



Weeggootmetingen bij belichting

Tomatenteelt 2003 bij Fa van der Lans

R. de Graaf, P. Lagas, Chr. Blok

© 2004 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, 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 Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit is een vertrouwelijk document, uitsluitend bedoeld voor intern gebruik binnen PPO dan wel met toestemming door derden. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermenigvuldigd of verspreid voor extern gebruik.

Dit project is mede gefinancierd door Fa. van der Lans, PRIVA HORTIMATION en HORTILUX

Projectnummer: 41604821

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector Glastuinbouw

Adres : Kruisbroekweg 5, 2671 KT Naaldwijk
: Postbus 8, 2670 AA Naaldwijk
Tel. : 0174 – 636 700
Fax : 0174 – 636 835
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	5
1.1	Belichting in de groenteteelt	5
1.2	Fa. Van der Lans, PRIVA en HORTILUX	5
1.3	Doel	6
1.4	Schema van een weegoot	6
2	WERKWIJZE	9
2.1	Het bedrijf	9
2.2	De aangelegde goten	9
2.3	De belichting	10
2.4	Het watergeven	10
3	RESULTATEN	11
3.1	De periodeoverzichten	12
3.1.1	Het verband met de straling	12
3.1.2	Cumulatieve grafieken	14
3.2	Dagoverzichten	16
3.2.1	Versgewichtstoename	16
3.2.2	Groei links en rechts	17
3.2.3	Verdamping door belichten	18
3.3	De techniek	19
4	CONCLUSIES	21
4.1.1	De productie	21
4.1.2	De lampen	21
4.1.3	De techniek	21
	LITERATUUR	22
	BIJLAGE 1 PLATTEGROND	23
	BIJLAGE 2 VOORBEELDEN DAGOVERZICHTSGRAFIEKEN	24
	BIJLAGE 3 VOORBEELD BELICHTINGSMETING	26
	BIJLAGE 4 METINGEN AAN INDIVIDUELE KRACHTOPNEMERS	27
	BIJLAGE 5 VOORBEELDEN DAGVERDAMPING	28

1 Inleiding

1.1 Belichting in de groenteteelt

In de groenteteelt is een toenemende belangstelling voor assimilatielicht (Anonymous, 2003b). Belichting heeft grote invloed op de plant. Ten eerste maakt de plant met behulp van de energie uit licht koolhydraten aan uit het koolzuurgas uit de lucht. De resulterende droge stofproductie is volgens vaste wetmatigheden evenredig aan het door de plant onderschepte licht. Ten tweede is ook verdamping grotendeels evenredig aan het door de plant onderschepte licht (De Graaf, 1991). Dit omdat de plant maar een zeer klein deel van het licht gebruikt voor de fotosynthese en het overgrote deel van de opgevangen straling vrijkomt in de vorm van warmte in het blad. Deze warmte zou het blad beschadigen als ze niet werd afgevoerd en dat gebeurt in de vorm van waterdamp. Zowel fotosynthese als verdamping kunnen snel toe- en afnemen onder invloed van een aantal dynamische factoren (Stanghellini et al, 2003). Dit betekent dat voor het volgen van de groei en het verdampingsverloop vaak, bijvoorbeeld per minuut, gemeten moet worden.

In de sierteelt is al ruime ervaring met het gebruik van assimilatielicht. Met name in roos wordt veel belicht. De ervaringen uit de sierteelt zijn niet helemaal overdraagbaar naar de groenteteelt (Visser, 2003). Bovendien ontstond de mogelijkheid de lampen mobiel te maken (Anonymous, 2003a). De belangrijkste vraag bij het toepassen van mobiel licht is of de plant meer produceert dan bij belichten met eenzelfde vermogen vast gemonteerd. In de praktijk wordt dit mogelijk geacht (Jakupaj-de Snoo, 2003). De wetenschappelijke literatuur biedt vooralsnog geen aanwijzing dat de fotosynthese gunstiger verloopt bij periodiek belichten vergeleken met continu belichten.

1.2 Fa. Van der Lans, PRIVA en HORTILUX

Op het bedrijf van van der Lans aan de Burgerweg 32 in Maasland is het initiatief genomen voor een praktijkonderzoek naar de effecten die belichting veroorzaakt. In dit project wordt de regie gevoerd door L. van der Lans van Fa. van der Lans. PRIVA HORTIMATION is betrokken als huisautomatiseerder maar wil ook inspelen op toekomstige automatiseringsbehoeften. Hortilux is betrokken als leverancier van de belichtingslampen en speelt een belangrijke rol bij de introductie van assimilatielicht in de groenteteelt.

Deze groep kende de mogelijkheden van de weeggoten zoals die ontwikkeld werden bij het PPO (De Graaf et al, 2002); (De Graaf et al, 2003). Hieruit ontstond het idee weeggoten in te zetten als meetinstrument voor het on-line meten van zowel verdamping als productie. Bovendien was het de bedoeling het effect van mobiele belichting op de minuutwaarden zichtbaar te maken. Het vermoeden bestond dat door het passeren van een mobiele lamp de verdamping van de plant tijdelijk toe zou nemen wat zich mogelijk ook zou uiten in een plotseling minder snel toenemend versgewicht.

Om de weeggoot om te vormen van onderzoeksinstrument tot een voor van der Lans geschikt instrument werd een PPO-projectgroep opgericht. De projectgroep zorgde voor het ontwerp van een prototype en ontwikkelde de vereiste hardware en software. Vervolgens werden hardware en software herhaaldelijk bijgesteld. Een parallelle projectgroep verzorgde de kennisbescherming en zocht een commerciële partner voor de productie van de weeggoten.

De leden van de projectgroep waren R. de Graaf (projectleider), Leen Spaans (software), P. Koornneef (hardware, electrotechniek) en P. Lagas (onderhoud en dataverwerking). Andere bijdragen kwamen, direct en indirect van B. Oppedijk (software) en G. van Charante (hardware).

1.3 Doel

Het doel van het project 4164821 was gedurende 3 maanden meten om;

- De productie bij verschillende vormen van belichting te meten over de periode
- De verdamping bij verschillende vormen van belichting te meten over de periode
- De effecten van verschillende vormen van belichting op verdamping en versgewichtstoename te meten op dag en minuut basis

Een voorwaarde voor het realiseren van deze doelen was dat de gebruikte versie van de weeggoot voldoende robuust zou blijken. PPO had op dat moment nog geen ervaring met het gebruik van de weeggoten in de praktijk, maar had de goten al wel toegepast in eigen onderzoek.

1.4 Schema van een weeggoot

Vanaf 1990 werden steeds vaker krachtopnemers, ook wel loadcellen genoemd, gebruikt om plant- en substraatgewichten te meten (De Koning, 1990). Ook andere partijen begonnen loadcellen te gebruiken om de verdamping en wateropname te volgen (Heida et al, 1998; Spelt, 1998). Tenslotte lukte het PPO voor onderzoeksdoeleinden een meervoudige meetopstelling te maken waarmee substraatgewicht, vers gewichtstoename van het gewas en drainagewater per minuut gemeten konden worden. Deze opstelling werd weeggoot genoemd en bleek in onderzoek een bruikbaar instrument om wateraanvoer, gewas gewichtsverandering, drainage en verdamping te volgen. Ook bleek het systeem bruikbare informatie over substraatwatergehalte, productie en gewashandelingen te kunnen leveren. Het gebruik van weeggoten bleef echter beperkt tot het onderzoek. In de praktijk bleken kosten en het ontbreken van een koppeling naar de klimaatcomputer beperkend voor de toepassing.

Een weeggoot bestaat uit een aantal instrumenten waarvan de gegevens in samenhang geanalyseerd worden (Figuur 1). Een eenvoudige weeggoot voor komkommer bestaat uit een goot van vier tot zes meter, een drainopvangbak en een gewasbalk. Van alle onderdelen wordt het gewicht on line gemeten.

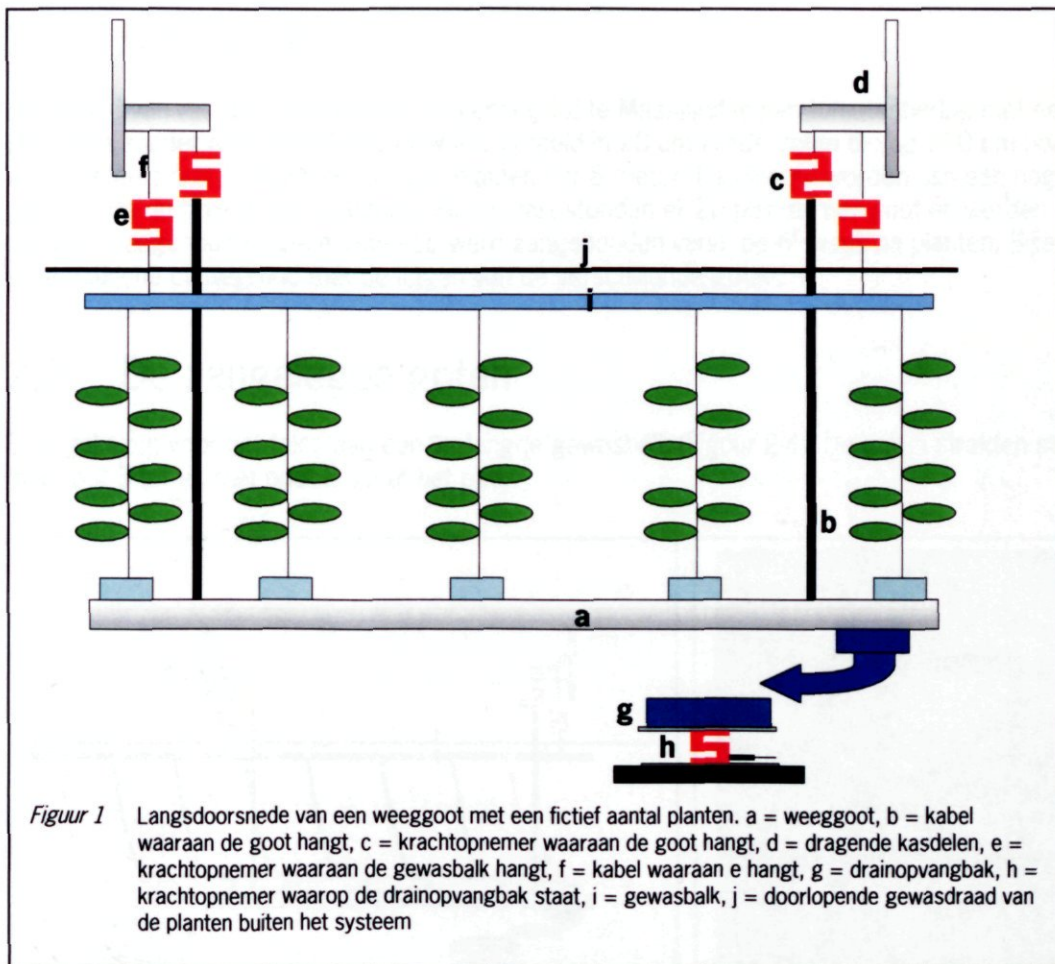
Voor het meten van het gewicht worden krachtopnemers gebruikt. De basis van een krachtopnemer is een plat stuk metaal dat vervormt onder belasting. De vervorming wordt gemeten met een op het metaal geplakt zogenaamd rekstrookje. De weerstand van het rekstrookje voor stroom verandert bij vervorming en wordt als meetwaarde on line doorgegeven aan een computer.

De goot en de gewasbalk hangen elk aan twee krachtopnemers, de drainopvangbak staat op één krachtopnemer. Samen vijf krachtopnemers. Bij het bij van der Lans gebruikte V-systeem, waarbij planten vanuit één goot om en om naar links en rechts worden geleid, wordt een tweede gewasbalk gemonteerd en zijn in totaal zeven krachtopnemers nodig. Bovendien is er aan elke kant één gewasbalk bij gehangen om gedurende de teelt de steeds langer wordende stengels te kunnen blijven wegen. De twee extra balken hangen aan 4 extra loadcells (2x2). In totaal dus 11 loadcells per goot.

Door directe meting zijn gootgewicht, plantgewicht en draingewicht bekend. Met behulp van software kan een kortdurende snelle toename van het gootgewicht worden geregistreerd als een watergift. Hiermee is de aanvoer onafhankelijk van de klimaatcomputer gemeten. De afname in gootgewicht tussen de beurten wordt gecorrigeerd voor drainage en geregistreerd als wateropname. Wateropname bestaat uit verdamping en groei. De verandering in gootgewicht ten opzichte van een referentiewaarde wordt als verandering in substraatwatergehalte geregistreerd. In formule:

$$\text{AANVOER} = \text{VERDAMPING} + \text{DRAIN} + \text{GROEI} + \text{VERANDERING SUBSTRAATWATERGEHALTE} + \text{ONVERKLAARD} \quad (1)$$

ONVERKLAARD is een maat voor de kwaliteit van de verwerking. Bij veel trillingen in de kas, zoals bij storm, zal de term wat toenemen. De termen ONVERKLAARD en VERANDERING SUBSTRAATWATERGEHALTE kunnen positief en negatief zijn. GROEI is meestal positief en soms, tijdelijk, negatief. VERDAMPING en DRAIN zijn steeds positief.



Door met een watergehaltemeter het substraatwatergehalte te meten kan GROEI ook berekend worden uit de andere termen. Dat is met name nuttig bij gewassen waarbij de plant op het substraat rust zoals roos en gerbera (Baas, 2003; Baas, 2004).

Over the past few years, the Department of Health and Human Services has been working to improve the quality of care for patients in long-term care facilities. This effort has been a top priority for the Department, and we are pleased to report that we have made significant progress in this area.



The Department has also been working to improve the quality of care for patients in long-term care facilities. This effort has been a top priority for the Department, and we are pleased to report that we have made significant progress in this area.

The Department has also been working to improve the quality of care for patients in long-term care facilities. This effort has been a top priority for the Department, and we are pleased to report that we have made significant progress in this area.

The Department has also been working to improve the quality of care for patients in long-term care facilities. This effort has been a top priority for the Department, and we are pleased to report that we have made significant progress in this area.

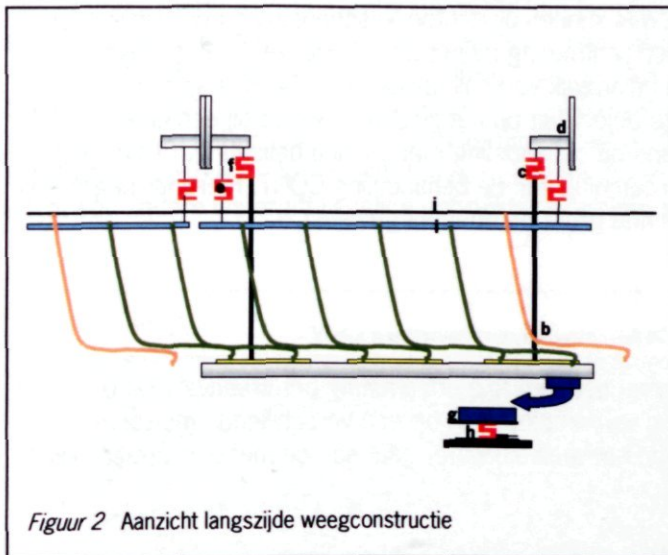
2 Werkwijze

2.1 Het bedrijf

Het bedrijf van van der Lans aan de Burgerweg 32 te Maasland is een tomatenbedrijf met een 5 meter hoge Venlo kas zonder energiescherm. Er wordt geteeld in 20 cm brede goten die op 100 cm hoogte hangen. Er wordt geteeld met 5 paden en 10 rijen planten per 8 meter. De planten worden aan een hoge draad geteeld. Het gebruikte ras is Aranca. Bij de start stonden er 20 planten per goot en werden 3 extra dieven per goot aangehouden. De eerste kop werd aangehouden vanaf de 6^e week na planten. Bijlage 1 toont een schematische plattegrond met de liggen van de verschillende goten.

2.2 De aangelegde goten

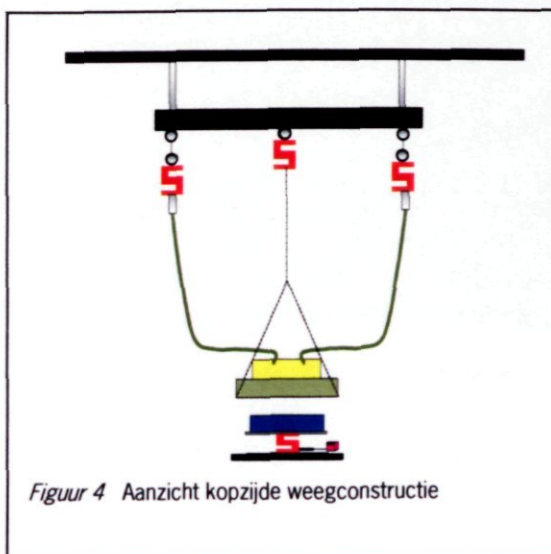
Er is gekozen voor het telen aan een verlengde gewasbalk (Figuur 2-4). De goten strekten steeds van en met poot 5 tot en met poot 8 vanaf het pad.



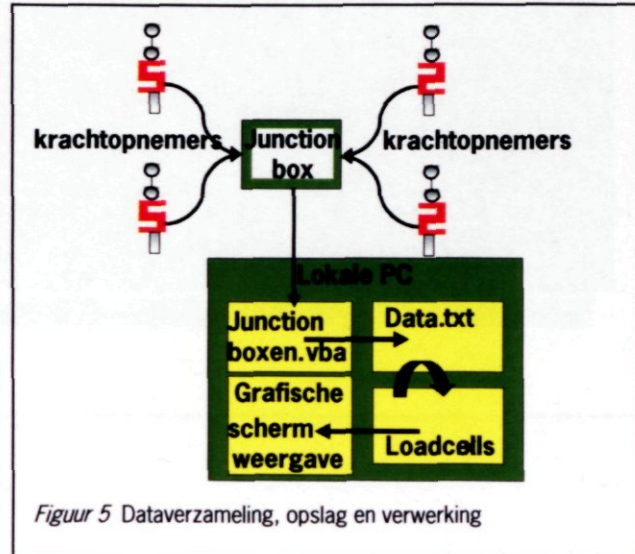
Figuur 2 Aanzicht langs zijde weegconstructie



Figuur 3 Foto krachtopnemers



Figuur 4 Aanzicht kopzijde weegconstructie



Figuur 5 Dataverzameling, opslag en verwerking

Figuur 5 toont dat de krachtopnemers verbonden zijn aan een junctionbox en vanuit de junctionbox aan een PC. De functie van de junctionbox is het uitlezen van de krachtopnemers, het digitaal maken van de gegevens en het versturen van de data over een grotere kabellengte. In de PC worden de gegevens ingelezen in een VB programma "junctionboxen". Dit programma leest de data in en schrijft, in een vaste volgorde, text bestanden met data weg. Deze data blijven bewaard als ruwe meetdata waaruit te allen tijde analyses zijn op te bouwen. De weggeschreven bestanden worden gebruikt door een analyse file, "loadcell". Deze excel-file bestaat uit een exceldeel met meerdere bladen en een programma in VBA. Het VBA programma leest data in uit de text-bestanden. De grafische schermen worden gemaakt in Excel.

2.3 De belichting

Er zijn drie verschillende belichtingsbehandelingen aangelegd; geen belichting (GEEN), continu belichting (CONT.) en mobiele belichting (MOBIEL). Het vak onbelicht spreekt voor zichzelf. In het vak continu belicht zijn de lampen vast opgehangen met een vermogen van 6.000 lux/m². De lampen hingen boven het gewas, naast het werkpad, op een hoogte van 4 meter met een tussenruimte van 5 meter. Bij de behandeling met mobiel licht is gebruik gemaakt van clusters van 4 lampen. Deze konden 20 meter langs een geleiderail bewegen. Deze lampen hingen boven het werkpad, naast de planten. De mobiele lampen hingen eveneens op 4 meter hoogte. De lampen gingen in 26 minuten heen (1m/s) en in 4 minuten terug (8 m/s). Het geïnstalleerd vermogen was volgens opgave eveneens 6.000 lux/m². Het is echter zaak het afgegeven vermogen niet alleen te berekenen, maar ook in het gewas te meten. Kleine verschillen in afstand en de plaats ten opzichte van de kop en de as van het gewas kunnen de lichtonderschepping sterk beïnvloeden. In juli is er bij de behandeling met continu belichten een lichtmeting geïnstalleerd (Bijlage 3). Dergelijke metingen horen ook bij de andere weeggoten. Een belangrijk verschil tussen de behandelingen is de schaduwwerking van het ketelhuis. Dit tamelijk hoge object ligt op het zuiden en werpt bij een lage zonnestand schaduw over dat deel van de kas waarin de behandeling met continu belichting, CONT., lag (Bijlage 1). Het is zeker zo dat de opbrengst en verdamping van de behandeling CONT. Hierdoor negatief is beïnvloed, het is echter niet mogelijk in te schatten hoe groot dit effect is geweest.

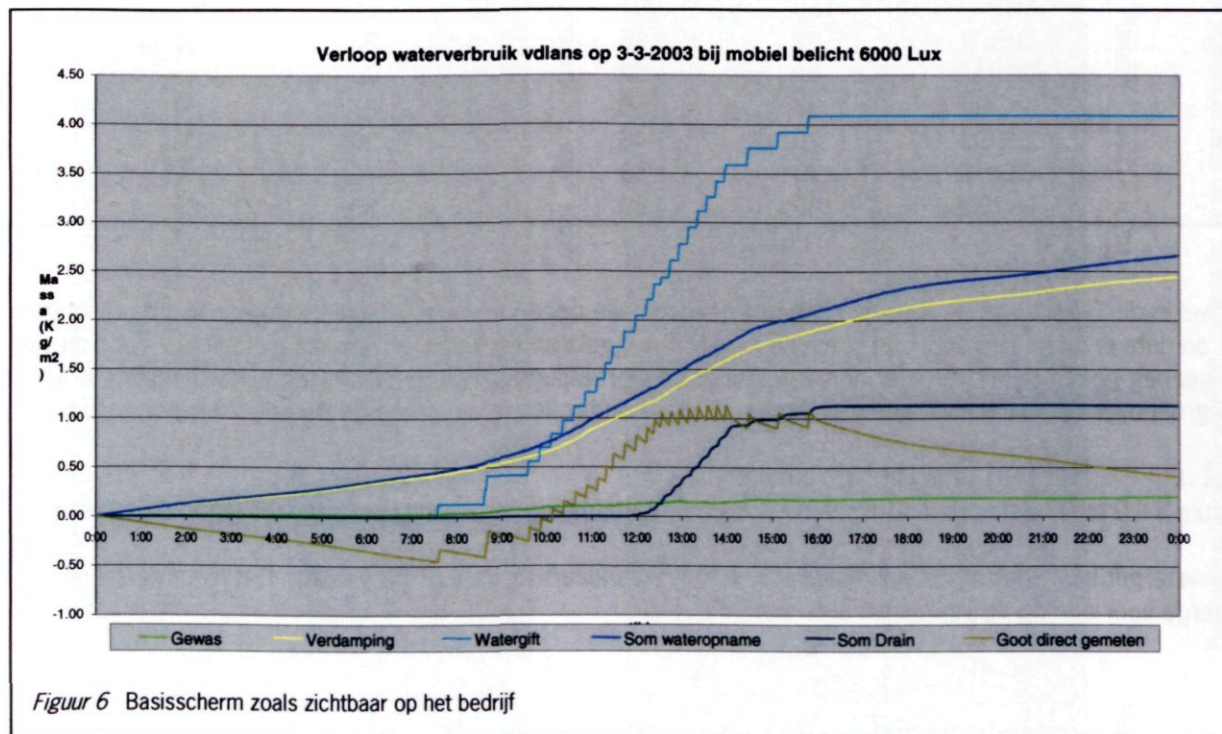
2.4 Het watergeven

De planten kregen water op straling, gecorrigeerd met een centrale drainmeting per kraanvak. Dit betekent dat de drie behandelingen, die al snel uiteenliepen in verdamping, ook op een verschillende manier water naar behoefte ontvingen. Een verschil in aangeboden hoeveelheid water gaat samen met een verschil in aangeboden hoeveelheid voeding.

3 Resultaten

Figuur 6 toont de basisgrafiek. De teeltchef kon deze grafiek voor elk van de drie behandelingen op een scherm volgen (Bijlage 2). Langs de X-as is de tijd uitgezet in 24 uur van de lopende dag, langs de Y-as het gemeten gewicht in grammen per m^2 . De eerste meting betreft het gootgewicht. Het gootgewicht toont een kenmerkend zaagtandpatroon. Dit wordt veroorzaakt door de toegediende druppelbeurten en het er opvolgende verlies aan drainagewater. Een druppelbeurt zorgt voor een sterke gewichtstoename in een zeer korte tijd, meestal 80-120 cc in drie minuten. Na de druppelbeurt verliest het substraat meestal drainagewater, eerst snel maar steeds langzamer druppelt water uit het substraat. Dit veroorzaakt een kenmerkend hol aflopende helling na de steile toename door de gift. In de nachtperiode vóór de eerste druppelbeurt neemt het gootgewicht gestadig af. Dit gewichtsverlies wordt veroorzaakt door de wateropname van de plant. De wateropname van de plant betreft zowel verdamping als wateropname voor vers gewichtstoename. De eerste beurten van de dag, die beginnen tussen 7 en 8 uur, worden geheel in het substraat opgenomen en het gootgewicht neemt hierdoor snel toe. Pas vanaf 12.00 uur begint er kort na een beurt water uit het substraat te lopen. Dit drainagewater wordt opgevangen en gewogen en in de grafiek weergegeven door de drainagelijijn. Deze lijn loopt kenmerkend enkele minuten na op de druppelbeurten en toont een aanvankelijk snel maar steeds langzamer toename tot de volgende beurt. De derde onafhankelijke meting is de gewasgewichtstoename. Deze neemt, in dit geval, bij voortdurend toe.

Uit het gootgewicht wordt de watergift gefilterd. Elke plotselinge gewichtstoename van de goot die niet samengaat met een gewichtstoename van het gewas, wordt als beurt weggeschreven. Zo ontstaat de kenmerkende trapvormige watergift grafiek. Deze grafiek geeft een onafhankelijke controle op de door de computer toegediende hoeveelheid water. Een tweede kruiscontrole heeft het aantal beurten gegeven door de computer en het aantal beurten geteld door de weeggoot. In Figuur 6 wordt vermoedelijk om 12 uur automatisch gespuid hetgeen leidt tot een extra beurt van afwijkende grootte. Vóór 9 uur en na 14.00 uur wordt een andere watergift regeling gebruikt met minder cc/Joule of een verplichte wachttijd.



Uit het gootgewicht wordt de wateropname gefilterd. Zoals in de nachtperiode te zien is neemt het gootgewicht gestadig af. Het sommeren van die gewichtsafname is dus een maat voor de wateropname. Giften en verlies van drainagewater verstoren deze sommatie echter. Daarom wordt door de software het verlies aan drainagewater weer bij het gootgewicht geteld. Nu kan tussen de giften door het gewichtsverlies van de goot verder worden gesommeerd. Tenslotte wordt tijdens de giften een gewichtsverlies verondersteld dat gelijk is aan het gewichtsverlies vlak voor de gift. De som van alle gewichtsverlies is de wateropname.

De wateropname minus de gewasgroei is de verdamping.

3.1 De periodeoverzichten

Het periodeoverzicht voor gift, transpiratie, drainage en groei wordt getoond in Tabel 1. In Figuur 7-10 wordt het verband met de buitenstraling zoals gemeten in dezelfde periode in Naaldwijk getoond en in Figuur 11-13 worden de cumulatieve watergift, verdamping, drain en gewasgroei getoond.

Tabel 1 Verloop van cumulatieve gift, transpiratie, drainage en groei per maand

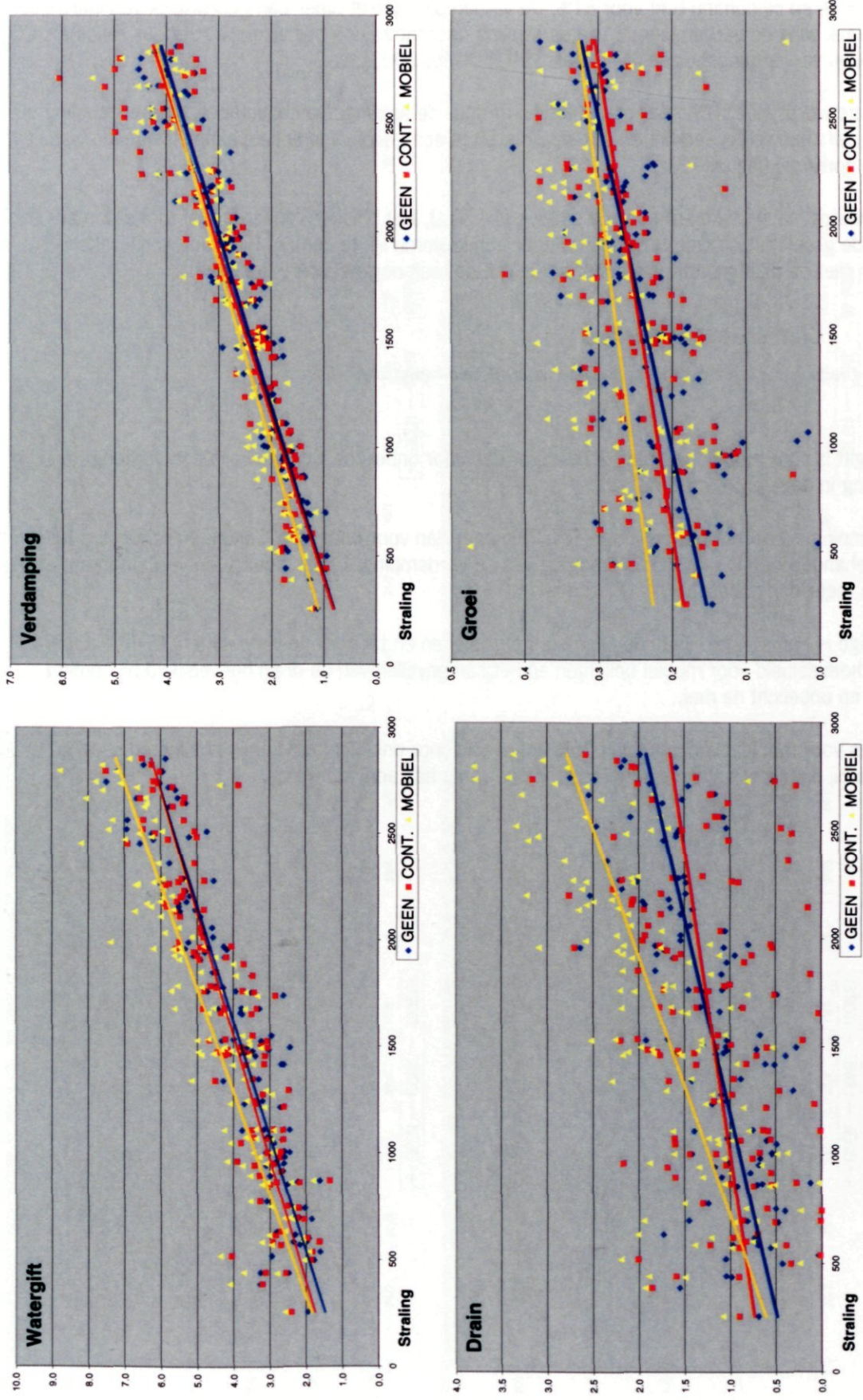
Maand	Belichting	Gift	Verdamping	Gewasgroei	Drain	%drain	Dagen gemeten
Feb	GEEN	20	13	1	6	30%	7
	CONT.	23	12	1	10	43%	7
	MOBIEL	24	16	1	7	29%	7
Mrt	GEEN	74	46	4	23	31%	25
	CONT.	85	48	5	33	39%	25
	MOBIEL	92	54	6	33	36%	25
Apr	GEEN	119	73	7	40	34%	29
	CONT.	123	72	8	43	35%	29
	MOBIEL	135	75	8	58	43%	29
Mei	GEEN	136	85	9	43	32%	31
	CONT.	132	95	9	24	18%	31
	MOBIEL	150	91	10	51	34%	31
Jun	GEEN	82	55	5	23	28%	16
	CONT.	82	52	5	25	30%	16
	MOBIEL	97	56	5	37	38%	16
Jul	GEEN	70	46	5	20	29%	16
	CONT.	73	49	4	18	25%	16
	MOBIEL	86	50	4	33	38%	16

Zowel in de Tabel als in de Figuren is ervoor gekozen alle dagen met een uitschieter in één van de metingen uit de data te laten. Hierdoor zijn soms hele dagen weggelaten vanwege één enkele uitschieter. Toch bleven er genoeg goede data over voor de vergelijking. De werkelijk gegeven cumulatieve gift, verdamping, drain en groei over de beschouwde periode liggen door de ontbrekende dagen hoger dan de grafieken tonen.

3.1.1 Het verband met de straling

Figuur 7-10 tonen het verband tussen de watergift, verdamping, drain en groei uitgezet tegen de straling.

De watergift kan, voor alle behandelingen, voor 80% verklaart worden uit de straling. Dat is een gewone waarde voor een op straling geregelde watergift.



Figuur 7-10 Het verband tussen de watergift, verdamping, drain en groei uitgezet tegen de straling

De verdamping wordt bij de onbelichte behandeling zelfs voor 89% verklaard door de straling. Bij mobiel licht voor 86% en bij continu licht voor 81%. De verdamping wordt beter dan gebruikelijk verklaard door de straling. Vaak wijkt de verdamping af van de straling doordat ze ook beïnvloed wordt door zaken als CO₂, dampdruk en verwarmingsbuizen (De Graaf, 1991; Disco, 2001).

De drainage wordt met 50% maar matig verklaard door de straling. De continu belichte behandeling wordt met 13% zelfs nauwelijks verklaard door straling. Dit is een gevolg van enkele aanpassingen in watergift regime in april/mei (Figuur 13).

De groei wordt matig verklaard door de straling (14-38%). Het bleek in ronde tomaat mogelijk meer dan 70% van de groei met straling te verklaren door een kromme lijn te nemen. Hierdoor wordt rekening gehouden met de plantgrootte, die in het begin van de teelt nog geleidelijk toeneemt.

3.1.2 Cumulatieve grafieken

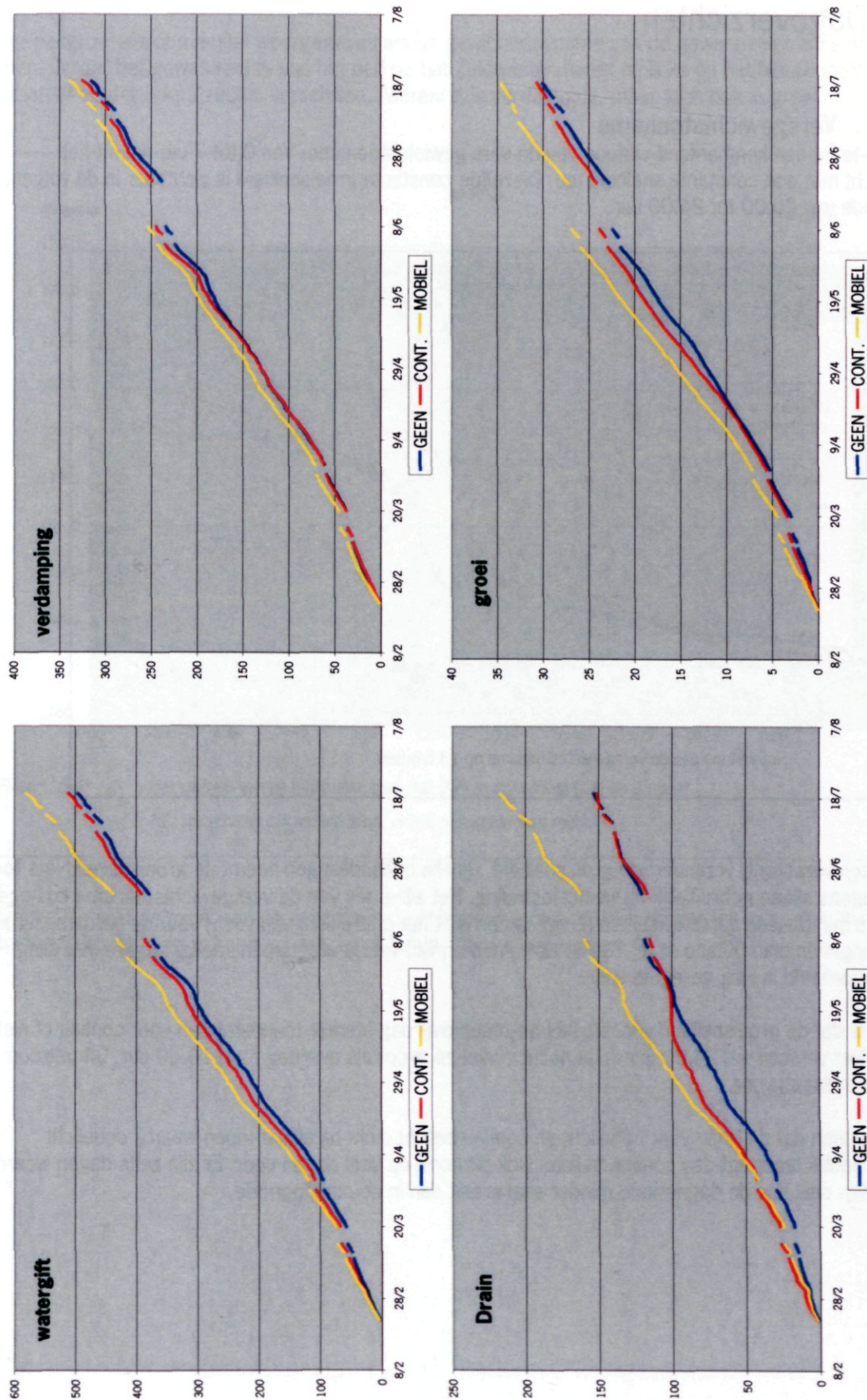
Figuur 11-14 vertoont het verloop van de cumulatieve watergift, verdamping, drain en groei.

De watergift is voor mobiel belichten 20% hoger dan voor onbelicht. Continu belichten verhoogt de verdamping in deze proef met 5%.

De verdamping is voor mobiel belichten zo'n 7% hoger dan voor onbelicht. Continu belichten ligt tussen de andere behandelingen in met 2-5% verhoging van de verdamping. Continu belichten verdampt echter pas vanaf mei meer dan onbelicht.

De drainage is een afgeleide van de twee vorige grafieken en toont de te verwachten 30-40% hogere drainage hoeveelheid voor mobiel belichten en het samenvallen van de drain hoeveelheid bij continu belichten en onbelicht na mei.

De groei is voor mobiel belichten bijna 15% hoger dan voor onbelicht. Bij continu belichten is de groei 1-3% hoger dan bij onbelicht en is dat groeiverschil pas vanaf half april aanwezig.

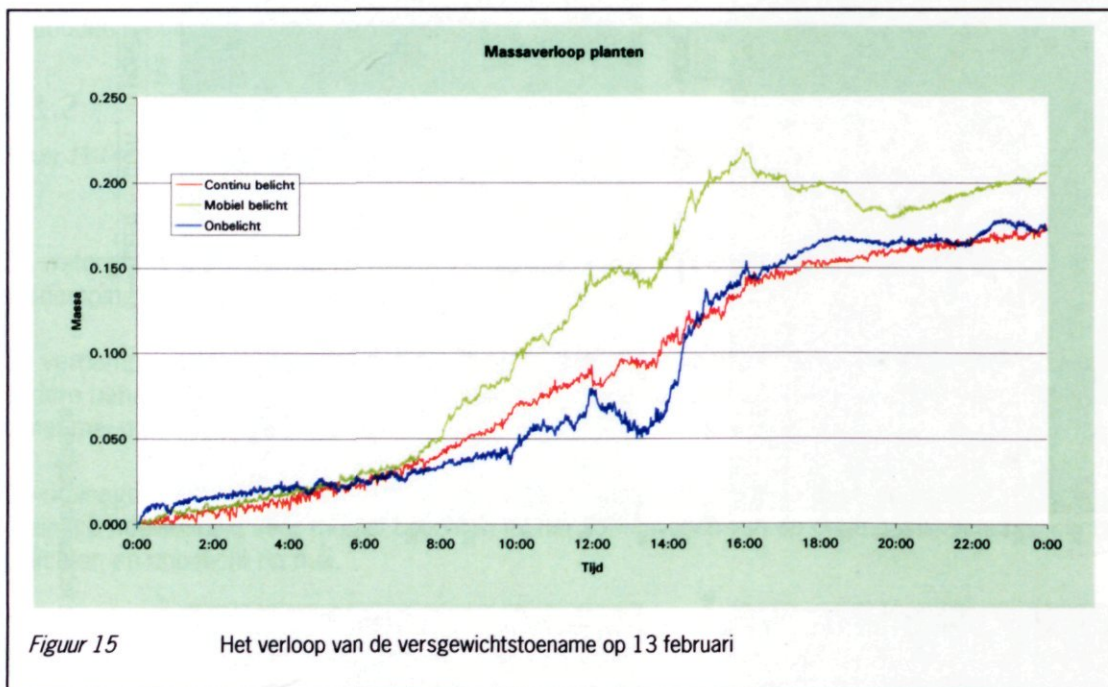


Figuur 11-14 Het verloop van de cumulatieve watergift, verdamping, drain en groei in februari tot augustus

3.2 Dagoverzichten

3.2.1 Versgewichtstoename

Figuur 15 toont een kenmerkend verloop van de vers gewichtstoename. Van 0 tot 7 uur neemt het plantgewicht met een constante snelheid toe. Diezelfde constante groeisnelheid is zichtbaar in de volgende nachtperiode van 20.00 tot 24.00 uur.



Figuur 15 Het verloop van de versgewichtstoename op 13 februari

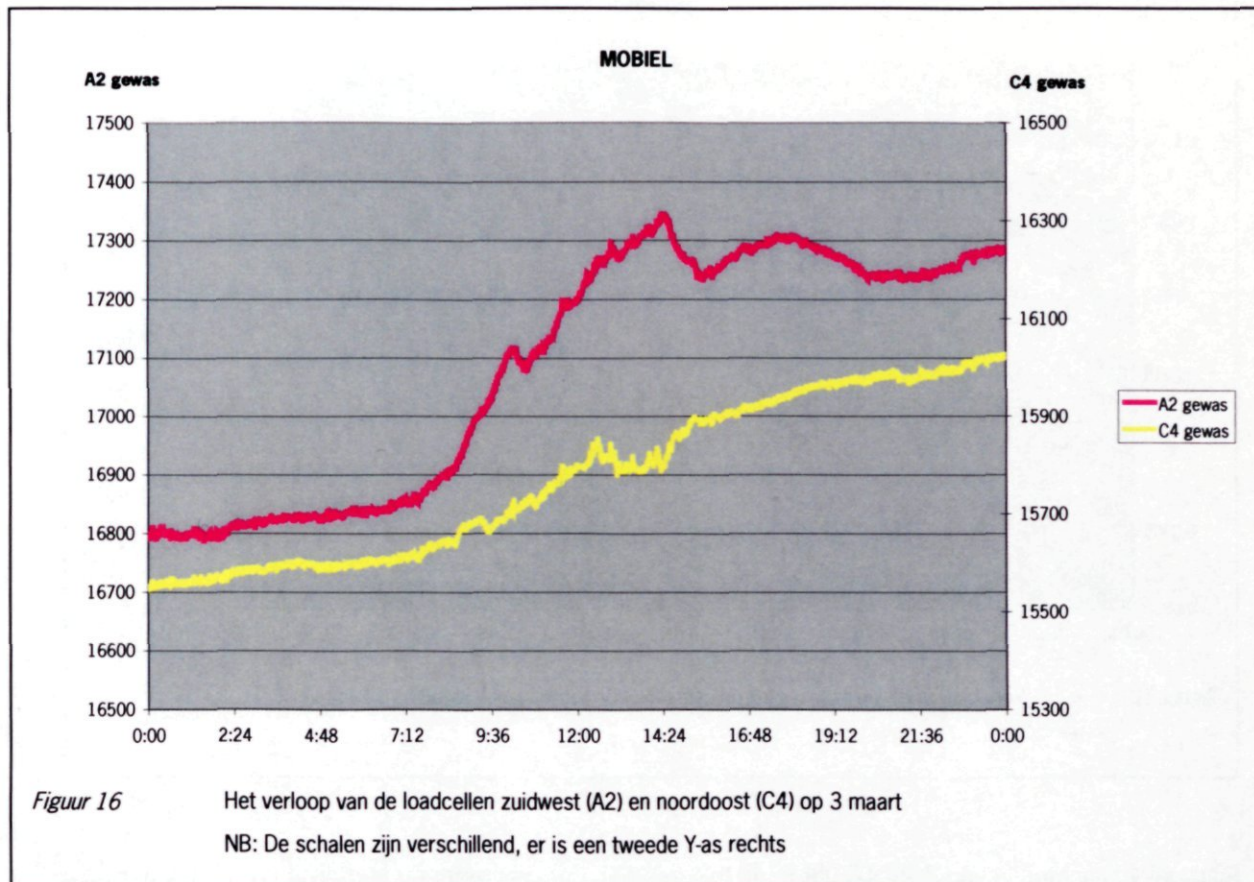
Zodra de zon verschijnt, verandert de groeisnelheid. Bij alle behandelingen neemt de groeisnelheid iets **toe**. Dit is overigens alleen gebruikelijk bij weinig instraling. Het **afnemen** van de versgewichtstoename bij hogere instraling is een bekend verschijnsel en hangt samen met het onttrekken van vocht voor de verdamping aan vrucht, stengel en blad (Kitano et al, 1996). Het afnemen van versgewichtstoename bij hogere instraling kwam, bijvoorbeeld in juni, geregeld voor.

Opvallend is dat de groeisnelheid voor mobiel belichten overdag sterker toeneemt dan voor continu of niet belichten. Het verschil om 24.00 uur in de nacht is niet zo groot als overdag rond 16.00 uur. Dit patroon komt op veel dagen voor.

Verder is te zien dat de lijnen voor onbelicht en continu belicht dicht bij elkaar lopen waarbij onbelicht overdag duidelijk lager ligt dan continu belicht. Ook dit komt op veel dagen voor. Er zijn zelfs dagen waarop onbelicht een deel van de dagperiode minder snel groeit dan in de nachtperiode.

3.2.2 Groei links en rechts

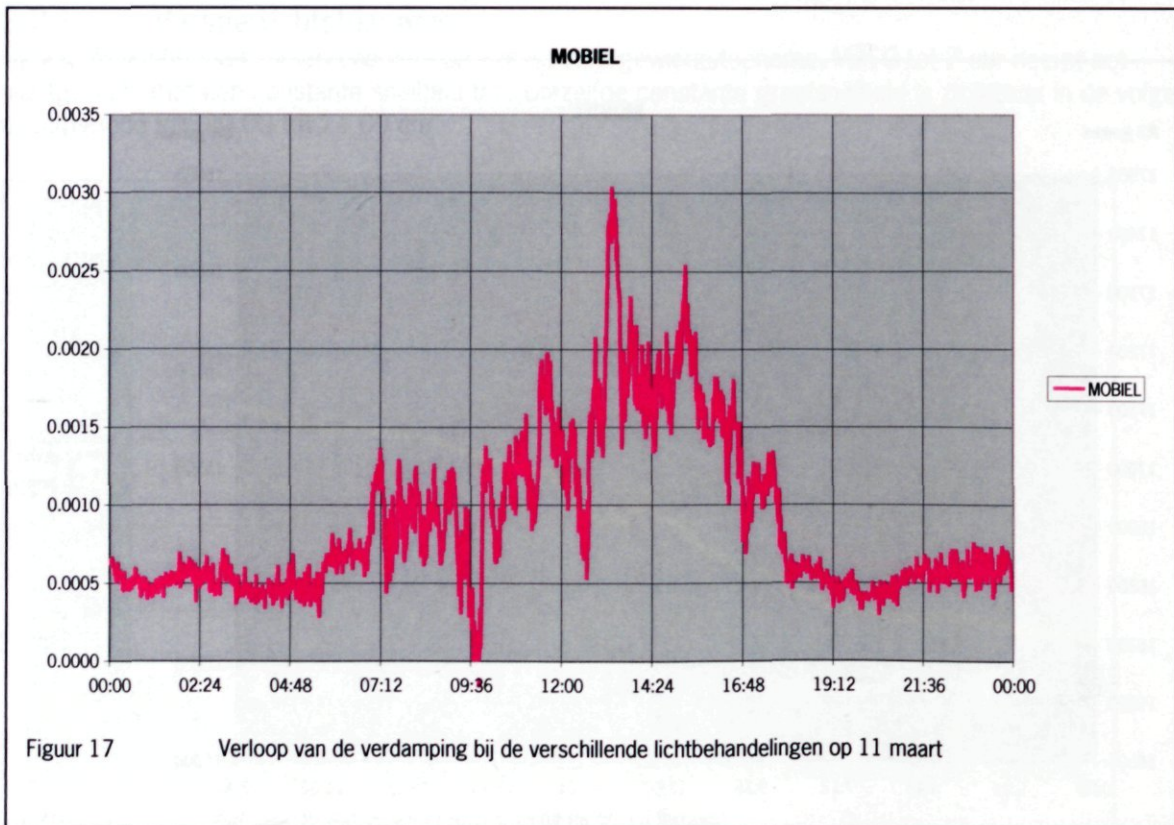
De gewasgroei wordt meestal weergegeven als de gewichtstoename van de gewasbalken links en rechts samen. Omdat het gewas rechts van het pad op het Zuidwesten hangt en links op het Noordoosten, bestaan er echter links / rechts verschillen. Allereerst in verdamping, maar toch ook in groei.



In Figuur 16 blijkt de groei aan de zonzijde in de lichtperiode aanvankelijk sneller toe te nemen dan aan de schaduwzijde. Dit verloop komt op een groot aantal dagen voor (Bijlage 4).

3.2.3 Verdamping door belichten

Van tevoren werd aangenomen dat de verdamping als gevolg van het belichten zichtbaar zou toenemen. Op de meeste dagen bleek dit niet het geval te zijn. Figuur 17 toont een dag waarop wel een patroon zichtbaar is bij de mobiele belichting (Bijlage 5).



Figuur 17 Verloop van de verdamping bij de verschillende lichtbehandelingen op 11 maart

Bij mobiel belichten is van 7 tot 10 uur in de morgen een patroon met een herhaling na 30 minuten zichtbaar. Later op de dag is dit patroon niet goed te onderscheiden van de gebruikelijke snelle verdampfingsveranderingen.

Deze grafiek zit niet standaard in de PPO-software van de weeggoot. Er is gebruik gemaakt van de verdampfingsgegevens per minuut en deze zijn gemiddelde over 25 minuten om de basisruis te verlagen.

De verdamping die wordt weergegeven in de grafiek is berekend door de gewasgroei af te trekken van de wateropname. Omdat de wortels van de planten links en recht bij een V-systeem in hetzelfde substraat zitten, wordt automatisch de verdamping links en rechts tegelijk berekend. Dit betekent dat zowel verschillen in natuurlijk licht als verschillen in assimilatielicht tussen links en rechts worden gemiddeld.

Juist bij mobiel licht bestaat de kans dat de verdamping links van de goot en rechts van de goot elkaars pieken en dalen verdoezelen. De gewasbalken steken links en rechts naar een tegengestelde richting uit (Bijlage 1), omdat de planten aan de ene kant naar de gevel geleid worden en aan de andere kant naar het pad. Het is dus waarschijnlijk dat planten links en rechts op verschillende momenten belicht worden.

3.3 De techniek

PPO had bij aanvang van dit experiment nog geen ervaring met weeggoten in praktijkomstandigheden. Hoewel het niet het doel van dit experiment was de weeggoot te ontwikkelen, zijn er om praktische redenen verschillende zaken aangepast. Hieronder worden volledigheidshalve enkele onderwerpen genoemd die van belang zijn voor het beoordelen van de gegevens.

- **Verstopping.** Om te voorkomen dat algen en vuil de afsluiter voor de drainagepomp hinderen is een standaard leidingfilter voor deze afsluiter geplaatst. Dit filter bleek een bron van verstoppingen, niet alleen door algen, maar ook door bacterieslijm dat in leidingen ontstaat bij hoge temperatuur en weinig druk (Van den Burg, 1996). Uiteindelijk werd het filter weggehaald en werd volstaan met een grof vuil filter op de drainage uitstroom opening in de goot. Dit filter lag zó, dat visuele inspectie mogelijk was. Bovendien is een folie over de matten en de goot getrokken waardoor geen materiaal meer in de goot kon vallen, en tegelijk water niet op de goot kan blijven staan.
- **Temperatuurinvloed.** De groeimeting is gevoelig voor de temperatuurschommelingen van de loadcells. Een kenmerkende gevoeligheid van een loadcell voor temperatuur is 1 gram/C . Op een bijzonder warme dag kan de temperatuur toenemen van 15 tot 40 graden. De afwijking op het heetst van de dag is dan 25-30 gram op een vers gewichtsgroei van 300 gram.
- **Balklengte.** De gebruikte verdubbelde balk bleek te kort om de lengtegroei van het gewas over een heel seizoen op te vangen. Aan het einde van de zomer is daarom verder gemeten aan planten die achteropkwamen.
- **Aanlopen van stengels.** Om te voorkomen dat de stengels tegen de goot aanlopen, is een beugel onder de goot gebruikt voor de stengels van achterop komende planten en een beugel op de goot voor de eigen stengels.
- **Terugkijken.** Het terugkijken over meerdere dagen bleek al snel essentieel voor de tuinder. Er is een meerdaagse viewer gemaakt. Er kan over alle afdelingen gekeken worden. De lopende loadcel.xls wordt eerst afgesloten en na de viewfunctie herstart. Er is een keuze menu voor de zes beschikbare grafieklijnen en een maximum van 7 dagen tegelijk.
- **Beeld groei.** Een groeimeting is het gemiddelde van twee groeibalken, één rechts en één links van de goot. Het is bekend dat vers gewichtsgroei sterk afhangt van de straling. De stralingsinvloed kan, afhankelijk van de padkant, sterk verschillen. Bijvoorbeeld gewasintering kan links en rechts op een verschillend tijdstip vallen. Bij middeling versmeert het beeld dan. Als de gootmeting twee goten per kap betreft, geldt dit ook voor de verdampingsmeting. In nog sterkere mate geldt dit voor het effect van mobiele belichting bij verschuifbare gewasbalken. Het is daarom raadzaam de gewasbalken individueel uitleesbaar te maken.

3.3 - De techniek

De techniek van de experimenten is van belang voor de kwaliteit van de resultaten. Het is belangrijk om te weten welke technieken gebruikt zijn en hoe deze zijn toegepast. Dit is vooral belangrijk bij de interpretatie van de resultaten.

De techniek van de experimenten is van belang voor de kwaliteit van de resultaten. Het is belangrijk om te weten welke technieken gebruikt zijn en hoe deze zijn toegepast. Dit is vooral belangrijk bij de interpretatie van de resultaten.

De techniek van de experimenten is van belang voor de kwaliteit van de resultaten. Het is belangrijk om te weten welke technieken gebruikt zijn en hoe deze zijn toegepast. Dit is vooral belangrijk bij de interpretatie van de resultaten.

De techniek van de experimenten is van belang voor de kwaliteit van de resultaten. Het is belangrijk om te weten welke technieken gebruikt zijn en hoe deze zijn toegepast. Dit is vooral belangrijk bij de interpretatie van de resultaten.

De techniek van de experimenten is van belang voor de kwaliteit van de resultaten. Het is belangrijk om te weten welke technieken gebruikt zijn en hoe deze zijn toegepast. Dit is vooral belangrijk bij de interpretatie van de resultaten.

De techniek van de experimenten is van belang voor de kwaliteit van de resultaten. Het is belangrijk om te weten welke technieken gebruikt zijn en hoe deze zijn toegepast. Dit is vooral belangrijk bij de interpretatie van de resultaten.

De techniek van de experimenten is van belang voor de kwaliteit van de resultaten. Het is belangrijk om te weten welke technieken gebruikt zijn en hoe deze zijn toegepast. Dit is vooral belangrijk bij de interpretatie van de resultaten.

4 Conclusies

Er zijn twee factoren belangrijk genoeg om genoemd te worden als voorbehoud bij het experiment. Het eerste voorbehoud is dat de behandelingen in enkelvoud zijn gemeten waardoor geen statistisch betrouwbare conclusies getrokken kunnen worden. Het tweede voorbehoud is dat het veld continu belicht last heeft van de schaduwwerking van het ketelhuis, waardoor de groei en verdamping in deze behandeling onderschat worden. Toch kan met betrekking tot dit specifieke experiment gezegd worden dat:

1. Het is niet uitgesloten dat mobiel belichten een grotere meerproductie biedt dan continu belichten. Ook lijkt het dagverloop van de versgewichtstoename anders te verlopen.
2. Bij belichten is de versgewicht productie in de periode februari tot juli met 5-20% hoger.
3. Bij belichten is de verdamping in de periode februari tot juli met 2-7% hoger.

4.1.1 De productie

De productie is bij mobiel belichten niet alleen hoger, maar de daggrafieken van groei verlopen ook anders. De versgewichtstoename verloopt aanvankelijk sneller dan bij de andere behandelingen (Figuur 15). Ook de planten op de zuidwest richting vertonen **bij mobiel belichten** in de ochtend een snellere versgewichtstoename dan die aan de noordoostkant. In vervolgonderzoek moet blijken of een tijdelijk hoog lichtniveau de plant aanzet tot inwendige aanpassingen en of dit de productie kan verhogen. Het zou kunnen betekenen dat een mobiel belichte plant gemakkelijker hoge buitenlichtniveaus aankan. Het verdient aanbeveling de gewasweging in de software gescheiden te houden, zodat de groei links / rechts direct in grafiek verschijnt. Voor onderzoek zou overwogen kunnen worden de goot te splitsen in een linker en rechter deel om de verdamping ten gevolge van langskomend mobiel licht nauwkeurig te meten.

4.1.2 De lampen

Er is in de zomer belicht, maar niet op een vaste regeling. Handmatig is de belichting op donkerdere momenten ingezet. Uit de gegevens blijkt dat verdamping en productie in die periode toch positief beïnvloed werden. Dit kan niet helemaal worden toegeschreven aan de belichting in die maand zelf. De plantopbouw zal in voorgaande maanden al beïnvloedt zijn, mogelijk door de belichtingsverschillen in buitenlichtniveau of assimilatiebelichting.

In deze proef is niet vastgelegd wanneer de lampen aan en uit gingen. Dat is voor een goede interpretatie belangrijk want de standaard regelingen zijn lang niet elke dag toegepast.

De lampen hingen bij continu belichten boven het gewas, en bij mobiel belichten boven het pad. Onder andere omdat de planten bij het V-systeem schuin vanonder naar boven lopen, heeft de plaats van de lamp invloed op de doordringing diepte van het licht. Bij bewegende lampen verandert bovendien de belichtingshoek van een plant waardoor minder vaste schaduwplekken overblijven. Deze aspecten van belichten verdienen verder onderzoek in klimaatkamers bij onderzoeksinstellingen.

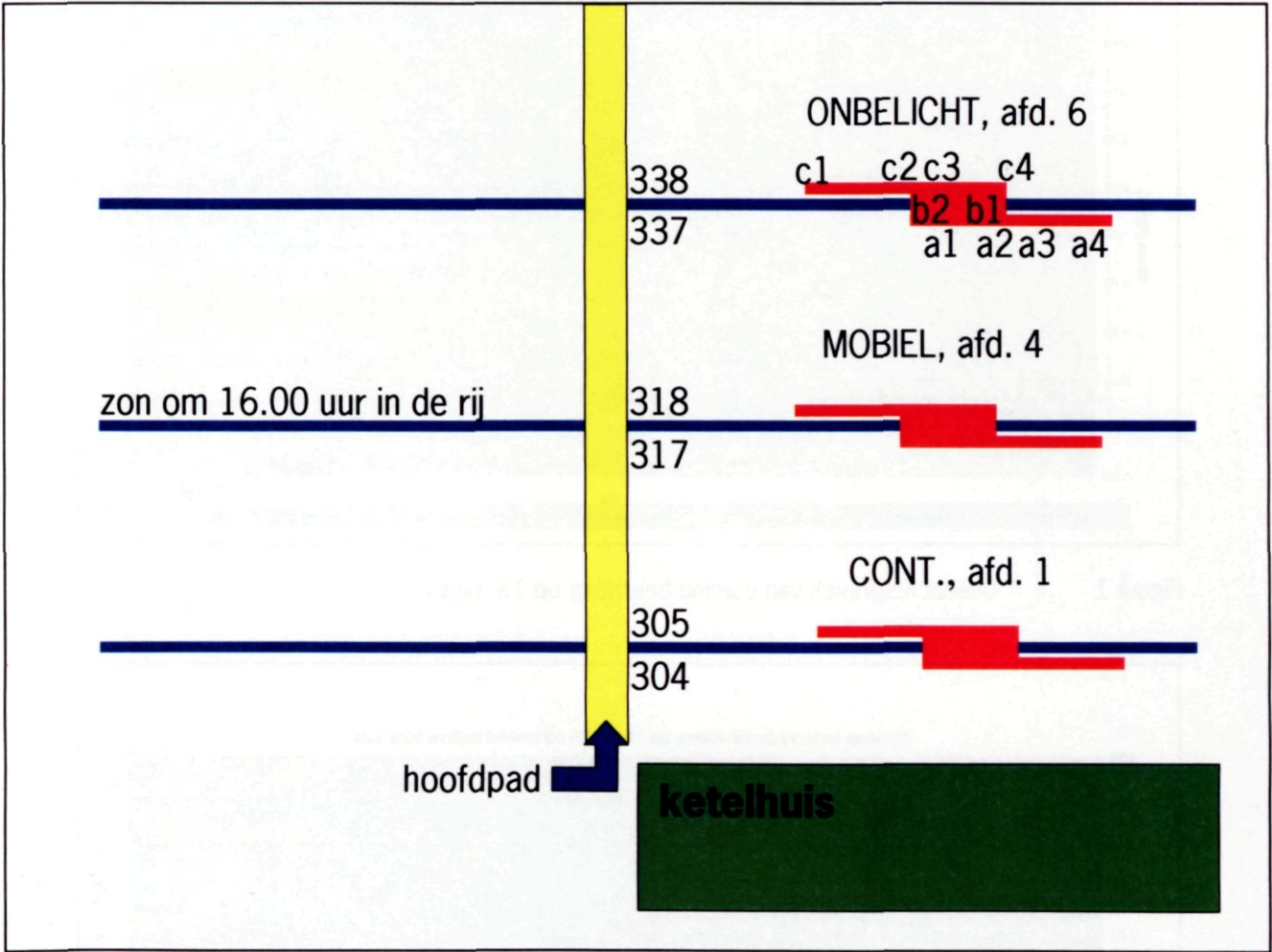
4.1.3 De techniek

De krachtopnemers zijn gedurende het eerste deel van de proef (zie foto) niet afgeschermd van zonnestraling. Dit leidt tot een temperatuurafhankelijke afwijking tot 30 gr per vierkante meter. Op etmaal basis verandert hierdoor niets aan de gegevens, maar op uurbasis wordt de groeimeting beïnvloed. Inmiddels heeft het PPO hiervoor een installatieprocedure en een temperatuurcompensatie ontwikkeld (Rijpsma, 2004).

Literatuur

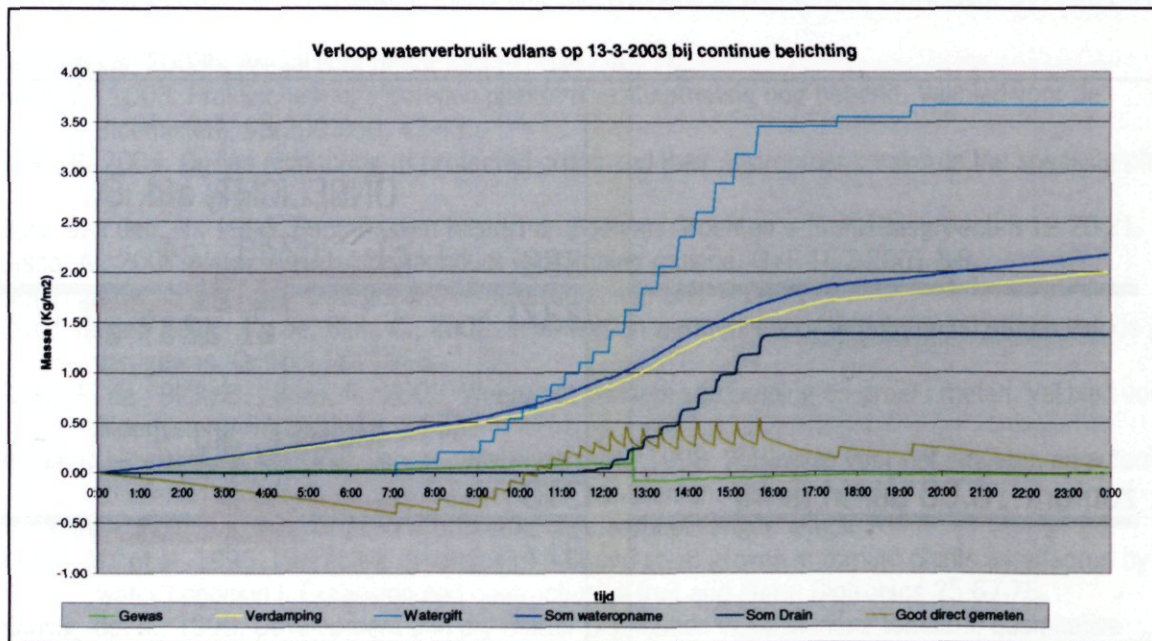
- Anonymous, 2003a. Mobiel groeilicht. Belichting alleen lonend in vegetatieve gewassen. G+F, 23-05-03, 28.
- Anonymous, 2003b. Areaal licht breidt fors uit. G+F, 40, 16.
- Baas, R., 2003. Praktische mogelijkheden planttemperatuurmeting nog beperkt. Vakblad voor de Bloemisterij, 58(2003)50, 42-43.
- Baas, R. 2004. On-line monitoring of protected crops and their environment: towards the speaking plant? Act Hort. In print.
- Burg, van den, N., 1996. Bacterieslijm teistert druppelaar. Groenten + Fruit/Glasgroenten 12 20-21.
- Disco, A., 2001. Verschil in dampdruk houdt verdamping gaande. G+F 16-3-2001 8-9.
- Graaf, R., de, 1991. Hoog CO₂-gehalte remt verdamping. G+F 4 70-71.
- Graaf, R. de ; Gelder, A. de, Blok, C., 2002. Inrichting en werkwijze voor het meten en sturen van de groei van gewas. Octrooi 1021856.
- Graaf, R. de ; Blok, C. ; Baas, R., 2003. Weeggoet verklaart verdamping en groei : meten. Vakblad voor de Bloemisterij. 58(2003)29, 34-35.
- Heida, R., Rodenburg, M., Driel, van, B., Wezenberg, H., 1998. Werkwijze voor het inrichten en automatisch toedienen van vloeibare voedingsmiddelen aan planten. Octrooi 1008977.
- Jakupaj-de Snoo, E., 2003. Lopend licht breekt standaardopbrengst. Oogst
- Kitano, M., et al 1996. Interactive dynamics of fruit and stem growth in tomato plants as affected by root water condition I. Expansion and contraction of fruit and stem. Biotronics 25 67-75.
- Koning, de, A., 1990. Development and dry matter distribution in glasshouse tomato: a quantitative approach. Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.
- Li, Y.L., 2000. Analysis of greenhouse tomato production in relation to salinity and shoot environment. Thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands
- Rijpsma, E.C. 2004. Ontwikkeling toepasbare temperatuurcompensatie voor gewichtsmeting van loadcellen. PPO Publication in print, Wageningen, The Netherlands.
- Spelt, J., 1998. Automatic watering device for potted plants. Octrooi 6161329.
- Stanghellini, C., Blok, Chr., Esmeijer, M., Kempkes, F., 2003. Strategieverkenning verdamping. Verlaagde verdamping als middel om energie te besparen. PPO GT13056, Wageningen, The Netherlands.
- Visser, P., 2003. Eensgezinde visie ontbreekt bij belichten. G+F, 19, 24-25.

Bijlage 1 Plattegrond

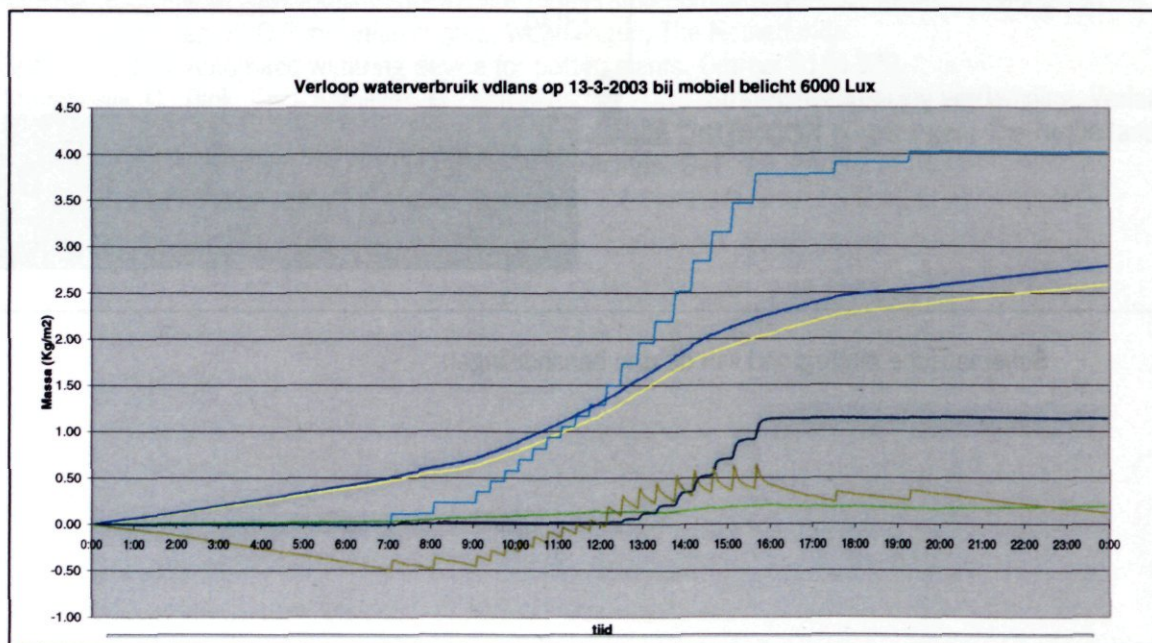


Figuur 1 Schematische plattegrond van de drie behandelingen

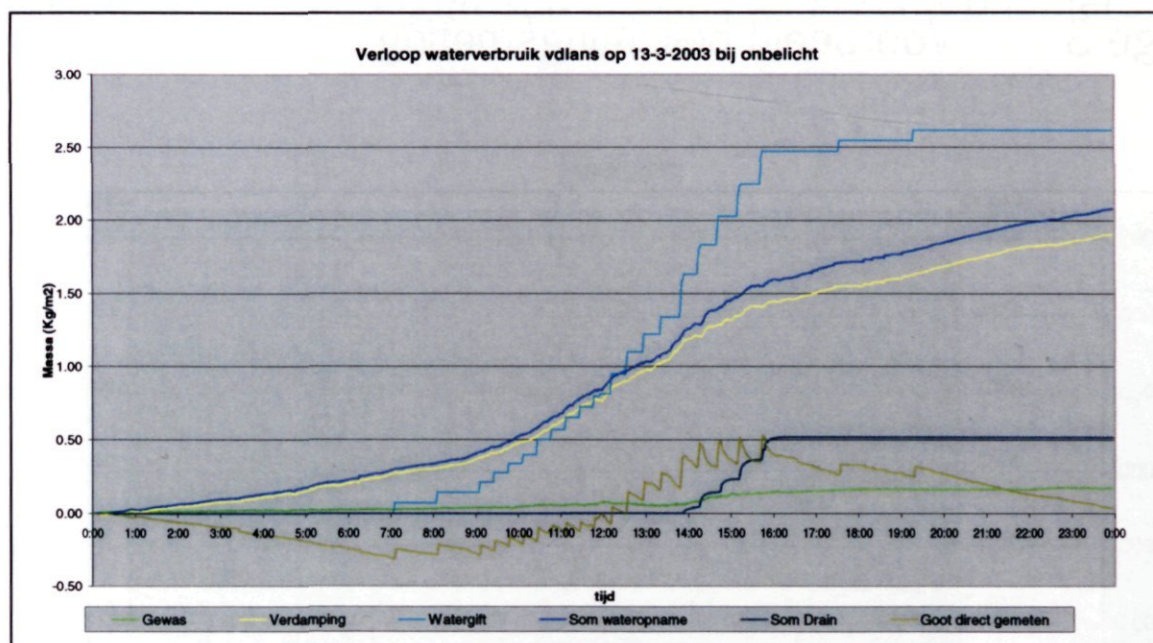
Bijlage 2 Voorbeelden dagoverzichtsgrafieken



Figuur 1 Overzichtsgrafiek van continu belichting op 13 maart.

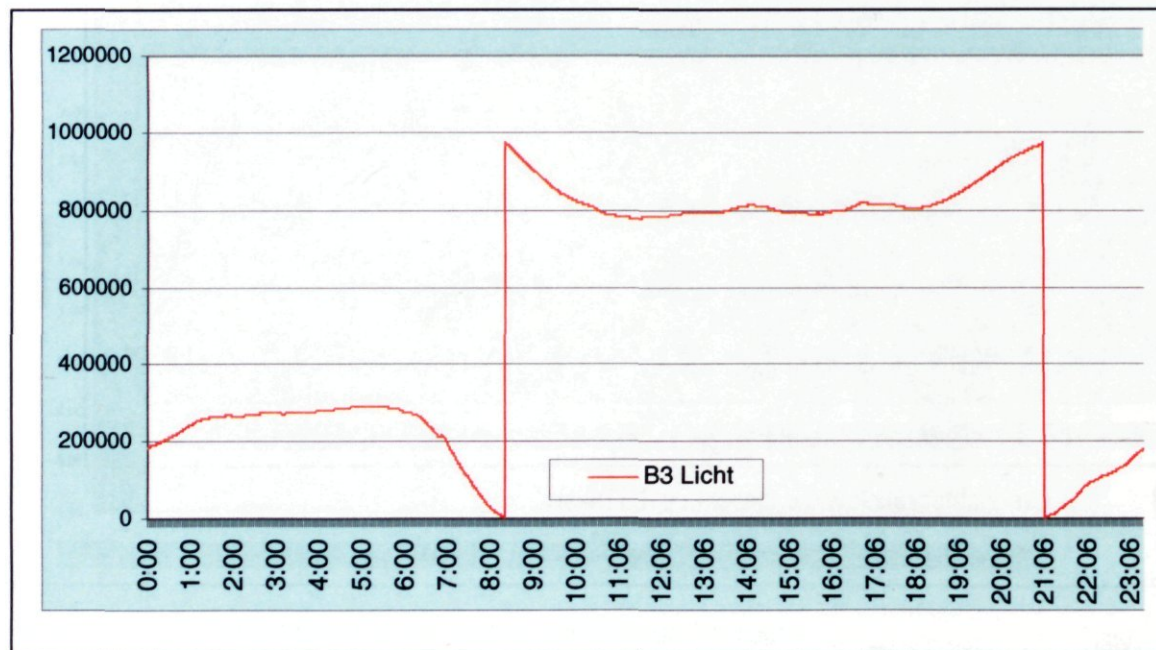


Figuur 2 Overzichtsgrafiek van mobiele belichting op 13 maart.



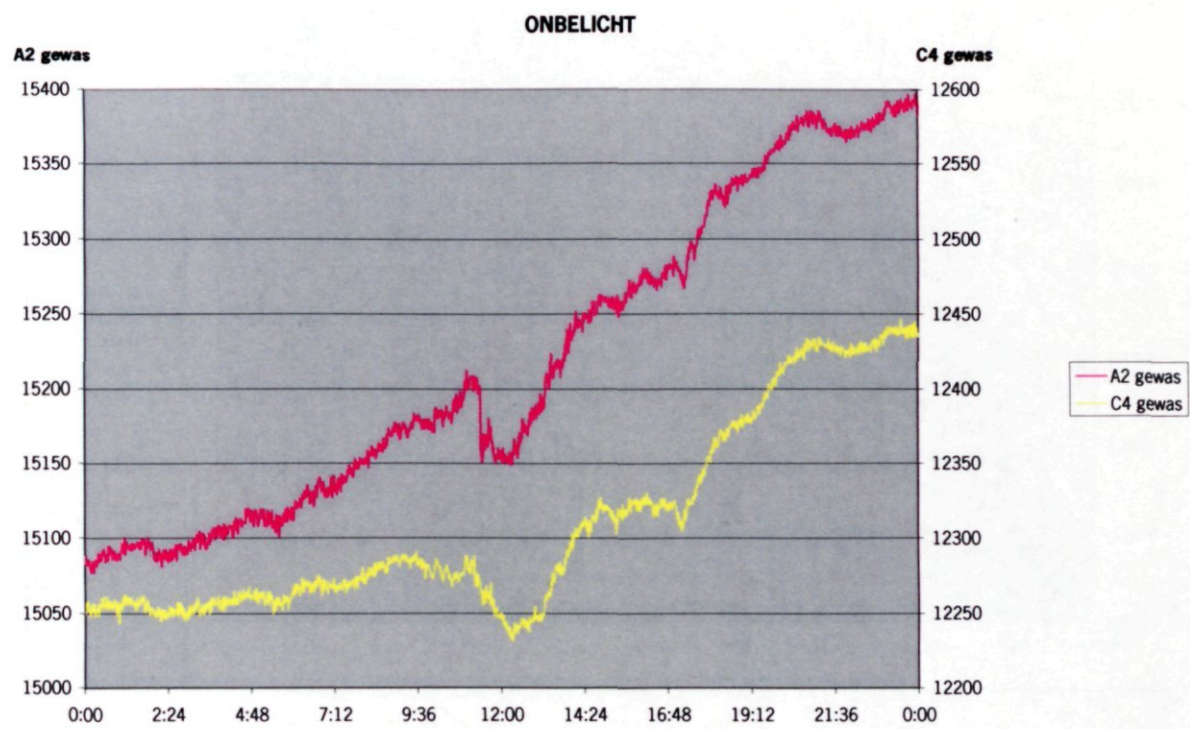
Figuur 3 Overzichtsgrafiek van onbelicht op 13 maart

Bijlage 3 Voorbeeld belichtingsmeting

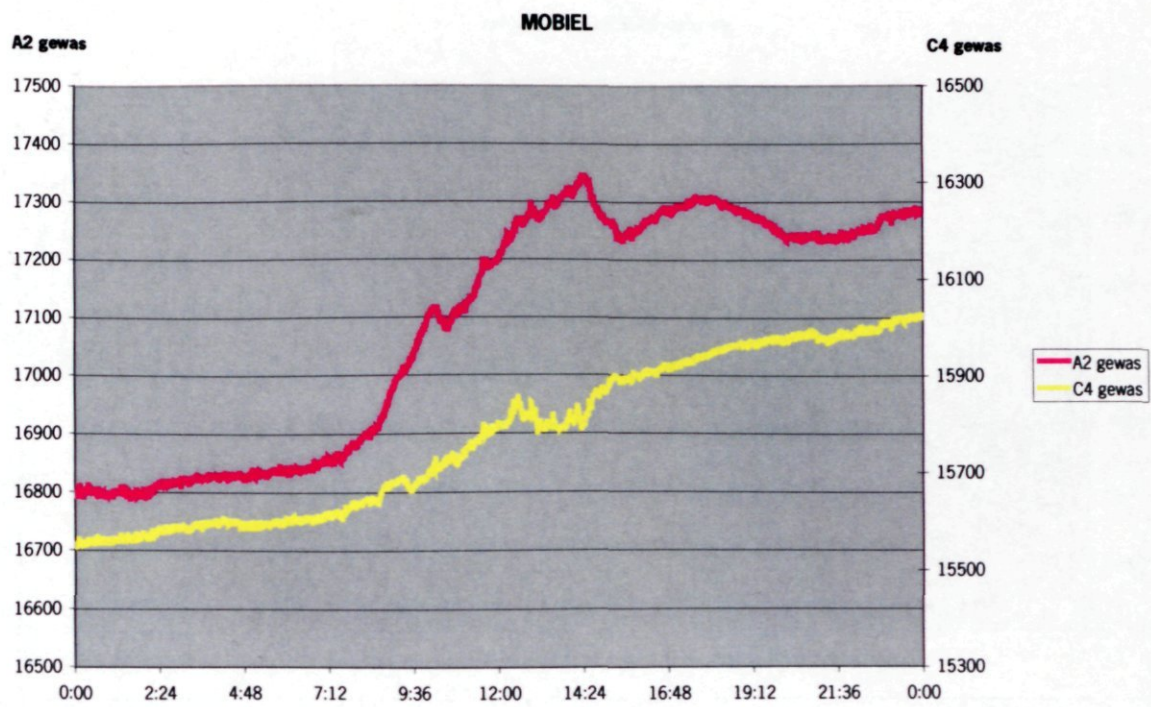


Figuur 1 Lichtmeting op 10 juli.

Bijlage 4 Metingen aan individuele krachtopnemers

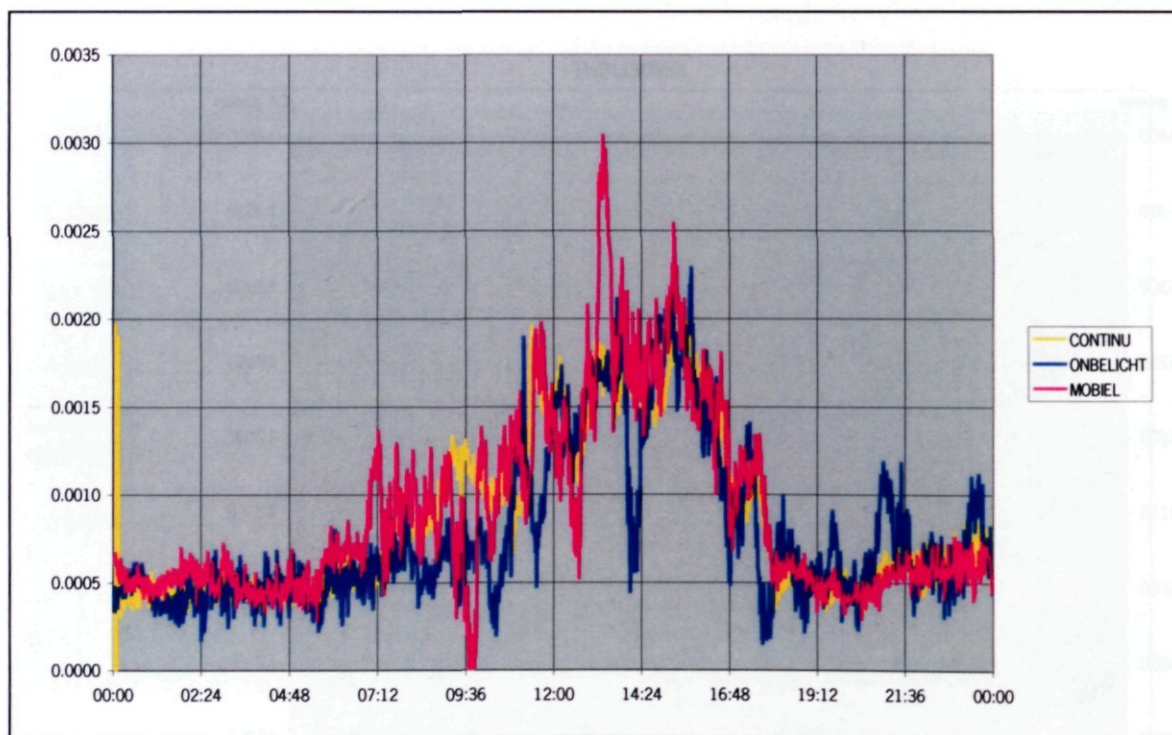


Figuur 1 Meting links en rechts bij onbelicht op 7 maart

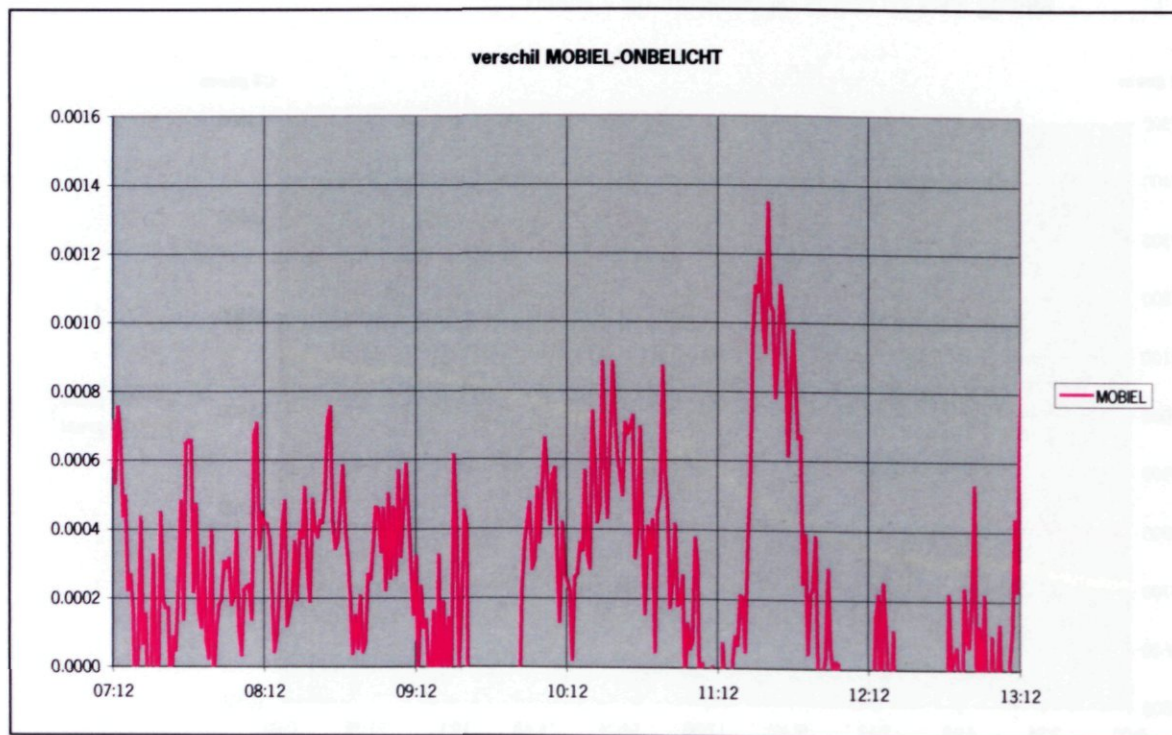


Figuur 2 Meting links en rechts onder mobiel licht op 3 maart

Bijlage 5 Voorbeelden dagverdamping



Figuur 1 Verdampingsmetingen op 11 maart



Figuur 2 Verschil tussen de verdamping bij MOBIEL en bij ONBELICHT op 11 maart, 7-13 uur