Plant Lighting in samenwerking met het Delphy Improvement Centre.

Dit project is ondersteund door het programma 'Kas als Energiebron', gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur en Glastuinbouw Nederland/Stichting Kennis in je Kas (Kijk), en medegefinancierd door de gewascoöperatie Kalanchoë, Agrolux Nederland B.V., Ludvig Svensson en Logiqs.

We willen de volgende personen/organisaties hartelijk bedanken voor hun bijdrage:

- Alle financiers voor hun financiële bijdrage.
- Kwekerij Lankhaar, Slijkerman Kalanchoë, Vilosa en KP Holland voor het geleverde plantmateriaal.
- Kwekerij Lankhaar voor het leveren van de potten en het substraat.
- De telers uit de gewascoöperatie Kalanchoë (BCO) bedanken we voor de proefbezoeken en de bijdragen aan de onderzoeksbesprekingen.
- Van der Knaap en Jiffy voor het sponsoren van het veenvrije substraat.
- Machteld Bouw (Glastuinbouw Nederland) danken we voor het coördineren van de BCO's.
- Als laatste willen we de onderzoekscoördinatoren Liesanne Wieleman, Robert Solleveld, Dennis Medema (Glastuinbouw Nederland) en Marjolijn Valkenhoef (LVVN) van het programma Kas als Energiebron bedanken voor hun steun bij de totstandkoming en de uitvoering van dit project.

Oktober 2025,

Sander Hogewoning

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Kalanchoë is een belangrijke teelt binnen het assortiment bloeiende potplanten. Het is een jaarrond-teelt met belichting, waarbij een bewortelings- en groeifase van ± 3 tot 4 weken onder lange-dagcondities (16 uur licht per dag) wordt gevolgd door een bloei-inductiefase van ±10 weken onder korte-dagcondities (10 uur licht per dag). De laatste weken van die korte-dag fase mag in principe weer overgegaan worden op een lange-dag zonder dat de bloei daardoor verstoord wordt (Boonman et al., 2022). Daarnaast heeft Kalanchoë CAM-eigenschappen. De stekken starten met CAM-fotosynthese, schakelen aan het einde van de lange-dagfase tijdelijk over op C3-fotosynthese, en vertonen vervolgens opnieuw een toenemende CAM-activiteit naarmate de korte-dagfase vordert (Trouwborst et al., 2018). Elke groeifase heeft zijn eigen uitdagingen voor een optimale teelt en energiebenutting.

In eerdere onderzoeken in klimaatcellen van Plant Lighting is kennis opgedaan met het telen van Kalanchoë onder full-LED belichting, gericht op minimale inzet van energie en remmiddelen (Boonman et al., 2022). De daaruit voortgekomen inzichten zijn vertaald naar een praktijkgericht teeltconcept, dat in september 2023 – januari 2024 is beproefd met twee teelten in een proefkas bij het Delphy Improvement Centre (Ruiter et al., 2024). Deze kasproef toonde aan dat een goede groei van Kalanchoë gerealiseerd kan worden onder full-LED belichting, gecombineerd met het gebruik van energiebesparende teeltmethoden (beschreven in hoofdstuk 2.3). Echter was de plantvorm zonder het gebruik van remmiddelen helaas niet altijd naar wens. Sommige cultivars werden te gestrekt, grof of weelderig. Andere cultivars bleven zonder het gebruik van redmiddelen wel compact. Dit wijst erop dat de genetica een belangrijke rol speelt bij het verkrijgen van een compacte plantvorm zonder remmiddelen. Veredeling van cultivars die van nature compact blijven is daarom een cruciale stap richting een teelt zonder (chemische) remmiddelen.

Opvallend was dat bij dezelfde cultivars aanzienlijke verschillen in plantgrootte werden waargenomen tussen de twee teelten uit de kasproef. In teelt 1 hadden de planten gemiddeld 30% meer lengte en versgewicht dan in teelt 2. Omdat dit verschillende teelten betrof in verschillende maanden kon hier niet direct een oorzaak voor worden vastgesteld. Tussen verschillende teelten zijn er tenslotte talloze variabelen. Toch werden twee factoren als mogelijke verklaringen aangewezen voor het verschil in plantgrootte tussen de beide teelten: enerzijds microklimaat en verdamping, en anderzijds de duur van de lange-dag fase.

Microklimaat en mate van verdamping.

Een belangrijke hypothese voor het verschil in plantvorm tussen de twee teelten betreft het microklimaat in de kas, in het bijzonder de luchtvochtigheid en de mate van verdamping. Tijdens teelt 1 van de kasproef (september 2023 – januari 2024) was het vochtgehalte in de kas structureel hoger dan tijdens teelt 2 (januari 2024 – april 2024). Een verhoogde

luchtvochtigheid rond de planten leidt tot verminderde verdamping, wat celstrekking kan stimuleren en daarmee kan resulteren in een minder compacte, en mogelijk ongewenst grote plantvorm. Er werd ook guttatie waargenomen en potten droogden langzaam op. Dat bleek ook uit de potwegingen. De verdamping was slechts 0.5 L/m²/dag tot later 0.7 L/m²/dag (na verhogen luchtcirculatie). In eerder onderzoek in de klimaatcellen was de plantvorm beter (Foto 1) en de verdamping hoger (1.0 L/m²/dag).

Eén van de hypotheses voor het niet voldoen aan de gewenste plantvorm richt zich dus op het microklimaat. Onvoldoende vochtafvoer en lage verdamping in een zogenaamd 'dood' microklimaat kunnen mogelijk leiden tot ongewenst grote planten. Energiebesparende teelttechnieken zoals LED in plaats van SON-T belichting, goede isolatie met intensief schermgebruik en het minimaliseren van de inzet van buiswarmte kunnen juist bijdragen aan een inactiever kasklimaat. Er zou dus een spanningsveld tussen energiebesparing en plantkwaliteit kunnen zijn. Daarom wordt in dit onderzoek het effect van microklimaat en verdamping op de groei en morfologie van Kalanchoë onderzocht.

Foto 1. Kalanchoë Don Amarillo uit teelt 1 in de kasproef '23/'24 (links) en de klimaatcel '23 (rechts). Belichting in de korte-dag fase was vergelijkbaar, maar in de klimaatcel was de verdamping hoger (1L/m²/dag t.o.v. 0.5-0.7 L/m²/dag). Er zijn in beide proeven geen remmiddelen gebruikt. Of er een oorzakelijk verband is tussen de verschillen in verdamping en plantvorm is nog een vraag.

<u>Duur en klimaat tijdens de lange-dag opkweekfase.</u>

Een tweede factor die mogelijk heeft bijgedragen aan de verschillen in plantgrootte tussen de twee teelten vorig jaar is de duur van en het klimaat tijdens de lange-dag opkweekfase. In teelt 1 duurde deze fase één week langer dan in teelt 2. Bovendien was, als gevolg van het seizoen, de lichtsom per dag tijdens de lange-dag fase aan het begin van teelt 1 bijna tweemaal zo hoog als in teelt 2, en lag de gemiddelde temperatuur gedurende deze fase ±1.5°C hoger. Tijdens teelt 1 was er om deze redenen meer vegetatieve groei in de lange-dag fase. Na de opkweekfase werden de planten onder zeer vergelijkbare klimaatcondities verder geteeld. Eerder onderzoek in klimaatcellen (Ruiter et al., 2024) liet echter zien dat verschillen in vegetatieve groei tijdens de lange-dag opkweekfase niet terug te vinden waren in het

eindproduct, mits de rest van de teelt gelijk werd gehouden. Om het effect van de duur van de lange-dag opkweekfase op de uiteindelijke plantvorm met meer zekerheid vast te stellen, is hierin ook gevarieerd in deze kasproef.

1.2 Doelstellingen

In een nieuwe kasproef bij het Delphy Improvement Centre zijn twee teelten uitgevoerd volgens een energiezuinige teeltstrategie (hoofdstuk 2.3). Teelt 1 vond plaats tussen augustus en november 2024 en was bedoeld om een nieuw teeltsysteem te testen (tafel met verticale luchtbeweging). De tweede teelt was de daadwerkelijke proef en werd uitgevoerd van november 2024 tot maart 2025. Het doel van de proefteelt was meerledig. Ten eerste werd getoetst of de eerder uitgevoerde energiezuinige teeltstrategie ook midden in de wintermaanden leidt tot een goede groei en kwaliteit Kalanchoë. Binnen de proefkas werden een behandeling mét en een behandeling zonder verticale luchtbeweging langs het gewas toegepast om het effect van microklimaat en verdamping op de uiteindelijke plantvorm te onderzoeken. Er waren binnen de proef verder twee plantdata om het effect van de duur van de lange-dag opkweek fase te bepalen. Als aanvullende doelstelling is naast het reguliere substraat ook geteeld met een veenvrij substraat, omdat dit vaker geëist wordt vanuit de markt.

<u>In deze proef is dus het volgende onderzocht:</u>

- Kan in de wintermaanden met een energiezuinige teeltstrategie een goede kwaliteit Kalanchoë geteeld worden?
- Wat het effect is van microklimaat & verdamping op de uiteindelijke plantvorm bij een teelt zonder remmiddelen?
- Wat het effect is van de duur van de opkweekfase op de uiteindelijke plantvorm bij een teelt zonder remmiddelen?
- Kan met een veenvrij substraat dezelfde kwaliteit Kalanchoë geteeld worden als met een regulier substraat?

1.3 Leeswijzer

In dit onderzoeksrapport staat in hoofdstuk 2 de proefopzet beschreven, evenals de energiezuinige teeltstrategie waarmee tijdens deze proef is geteeld. In hoofdstuk 3 is het klimaat en energiegebruik tijdens de teelten geanalyseerd. Hoofdstuk 4 bevat de resultaten van de plantmetingen bij einde van de proefteelt en hoofdstuk 5 bevat de discussie, conclusies en aanbevelingen.

2 Materiaal & Methoden

2.1 Tijdlijn

De kasproef vond plaats bij het Delphy Improvement Centre in Bleiswijk tijdens de winter van 2024-2025. Er zijn in totaal twee teelten uitgevoerd, waarvan teelt 1 (augustus – november) diende om het teeltsysteem te testen en teelt 2 (november – maart) de echte winterteelt was en bedoeld om de onderzoeksvragen te beantwoorden.

Een tijdlijn van de totale proef is weergegeven in Tabel 1. De proef werd intensief begeleid door ervaren Kalanchoëtelers (de BCO). Uitgebreide metingen zijn alleen uitgevoerd voor teelt 2, waarop dit rapport dan ook voornamelijk is gericht.

Tabel 1. Tijdlijn kasproef teelt 1 en teelt 2.

Week nr.	Weken na start	Teeltfase
32	0	Start teelt 1 – Lange-dag (16 uur) fase opkweek
33	1	Stekken gestoken behandeling met week kortere opkweek
36	4	Korte-dag (10 uur) fase bloeïinductie
37	5	Planten op ruimte gezet
42	10	Lange-dag (16 uur) fase afkweek
45	13	Teelt beëindigd
46	0	Start teelt 2 – Lange-dag (16 uur) fase opkweek
47	1	Stekken gestoken behandeling met week kortere opkweek
50	4	Korte-dag (10 uur) fase bloeïinductie
51	5	Planten op ruimte gezet
4	10	Lange-dag (16 uur) fase afkweek
7	13	Start oogst
10	16	Einde teelt

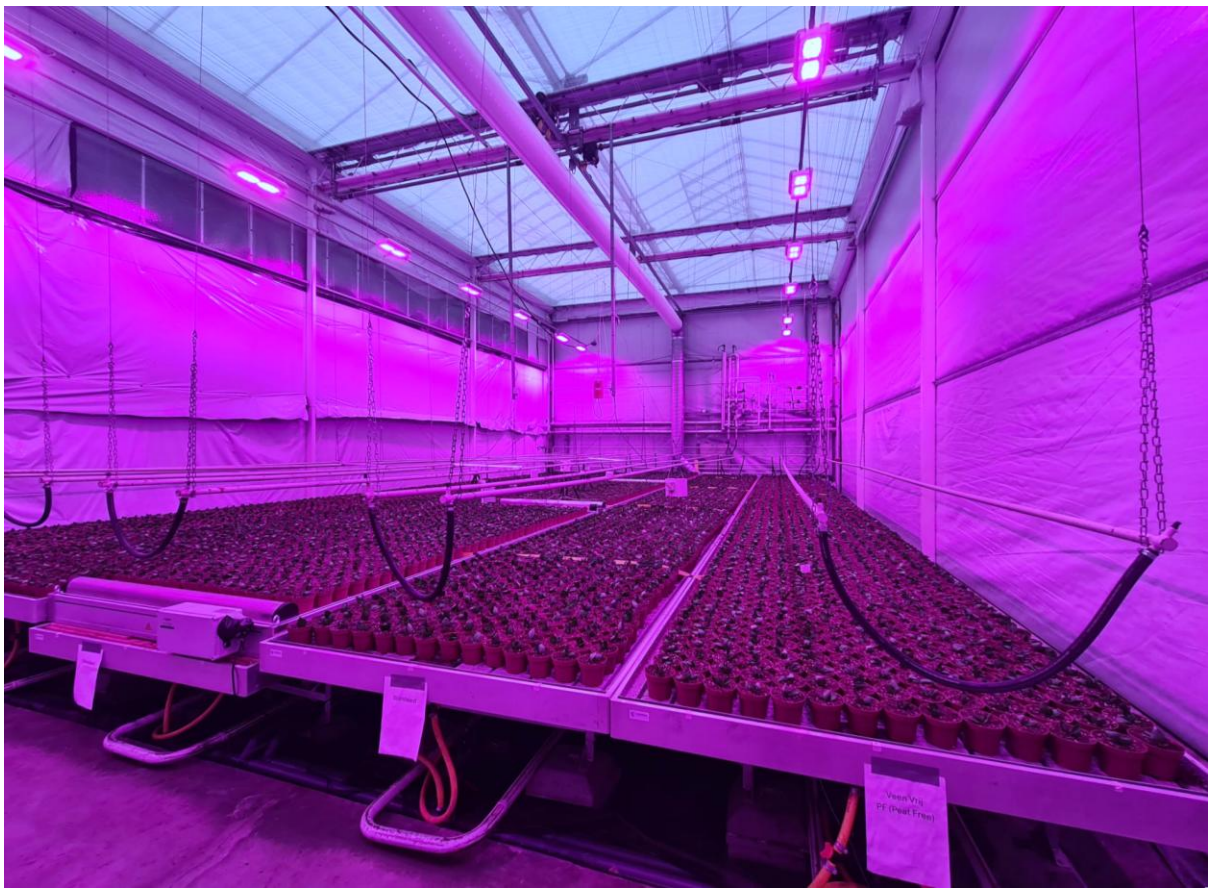
2.2 Kasuitrusting

De proefkas had een bruto oppervlakte van 168m² waarin vijf roltafels stonden van ieder 25m² (Figuur 1A&B). Vier van deze tafels waren reguliere eb/vloed tafels en de middelste teelttafel bestond uit 3 kleinere eb/vloed tafels met verticale luchtbeweging (Logiqs). Op deze tafels lagen speciale tegels met nokjes van waaronder een continue luchtstroom naar boven werd geblazen d.m.v. ventilatoren aan de korte kant van de tafel.

De kas was uitgerust met dynamisch dimbare full-LED belichting met apart regelbaar verrood en een output gemaximeerd op 150 µmol/m²/s PAR (WEGA DUAL PLUS D MD125 FR5-R82G5B13, Agrolux Nederland). Het licht binnen de meetvakken was homogeen verdeeld (Bijlage I). Het spectrum in opkweekfase was LED R82%-G5%-B13% (Figuur 2) en na de

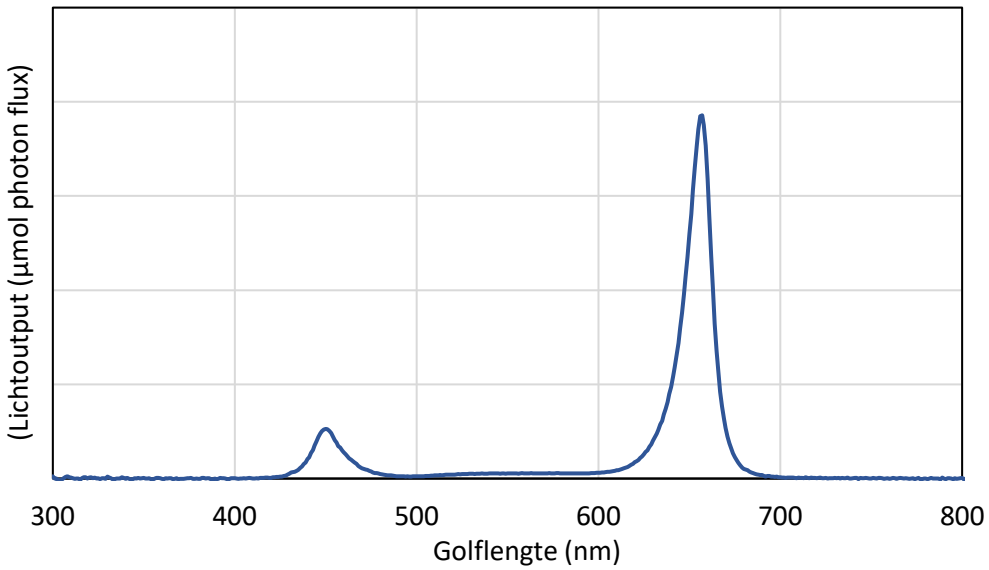
opkweekfase werd daar 5% verrood aan toegevoegd. Daarnaast werd de kas goed geïsoleerd, de gevel werd rondom voorzien van noppenfolie om het warmteverlies en de vochtafvoer door condensatie te beperken. Dit compenseerde ook gedeeltelijk voor het feit dat een proefkas een andere teeltoppervlak/geveloppervlak verhouding heeft dan een veel grotere commerciële kas. Daarnaast waren er drie schermen geïnstalleerd op twee dradenbedden. Een verduisteringsscherm (Obscura 10070 FR WB+BW) en een energiescherm (Luxous 1147 FR) op het bovenste dradenbed, en een Harmony PAR-perfect (diffuus) scherm op het onderste dradenbed.

Er werd geen gebruik gemaakt van een minimumbuis. Als primair verwarmingssysteem werd een groeibuis gebruikt die ±80 cm boven de teelttafels hing. Er was ook een ondernet. Met een AVS-systeem (van Dijk, typenummer AVS0205ECA430211) dat lucht aanzoog bij de achtergevel en uitblies via een slurf midden boven in de kas kon wanneer nodig ontvochtigd worden met buitenlucht. Het AVS-systeem werd ook gebruikt om lucht binnen de kas te circuleren voor een zo goed mogelijke klimaatgelijkheid. In de kas was ook een hogedruk vernevelaar aanwezig om te kunnen bevochtigen. Om de klimaatgelijkheid in de kas goed te kunnen monitoren waren er drie temperatuur/RV sensoren dicht bij het gewas geplaatst. Ook waren er drie PAR-sensoren, waarvan één sensor werd gebruikt als input om via de klimaatcomputer het dynamisch dimmen van de belichting aan te sturen.



Figuur 1A. Inrichting van de proefkas.

Figuur 1B. Schematische inrichting van de proefkas teelt 2. De middelste tafel bestond uit 3 Logiqstafels met verticale luchtbeweging. R staat voor randplanten, deze planten werden niet meegenomen in de metingen.



Figuur 2. Spectrum van de LED-belichting R82%-G5%-B13% zonder verrood. Na de opkweekfase werd 5% verrood aan het spectrum toegevoegd (niet te zien in grafiek).

2.3 Uitgangspunten energiezuinige teeltstrategie

Tijdens deze proef is geteeld met dezelfde energiezuinige teeltstrategie als in het voorgaande kasonderzoek (Ruiter et al., 2024). Deze teeltstrategie is op basis van eerder opgedane kennis en inzichten en is gericht op het telen met zo min mogelijk warmte-input en elektra en zonder gebruik van remmiddelen.

Belichting:

- Door gebruik te maken van full-LED wordt bijna 50% bespaart op elektra t.o.v. SON-t belichting. Vooral tussen week 40 en week 12 is belichting nodig. Met full-LED zou het elektragebruik rond de 50 kWh/m² per jaar blijven, uitgaande van een lichtsom in de korte-dag fase tot 7 mol/m²/dag. Bij deze lichtsom zou een goede Kalanchoë geteeld moeten kunnen worden.
- Er is gekozen voor een efficiënt LED-spectrum met spectrale eigenschappen waarvan aangetoond is dat Kalanchoë daarmee goed geteeld kan worden: R82%-G5%-B13% plus 5% verrood in de korte-dag-fase. Het verrood in de korte-dag fase is noodzakelijk voor een goede bloei.
- De belichting is dynamisch dimbaar, zodat niet meer belicht hoeft te worden dan nodig.
- In de lange-dag opkweek fase is ruimte om verder terug te gaan in de intensiteit belichting zonder kwaliteitsverlies.
- Door na 5 weken korte-dag fase (voor bloeiïnductie) weer over te gaan op een lange-dag, wordt de behoefte om te belichten kleiner tussen week 9 en 42, omdat in die periode de natuurlijke daglengte langer dan 10 uur per dag is. Daardoor hoeft geen daglicht meer weggeschermd te worden in de laatste 5 tot 6 teeltweken. Ook ontstaan er meer mogelijkheden om te belichten op uren met relatief goedkope stroom in nachtelijke uren. Dat is ook gunstig voor de warmtebalans in de kas, want er kan dan onder het gesloten schermdoek belicht worden, waarbij de lampwarmte goed wordt benut. Om geen risico's te nemen is er in deze proef voor gekozen om de korte-dag periode 6 weken te laten duren.

Warmte:

- Er wordt gestreefd naar een minimale warmte-input in de kas. Daarnaast is het voor het telen van compacte planten zonder remmiddelen belangrijk dat de nachttemperatuur niet te ver wegzakt (vermijden positieve DIF). In de proef is gebruik gemaakt van 3 schermen om de kas goed te isoleren: een transparant energiescherm, een diffuusscherm en een verduisteringsscherm (korte-dag plant).
- Er wordt niet geteeld met een minimumbuis. Een groeinet (hijsverwarming) op ±80 cm boven het gewas wordt gebruikt als primair verwarmingsnet.

CO_2:

- Door de lagere warmte-inbreng (LED i.p.v. SON-t) wordt minder gelucht, dat bespaart CO_2 (hoewel dat effect in de winter beperkt is). Omdat Kalanchoë na verloop van tijd

switcht naar CAM-fotosynthese (met nog altijd een fors aandeel CO_2-opname via directe C3-fotosynthese), zal in die periode 24 uur per dag CO_2 gedoseerd moeten worden.

2.4 Behandelingen

Om het effect van microklimaat en verdamping, duur van de lange-dag opkweekfase en een veenvrij substraat op de groei en morfologie van Kalanchoë te onderzoeken werden binnen de proefkas verschillende behandelingen gerealiseerd:

Reguliere teelt
De reguliere teelt was de controle behandeling waarbij de stekken 4 weken opkweek bij lange-dag kregen en geteeld werden op een reguliere eb/vloed-teelttafel in potten met regulier substraat (mengsel van veen, bark, kokos en perliet, afkomstig van Kwekerij Lankhaar). De teeltstrategie voor de controlebehandeling (en ook de andere behandelingen) was volgens de energiezuinige teeltstrategie zonder gebruik van remmiddelen, waardoor met de reguliere teelt ook beproefd werd of met deze strategie midden in de winter een goede groei en kwaliteit Kalanchoë kon worden gerealiseerd.

Verticale luchtbeweging
Eén van de teelttafels bestond uit drie kleinere tafels met verticale luchtbeweging ontwikkeld door Logiqs. Door de continue luchtstroom van onder de planten veranderde het microklimaat op deze tafels en kon er meer verdamping plaatsvinden. Windsnelheid en luchtverdeling over de tafel is nagemeten en weergegeven in Bijlage II. De gemiddelde windsnelheid die tijdens de teelt door de tafels kwam was ±1 cm/s. De planten van deze behandeling kregen net als de reguliere teelt 4 weken opkweek en ook werd er geteeld in regulier substraat.

Kortere opkweekfase
In deze behandeling werden de stekken een week later gestoken en kregen de planten dus in totaal 3 weken opkweek bij lange-dag. Verder werden de planten op dezelfde manier geteeld als de reguliere teelt, op een reguliere teelttafel en in regulier substraat.

Veenvrij en minder watervasthoudend substraat
In deze behandeling werd, net als bij de controle, een opkweekduur van vier weken aangehouden op een reguliere teelttafel. Het verschil zat in het substraat, dat in dit geval veenvrij en minder watervasthoudend was samengesteld. Het veenvrije substraat bestond vooral uit een mengsel van kokos, perliet en sphagnum mos. Door de kleinere vochtbuffer kon er iets vaker worden gegoten. Aangezien een energiezuinige teeltstrategie met intensief schermgebruik de verdamping in de winter kan beperken, neemt de waterbehoefte af. Met een minder watervasthoudend substraat kan echter toch vaker water én voeding worden toegediend, zonder dat de planten te nat blijven.

2.5 Plantmateriaal

Voor de kasproef werden vier cultivars geselecteerd, waarvan Stellar in teelt 2 niet werd meegenomen. De drie overgebleven cultivars zijn bewust gekozen omdat ze verschillende groei-eigenschappen hebben: Don Amarillo blijft van zichzelf compact, Secret sterkt snel en wordt in praktijk sterk geremd, en Weaver ontwikkelt makkelijk grof blad en is gevoelig voor doorwas. Het effect van de proefbehandelingen werd zo op verschillende typen Kalanchoë getoetst:

- Don Amarillo (KP Holland)
- Secret (Slijkerman Kalanchoë)
- Weaver (Vilosa)

2.6 Groeicondities

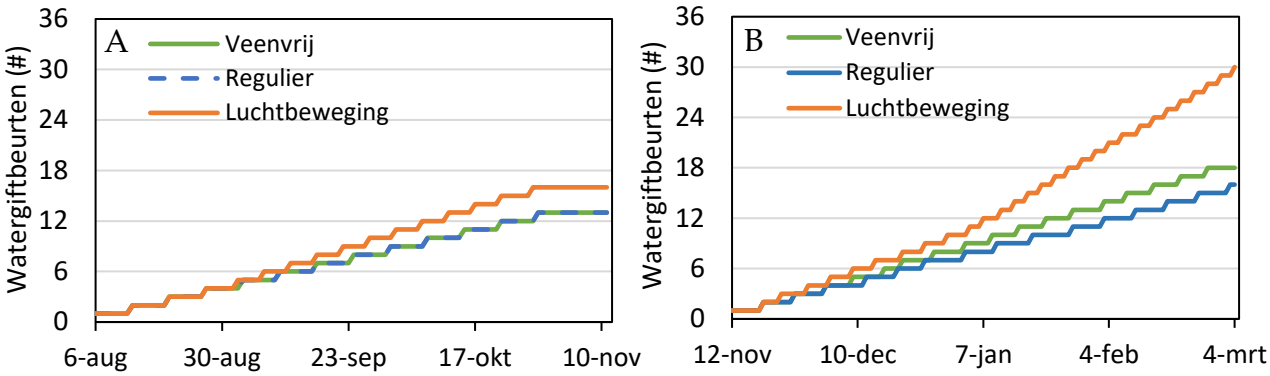
Bij de start van beide teelten werden verse kopstekken in potten van 12 cm diameter gestoken, ofwel in het reguliere substraat, ofwel in het veenvrije substraat. De planten werden gegoten naar behoefte via een eb/vloed systeem (Figuur 3). De gift EC lag tussen 2.6 en 4.4 mS/cm, de pH tussen de 5.5 en 6.5. (Bemestingsschema is weergegeven in Bijlage III). Er werden geen remmiddelen toegepast. Biologische bestrijding werd preventief ingezet tegen plagen. Als preventie tegen meeldauw is tijdens de nachten 3-4 uur een zwavelpot ingezet. De planten zijn één keer vlak voor de korte-dag fase preventief behandeld met Batavia ter voorkoming van bladluis.

De Kalanchoë-planten werden geteeld in 3 fases. De eerste weken van de teelt was er een vegetatieve bewortelings- en groeifase bij lange-dag. In deze lange-dag opkweekfase was de daglengte 16 uur en werd er weinig belicht (tot 30 µmol/m²/s). Ook is in deze fase het verrode LED-licht niet aangeschakeld. Meer details over belichting staan in 3.2. De lange-dag opkweek duurde 4 of 3 weken afhankelijk van de behandeling. De plantdichtheid tijdens de lange-dag opkweek was 74 planten/m².

Na de lange-dag opkweekfase kregen de planten een korte-dag voor bloeiïnductie, waarbij de daglengte teruggebracht werd naar 10 uur en meer belicht werd (tot 150 µmol/m²/s zie 3.2). Ook werden de planten op ruimte gezet naar een plantdichtheid van 74 naar 39 planten/m². Na 6 weken korte-dag fase is weer overgeschakeld naar een lange-dag van 16 uur totdat de planten veilingrijp waren. Dit op basis van eerder onderzoek dat aangetoond heeft dat dit kan na voldoende weken korte-dag voor bloeiïnductie (Boonman *et al.*, 2022). Een langere daglengte biedt meer mogelijkheden voor benutting van daglicht en van de uren met goedkopere elektriciteit.

Omdat uit eerder onderzoek bleek dat verrood geen toegevoegde waarde heeft in de lange-dag opkweekfase, werd pas vanaf de korte-dag bloeiïnductie-fase het PAR spectrum aangevuld met verrood (5% van de PAR intensiteit). Voor de bloeiïnductie fase is verrood in het spectrum namelijk wel noodzakelijk om doorwas en teeltvertraging te voorkomen

(Boonman *et al.*, 2022). Verdere gegevens over het klimaat tijdens de twee teelten staan in hoofdstuk 3.



Figuur 3. Cumulatief aantal watergiftbeurten per teelt voor (A) teelt 1 (augustus-november) en (B) teelt 2 (november-maart). In teelt 1 werden de planten te droog geteeld, in teelt 2 werd beter gegoten naar behoefte.

2.7 Metingen

Gedurende de teelten werden potten gewogen om een indicatie te krijgen van de verdamping. Ook werd vanaf de korte-dagfase wekelijks een CAM-toets uitgevoerd totdat de planten volledig overgeschakeld waren van C3- naar CAM-fotosynthese (meer achtergrond hierover in Trouwborst *et al.*, 2018). De CAM toets werd in deze proef alleen uitgevoerd op de randplanten voor- en achterin de kas, bij de behandelingen regulier, luchtbeweging en kortere opkweek om te toetsen of de behandelingen invloed hadden op de transitie van C3- naar CAM-fotosynthese (Bijlage IV).

Aan het eind van proefteelt 2 vond een oogst plaats. Per behandeling en cultivar werd een plot met meetplanten uitgezet en op het moment dat een plant minstens 3 open bloemen had werd deze geoogst. Om de planten tussen de verschillende behandelingen met elkaar te vergelijken zijn de volgende planteigenschappen gemeten:

- Teeltduur (van stek steken tot tenminste 3 open bloemen)
- Aantal open bloemen (ter controle bovenstaande)
- Hoogte vanaf de potgrond tot de eerste bloem
- Aantal zijscheuten (geteld bij tenminste 2 opengevouwen blaadjes)
- Vers- en drooggewicht scheut (alle bovengrondse delen minus bloemen en knoppen)
- Vers- en drooggewicht bloemen en knoppen
- Voor- en bovenaanzicht foto van een representatieve plant

2.8 Energiebalans en berekende verdamping

Om inzicht te krijgen in het verloop van de verdamping over de dag zijn metingen gedaan aan de energiebalans, waaruit de hoeveelheid verdamping is berekend. Deze energiebalans bestaat uit de volgende aspecten (Voogt en van Weel, 2008; Trouwborst *et al*., 2022):

- In- en uitgaande (warmte)straling, gemeten met een netto stralingsmeter, maal de absorptie van de bovenste bladlaag.
- Inkomende en uitgaande convectie-energie, gemeten via het verschil in lucht- en planttemperatuur en vermenigvuldigd met de warmteoverdrachtscoëfficiënt.
- Verdampingsenergie, uitgedrukt als de som van netto straling en convectie-energie.

In een *stabiele toestand* is de verdamping gelijk aan de som van de energie-instraling en de convectie (dus niet tijdens opwarmen of afkoelen gewas). Immers, als er energie binnenkomt moet er om in balans te zijn evenveel energie weer uitgaan door verdamping. De verdamping wordt dus niet direct gemeten zoals met een weegschaal, maar indirect bepaald via de energie die overblijft voor verdamping. Als de netto energietoevoer kleiner of gelijk aan nul is, is er geen verdamping. Ook fotosynthese draagt overigens bij aan de energiebalans (omzetting stralingsenergie in chemische energie), maar die bijdrage is klein en is in de berekeningen buiten beschouwing gelaten.

Om de energiebalans te bepalen is vlak boven het gewas gemeten met een Fytawatch (Figuur 14). Deze bestaat uit een netto stralingsmeter, lucht- en bladtemperatuursensor (alle 3 nodig ter bepaling energiebalans), en verder ook een RV-, PAR- en CO_2-sensor. Daarnaast zijn luchttemperatuur, bladtemperatuur (aan echt blad en kunstblad) en RV tussen het gewas ook gemeten ter bepaling van het microklimaat en om een indruk te krijgen van de verdamping van blad onder in het gewas ten opzichte van bij de kop van het gewas. Hierbij is gerekend met een vaste geschatte totale LAI-waarde van 2, waarbij voor de bovenste gewaslaag werd gerekend met LAI 1 en voor de bladlagen daaronder ook met LAI 1. De daadwerkelijke LAI van het gewas is in dit onderzoek niet gemeten. De metingen zijn uitgevoerd tijdens de korte-dag fase bij cultivar Weaver.

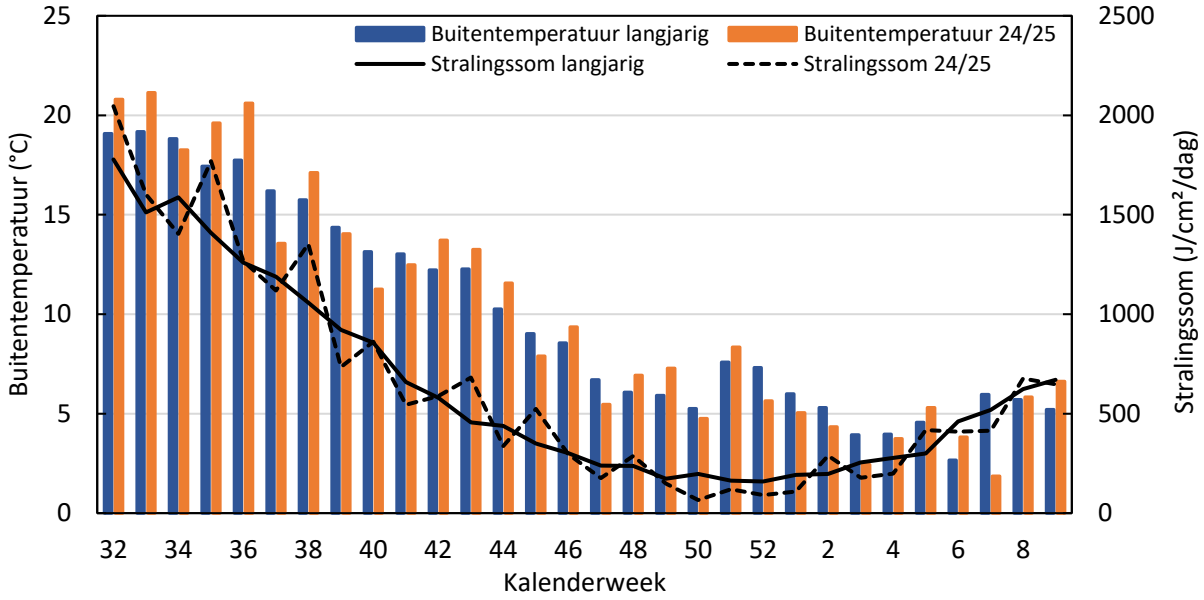
2.9 Dataverwerking

De meetgegevens van de geoogste planten van teelt 2 zijn gerapporteerd als gemiddelden van n=20. Per cultivar zijn de verschillende behandelingen met elkaar vergeleken met een AVOVA gevolgd door Tukey test in R (R Core Team, 2012) met package Agricolae. De individuele 20 planten per cultivar per behandeling zijn hierbij behandeld als herhalingen, hoewel in deze proefopzet geen sprake is van zuivere herhalingen.

3 Klimaat & Energiegebruik

3.1 Buitenomstandigheden

Het kasklimaat wordt aanzienlijk beïnvloed door externe factoren die een directe invloed hebben op de groei en ontwikkeling van het gewas. Gedurende de proef werden de buitenomstandigheden gemeten en vergeleken met het langjarig gemiddelde (10 jaar, Bleiswijk) (Figuur 4). Tijdens de eerste teelt lag de gemiddelde stralingssom buiten de kas iets hoger dan het langjarig gemiddelde. Van week 32 tot 45 was het verschil gemiddeld 56 J/cm²/dag. In de tweede teelt was de stralingssom iets lager dan het langjarig gemiddelde, gemiddeld 28 J/cm²/dag. Het was dus een relatief donkere winter. Verschillen in temperatuur waren minimaal. In de eerste teelt lag de gemiddelde buiten temperatuur 0.5 °C hoger dan het langjarig gemiddelde en in de tweede teelt 0.2 °C lager.



Figuur 4. Buitenomstandigheden gedurende de teeltperiode in vergelijking met het langjarig gemiddelde (10 jaar, Bleiswijk). Teelt 1 liep van week 32, 2024 t/m week 45, 2024 en teelt 2 liep van week 46, 2024 t/m week 9, 2025.

3.2 Belichting

In beide teelten werd tijdens de lange-dag opkweekfase tot 16 uur belicht met een intensiteit van 30 µmol/m²/s PAR (Tabel 2). Dit resulteerde in een dagelijkse lichtsom van maximaal 1.73 mol/m²/dag uit belichting. Vanaf 120 µmol/m²/s PAR instraling werd de LED-belichting teruggedimd, waar deze bij 150 µmol/m²/s PAR instraling volledig afschakelde.

In de korte-dag bloeiïnductie fase werd de fotoperiode verkort naar 10 uur per dag. De overige uren werd de kas verduisterd. In deze fase werd belicht met een intensiteit van maximaal 150 µmol/m²/s PAR aangevuld met verrood licht (5% van de PAR intensiteit). Tijdens de korte-dag bloeiïnductie werd gestuurd op een PAR-som van minimaal 6 mol/m²/dag. De belichting werd gedimd aan de hand van het binnenkomende licht om op die 6 mol/m²/dag uit te komen.

Na zes weken korte-dag werd weer een lange-dag aangehouden (belichtingsperiode van 16 uur). In deze lange-dag afkweek fase werd nog steeds gestuurd op een PAR-som van minimaal 6 mol/m²/dag, waarbij de belichting gedimd werd afhankelijk van de instraling. Omdat nu dezelfde lichtsom gehaald moest worden in een grotere tijdsspanne, was er ruimte om te besparen op elektra kosten voor de belichting. In de belichte nacht werd van 1:00 – 6:00 belicht met 120 µmol/m²/s zodat al aan een deel van de gewenste lichtsom werd voldaan en de kas deels verwarmd kon worden met lampwarmte. Tussen 6:00 - 9:00 werd de belichting teruggeschakeld naar 40 µmol/m²/s, omdat tijdens deze uren de elektriciteitskosten relatief hoog zijn. Na 9:00 werd nog tot 17:00 belicht met een maximale intensiteit van 120 µmol/m²/s om in combinatie met inkomende buitenlicht tot een PAR-som van 6 mol/m²/dag te komen.

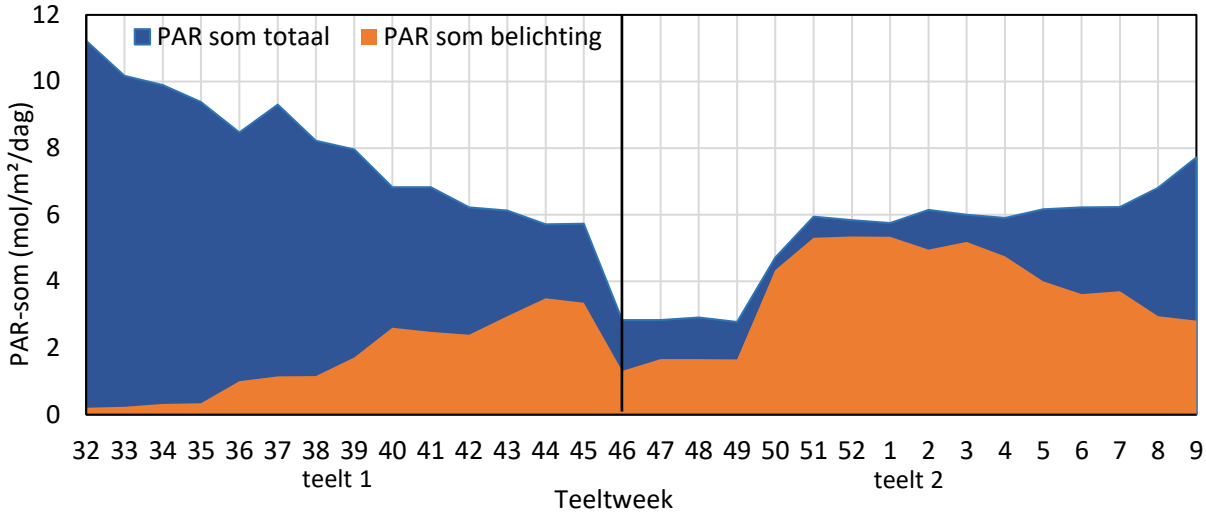
Tabel 2. Belichtingsstrategie gedurende de verschillende teeltfasen.

Lange-dag opkweek				
Tijd van	**Tijd tot**	**Uren**	**Intensiteit belichting (µmol/m²/s)**	**Intensiteit belichting + buitenlicht (µmol/m²/s)**
01:00	17:00	16	30	30 + buitenlicht (>150 µmol in kas LED uit)
17:00	01:00	8	0	0
Korte-dag bloeiïnductie				
Tijd van	**Tijd tot**	**Uren**	**Intensiteit belichting (µmol/m²/s)**	**Intensiteit belichting + buitenlicht (µmol/m²/s)**
07:00*	17:00*	10	max 150	Buitenlicht + max 150
17:00	07:00	14	0	0 (verduisteringsdoek)
Lange-dag afkweek				
Tijd van	**Tijd tot**	**Uren**	**Intensiteit belichting (µmol/m²/s)**	**Intensiteit belichting + buitenlicht (µmol/m²/s)**
01:00	06:00	5	120	120
06:00	09:00	3	40	40 + buitenlicht
09:00	17:00	8	max 120	Buitenlicht + max 120
17:00	01:00	8	0	0

* In teelt 1 is van 08:00 – 18:00 belicht zodat er optimaal gebruik gemaakt kon worden van het aanwezige daglicht.

In Figuur 5 is van beide teelten de totale lichtsom en het aandeel uit belichting weergegeven over de gehele teelt. Teelt 1 was een test voor het teeltsysteem en begon in augustus, terwijl de belichtingsstrategie gericht is op de winter. Hierdoor werd zeker in het begin van de teelt vaak de minimaal gewenste dag-som van 6mol PAR/m²/dag overschreden, terwijl er niet veel werd belicht. Het aandeel licht van buiten was in deze teelt groter dan het aandeel van belichting, maar dat maakte niet uit in deze oefenteelt. Teelt 2 (de proefteelt) was wel een echte winterteelt waarin de lichtsom uit belichting ruimschoots groter was dan dat uit buitenlicht. Ook is terug te zien dat in de opkweekfase het licht relatief laag gehouden werd en daarna gestuurd werd op een dagelijkse PAR-som van 6mol/m²/dag. De laatste drie weken

van de teelt werd de dagelijkse PAR-som iets hoger, omdat het buitenlicht toen weer begon toe te nemen. Op dit moment was de oogst al begonnen, dus dit zal niet veel invloed gehad hebben op de plantontwikkeling. In Tabel 3 zijn ook van beide teelten de gemiddelde dagelijkse PAR-sommen per teeltfase weergegeven.



Figuur 5. Gemiddelde dagelijkse PAR-som per teeltweek gedurende teel 1 en teelt 2. De PAR-som uit belichting (oranje) is apart weergegeven van de totale PAR-som (blauw).

Tabel 3. Totale lichtsommen en lichtsommen uit belichting per teeltfase per teelt.

	Teelt 1		**Teelt 2**	
Teeltfase	PAR-som totaal	PAR-som LED	PAR-som totaal	PAR-som LED
Lange-dag opkweek (mol/m²/dag)	9.9	0.3 (3%)	2.8	1.6 (56%)
Korte-dag bloeiïnductie (mol/m²/dag)	7.8	1.7 (23%)	5.8	5.1 (89%)
Lange-dag afkweek (mol/m²/dag)	6.0	3.3 (54%)	6.6	3.6 (55%)

3.3 Schermgebruik

Kalanchoë is een korte-dag plant, wat betekent dat het verduisteringsdoek onmisbaar is in de teelt. Daarnaast speelt het gebruik van extra schermen een cruciale rol in het beheer van het kasklimaat en het reduceren van het energieverbruik. De proefkas was uitgerust met drie schermen waarvan er twee op één dradenbed lagen. Er konden dus maximaal 2 schermen tegelijk worden gesloten. Op het bovenste dradenbed waren het verduisteringsdoek en het energiedoek geïnstalleerd en op het onderste dradenbed het diffuusdoek.

De schermstrategie had als doel om lichtinval optimaal te benutten gedurende de dag en warmte vast te houden in de nacht. Tijdens de lange-dag fases van de teelt (opkweek en later in de afkweek) opende het verduisteringsdoek bij zonsopgang en sloot bij zonsondergang. In de korte-dag fase opende het verduisteringsdoek ook bij zonsopgang en sloot het bij zonsondergang óf na 10 uur belichten. Het energiedoek sloot bij een instraling <100 W/m² en

ging >125 W/m² weer open. Dit doek bleef open wanneer de buitentemperatuur <1 °C onder stooktemperatuur lag.

Het diffuusdoek lag standaard dicht en ging alleen open bij >25 W/m² instraling. In sommige perioden van de teelten was er veel instraling en werd het diffuusdoek gesloten bij >400 W/m² instraling. Wanneer het verduisteringsdoek open was, was het energiedoek standaard gesloten, tenzij de instraling dus hoger was dan 100 W/m².

Tabel 4 toont de gemiddelde schermuren per dag per teeltfase en per teelt. Vooral in teelt 2 (winterteelt) is er intensief gebruik gemaakt van de doeken. Zo lagen het verduisteringsdoek en het energiedoek bij elkaar opgeteld gemiddeld meer dan 21 uur per etmaal volledig dicht. Het diffuusdoek lag ook gemiddeld 19 uur per dag dicht. In teelt 2 is nauwelijks gekierd (schermuren per etmaal >80% gesloten is bijna gelijk aan aantal uren 100% gesloten), dit komt doordat er niet voor vocht gekierd hoefde te worden vanwege de mogelijkheid om actief te ontvochtigen. In teelt 1 (augustus-november) is regelmatig gekierd zowel om te koelen als om vocht af te voeren.

Tabel 4. Gemiddeld aantal schermuren per etmaal, weergegeven per teeltfase. Schermuren zijn onderverdeeld in >80% gesloten en 100% gesloten.

		Verduisteringsdoek dradenbed boven		**Diffuusdoek dradenbed onder**		**Energiedoek dradenbed boven**	
Teeltfase		**>80%**	**100%**	**>80%**	**100%**	**>80%**	**100%**
1	Lange-dag opkweek	9.5	0.2	4.2	0.0	0.0	0.0
	Korte-dag bloeiïnductie	14.0	13.7	7.1	2.9	0.0	0.0
	Lange-dag afkweek	14.9	10.2	8.2	7.9	4.1	3.0
2	Lange-dag opkweek	15.6	15.6	19.5	18.4	6.3	6.3
	Korte-dag bloeiïnductie	16.0	15.7	20.9	20.9	6.2	6.2
	Lange-dag afkweek	14.3	14.3	16.8	16.8	5.1	5.1

3.4 Temperatuurstrategie en vochthuishouding

Voor de teelt van Kalanchoë is het belangrijk om de kastemperatuur relatief vlak te houden. Het vermijden van een veel lagere nacht- ten opzichte van de dagtemperatuur (+DIF) voorkomt namelijk stengelstrekking. Daarom werden de verwarmingstemperatuur en ventilatietemperatuur overdag en 's nachts gelijk gehouden tijdens de eerste twee teeltfasen. In de laatste teeltfase lag de verwarmingstemperatuur 's nachts 0.5-1.0 °C hoger om te voorkomen dat de nachttemperatuur te ver zou wegzakken. Ook de ventilatietemperatuur lag in deze fase 0.5-1.0 °C hoger. In de winterteelt (teelt 2) was er gemiddeld maximaal 1 °C verschil tussen de dag- en nachttemperatuur (Tabel 5).

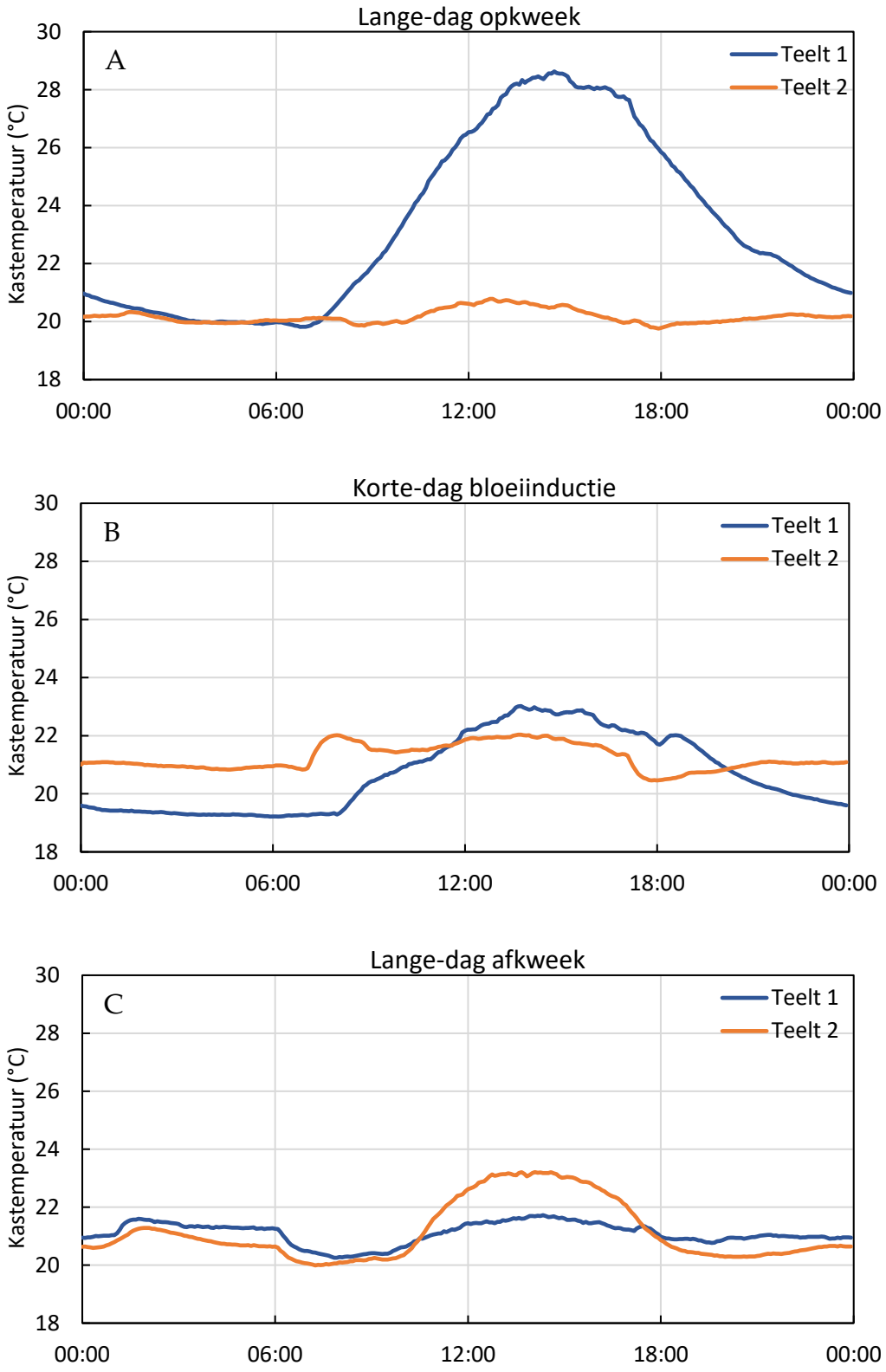
Tabel 5. Klimaat gemiddelden per teeltfase. CO_2 is het gemiddelde over 24 uur, dus niet enkel in de fotoperiode.

Teeltfase		T-etmaal (°C)	T-dag (°C)	T-nacht (°C)	RV-dag (%)	RV-nacht (%)	CO_2 (ppm)
1	Lange-dag opkweek	23.3	24.3	21.0	68	81	572
	Korte-dag bloeiïnductie	20.3	21.8	19.9	68	80	625
	Lange-dag afkweek	21.1	21.2	21.0	73	75	726
2	Lange-dag opkweek	20.2	20.2	20.1	79	80	738
	Korte-dag bloeiïnductie	21.3	21.7	20.9	73	74	746
	Lange-dag afkweek	21.1	21.4	20.5	71	73	761

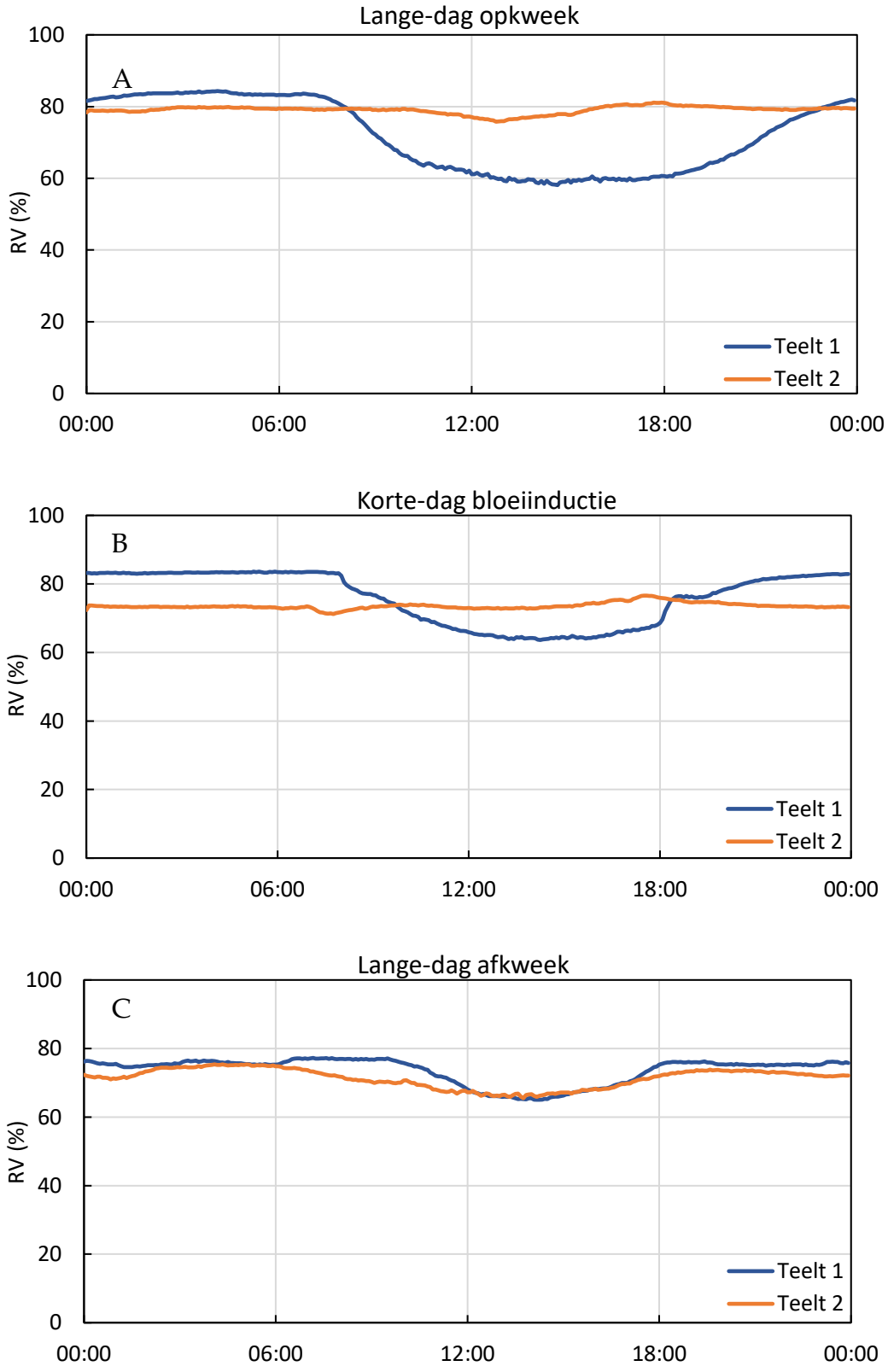
Omdat één van de doelen van deze proef was om toekomstbestendig te telen met minimale energie input, werd er geen gebruik gemaakt van minimumbuis. In Figuur 6 & 7 zijn de cyclisch gemiddelden van kastemperatuur en RV weergegeven. Klimaatinstellingen waren gelijk tussen de twee teelten, maar omdat teelt 1 plaats vond tussen augustus en november en teelt 2 in tussen november en maart waren er uiteraard verschillen in gerealiseerde klimaatwaarden (zie ook Tabel 5). Omdat teelt 1 een testteelt was en de proef plaats vond in teelt 2 is voornamelijk het klimaat van teelt 2 relevant.

De belichting heeft een duidelijk effect gehad op de kastemperatuur. In de korte-dag bloeiïnductie fase is dit het best te zien (Figuur 6B). Bij het aanzetten van de lampen rond 8:00 uur in teelt 1 en 7:00 uur in teelt 2 is een duidelijke stijging van de kastemperatuur te zien van 1 °C. In beide teelten startte de belichting in de lange-dag afkweekfase om 1:00 en werd tussen 6:00 en 9:00 teruggeschakeld naar 40 µmol/m²/s. Hiermee werd ook de warmte input in de kas verlaagd (Figuur 6C). Het figuur laat duidelijk zien dat tussen 1:00 en 6:00 de belichting voor warmte-input zorgt en dat dit wegvalt tussen 6:00 en 9:00.

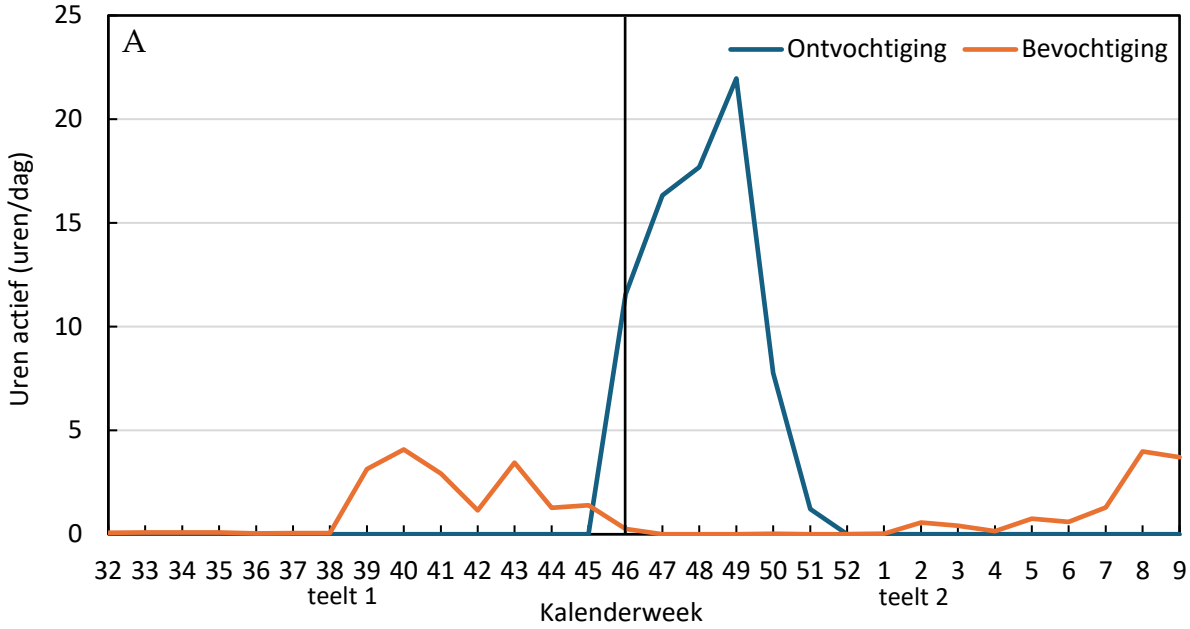
Gedurende de hele proef is er gestuurd op een maximale RV van 85%. Om de RV niet te hoog op te laten lopen in de nacht, is er in teelt 1 veel gekierd met het doek (Tabel 4). In de tweede teelt was het doel om relatief vochtig te telen i.v.m. de behandelingen voor microklimaat en verdamping. Als er toch ontvochtigd moest worden werd er gebruik gemaakt van actieve ontvochtiging om geen energie verloren te laten gaan ten opzichte van kieren met het doek (Figuur 8). Echter, de ontvochtiging is alleen in de eerste zes weken van teelt twee ingezet. Aan het eind van de teelt was bevochtiging juist noodzakelijk zodat de RV niet te laag werd.



Figuur 6. Cyclische gemiddeldes van de kastemperatuur van beide teelten per teeltfase. (A) is de lange-dag opkweek fase, (B) de korte-dag bloeiïnductie fase en (C) de lange-dag afkweek fase. Zie ook de belichtingsstrategie in Tabel 2, welke van invloed is op de temperatuur.

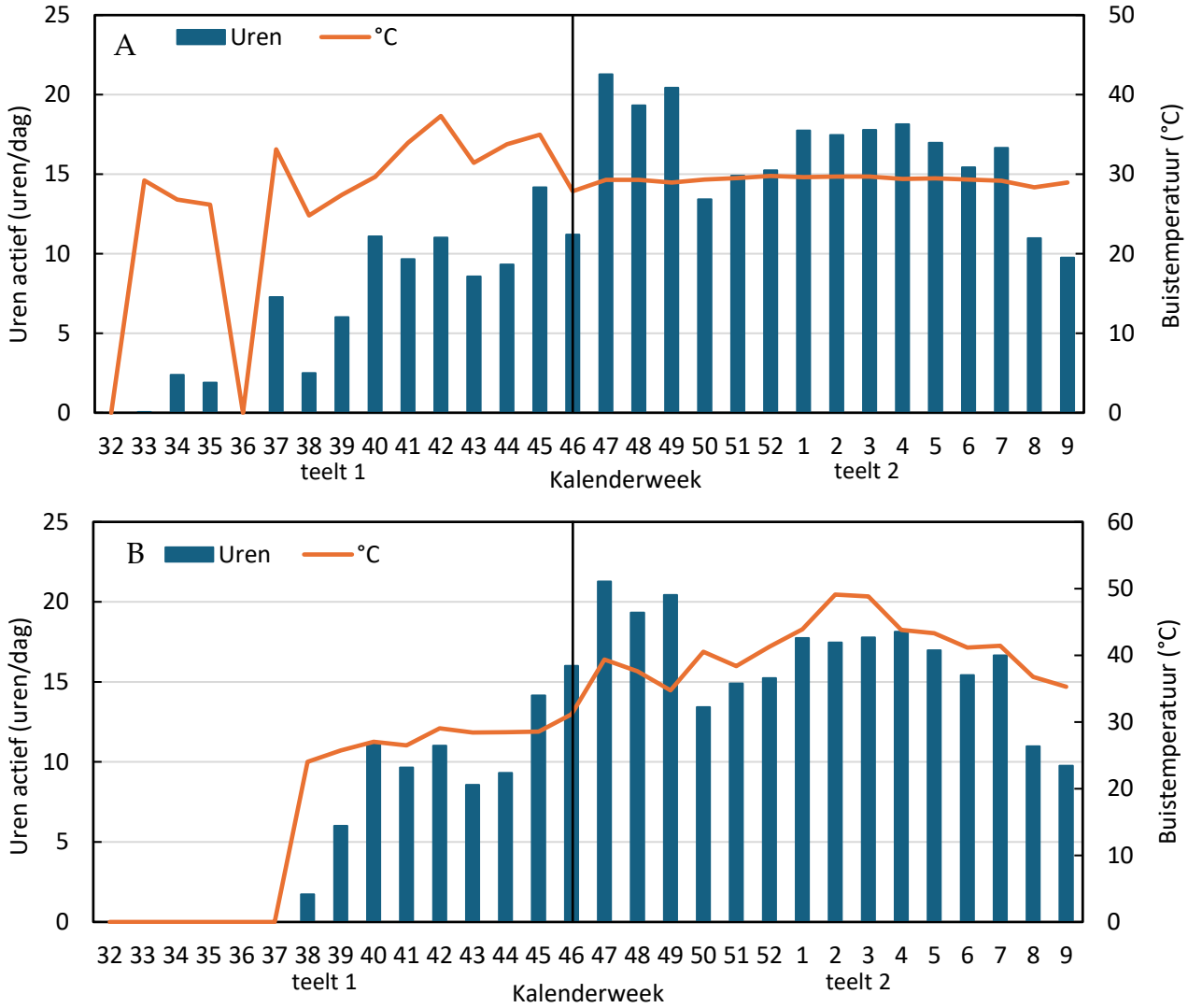


Figuur 7. Cyclische gemiddelden van de kas-RV van beide teelten per teeltfase. (A) is de lange-dag opkweek fase, (B) de korte-dag bloeiïnductie fase en (C) de lange-dag afkweek fase.

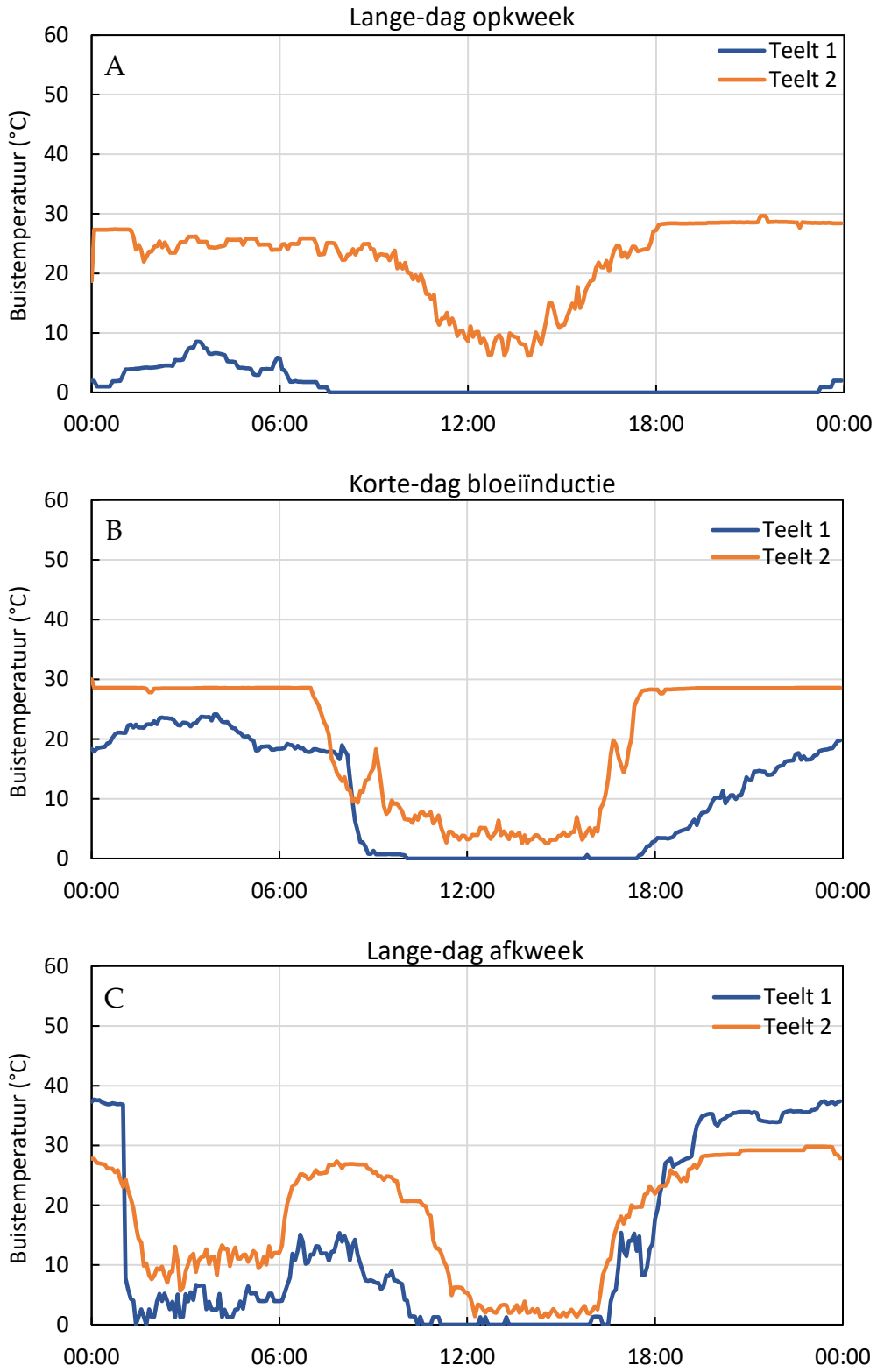


Figuur 8. Inzet van actieve ontvochtiging en bevochtiging weergegeven als gemiddeld aantal actieve uren per dag.

Het buisgebruik tijdens de teelt fluctueerde in het aantal uren per dag waarop de inzet van buiswarmte nodig was en de benodigde buistemperaturen (Figuur 9). In Figuur 10 is ook het cyclisch gemiddelde van de berekende groeibuis temperatuur per teeltfase weergegeven. De groeibuis is gebruikt als primaire warmtebron en het ondernet is ingezet als secondaire. Het effect van de buitentemperatuur en instraling (Figuur 4) is terug te zien in het buisgebruik. Zo is er bij de start van teelt 1 nog weinig buiswarmte nodig en wordt het ondernet niet ingezet. In de wintermaanden neemt de inzet van de buizen toe en is ook het ondernet nodig. Naar het eind van teelt 2 neemt dit weer af. Naast de buitenomstandigheden, hadden ook de verschillende teeltfasen een effect. Zo is te zien dat bij de start van de tweede lange dag fase in teelt 1 (vanaf week 43) het buisgebruik lager ligt dan in de korte-dag fase. Dit wordt veroorzaakt door de belichting die dan ook weer in de nacht kan worden ingezet en de kasafdeling (deels) van de benodigde warmte kan voorzien. Bij de start van teelt 2, waar de belichtingsintensiteit laag ligt, stijgt het buisgebruik weer.



Figuur 9. De inzet van (A) *de groeibuis (primair) en* (B) *ondernet (secondair) over beide teelten. De blauwe staven geven het aantal uur per dag weer dat er buiswarmte nodig was. De oranje lijn geeft de gemiddelde berekende buis-temperatuur weer over de periode dat er buisvraag was.*



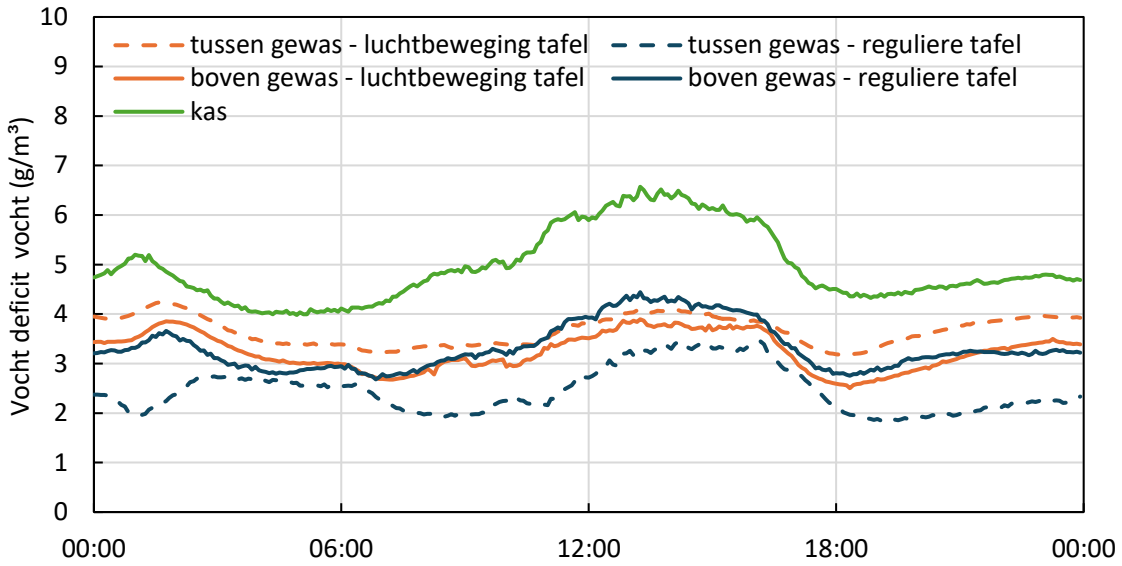
Figuur 10. Cyclische gemiddelden van berekende temperatuur van de groeibuis in beide teelten per teeltfase. (A) is de lange-dag opkweek fase, (B) de korte-dag bloeiïnductie fase en (C) de lange-dag afkweek fase.

3.5 Microklimaat

Een van de doelstellingen van dit onderzoek was om te toetsen of het microklimaat en de hoeveelheid verdamping invloed hebben op de uiteindelijke plantvorm bij een teelt zonder gebruik van remmiddelen. Daarvoor was één van de teelttafels in de proefkas vervangen door tafels van Logiqs met continue verticale luchtbeweging (hoofdstuk 2.4). Door de continue luchtstroom langs de planten veranderde het microklimaat rondom de planten en kon er meer verdamping plaatsvinden. Het microklimaat is gemonitord doormiddel van microklimaatsensoren die temperatuur en luchtvochtigheid tussen het gewas meten, afgeschermd met isolatieschuim (Figuur 11). Vlak boven het gewas hingen ook klimaatsensoren zodat het microklimaat vergeleken kon worden met het kasklimaat. Deze sensoren werden in een Barani shield geplaatst om ze af te schermen van de zon (Figuur 11).

Figuur 11. Plaatsing van (micro)klimaat sensoren. Op de linker afbeelding de klimaatsensor tussen het gewas. Op de rechter afbeelding hangt links een klimaatsensor in een Barani shield en rechts staan twee klimaatsensoren tussen het gewas (alleen de zender steekt boven het gewas uit).

Figuur 12 geeft het cyclisch gemiddelde weer van het vocht deficit (VD) boven en tussen het gewas bij beide type teelttafels in teelt 2 tijdens de lange-dag afkweekfase. In deze fase hebben de planten de hoogste LAI en staat het gewas dichtgegroeid. Hierdoor wordt de luchtbeweging rond de plant sterk belemmerd, wat effect heeft op het microklimaat. Op de tafel met verticale luchtbeweging werd een minder vochtig microklimaat verwacht. Op de reguliere teelttafel was de VD tussen het gewas inderdaad lager dan boven het gewas en was er dus een vochtiger microklimaat tussen de planten. Dit is ook een aanwijzing dat deze planten minder kunnen verdampen. Op de tafel met luchtbeweging was de VD tussen het gewas juist hoger dan boven het gewas: de continue luchtstroom voerde het vocht tussen het gewas af waardoor hier geen vochtiger microklimaat kon ontstaan. Tussen het gewas was de VD altijd lager op de reguliere teelttafel dan op de tafel met luchtbeweging (gemiddeld 1.2 g/m^3). Boven het gewas was de RV van de reguliere tafel en de tafel met luchtbeweging redelijk gelijk met gemiddeld 0.09 g/m^3 verschil.

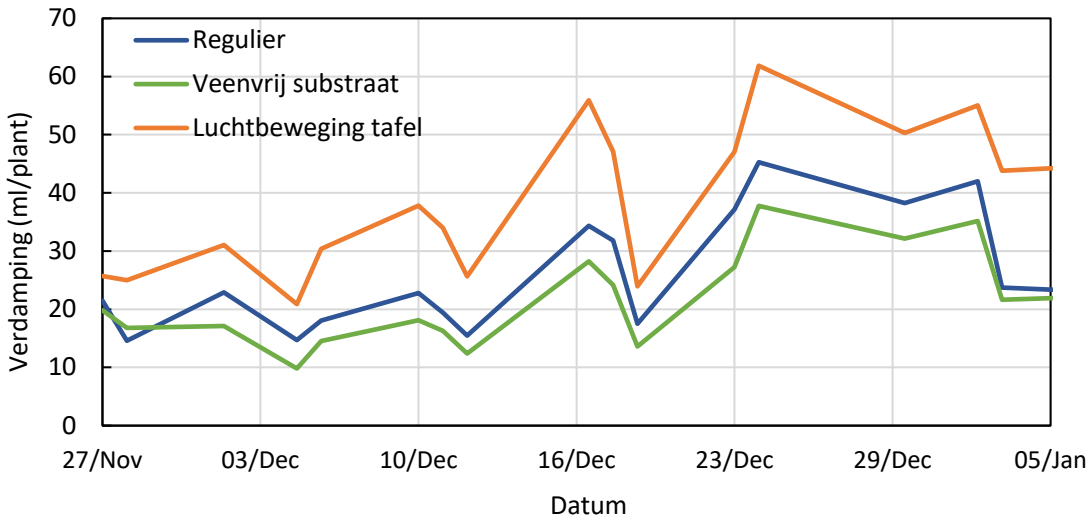


Figuur 12. Cyclisch gemiddelde van de berekende VD gemeten door ongeventileerde microklimaat sensoren (RV en temperatuur) in de lange-dag afkweekfase van teelt 2 voor de reguliere teelttafel en teelttafel met luchtbeweging. Sensoren hingen tussen het gewas en boven het gewas. In het groen is ook de VD weergegeven die is berekend uit de klimaatwaarden gemeten door de actief geventileerde meetbox 30 cm boven het gewas.

3.6 Gewasverdamping

Met het meermaals per week wegen van potten (n=6) kon een goede indruk verkregen worden van de hoeveelheid verdamping van het gewas (Figuur 13). Uit de metingen van het microklimaat in de lange-dag afkweekfase van teelt 2 bleek dat de VD tussen het gewas altijd lager was bij de reguliere teelttafel dan bij de tafel met luchtbeweging (Figuur 12). Dat geeft aan dat er op de tafel met luchtbeweging meer ruimte was om te verdampen. Dit bleek ook uit de potwegingen (Tabel 6). Gemiddeld werd er 60% meer verdampt op de tafel met luchtbeweging in de periode dat de planten op ruimte stonden. Ook van de tafel met het veenvrije substraat zijn de potten gewogen. De verwachting was dat verdamping van deze planten hetzelfde zou moeten zijn als op de reguliere tafel, omdat er in de verdamping drijvende energiestromen geen verschil was tussen de tafels (straling, luchtbeweging). Toch lag de verdamping iets lager dan bij de reguliere teelttafel, wat mogelijk komt door de randpositie met iets minder licht (Bijlage I, Figuur 1B).

De watergift werd afgestemd op gewasbehoefte. Doordat de planten op de tafel met luchtbeweging meer verdampten, werd hier ook vaker gegoten (Figuur 3). Ondanks dat de planten in veenvrij substraat iets minder verdampten, moest deze behandeling vaker gegoten worden. Het veenvrije substraat was bewust minder water vasthoudend samengesteld, zodat vaker kon worden gegoten, dit bleek dus effectief. Het voordeel hiervan is dat het gewas vaker voeding toegediend kan krijgen, ook in omstandigheden waarop weinig verdamping en of luchtuitwisseling plaats vindt vanwege energiebesparende maatregelen.



Figuur 13. Verdamping (ml/plant) van verschillende behandelingen in de periode van teeltweek 3 t/m teeltweek 8 van teelt 2 (n=6). In teeltweek 5 zijn de planten op ruimte gezet (16 december). Uitsluitend datapunten van dagen waarop er geen van de tafels zijn gegoten, waardoor potten van alle behandelingen gewogen konden worden, zijn in de analyse meegenomen.

Tabel 6. Gemiddelde verdamping (L/m²/dag) van verschillende behandelingen in teelt 2 voor en na het op ruimte zetten van de planten (16 december, teeltweek 5). Uitsluitend datapunten van dagen waarop er geen van de tafels zijn gegoten, waardoor potten van alle behandelingen gewogen konden worden, zijn in de analyse meegenomen.

Behandeling	**Start teelt (74 plant/m²)**	**Op ruimte gezet (39 plant/m²)**
Reguliere teelttafel	1.38	1.18
Veenvrij substraat	1.16	1.04
Tafel met luchtbeweging	2.13	1.89

3.7 Energiebalans

Gedurende een periode tijdens de korte-dag fase van teelt 2 (03/01/2025 - 13/01/2025) is het patroon van de energiestromen, en daarmee verdamping, met behulp van FytaWatches in kaart gebracht op de reguliere teelttafel en de tafel met luchtbeweging (Figuur 14). Dit was een periode met weinig instraling, waardoor relatief weinig gewasverdamping werd verwacht.

Figuur 14. FytaWatch opstelling in de proefkas. De netto straling-, PAR- en planttemperatuursensor hangen boven het gewas. De luchttemperatuur, RV en CO_2 boven het gewas worden gemeten door de grijze box die aan het frame is gemonteerd. Tussen het gewas is een bladtemperatuur sensor en een kunstblad met temperatuur en RV sensor geplaatst.

In Figuur 15 zijn de energiestromen gedurende een dag weergegeven voor de reguliere teelttafel en de tafel met luchtbeweging op 12-01-2025 (teeltdag 61 teelt 2). Deze dag is gebruikt als voorbeeld, de andere gemeten dagen waren vergelijkbaar. Voor de bepaling van de convectieve warmteoverdracht is gerekend met gemiddelde windsnelheden gemeten tussen het gewas en vlak boven het gewas van de reguliere teelttafel en de tafel met luchtbeweging (Tabel 7). De energiebalans is geen vervanging voor verdampingsmetingen op basis van potgewicht (hoofdstuk 3.6), maar geeft vooral inzicht in verdampingspatronen binnen een dag.

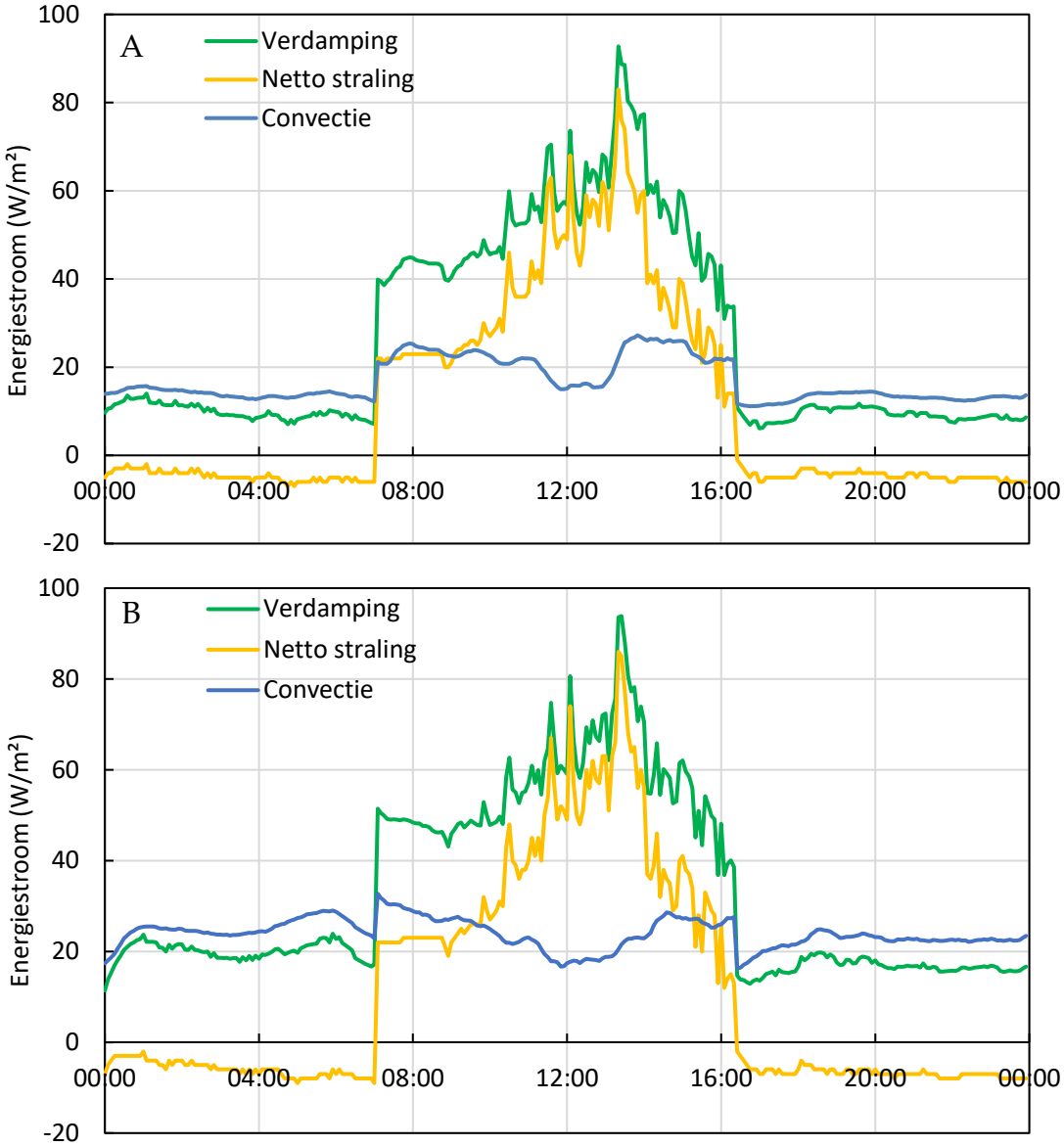
Tabel 7. Gemiddelde windsnelheden gemeten met een anemometer tussen en boven het gewas. Boven het gewas was er een verschil in windsnelheid overdag en 's nachts, tussen het gewas niet.

Behandeling	Gewaslaag	Dag (cm/s)	Nacht (cm/s)
Reguliere teelttafel	Boven	8.5	1.3
	Tussen	1.3	1.3
Tafel met luchtbeweging	Boven	8.5	1.3
	Tussen	8.5	8.5

De berekende energiebalans laat zien dat het gewas op de tafel met luchtbeweging meer verdampt dan op de reguliere teelttafel (Figuur 15). In ieder geval in de periode dat de fytawatch-metingen werden uitgevoerd, was er op beide teelttafels altijd genoeg energietoevoer om verdamping te laten plaatsvinden (groene lijn die verdamping weergeeft komt nooit onder 0). Zelfs in een donkere winterperiode waren er dus geen problemen met gewasverdamping. Mogelijk kwam dit doordat de RV in de kas deze teelt sowieso niet zo hoog was (Tabel 5), en verdamping relatief hoog t.o.v. eerdere kasproeven (Tabel 6).

De stralingsenergie zorgt gedurende de fotoperiode voor de grootste energietoevoer, de convectie draagt dan relatief minder bij aan de totale energiestroom. In de donkerperiode valt een groot deel van de instraling weg en is er dus netto uitstraling, waardoor convectie 's nachts een grotere rol speelt. Op de teelttafel met luchtbeweging is de convectie in deze periode duidelijk hoger dan op de reguliere tafel. Dit komt doordat de windsnelheid vlak boven het gewas 's nachts op beide tafels laag is, maar tussen het gewas blijft de luchtstroom op de reguliere tafel beperkt, terwijl deze op de tafel met luchtbeweging juist relatief hoog blijft. Daardoor is de convectieve warmtestroom 's nachts groter bij de tafel met luchtbeweging. Toch kon het gewas op de reguliere tafel ook in de donkerperiode blijven verdampen. Hoewel er in deze proef dus op beide teelttafels altijd verdamping plaatsvond, is het aannemelijk dat bij minder gunstige verdampingsomstandigheden (hogere RV) de verdamping op de reguliere teelttafel zou kunnen afnemen of zelfs stilvallen, terwijl deze op de tafel met luchtbeweging mogelijk wél in stand blijft.

In deze analyse is gerekend met een geschatte LAI van 1 voor de dieper gelegen bladlagen. Als deze LAI in werkelijkheid hoger of lager ligt dan deze schatting, dan verandert de berekende hoeveelheid verdamping in de onderste gewaslagen. In het voorbeeld van 12 januari (Figuur 15) is de netto straling positief tussen 7:00 en 16:25. Tijdens deze periode dragen de diepere bladlagen slechts ±15% bij aan de totale gewasverdamping op beide tafels. Het risico op een fout door een verkeerd ingeschatte LAI-waarde is dan niet zo groot. In de donkerperiode dragen de diepere bladlagen echter op de reguliere tafel 66% bij aan de totale gewasverdamping en op de tafel met luchtbeweging zelfs 87%, omdat in de donkerperiode de luchtbeweging tussen het gewas hoger is op de tafel met luchtbeweging. Waarbij opgemerkt dat de nauwkeurigheid van de bepaling van de luchtbeweging onzeker is omdat we niet zeker weten of de meetpositie representatief is voor het gemiddelde van het gewas. De nauwkeurigheid van de LAI en de luchtbewegingssnelheid hebben beide gevolgen voor de mate van correctheid van de berekende verdamping.



Figuur 15. Energiebalans van 12-01-2025 in de korte-dag fase van teelt 2. (A) geeft de energiebalans weer van de reguliere teelttafel en (B) van de tafel met luchtbeweging. Windsnelheden voor convectie staan in Tabel 7.

3.8 Energiegebruik

Het energiegebruik van de proefkas kan worden onderverdeeld in elektra voor de LED-belichting en gasgebruik voor de verwarmingsbuizen. Het elektragebruik voor de ontvochtiging en de tafel met luchtbeweging is hierbij buiten beschouwing gelaten. Het elektragebruik is berekend vanuit branduren, belichtingsintensiteit (dimstand) en efficiëntie van de LED (3.13 µmol PAR/Joule elektra-input) en er is rekening gehouden met het elektragebruik van het verrode licht in de korte-dag en lange-dag afkweek. Het werkelijke elektragebruik in de proefkas zal wat hoger geweest zijn, vanwege de hogere dichtheid aan armaturen langs de randen van het teeltoppervlak, wat gedaan is om een goede lichtverdeling te krijgen. In een proefkas van netto 125 m^2 geeft dit relatief grotere randverliezen dan in een grote commerciële kas. Deze hogere elektra-input verlaagt het warmtegebruik weer, en ook de verhouding binnen- en buitengevel ten opzichte van het teeltoppervlak beïnvloedt de warmtevraag. Bovenstaande beperkingen in gedachten houdend, staat hieronder een overzicht van het berekende energiegebruik (Tabel 8).

In teelt 1 (aug-nov) is er 12.4 kWh/m^2 aan elektra gebruikt en 2.24 m^3/m^2 aan gas. In teelt 2 (winterteelt) werd er 36.3 kWh/m^2 aan elektra gebruikt en 12.7 m^3/m^2 gas. Het elektraverbruik is vergelijkbaar met de proef van '23/'24, maar het gasgebruik is opvallend hoog. Hoewel dit de enige teelt was die volledig in de winter plaatsvond, is er nog meer gas gebruikt dan in de twee teelten tezamen van het voorgaande project (9.2 m^3/m^2; Ruiter et al., 2024). Het was deze winter gemiddeld 0.7 °C kouder, waardoor er meer gas nodig om de kas op temperatuur te houden, maar dit verklaart slechts ~1 m^3/m^2. Het extra gasgebruik is waarschijnlijk grotendeels te wijten aan de verdamping die deze winterteelt aanzienlijk hoger was dan vorig project in de winter. In beide proeven zijn verdampingsmetingen gedaan door handmatig potten te wegen. Voorgaande proef werd ~700 g/m^2/dag verdampt (gemeten in de periode nov-dec 2023). Deze winterproef werd er ~1260 g/m^2/dag verdampt (gem. van de 5 teelttafels dec-feb). Bij verdamping wordt voelbare warmte omgezet in latente warmte, welke in deze proeven verloren ging en waarvoor dus bijgestookt moest worden. In deze winterproef was er 560 g/m^2/dag meer verdamping dan vorig jaar, wat makkelijk 4 m^3/m^2 extra gas zou kunnen verklaren over een teelt van 16 weken (Bijlage V). Verdamping kost dus veel energie, wat ook overeenkomt met de aanzienlijke inzet van de onderbuis in teelt 2 dit jaar (Figuur 9), terwijl vorig jaar veel minder buis ingezet is. Waarom er ook op de teelttafels zonder actieve verticale luchtbeweging zoveel meer verdamping geweest is dan in het jaar ervoor blijft onduidelijk. De RV was dit jaar relatief laag in teelt 2 (Figuur 7), en in de periode week 52 tot week 06 waren de schermen (Tabel 4) en ramen grotendeels gesloten en stond de actieve ontvochtiging uit (Figuur 8). De vraag blijft dan staan waar al dat extra verdampte vocht gebleven is.

Tabel 8. Berekend energiegebruik opgesplitst in elektra voor de belichting en gasequivalenten voor de buisverwarming. Weergegeven als totaal gebruik per teeltfase en als gemiddelde per week. Zonder correctie voor de relatief grote oppervlakte van de gevel in de proeflas ten opzichte van een grote commerciële kas.

	Belichting kWh/m²				**Gasgebruik m³/m²**			
	Teelt 1		Teelt 2		Teelt 1		Teelt 2	
Teeltfase	totaal	gem. /week	totaal	gem. /week	totaal	gem. /week	totaal	gem. /week
Lange-dag opkweek	0.63	0.16	3.80	0.95	0.06	0.02	3.42	0.86
Korte-dag bloeiïnductie	6.28	1.05	18.94	3.16	1.10	0.18	5.19	0.87
Lange-dag afkweek	5.49	1.83	13.59	2.26	1.08	0.36	4.12	0.69
Totaal	12.4		36.3		2.2		12.7	

4 Resultaten

Gedurende de proef werden de planten beoordeeld door een ervaren groep Kalanchoëtelers (de BCO). Aan het eind van teelt 2, de proefteelt, vond een oogst plaats op het moment dat een plant 3 open bloemen had. Bij deze eindoogst werden de belangrijkste planteneigenschappen gemeten en is de plantvorm vastgelegd met foto's. De winterteelt vond plaats tussen november en maart 2024-2025. De oogst begon 13 weken na start en eindigde 16 weken na start. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 9 en Figuur 16 t/m 18.

4.1 Reguliere teelt

De planten die regulier werden geteeld, maar binnen de energiezuinige teeltstrategie, resulteerden in een goede gewasgroei. Volgens de telers hadden de planten een mooie bladkleur, was er geen vergeling van het onderste blad en waren er voldoende knoppen aanwezig. Ook werden de wortels van de planten als goed beoordeeld. Alleen Don Amarillo werd iets aan de kleine kant bevonden, maar dit is volgens de telers eenvoudig te corrigeren door een iets langere lange-dag opkweekfase aan te houden. In deze proef werd de duur van de opkweekfase echter voor alle cultivars gelijk gehouden.

Het telen zonder remmiddelen leidde, ook midden in de winter, bij cultivars die normaal wel worden geremd tot een ongewenste plantvorm. Zo werd Secret te lang en vertoonde Weaver grofheid met langgerekte bloemstelen. Don Amarillo, die van nature compact blijft, liet daarentegen wél een goede plantvorm zien.

Afgezien van het telen zonder remmiddelen laat de proef zien dat ook in de winter, met een strategie op basis van onder andere full-LED-belichting en het gebruik van drie schermen, waarvan er tijdens de winterteelt gemiddeld meer dan 20 uur per dag ten minste één gesloten was, Kalanchoë goed kan groeien. In de praktijk is er nog veel energiebesparing te behalen door meer te schermen.

4.2 Verticale luchtbeweging

De planten op de tafel met verticale luchtbeweging hadden aantoonbaar een minder vochtig microklimaat tussen het gewas en verdampten aanzienlijk meer (hoofdstuk 3.5 t/m 3.7). Dit had echter nauwelijks effect op de plantontwikkeling. Visueel waren er nauwelijks verschillen te zien en ook waren er weinig noemenswaardige verschillen tussen de gemeten planteigenschappen van de planten op de reguliere teelttafels en de planten op teelttafels met luchtbeweging (Tabel 9). Zo was er geen verschil in teeltduur, lengte en versgewicht bij alle cultivars. Ook het bloemgewicht verschilde niet significant tussen die twee behandelingen voor de drie cultivars waaraan gemeten is (Don Amarillo, Secret en Weaver). De Kalanchoë-planten zijn ook niet compacter gebleven, dus een verhoogde luchtbeweging/meer verdamping was in deze proef geen alternatief voor het gebruik van remmiddelen.

Het stimuleren van verdamping met verticale luchtbeweging had in deze teelt dus geen toegevoegde waarde voor het gewas en kost dan onnodig extra energie. Waarbij opgemerkt dat de verdamping op de reguliere teelttafels al relatief hoof was (Tabel 6). Het valt niet uit te sluiten dat een teelt in een kasklimaat waarbij de verdamping veel lager is wel baat heeft bij luchtbeweging om de verdamping te verhogen.

4.3 Kortere opkweekfase

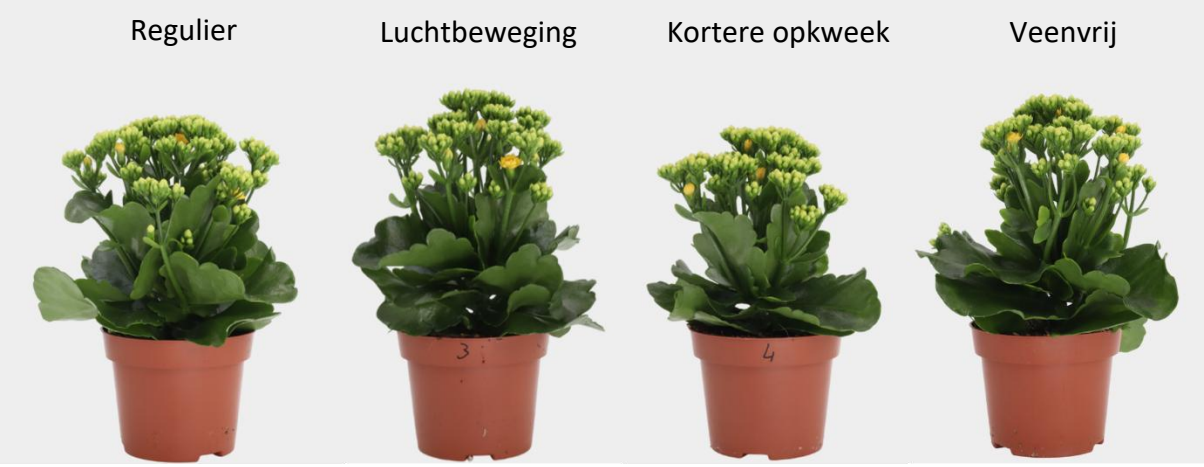
De planten die een week kortere lange-dag opkweek hebben gehad, bleven korter en hadden minder versgewicht (alle cultivars). Vooral het scheutgewicht was lager, het bloemgewicht was niet of nauwelijks lager (Tabel 9). Als gevolg hiervan was het aandeel bloemgewicht ten opzichte van het totale bovengrondse plantgewicht van Don Amarillo en Secret hoger bij de planten met een week kortere opkweek en bij Weaver was het gelijk aan de reguliere teelt. Dit wijst erop dat in de lange-dag opkweek vooral de massa van de scheut gemaakt wordt, maar dat het weinig effect heeft op het uiteindelijke aantal bloemen. Zonder remmiddelen hadden de planten echter nog steeds niet de gewenste vorm. De compacte vorm door gebruik van remmiddelen is niet hetzelfde als een plant die korter en minder zwaar is, een te kleine plant kan nog steeds niet compact genoeg zijn. Omdat de planten een week later gestoken werden was de teeltduur uiteraard wel korter.

4.4 Veenvrij substraat

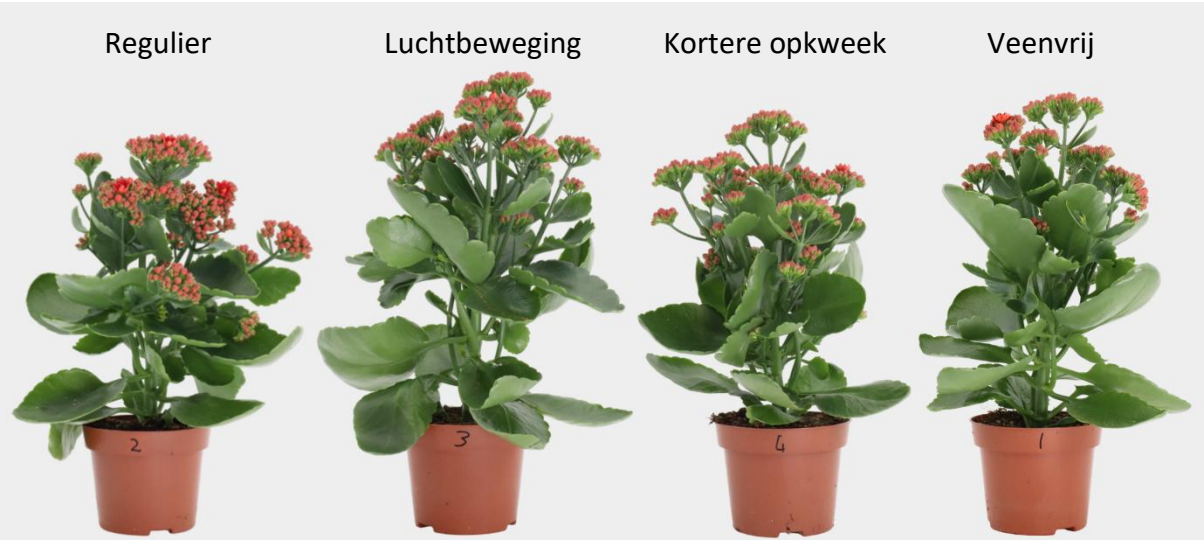
Er waren vrijwel geen verschillen tussen de planten geteeld op het veenvrije substraat en het reguliere substraat (Tabel 9). Bij Secret was de teeltduur 2 dagen langer, maar bij de andere cultivars was er geen verschil in teeltduur. Verschillen in lengte, versgewicht of aantal zijscheuten waren verwaarloosbaar klein. Dit is een positieve uitkomst waaruit blijkt dat eenzelfde kwaliteit Kalanchoë ook op een veenvrij substraat geteeld kan worden. Sommige telers vonden de bladkwaliteit van de onderste bladeren bij veenvrij iets minder goed dan bij de reguliere planten. Het zou kunnen dat dit niet door het substraat komt maar doordat de veenvrije behandeling tegen de gevel stond. Naast dat het substraat in deze behandeling veenvrij was, was het ook minder water vasthoudend samengesteld zodat vaker kon worden teruggekomen met de watergift. Ondanks dat het gewas met het veenvrije substraat iets minder verdampte (hoofdstuk 3.6) moest er wel iets vaker teruggekomen worden met gieten. Dus ook deze doelstelling werd gehaald zonder dat het een negatief effect had op de plantkwaliteit.

Tabel 9. Oogstgegevens van de winterteelt. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter (n=20). Binnen elke cultivar en parameter zijn significante verschillen tussen de behandelingen weergegeven met een letter, waarbij waarden met eenzelfde letter niet significant van elkaar verschillen (α=0.05). Drooggewicht data staan gerapporteerd in Bijlage XI.

Cultivar	Behandeling	Teeltduur (d)	Lengte (cm)	Zijscheuten (#)	Versgewicht (g)			Aandeel bloem-gewicht vers t.o.v. plant (%)
					totaal	scheut	bloem	
Don Amarillo	Regulier	95 a	13.0 a	12.5 a	175 a	141 a	34.4 ab	19.6 b
	Luchtbeweging	94 a	12.7 a	12.8 a	179 a	142 a	36.6 a	20.5 ab
	Kortere opkweek	89 b	10.8 b	12.5 a	146 b	114 b	31.6 b	21.7 a
	Veenvrij	95 a	13.5 a	12.7 a	171 a	137 a	33.3 b	19.5 b
Secret	Regulier	105 b	25.1 a	14.3 a	199 a	167 a	31.3 a	15.7 bc
	Luchtbeweging	104 b	25.1 a	14.6 a	208 a	174 a	34.0 a	16.4 b
	Kortere opkweek	101 c	24.4 a	14.4 a	180 b	148 b	32.8 a	18.2 a
	Veenvrij	107 a	25.9 a	14.9 a	212 a	180 a	31.9 a	15.1 c
Weaver	Regulier	109 a	19.2 a	15.7 a	241 ab	205 ab	35.5 a	14.7 a
	Luchtbeweging	108 a	19.4 a	15.5 a	249 a	216 a	33.3 a	13.4 b
	Kortere opkweek	101 b	17.1 b	16.1 a	223 b	190 b	33.1 a	14.8 a
	Veenvrij	110 a	20.1 a	15.7 a	253 a	220 a	33.2 a	13.1 b



Figuur 16. Vooraanzicht per behandeling van Don Amarillo bij oogst. De kleuren in de foto kunnen afwijken van de werkelijke kleuren door verschillen in weergave of opnameomstandigheden.



Figuur 17. Vooraanzicht per behandeling van Secret bij oogst. De kleuren in de foto kunnen afwijken van de werkelijke kleuren door verschillen in weergave of opnameomstandigheden.

Figuur 18. Vooraanzicht per behandeling van Weaver bij oogst. De kleuren in de foto kunnen afwijken van de werkelijke kleuren door verschillen in weergave of opnameomstandigheden.

5 Discussie & Conclusies

Het doel van deze kasproef was om te beoordelen of midden in de wintermaanden een goede groei en kwaliteit Kalanchoë gerealiseerd kon worden met een energiezuinige teeltstrategie. Ook werd onderzocht of enerzijds het microklimaat en de verdamping, en anderzijds de duur van de lange-dag opkweekfase, van invloed zijn op de uiteindelijke plantvorm bij een teelt zonder gebruik van remmiddelen. Tot slot werd gekeken of een veenvrij substraat vergelijkbare plantkwaliteit oplevert als een regulier substraat.

5.1 Energiezuinige teeltstrategie

In het onderzoeksproject van 2023-2024 werd geconcludeerd dat met een energiezuinige teeltstrategie zoals beschreven in paragraaf 2.3 een goede groei Kalanchoë gerealiseerd kon worden (los gezien van het telen zonder remmiddelen en plantcompactheid). De twee teelten op basis waarvan deze conclusie getrokken werd vonden echter beide maar half plaats in de winter, waardoor de vraag bleef bestaan of de energiezuinige teeltstrategie ook zonder groeiverlies kan worden gehanteerd, wanneer de gehele teelt midden in de winter plaats vindt. Uit deze proef bleek dat ook midden in de winter een goede groei van Kalanchoë gerealiseerd kan worden met de energiezuinige teeltstrategie, beoordeeld door de telers uit de BCO. Dit is afgezien van het feit dat zonder remmiddelen de plantvorm niet goed is en dat sommige cultivars een langere of kortere opkweekfase nodig hebben om op de juiste plantgrootte uit te komen.

Wat behalve vervanging van SON-T door LED-belichting vooral belangrijk is voor energiebesparing, is intensief schermen. In deze proef heeft gemiddeld 20 uur per dag minstens één scherm dicht gelegen. Waarbij wel een minimale lichtsom van 6 mol/m²/dag werd aangehouden. In praktijk doen de meeste telers de schermen vaker open uit angst voor kwaliteitsverlies. Een netto stralingsmeter zou een goede toevoeging kunnen zijn in de teelt, zodat gemeten kan worden of er nog genoeg straling in de kas komt om de schermen open te houden, of dat het loont om de schermen dicht te doen en energie te besparen.

5.2 Microklimaat & verdamping

Met de teelttafel met luchtbeweging (Logiqs) werd een behandeling gerealiseerd waarbij het microklimaat tussen de planten minder vochtig was en er fors meer verdamping plaatsvond. Uit de eindoogst bleek echter dat er bij geen van de drie cultivars verschillen waren in teeltduur, lengte, versgewicht en visueel aanzien t.o.v. de regulier geteelde planten.

In deze proef heeft het gewas op de teelttafel met luchtbeweging gemiddeld 60% meer verdampt dan op de reguliere eb-vloed teelttafel. Het effect op verdamping is dus fors. Dit heeft wel extra energie gekost, omdat meer vocht afgevoerd moest worden. Een beperking van deze proef was dat de planten ook op de reguliere teelttafels al vrij veel verdampten. De relatief hoge verdamping in deze proef heeft waarschijnlijk ook geleid tot het hogere

gasgebruik (12.7 m^3/m^2) in deze winterteelt (november 2024 – maart 2025) ten opzichte van de winterperiode in de vorige proef (2023-2024). In die proef was het gasverbruik 5.4 m^3/m^2 in de periode van januari tot april (Ruiter et al., 2024) Het stimuleren van verdamping staat eigenlijk haaks op het doel om energiezuinig te telen, maar in deze proef (2024-2025) werd bewust onderzocht of een verhoogde verdamping een positief effect kon hebben op de plantvorm. Dat bleek dus niet zo te zijn bij deze teeltomstandigheden. Misschien dat de verticale luchtbeweging meer voordelen zou bieden in een vochtiger teeltklimaat.

5.3 Duur van de lange-dag opkweekfase

Een opkweekperiode die één week korter duurde terwijl de overige kasomstandigheden gelijk waren resulteerde in significant kortere en minder zware planten die wel op hetzelfde moment geoogst konden worden. De plantvorm was echter nog steeds niet naar wens, doordat een compacte vorm niet hetzelfde is als een kleinere en minder zware plant. Een plant kan ook te klein of licht zijn, 'schraal', en nog steeds niet compact genoeg zijn. Opvallend was dat het bloemgewicht van deze planten nagenoeg gelijk was aan de referentieplanten, waardoor de planten in verhouding tot de scheut iets meer bloemgewicht hadden.
De hoeveelheid vegetatieve groei die de planten krijgen tijdens de opkweek kan dus wel de grootte van de planten bij eindoogst beïnvloeden.

5.4 Telen zonder remmiddelen

Uit de afgelopen kasproeven in de periode 2023-2025 is duidelijk geworden dat het niet lukt om met licht, klimaat of duur van de opkweekfase een compacte plant te realiseren wanneer de cultivars in praktijk alleen met remmiddelen compact gehouden kunnen worden. Cultivars die van zichzelf al compact blijven, zoals Don Amarillo, doen het goed in de energiezuinige teeltstrategie en kunnen geteeld worden zonder remmiddelen. Veredeling op compacte cultivars is daarom noodzakelijk voor een chemievrije Kalanchoëteelt. Dit is binnen handbereik aangezien zulke cultivars al bestaan.

5.5 Veenvrij substraat

De op veenvrij substraat geteelde planten waren niet van mindere kwaliteit dan de planten geteeld op het reguliere substraat. Dit is een positieve uitkomst die aantoont dat Kalanchoë ook op een veenvrij substraat geteeld kan worden, waarnaar de vraag in de toekomst zal toenemen. Het nadeel van dit substraat was echter dat de samenstelling duurder is dan een regulier substraat met veen. Om de sector over te krijgen op een veenvrij substraat zal onderzoek gedaan moeten worden naar een betaalbaarder alternatief.

De samenstelling van het veenvrije substraat was zo gekozen dat het een lagere waterbuffercapaciteit had, waardoor de potten minder lang nat bleven. Daardoor kan vaker gegoten worden, met als gevolg dat de planten vaker voeding krijgen vanuit het gietwater. De gedachte hierachter was dat mogelijke voedingstekorten door het weglaten van veen zo

voorkomen kunnen worden. Dit bleek in de praktijk effectief, want op de teelttafels met de veenvrij geteelde planten werd met een één dag korter gietinterval gegoten.

5.6 Toekomstperspectief energiebesparing

Met deze proef is aangetoond dat met energiezuinige teelttoepassingen, zoals full-LED, veel schermen en een belichtingsstrategie die na 6 weken korte-dag weer over gaat op een lange-dag, midden in de winter een goede groei bij Kalanchoë gerealiseerd kan worden. Deze teeltstrategie laat mogelijkheden zien die telers kunnen gebruiken om zelf energiezuiniger te gaan telen. De energiecijfers die uit een proefkas komen zijn niet representatief voor een praktijkteelt, omdat een proefkas een aantal beperkingen heeft, zoals veel gevels t.o.v. teeltoppervlak. Het energieverbruik van deze proef kan in orde van grootte wel vergeleken worden met het energieverbruik van dezelfde proefkas in een eerdere proef. Daaruit bleek dat we in vergelijking met vorige winter nu flink wat meer gas hadden gebruikt. Dit is te verklaren door de hogere verdamping deze winter.

In de kasproef van ’23/’24 was er een verdamping van 0.5-0.7 L/m²/dag. Dit is een lage verdamping, waardoor één van de hypothesen was dat deze lage ‘gewasactiviteit’ een oorzaak kon zijn voor de onwenselijke plantvorm die sommige cultivars kregen. Deze proef is gemiddeld 0.56 L/m²/dag meer verdampt en dit kan in een teelt van 16 weken ruim 4 m³/m² extra gas kosten. Zoals in 5.2 opgemerkt had de extra verdamping in deze proef geen toegevoegde waarde op de kwaliteit van de planten. Planten die van zichzelf compact blijven hadden een goede plantvorm bij zowel bij de teelt met lage verdamping ‘23/24 als de teelt met hoge verdamping ‘24/’25. Het is niet bekend of er een ondergrens is aan de verdamping die benodigd is voor behoud van een goede groei en kwaliteit Kalanchoë. Ervan uitgaande dat er wel zo’n ondergrens is, kan in een vochtiger teeltklimaat met een lagere basisverdamping het stimuleren van verdamping met luchtbeweging helpen om boven die ondergrens uit te komen. Zo kan energie bespaard worden. Immers, door te telen met een vochtigere kaslucht kan vocht eenvoudiger en energiezuinig worden afgevoerd. Hetzij via een raamkier (groter debiet absoluut vocht binnen en buiten), hetzij via actieve ontvochtiging (efficiënter bij vochtigere lucht).

6 Referenties

Boonman A, Bongers M.W., Trouwborst G., Hogewoning S.W. (2022). Energiezuinige belichting bloeiende potplanten zonder inzet van remmiddelen. Plant Lighting B.V., Bunnik. 110p.

Ruiter D.I., Oudshoorn H.H., Hogewoning S.W. (2024). Kalanchoë toekomstbestendig met minimale energie en remmiddelen. Plant Lighting B.V., Bunnik. 89p.

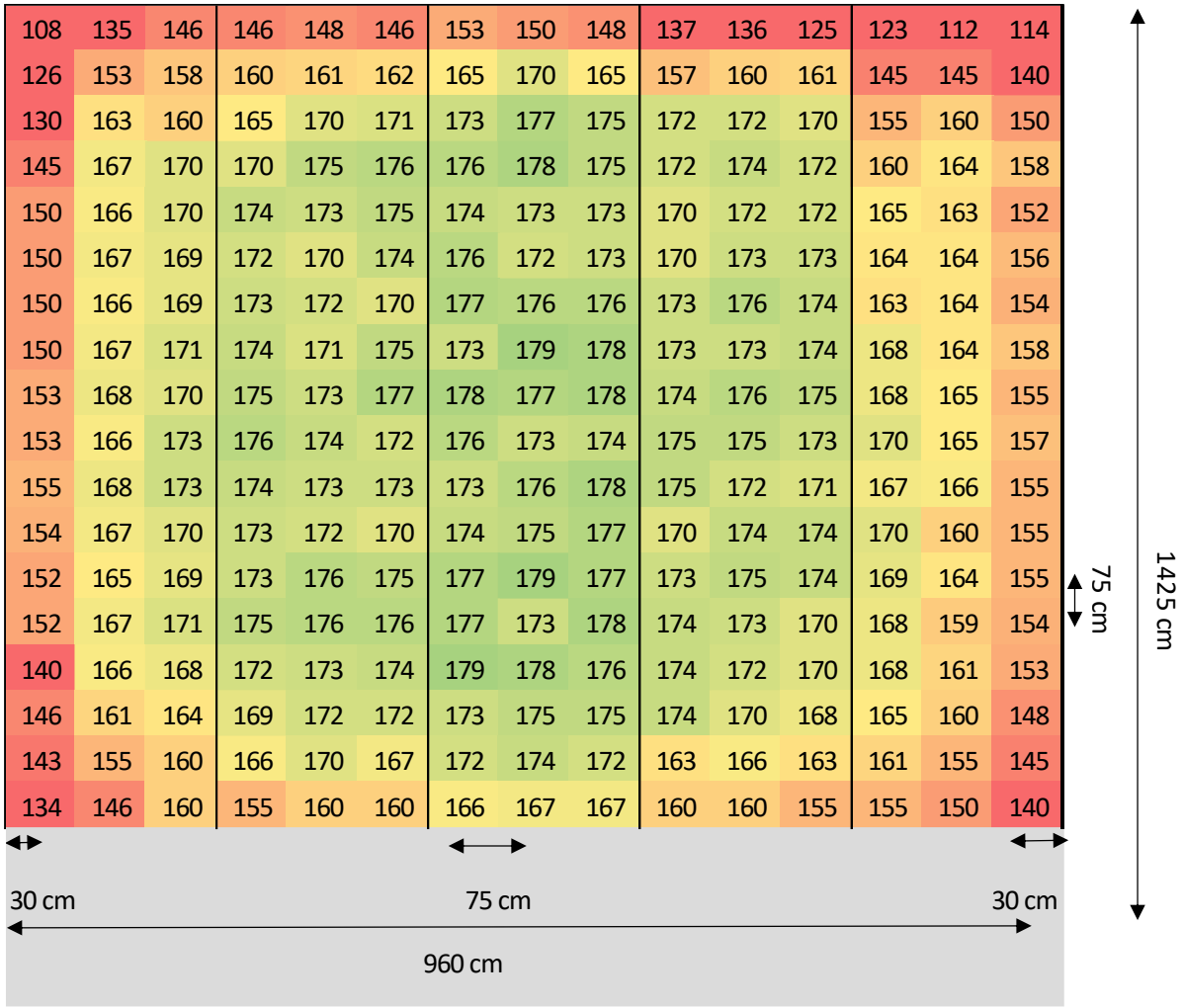
Trouwborst G., Hogewoning S.W., Muilwijk R. (2018). Hoe werkt een Kalanchoë? Kennisontwikkeling voor een optimale energiezuinige teelt. Plant Lighting B.V., Bunnik. 40p.

Voogt J.O., Van Weel P. (2008). Climate Control Based on Stomatal Behavior in a Semi-Closed Greenhouse System 'Aircokas'. Acta Hort. 797: 151-156.

Bijlagen

Bijlage I – Lichtverdeling in de kas

108	135	146	146	148	146	153	150	148	137	136	125	123	112	114
126	153	158	160	161	162	165	170	165	157	160	161	145	145	140
130	163	160	165	170	171	173	177	175	172	172	170	155	160	150
145	167	170	170	175	176	176	178	175	172	174	172	160	164	158
150	166	170	174	173	175	174	173	173	170	172	172	165	163	152
150	167	169	172	170	174	176	172	173	170	173	173	164	164	156
150	166	169	173	172	170	177	176	176	173	176	174	163	164	154
150	167	171	174	171	175	173	179	178	173	173	174	168	164	158
153	168	170	175	173	177	178	177	178	174	176	175	168	165	155
153	166	173	176	174	172	176	173	174	175	175	173	170	165	157
155	168	173	174	173	173	173	176	178	175	172	171	167	166	155
154	167	170	173	172	170	174	175	177	170	174	174	170	160	155
152	165	169	173	176	175	177	179	177	173	175	174	169	164	155
152	167	171	175	176	176	177	173	178	174	173	170	168	159	154
140	166	168	172	173	174	179	178	176	174	172	170	168	161	153
146	161	164	169	172	172	173	175	175	174	170	168	165	160	148
143	155	160	166	170	167	172	174	172	163	166	163	161	155	145
134	146	160	155	160	160	166	167	167	160	160	155	155	150	140



Inregelhoogte 90 cm vanaf de grond
Hoogte tafels 70 cm
PAR+Vr 100% aan
Alle schermen gesloten

Lichtintensiteit gemeten met een LI-190R kwantumsensor in µmol/m²/s PAR. De lampen waren dimbaar en zijn op een gemiddelde van maximaal 150 µmol/m²/s PAR ingezet. Ook het verrood had een goede verdeling van intensiteit (niet weergegeven).

Bijlage II – Windsnelheid en Luchtverdeling tafels met luchtbeweging

De middelste teelttafel in de proefkas bestond uit drie containers met verticale luchtbeweging van Logiqs B.V. De windsnelheid werd gemeten op vaste meetpunten op de tafel, waarbij gebruik is gemaakt van een meettrechter om de luchtstroom over een vast oppervlak laminair langs een anemometer te geleiden (Foto 2). De gemiddelde windsnelheid en luchtverdeling over de tafels is weergegeven in Figuur 19.

Foto 2. Meettrechter met boven op een anemometer bevestigd om de windsnelheid en verdeling op de tafels met luchtbeweging te meten.

	windsnelheid cm/s			verdeling lucht over de tafel		
Logiqstafel 3	0.72	0.88	1.03	69%	84%	99%
	0.99	1.04	0.97	96%	100%	93%
	1.09	1.08	1.53	106%	104%	148%
Logiqstafel 2	1.23	0.92	1.17	111%	83%	106%
	0.81	1.00	1.06	73%	91%	96%
	1.28	1.32	1.16	116%	119%	105%
Logiqstafel 1	0.75	0.91	0.83	91%	109%	100%
	0.78	0.94	0.70	94%	114%	84%
	0.88	0.81	0.86	106%	98%	104%

Gemiddelde windsnelheid tafel 1 (voor): 0.83cm/s

Gemiddelde windsnelheid tafel 2 (midden): 1.10cm/s

Gemiddelde windsnelheid tafel 3 (achter): 1.04cm/s

Gemiddelde windsnelheid totaal: 0.99cm/s

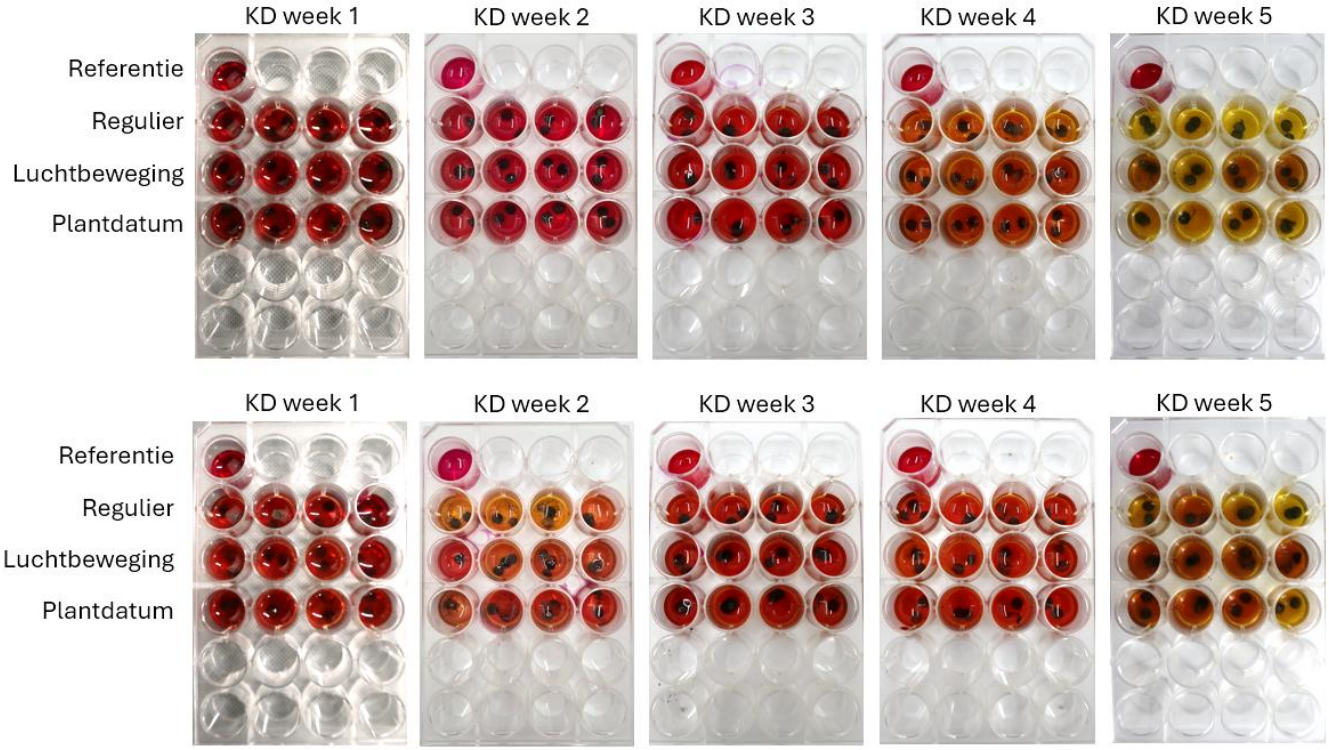
Figuur 19. Gemiddelde windsnelheiden en luchtverdeling op de drie tafels met luchtbeweging gedurende de proefteelt (teelt 2).

Bijlage III – Voedingsschema gemiddeld over de teelt.

EC	3.0	mS/cm
pH	5.9	-
HCO_3	0.4	mmol/L
NH_4	0.2	mmol/L
NO_3	13.4	mmol/L
CL	5.0	mmol/L
K	7.7	mmol/L
Na	0.4	mmol/L
Ca	7.7	mmol/L
Mg	2.7	mmol/L
PO_4	1.9	mmol/L
Si	<0.1	mmol/L
SO_4	4.3	mmol/L
Fe	39.7	µmol/L
Mn	8.1	µmol/L
Zn	7.0	µmol/L
B	36.2	µmol/L
Cu	2.5	µmol/L
Mo	1.5	µmol/L

Bijlage IV – CAM metingen kasproef

In teelt 2 is van elke cultivar vanaf de korte-dag fase wekelijks een CAM toets uitgevoerd rond 07:00 uur (07:00 ging het licht aan). Hiervoor zijn bladponsjes van een volgroeid blad toegevoegd aan een vloeistof welke geel verkleurde wanneer de bladponsjes malaat (zuur) bevatten. Geelverkleuring duidt op CAM-activiteit. De metingen zijn gedaan voor 3 behandelingen bij cultivar Perfecta White D160 en Perfecta Yellow D058 die op de voor en achter rand van elke teelttafel stonden. De planten werden CAM in week 5 van de korte-dag fase, dit was 9 weken na steken. Er was geen duidelijk verschil in het moment van overgang naar CAM tussen de behandelingen.



Figuur 20. Resultaat van de wekelijkse CAM toets vanaf de korte-dag fase voor Perfecta Yellow D058 (boven) en Perfecta White D160 (onder)gemeten aan een volgroeid blad. Het enkele gevulde vakje linksboven in de plaat bevat alleen de vloeistof, zonder bladponsjes, dit is de referentiekleur. Links van de afbeelding is weergegeven welke rij welke behandeling weergeeft. Van elke behandeling zijn wekelijks 4 herhalingen gemeten (de vier vakjes naast elkaar in elke plaat). Vloeistof die geel verkleurd is duidt op CAM activiteit van het blad.

Bijlage V – Berekening gasverbruik voor verdamping

	Gem. verdamping /dag (ml)	verdamping /week (ml)	energiekosten verdamping (J/g)	energiekosten /week (J)	kuub/week (m^3/m^2)	teeltduur (week)	gaskosten totaal (m^3/m^2)
proef '23/'24	700	4900	2450	12005000	0.34	16	5.46
proef '24/'25	1260	8820	2450	21609000	0.61	16	9.83
gem. ml extra verdamping '24/'25	560	3920	2450	9604000	0.27	16	4.37

Bijlage VI – Drooggewicht data

Tabel 10. Drooggewicht gegevens winterteelt. De data zijn weergegeven als een gemiddelde waarde per parameter (n=20). Binnen elke cultivar en parameter zijn significante verschillen tussen de behandelingen weergegeven met een letter, waarbij waarden met eenzelfde letter niet significant van elkaar verschillen (α=0.05).

		Drooggewicht (g)			Percentage drogestof (%)		
Cultivar	**Behandeling**	**totaal**	**scheut**	**bloem**	**totaal**	**scheut**	**bloem**
Don Amarillo	Regulier	8.57 ab	5.90 a	2.66 ab	4.88 bc	4.18 ab	7.73 a
	Luchtbeweging	9.03 a	6.16 a	2.86 a	5.04 a	4.33 a	7.83 a
	Kortere opkweek	7.35 c	4.91 b	2.45 b	5.04 ab	4.29 ab	7.75 a
	Veenvrij	8.30 b	5.71 a	2.59 b	4.87 c	4.16 b	7.78 a
Secret	Regulier	11.82 ab	8.31 a	3.51 a	5.93 ab	4.95 a	11.2 a
	Luchtbeweging	12.02 a	8.29 a	3.73 a	5.78 bc	4.77 b	10.9 ab
	Kortere opkweek	10.85 b	7.28 b	3.57 a	6.01 a	4.93 a	10.9 b
	Veenvrij	11.87 ab	8.44 a	3.43 a	5.61 c	4.70 b	10.7 b
Weaver	Regulier	11.96 a	9.09 a	2.87 a	4.96 a	4.42 a	8.09 b
	Luchtbeweging	12.35 a	9.58 a	2.77 a	4.96 a	4.44 a	8.31 a
	Kortere opkweek	10.87 b	8.24 b	2.62 a	4.87 ab	4.34 ab	7.94 b
	Veenvrij	12.07 a	9.38 a	2.69 a	4.77 b	4.26 b	8.10 b