



# Belichte groentegewassen

Een bedrijfseconomische en milieukundige evaluatie

M.G.M. Raaphorst (PPO)

J.K. Nienhuis (LEI)

A.E. Jansma (PPO)

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector glastuinbouw  
LEI

Augustus 2002

PPO 554

© 2002 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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

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

**Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.**

Sector glastuinbouw

Adres : Bornsesteeg 47, Wageningen  
: Postbus 167, 6700 AD Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 83 00  
Fax : 0317 - 47 83 01  
E-mail : [info@ppoglastuinbouw.dlo.nl](mailto:info@ppoglastuinbouw.dlo.nl)  
Internet : [www.ppo.dlo.nl](http://www.ppo.dlo.nl)

**LEI**

Burgemeester Patijnlaan 19, Den Haag  
Postbus 29703, 2502 LS Den Haag  
070-3358330  
070-3615624  
[informatie@lei.wag-ur.nl](mailto:informatie@lei.wag-ur.nl)  
<http://www.lei.dlo.nl>

# Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING .....	5
1.1	Doel.....	5
1.2	Leeswijzer.....	5
2	VERWACHTINGEN .....	7
2.1	Literatuuronderzoek.....	7
2.1.1	Soorten assimilatiebelichting .....	7
2.1.2	Eenheden belichting .....	7
2.1.3	Buitenland .....	7
2.1.4	Berekeningen productie.....	8
2.1.5	Energievoorziening .....	8
2.2	Benodigde productie.....	8
3	METINGEN .....	11
3.1	Energieverbruik .....	11
3.2	Productie .....	11
3.3	Opbrengst.....	11
4	DISCUSSIE .....	14
4.1	Bedrijfseconomie .....	14
4.1.1	Productprijzen .....	15
4.2	Energie-efficiëntie .....	14
4.2.1	Het inkopen van groene energie.....	14
	LITERATUURLIJST .....	16
	BIJLAGE 1 LITERATUURSTUDIE.....	18

Externe bijlage: Metingen bij bedrijven.



# 1 Inleiding

Assimilatiebelichting is al jaren gangbaar bij vele bloemisterijgewassen. In de jaren 80 zijn ook in de vruchtgroenteteelt proeven gedaan met assimilatiebelichting, maar uit deze proeven is geen positief bedrijfseconomisch resultaat gebleken. Toch heeft een aantal telers in de afgelopen jaren de draad weer opgepakt en worden jaarrond tomaten en pepers met intensievere belichting (100-200 Watt/m<sup>2</sup>) geteeld. Toename van het gebruik en intensivering van de toepassing van belichting is van grote betekenis voor de in Glami-verband gemaakte afspraken. Het betekent een toename van het energieverbruik per m<sup>2</sup> wat een evenredige productieverhoging moet leveren om dezelfde energie-efficiëntie (aantal eenheden product per eenheid energieverbruik) te verkrijgen.

Daarom heeft LTO-Nederland aan Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO) en het Landbouweconomisch Instituut (LEI) gevraagd de intensief belichtende groenteteeltbedrijven een jaar lang te volgen en vervolgens een bedrijfseconomische en milieukundige analyse te maken. Hiervoor is financiële ondersteuning gevonden bij het Productschap Tuinbouw en het ministerie van LNV.

## 1.1 Doel

Het onderzoek heeft twee doelen. Ten eerste moet worden nagegaan of het economisch rendabel is om groentegewassen met assimilatiebelichting te telen en ten tweede in hoeverre het telen van groentegewassen onder assimilatiebelichting invloed heeft op de energie-efficiëntie.

## 1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een samenvatting gegeven van een literatuurstudie over assimilatiebelichting in de glasgroenteteelt waarin de verwachtingen hiervan voor de toekomst worden behandeld. Het uitgebreide literatuuronderzoek staat in Bijlage 1. Verder wordt in hoofdstuk 2 berekend hoeveel er extra geproduceerd moet worden om de toegenomen hoeveelheid benodigde energie te compenseren. Hoofdstuk 3 geeft een samenvatting van de metingen bij drie tomatenbedrijven en 1 peperbedrijf. In hoofdstuk 4 volgt een discussie over de verschillen tussen de verwachtingen uit hoofdstuk 2 en de metingen uit hoofdstuk 3.



## 2 Verwachtingen

De verwachtingen voor de bedrijfseconomische en milieukundige haalbaarheid van assimilatiebelichting in de vruchtgroentegewassen worden bepaald door wat er bekend is uit de bloemisterij, de ervaringen uit het buitenland en van de resultaten van kleinschalige proeven en simulaties door onderzoekinstellingen.

### 2.1 Literatuuronderzoek

Nederland heeft ruim 10.000 hectare glastuinbouw. In ruim 4.000 hectare hiervan worden groentegewassen geteeld, waarvan het grootste gedeelte bestaat uit vruchtgroentegewassen. Assimilatiebelichting is in de bloemisterij al veel toegepast en het belichte areaal neemt sterk toe. Schattingen gaan uit van een percentage van 40% van het sierteelt onder glas [Anonymus, 2002], hetgeen een verdubbeling is ten opzichte van de LEI-cijfers van het jaar 2000. Het gaat in de sierteelt om lichtintensiteiten variërend tussen 500 en 12.000 lux, waarvan de meeste bedrijven rond de 4000 lux hebben geïnstalleerd. Bij de vruchtgroentegewassen is in de jaren tachtig geëxperimenteerd met jaarronde tomaten onder 3000 lux, maar dat bleek geen succes. Naast lage productprijzen en problemen met de biologische bestrijding waren er klachten over te veel rood licht van de lampen, wat de planten te vegetatief zou sturen. Om voldoende zetting (en dus ook productie) te krijgen in de winter moet blijkbaar dagelijks een bepaalde lichtsom worden behaald die alleen maar kan worden verkregen met hogere lichtintensiteiten.

#### 2.1.1 Soorten assimilatiebelichting

Verreweg de meeste lampen gebruikt voor assimilatiebelichting zijn van het type SON-T, dit is een hoge-druk-natrium lamp (HPS). De 600 Watt lamp heeft een hoger lichtrendement dan de 400 Watt lamp, maar bij lagere lichtintensiteiten en lage kassen kan het beter zijn om voor een betere lichtverdeling 400 Watt lampen te gebruiken. Alternatieven zijn lagedruk lampen, Fluorescentielampen (TL) of metaalhalide lampen. Deze hebben allen een veel ( $\pm 30\%$ ) lager PAR-rendement dan SON-T lampen, maar worden wel eens toegepast vanwege hun specifieke lichtspectrum.

#### 2.1.2 Eenheden belichting

De mate van assimilatiebelichting wordt in verschillende eenheden uitgedrukt. De meest populaire eenheid in Nederland is de lux (= lumen/m<sup>2</sup>). Alternatieven zijn Watt/m<sup>2</sup> en  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ . De verhouding tussen deze eenheden is afhankelijk van het type lichtbron. Voor de meest gebruikte lamp in de glastuinbouw (SON-T Plus 600 Watt) gelden de volgende verhoudingen [Spaargaren, 2001]:

645 Watt geïnstalleerd = 600 Watt lamp = 222 Watt PAR = 90000 lumen = 1110  $\mu\text{mol}/\text{s}$

Deze verhoudingen kunnen worden verstoord door:

- De leeftijd van de lamp: na 1500 branduren is het aantal lumen per Watt al met 5% verlaagd en na 10.000 branduren is dit 10%.
- Het rendement van de armatuur ( $\pm 86\%$ )
- Vervuiling (stof) op de armatuur en de lamp verlaagt de rendementen van de lamp en de armatuur.

In de berekeningen van dit rapport is er van uitgegaan dat 10.000 lux staat voor 92 Watt/m<sup>2</sup> geïnstalleerd.

#### 2.1.3 Buitenland

Bij welke lichtintensiteit een vruchtgroentegewas wel optimaal kan worden geteeld is nog niet bekend, maar gezien de ervaringen uit het buitenland (met name Canada en Finland) met assimilatiebelichting in groentegewassen zijn intensiteiten van 10.000 lux tot 32.000 lux niet ongewoon. Bij 32.000 lux is zelfs een jaarrondproductie van 185 kg komkommers per m<sup>2</sup> behaald [Reisverslag LTO-komkommercommissie,

2001]. Weliswaar is deze 185 kg bereikt met het tussenplanten van zeer grote planten, maar het is wel meer een verdubbeling van een normale Nederlandse productie, terwijl in Finland de zon naar schatting jaarrond 17% minder licht geeft dan in Nederland. Als belangrijke redenen om vruchtgroenten te belichten in Finland worden genoemd de relatief lage elektriciteitsprijs (f 0,09 per kWh) en vooral de hoge prijs die de Finse consument in de winter wil betalen voor “eigen” producten met een zomerprijs van f 0,30 en een winterprijs van f 3,50 per kg.

#### 2.1.4 Berekeningen productie

Berekeningen met het ECP-model van PPO [Houter en Rijdsdijk, 1991] geven aan dat bij 10.000, 15.000 en 20.000 lux de productie van tomaten kan stijgen van 55 naar respectievelijk 92, 106 en 120 kg/m<sup>2</sup>.jaar. Bij deze berekeningen is echter uitgegaan van 4700 uur belichten en een jaarronde teelt waarbij het CO<sub>2</sub>-gehalte met zuivere CO<sub>2</sub> op een hoog niveau kan worden gehouden.

Deze zuivere CO<sub>2</sub> is in een belichte teelt meer nodig dan in een onbelichte teelt om de volgende redenen:

- door meer licht is er meer fotosynthese en dus meer CO<sub>2</sub>-absorptie van het gewas
- door meer belichting stijgt de kastemperatuur en zal er meer moeten worden gelucht om de etmaaltemperatuur voldoende laag te houden. Door meer ventilatie daalt het CO<sub>2</sub> niveau in de kas richting buitenniveau.
- door de hogere kastemperatuur hoeft er minder te worden gestookt en kan de warmtebuffer niet altijd volledig worden geleegd en kan er dus minder CO<sub>2</sub> worden gedoseerd.

Er moet in de praktijk dus het uiterste uit de plant moeten worden gehaald om de berekende producties te behalen.

#### 2.1.5 Energievoorziening

De elektriciteit die nodig is voor de assimilatiebelichting kan worden betrokken van het net, maar bij een hoog aantal branduren is warmte/kracht koppeling (WKK) een voordeliger alternatief. Hierbij moet er voor worden gezorgd dat de warmte die door de WKK wordt geproduceerd nuttig kan worden aangewend. Als ook CO<sub>2</sub> met een verwarmingsketel wordt gedoseerd is dit vaak niet het geval. Als de WKK geschikt is om CO<sub>2</sub> te doseren dan kan de meeste warmte wel worden benut en kan bovendien de bezettingsgraad worden verhoogd door in de zomerperiode overdag elektriciteit aan het net te leveren [Raaphorst, 1999].

## 2.2 Benodigde productie

Om een schatting te kunnen maken of met een assimilatiebelichting in de vruchtgroenteteelt de energie-efficiëntie kan worden verbeterd beschouwen we eerst de huidige energie-efficiency van tros-, vlees-, cherry- en ronde (losse) tomaten, vervolgens de veranderingen in het energieverbruik bij belichting, waarna kan worden bepaald hoe hoog de productie moet zijn voor een verbetering van de energie-efficiëntie. In Tabel 1 wordt de huidige energie-efficiëntie bepaald aan de hand van gegevens uit KWIN.

Tabel 1- Energie-efficiëntie van tomaten (2000)

Soort	Productie kg/m <sup>2</sup>	Gasverbruik m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Elektriciteitsverbruik kWh/m <sup>2</sup>	Energieverbruik GJ/ha	Energie-efficiëntie kg/GJ
Tros	54.2	57.9	8	21083	25.7
Vlees	60.0	59.7	8	21716	27.6
Cherry	31.1	59.9	8	21787	14.3
Los	55.4	61.1	8	22209	24.9

De norm van het energieverbruik voor de tomatenteelt in 2001 is 20035 GJ/ha en in 2010 17909 GJ/ha. Voor teelten met assimilatiebelichting kan hierbij 5613 respectievelijk 4233 GJ/ha worden opgeteld



[Projectbureau Glastuinbouw en Milieu, 2000].

In Tabel 2 wordt aangegeven wat het gasverbruik en het elektriciteitsverbruik (of de elektriciteitslevering) is bij verschillende vormen van energievoorziening en bij een belichtingsniveau van 2000 uren van 10.000 lux (20 Mluxuur<sup>1</sup>) of bij 3000 uren van 15000 lux (45 Mluxuur). Deze getallen zijn berekend met het rekenmodel Pregas. Bij de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Buitenklimaat van Naaldwijk gemiddeld over de afgelopen dertig jaar;
- Teelt van week 47 t/m week 45;
- Kasttemperatuur dag/nacht van 18,5/18°C. Van week 47-52 is dit 19,5/18,5 °C;
- CO<sub>2</sub>-dosering overdag 60 m<sup>3</sup>/ha.h;
- Minimum buis temperatuur continu 40°C, overdag afgebouwd op globale straling van 0 tot 300 Watt/m<sup>2</sup>;
- Modern bedrijf van 3 hectare;
- Geen energiescherm;
- Warmtebuffer van 100 m<sup>3</sup> per hectare.

Voor de bedrijven met WKK (zowel met als zonder rookgasreiniger) geldt:

- 1 WKK met een gasverbruik van 60 m<sup>3</sup>/ha.uur (dus gedimensioneerd op de CO<sub>2</sub>-dosering), aangesloten op het lichtnet;
- 1 WKK gedimensioneerd op aanvulling van de eerste WKK voor volledige elektriciteitsvoorziening bij de belichting (niet aangesloten op het lichtnet).

Het energieverbruik is berekend door het elektriciteitsverbruik en het gasverbruik bij elkaar op te tellen (met de weegfactoren 9 MJ/kWh elektriciteit en 35,17 MJ/m<sup>3</sup> aardgas). In Tabel 3 wordt van dit energieverbruik een hoeveelheid warmte afgetrokken die de WKK levert, maar niet nuttig kan gebruiken in de belichte kas. Deze warmte kan wel nuttig worden gebruikt in een cluster met niet belichte kassen.

Tabel 2- Energieverbruik bij verschillende vormen van belichting en energievoorziening

Belichting (Mluxuur)	Elektriciteit (kWh/m <sup>2</sup> )			Gasverbruik (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )			Energieverbruik (GJ/ha)		
	Geen	20	45	Geen	20	45	Geen	20	45
Net	8	196	443	60	52	44	21822	35928	55345
WKK	-121	-69	-20	85	111	173	19005	32829	59044
WKK met rookgasreiniger	-141	-87	-28	83	100	153	16501	27340	51290

Tabel 3- Energieverbruik indien warmte-overschot van WKK nuttig kan worden gebruikt

Belichting (Mluxuur)	Warmte voor cluster (GJ/ha)			Energieverbruik (GJ/ha)		
	Geen	20	45	Geen	20	45
Net	0	0	0	21822	35928	55345
WKK	0	1780	11050	19005	31049	47994
WKK met rookgasreiniger	0	1390	10510	16501	25950	40780

Uit het energieverbruik van Tabel 3 blijkt dat het energieverbruik meer dan evenredig toeneemt met de hoeveelheid Mluxuur die voor belichting wordt gebruikt. De energiebesparing door de WKK met rookgasreiniger geeft bij alle belichtingsvormen ongeveer 25% energiebesparing, maar absoluut gezien geeft het meer besparing bij meer belichting. Een WKK heeft bij intensieve belichting alleen zin als deze warmte nuttig aan een andere kas kan afgeven.

Het hogere energieverbruik kan binnen de Glami-systematiek o.a. gecompenseerd worden door inkoop van groene energie. Op sectorniveau wordt uitgegaan van het verbeteren van de energie-efficiëntie. Van beide opties worden hieronder de mogelijkheden uitgewerkt.

<sup>1</sup> De eenheid Mluxuur is hier gehanteerd om aan te geven hoeveel uren het gewas een bepaalde hoeveelheid lux heeft gekregen. 1 Mluxuur is 1000 lux maal 1000 uren.

Uitgaande van Tabel 3 wordt in Tabel 4 bepaald hoe hoog de productie per m<sup>2</sup> per jaar zou moeten worden om een gelijke energie-efficiëntie te verkrijgen als genormeerd voor een standaard tomatenteelt in 2001. De energienorm voor tomaat in 2001 is 20035 GJ/ha. Uitgaande van 55 kg/m<sup>2</sup> is de genormeerde efficiëntie gelijk aan 27,5 kg/GJ). De 55 kg/m<sup>2</sup> productie is hierbij als voorbeeldnorm genomen. Bij vleestomaten is een hogere jaarproductie mogelijk en bij cherrytomaten is de jaarproductie veel lager. De productienormen dienen voor deze gewassen evenredig hoger respectievelijk lager worden gesteld.

Tabel 4- Benodigde productie bij verschillende vormen van belichting en energievoorziening

Belichting (Mluxuur)	Energieverbruik (GJ/ha)			Benodigde productie (kg/m <sup>2</sup> )		
	Geen	20	45	Geen	20	45
Net	21822	35928	55345	60	99	152
WKK	19005	31049	47994	52	85	132
WKK met rookgasreiniger	16501	25950	40780	45	71	112

Uitgaande van de berekeningen van PPO met het ECP-model [Houter en Rijdsijk, 1991] kan worden geschat wat de te verwachten productie is bij verschillende belichtingsniveaus. De ECP-berekeningen komen uit op een productieverhoging van ongeveer 0,8 kg/m<sup>2</sup> per Mluxuur in het gebied tussen de 20 en de 45 Mluxuur. Bij meer licht zakken de meeropbrengsten naar 0,7 kg/m<sup>2</sup>.Mluxuur. Aan de hand van de berekende productie kan worden geschat hoeveel groene energie er moet worden ingekocht om het verbruik van 1/27,5=0,0364 GJ fossiele energie per kg geproduceerde tomaten niet te overschrijden. In Tabel 5 is aangegeven hoe hoog de berekende waarden zijn van de productie en het daaraan gekoppelde toegestane energieverbruik (uitgaande van een efficiëntie van 27,5 kg/GJ)

Tabel 5- Berekende productie en toegestaan fossiel energieverbruik voor drie belichtingsniveaus

Belichting (Mluxuur)	Geen	20	45
Berekende productie (kg/m <sup>2</sup> )	55	71	91
Toegestaan energieverbruik (GJ/ha)	20000	25818	33091

Als dit toegestane energieverbruik wordt afgetrokken van het berekende energieverbruik bij de verschillende vormen van belichting en energievoorziening, dan blijkt dat in alle belichte situaties groene energie moet worden ingekocht (zie Tabel 6), al is de hoeveelheid benodigde groene energie bij 20 Mluxuur en bij een WKK met rookgasreiniger gering. Parallel hieraan wordt aangegeven hoe hoog de productieverhoging moet zijn ten opzichte van de ECP-berekeningen om zonder groene energie toch de benodigde energie-efficiëntie te bereiken.

Tabel 6- Benodigde groene energie of productieverbetering bij verschillende vormen van belichting en energievoorziening

Belichting (Mluxuur)	Benodigde groene energie (GJ/ha)			Benodigde productieverbetering (kg/m <sup>2</sup> )		
	Geen	20	45	Geen	20	45
Net	1822	10110	22254	5	28	61
WKK		5231	14903		14	41
WKK met rookgasreiniger		132	7689		0	21

## 3 Metingen

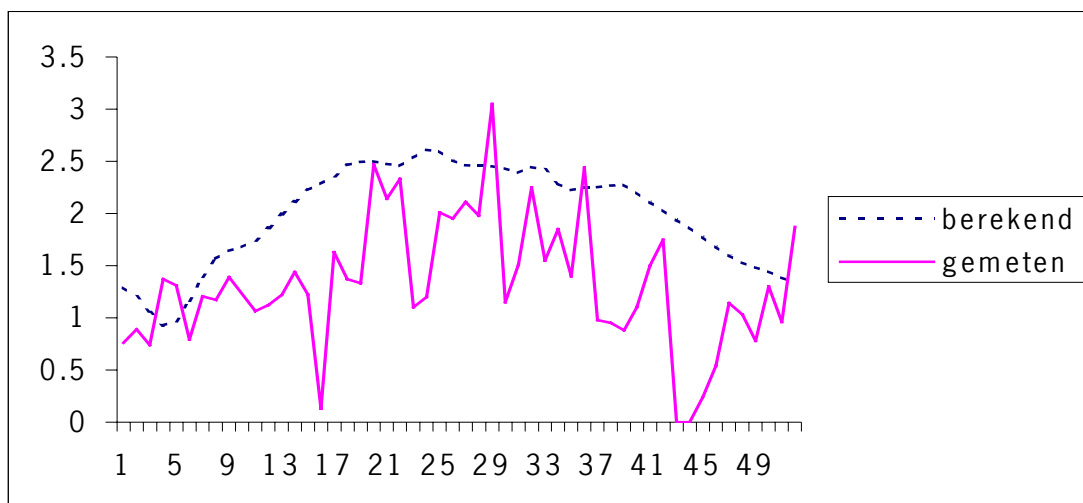
Bij drie belichtende tomatenteeltbedrijven en een peperteeltbedrijf zijn metingen gedaan naar het energieverbruik en de productie.

### 3.1 Energieverbruik

Het geïnstalleerde vermogen bij deze bedrijven varieert van 11.200 lux tot 22.400 lux en het aantal belichte uren loopt uiteen van 2000 tot 4600. Uit de metingen is gebleken dat het energieverbruik bij belichting stijgt naar 39000 GJ/ha tot 59810 GJ/ha. Het elektriciteitsverbruik is direct afhankelijk van de belichtingsintensiteit en de belichtingsduur en daardoor niet afwijkend van het verwachte elektriciteitsverbruik. Ook het gasverbruik is zoals verwacht enkele tot tientallen m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> lager dan in een onbelichte teelt afhankelijk van de belichtingsintensiteit en belichtingsduur. Twee bedrijven hebben een WKK, waarvan een met rookgasreiniger en twee bedrijven betrekken de elektriciteit van het net.

### 3.2 Productie

Het energieverbruik stijgt met 90% tot 170% terwijl de productie slechts 6 tot 30% hoger is dan in een standaard teelt (KWIN). Deze productie ligt ver achter bij de berekeningen met het ECP-model [Houter en Rijdsdijk, 1991]. Toch overstijgt de productie in de winterperiode regelmatig de modelberekeningen en blijft de productie vooral in de zomerperiode achter. In Figuur 1 wordt een vergelijking gegeven van een bedrijf en een ECP-berekening waarbij 75 Mluxuur is belicht. Het productieverlies door de teeltwisselingen in het voorjaar en najaar is aanzienlijk ten opzichte van de berekeningen waarbij is uitgegaan van een continue teelt zonder teeltwisselingen.



Figuur 1- Berekende en gemeten productie.

### 3.3 Opbrengst

De opbrengst stijgt met 6 tot 100%. De productiestijging en ook de opbrengststijging blijven dus achter bij de stijging van het energieverbruik. Desondanks zijn de telers overwegend enthousiast over het telen van vruchtgroentegewassen onder intensieve belichting.





## 4 Discussie

De vraag of assimilatiebelichting in de vruchtgroententeelt wel of niet haalbaar is kan worden beschouwd vanuit de optiek van de energie-efficiëntie als vanuit de optiek van het bedrijfseconomisch rendement. Beide optieken worden hier beschouwd.

### 4.1 Energie-efficiëntie

Het behalen van een gelijke of betere energie-efficiëntie door assimilatiebelichting in de vruchtgroententeelt lijkt alleen haalbaar bij lage belichtingsniveaus (tot 20 Mluxuur, bijvoorbeeld 2000 uren van 10000 lux) en met gebruik van WKK, rookgasreiniging en clustering. Verbetering van de energie-efficiëntie is te bereiken door een hogere productie, een lager energieverbruik of het inkopen van groene energie.

#### 4.1.1 Lager energieverbruik

Lager energieverbruik kan worden bereikt met beter belichtingsmanagement, dat wil zeggen: alleen belichten als de extra kosten door een hogere opbrengst zullen worden vergoed.

Door beter gebruik van de WKK (inclusief rookgasreiniging) kan het energieverbruik 25% lager. Hierbij is het noodzakelijk om de warmte van de WKK ook te kunnen leveren aan een onbelichte kas.

#### 4.1.2 Hogere productie

Hogere productie wordt verwacht door verbetering van het teeltsysteem en het belichtingssysteem waarbij meer licht door de bladeren wordt opgevangen en minder licht op de grond terechtkomt.

Bovendien geeft een nieuwe generatie lampen (400 Volt), 10% meer groeilicht bij dezelfde hoeveelheid elektriciteit.

Door meer kennis over de gewasfysiologie bij belichte groentegewassen kan de productie ook verhoogd worden; Het afgelopen jaar is veel geëxperimenteerd met verschillende belichtingsduren en kastemperaturen. Een optimale teeltstrategie lijkt nog niet gevonden.

#### 4.1.3 Het inkopen van groene energie.

Ook de inkoop van groene energie is een manier om de AMvB-norm voor energie te behalen met belichting. Groene elektriciteit is hierbij het meest eenvoudig te verkrijgen, maar hier hebben bedrijven met een WKK geen behoefte aan. Een alternatief hiervoor is een gedeeltelijke elektriciteitsvoorziening met de WKK en een gedeeltelijke elektriciteitsvoorziening met groene stroom. Met het gebruik van groene brandstoffen (biogas, biodiesel) voor WKK is nog niet veel ervaring en zeker niet met het gebruik van CO<sub>2</sub> uit de rookgassen ervan.

### 4.2 Bedrijfseconomie

Uit de verwachtingen is gebleken dat een zeer hoge productie nodig is om in een belichte teelt evenveel kg vruchtgroenten te produceren per energie-eenheid (energie-efficiëntie van 27,5 kg/GJ). Uit de metingen blijkt dat deze hoge productie niet wordt behaald en ook de opbrengststijging lager is dan de stijging van het energieverbruik. Desondanks blijven de telers enthousiast, wat kan worden verklaard door de volgende argumenten.

#### 4.2.1 Kosten

Door een betere verdeling van de arbeidsdruk over de seizoenen bij belichte gewassen kan efficiënter

arbeid worden ingezet.

De variabele kosten van assimilatiebelichting bestaan voor het grootste gedeelte uit energiekosten en voor een klein gedeelte aan onderhoudskosten. Afhankelijk van het aantal belichtingsuren en het aanwezig zijn van een WKK, zijn de variabele kosten 50-80% van de totale belichtingskosten. Als de opbrengsten de variabele kosten overtreffen zal de investering niet ongedaan worden gemaakt. Als de opbrengsten de totale kosten overtreffen zal de investering worden uitgebreid.

#### 4.2.2 Productie

De energiekosten zijn lager dan de totale opbrengsten. Als dus de energiekosten relatief harder stijgen dan de productie kan toch nog wel worden verdiend aan het belichten

Na een jaar ervaring opdoen hebben de telers de verwachting dat de teelt nog fors is te optimaliseren, waardoor de telers een sterke productiestijging verwachten. Het effect zal volgens hen met name uitgaan van een gelijkmatiger teelt die ook een verdere verbetering van de productkwaliteit zal opleveren.

#### 4.2.3 Productprijzen

In de winter is de prijs van tomaten veel hoger dan in de zomerperiode. Door assimilatiebelichting verschuift een deel van de productie van de zomer naar de winter. Hierdoor is de opbrengstverhoging relatief hoger dan de productieverhoging.

In de opinie van de telers is Nederland, ook bij uitbreiding van het areaal belichte groenteteelt, een niche-speler op de Europese groentemarkt met een specifieke meerwaarde voor de producten. Door de markt jaarrond te kunnen bedienen verwachten de telers op langere termijn een betere klantenbinding en daarmee ook in de zomer een hogere prijs.

Met de productprijzen in de winterperiode is nog weinig ervaring. Voor de in Nederland onder lampen geproduceerde groenten is in deze winter meer betaald dan voor de groenten uit de landen rond de Middellandse Zee. Dit wordt door de telers met name toegeschreven aan de leverbetrouwbaarheid van de Nederlandse producten. Het is echter niet zeker of deze hoge prijzen ook in de volgende jaren zullen worden behaald en of een groter aanbod van belichte producten hier invloed op heeft.

# Literatuurlijst

1. Anonymus, Handbook for modern greenhouse rose cultivation, Applied Plant Research (PPO), p153-, 2001
2. Anonymus, lighting in greenhouses, handbook 2, Grow-electric, 1973
3. Anonymus, Philips Light, Fotoperiodische belichting, 1995
4. Anonymus, Philips Light, Kunstlicht in de tuinbouw, 1993
5. Anonymus, Groei in lux en areaal, Vakblad voor de bloemisterij 26 2002, p33
6. Bakker, J.A., Blacquiere, T., Effecten van gesimuleerd buurmanlicht, PBG Aalsmeer 1992
7. Bakker, J.A., Blacquiere, T., Hoog de jr, T., Kwalitatieve neveneffecten van assimilatiebelichting, PBG Aalsmeer, 1996
8. Bakker, R., Effect van kasconstructie op het toekomstige energiegebruik in de glastuinbouw, LEI, 1999
9. Blacquiere, T., Nijssen, H.M.C., fotoperiodische belichting bij anjers, rapport 217, PBG Aalsmeer, 1999
10. Disco, A (1), Groenten en fruit, 22 september 2000
11. Disco, A.(2), Groenten en fruit, 27 oktober 2000
12. Guiking, W., Oogst Tuinbouw, 16 februari 2001
13. Hoog de, J., groenten en fruit, P16-17, 29 maart 1996
14. Houter, G. en A.A. Rijdsdijk. ECP-model Simulatiemodel voor energieverbruik, CO<sub>2</sub>-verbruik en kg-productie in de glastuinbouw. PTG Naaldwijk 1991.
15. Nawrocki, K.R. Meting warmteoverdrachtscoëfficiënt voor convectie van verwarmingspijpen in kassen 1985 Wageningen IMAG 31 p.
16. Nederhoff, E., Tuinderij, p24-27, 22 december 1988
17. Projectbureau Glastuinbouw en Milieu. Handboek Milieumaatregelen Glastuinbouw, Stuurgroep Glastuinbouw en Milieu, Utrecht 2000
18. Raaphorst, M.G.M. 1999 Documentatie van het PBG rekenmodel Gasverbruik (Pregas). PBG Naaldwijk, intern verslag 200.
19. Rijssel van, E., et al, Optimaal belichten, PBG Aalsmeer, rapport 8, 1995
20. Shaddick, C., Floraculture International, P.8, June 2001
21. Spaargaren (1), ir J.J., Belichting van tuinbouwgewassen, 2000
22. Spaargaren (2), ir J.J., Groenten en Fruit, p12-15, 15 december 2000
23. Verbruggen, J., Groenten en fruit, p32-33, week 28, 2001
24. Vermeulen, P., Tuinderij, p28-29 , p20-21, 22 december 1988
25. Visser, P., Groenten en fruit, p4-5, 14 juli 2000
26. Visser, P., Groenten en fruit, p6-7, 27 april 2001
27. Woerden, S.C. van, J.P. Bakker. Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw 2000-2001. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, 2000 Naaldwijk
28. Woerden (red.), S.C. van. Kwantitatieve Informatie voor de Glastuinbouw, 2001-2002. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, 2001 Wageningen.





## Bijlage 1 Literatuurstudie

Belichten van glasgroenten is meer dan alleen het ophangen van lampen. Hoewel het gebruik van lampen voor de groei van planten in de glastuinbouw al sinds 1950 plaatsvindt werd licht tot voor korte tijd nog gezien als een vaststaande beperkende productiefactor in de teelt van glasgroente. [Anonymus, 1973] Wanneer er al lampen werden opgehangen dan bleek al snel dat het economisch niet rendabel was om daarmee door te gaan. De extra te maken kosten werden dan niet gecompenseerd door de hogere opbrengst. [Vermeulen, 1988] Op dit moment wordt wereldwijd op ongeveer 100.000 hectare groente geteeld onder glas of plastic, bij slechts enkele hectaren daarvan wordt intensieve belichting gebruikt. [Guiking, 2001]

Omdat door onderzoek en technologische ontwikkelingen voortdurend veranderingen plaatsvinden op het gebied van belichting is de kans aanwezig dat oude opvattingen over belichten en proefresultaten moeten worden herzien. [Spaargaren (1), 2000] Zo kan het zijn dat tien jaar geleden belichten van sommige gewassen niet rendabel is gebleken, maar dat er voor een situatie nu wel mogelijkheden zijn. Wanneer de bijdrage van belichten in de glasgroente serieus wordt onderzocht dan dient het hele teeltsysteem daarbij worden betrokken. [Visser, 2001]

Tabel 7 - Algemene gegevens Nederlandse groenteteelt in de glastuinbouw van het jaar 2000, (Bron: KWIN 2001-2002)

	<i>oppervlakte</i>	<i>aantal bedrijven</i>
Glastuinbouw	10883	11071
Glasgroente	4351	3433

Bij de sierteelt zijn opbrengsten door belichting aanzienlijk. Een belangrijke factor hierbij is de omvang en opbouw van de plant die belichting toelaten, zoals de afstand tussen lichtbron en top van de plant en de stand van de bladeren. [Rijssel van, 1995]

Enkele belangrijke redenen om over te gaan op belichting, (het verhogen van de lichtintensiteit en / of het verlengen van de dag) zijn [Bakker, 1996]:

- Productieverhoging
- Kwaliteitsverbetering
- Teeltverkorting door hogere groeisnelheid
- Jaarrond productie of verlenging van teeltseizoen
- Beter arbeidsverdeling / planning over het jaar
- Efficiënter gebruik van productiemiddelen
- Verbetering van de internationale concurrentiepositie

Licht als grondstof (productiefactor) bij de groenteteelt onder glas kan in betekenis toenemen wanneer belichting een bijdrage kan leveren aan een rendabele glasgroenteteelt. [Visser, 2000]

Eind jaren 80 is assimilatiebelichting al in de glasgroenteteelt geprobeerd. Hierbij zijn relatief lage lichtintensiteiten ( $3000 \text{ lux} = 28 \text{ W/m}^2$ ) aangehouden en bleken een te lage productie te leveren om de kosten te kunnen vergoeden. [Nederhoff, 1988] De praktijkbedrijven in de glasgroenten die nu assimilatiebelichting hebben werken met  $10.000$  tot  $23.000 \text{ lux}$  ( $92 - 210 \text{ W/m}^2$ ). Verder zijn er een aantal bedrijven (met name komkommer) die mobiele belichting gebruiken. Hier gaat het om ongeveer  $5 \text{ W/m}^2$ .

## Belichting bij glasgroenten

Licht kan worden gezien als een productiefactor, net als watergift en bemesting. Dit is niet altijd zo geweest want het tekort aan licht in de winter werd lange tijd gezien als een vaststaand feit. [Anonymus, 1993] Bij glasgroenten neemt de groei in de winter, en in de perioden van het voorjaar en najaar af ten opzichte van de zomer. Dit heeft gevolgen voor de productie en de kwaliteit van de producten over de betreffende periode.

Belichting in de sierteelt is volledig geïntegreerd in het teeltsysteem en wordt daar meer en meer als sturende factor gebruikt om bloei en groei te regelen en de ontwikkelingen zijn daar nog in volle gang. [Anonymus, 2001]

Dit is ook mogelijk bij de glasgroente: door de daglengte en de stralingssom te beïnvloeden kan bloemzetting blijven plaatsvinden en door assimilatieprocessen te intensiveren kan ook de smaak en hoeveelheid product worden gestuurd. [Bakker et al., 1996]

Niet in alle stadia van de plant is licht een even belangrijke factor op de groei en bloei. [Anonymus, 1995] Nieuwe systemen zoals bewegende lampen op rails, soorten lichtbronnen en toepassen van delen van kleurenspectrum van het licht zullen ten opzichte van volledige belichting bijdragen aan een gunstiger kosten / baten verhouding door een lager energiegebruik en toch een hogere productie.

### *Teelttechnisch*

Veranderende teeltsituatie en omstandigheden met belichting kunnen leiden tot wijzigingen in het teeltplan. Het selecteren van andere plantenrassen en variëteiten die beter zijn aangepast op het nieuwe teeltplan met belichting kan direct bijdragen aan een effectievere belichting. [Blacquiere, 1999] Hierbij komt de planning van jaarrond leveren van een kwalitatief beter product en een hogere productie per m<sup>2</sup> steeds dichterbij.

Totale dagelijkse belichting in de winter, natuurlijk licht aangevuld met lamplicht heeft invloed op de plant, bloei en vruchtzetting. De omstandigheden voor het ontwikkelen van plagen zijn gunstiger ten opzichte van onbelichte teelt. De hogere temperaturen en lichtintensiteit vragen om een zwaardere biologische aanpak van plagen. [Spaargaren (2), 2000]

Betere opbrengsten worden ook bepaald door de wijze van gebruik van belichting, zoals schoonhouden van armaturen, (vervulde armaturen geven 2,5% minder licht), de leeftijd van de gebruikte lampen en het gebruik van het voorgeschreven voltage. Door gebruik van een onjuist voltage vermindert de lichtopbrengst. [Shaddick, 2001]

Om uittredend licht te beperken kunnen schermen worden geplaatst die overlast sterk verminderen. Het gebruik van schermen heeft echter wel een grote invloed op het binnenklimaat waardoor vocht in de lucht moeilijker kan worden afgevoerd. [Disco (1), 2000]

Een vorm van belichten die afwijkt van hangende lampen is een mobiel lichtstelsel waarbij lampen langs een rail bewegen. Hierbij gaat het om een belichtingsvorm die in bepaalde fasen van een plant wordt gebruikt om de ontwikkeling van de plant te sturen. Het in grote hoeveelheden produceren van warmte is hierbij niet van toepassing in verband met de lage hoeveelheid watts per m<sup>2</sup>.

### *Energie*

Het gebruik van belichting in de glastuinbouw vraagt direct om een hoger verbruik van elektriciteit per vierkante meter. Het is het mogelijk de energievraag te verminderen door het nuttig gebruik van warmte die bij brandende lampen vrijkomt en door te belichten afhankelijk van de warmtevraag. Ook energiezuiniger lampen kunnen hieraan bijdragen.

Wanneer er op het bedrijf zelf elektriciteit wordt opgewekt met behulp van een Warmte Kracht Koppeling (WKK) kan de vrijkomende warmte worden gebruikt voor het verwarmen van de kas. Bij het opwekken van elektriciteit door de WKK of bij het produceren van CO<sub>2</sub> komt warmte vrij die niet altijd kan worden

aangewend in een zwaar belicht bedrijf op het tijdstip van belichten. Daarom moet een zwaar belichtend bedrijf kiezen tussen levering van elektriciteit en CO<sub>2</sub> van derden of het leveren van warmte aan derden of aan een onbelicht deel van het bedrijf.

Belichting kan mogelijkheden bieden om per kilogram geproduceerd product efficiënter met energie om te gaan ten opzichte van gebruikte systemen zonder licht. [Visser, 2001] Het gebruik van een WKK met belichting zal tot een efficiënter energieverbruik per kilogram product leiden.

Vervanging van de oude kassen naar de nieuwste ontwerpen kan een energiebesparing opleveren van 10% tot 15%. [Bakker, 1999] Bij het ontwerpen van nieuwe kasconstructies is rekening gehouden met een betere lichtdoorlatendheid (daglicht). Tevens zijn deze nieuwe kassen doorgaans geschikter voor belichtingsinstallaties dan de oudere kasconstructies. Met name de afstand van de lichtbron tot de top van het gewas (groeipunten) is beter te beheersen in nieuwe hogere kassen.

### *Economisch*

Technisch is het mogelijk om glasgroenten te telen met belichting wanneer daglicht onvoldoende aanwezig is. [Nederhoff, 1988] Uit proeven is gebleken dat voor de Nederlandse situatie het economisch nog niet haalbaar is om in een belichtingsinstallatie te investeren wanneer de teeltmethode verder niet wordt aangepast. [Visser, 2000]

Enkele factoren spelen een belangrijke rol in het bepalen van een wel of niet economisch rendabele teelt met belichting. De gasprijs en de prijs voor elektriciteit zijn daarbij belangrijk naast de mogelijkheden om teelttechnische veranderingen door te voeren en methoden te ontwikkelen die aangepast zijn aan teelt van glasgroente onder belichting. [Visser, 2001]

Aan jaarrond telen van glasgroenten zitten voordelen zoals betere prijsafspraken met jaarrond afnemers zoals grootwinkelbedrijven en betere prijzen door aanbod van kwalitatief goede producten. Een kanttekening daarbij is dat bij een toenemend aanbod in de winter door belichten de middenprijs kan doen zakken, waardoor het bedrijfseconomisch rendement van belichten afneemt. [Vermeulen, 1988] Zonder belichting neemt de kwaliteit en kwantiteit van in Nederland geteelde glasgroenten af in de winterperiode.

De veranderingen in de energie prijzen kunnen ertoe leiden dat de uitkomsten van de kosten- batenanalyse van belichten in glasgroenten kunnen schommelen, omdat de factor energie een grote bijdrage levert aan de kosten voor belichting. [Vermeulen, 1988]

Wanneer gekozen wordt voor de teelt van glasgroenten met belichting dan is het noodzaak om het hele teeltsysteem onder ogen te nemen, anders zijn de voordelen beperkt of zelfs niet aanwezig. [Bakker, 1996]

### *Milieu*

Licht heeft niet alleen invloed op het leven in de kassen maar kan ook merkbaar aanwezig zijn in de omgeving van de kassen. Een zichtbaar effect van licht op de omgeving van de kassen is uittreidend licht ook wel strooilicht genoemd. Dit strooilicht kan naast directe lichthinder een negatief imago creëren voor de glastuinbouw, wat ook tot uiting kan komen in een geringe bereidheid belichte producten aan te schaffen [Disco (2), 2000]

Belichten en milieu kunnen samengaan wanneer door een uitgekiend teeltplan de energie-efficiëntie per eenheid product wordt verhoogd. Wanneer de warmte die bij de lampen en de elektriciteitsopwekking vrijkomt niet kan worden gebruikt voor het verwarmen van de kas, buffering of levering aan derden, gaat dit ten koste van de energie-efficiëntie. Dit dient dan ook voorkomen te worden.

Technische aanpassingen aan de teelt zoals het gebruik van schermen is in veel gevallen nodig om ongewenste effecten te voorkomen. Ook kan er schade (buurmanshade) optreden wanneer kassen onderling invloed hebben op de ontwikkeling van gewassen door strooilicht. [Bakker, 1992] Dit kan ernstige vormen aannemen. Door regelgeving wil de overheid overlast door belichting beperken. Voorbeelden hiervan zijn een gevelschermbod en een verbod op belichting tussen 20:00 uur en 24:00 uur of 95% beperking

van de lichtuitstoot middels een bovenscherm.

### *Buitenland*

Nederland loopt niet voorop wanneer het gaat om belichten van groenten in de kas.

Een alternatief voor belichten in Nederland die kwekers hebben is het opzetten van productiecapaciteit in het buitenland waar de omstandigheden meer voldoen aan zomerse situatie en de meerkosten van belichting niet hoeven worden gemaakt. Of dan dezelfde kwaliteit kan worden geproduceerd is onduidelijk en hangt van diverse factoren af. Kwaliteitsbeheersing door de hele keten gaat een steeds grotere rol spelen.

De noordelijke ligging van Nederland ten opzichte van buitenlandse concurrenten in Zuid Europa komt voor een deel naar voren in de hoeveelheid daglicht en de verdeling daarvan over het jaar.

In de Scandinavische landen en Canada zijn een aantal bedrijven met intensieve belichting tot 20.000 lux boven de glasgroente. Het gaat hier om andere omstandigheden en om een klein aantal bedrijven van doorgaans kleine oppervlakten. Zo wordt in Finland 23 hectaren komkommer en 4 hectaren tomaten belicht. Ook is er een slateler die assimilatiebelichting heeft. De hoge belichtingskosten worden daar gecompenseerd door hoge prijzen die de markt wil betalen voor verse groenten uit de regio. [Hoog de, 1996] [Visser, 2000]

### *Toekomstbeeld*

Enkele factoren die voor de Nederlandse situatie direct bij belichten van glasgroenten horen, zijn de inpassing in het landschap en het aantasten van het imago van telen onder natuurlijke omstandigheden onder glas.

Wanneer het teeltplan kan worden aangepast aan de nieuwe situatie met belichting kan verdere verbetering van de energie-efficiëntie en het bedrijfseconomisch resultaat worden bereikt, mits de vrijkomende warmte, nuttig kan worden gebruikt. [Rijssel van, 1995] Enkele andere ontwikkelingen, zoals een mobiel licht systeem kunnen de extra energie vraag al verminderen. [Verbruggen, 2001] Onder deze omstandigheden is het zeer waarschijnlijk dat er een aantal groentegewassen in de toekomst onder kunstlicht zal worden geteeld.

Om te voorkomen dat lichthinder ontstaat kunnen schermen worden geplaatst die het uittredende licht tegenhouden. In de toekomst moet uittredend licht beperkt worden om het maatschappelijk imago van de glastuinbouw niet te schaden. Het gebruik van schermen kan dan wel tot complicaties bij de controle van de temperatuur en de luchtvochtigheid in de kas leiden. Ook kan de maatschappelijke acceptatie van belichting worden verbeterd door het uitdragen van de voordelen van gecontroleerde teeltomstandigheden waarin ook biologische bestrijding wordt ingezet.