

Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland  
 Linnaeuslaan 2a  
 1431 JV Aalsmeer  
 Tel. 02977 - 52525  
 Fax. 02977 - 52270

ISSN 0921-710X

## OPTIMAAL BELICHTEN

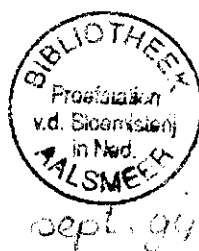
### Effecten van assimilatiebelichting op opbrengsten en kosten bij roos

Rapport 188

Prijs f. 10,-



ISSN = 594221



juli 1994

Ir. E. van Rijssel  
 Dr.ir. J. Vogezang  
 Ing. G. van Leeuwen  
 Ing. A. van de Wiel

E.(Ernst) van Rijssel en J.(José) Vogezang zijn werkzaam bij het Proefstation voor de Bloemisterij in Nederland, te Aalsmeer

G. (Geo) van Leeuwen is werkzaam bij de Proeftuin Noord-Nederland, te Klazienaveen Gantel 12, 7891 XA Klazienaveen

A.(Anja) van de Wiel is werkzaam bij de Proeftuin Noord-Limburg, te Horst Dr. Droessenweg 11, Postbus 6077, 5960 AB Horst

Rapport 188 is te bestellen door het storten van f. 10,- op girorekening 174855 ten name van Proefstation Aalsmeer, onder vermelding van: 'Rapport 188 Optimaal belichten'.



## INHOUDSOPGAVE:

<b>SAMENVATTING</b>	<b>1</b>
<b>1. INLEIDING</b>	<b>3</b>
<b>2. MATERIAAL EN METHODEN</b>	<b>5</b>
2.1. Proefopzet regionale proeftuinen Horst en Klazienaveen	5
2.2. Belichtingsstrategie	5
2.3. Analyse methode	6
2.4. Economische uitgangspunten	6
<b>3. RESULTATEN</b>	<b>9</b>
3.1. Effect van belichting en onderstam op de struikopbouw	9
3.2. Resultaten ten aanzien van de productie	9
3.2.1 Effect belichtingsintensiteit en daglengte, op de productie	11
3.2.2. Effect belichtingsintensiteit en daglengte, op de productie per belichtingsseizoen	15
3.2.3. Effect belichtingsintensiteit en daglengte, op de productie per periode	15
3.2.4 Seizoens-effecten in de productie door de variatie in natuurlijk (zon)licht	16
3.2.5 Effect belichtingsintensiteit en daglengte, op houdbaarheid, witaantasting	19
<b>4. ECONOMISCHE EVALUATIE VAN ASSIMILATIEBELICHTING</b>	<b>21</b>
4.1 Opbrengsteffecten assimilatiebelichting per periode	21
4.2 Kosten van assimilatiebelichting	22
4.2.1 Investeringskosten in de belichtingsinstallatie	22
4.2.2 Gebruikskosten belichtingsinstallatie	24
4.2.3 Warmteoverschotten en energiekosten	24
4.2.4 Winstmogelijkheden	25
<b>5 DISCUSSIE</b>	<b>27</b>
5.1 De struikopbouw	27
5.2 Daglengte- en lichtsom-effecten	27
5.3 Milieueffecten van assimilatiebelichting	29
<b>6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>31</b>
6.1 Conclusies	31
6.2 Aanbevelingen	32
<b>7 LITERATUUR</b>	<b>33</b>
<b>BIJLAGEN</b>	
Bijlage 1: Overzicht gevonden productie-effecten per periode	
Bijlage 2: Rekenprogramma kosten en opbrengsten van assimilatiebelichting	
2a: Uitgangspunten	
2b: Investeringsbedragen en kosten assimilatiebelichting	
2c: Berekening optimale belichtingssituatie	

## SAMENVATTING

Assimilatiebelichting wordt in steeds grotere omvang toegepast in kassen. Onder andere bij roos wordt belichting meer regel dan uitzondering vanwege internationale concurrentie en een meer gelijkmatige arbeidsbehoefte door het jaar heen. Meer inzicht is gewenst in het optimaal gebruik van de installatie in het kader van de effecten op bedrijfsrendement en milieubelasting.

Op twee Regionale Onderzoek Centra, te weten de proeftuinen in Horst en Klazienaveen zijn de effecten van de belichtingsintensiteit en daglengte onderzocht. De effecten op struikopbouw, kilogram- en stuksproductie zijn gemeten, bij de grootbloemige cultivar Madelon 'Ruimeva', geteeld op steenwol. Er is uitgegaan van stentlingen op drie geselecteerde onderstammen naast plantmateriaal op eigen wortel.

De struikopbouw in het eerste jaar, en de uitzwaring van de struiken in het tweede jaar, reageren niet op de belichting. Verschil in onderstam had wel enig effect op de struikopbouw doch het toepassen van een onderstam had geen positief effect op het totaal aantal grond- en broekscheuten, noch op de produktie van biomassa (stuks maal takgewicht) of stuks. Wel is er een opmerkelijk verschil in struikopbouw geconstateerd tussen de twee proefflocaties (wellicht als gevolg van de knipmethode). Het diep terugknippen van de grondscheuten gaat samen met een duidelijk groter aantal grond- en broekscheuten, die dan wel duidelijk dunner zijn. Diep terugknippen gaat echter niet samen met een systematisch hoger produktie. Met diep terugknippen wordt de kwaliteit van de takken duidelijk zwaarder doch via een compensatie in het aantal geoogste takken per m<sup>2</sup> is er nauwelijks tot geen effect op de biomassa-produktie.

De biomassa-produktie (stuks maal takgewicht) en de stuksproduktie reageren duidelijk op licht, zowel op assimilatiebelichting als op de variatie in zonlicht door het jaar heen, de reactie volgt op ongeveer 4 weken na het vermeerderen of verminderen van de lichthoeveelheid. Door het werken met vier weekse produktiecijfers is het nauwkeuriger vaststellen van de reactietijd vanuit de beschikbare gegevens niet mogelijk. De reactie op belichting valt uiteen in twee effecten, er is een positief effect van de ontvangen lichtsom op de produktie van zowel biomassa als stuks en een negatief effect van de daglengte op de biomassa-produktie en terug te voeren op een lager takgewicht (geen kortere taklengte).

De effecten van belichting zijn niet gedurende het gehele jaar gelijk. De variatie van effect van belichting op produktie door het jaar heen is het beste te bepalen aan de reactie van de biomassa-produktie. In het najaar, in de produktie van de vier weekse perioden 10, 11 en 12, is er een duidelijk aantoonbaar, doch beperkt, positief effect van de ontvangen lichtsom op de biomassa-produktie in de volgende periode (gemeten als gr/kwh opgenomen vermogen) en een beperkt, nauwelijks aantoonbaar negatief effect van de daglengte (gemeten als gr/m<sup>2</sup>) die is terug te voeren op het takgewicht. In winter en voorjaar, de produktie van de perioden 13, 1, 2, 3 en 4, komen beide effecten sterker naar voren. De produktie in de zomer, de perioden 5 tot en met 8, ligt voor alle behandelingen op hetzelfde niveau. De verschillen in produktie vallen reeds weg nog voordat gestopt wordt met belichten. Door de variatie in takgewicht van seizoen tot seizoen wisselt de invloed van belichting op de stuksproduktie tussen de diverse vier weekse perioden. Als het takgewicht het laagst is, midden in de winter, is de invloed van belichting op de stuksproduktie het grootst.

Het negatieve effect van een lange dag op het takgewicht wordt mogelijk veroorzaakt door een hogere kasttemperatuur in de langdurig belichte vakken. In de proefopzet was het namelijk niet mogelijk om met de kasttemperatuurregeling in te spelen op de daglengte. Een mogelijke tweede oorzaak ligt in de sluiting van de huidmondjes 's nachts, die bij Madelon 'Ruimeva' verstoord wordt door een te korte donkerperiode. De verstoorde reactie van de huidmondjes komt ook tot uiting in een zeer hoge wateropname van de geoogste tak op de vaas met een groter risico op een

beperkte houdbaarheid tot gevolg.

Het wegvallen van produktieverschillen tussen de behandelingen in de zomer is wellicht het gevolg van de teeltmethode, waarbij het gewas in het voorjaar ver naar beneden wordt teruggeknipt en daarna weer opgebouwd. De produktie ligt in deze perioden op een relatief laag niveau gezien de beschikbare hoeveelheid (zon)licht.

De kosten van belichting zijn hoog, er is een forse investering nodig in de belichtingsinstallatie en in de aansluiting op het elektriciteitsnet danwel in een eigen warmte-kracht installatie. De kosten van de investering kunnen in veel gevallen voor een deel worden gecompenseerd door een vergoeding voor een piekurencontract. Dit houdt in dat tijdens piekuren de stroomlevering wordt gestaakt c.q. de opgewekte stroom wordt geleverd aan het openbare net. Bij eigen stroomopwekking kunnen de gebruikskosten (energie) beperkt blijven zolang de beschikbare warmte nuttig kan worden aangewend. Dit vergroot de mogelijkheden om op een economisch voordelige manier te belichten en daarmee om de terugverdientijd van de installatie te beperken. Een warmtebuffer vergroot de mogelijkheden voor nuttige aanwending van opgewekte warmte. Optimaal belichten betekent: belichten met eigen stroomopwekking, beperkt houden van de belichtingsintensiteit tot ongeveer 1 lamp op 12 m<sup>2</sup> om het ontstaan van warmteoverschotten te beperken en het zo ver mogelijk opvoeren van het aantal branduren vanaf

1 september tot eind maart. 's Zomers doorgaan met belichten is niet zinvol vanwege het ontbreken van (grote) effecten op de produktie, de lage prijs van de roos en de hoge (energie)kosten door overproduktie van warmte. Overdag doorgaan met belichten bij een hoge instraling is zeer waarschijnlijk om dezelfde redenen niet aan te bevelen. Met deze belichtingsstrategie op een kasoppervlak van 1 ha wordt de investering in de installatie(s) in ongeveer 4 jaar terugverdiend. Een stijgende gasprijs heeft nauwelijks effect op de te voeren belichtingsstrategie, wel loopt de terugverdientijd van de belichtingsinstallatie op, met name bij toepassing van belichtingsintensiteiten hoger dan 1 lamp op 12 m<sup>2</sup>.

Bij gebruik van elektriciteit van het openbare net treden er minder snel warmteoverschotten op. Dit vergroot de mogelijkheden om de lichtintensiteit verder en daarmee het produktiepeil in de winter verder op te voeren. Een tarief van 15 ct/kwh is echter zo hoog dat de terugverdientijd oploopt tot meer dan acht jaar.

Uit oogpunt van milieubelasting (energierendement) biedt de toepassing van assimilatiebelichting met een beperkte intensiteit mogelijkheden. Belichting in combinatie met eigen stroomopwekking verhoogt weliswaar het energieverbruik per m<sup>2</sup> enigszins, maar verhoogt het aantal rozen per m<sup>3</sup> in het winterhalfjaar aanzienlijk. Toepassing van belichting op momenten dat de warmte niet nuttig is aan te wenden heeft een sterk negatief effect op het aantal geproduceerde rozen per m<sup>3</sup> gas. Bij belichting met stroom van het openbare net wordt in de elektriciteitscentrale veel warmte verspild, zodat gedurende het hele jaar het energierendement wordt verlaagd.

## 1. INLEIDING

Assimilatiebelichting wordt met een steeds grotere omvang toegepast in kassen, momenteel op ruim 1000 ha. De belichting hangt met name boven snijbloemen (68%, bij roos 55%, overige snijbloemen 13%), potplanten (13%) en boven jonge planten (17%) (CBS-strukturenquête 1992). Op de produktiebedrijven wordt assimilatiebelichting toegepast om in de wintermaanden de produktie op te voeren en om een betere kwaliteit te kunnen leveren. Er wordt belicht met een intensiteit van 5,75 tot 7 Watt/m<sup>2</sup> groeilicht (2500 tot 3150 Lux) op gewashoogte. Hiermee wordt aanvullend aan de dag belicht tot een daglengte van 16 tot 18 uur. Overdag wordt bijbelicht afhankelijk van de lichtintensiteit buiten. De ondernemer krijgt een meer gelijkmatige verdeling in de arbeidsbehoefte door het jaar heen, profiteert beter van de hoge prijs in de wintermaanden en kan de (buitenlandse) concurrentie beter weerstaan. De plantenopkweekbedrijven reageren op de wens van de afnemer om een zwaardere (belichte) plant te leveren voor een hogere prijs. De kosten van assimilatiebelichting zijn hoog, de benodigde investering in lampen, armaturen en bekabeling is fors, en ook het verbruik aan energie (elektriciteit) is hoog. Om de stroomprijs laag te houden hebben 30% van de ondernemers, met in totaal 57% van de oppervlakte assimilatiebelichting, een Warmte-Kracht (WK) installatie geplaatst, waarbij men tevens de vrijkomende warmte benut voor de kasverwarming (IKC-informatie 3, 1994: CBS-strukturenquête 1992). Deze combinatie kan bij roos (cultivarafhankelijk) leiden tot een hogere energie-efficiëntie dan bij onbelicht telen.

Momenteel wordt met name discussie gevoerd over de periode dat belichten zinvol is, het gehele jaar door of alleen in de winter, de gewenste intensiteit van belichten en het effect van een donkerperiode in de nacht.

Een geheel andere activiteit is het werk van de Stichting Ter Verbetering van Uitgangsmateriaal kasRozen (STUR) die in combinatie met de Landbouwuniversiteit werkt aan de selectie en uitgifte van genetisch uniforme, onderstamklonen. Van de reeds uitgegeven klonen zoals Multic, Ludiek en Sturdu zijn er enkele in dit onderzoek getoetst.

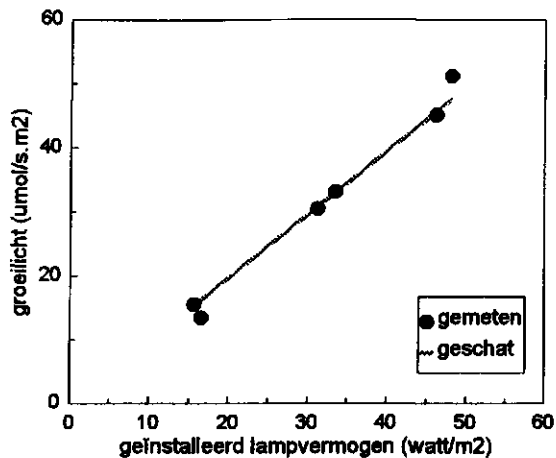
Doel van dit onderzoek is om het economisch optimum te bepalen voor het gebruik van assimilatiebelichting. Daarbij wordt gekeken naar het inzetten van een WK-installatie eventueel in combinatie met stroomlevering aan het openbare net en naar de mogelijkheden om de opgewekte warmte te benutten. Tevens is een vergelijking gemaakt tussen diverse uitgangsmaterialen.

## 2. MATERIAAL EN METHODEN

### 2.1. Proefopzet regionale proeftuinen Horst en Klazienaveen

De proef is opgezet met de grootbloemige rozencultivar Madelon 'Ruimeva' en uitgevoerd in de periode van december 1990 tot en met juni 1993 op de proeftuinen te Horst en Klazienaveen. Er is belicht met drie verschillende intensiteiten met toepassing van een korte en een langere donkerperiode. Het plantmateriaal bestond uit gestekte en gestente planten, waarbij drie geselecteerde onderstammen zijn gebruikt. De teelt heeft plaats gevonden op steenwol matten (3,6 liter per plant) in twee rijen per bed, 7,5 planten per bruto m<sup>2</sup> kas. Per locatie is geteeld in drie afdelingen met elk een gevelschem, in Horst elk 307 m<sup>2</sup> en in Klazienaveen elk 384 m<sup>2</sup> groot. In Horst zijn de SON-T 400 watt assimilatielampen zijn gemonteerd in SGR-200 breedstraal-armaturen en geïnstalleerd in vier rijen op onderlinge afstand van 3,20 m. In Klazienaveen zijn ze gemonteerd in PL 90W breedstraal-armaturen en geïnstalleerd in vier rijen met een onderlinge afstand van 5,20 m. Over de drie afdelingen neemt de belichtings-intensiteit af door het aantal lampen op de rij te verminderen, 1 lamp op ongeveer 8,3, 12,5 en 25 m<sup>2</sup> kas. Voor een betere lichtverdeling bij de laagste lichtintensiteit is in Klazienaveen gekozen voor SON-T lampen van 250 watt, 1 lamp op 15,1 m<sup>2</sup> kas. Met deze installaties is een lichtintensiteit gerealiseerd van ongeveer 15, 30 en 45

Figuur 2.1: De lichtopbrengst van SON-T lampen



$$\text{Groeilicht} = 0,99 \times \text{geïnstalleerd lampvermogen} \quad (R^2 = 0,985)$$

(umol/m<sup>2</sup>)                      (watt/m<sup>2</sup>; 400 watt/lamp)

te Horst en 5,6 m<sup>2</sup> te Klazienaveen. Per vak is de productie, het aantal verkoopbare takken, geteld en de biomassa, productie maal takgewicht, gemeten. Het geringe aantal te lichte takken is veelal ingebogen en niet geteld. Steekproefsgewijs is in de winter ook de taklengte en de houdbaarheid van de rozen per behandeling gemeten. De klimaatinstelling, per locatie gelijk voor alle afdelingen, is over de twee locaties op elkaar afgestemd. Er is CO<sub>2</sub> gedoseerd tijdens de lichte en belichte uren tot een niveau van 700 ppm. Voorts is per locatie getracht om een zo goed mogelijk resultaat te bereiken, onder andere door adviezen van telers uit de regionale NTS rozencommissies (begeleidingscommissies).

### 2.2. Belichtingsstrategie

Het gewas is belicht vanaf de plantdatum tot aan het einde van de proef. Er is belicht vanaf 4 uur respectievelijk 8 uur na zonsondergang en overdag is doorbelicht tot 1 uur voor zonsonder-

$\mu\text{mol/m}^2.\text{s}$ . groeilicht (dat is 3, 6 en 9 watt/m<sup>2</sup> en ongeveer 1350, 2700 en 4050 Lux). De feitelijke lichthoeveelheid op gewashoogte is na installatie gemeten en viel op de locatie Klazienaveen iets hoger uit dan op de locatie Horst. De SON-T lamp 400 watt levert, gemonteerd in breedstraal-armaturen en voorzien van 'wiebertjes' gemiddeld 395  $\mu\text{mol/s}$  (= 83 watt) groeilicht, figuur 2.1. Een afwijking van 5% per lamp naar boven of naar beneden is normaal, een enkele lamp gaf duidelijk minder licht. Elk van de afdelingen is 's nachts met een tussenscherf in twee helften gedeeld voor het scheiden van de behandelingen met de korte donkerperiode van 4 uur en een langere van 8 uur.

De productie is gevolgd van drie vakken per behandeling, groot 4,8 m<sup>2</sup> kas, bed + pad,

Tabel 2.1: Aantal belichtingsuren per periode, gemiddeld over beide locaties

periode nr	Lampen uit van 1 uur voor tot 8 uur na zon-onder			Extra uren bij lampen aan vanaf 4 uur na zon-onder		
	1990/91	1991/92	1992/93	1990/91	1991/92	1992/93
7		0	0		0	0
8		23	12		31	20
9		90	110		112	108
10		160	146		113	113
11		217	237		112	112
12		313	298		112	111
13	95	339	334	34	112	113
1	309	348	323	112	112	112
2	233	285	273	112	112	112
3	192	227	169	112	110	112
4	117	154	147	112	112	112
5	47	59	18	84	100	57
6	0	0	0	0	0	0
<b>totaal</b>	<b>994</b>	<b>2214</b>	<b>2067</b>	<b>566</b>	<b>1135</b>	<b>1081</b>

gang. De belichting overdag is gestopt bij een relatief lage lichtintensiteit buiten (globale straling) van 50 watt omdat de gevelschermen tijdens de belichtingsuren gesloten blijven om naastliggende proeven niet te verstoren. Het schaduweffect van een gesloten gevelschermb mag niet te groot worden. In de zomer is gestopt met belichten, vanaf week 20 tot en met week 30. In de laatste twee weken van de belichtingsperiode is het aantal belichtingsuren 's nachts in stappen afgebouwd en in de eerste twee weken in stappen weer opgebouwd van de natuurlijke daglengte naar een daglengte van 16 of 20 uur.

Deze belichtingsstrategie heeft geresulteerd in een totaal van ruim 2000 uur belichting bij een donkerperiode van 8 uur, tabel 2.1. Met een 4 uur kortere donkerperiode kan er per periode 112 uur extra worden belicht, ruim 1000 uur extra per belichtingsseizoen.

### 2.3. Analyse methode

In de tussentijdse verslagen zijn de produktieverschillen met variantie analyse geanalyseerd. Bij deze analyse bleek dat er rekening gehouden moet worden met een interactie-effecten tussen lichtintensiteit en daglengte.

Bezien is of de effecten van de diverse belichtingsbehandelingen verklaard kunnen worden als effect van de hoeveelheid lamplicht (lichtsom). De relatie tussen produktie en lichtsom kan het beste onderzocht worden met regressie-analyse. Omdat naast het lichteffect ook andere effecten optreden (zie 3.2) is in dit onderzoek gebruik gemaakt van multiple regressie-analyse als verwerkingsmethode. Met multiple regressie-analyse wordt de grootte van alle effecten gemeten zodat het effect van de belichting het meest zuiver kan worden bepaald.

### 2.4. Economische uitgangspunten

De assimilatiebelichting in de proefsituatie is in vijf van de zes behandelingen gegeven met SON-T lampen van 400 watt, gemonteerd in breedstraalarmaturen. Dit is een situatie die ook in de praktijk het meest wordt aangetroffen. Deze situatie is dan ook als uitgangspunt voor de

kostenberekening gehanteerd.

De opbrengst van de belichting wordt verkregen via extra fotosynthese door het lamplicht dat op het gewas terecht komt. Vrij algemeen, en dus ook hier, wordt verondersteld dat de plant alleen het licht binnen het golflengtegebied van 400 - 700 nanometer voor fotosynthese wordt gebruikt, 118 watt per lamp (Philips 1/87). De proeven leveren de gegevens over de omzetting van extra licht in de produktie van biomassa en stuks. De opbrengst wordt hieruit berekend met behulp van de gestandaardiseerde prijzen voor de roos Madelon (KWIN 1993/4).

De kosten van assimilatiebelichting worden grotendeels bepaald door de investering in lampen, armaturen, bekabeling en aansluiting op de stroomvoorziening en door de stroomkosten. Voor de stroomkosten wordt uitgegaan van het opgenomen vermogen, 436 watt voor nieuwe lampen (Philips 1/87) en 460 watt gemiddeld over de gehele levensduur van 12.000 uur en inclusief aangloei- en kabelverliezen.

Voor een eenvoudige vergelijking van opbrengst- en kosten-effecten van assimilatiebelichting zijn alle berekeningen gemaakt per kilowattuur (kwh) opgenomen vermogen.



Tabel 3.1: Aantal en diameter van de grond- en broekscheuten per behandeling; aantal/plant en diameter in mm.

Behandeling		Intensiteit belichting			daglengte		Uitgangsmateriaal			
	jaar	3 watt	6 watt	9 watt	16 uur	20 uur	stek	stur-du	stur-tri	mul-tic
<b>Grondscheuten</b>										
aantal (lsd =0,15)	1e	1,85	1,89	1,88	1,84	1,90	2,15 b	1,55 a	1,44 a	2,34 c
(lsd=0,25)	2e	1,72	1,73	1,72	1,74	1,70	2,08 b	1,37 a		
diameter	1e	9,35	9,39	9,45	9,41	9,38	9,40	9,44	9,50	9,24
	2e	10,53	10,65	10,40	10,44	10,61	10,59	10,47		
<b>Broekscheuten</b>										
aantal (lsd=0,09) (lsd=0,14)	1e	1,41	1,48	1,41	1,39 a	1,49 b	1,27 b	1,76 d	1,59 c	1,12 a
	2e	2,15	2,02	1,93	2,00	2,07	2,08	1,99		
diameter (lsd=0,30)	1e	6,24	6,26	6,10	6,24	6,16	5,91 a	6,58 b	6,58 b	5,73 a
	2e	8,44	8,40	8,48	8,39	8,49	8,23	8,65		

Tabel 3.3: Biomassa, productie, takgewicht en houdbaarheid per uitgangsmateriaal

		belichtingsseizoen per 8 t/m per 13 + per 1 t/m per 7		Uitgangsmateriaal			
				Stek	Sturdu	Sturtri	Multic
Biomassa gr/m <sup>2</sup>	(lsd = 81)	1e	3702 c	3302 b	3092 a	3311 b	
	(lsd = 230)	2e	8115 c	7535 b	7233 a	7004 a	
Productie st/m <sup>2</sup>	( lsd = 2,4)	1e	91,7 d	80,3 b	77,0 a	84,5 c	
	(lsd = 4,9)	2e	275,1 d	234,0 ab	231,1 ab	247,5 c	
Takgewicht gr/st	( lsd = 0,6)	1e	40,8 b	41,8 c	41,2 bc	39,9 a	
	(lsd = 0,6)	2e	29,5 b	32,2 d	31,3 c	28,3 a	
<b>Houdbaarheidbepaling (PBN-methode); waarden van 6/1, 3/3 en 2/3 1992</b>							
Ontwikkelingsstadium na 5 dg op een schaal van 1 t/m 5	(lsd = 0,13)		2,57 a	3,08 b	3,08 b	2,45 a	
Vaasleven dg/steel	(lsd = 0,3)		10,4 b	10,2 b	9,7 a	9,7 a	

### 3. RESULTATEN

De resultaten van dit onderzoek vallen uiteen in de effecten van de behandelingen op de struikopbouw in het eerste en tweede teeltjaar en de effecten op de produktie en kwaliteit. Dit zijn de directe resultaten van het onderzoek. Het hoofdstuk resultaten beperkt zich tot de resultaten van de belichtingsproeven op beide proeftuinen. Aan de resultaten van het onderzoek is een vertaling toegevoegd naar de economische betekenis voor toepassing voor de praktijk. Op de economische evaluatie van assimilatiebelichting wordt ingegaan in hoofdstuk 4.

#### 3.1. Effect van belichting en onderstam op de struikopbouw

Op beide proeftuinen zijn, tussen week 26 en 29 van 1991 metingen uitgevoerd ten aanzien van de struikopbouw. Op dat moment vormden zich nauwelijks of geen nieuwe grondscheuten meer. In elk proefveld is aan 12 planten, ofwel 1 m<sup>2</sup> bed, geteld hoeveel grond- en broekscheuten er gevormd zijn en van welke diameter. Grondscheuten zijn alle scheuten die binnen 5 cm vanaf het oog op de stek of de stentling, zijn uitgelopen. Broekscheuten zijn alle scheuten die tussen de 5 en 15 cm vanaf deze plaats zijn uitgelopen op griffelhout en op grondscheuten. Vertakkingen van de grondscheuten op minder dan 15 cm vanaf het oorspronkelijke oog, zijn niet als broekscheut geteld, als deze zo laag zijn ontstaan als direct gevolg van laag knippen.

In het tweede teeltjaar zijn de metingen opnieuw verricht, tussen week 42 en 46. Dit keer zijn niet alle vakken gemeten maar een steekproef, volgens loting, van twee vakken per behandeling, en beperkt tot het plantmateriaal stek en Sturdu (S2).

Uit de gegevens blijkt dat er tussen de lichtbehandelingen nauwelijks tot geen verschil is gerealiseerd in struikopbouw, tabel 3.1. Alleen bij een daglengte van 20 uur is er in het eerste jaar enig verschil in het aantal broekscheuten gemeten. De struikopbouw is wel beïnvloed door het gekozen uitgangsmateriaal, tabel 3.1 en door de verschillen per locatie (gevolgde knipmethode), tabel 3.2. Op Sturdu (S2) en Sturtri (S3) onderstammen vormt het gewas minder grondscheuten doch meer en dikkere broekscheuten. Het totaal aan grond- en broekscheuten verschilt nauwelijks tussen de verschillende uitgangsmaterialen, alleen Sturtri (S3) komt in totaal als iets minder naar voren.

Tabel 3.2: Aantal en diameter van de grond- en broekscheuten per locatie in het 1e jaar; aantal/plant en diameter in mm.

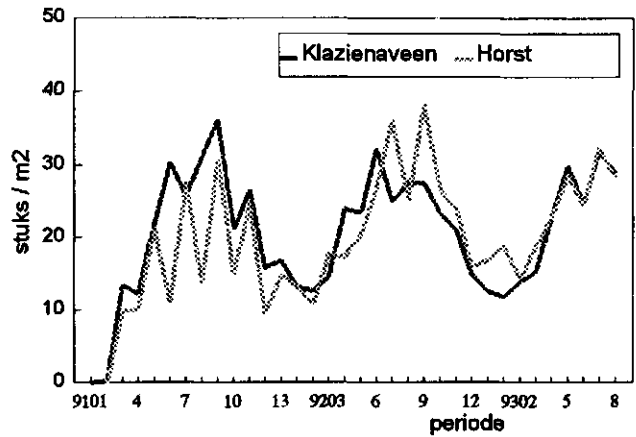
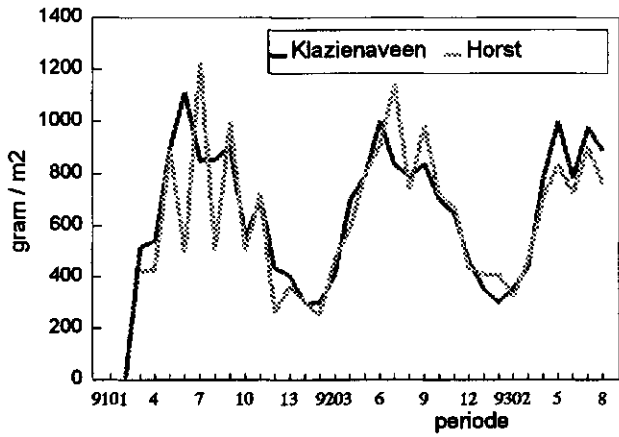
	ROC Horst	ROC Klazienaveen
Aantal grond- en broekscheuten	4,2	2,4
Diameter grondscheuten	8,85	9,95
Diameter broekscheuten	5,25	7,15

In het tweede teeltjaar zijn er geen nieuwe grondscheuten gevormd, alleen enkele broekscheuten. De struiken zijn wel zwaarder geworden, de diameters van de grond- en met name die van de broekscheuten zijn toegenomen, tabel 3.1.

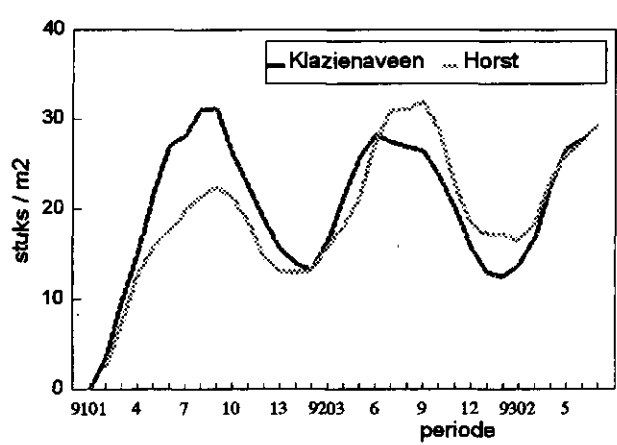
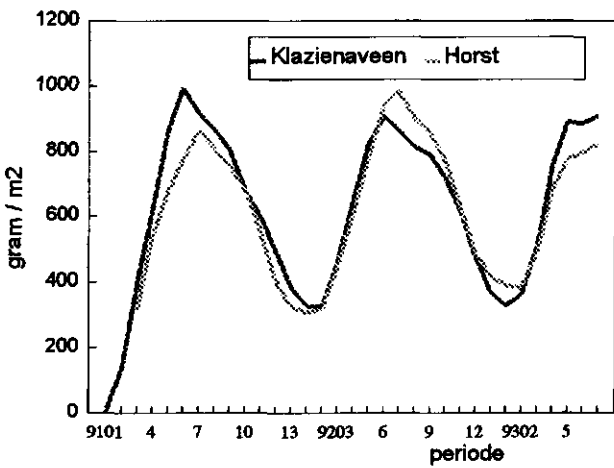
#### 3.2. Resultaten ten aanzien van de produktie

Het uitgangsmateriaal stek komt bij de toetsing op productiecapaciteit ten opzichte de drie geselecteerde onderstammen als best producerende behandeling naar voren, tabel 3.3. De biomassa en de produktie per m<sup>2</sup> per jaar is bij stek het hoogste en de kwaliteit, gemeten als

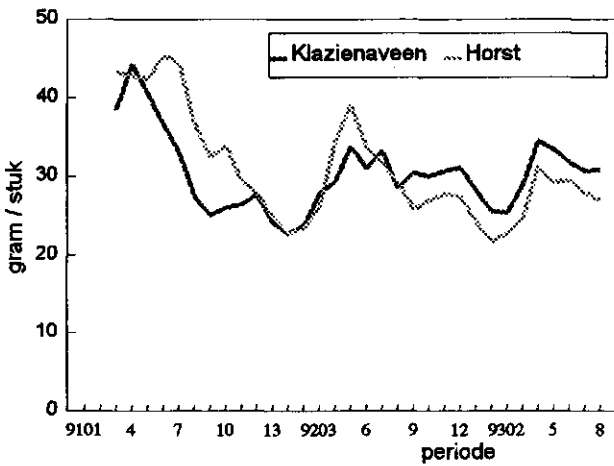
**Figuur 3.1: Productieverloop op de beide proeflocaties (gemiddeld over de 6 lichtbehandelingen)**  
 Biomassa-productie in gr/m<sup>2</sup> per 4-weekse periode (links)  
 Stuksproductie in st/m<sup>2</sup> per 4-weekse periode (rechts)



**Figuur 3.2: Productieverloop op de beide proeflocaties, na correctie voor snee-effecten (gemiddeld over de 6 lichtbehandelingen)**  
 Biomassa-productie in gr/m<sup>2</sup> per 4-weekse periode (links)  
 Stuksproductie in st/m<sup>2</sup> per 4-weekse periode (rechts)



**Figuur 3.3: Verloop takgewicht op beide locaties in gr/tak (gemiddeld over de 6 lichtbehandelingen)**



takgewicht en houdbaarheid, vormt geen knelpunt. Ook de aantasting door "wit" zoals die in Klazienaveen is gemeten gedurende de wintermaanden 1991/92 en uitkwam op gemiddeld 42% laten geen verschillen zien tussen de uitgangsmaterialen. De beste hoogste produktiemogelijkheden liggen dus bij stek, de teelt op eigen wortel, als plantmateriaal en ook in de praktijk wordt, voor de teelt op substraat (steenwol), algemeen uitgegaan van stek. De analyses van de belichtings-effecten zijn daarom beperkt tot de uitkomsten uit de vakken met stek.

Bij de verzameling van gegevens is het jaar verdeeld in dertien perioden van elk vier weken, te beginnen bij week 1 t/m 4. Week 1 is daarbij de week van 1 januari, tenzij 1 januari valt op donderdag, vrijdag of zaterdag. In die gevallen begint week 1 in de eerste volle week van januari. Bij de verzameling van de produktiegegevens over perioden van vier weken, blijkt dat er duidelijke snee-effecten zichtbaar zijn in het produktieverloop, met name in het eerste jaar. Het is bovendien opvallend dat op de proeflocatie Horst het gewas sterker op snee is blijven staan, met name in 1991 dan op de proeflocatie Klazienaveen. Het verschil in inzicht per regio over de te volgen knipmethode en de daarmee samenhangende, gewenste gewasopbouw blijkt een groot effect gehad te hebben op het wel of niet op snee blijven van het gewas.

Naast het snee-effect blijkt er, met name in het eerste teeltjaar, een groot produktieverschil op te treden tussen de twee lokaties. De lagere stuksproduktie wordt wel grotendeels gecompenseerd door een hoger takgewicht, zodat de verschillen in geogste biomassa tussen de beide lokaties veel kleiner zijn dan de verschillen in stuksproduktie, figuur 3.1.

Na het eerste jaar zijn de gewassen op beide lokaties meer naar elkaar toegegroeid, deels door het ouder worden van de gewassen, deels doordat met bezoeken over en weer de knipmethode (onbewust) meer op elkaar is afgestemd. Het snee-effect dat is opgetreden maakt het moeilijk om behandelingen en lokaties van periode tot periode met elkaar te vergelijken. Bij de roos is het echter onmogelijk om snee-effecten volledig te vermijden. Alleen via een rekenkundige bewerking is het mogelijk om het produktieverloop weer te geven zoals dit zou zijn zonder snee-effecten, om daarmee de onderlinge vergelijkbaarheid te verbeteren. De meest toegepaste correctiemethode hiervoor is berekening van een voortschrijdend gemiddelde. Om te corrigeren voor snee-effecten zonder het seizoenseffect veel te verstoren is een voortschrijdend gemiddelde berekend over slechts drie perioden van vier weken, voor zowel de biomassa als voor het aantal geogste stuks. De middelste periode is daarbij dubbel meegerekend om het piekeffect in de produktie zo doeltreffend mogelijk te elimineren. Het resultaat van de ingreep is een vrij vloeiend produktieverloop per behandeling over de jaren heen, waarbij de verschillen tussen lokaties goed tot uiting komen, figuur 3.2.

Uit de figuur blijkt tevens dat het produktieverloop niet identiek is voor de drie opvolgende jaren. Bij verdere analyse van de produktieverschillen zijn de grootte van de effecten nader aangegeven.

### *3.2.1 Effect belichtingsintensiteit en daglengte, op de produktie totaal*

Tussen de behandelingen in zowel daglengte als belichtingsintensiteit zijn produktieverschillen gemeten. Het effect van de behandelingen, gedurende het gehele onderzoek gemeten vanaf planten in december 1990 tot en met juli 1993, blijkt op beide proeftuinen vrijwel gelijk te zijn, tabel 3.4. Een hogere lichtintensiteit verhoogt de geproduceerde biomassa. Langer belichten per dag lijkt nauwelijks of geen effect te hebben, het daglengte-effect is echter afhankelijk van de lichtintensiteit (interactie tussen belichtingsintensiteit en daglengte) Bij een lichtintensiteit van 3 watt is het effect van langer belichten negatief, bij een lichtintensiteit van 9 watt is het effect positief. De geproduceerde biomassa is opgebouwd uit het aantal geogste takken en het takgewicht. Om het inzicht in de onderliggende processen te vergroten is gekeken of de behandelingseffecten op de stuksproduktie en op het takgewicht afwijkt van de effecten op de biomassa-produktie. De gegevens over het geogste aantal takken geven vrijwel eenzelfde beeld als de gegevens over

Tabel 3.4: De geoogste biomassa (kg/m<sup>2</sup> van periode 2/1991 t/m 7/1993) per lichtbehandeling

Daglengthe	3 watt		6 watt		9 watt		gemiddeld
	Horst	Kl.veen	Horst	Kl.veen	Horst	Kl.veen	
DL=16	19,7	19,9	19,9	20,7	18,6*	21,4	20,0
DL=20	18,7	19,5	19,8	20,1	21,1	21,9	20,2
gemiddeld	19,5		20,1		20,8		H= 19,6 Kv= 20,6

\* = gehele proefperiode een afwijkend lage produktie en in analyse niet meegenomen

Tabel 3.5: De totale produktie (stuks/m<sup>2</sup> van periode 2/1991 t/m 7/1993) per lichtbehandeling

Daglengthe	3 watt		6 watt		9 watt		gemiddeld
	Horst	Kl.veen	Horst	Kl.veen	Horst	Kl.veen	
DL=16	615	634	641	663	609*	686	641
DL=20	611	658	660	681	687	722	670
gemiddeld	630		661		676		H= 637 Kv= 674

\* = gehele proefperiode een afwijkend lage produktie en in analyse niet meegenomen

Tabel 3.6: Het gemiddelde takgewicht (gram/stuk van periode 2/1991 t/m 7/1993) per lichtbehandeling

Daglengthe	3 watt		6 watt		9 watt		gemiddeld
	Horst	Kl.veen	Horst	Kl.veen	Horst	Kl.veen	
DL=16	32,0	31,4	31,1	31,2	32,7	31,2	31,2
DL=20	30,6	29,6	30,0	29,5	30,7	30,3	30,1
gemiddeld	30,9		30,4		30,8		H= 30,8 Kv= 30,6

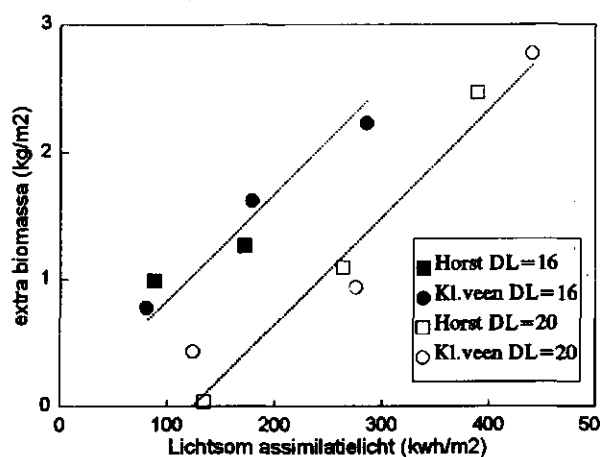
de biomassa-productie, een positief effect van de lichtintensiteit op de productie en een interactie tussen belichtingsintensiteit en daglengte. Een opmerkelijk verschil is te vinden in de invloed van de daglengte, meer licht door 's nachts langer te belichten (kortere donkerperiode) heeft altijd een positief effect op het geoogst aantal takken, tabel 3.5. Het takgewicht wordt alleen beïnvloed door de daglengte, het effect van een lange dag is negatief, tabel 3.6. Het positieve effect van de daglengte op de stuksproductie compenseert echter het negatieve effect op het takgewicht volledig.

In tussentijdse evaluaties op de productie in het eerste en tweede belichtingsseizoen zijn de hoofdeffecten op betrouwbaarheid getoetst (variantie-analyse) en betrouwbaar gebleken. Ook het aanwezige interactie-effect tussen belichtingsintensiteit en daglengte bleek betrouwbaar te zijn. Gezien dit interactie-effect lijkt het een reële veronderstelling dat de productie reageert op de hoeveelheid lamplicht (lichtsom) die het gewas ontvangt. De juistheid van deze veronderstelling wordt in het onderstaande getoetst (regressie-analyse). De lichtsom is berekend uit het geïnstalleerd vermogen maal het aantal branduren van de lampen, een getal dat overeenkomt met het opgenomen vermogen in kwh.

De biomassa-productie en de stuksproductie, gemeten over de gehele looptijd van de proef, nemen lineair toe met de hoeveelheid lamplicht die het gewas heeft gekregen,  $8,47 (\pm 0,91)$  gram en  $0,25 (\pm 0,02)$  stuks per kwh stroomverbruik. Bij de biomassa-productie treedt er naast het effect van de lichtsom, een duidelijk negatief effect op van een (te) lange dag ( $-5,5\% (\pm 0,5\%)$  door een lager takgewicht), zie ook de discussie in paragraaf 5.1. Bij de stuksproductie is er geen verschil in reactie op lichtsom tussen de behandelingen met een daglengte van 16 en 20 uur. Wel levert een langere dag meer belichte uren en dus een hogere lichtsom op. De reactie op lichtsom valt voor de twee proeflocaties gelijk uit, ondanks het niveauverschil tussen de lokaties, figuur 3.4. De analyse bevestigt dus de veronderstelling dat de productie reageert op de ontvangen lichtsom, ongeacht of deze gegeven wordt met een lage intensiteit gedurende een groot aantal belichtings-uren, of met een hoge intensiteit in weinig uren (zolang de daglengte gelijk blijft).

Figuur 3.4: De extra biomassa- en stuksproductie door belichting, per behandeling uitgezet tegen de ontvangen lichtsom lampen (kwh/m<sup>2</sup>)

Extra biomassa in kg/m<sup>2</sup> totaal over periode 2/91 t/m periode 7/93

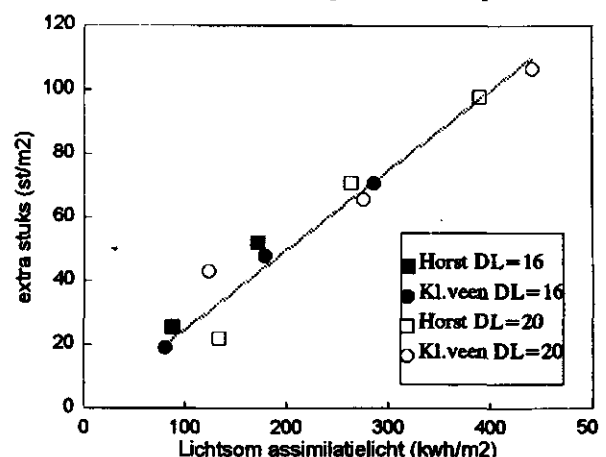


$$\text{Biomassa} = 8,47 \text{ gr/kwh} - 1.044 \text{ gr/DL}=20 + \text{Constante}$$

$$R^2 = 0,93 \quad C = 18.674 \text{ gr/m}^2 \text{ voor Horst}$$

$$C = 19.119 \text{ gr/m}^2 \text{ voor Klazienaveen}$$

Extra stuks in st/m<sup>2</sup> totaal over periode 2/91 t/m periode 7/93

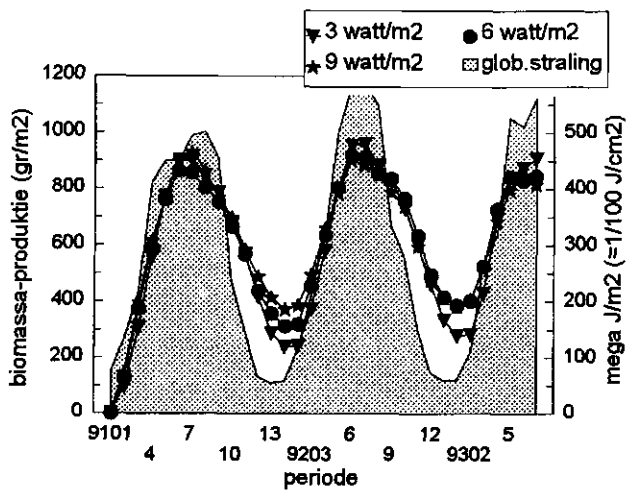


$$\text{Stuksproductie} = 0,250 \text{ st/kwh} + \text{Constante}$$

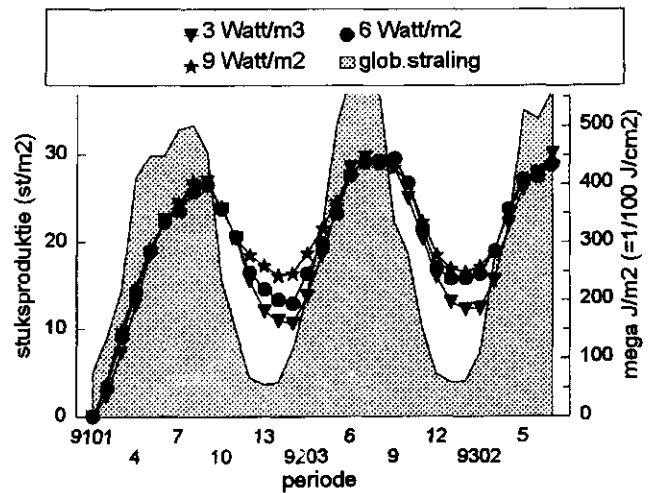
$$R^2 = 0,97 \quad C = 589 \text{ st/m}^2 \text{ voor Horst}$$

$$C = 615 \text{ st/m}^2 \text{ voor Klazienaveen}$$

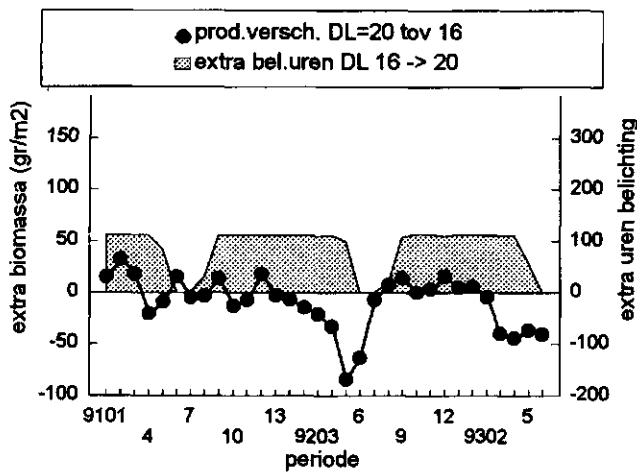
Figuur 3.5: Verloop productie bij 3, 6 en 9 watt o.i.v. seizoensverschillen in zonlicht (glob.stral.buiten)  
 Biomassa-productie in gr/m2 per 4-weekse periode



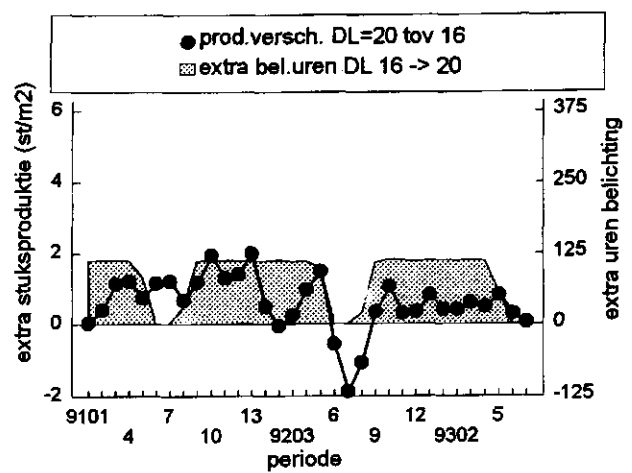
Stuksproductie in st/m2 per 4-weekse periode



Figuur 3.6: Extra productie door elke nacht 4 uur langer te belichten, daglengte 20 i.p.v. 16 uur  
 Extra biomassa in gr/m2 per 4-weekse periode

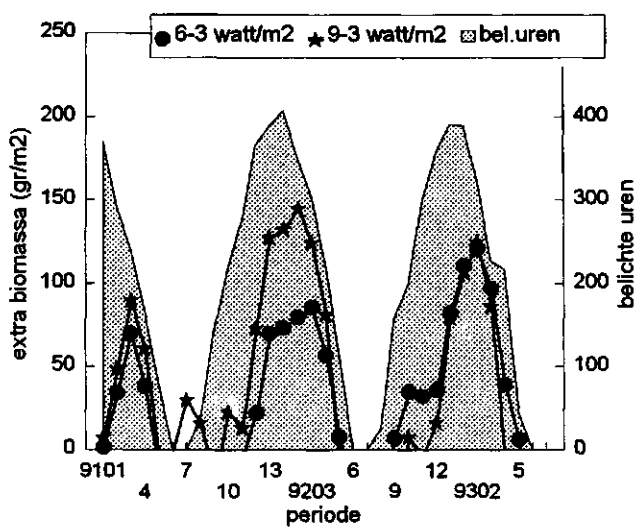


Extra stuks in st/m2 per 4-weekse periode

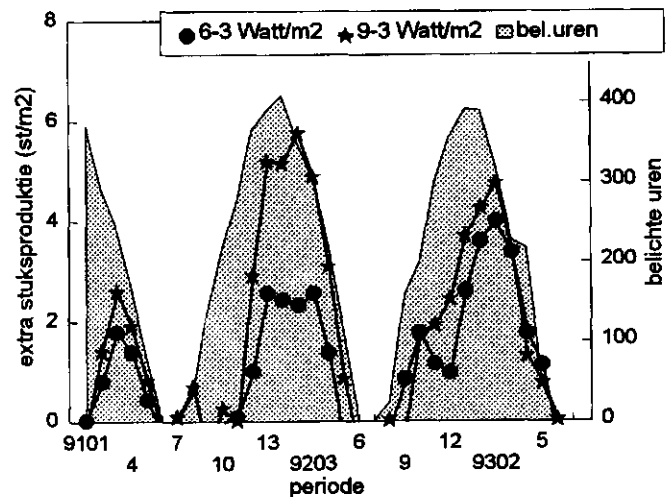


Figuur 3.7: Extra productie door een verhoogde belichtingsintensiteit

Extra biomassa in gr/m2 per 4-weekse periode



Extra stuks in st/m2 per 4-weekse periode



### 3.2.2. *Effect belichtingsintensiteit en daglengte, op de productie per belichtingsseizoen*

De gehele proefperiode kan worden gesplitst in een aanlooptijd van planten in week 50/1990 t/m week 28/1991, en twee volledige belichtings-seizoenen van week 29 t/m week 28 in de opvolgende jaren. In de aanlooptijd is belicht vanaf de plantdatum in week 50, in een vol belichtingsseizoen vanaf week 31 (1 augustus), in de aanlooptijd is dus minder uren belicht dan in een vol winterseizoen. In de aanlooptijd kwam de productie in de 10e week na planten op gang. De reactie van de productie op de ontvangen lichtsom (assimilatielicht) leek met 0,158 st/Kwh in de aanlooptijd duidelijk lager te zijn dan met 0,250 st/Kwh in een vol belichtingsseizoen.

Als de lichtsom die gegeven werd voordat het gewas oogstbare takken ging produceren, periode 13 en 1, buiten beschouwing gelaten werd, wijkt de reactie van de productie op assimilatielicht, zowel van de biomassa- als de stuksproductie, in geen enkel belichtingsseizoen af van het gemeten effect over de seizoenen heen. Hiermee wordt de vraag opgeworpen of belichten tijdens de fase van struikopbouw wel zin heeft, zie discussie paragraaf 5.1. Een gelijke reactie op lichtsom op beide lokaties en voor alle jaren is verrassend omdat er wisselende niveauverschillen zijn in productie tussen de twee lokaties, zeker in aantal geproduceerde takken, tabel 3.7.

Tabel 3.7: De productie en het takgewicht per locatie per jaar (gemiddeld over de zes belichtingsbehandelingen)

Belichtings-seizoen jaar/wk	Biomassa (gr/m <sup>2</sup> )		Productie (stuks/m <sup>2</sup> )		Takgewicht (gr/tak)	
	Horst	Klazi- naveen	Horst	Klazi- naveen	Horst	Klazi- naveen
1990.50 - 1991.28	3.470	3.938	79	104	43,9	37,9
1991.29 - 1992.28	7.842	8.201	251	293	31,2	28,0
1992.29 - 1993.28	8.333	8.442	307	277	27,1	30,5
Totaal	19.645	20.581	637	674	30,8	30,5

### 3.2.3. *Effect belichtingsintensiteit en daglengte, op de productie per periode*

Gedurende het jaar is er een verloop in de productie te zien, waarbij globaal de toe- en afname van de natuurlijke instraling wordt gevolgd. De geoogste biomassa valt sterk terug met de daling van de hoeveelheid natuurlijk licht. De reactie van de stuks productie op het daglicht wordt nog enigszins gecamoufleerd door een terugval in takgewicht bij afnemende lichthoeveelheden.

De laagste productie wordt gerealiseerd in het begin van het jaar, periode 1 en 2, terwijl het lichtniveau het laagst is rondom de kortste dag op 21 december, in periode 13 en 1. De respons van de productie op de veranderende hoeveelheid daglicht treedt dus verlaat op, 1 periode na-ijling. De tijd tussen de lichtontvangst van het gewas en de reactie daarop van de productie zal door het jaar heen niet constant zijn, daarom is niet de moeite genomen om een nauwkeuriger beeld te verkrijgen over de reactietijd, figuur 3.5.

Met de gegeven hoeveelheden assimilatielicht kon de grote terugval in productie, gemeten als biomassa en als stuks per m<sup>2</sup> in geen enkel geval worden voorkomen. De terugval in de productie is echter bij de hoge belichtingsintensiteit van 9 watt veel minder dan bij een lage intensiteit. Opvallend is dat er geen na-effect optreedt van de assimilatiebelichting, in de zomerperioden is het produktieniveau van de behandelingen met de drie belichtings-niveaus gelijk.

Tussen de behandelingen met aanvullende belichting tot 16 en tot 20 uur licht, een daglengte van 16 respectievelijk 20 uur, treedt een constant verschil op van 4 uur x 28 dagen = 112 extra



belichtingsuren per periode. Een gelijke biomassa-productie bij beide daglengten, gemiddeld over de drie belichtingsintensiteiten, tabel 3.3, is het gevolg van een vrijwel gelijke biomassa-productie in herfst en winter en een wat lagere biomassa-productie in het voorjaar bij een daglengte van 20 uur die 's zomers weer verdwijnt, figuur 3.6. Een gemiddeld hogere stuksproductie bij een daglengte van 20 uur, tabel 3.4, wordt opgebouwd uit een vrijwel continu en redelijk constant hogere productie gedurende het hele belichtingsseizoen, figuur 3.6. Als de belichting uitgaat valt het verschil weg en mogelijk reageert de stuksproductie bij de behandelingen met een daglengte van 20 uur zelfs iets negatief op het stoppen van de belichting.

Het effect van een hoeveelheid lamplicht op de productie kan het duidelijkst worden geïllustreerd door te kijken naar het produktieverschil tussen behandelingen met verschillende belichtingsintensiteiten. Een verhoging van de belichtingsintensiteit, van 3 naar 6 watt of van 3 naar 9 watt, geeft een verhoging van zowel de biomassa- als de stuksproductie te zien. De produktieverhoging treedt elk jaar op, maar de verschillen tussen 6 en 9 watt/m<sup>2</sup> zijn niet elk jaar even duidelijk, figuur 3.7. Wat wel duidelijk wordt is dat de extra productie door een verhoogde lichtintensiteit pas wordt gerealiseerd nadat er belicht is. De piek in de produktieverhoging wordt gerealiseerd 1 periode na de periode met het hoogste aantal belichte uren. In de zomer, als de lampen nog maar weinig uren aan zijn, of geheel uit, is er geen hogere productie in de afdelingen met de hoogste lichtintensiteiten. In het voorjaar valt het produktieverschil tussen de afdelingen opvallend vroeg weg, nog voordat gestopt wordt met de belichting, zie ook de discussie in paragraaf 5.1.

Er is per periode een analyse gemaakt (regressie-analyse) om de invloed van de hoeveelheid lamplicht op de productie te meten. Hierbij is gekeken naar de reactie van de productie op de lichthoeveelheid gegeven in de voorliggende periode. Het effect van een bepaalde hoeveelheid lamplicht (1 kwh opgenomen vermogen) op de biomassa-productie is voor diverse opvolgende perioden vrij constant. Wel is er een groot verschil in reactie tussen najaar en winter/voorjaar, de reactie in winter/voorjaar is met 10,65 gr/kwh vanaf periode 13 bijna dubbel zo groot als de najaarsreactie van 6,80 gr/kwh in de drie voorliggende perioden. Na periode 4 reageert de biomassa-productie vrijwel niet meer op de belichting. In de aanloopfase blijkt de biomassa-productie al snel bijna even sterk op de belichting te reageren als in de volproductieve jaren. Alleen bij de oogst van de eerste takken in periode 2 is de reactie nog gering. Naast de reactie op de lichtsom is er een negatief effect geconstateerd van de biomassa-productie op de daglengte. De biomassa-productie reageert in toenemende mate negatief op de kortere donkerperiode naarmate het belichtingsseizoen vordert, bijlage 1.

Uit de analyse van de relatie lichtsom versus stuksproductie blijkt een meer variabel beeld door de variatie in takgewicht gedurende het belichtingsseizoen. De stuksproductie midden in de winter reageert sterker op lamplicht dan de stuksproductie in voor- en najaar. Na periode 4 in het voorjaar reageert de stuksproductie, net als de biomassa-productie nauwelijks meer op de belichting in voorgaande weken. In het aanloopjaar is er bij de oogst van de eerste takken in periode 2 nog weinig reactie op de belichting, zodra echter de productie op gang komt reageert die direct op de belichting en al snel bijna even sterk als een volproductief gewas. Een negatieve reactie van de stuksproductie op de dagverlenging van 16 naar 20 uur is in geen enkele periode aantoonbaar. Het blijft bij een licht negatieve tendens in enkele perioden, bijlage 1.

### *3.2.4 Seizoens-effecten in de productie door de variatie in natuurlijk (zon)licht*

In een onderzoek naar de invloed van belichting op de productie is het zeker niet misplaatst om het effect van verschillende lichtbronnen met elkaar te willen vergelijken. De hoeveelheid zonlicht varieert sterk door het jaar heen. Met name in de wintermaanden is licht de beperkende factor voor de productie in kassen, voor de roos blijkt dit mede uit het teruglopen van het takgewicht. Enig inzicht in de verhouding tussen natuurlijk licht en gegeven kunstlicht draagt bij tot begrip voor de gevonden resultaten. Bij een vergelijking zal de lichthoeveelheid die het gewas ontvangen

heeft, bekend moeten zijn. Nu is de hoeveelheid zonlicht die de kas is binnengekomen niet gemeten, en moet dus worden berekend uit de buiten gemeten globale straling. Deze vergelijking kan dus niet meer opleveren dan een vrij globaal beeld.

Voor de omrekening van globale straling buiten naar hoeveelheid groeilicht op gewashoogte zijn een tweetal aannames gedaan. De eerste veronderstelling is dat de globale straling slechts voor een deel bestaat uit fotosynthetisch actief licht, algemeen wordt aangenomen dat dit alleen het licht is met een golflengte tussen 400 en 700 nanometer. Dit betekent dat een hoeveelheid zonlicht van 1 J/cm<sup>2</sup> tussen de 1,94 en 2,63 μmol/cm<sup>2</sup> groeilicht levert, afhankelijk van de zonnestand en de bewolgingsgraad, gemiddeld 2,3 μmol/J (1J/cm<sup>2</sup>=0,023 mol/m<sup>2</sup>). De tweede veronderstelling is dat de transmissie door het kasdek, gemeten over een 4 weekse periode, overeenkomt met de meting bij diffuus licht. Gemiddeld over beide lokaties is een lichttransmissie gemeten van 57% van het buitenlicht. De gegevens over de hoeveelheid globale straling buiten zijn verkregen van het Proefstation voor de Glasteelt te Naaldwijk. Voor de SON-T lampen is in de proefsituatie gemeten hoeveel (groei)licht zij uitzenden. Uitgaande van een opgenomen vermogen van 460 watt/lamp is dit 3,11 mol/kwh.

Uit de tabel 3.8 kan worden afgelezen dat belichting 's winters een grote bijdrage kan leveren aan de totaal door het gewas ontvangen lichthoeveelheid. In het voor- en najaar daalt de hoeveelheid lamplicht al snel tot onder de 10% van de totale lichthoeveelheid. Het zal alleen al hoofde van de

Tabel 3.8: De berekende hoeveelheid zonlicht en de gemeten hoeveelheid lamplicht in mol/m<sup>2</sup> per lichtbehandeling en per periode

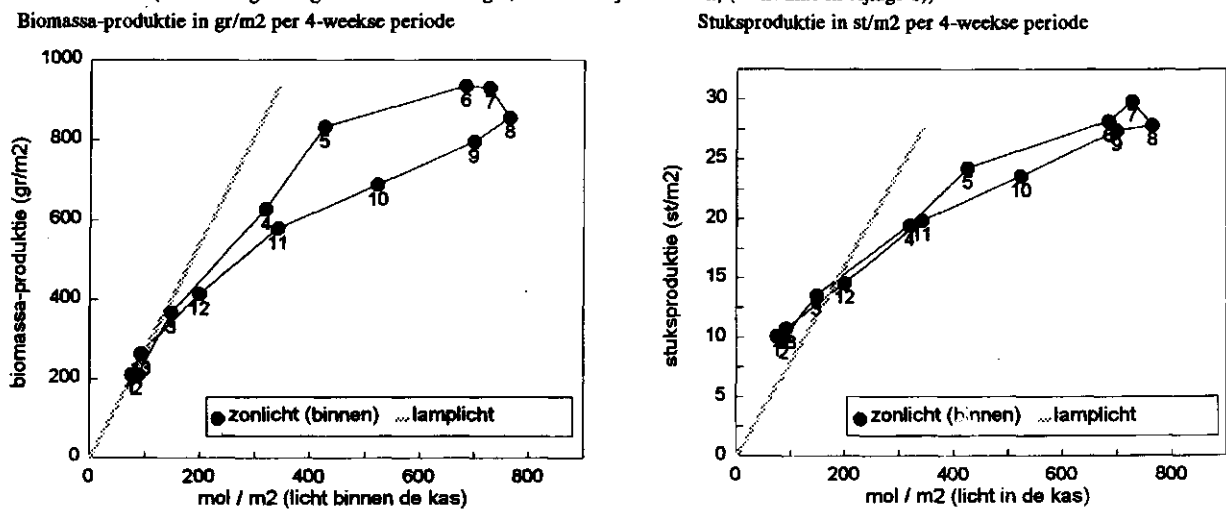
pe- riode num- mer	Lichtsom (mol/m <sup>2</sup> )						
	Zon- licht	Assimilatielicht					
		SON-T licht DL=16			SON-T licht DL=20		
		3 watt	6 watt	9 watt	3 watt	6 watt	9 watt
8	698	1	3	4	2	5	7
9	523	6	11	17	12	24	36
10	342	9	18	27	15	31	46
11	199	13	26	39	19	39	58
12	93	18	35	53	24	48	72
13	75	19	39	58	26	52	77
1	79	19	38	57	25	51	76
2	148	15	30	45	22	43	65
3	320	11	23	34	18	35	53
4	426	8	16	24	14	29	43
5	684	4	8	12	8	17	25
6	728	0	0	0	0	0	0
7	764	0	0	0	0	0	0

Globale straling: 1 J/cm<sup>2</sup> = 0,023 mol/m<sup>2</sup>, lichtdoorlating kas 57%;  
SON-T licht: 1 kwh/m<sup>2</sup> stroomverbruik = 3,11 mol/m<sup>2</sup>

bepaalde hoeveelheid moeilijk zijn om de effecten van belichting, in perioden met veel buitenlicht, aan te tonen.

In de winter loopt de productie van verkoopbare takken en het takgewicht terug. De biomassa-productie loopt nog sterker terug omdat daarin zowel het aantal takken als het takgewicht tot uiting komt. Hoe sterk de productie in een onbelichte situatie terugloopt is afgeleid uit de regressie-formule, bijlage 1. In de regressie-vergelijking staat de constante (C) voor de productie zonder behandelings-, locatie- en jaar-effecten. De constante is een geëxtrapoleerde waarde voor de productie in een kas zonder belichting. Gezien de beperkte hoeveelheid licht bij de behandelingen bij een belichtings-intensiteit van 3 watt/m<sup>2</sup> en een daglengte van 16 uur wordt slechts geëxtrapoleerd over een klein traject, figuur 2.1 in hoofdstuk 2. Bovendien is het verband tussen de productie en de hoeveelheid lamplicht (lichtsom) rechtlijnig, figuur 3.4, zodat in dit geval bij de extrapolatie geen grote fout kan ontstaan. De invloed van variatie in zonlicht op zowel de biomassa-productie als op de stuksproductie is duidelijk aanwezig, figuur 3.8.

Figuur 3.8: De productie van periode 1 t/m 13 uitgezet tegen de berekende zonlichtsom binnen, in vergelijking met de relatie lichtsom - productie gevonden bij assimilatiebelichting (Productie gecorrigeerd voor belichtings-, locatie- en jaareffecten, (Constante in bijlage 1))



De biomassa-productie, geogst van periode 11 tot en met periode 5, lijkt sterk bepaald te worden door de beschikbare lichthoeveelheid. De reactie op de hoeveelheid zonlicht (gr/mol) wijkt niet sterk af van de reactie op lamplicht. Van periode 6 tot en met periode 10 ligt de productie veel lager dan op grond van de beschikbare hoeveelheid licht verwacht mocht worden. Wellicht zijn er dan andere factoren die de productie beperken, zie ook de discussie in paragraaf 5.1.

De stuksproductie daalt wel wanneer de beschikbare lichthoeveelheid afneemt, maar is bij de laagste lichthoeveelheden in periode 1 en 2 nog relatief hoog ten opzichte van de geogste biomassa. De variatie in het takgewicht gedurende het seizoen speelt hierbij een rol, figuur 3.3. Door deze variatie in takgewicht kan de reactie van de stuksproductie op de hoeveelheid zonlicht beperkt blijven en schijnbaar niet door het nulpunt gaan. De reactie van de stuksproductie op lamplicht (st/mol) is wat sterker dan op zonlicht. Hierbij speelt een rol dat bij het opvoeren van de daglengte, en dus de lichtsom, het takgewicht afneemt, terwijl bij toename van de hoeveelheid zonlicht de takken zwaarder worden.

Opvallend is dat er in de biomassa-productie bij dezelfde lichthoeveelheid een vrij groot verschil is tussen voor- en najaar. Het aantal geogste stuks blijft bij dezelfde lichthoeveelheid vrijwel gelijk. Dit verschil kan mogelijk verklaard worden uit de gehanteerde knipmethode, waarbij in het najaar een deel van de tak op het gewas achterblijft, en in het voorjaar een deel van de onderliggende tak wordt meegeknipt, zie ook discussie in paragraaf 5.1.

### 3.2.5 Effect belichtingsintensiteit en daglengte, op houdbaarheid, witaantasting en voedingsopname

Voor de houdbaarheidsproef is geoogst op 6 januari, 3 februari en 2 maart 1992. Na oogst en verwerking zijn er 10 rozen per behandeling genomen, 1e kwaliteit en minimaal lengte 7, en in de voorgeschreven concentratie Chrysal VB in de koelcel gezet. De volgende dag zijn de bloemen in een veilingdoos via collectief vervoer, per 10 verpakt in papier of folie, naar het PBN getransporteerd. Op het PBN hebben de rozen nog één dag drooggestaan bij 15 °C (totaal 2 dagen transport-simulatie). Op de derde dag is er voor herstel van de bloemen 5 cm van de steel geknipt en zijn de bossen 3 uur op water gezet bij 20 °C in de uitbloeiruimte. Voor de houdbaarheid toets zijn de onderste bladeren verwijderd en zijn de takken op water gezet, de mate van bloemontwikkeling is na vijf dagen in de houdbaarheidsruimte gemeten. Het effect van de belichtingsbehandelingen op bloemontwikkeling en vaasleven zijn heel beperkt, tabel 3.9.

Tabel 3.9: Bloemontwikkeling en vaasleven per behandeling; ontwikkeling op een schaal van 1 t/m 5 en vaasleven in dagen per steel

Behandeling	Intensiteit belichting			daglengte	Intensiteit belichting			daglengte
	3 watt	6 watt	9 watt		gemiddeld (lsd =0,09)	3 watt	6 watt	
	Bloemontwikkeling (ontw.stadium)				Vaasleven (dagen)			
16 uur	2,66	2,67	2,64	2,65 a	9,1	10,4	10,5	10,0
20 uur	2,93	2,95	2,92	2,93 b	9,3	10,2	10,4	10,0
gemiddeld (lsd=0,25)	2,80	2,81	2,78		9,2 a	10,3 b	10,4 b	

Gedurende de wintermaanden, oktober 1991 t/m februari 1992 is de mate van aantasting door "wit" bepaald (H. Huisman, DLV-Emmen). Maandelijks zijn per veldje 10 takken met gekleurde knoppen beoordeeld op aantasting. Deze waarneming is alleen in Klazienaveen uitgevoerd, conclusies ten aanzien van de invloed van de lichtintensiteit kunnen derhalve, bij gebrek aan een herhaling, niet worden getrokken. Gemiddeld was er op 42% van de takken sprake van witaantasting. Op de vakken met een daglengte van 20 uur is de infectiedruk gemiddeld wat lager geweest dan op de vakken met een daglengte van 16 uur, maar niet voldoende systematisch om van een betrouwbaar daglengte-effect te kunnen spreken.

Om mogelijke neveneffecten van assimilatiebelichting op de opname van elementen na te gaan zijn op beide proeflocaties substraat- en gewas-analyses (3e, 4e en 5e vijfblad vanaf de knop van oogstbare takken) gemaakt. In de proef wordt niet gerecirculeerd en de monsters zijn genomen in maart, augustus, oktober en december 1991. Er is gewerkt met de standaard voedingsoplossing volgens de Bemestingsadviesbasis Glastuinbouw. Aanpassingen zijn gedaan volgens advies BLGG vanuit een mengmonster van alle behandelingen in de proef. Per proeflocatie hebben alle behandelingen een gelijke hoeveelheid water en voeding gekregen, zonder rekening te houden met een mogelijk hogere wateropname van de sterker belichte vakken. Uit de analyses kunnen de volgende conclusies worden getrokken, bijlage 3:

- de gerealiseerde EC in het substraat is in Horst (3,4) hoger geweest dan in Klazienaveen (2,6).
- in de proef zijn de gerealiseerde gehalte aan sulfaat laag en aan ijzer hoog geweest.
- in het substraat zijn er kleine effecten geweest van de lichtbehandeling op de gehaltes aan NO<sub>3</sub>, Ca en Mn. Met meer licht is het gehalte iets lager, doch niet zodanig dat de hoogste of laagste

streefcijfers werden overschreden.

- in het blad zijn er per kg droge stof zeer kleine effecten gevonden bij alle (hoofd)elementen. Met een hogere intensiteit of langduriger belichten resulteerde in een toename van het drogestof-gehalte en een in 't algemeen in een zeer geringe afname van het elementgehalte.

#### 4. ECONOMISCHE EVALUATIE VAN ASSIMILATIEBELICHTING

##### 4.1 Opbrengsteffecten assimilatiebelichting per periode

In dit hoofdstuk wordt bekeken hoe in de toekomst met de belichtingsinstallatie moet worden omgegaan om er het hoogste rendement uit te halen. De productie-effecten van assimilatiebelichting kunnen met behulp van stuksprijzen worden omgerekend naar opbrengsteffecten. Omdat het om toekomstige effecten gaat, planning-doeleinden, is gerekend met verwachte prijzen, (KWIN 1993/94). Met behulp van het takgewicht is de prijs per steel ook omgerekend naar de prijs per gram. De opbrengst is berekend per kwh opgenomen vermogen, 460 watt/400 watt lamp. Het effect van belichting is bijvoorbeeld in periode 13: 10,03 gr/kwh en 0,309 st/kwh (bijlage 1), vermenigvuldigd met de prijs in periode 13 van 2,98 ct/gr en 76 ct/st, geeft dit een opbrengsteffect van 29,9 respectievelijk 23,5 ct/kwh. Het resultaat is opgenomen in tabel 4.1.

Tabel 4.1: Berekende opbrengst assimilatiebelichting in ct/kwh opgenomen vermogen (460 watt/400 watt SON-T) en in ct/m<sup>2</sup> voor het daglengte effect per periode

periode-nummer	seizoenseffecten			behandelingseffecten		
				lichtsom		daglengte 16- > 20 uur
	gr/st	ct/st	ct/gr	op biomassa ct/kwh	op productie ct/kwh	
8	28,7	26	0,91			
9	27,2	36	1,32			
10	27,8	50	1,80	13,3	12,5	
11	28,6	51	1,78	9,7	7,1	-53
12	28,7	63	2,20	16,7	14,6	-62
13	25,5	76	2,98	29,9	23,5	-57
1	23,1	66	2,86	31,1	21,8	-120
2	23,6	90	3,81	44,0	31,9	-156
3	26,9	61	2,27	26,2	20,6	-116
4	32,5	48	1,48	13,7	12,1	-90
5	34,2	61	1,78	2,5	3,7	-62
6	34,0	45	1,32	-13,1	-5,3	-40
7	32,9	30	0,91	-	-	-49
gemiddeld	30,7	50	1,63	12,2	12,2	totaal = -805

Uit de tabel blijkt dat de opbrengsteffecten van belichting, gebaseerd op de stuksproductie, wat lager uitvallen dan de berekende opbrengsteffecten gebaseerd op biomassa-productie. Dit extra opbrengsteffect is verkregen door de iets hogere takgewichten van de rozen gegroeid onder de

hogere belichtingsintensiteiten. Belichten buiten het winterhalfjaar blijkt minder lucratief, niet alleen vanwege de minder sterke reactie van het gewas op belichting, maar ook vanwege de lagere stukprijzen in het zomerhalfjaar.

## 4.2 Kosten van assimilatiebelichting

### 4.2.1 Investerings in de belichtingsinstallatie

Een belichtingsinstallatie van enige omvang kost, geïnstalleerd in de kas, ruim f 500,- per lamp. Voor een rozenbedrijf van 15.000 m<sup>2</sup> betekent dit, dat de investering aan lampen, bekabeling en installatie al snel boven de f 500.000,- uitkomt. Aansluiting aan het openbare elektriciteitsnet voor stroomlevering door het nutsbedrijf kan eveneens een kostbare zaak zijn, tabel 4.2. De investering in kabelaansluiting en transformatoren wordt, met name wanneer het investeringsbedrag hoog is, voor een (belangrijk) deel direct aan de teler in rekening gebracht. De jaarlijks terugkomende kosten voor aansluiting op het net nemen toe doordat een hoog vermogen (KVA) wordt gevraagd. Veel bedrijven kiezen om financiële redenen voor eigen stroomopwekking. Aanschaf en installatie van een Warmte-Kracht (WK) installatie, met warmtebuffer, vergt wederom een bedrag dat snel boven de f 500.000,- uitkomt. Deze komt echter wel in aanmerking voor (milieu)subsiëring tot momenteel 40%. (KWIN 1993/94 20% milieu-investering + 20% kwaliteitsverbetering). Het exacte bedrag van de investering is echter sterk afhankelijk van de gewenste lichtintensiteit en de bedrijfsgrootte, zie bijlage 2. Het jaarlijkse bedrag voor rente, (afschrijving), stroomaansluiting en onderhoud (de vaste kosten) van de belichtingsinstallatie is dan ook hoog, voorbeeld in tabel 4.3.

Tabel 4.2: Voorbeeld investering en jaarkosten belichtingsinstallatie (1000 lampen, prijs KWIN)

Benodigde apparatuur	Uitgangssituatie		
	Stroomafname nutsbedrijf	Eigen stroomopwekking	
		zonder terug- levering	met teruglevering openbare net
Armaturen	330.000	330.000	330.000
Lampen 400 watt SON-T	45.000	45.000	45.000
Bekabeling	130.000	130.000	130.000
Aansluiting openbare net *	100.000		100.000
WK-installatie		450.000	450.000
Waterzijdige aansluiting		10.000	10.000
Geluidarme kast		25.000	25.000
Warmteopslagtank		60.000	60.000
Subsidies (50% op WK)		-272.500	-272.500
<b>TOTAAL INVESTERING</b>	<b>605.000</b>	<b>777.500</b>	<b>877.500</b>

\* Bedrag sterk afhankelijk van de bedrijfssituatie

Tabel 4.3: Voorbeeld gebruiksonafhankelijk jaarkosten belichtingsinstallatie (1000 lampen, rente 7%, afschrijving en onderhoud volgens KWIN)

	Uitgangssituatie		
	Stroomafname nutsbedrijf	Eigen stroomopwekking	
		zonder terug- levering	met teruglevering openbare net
Rente (50% investering)	21.175	27.213	30.713
Onderhoud (0,5%)	2.525	3.888	3.888
Vast recht stroomlevering	850		850
Huur trafo huis	1.800		1800
(Afschrijving *)	(105.500)	(132.000)	(142.000)
Vergoeding piekuren le- vering			-80.000
<b>TOTAAL VASTE JAAR- KOSTEN (met)/zonder afschrijving</b>	<b>(131.850) 26.350</b>	<b>(163.101) 31.101</b>	<b>(95.751) -46.249</b>

\* Terugverdiertijd wordt berekend.

Tabel 4.4: Voorbeeld gebruikskosten van een belichtingsinstallatie (ct/kwh) bij een gasprijs van 21,8 ct/m<sup>3</sup>, onderhoudsnormen volgens KWIN

Omschrijving	Uitgangssituatie			
	stroom- levering nutsbedrijf	eigen stroomopwekking		
		zonder terug- levering	met teruglevering openbare net kwh verbruikt / kwh geleverd	
Afschrijving lampen	0,82	0,82	0,82	
Onderhoud WK		1,50	1,50	1,50
Energiekosten WK		6,76	6,76	6,76
Energiekosten nutsbedrijf	15,00			-8,57
Warmteproductie lampen	-2,23	-2,23	-2,23	
Warmteproductie WK		-3,65	-3,65	-3,65
Variabele kosten zonder/	15,82	9,08	9,08	-0,31
met warmtebenutting	13,59	3,20	3,20	-3,96



Om de jaarlijkse kosten te beperken kan de WK-installatie tijdens piekuren in de stroombehoefte beschikbaar gesteld worden aan het nutsbedrijf. De nutsbedrijven betalen een hoge vergoeding voor een zeer beperkte stroomlevering. Voorwaarde is wel dat de WK-installatie zeer bedrijfszeker dient te zijn en de installatie aangesloten wordt op openbare net en dat kan kostbaar zijn. (Ook bij stroomaankoop kan men hiervan profiteren, nutsbedrijven berekenen een sterke reductie op de aansluitkosten wanneer men zich bij piekuren laten afschakelen).

#### 4.2.2 Gebruikskosten belichtingsinstallatie

De gebruikskosten betreffen de afschrijving van de lampen (gebruiksduur 12000 uur), het onderhoudscontract voor de WK-installatie en het energieverbruik van de lampen en de WK-installatie. De lampen en de WK-installatie geven warmte af die nuttig kan worden aangewend om de kas op temperatuur te houden. Wanneer de opgewekte warmte niet of slechts voor een deel benut kan worden, zoals het geval is in een situatie dat stroom wordt afgenomen van het openbare net of dat er een warmteoverschot is, zijn de gebruikskosten van belichting aanzienlijk. Bij nuttige aanwending van de beschikbare warmte blijven de gebruikskosten (ct/kwh) laag, zeker bij eigen stroomopwekking, maar zonder warmtebenutting kunnen de variabele kosten sterk oplopen, tabel 4.4 en bijlage 2.

Om overschotsituaties zoveel mogelijk te vermijden kan een voorziening getroffen voor warmteopslag, tevens te gebruiken voor de warmte die vrijkomt bij CO<sub>2</sub> productie. De opgeslagen warmte kan, binnen de termijn van één of twee dagen, benut worden om de kas tijdens de koudste uren en in de donkeruren op temperatuur te houden.

#### 4.2.3 Warmteoverschotten en energiekosten

De warmtebehoefte bij de teelt van roos cv Madelon is bekend (KWIN 1993/94). Normaal wordt de benodigde warmte en CO<sub>2</sub> verkregen vanuit de verwarmingsketel, doch bij belichting kan ook het koelwater van de WK-installatie en de lampwarmte in een deel van de warmtebehoefte voorzien.

Om een idee te krijgen van de toename in gasverbruik bij belichting is een globaal rekenschema gemaakt van het energieverbruik in de belichtingsperiode. Bij gebruik van een warmtebuffer is in aangenomen, tabel 4.5 dat, vanwege de variatie in warmtevraag, de ketel tenminste voor 25% van de warmte moet zorgen. In periode 1 is dat 25% van 6,3 m<sup>3</sup> = 1,6 m<sup>3</sup>. Zonder gebruik van een

Tabel 4.5: Verdeling opgewekte en benodigde warmte over 13 4-weekse perioden

periode nr	NORM daglengte	INGESTELD aantal bel.uren	BEREKEND op basis van de uitgangpunten					NORM		
			Gasverbruik (m <sup>3</sup> gas / m <sup>2</sup> bruto kas)		CO <sub>2</sub> ketel	WK instal	warmte behoefte	warmte-overschot		
		nacht	dag	ketel +buffer				-buffer	met buffer	zonder buffer
1	8,5	7,5	8,5	1,6	3,5	0,9	5,1	6,3	1,3	3,3
2	9,7	6,3	9,4	1,5	3,4	0,9	5,0	5,8	1,6	3,5
3	11,5	4,5	7,2	1,3	3,3	0,9	3,7	5,1	0,8	2,9
4	13,4	2,6	5,2	1,0	2,6	0,9	2,5	3,8	0,5	2,2
5	14,9	1,1	3,8	0,6	1,6	0,9	1,6	2,2	0,8	1,9
6	15,9	0,0	0,0	0,7	1,2	0,9	0,0	1,6	0,0	0,5
7	15,9	0,0	0,0	0,4	1,0	0,9	0,0	1,3	0,0	0,6
8	14,9	1,1	3,8	0,3	0,8	0,9	1,6	1,1	1,6	2,2
9	13,4	2,6	5,2	0,3	0,8	0,9	2,5	1,2	2,5	3,0
10	11,5	4,5	7,2	0,5	1,1	0,9	3,7	1,8	3,3	3,9
11	9,7	6,3	9,4	0,8	1,8	0,9	5,0	3,1	3,6	4,6
12	8,5	7,5	8,5	1,2	2,8	0,9	5,1	4,9	2,3	3,9
13	8,0	8,0	8,0	1,5	3,2	0,9	5,1	5,8	1,7	3,4
totaal		1456	2129	11,4	27,2	11,6	40,9	44,0	19,9	35,7
	gewenst	1456	2544	uur/jaar		m <sup>3</sup> gas/kwh	0,31		0,15	0,27
Intensiteit belichting		800 lamp/ha		gasverbruik totaal met gebruik warmtebuffer		gasverbruik totaal zonder gebruik warmtebuffer		63,9 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>		79,7 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>

warmtebuffer is in dit voorbeeld aangenomen dat tijdens de uren van belichting, cq CO<sub>2</sub>-dosering tenminste nog 33% van de warmtebehoefte door de ketel geleverd moet worden en 100% tijdens de donkeruren. Voor periode 1 betekent dit een verbruik van 3,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

De hoeveelheid beschikbare warmte is sterk afhankelijk van de geïnstalleerde belichtingssterkte. Elk uur belichting levert over een periode van 4 weken, per lamp een warmtehoeveelheid op van 3,5 m<sup>3</sup> (koeling WK + lampwarmte) en voor CO<sub>2</sub> productie, bij een verbruik van 20 m<sup>3</sup>/ha. uur, een hoeveelheid van 0,056 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Bij een belichtingssterkte hoger dan 1 lamp per 12 m<sup>2</sup> gaan jaarrond warmteoverschotten ontstaan. In de zomermaanden is het ontstaan van warmteoverschotten bij gebruik van de belichtingsinstallatie onvermijdelijk.

#### 4.2.4 Winstmogelijkheden

Het optimaal toepassen van de belichtingsinstallatie houdt in dat alleen belicht wordt op uren dat de extra opbrengsten, o.a. door produktietoename, hoger zijn dan de gebruikskosten. In hoofdstuk 4.1 is uit de licht-opbrengstrelatie voor elke periode de opbrengst per kwh stroomverbruik berekend, tabel 4.1. Een vergelijking van de opbrengstverhoging met de kosten voor gebruik van de belichtingsinstallatie, tabel 4.3, leert dat vanaf periode 12 t/m 3 de opbrengsten altijd hoger zijn dan de gebruikskosten. Gezien het na-ijl effect van de produktie op de belichting van ongeveer 1 periode is het dus zinvol om vanaf week 44 t/m week 8 de belichtingsinstallatie maximaal te benutten. Buiten deze periode is het, met hoge elektriciteitsstarieven, moeilijk om winstgevend te belichten, dit beperkt de mogelijkheden om met stroom van het openbare net te belichten en de investeringen in de installatie snel terug te verdienen.

Bij eigen stroomopwekking zijn de gebruikskosten van de belichtingsinstallatie duidelijk lager. Dit betekent dat hier acht weken eerder met belichten kan worden begonnen en vier weken langer kan worden doorgegaan, belichten dus van week 36 t/m week 12 is altijd zinvol. Het positieve effect van belichten op de biomassa- en de stuksproductie loopt na periode 4, (na week 16), zeer snel terug, andere factoren dan licht lijken de produktie te gaan beperken, zie de discussie in paragraaf 5.1. Gezien de lage prijs voor de roos in de zomer en de zeer beperkte mogelijkheden om de opgewekte warmte zinvol aan te wenden, lijken de mogelijkheden om in de zomer rendabel te belichten beperkt. Alleen op de uren dat de warmte van zowel de lampen als de WK-installatie gebruikt kan worden zijn de kosten zo laag dat belichten mogelijk zinvol kan zijn.

Het bovenstaande betekent dat een bedrijf met eigen stroomopwekking de mogelijkheid heeft om met een donkerperiode van 8 uur ongeveer 3600 uur per jaar te belichten, tabel 4.6.

Tabel 4.6: Rekenschema voor het berekenen van de terugverdientijden van de belichtingsinstallatie

8 uur/etmaal donker

4000 uur/jaar

periode nr	Opbrengstnormen			effect duur donkerper	Opbrengst gld/m2	Saldo opbrengst-var.kosten			Var.kosten elektra gld/m2	Var.kosten eigen stroomopwekking			
	bel.uren per etmaal	ct/gram	ct/kwh			- w.buffer	+ w.buffer	- w.buffer		minimaal gld/m2	+ w.buffer	- w.buffer	
1,0	16,0	66/23,1	30,43	0,00	5,02	2,78	4,26	3,88	2,24	0,47	0,29	0,67	
2,0	15,7	90/23,6	40,61	0,00	6,70	4,46	6,02	5,59	2,24	0,47	0,20	0,63	
3,0	11,7	61/26,9	24,15	0,00	3,90	1,71	3,17	2,76	2,19	0,46	0,26	0,68	
4,0	7,8	48/32,5	15,73	0,00	1,89	0,26	1,43	0,98	1,63	0,34	0,12	0,56	
5,0	4,9	61/34,2	0,00	0,00	0,00	-1,08	-0,31	-0,66	1,08	0,23	0,08	0,43	
6,0	0,0	45/34,0	0,00	0,00	0,00	-0,69	-0,30	-0,48	0,69	0,14	0,15	0,34	
7,0	0,0	30/32,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
8,0	4,9	26/28,7	6,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
9,0	7,8	36/27,2	9,03	0,00	0,46	-0,23	-0,02	-0,03	0,69	0,14	0,33	0,34	
10,0	11,7	50/27,8	12,27	0,00	0,98	-0,10	0,25	0,22	1,08	0,23	0,50	0,53	
11,0	15,7	51/28,6	12,16	0,00	1,46	-0,17	0,47	0,32	1,63	0,34	0,65	0,79	
12,0	16,0	63/28,7	14,97	0,00	2,42	0,23	1,26	1,03	2,19	0,46	0,70	0,92	
13,0	16,0	76/25,5	31,74	0,00	5,23	3,00	4,33	4,00	2,24	0,47	0,43	0,76	
totaal =	3585 uur/jaar				gld/m2.jaar	28,06	10,15	20,56	17,62	17,90	3,78	3,72	6,66 gld/m2
L.intens =	12,50 m2/lamp												
	36,43 umol/m2												
(	3279 Lux)												
Verhoging					Opbrengst	28,06	28,06	28,06					
gasverbr.	19 92 m3/m2	bruto kas			Variabele kosten	-17,90	-7,50	-10,44					
Warmte rend.					Rente + onderhoud	-2,23	-2,63	-2,63					
WK	51 %				Saldo	7,92	17,93	14,99					
					Investering	50,40	62,95	60,40					
					Terugverdientijd:	6,36	3,51	4,03	Jaar				

In de proefsituatie in Horst en Klazienaveen is dit niet gehaald, daar is 2150 uur belicht. Vanwege de proefomstandigheden is de belichting daar, reeds bij 50 watt globale straling buiten, afgeschakeld. Dit betekent dat in een praktijksituatie, bij dit lichtniveau van 6 watt/m<sup>2</sup> (800 lampen/ha), een opbrengstverhoging van ruim f 28,-/m<sup>2</sup> behaald kan worden. De belichtingsstrategie is daarbij dat er in de zomer als het saldo van belichtingsopbrengst minus de variabele kosten van belichting negatief wordt er weinig wordt belicht. In de winter bij een duidelijk positief saldo wordt er overdag duidelijk meer belicht dan in de proefsituatie, mogelijk is het zinvol om overdag continu te belichten. De gebruikskosten kunnen daarmee worden beperkt tot f 3,78 voor onderhoud en afschrijving van de lampen + f 3,72 aan kosten van opgewekte warmte die niet benut kan worden, totaal = f 7,50/m<sup>2</sup>. Deze belichtingsstrategie resulteert in een korte terugverdientijd voor de totale installatie die uitkomt op ongeveer 3,5 jaar, tabel 4.6.

Variëren van de belichtingsintensiteit en het aantal belichtingsuren in het rekenmodel levert een helder beeld op over de te voeren belichtingsstrategie, tabel 4.7. Intensief gebruik van de installatie, veel branduren maken, verkort de terugverdientijd. Het voordeel wordt echter klein als er alleen nog maar vroeg in de herfst en laat in het voorjaar extra uren te maken zijn, meer dan 3000 uur belichten bij een daglengte van 16 uur. Verlengen van de lichtperiode is een andere mogelijkheid om meer uren te maken. Als een langere dag echter betekent dat het takgewicht gaat teruglopen, en daarmee de prijs en de opbrengst, levert het verlengen van de dag geen winst op, de terugverdientijd wordt langer, tabel 4.7. De minst ongunstige situatie met een lange dag treedt op bij een hoge belichtingsintensiteit, dit is ook in tabel 3.4 reeds te zien. Mocht de opbrengstreductie wat te zwaar zijn ingeschat dan valt dagverlenging dus met name te overwegen in combinatie met een lichtintensiteit hoger dan 1 lamp op 10 m<sup>2</sup>.

Een verhoging van de gasprijs pakt met name ongunstig uit in de situatie dat de beschikbare warmte maar voor een deel benut kan worden. Bij een belichtingsduur minder dan 4000 uur/jaar en een intensiteit lager dan 1 lamp op 12 m<sup>2</sup> valt het effect van een verhoogde gasprijs erg mee, tabel 4.7.

Andere mogelijkheden om de winst van een belichtingsinstallatie te verhogen liggen in de aanschaf van een warmtebuffer van voldoende capaciteit en het leveren van elektriciteit aan het nutsbedrijf op piekuren. De beschikbare warmte uit de WK-installatie moet opgeslagen kunnen worden voor de uren waarop niet belicht wordt. Met name bij een niet al te grote daglengte kan veel energie worden bespaard. De vergoeding voor piekurliefering zijn veelal gunstig, terwijl het aantal uur waarop geleverd dient te worden beperkt is. Wel dient ermee rekening te worden gehouden dat de warmte die bij elektriciteitslevering beschikbaar komt meestal niet benut kan worden vanwege een reeds bestaande warmteoverschot situatie.

Tabel 4.7: Terugverdientijd van de belichtingsinstallatie bij een gasprijs van 21,5 en 30 ct/m<sup>3</sup> bij toenemende belichtingsintensiteit en een toenemend aantal gebruiksuren (rente 7%)

lampen/ha	Branduren per jaar					Branduren per jaar				
	1964	2897	3585	3957	4239	3196	4129	4817	5189	5471
	Gasprijs 21,5 ct/m <sup>3</sup> ; daglengte 16 uur									
400	6,2	4,0	3,4	3,4	3,3	63,1	10,2	7,2	7,1	7,1
800	5,9	4,0	3,5	3,5	3,5	8,5	5,4	4,6	4,6	4,6
1200	6,0	4,2	3,7	3,7	3,7	7,1	4,8	4,1	4,1	4,1
	Gasprijs 30,0 ct/m <sup>3</sup> ; daglengte 16 uur									
400	6,4	4,2	3,6	3,6	3,6	>100	12,8	8,9	8,9	9,5
800	6,1	4,3	3,9	3,9	4,0	10,7	6,8	6,0	6,1	6,4
1200	6,5	4,8	4,3	4,4	4,5	9,3	6,2	5,5	5,6	5,8
	Gasprijs 30,0 ct/m <sup>3</sup> ; daglengte 20 uur									

## 5 DISCUSSIE

### 5.1 De struikopbouw

In de fase van struikopbouw, direct na het planten van een nieuw gewas, zijn geen invloeden van de belichting geconstateerd op de grond- en broekscheutvorming. Ook de uitzwaring in het tweede jaar is niet beïnvloed door de belichting. Uit de verschillen in aantal en dikte van de grond- en broekscheuten tussen de diverse uitgangsmaterialen en de locaties blijkt dat het wel mogelijk is om de struikopbouw te beïnvloeden. De onderstam heeft enige invloed en de locatie heeft een groot effect gehad op zowel aantal als diameter van het onderhoud. Op ROC-Horst wilde men een zware struik en rozen van een zware kwaliteit, terwijl men op ROC-Klazienaveen meer gericht is geweest op productiehoeveelheid. Per struik heeft men op ROC-Horst inderdaad veel grond- en broekscheuten gekregen onder andere door de grondscheuten diep terug te knippen, tabel 3.2. In het eerste teeltjaar heeft deze teeltwijze kwalitatief zware takken geleverd, de productie echter, gemeten in aantallen rozen/m<sup>2</sup>, kwam wat later op gang en bleef beperkt. Ook de biomassa-productie bleef achter bij de biomassa-productie op ROC-Klazienaveen, figuur 3.2 en tabel 3.7. In de opvolgende jaren heeft het grote aantal grond- en broekscheuten per m<sup>2</sup> niet gezorgd voor een systematisch hogere productie in stuks en/of in biomassa.

Een lager aantal grond- en broekscheuten op ROC-Klazienaveen is gecompenseerd door een grotere diameter (verder uitzwaren door sterkere vertakking). De veel hogere productie in het eerste jaar heeft tot nu toe niet geresulteerd in een snelle veroudering van het gewas, het steeds lichter worden van de takken, figuur 3.3.

Een goed groeiend, belicht gewas cv Madelon blijkt per jaar ongeveer 8.000 tot 8.400 gr/m<sup>2</sup> biomassa te produceren, dat met sturing via knipmethode en kasklimaat verdeeld wordt over aantal takken en takgewicht. De forse verschillen in struikopbouw zijn niet bepalend geweest voor de biomassa-productie, de struikopbouw is dus niet snel een beperkende factor. Een invloed van belichting op de struikvorming is niet geconstateerd en is dus kennelijk zeer beperkt.

Uit de literatuur (Rijssel 1979 en 1982) is bekend dat de groei-omstandigheden in de periode van struikvorming, bij een planttijd in december, zeer goed te sturen zijn. Onder goed stuurbare omstandigheden worden er in de praktijk als regel voldoende, en bij grootbloemige cultivars, voldoende zware grond- en broekscheuten gevormd om geen beperking te vormen voor een maximale productie. Bij een late planting en een vroeg voorjaar zijn de groei-omstandigheden in de kas veel ongunstiger en veel minder te beïnvloeden, dan bestaat wel de kans op onvoldoende struikopbouw en een beperkte productie.

### 5.2 Daglengte- en lichtsom-effecten

De totaal geproduceerde biomassa is significant lager bij een daglengte van 20 uur in vergelijking tot een daglengte van 16 uur, als wordt uitgegaan van eenzelfde lichtsom. Dit effect wordt met name veroorzaakt door een lager takgewicht, mogelijk zet dit effect zich op den duur door in een lagere stuksproductie, maar in de proefopzet was dit effect ook aan het einde van het belichtingsseizoen nog niet significant aantoonbaar. Een verklaring voor dit effect kan gezocht worden in extra verademing. In de proefopzet is gekozen voor het splitsen van de afdelingen met een verticaal rolscherm in twee vakken met daartussen een verschil in daglengte. Het kasklimaat wordt gestuurd door de klimaatbox in één van de twee vakken, het vak met een daglengte van 16 uur, zodat de temperatuur in het vak met 20 uur licht altijd hoger zal zijn geweest als gevolg van de warmteproductie van de lampen. Dit kan een effect hebben gehad op het takgewicht.

Het daglengte-effect was zo groot dat het verlengen van de dag tot meer dan 16 uur kritisch bekeken dient te worden. Hierbij speelt de houdbaarheid van belichte rozen ook een rol, voor de cultivars Madelon en Sonia wordt geadviseerd (PBN sectie produktkwaliteit) om tenminste 6 uur

donker aan te houden om het risico van slechte houdbaarheid, de combinatie van sterke verdamping en vaatverstopping, te beperken.

De relatie tussen licht en produktie is met 1 periode verschil het duidelijkste, beter dan met 0 of 2 perioden verschil. Hieruit is geconcludeerd dat het effect van (assimilatie)licht tot uiting komt in de produktie 1 periode na de lichttoediening. (De na-ijltijd zal door het jaar heen niet volledig stabiel zijn zodat het nauwkeurig bepalen ervan niet heeft plaatsgehad). Elke zomer, na het stoppen van de belichting, verdwenen de produktieverschillen tussen de behandelingen geheel. Ook uit ander onderzoek is bekend dat het effect van belichting snel verdwijnt na het stoppen met belichting (Zwart 1994). Belichting heeft dus een kortdurend positief effect op de produktie, zowel op de biomassa-produktie als op aantal stuks, dat na ongeveer 1 periode na de lichttoediening tot uiting komt.

's Zomers kan er gedurende langere tijd geen meetbare, positieve invloed gevonden worden van belichting op de produktie, bijlage 1. Daarnaast is de gemeten biomassa in de zomer ook laag voor de beschikbare hoeveelheid zonlicht, figuur 3.8. Voor de verklaring van beide effecten is mogelijk wederom de knipmethode die bij de roos wordt gevolgd. Laat in het voorjaar of vroeg in de zomer wordt het gewas teruggeknipt op diepte, waarbij tevens veel van de dunnere takken worden verwijderd. Wanneer men het gewas wil verjongen, door het stimuleren van grond- en broekscheutvorming, doet men dit op een nog sterkere wijze. Het aantal takken dat kan uitlopen is dan laag en daarmee wordt de produktie beperkt. Wellicht is deze beperking zo groot dat het beschikbare licht niet volledig meer kan worden benut. Wanneer licht in de zomermaanden niet behoort tot de beperkende factoren voor de produktie, heeft aanvullend belichten geen effect en dus ook geen zin.

Het effect van de lichtsom op de produktie lijkt in eerste instantie een redelijk rechtlijnig verband te zijn over een lang traject. Ook onderzoeksresultaten uit de Scandinavische landen, bij belichting met hoge belichtingsintensiteiten, wijzen in deze richting (Noorwegen, H.R. Gisleröd). De biomassa-produktie reageert het meest stabiel op de ontvangen lichtsom, met alleen in de herfst, de perioden 10, 11 en 12, een minder sterke reactie, bijlage 1. Als gekeken wordt naar het effect van zonlicht op de produktie, de produktie gecorrigeerd voor de behandelingseffecten, dan blijkt ook daar dat de produktie in de herfst achter blijft bij de produktie in het voorjaar, bij dezelfde lichtsom, figuur 3.8. Een verklaring voor deze verschillen ligt wellicht opgesloten in de knipmethode en de kastemperatuur. In de zomer en het najaar wordt een tijd lang bovendoor geknipt, waarbij een deel van de tak op het gewas achterblijft, terwijl in de winter en het voorjaar onderdoor wordt geknipt, waarbij zelfs een deel van de onderliggende tak wordt meegeknipt (maar als regel niet meegewogen). Een opvallend verschil in takgewicht tussen periode 4, 5 en 6 vergeleken met periode 9, 10 en 11 versterkt dit idee, figuur 3.3. In het najaar is er een periode dat de lichtintensiteit van de zon sterk afneemt en er nog weinig gestookt wordt. De buitentemperaturen zijn nog relatief hoog en daarmee ook de temperatuur in de kas. De relatief hoge temperatuur bij de beperkte en afnemende lichthoeveelheid is niet bevorderlijk voor de groei en kan mede een oorzaak vormen voor het relatief lage takgewicht. Met belichting kan men de minder gunstige omstandigheden in de herfst niet wegwerken omdat er naast licht ook extra warmte in de kas wordt gebracht.

De normale economische aanpak om de belichtingsstrategie te optimaliseren, weegt de geconstateerde opbrengst-effecten, de produktie-effecten maal de stuksprijs, af tegen de variabele kosten per periode. Een duidelijk positieve verschil in de winter betekent dat het aantal belichtingsuren gemaximaliseerd dient te worden, een marginaal of negatief verschil in de zomer betekent een sterk reduceren van de belichtingsuren en deze strategie resulteert in de kortst mogelijke terugverdiendtijd van de belichtingsinstallatie. Verder opvoeren van de belichtingsintensiteit tot boven de 7 watt/m<sup>2</sup> groeilicht (3000 Lux) biedt in de Nederlandse situatie geen perspectieven vanwege het optreden van grote warmteoverschotten en de relatief hoge gasprijzen. De Scandinavische situatie voor het belichten van kasgewassen met stroom opgewekt uit waterkracht valt, met name voor hoge intensiteitsbelichting, veel gunstiger uit zowel economisch als milieutechnisch. Er komt in de

scandinavische landen bij de stroomopwekking via waterkracht nauwelijks of geen warmte vrij en de stroomprijs is, in vergelijking met nederland, laag.

### 5.3 Milieueffecten van assimilatiebelichting

Vanuit het oogpunt van milieu is het van belang om energieverpilling te voorkomen. Assimilatiebelichting, belichten met een hoge lichtintensiteit, vergt veel energie omdat slechts een klein deel van de verbruikte brandstof in licht kan worden omgezet. Het algemene standpunt dat assimilatiebelichting een verspilling van energie is klopt echter niet zonder meer met de feiten. Gecorrigeerd voor de belichtingseffecten (onbelicht, constante in bijlage 1) zouden op de proeflocaties gemiddeld 259 rozen per m<sup>2</sup> zijn geoogst, wat aanmerkelijk hoger is dan gemiddeld in de praktijk (KWIN 1993/94). Bij een gasverbruik volgens KWIN van 44 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> bij jaarrond productie betekent dit een energierendement van gemiddeld 6 rozen/m<sup>3</sup> gas. Dit gemiddelde zegt niet zoveel omdat de kas met name 's winters verwarmd wordt, het energierendement loopt dan terug tot 2,0 rozen/m<sup>3</sup>, tabel 5.1. Het energierendement van een rozenteelt die 's winters 3 tot 4 maanden buiten productie is ligt ver boven de 6 rozen/m<sup>3</sup> doch deze teeltwijze is economisch niet interessant.

Tabel 5.1: Energierendement van verwarming en van belichting per seizoen

	Energieverbruik en productie			Energie-rendement		
	Gasverbruik	Productie onbelicht	Productie effect van belichting	Verwarming (onbelicht)	Belichting (lampwarmte benut)	
					WK-warmte benut	WK-warmte onbenut
Periode	m <sup>3</sup> gas-/m <sup>2</sup>	stuks/m <sup>2</sup>	st/kwh	st/m <sup>3</sup>	st/m <sup>3</sup>	st/m <sup>3</sup>
7 t/m 10	5,4	108,4	-	20,07		
11 t/m 13	13,8	45,0	0,23	3,26	11,50	1,24
1 t/m 3	17,2	33,5	0,33	1,95	16,50	1,77
4 t/m 6	7,6	71,7	0,23	9,43	11,50	1,24
Totaal	44,0	258,6		5,88		

Het energierendement van toegepast kunstlicht is afhankelijk van de warmte van lampen en WK-installatie die nuttig wordt gebruikt. Het energieverbruik voor belichting en verwarming kunnen niet los van elkaar worden gezien. Als de stroom van het nutsbedrijf wordt betrokken is voor de stroomopwekking 0,26 m<sup>3</sup>/kwh nodig (electrisch rendement centrale = 40%), waarbij de afvalwarmte niet wordt benut. Op het bedrijf wordt de lampwarmte benut om te besparen op de verwarmingskosten, zodat gasverbruik (bedrijf + centrale) door belichting stijgt met 0,16 m<sup>3</sup> gas/kwh. Bij eigen opwekking van stroom kan de vrijkomende warmte van zowel de lampen als de WK-installatie worden benut. Bij een volledige benutting stijgt het gasverbruik, doordat het rendement van de WK-installatie wat lager ligt dan van de ketel, slechts met 0,02 m<sup>3</sup> gas/kwh. Gezien de produktiestijging per kwh is, bij eigen stroomopwekking, het energierendement door belichting in de herfst en wintermaanden aanzienlijk te verbeteren, zolang de opgewekte warmte vrij goed kan worden benut. In voorjaar en zomer leidt belichting tot een lager energierendement,

door het hogere energierendement bij de onbelichte teelt en de beperkter mogelijkheden om de opgewekte warmte nuttig te gebruiken.

In de praktijk zal het niet mogelijk zijn om alle opgewekte warmte van lampen en WK-installatie te benutten. De verhoging van het gasverbruik en de benutting van de beschikbare warmte is afhankelijk van de geïnstalleerde belichtings-intensiteit en het aantal belichtingsuren, tabel 5.2. Bij de toepassing van hogere belichtingsintensiteiten dan ongeveer 6 à 7 watt/m<sup>2</sup> (800 lampen per ha) daalt het behaalde energierendement gedurende alle seizoenen sterk door het veelvuldig optreden van warmteoverschotten. Wanneer het mogelijk is om CO<sub>2</sub> te winnen uit de rookgassen van de WK-installatie biedt dit een mogelijkheid om de belichtingsintensiteit iets verder op te voeren.

Tabel 5.2: Toename gasverbruik en benutting WK-warmte bij toenemende belichtingsintensiteit en een toenemend aantal gebruiksuren (bij gebruik van een warmtebuffer)

lampen/ha	Branduren per jaar					Branduren per jaar				
	1964	2897	3585	3957	4239	3196	4129	4817	5189	5471
	Verhoging gasverbruik; daglengte 16 uur					Verhoging gasverbruik; daglengte 20 uur				
400	2,08	3,73	5,48	6,81	7,89	6,13	8,35	10,63	12,34	13,95
800	5,76	12,61	19,92	24,17	27,39	18,10	28,75	36,59	40,84	44,05
1200	13,16	28,61	40,37	46,75	51,57	36,33	52,30	64,06	70,44	75,26
	Nuttig rendement WK in %; daglengte 16 uur					Nuttig rendement WK in %; daglengte 20 uur				
400	81	77	73	70	67	66	65	61	58	55
800	74	62	51	46	43	50	39	33	31	29
1200	61	42	34	31	29	34	26	22	21	20

## 6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 6.1 Conclusies

- a. De biomassa-productie is een vrij stabiele maat voor de produktie. Het aantal grond- en broekscheuten en het takgewicht kan in ruime mate variëren zonder dat de geogste biomassa wordt verstoord.
- b. Het locatieverschil (knipmethode) heeft in het eerste jaar wel een groot effect gehad op het takgewicht maar niet op de biomassa-productie.
- c. De produktie, zowel biomassa als stuks, stijgt vanaf periode 10 tot en met periode 4 recht evenredig met de kunstlichtsom die het gewas ontvangt, 0,25 st en 8,47 gr per kwh.
- d. Bij een verkorting van de donkerperiode van acht naar vier uur loopt het takgewicht van de verkoopbare rozen terug. De reactie van de biomassa-productie op de daglengte, bij gelijke hoeveelheid licht (lichtsom), is vrij groot, 1 kilogram/m<sup>2</sup> over 3 jaar (5,5%).
- e. De produktie, zowel biomassa als stuks, reageert vertraagd op de ontvangen lighthoeveelheid, de positieve reactie is na 1 vier weekse periode het meest opvallend zichtbaar.
- f. Een langdurig na-effect van belichting treedt niet op, als de belichting wordt verminderd of gestopt loopt, verminderen of stoppen na 1 periode ook de produktieverschillen. Ook de struikopbouw wordt niet beïnvloed door belichting vanaf het moment van planten.
- g. De reactie van de produktie op (lamp)licht verschilt per periode. De biomassa-productie reageert in de herfstperioden 10,11 en 12 duidelijk minder sterk op extra licht (6,8 gr/kwh) dan daarna (10,6 gr/kwh). Door eerst een afname en later een toename van het takgewicht in het belichtingsseizoen toont de reactie van de stuksproduktie op de ontvangen lichtsom meer variatie.
- h. Aan het einde van het voorjaar blijft de produktie enkele perioden sterk achter bij de beschikbare hoeveelheid zonlicht en daalt de reactie van de produktie op lamplicht abrupt. Wellicht is, door het terugzetten van het gewas op goed hout, licht dan geen beperkende factor.
- i. Een optimale belichtingsstrategie betekent bij stroomaankoop dag en nacht door belichten, totdat de lichtintensiteit buiten te hoog wordt (vermoedelijk 150 à 200 watt globale straling), met een niet te korte donkerperiode (cultivarafhankelijk 8 tot 4 uur), van week 44 t/m week 8. Bij eigen stroomopwekking is de belichtingsperiode langer, van week 36 t/m week 12 buiten deze periode is belichten hooguit rendabel op momenten dat de opgewekte warmte (lampen + WK warmte) volledig kan worden benut.
- j. Bij aanschaf of vervanging is de gunstigste belichtingsintensiteit 1 lamp (400 watt SON-T) op 12 m<sup>2</sup>. De terugverdientijd van de belichtingsinstallatie, rekening houdend met de rentekosten prijspeil KWIN, bedraagt bij intensief gebruik ongeveer 3,5 jaar en neemt toe met verhoging van de belichtingsintensiteit.
- k. Bij hogere belichtingsintensiteiten kan de daglengte iets vergroot worden, ook al worden het takgewicht daardoor iets lager. Wel ontstaan er bij hogere belichtingsintensiteiten vrij grote warmteoverschotten en daarmee stijgen de energiekosten sterk. Bij een stijging van de gasprijs is dit ongunstig voor de terugverdientijd.
- l. Teruglevering van stroom aan het openbare net op piekuren kan momenteel de jaarkosten aanzienlijk verlagen en kan de terugverdientijd van de totale belichtingsinstallatie verkorten - met ongeveer een half jaar.
- m. Via optimaal belichten met eigen stroomopwekking kan het energierendement in de herfst en de winter worden opgevoerd, mits de belichtingsintensiteit beperkt blijft tot 1 lamp op 12 m<sup>2</sup>. In voorjaar en zomer leidt belichting tot verlaging van het energierendement, doordat er grote warmteoverschotten ontstaan.
- n. Belichting met stroom van het net verlaagt het energierendement aanzienlijk doordat de centrales de opgewekte warmte niet (kunnen) benutten.



## 6.2 Aanbevelingen

- a. Binnen teeltkundige grenzen lijkt de biomassa-productie door de beschikbare lichthoeveelheid te worden bepaald. Het verdient aanbeveling deze grenzen verder te onderzoeken door bijvoorbeeld bij selectie van cultivars en onderstammen en het testen van groeibevorderende hormonen de geproduceerde biomassa per eenheid licht mede in de beoordeling te betrekken.
- b. Binnen deze grenzen kunnen de mogelijkheden tot sturing van deze biomassa naar takken en takgewicht door bijvoorbeeld: keuze onderstam, knipmethode en teelttemperatuur, verder worden onderzocht.
- c. De relatie tussen takgewicht en prijs dient te worden onderzocht om een optimale gewichtsverdeling over aantal takken en takgewicht vast te stellen, rekening houdend met de oogstkosten.

## 7 LITERATUUR

- Anonymus. Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw 1993-1994  
IKC-Informatie, CBS-Structuurenquête 1992 glastuinbouw. IKC-informatie nr 2, vijfde jaargang, maart 1994. Informatie en Kennis Centrum Akker- en Tuinbouw, Afdeling Glasgroente en Bloemisterij
- Leeuwen, G. van, A van de Wiel en J Vogelezang Assimilatiebelichting en onderstammen bij roos 'Madelon'. - tussentijdse evaluatie van de resultaten (1). Proeftuin 'Noord Nederland, september 1991
- Leeuwen, G. van en A van de Wiel Assimilatiebelichting en onderstammen bij roos 'Madelon'. - tussentijdse evaluatie van de resultaten (2). Proeftuin 'Noord Nederland, augustus 1992
- Leeuwen, R.C.L van en N.J.A. van der Velden. Het gebruik van Warmte/kracht-installaties in de glastuinbouw; Een inventarisatie. LEI-DLO, 1992; publ 4.134
- NV Philips: Artificieel lichting in horticulture, Philips Lighting Division 1/87
- Rijssel, E. van. Opbrengstbepalende factoren bij de teelt van kasrozen in het winterhalfjaar. LEI-DLO 1979; publ 4.84
- Rijssel, E. van. Oorzaken voor verschillen in opbrengsten bij kasrozen. LEI-DLO 1982; publ 4.97
- Zwart, H.F en J. Huys. Energie-effecten bij inzet WKK in eiland- en parallelbedrijf. IMAG-DLO 1994 concept publicatie

Bijlage 1: Overzicht gevonden productie-effecten per periode

$$\text{Productie/m}^2 = a \times \text{lichtsom} + b \times \text{daglengte} + c \times \text{locatie-effect} + d \times \text{jaar-effect} + \text{Constante}$$

0,46 kwh      16 uur = 0      horst = -1/2      1991/92 = -1/2  
 per lamp.uur      20 uur = 1      kl.veen = +1/2      1992/93 = +1/2

**A: Effecten op het gewicht van de verkoopbare takken**

(gram / m<sup>2</sup>)

Periode nr	Behandelings-effect				Locatie-effect Kl.veen tov Horst			Jaar-effect tov 1991/92	Constante (gr/m <sup>2</sup> onbelicht)	Correlatie coefficient (R <sup>2</sup> )
	L.intens	Daglengte		1990/91	1991/92	1992/93				
Jaar van aanplant	a	st. fout	b	st. fout	c1	c2	c3	d		
	gr/kwh		gr/m <sup>2</sup>							
2	3,62	1,04	8	13	23			-150	211	0,76
3	8,68	1,86	6	20	67			-130	366	0,88
4	7,49	2,37	-11	22	72			-135	627	0,80
5	2,98	2,42	-24	18	175			-151	832	0,96
6	-1,35	6,54	-0	29	215			-149	933	0,94
7	-		0	0	57			-66	928	
Volproductief jaar								1992/93		
8	-		-2	20		49	-99	19	854	0,49
9	23,14	13,38	-20	20		43	-85	59	793	0,63
10	7,40	2,41	-17	16		-19	-69	62	689	0,77
11	5,45	1,51	-30	13		30	-27	47	578	0,70
12	7,60	0,98	-28	10		73	-33	33	412	0,88
13	10,03	0,65	-19	8		43	-78	46	262	0,95
1	10,88	0,82	-42	11		5	-82	45	210	0,93
2	11,55	0,82	-41	11		-15	-45	58	211	0,93
3	11,56	0,91	-51	11		-17	2	53	366	0,92
4	9,25	1,29	-61	12		5	56	103	627	0,90
5	1,42	2,02	-35	17		30	100	35	832	0,73
6	-9,93	4,29	-30	19		-38	79	-106	933	0,84
7	-		-54	17		-132	75	-60	928	0,78

**B: Effecten op het aantal verkoopbare takken**

stuks / m<sup>2</sup>

Periode nr	Behandelings-effect				Locatie-effect Kl.veen tov Horst			Jaar-effect tov 1991/92	Constante (stuks/m <sup>2</sup> onbelicht)	Correlatie coefficient (R <sup>2</sup> )
	L.intens	Daglengte		1990/91	1991/92	1992/93				
Jaar van aanplant	st/kwh	st fout	st/m <sup>2</sup>	st fout						
			DL 20 tov 16							
2	0,078	0,027	0,2	0,3	0,8			-8,0	9,9	0,76
3	0,196	0,047	0,5	0,5	2,1			-7,1	13,5	0,89
4	0,206	0,056	0,3	0,5	2,1			-7,5	19,4	0,87
5	0,098	0,047	0,4	0,3	5,9			-6,3	24,2	0,99
6	-0,175	0,216	1,6	1,0	9,6			-6,1	28,1	0,97
7	-	0,000	1,1	0,6	8,3			-6,3	29,8	0,96
Volproductief jaar								1992/93		
8	-	0,000	-0,0	0,5		9,3	-4,4	2,8	27,8	0,92
9	0,714	0,281	0,1	0,4		8,5	-5,8	2,7	27,3	0,97
10	0,249	0,085	0,4	0,6		4,7	-5,2	2,3	23,5	0,91
11	0,139	0,072	0,2	0,6		3,8	-2,7	0,9	19,8	0,77
12	0,231	0,040	0,2	0,4		3,7	-2,8	0,2	14,5	0,89
13	0,309	0,030	0,4	0,4		2,1	-5,0	0,9	10,7	0,94
1	0,331	0,033	-0,9	0,4		0,6	-5,3	1,5	10,1	0,92
2	0,354	0,034	-1,0	0,5		-0,6	-3,7	2,3	9,9	0,91
3	0,337	0,033	-0,8	0,4		-0,2	-2,4	1,8	13,5	0,90
4	0,251	0,046	-0,3	0,4		2,4	-1,2	3,7	19,4	0,89
5	0,059	0,052	1,0	0,4		4,1	0,1	3,0	24,2	0,90
6	-0,117	0,097	0,2	0,4		0,6	0,0	-0,5	28,1	0,19
7	-	0,000	-0,8	0,6		-3,8	-0,1	-0,0	29,8	0,59

Vet = betrouwbaar effect (>95% betrouwbaarheid)

Cursief = betrouwbaar effect doch erg onwaarschijnlijk gezien de afwijkende waarde en de hoge standaard fout

= het effect is voor de aangegeven perioden gelijk

**BIJLAGE 2: REKENPROGRAMMA KOSTEN EN OPBRENGSTEN VAN ASSIMILATIEBELICHTING**

**BIJLAGE 2A: UITGANGSPUNTEN (vet = toegevoegde kengetallen)**

Techniek		Investerings / kosten		Instelling zomerstop belichting	
Kasoppervlak belicht	10000 m2	Armatuur	330 gld/lamp	1 = wel belichting	
Aantal lampen	800	Lamp	45 gld/lamp	0 = geen belichting	
Vermogen lamp	400 watt/lamp	Bekabeling	130 gld/lamp	periode	
- voorsch.app + kabels	60 watt/lamp			nummer	
Duur donkerperiode	8 uur/etmaal	W.K.instal	1000 gld/kW	1	aan/uit
Gewenst aantal bel.uren	4000 uur/jaar	- waterzijdige aansluiting	10000 gld	2	1
<b>Belichtingsintensiteit</b>	<b>36,43 umol/s.m2</b>	- geluidarme kast	30000 gld	3	1
(	<b>3279 Lux/m2)</b>	Warmte opslag tank	850 gld/m3	4	1
				5	1
Vermogen WK-installatie	0,45 kW/lamp	Aansluiting		6	0
Vermogen warmte opslag	60 m3/ha	openbare net	100000 gld	7	0
				8	1
Rendement WK-installatie		<b>Subsidies:</b>		9	1
- elektrisch rendement	33 %	-Structuurverb. landbouw	25 %	10	1
- koelwarmte WK	54 %	-Complementaire reg.	25 %	11	1
- nuttige aanwending				12	1
lampwarmte	100 %	Rente	7 %	13	1
<b>Warmte rendement WK</b>	<b>87 %</b>	Energie: gas	21,5 ct/m3		
<b>Warmte rendement kete</b>	<b>93 %</b>	elektra	15 ct/kwh		
		Vast recht stroomlevering	850 gld/jaar		
Gasverbruik WK-instal.	0,31 m3/kwh	Huur trafohuis	1800 gld/jaar		
Gasverbruik CO2 (ketel)	20 m3/ha.uur	Vergoeding piek uurlev.	175 gld/kW		
Gasverbruik verwarming	44,0 m3/m2	Vergoeding teruglevering	8,57 ct/kwh		
Nachtverbruik	67 %				
- max. aandeel WK	67 % tijdens belichting	Afschrijving lampen	12000 branduren		
- id. met warmte-opslag	75 % van totaal	Onderhoud	0,5 % invest.onroerend goed		
<b>Gasverbr. belicht + bu</b>	<b>63,9 m3/m2</b>				
<b>Gasverbr. belicht - bu</b>	<b>79,7 m3/m2</b>	Onderhoudscontr. WK	1,5 ct/kwh		

**CONSEQUENTIES VAN DE GEKOZEN UITGANGSPUNTEN t.a.v. BELICHTING EN ENERGIEVERBRUIK PER PERIODE**

periode nr	NORM	INGESTELD		NORM BEREKEND OP BASIS VAN DE UITGANGSPUNTEN						NORM warmte behoefte
	daglengte	aantal bel.uren		Lichtsom (umol/m2)	Gasverbruik (m3 gas / m2 bruto kas)		CO2 ketel	WK instal		
		nacht	dag	zonlicht	lampen	ketel +buffer / -buffer				
1	8,5	7,5	8,5	79	59	1,6	3,5	0,9	5,1	6,3
2	9,7	6,3	9,4	148	58	1,5	3,4	0,9	5,0	5,8
3	11,5	4,5	7,2	320	43	1,3	3,3	0,9	3,7	5,1
4	13,4	2,6	5,2	426	28	1,0	2,6	0,9	2,5	3,8
5	14,9	1,1	3,8	684	18	0,6	1,6	0,9	1,6	2,2
6	15,9	0,0	0,0	728	0	0,7	1,2	0,9	0,0	1,6
7	15,9	0,0	0,0	764	0	0,4	1,0	0,9	0,0	1,3
8	14,9	1,1	3,8	698	18	0,3	0,8	0,9	1,6	1,1
9	13,4	2,6	5,2	523	28	0,3	0,8	0,9	2,5	1,2
10	11,5	4,5	7,2	342	43	0,5	1,1	0,9	3,7	1,8
11	9,7	6,3	9,4	199	58	0,8	1,8	0,9	5,0	3,1
12	8,5	7,5	8,5	93	59	1,2	2,8	0,9	5,1	4,9
13	8	8,0	8,0	75	59	1,5	3,2	0,9	5,1	5,8
<b>totaal</b>		1456	2129	5079	470	11,4	27,2	11,6	40,9	44,0
	<b>gewenst</b>	1456	2544		m3 gas/kwh				0,31	
						gasverbruik totaal met gebruik warmtebuffer				63,9
						gasverbruik totaal zonder gebruik warmtebuffer				79,7

**BIJLAGE 2b: INVESTERINGSBEDRAGEN EN KOSTEN ASSIMILATIEBELICHTING**

(Op basis van de gekozen uitgangspunten)

INVESTERING IN DE BELICHTINGSINSTALLATIE: (gld/bedrijf; gld/m2 belicht oppervlak)

	stroomafname nutsbedrijf	eigen stroomopwekking zonder terug- levering	met teruglevering openbare net
Armaturen	264000	264000	264000
Lampen	36000	36000	36000
Bekabeling	104000	104000	104000
WK-Installatie		360000 subsidie	360000 subsidie
- waterzijdige aansluiting		10000 subsidie	10000 subsidie
- geluidarme kast		30000 subsidie	30000 subsidie
Warmteopslag tank		51000 subsidie	51000 subsidie
Aansluiting openbare net	100000		100000
Subsidies		-225500	-225500
<b>TOTAAL INVESTERING</b>	<b>504000 gld/bedr</b>	<b>629500 gld/bedr</b>	<b>729500 gld/bedr</b>
IDEM per m2 belicht opp.	50,40 gld/m2	62,95 gld/m2	72,95 gld/m2
IDEM per watt lampvermogen	157,50 ct/watt	196,72 ct/watt	227,97 ct/watt

**JAARKOSTEN BELICHTINGSINSTALLATIE: (gld/bedrijf; gld/m2 belicht oppervlak; ct/watt lampvermogen)**

Rente (50% investering)	17640	22033	25533
Onderhoud (0,5% onroerend goed)	2020	4275	4275
Vast recht stroomlevering	850		850
Huur travohuis	1800		1800
(Afschrijving) **	PM	PM	PM
Vergoeding piekurenlevering			-63000
<b>TOTAAL VASTE JAARKOSTEN</b> (exclusief afschrijving)	<b>22310 gld/bedr</b>	<b>26308 gld/bedr</b>	<b>-30543 gld/bedr</b>
IDEM per m2 belicht opp.	2,23 gld/m2	2,63 gld/m2	-3,05 gld/m2
IDEM per watt lampvermogen	6,97 ct/watt	8,22 ct/watt	-9,54 ct/watt

**GEBRUIKSKOSTEN BELICHTINGSINSTALLATIE: (ct/kwh)**

			verbruik	levering
Afschrijving lampen	0,94	0,94	0,94	
Onderhoud WK-installatie		1,50	1,50	1,50
Energiekosten WK		6,67	6,67	6,67
Energiekosten nutsbedrijf	15,00			-8,57
- warmteproductie lampen	-2,37	-2,37	-2,37	
- koelwarmte WK		-3,87	-3,87	-3,87

**VARIABELE KOSTEN**

incl. warmtebenutting	13,57 ct/kwh	2,87 ct/kwh	2,87	-4,28 ct/kwh
excl. warmtebenutting	15,94 ct/kwh	9,10 ct/kwh	9,10	-0,40 ct/kwh



Bijlage 3: De elementgehalten in het substraat (mS/cm) en in het gewas (gr/kg droge stof) per lichtbehandeling

Behandeling	Belichtingsintensiteit			Daglengthe		
	3 watt	6 watt	9 watt	16 uur	20 uur	
Elementgehalte in het substraat (gecorrigeerd op EC)						streefcijfer
pH	5,7	5,9	6,0	5,9	5,8	
EC (v)	2,6	2,8	2,7	2,7	2,8	
NO3 (lsd = 0,4)	14,2 b	13,8 a	13,5 a	14,0	13,7	12,5
P	0,91	0,88	0,91	0,90	0,90	0,9
SO4	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5	3,0
K	6,4	6,5	6,3	6,4	6,4	6,0
Ca (lsd = 0,2)	4,9	4,8	5,0	5,1 b	4,7 a	5,0
Mg	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5	2,0
Mn (lsd = 0,4)	3,4 b	2,7 a	2,6 a	3,0	2,8	3,0
Fe	50,9	51,5	49,7	51,1	50,2	25,0
Elementgehalte in het blad						norm- gehalte
% droge stof	23,3 a	24,0 b	24,4 c	23,6 a	24,2 b	
N tot (lsd = 96)	2917 b	2792 a	2779 a	2847	2812	1700-1800
P (lsd = 14)	192 bc	175 a	182 ab	185	181	100-160
K (lsd = 19)	751	744	732	752 b	733 a	800-900
Mg (lsd = 5)	147 b	143 b	136 a	143	141	100-160
Ca (lsd = 28)	385	372	379	394 b	364 a	250-450