

# Licht en elektrische energie in belichte tomatenteelt

Licht is van groot belang voor de groei, ontwikkeling en vruchtzetting van planten. Daarom willen we in dit artikel inzicht verschaffen over hoe een glastuinbouwer kan omgaan met assimilatiebelichting en over de invloed van belichting op de elektriciteitskost op het bedrijf. Om op een verantwoorde manier hiermee om te gaan is het van cruciaal belang dat enkele basisprincipes gehanteerd worden. Deze worden verder verduidelijkt, gebruik makend van een voorbeeld uit de tomatenteelt.

## Licht-Lumen-PAR

Voor de plant is licht een grondstof die nodig is om fotosynthese te laten plaatsvinden. Licht is een elektromagnetische straling die een bepaalde energie-inhoud bevat. De energie-inhoud van het licht is afhankelijk van de aanwezige golflengten in de straling (het lightspectrum) en de spectrale intensiteit. Deze energie-inhoud kan met verschillende grootheden worden beschreven, afhankelijk van de functie waarvoor het licht wordt gebruikt. Als we licht willen meten (via een solarimeter op de serre/klimaatcomputer), meten we met de meeste toestellen de energie die op de sensor invalt met een golflengte tussen 300 en 2800 nm. De hoeveelheid energie die vervat zit in dit golflengtebereik wordt uitgedrukt in joule ( $J/m^2 \cdot s$ ). Het menselijk oog kan slechts een deel (tussen 380 en 750 nm) van de totale lichtenergie die wordt gemeten door een solarimeter zien. Deze nuttige hoeveelheid energie wordt dan niet meer uitgedrukt in  $J/m^2 \cdot s$  maar in lumen/ $m^2$ . Een plant daarentegen heeft dan weer een ander gedeelte van het lightspectrum nodig voor fotosynthese. De hoeveelheid licht die hiervoor gebruikt kan worden ligt niet tussen 380 en 750 nm zoals bij het menselijk oog of tussen 300 en 2800 nm zoals bij de solarimeter, maar wel tussen 400 en 700 nm, de zogenoemde fotosynthetisch actieve straling (PAR). Aangezien fotosynthese afhankelijk is van de aard van de fotonen en het aantal opgenomen fotonen, moeten we bij het gebruik van assimilatiebelichting de intensiteit van het licht uitdrukken in mol fotonen/ $m^2 \cdot s$  en niet in  $J/m^2 \cdot s$  of lumen/ $m^2$ . Dit kan men vergelijken met verwarming waar we spreken over kWh in plaats van  $l/m^2$  in het geval van verbranding van olie of  $Nm^3/m^2$  in het geval van verbranding van gas.

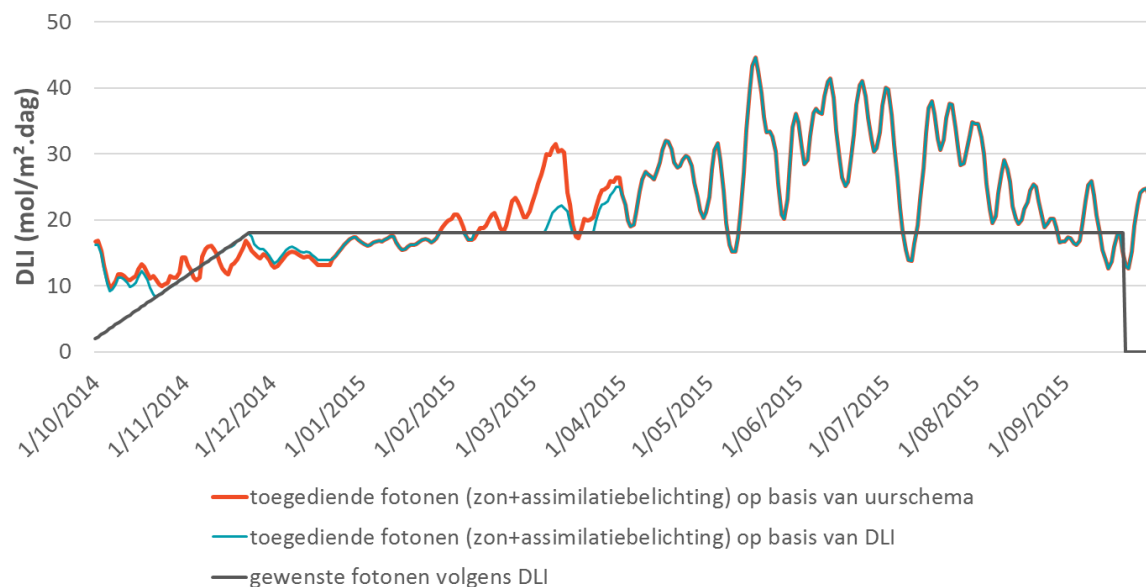
Zoals in Tabel 1 wordt getoond, kan de hoeveelheid licht op verschillende manieren uitgedrukt worden. Hierdoor kan de efficiëntie van een lamp en de hoeveelheid licht dat geïnstalleerd moet worden eveneens op verschillende manieren worden uitgedrukt. Om de communicatie tussen verschillende partijen (teler, voorlichter, fabrikant, ...) te vereenvoudigen is het belangrijk om met dezelfde eenheden te werken. Omdat PAR het belangrijkste licht is voor de plant, gebruiken wij vanaf nu de eenheden uit de laatste kolom wanneer we spreken over assimilatiebelichting. Als we het hebben over werkplaats- of bureauverlichting zijn de eenheden van de tweede kolom het meest toepasselijk.

Tabel 1: Vergelijking van grootheden en eenheden in verband met licht

	GEMETEN LICHT MET SOLARIMETER	NUTTIG LICHT VOOR HET MENSELIJK OOG	FOTOSYNTHETISCH ACTIEF LICHT (PAR)
<b>NUTTIGE/GEMETEN GOLFLENGTE</b>	300 tot 2800 nm	380 tot 750 nm	400 tot 700 nm
<b>HOEVEELHEID</b>	Joule [J]	/	mol [mol]
<b>VERMOGEN</b>	Watt [W of J/s]	Lumen [lm]	mol per seconde [mol/s]
<b>INTENSITEIT</b>	Watt per oppervlak [W/m <sup>2</sup> ]	Lux [Lux of lm/m <sup>2</sup> ]	Micromol per oppervlak per seconde[ $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ ]
<b>EFFICIENTIE</b>	$\frac{\text{Watt}_{\text{licht}}}{\text{Watt}_{\text{elektra}}}$ [W/W]	Lumen per watt [lm/W]	mol per seconde per watt [mol/W.s]

## Gewenste belichting

De gewenste lichthoeveelheid per teeltoppervlak per dag, hangt af van verschillende parameters, zoals temperatuur, het aantal vruchten per plant, ... Bij tomatenteelt wordt door teeltvoorlichters dikwijls gebruik gemaakt van vuistregels zoals 115 J/cm<sup>2</sup>.dag natuurlijk zonlicht voor plantengroei waarbij per tros voor vruchtproductie een extra 100 J/cm<sup>2</sup>.dag moet worden voorzien. Als we deze waarden (uit de eerste kolom van Tabel 1), rekening houdend met de energie-inhoud van de aanwezige golflengten in het zonlicht, omrekenen naar eenheden uit de derde kolom bekomen we een gewenste **lichthoeveelheid per dag** (DLI: *Daily Light Integral*) van 18 mol/m<sup>2</sup> op de plant.

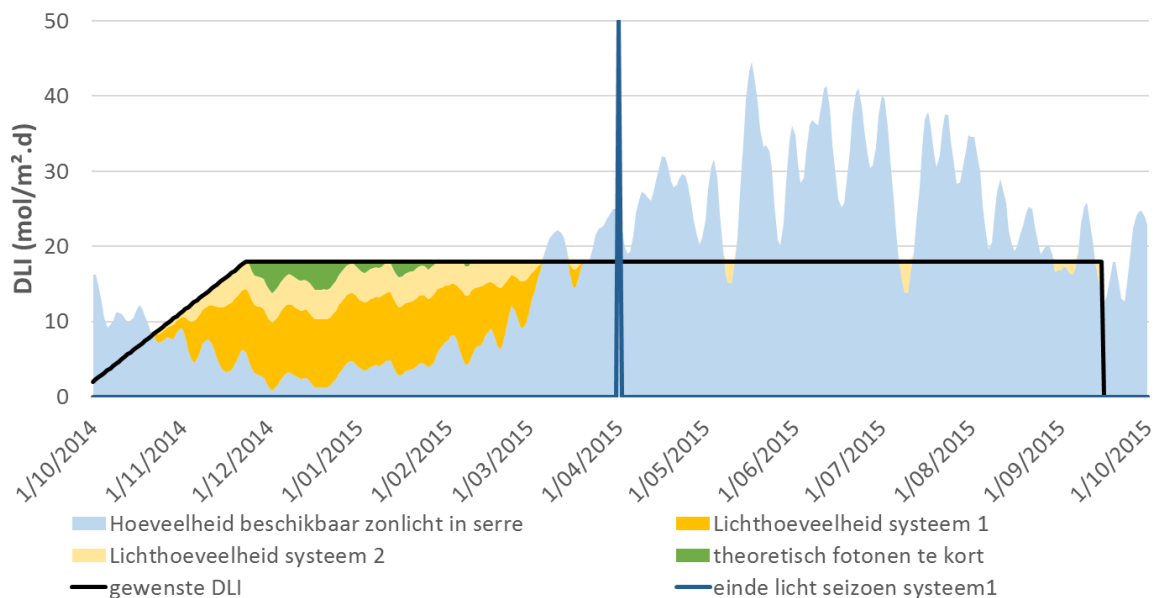


Figuur 1: Totaal toegediende lichthoeveelheid op jaarbasis met belichting installatie van 195  $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ . De gebruikte lichttransmissie van de serre is 80% en de aanplantdatum is 1 oktober 2014.

In Figuur 1 wordt het totaal aantal fotonen per m<sup>2</sup> in de serre weergegeven. In dit voorbeeld stelt de oranje lijn de situatie met huidige sturing op basis van uren belichting voor. De assimilatiebelichting zorgt in dit geval voor ongeveer 1600 mol/m<sup>2</sup>.jaar of 2450 branduren. Sturing van de assimilatiebelichting is momenteel voornamelijk gebaseerd op uren en visuele plantbeoordeling (oranje lijn). We zien dat er voornamelijk op het einde van het belichtingsseizoen meer dan

18 mol/m<sup>2</sup>.dag wordt toegediend en ontvangen door de plant. Op deze momenten moet de teler op een gefundeerde manier kunnen beslissen of hij deze extra belichting gaat gebruiken om extra snelheid te maken (temperatuur verhogen) of dat hij energie gaat besparen (door de temperatuur constant te houden en de belichting te dimmen of uit te schakelen). De blauwe lijn geeft de situatie weer waar we op basis van de DLI op een energiezuinige manier trachten om te gaan met assimilatiebelichting. We gaan er dan van uit dat een energiezuinige belichting overeenkomt met een totale gewenste fotonen stroom van 18 mol/m<sup>2</sup>.dag. De assimilatiebelichting zorgt in dit geval voor ongeveer 1400 mol/m<sup>2</sup>.jaar of 2000 branduren. De werkelijke belichtingsuren liggen in de meeste bedrijven dicht bij de oranje, dan bij de blauwe lijn. Toch rekenen we in dit artikel verder met de situatie volgens de assimilatiebelichting op basis van DLI. Dit is voor ons een betrouwbare manier om te weten hoeveel fotonen de planten ontvangen hebben, rekening houdend met belichtingsniveau en serreeigenschappen. Later wordt duidelijk dat de toegepaste belichtingsstrategie individueel per bedrijf bepaald moet worden en de bijhorende energiekost dus ook sterk kan verschillen van bedrijf tot bedrijf.

## Hoe geraakt de gewenste hoeveelheid fotonen tot bij de plant?

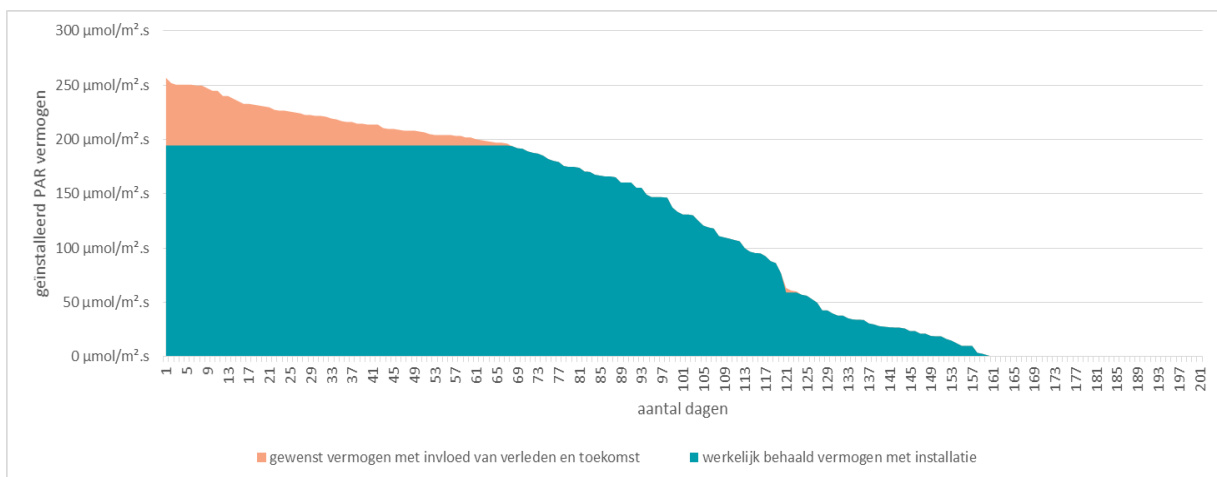


**Figuur 2: Verhouding tussen natuurlijke fotonen, fotonen via belichting boven de plant (140 μmol/m<sup>2</sup>s) en belichting tussen de plant (55 μmol/m<sup>2</sup>s).**

De gewenste fotonenstroom (zwarte lijn) is afhankelijk van de plant, de gewenste groeisnelheid en de stengeldichtheid. In deze berekening wordt uitgegaan van 18 mol/m<sup>2</sup>.dag (komt ongeveer overeen met 115 J + 100 J/tros zonlicht; 80% transmissie). Op jaarbasis zou er dan 5868 mol/m<sup>2</sup> voorzien moeten worden. Afhankelijk van de lichttransmissie van de serre kan een aanzienlijk deel hiervan worden ingevuld door de zon (lichtblauwe vlak). Voor het jaar 2014/2015 en een ingeschatte transmissie van 80% kan er ± 4282 mol/m<sup>2</sup>.jaar door de zon worden geleverd (totaal voorzien door zon is oranje lijn of (6412 mol/m<sup>2</sup>.jaar). In de periode november-maart zien we een tekort aan fotonen, wat moet ingevuld worden met kunstlicht willen we een normale plantengroei bekomen. In dit voorbeeld hebben we een onderscheid/combinatie gemaakt tussen 2 systemen. We gaan uit van een totaal geïnstalleerd vermogen van 195 μmol/m<sup>2</sup>s, hiervan wordt 140 μmol/m<sup>2</sup>s voorzien door systeem 1 en 55 μmol/m<sup>2</sup>s door systeem 2. Het eerste systeem (donker geel) is een systeem dat enkel gedurende de winter gebruikt wordt en maximaal 18 u/dag werkt (dit systeem stelt een praktijkinstallatie voor met hogedruk natriumlampen (HPS) die de planten langs boven belicht). In ons

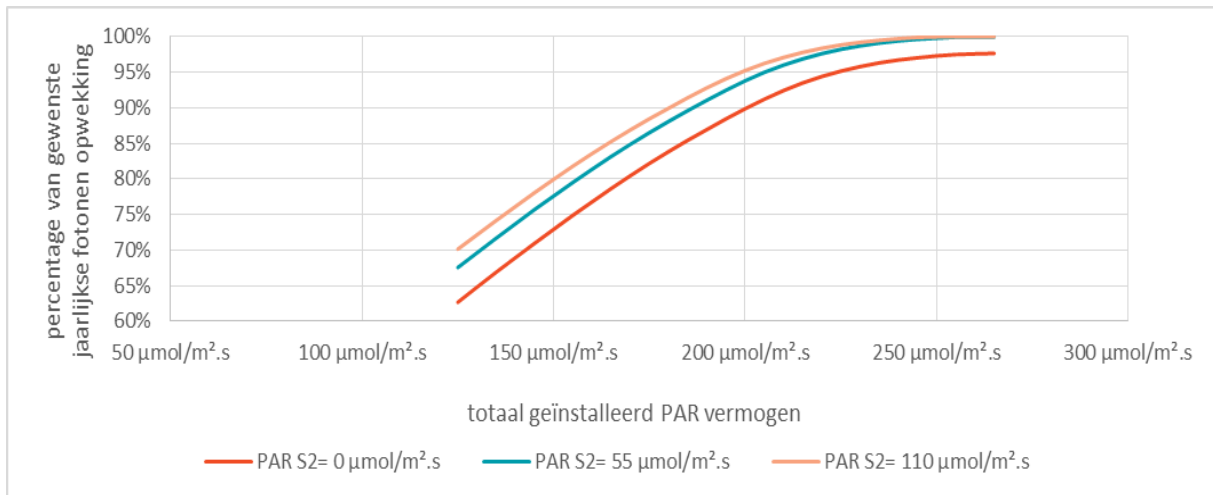
voorbeeld wordt er via het eerste systeem  $\pm 996 \text{ mol/m}^2$  per jaar voorzien, wat voor deze installatie overeen zou komen met  $\pm 1975$  branduren. In de praktijk zien we dat er momenteel meer belicht wordt (2100 à 2400 h) Dit komt omdat we vooral naar het einde van het belichtingsseizoen toe meer dan  $18 \text{ mol/m}^2$  gaan voorzien waardoor de plant meer snelheid kan gegeven worden. Het tweede systeem waarmee gerekend wordt in het voorbeeld is een systeem dat gedurende het hele jaar, en aan 20 uren per dag gebruikt kan worden, maar met een kleiner geïnstalleerd vermogen (licht geel, stelt een praktijk installatie voor met horizontale LED belichting tussen de planten). In Figuur 2 zien we dat deze installatie voornamelijk gebruikt wordt in de winterperiode maar dat de installatie ook fotonen zal leveren op donkere zomerdagen. In totaal levert deze installatie in het voorbeeld  $\pm 471 \text{ mol/m}^2$  per jaar of 2380 branduren. Als we straks het energieverbruik of de invloed op de teelt van deze 2 systemen willen vergelijken willen we hier dan ook rekening mee houden. Een laatste zone in de grafiek is de groene. Deze geeft weer wanneer het gewenste aantal fotonen ( $18 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{dag}$ ) niet gehaald kan worden met de geïnstalleerde belichting uit dit voorbeeld ( $140 + 55 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$ ). De teler kan er voor kiezen op deze momenten minder snelheid te maken met de plant of om extra belichting te installeren.

In Figuur 3 wordt weergegeven hoeveel dagen er een bepaald vermogen nodig is om de vooropgestelde  $18 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{dag}$  te halen. De blauwe zone geeft weer hoeveel dagen we het totaal geïnstalleerd vermogen van  $195 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$  met een maximum van 18h nuttig kunnen gebruiken om tot  $18 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{dag}$  te geraken. In het lichtoranje deel zien we welk fotonenvermogen geïnstalleerd moet worden om op iedere dag minimaal  $18 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{dag}$  te voorzien.



**Figuur 3: Aantal dagen in een jaar dat een bepaald vermogen aan assimilatiebelichting (bij 18 u/dag) nodig is om de gewenste lichthoeveelheid van  $18 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{dag}$  te behalen**

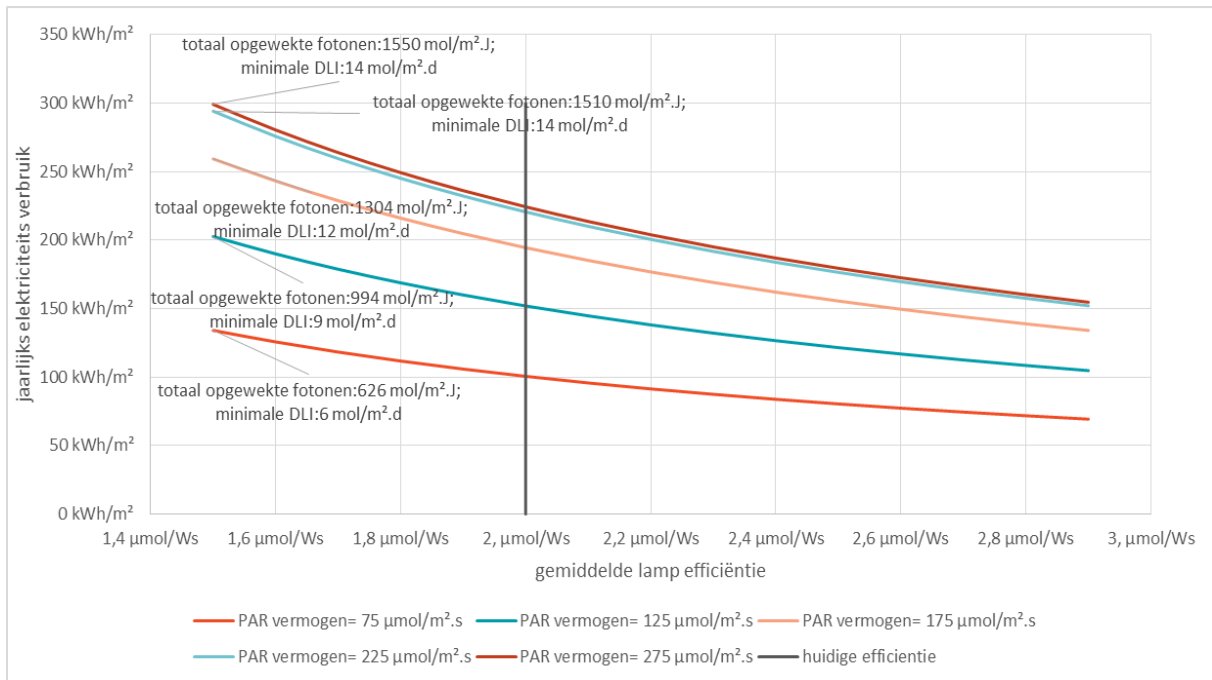
Om te bepalen welk het meest geschikte vermogen is kan men ook gebruik maken van Figuur 4: hier wordt weergegeven hoeveel procent van de gewenste fotonen op jaarbasis voorzien kunnen worden in functie van het belichtingsvermogen en het gekozen systeem (belichting boven plant of belichting tussen plant). In de grafiek geeft de rode lijn de situatie weer wanneer er enkel boven belichting wordt geïnstalleerd, de blauwe lijn toont de situatie waarbij het PAR vermogen van systeem 2 (S2) (horizontale LEDs)  $55 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$  bedraagt, de oranje lijn geeft aan wat de situatie is als het vermogen van de belichting tussen de plant  $110 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$  zou zijn.



**Figuur 4: Percentage van gewenste belichting dat gehaald kan worden bij bepaald geïnstalleerd vermogen (S2 = tussen belichting).**

In Figuur 4 zien we dat het gekozen systeem (belichting boven plant ten opzicht van belichting tussen plant) wel degelijk een invloed heeft op het aantal fotonen dat kan worden toegediend bij een gelijkblijvend totaal geïnstalleerd PAR-vermogen (verschil tussen rode, blauwe en oranje lijn). Hiervoor zijn er twee redenen. Doordat LEDs een kleinere warmteproductie hebben dan HPS-belichting kunnen deze langer branden per dag. Daarom kunnen we ervan uitgaan dat systeem 2 maximum 20 branduren per dag heeft, terwijl systeem 1 slechts 18 branduren per dag telt, waardoor bij eenzelfde vermogen meer fotonen opgewekt kunnen worden per dag. Een tweede reden is dat systeem 2 ook in de zomermaanden kan bijlichten op momenten dat dit nodig zou zijn, terwijl we er van uitgaan dat bij het gebruik van systeem 1 dit niet kan. Naast dit effect is het ook mogelijk dat via systeem 2 (horizontale LEDs tussen planten) de planten meer geproduceerde fotonen kunnen opnemen of dat de fotonen beter verdeeld worden over de plant. Voor ons is de invloed hiervan momenteel nog onduidelijk en zijn we er vanuit gegaan dat de plant evenveel geproduceerde fotonen van systeem 1 als van systeem 2 kan opnemen.

Figuur 5 geeft ons inzicht in het energieverbruik. Dit hangt enerzijds af van het PAR-rendement van de lampen (uitgedrukt in  $\mu\text{mol}/\text{W}.\text{s}$ ). Het is logisch dat hoe hoger het rendement ligt, hoe lager het energieverbruik zal zijn. Hierbij moet wel in het achterhoofd gehouden worden dat de besparing niet eindeloos zal zijn en dat er altijd een bepaalde hoeveelheid energie nodig zal zijn voor assimilatiebelichting. In de praktijk wil dit zeggen dat bij hoge rendementen de relatieve besparing kleiner zal zijn dan bij lage rendementen of dat het vervangen van een oude installatie veel sneller rendeert dan een nieuwe. Als we bijvoorbeeld in een bestaande serre enkele jaren geleden een systeem geïnstalleerd hebben met een vermogen van  $175 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$  en een rendement van  $1.6 \mu\text{mol}/\text{W}.\text{s}$  zouden we  $\pm 46 \text{ kWh}/\text{m}^2$  kunnen besparen als we het rendement verhogen naar  $2 \mu\text{mol}/\text{W}.\text{s}$ . Als we bij een nieuwe installatie waar eveneens  $175 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$  geïnstalleerd is met een rendement van  $2.1 \mu\text{mol}/\text{W}.\text{s}$  het rendement verhogen naar  $2.62 \mu\text{mol}/\text{W}.\text{s}$  besparen we nog  $\pm 35 \text{ kWh}/\text{m}^2$ . In beide gevallen zal de efficiëntie met 25% verhogen en toch besparen we in het eerste geval gevoelig meer energie dan in het tweede.



**Figuur 5: Energieverbruik in functie van efficiëntie en geïnstalleerd vermogen**

Naast het rendement heeft ook het geïnstalleerd vermogen (in bepaalde gevallen) een belangrijke invloed op het energieverbruik. Bij de lage vermogens zien we dat het geïnstalleerd vermogen een zeer grote invloed heeft. Hoe groter het vermogen wordt, hoe kleiner het verschil in energieverbruik zal worden. Vanaf het maximum vermogen dat weergegeven wordt in Figuur 3 ( $250 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ) zal het vermogen geen invloed meer hebben op het energieverbruik. De reden voor het lagere energieverbruik is dat er minder fotonen geproduceerd worden bij een laag geïnstalleerd vermogen. Het energieverbruik/mol (PAR-rendement) zal echter constant blijven bij verschillende geïnstalleerde vermogens (in de veronderstelling dat we streven naar 18 mol/dag).

## Hoeveel kost een foton?

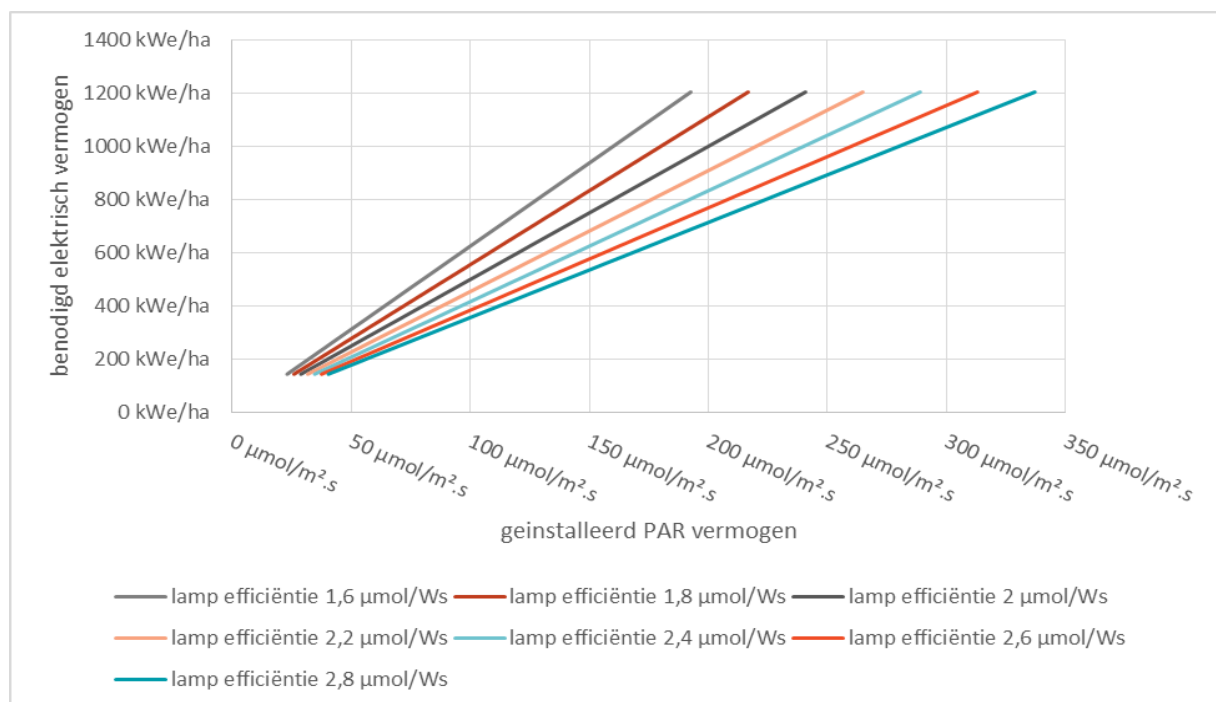
De kost van een foton hangt enerzijds af van de éénmalige investeringskost (capex) en anderzijds van de operationele kost (opex). Om de investeringskosten te bepalen wordt er meestal rekening gehouden met de levensduur (branduren). In de praktijk moet men er op letten dat men met de werkelijke levensduur gaat werken. Als de lamp een theoretische levensduur heeft van meer dan 20000 tot 25000 uren wil dit zeggen dat de lamp  $\pm 10$  jaar meegaat.

Naast de investeringskost is de operationele kost van belichting ook een zeer belangrijke parameter in het belichtingsverhaal. De operationele kost bestaat voornamelijk uit het energieverbruik. Om het energieverbruik om te zetten naar een operationele kost is er wederom bedrijfsspecifieke informatie nodig. Een richtprijs geven voor energie die voor verschillende bedrijven min of meer correct is, is een onhaalbare zaak. De twee belangrijkste technische factoren voor het bepalen van de energiekost kunnen we wel bespreken.

De eerste belangrijke factor is het verbruik. De hoeveelheid energie die nodig is in verschillende situaties wordt hierboven besproken en hangt in belangrijke mate af van de lichtefficiëntie. In Figuur 5 kunnen we het energieverbruik bepalen in functie van het geïnstalleerd vermogen en de efficiëntie. Als we rekenen met een energie prijs van  $130\text{€}/\text{MWh}$  zien we dat we ongeveer  $23,66 \text{€}/\text{m}^2$  of  $19,72 \text{€}/1000 \text{mol}$  moeten rekenen bij een geïnstalleerd vermogen van  $195 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  en een

efficiëntie van  $2 \mu\text{mol}/\text{W}\cdot\text{s}$ . Als de elektriciteitsprijs zou zakken naar  $50 \text{ €/MWh}$  bedraagt de kost per  $\text{m}^2$  nog  $9,1 \text{ €/m}^2$  of  $7,6 \text{ €/1000 mol}$ . De energieprijs waarmee gerekend moet worden hangt enerzijds af van de bedrijfssituatie (energiecontract, distributienetbeheerder,...) maar in belangrijke mate ook van de tweede technische factor, het geïnstalleerd vermogen. Dit vermogen is zowel belangrijk in situaties waarbij alle elektriciteit wordt aangekocht, als in situaties waar er gewerkt wordt met een WKK voor de elektriciteitsvoorziening.

Als we de situaties bekijken waar een WKK opgesteld staat op het bedrijf zal de elektriciteit die wordt opgewekt op het bedrijf goedkoper zijn dan de elektriciteit die moet worden aangekocht van het net. Om er voor te zorgen dat zo veel mogelijk elektriciteit van de WKK wordt gebruikt moet rekening gehouden worden met de buffer. Deze moet nog voldoende warmte kunnen opslaan op momenten dat er in de serre geen warmtevraag is, maar wel fotonenvraag. De tweede belangrijke parameter is het vermogen van de WKK en de belichting. Afhankelijk van het rendement van de belichting zullen de lampen een bepaald elektrisch vermogen nodig hebben in functie van de geïnstalleerde lichtstroom. Als dit vermogen groter is dan het elektrisch WKK-vermogen zal, ongeacht de capaciteit van de buffer, steeds een gedeelte van de elektriciteit aangekocht moeten worden. Figuur 6 geeft weer welk PAR-vermogen er geleverd kan worden in functie van het opgesteld WKK-vermogen en het lamprendement. Er wordt verondersteld dat de buffer voldoende capaciteit heeft om het warmteprofiel volledig af te stemmen op het elektrisch profiel. Als we vertrekken van een geïnstalleerd WKK-vermogen van  $650 \text{ kWe/ha}$  (vuistregel voor WKK-dimensionering in onbelichte tomatenteelt) zien we dat we bij een efficiëntie van  $2 \mu\text{mol}/\text{W}\cdot\text{s}$  slechts  $130 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$  kunnen gebruiken. Er moet dan ook in het achterhoofd gehouden worden dat alle geproduceerde elektriciteit gebruikt wordt voor belichting en dat het andere elektriciteitsverbruik (pompen, batterijladers, ...) aangekocht moet worden. Om deze reden wordt op bedrijven een belangrijk deel van het verwarmde oppervlak niet belicht. Bij 50%/50% is, in plaats van  $650 \text{ kWe/ha}$  belichte teelt, nu  $1300 \text{ kWe/ha}$  belichte teelt beschikbaar. In dit geval kan de WKK-installatie elektriciteit leveren voor een assimilatiebelichting van  $260 \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ . Het geïnstalleerd vermogen aan belichting en de lamp efficiëntie bepalen dus de verhouding belicht/onbelicht.

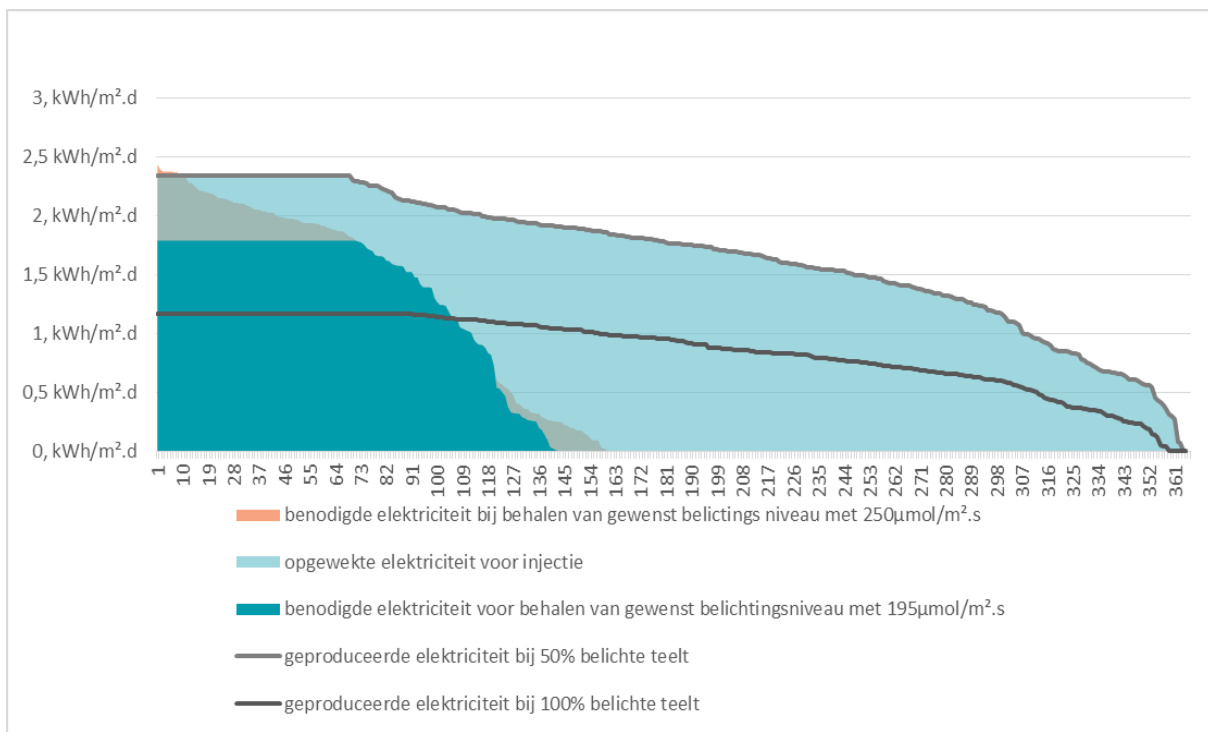


Figuur 6: Verhouding tussen elektrisch vermogen en PAR vermogen.



In Figuur 7 zien we het aantal dagen dat een bepaalde hoeveelheid elektriciteit per m<sup>2</sup> nodig is voor de belichting en de hoeveelheid elektriciteit die beschikbaar is via de WKK. In deze grafiek gaan we ervan uit dat de buffer voldoende groot is en goed “beheerd” wordt zodat de WKK steeds kan draaien en dat een eventueel overschot aan warmte gebufferd kan worden voor gebruik op latere momenten. Als we het volledige oppervlak gaan belichten zien we dat er nog een aanzienlijk deel elektriciteit moet aangekocht worden (donkerblauwe deel boven grijze lijn). In dit geval zullen we met een belichtingsinstallatie van 195 μmol/m<sup>2</sup> (donkerblauw), 179 kWh/m<sup>2</sup> verbruiken. Hiervan kan ± 130 kWh/m<sup>2</sup> geproduceerd worden door de WKK. De overige 49 kWh/m<sup>2</sup> (donkerblauwe deel boven grijze lijn) zal geleverd moeten worden door het net. De belichtingskost bedraagt dan 7,7 €/1000 mol of 9,72 €/m<sup>2</sup>

Als we zoals in de meeste praktijksituaties de helft van de teelt gaan belichten (lichtgrijze lijn) zien we dat alle benodigde elektriciteit door de WKK’s geleverd kan worden en dat er zelfs steeds een overschot beschikbaar is voor injectie (lichtblauwe deel). De belichtingskost bedraagt dan nog 4,25 €/1000mol of 5,38 €/m<sup>2</sup>.



**Figuur 7: Vergelijking van benodigd elektrisch vermogen en opgewekt vermogen met WKK bij WKK-dimensionering van 650 kWe/ha.**

Als er op het bedrijf geen of een “te kleine” WKK aanwezig is, zal het geïnstalleerd vermogen eveneens belangrijk zijn. Omdat de berekening van de distributiekost (die een belangrijk deel uitmaakt van de elektriciteitsprijs) voor een deel berekend wordt aan de hand van de afgenomen piek in de laatste 12 maanden, moet deze piek best zo laag mogelijk gehouden worden. De exacte berekening van de distributiekosten verschilt van distributienetbeheerder tot distributienetbeheerder. Het is dus moeilijk om een algemene kost te bepalen per geïnstalleerd vermogen.

Zoals hierboven duidelijk wordt, is het bepalen van de energiekost voor belichting geen sinecure. In eerste instantie moet gekeken worden wat de kost per m<sup>2</sup> zal zijn, maar daarnaast moet zeker ook rekening gehouden worden met het aantal fotonen die een installatie kan opwekken. Dit is belangrijk omdat een deel van de stijgende kosten (kosten in functie van energieverbruik) kunnen worden



verklaard door een verhoogd aantal geproduceerde fotonen en waarschijnlijk ook een hogere productie. Andere kosten (kosten in functie van vermogen) dragen niet direct bij tot een hoger aantal geproduceerde fotonen en zijn dus ook moeilijker door te rekenen naar extra productie. Als we alle variabelen op een rijtje zetten zien we dat het bijna onmogelijk is om deze grafieken te gebruiken voor bedrijfsspecifieke gevallen. Vandaar dat Thomas More in kader van het Lightman project een methode uitwerkt waarmee de bedrijfsspecifieke parameters ingegeven kunnen worden zodat ieder individueel bedrijf voor zichzelf weet hoeveel energie verbruikt wordt en hoeveel fotonen moeten/kunnen worden opgewekt. Door deze gegevens te koppelen aan de bedrijfsspecifieke installatie kan de individuele energieprijzen worden berekend zodat de bedrijven gefundeerd kunnen beslissen hoeveel belichting op verschillende momenten nodig is.

Jeroen van Roy  
Bert De Schutter  
Michiel Van Erdeweghe  
Herman Marien

Kenniscentrum Energie, Thomas More  
Meer info: [jeroen.vanroy@thomasmore.be](mailto:jeroen.vanroy@thomasmore.be)