

# Energie-efficiënte belichtingstechnieken bij tomaat

Full-led

**Proefperiode: 23/10/2019 – 23/10/2020**

**Proef uitgevoerd door:** Proefcentrum Hoogstraten

<b>Titel</b>	<b>[Titel]</b>
Proefperiode	23/10/2019 – 23/10/2020
Contactgegevens	Proefcentrum Hoogstraten Wendy Vanlommel Wendy.Vanlommel@proefcentrum.be
Project	Dit onderzoek vond plaats binnen het project GLITCH. GLITCH zet in op de ontwikkeling van innovatieve energie-efficiënte en klimaatneutrale teelttechnieken en -systemen in de glastuinbouw. <a href="https://glitch-innovatie.eu/">https://glitch-innovatie.eu/</a>
Steunvermelding	Dit onderzoek wordt enerzijds mogelijk gemaakt met de steun van het Interreg V programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Anderzijds wordt het project ondersteund vanuit het Agentschap Innoveren en Ondernemen (VLAIO), de Provincie Antwerpen, Het Vlaams Kabinet Omgeving, Natuur en landbouw, de provincie Limburg (NL) en het Nederlands Ministerie van Economische zaken.

## 1. Samenvatting / Abstract

In België worden in de winter nog steeds het vaakst tomaten geteeld met SON-T lampen. Led lampen zijn echter energie-efficiënter. Door de combinatie te maken van led en SON-T is al gebleken dat de productie verhoogd kan worden, maar dit gaat vaak gepaard met een verhoging van het energieverbruik (Moerkens et al. (2015, 2016), Vanlommel et al. (2017, 2018), Wittemans et al. (2018, 2020)). Daarom zijn we binnen dit project gaan kijken naar de mogelijkheden van full-led. Uit de proef van 2018-2019 bleek dat, door enkel led lampen te gebruiken, de productie verhoogd kan worden met een lager energieverbruik. De productieverhoging en energiebesparing hing wel sterk af van het type led lamp dat gebruikt werd (Vanlommel (2020)). In 2018-2019 werd een full-led belichtingssysteem met 210  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  toplight vergeleken met enerzijds een full-led belichtingssysteem met 135  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  toplight en 75  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  interlight en anderzijds met een referentie belichtingssysteem met 215  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  SON-T. Deze proef werd in 2019-2020 herhaald ter bevestiging van de resultaten. De gebruikte toplight modules zijn hier in beide gevallen lineaire modules. Deze worden met behulp van extra c-profielen in de serre opgehangen. In 2019-2020 werd nog een derde full-led systeem getest, namelijk de combinatie van 135  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  toplight en 75  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  interlight, waarbij er gekozen werd voor toplight modules die aan het bestaande spant bevestigd kunnen worden (compact modules). Zo wordt er geen extra natuurlijk licht weggenomen, maar het lichtbeeld in de serre zal waarschijnlijk minder homogeen zijn.

De combinatie van toplight en interlight leek in 2018-2019 efficiënter dan wanneer je eenzelfde hoeveelheid licht toedient met enkel toplight modules. Hoewel de lichtdoordringing in het gewas beter is met enkel toplight modules, leek het positieve effect van de interlight modules op het vruchtgewicht de minder goede lichtdoordringing te overtreffen. Door de combinatie van toplight en interlight werden er in 2018-2019 17% meer tomaten geproduceerd ten opzichte van het referentie systeem met 17% meer licht. Door enkel toplight modules te gebruiken was de meerproductie op het einde van het seizoen slechts 5%. In de proef van 2019-2020 wordt bevestigd dat in een full-led belichtingssysteem de interlight een meerwaarde is. In het teeltseizoen 2019-2020 hebben de planten in het full-led systeem over een heel jaar gezien 4% meer licht ontvangen dan de planten in het klassieke belichtingssysteem. De combinatie van lineaire led toplight modules en interlight (wat in 2018-2019 ook al werd getest) geeft van de geteste belichtingssystemen het meest homogeen lichtbeeld en dit resulteert ook in de hoogste productie, namelijk 8% meer ten opzichte van SON-T. De combinatie van compact led toplight modules en interlight geeft een productie achterstand in de winter, maar maakt dit goed in de zomer en het najaar en resulteert in totaal in 2% meer productie ten opzichte van het klassieke systeem. Wanneer je enkel led toplight gebruikt, produceren de planten net 1% meer ten opzichte van SON-T.

Op het einde van teeltseizoen 2019-2020 is de productie in alle full-led systemen hoger dan in het referentie systeem en zijn ook alle full-led systemen energie efficiënter dan het referentie systeem. Doordat de SON-T lampen dit jaar in de zomer ook nog gebrand hebben (hetzij slechts 50% van de lampen) is het elektriciteitsverbruik over een heel teeltseizoen gezien lager voor de drie full-led systemen (in tegenstelling tot 2018-2019) ten opzichte van het referentie systeem. In totaal is er, afhankelijk van het belichtingssysteem, 15 tot 23% minder elektriciteit nodig met full-led om 1 kg tomaten te produceren ten opzichte van het referentie systeem. Het verbruik voor de verwarming in deze belichtingssystemen



weliswaar hoger, maar in combinatie met het lagere elektriciteitsverbruik en de hogere producties is er uiteindelijk 2 tot 8% minder energie nodig in de full-led systemen om 1 kg tomaten te produceren.

## 2. Inhoudstafel

1. Samenvatting / Abstract .....	3
2. Inhoudstafel .....	5
3. Inleiding .....	6
4. Proefopzet .....	7
4.1. Proefbeschrijving .....	7
4.2. Teeltgegevens .....	7
4.3. Beoordelingen .....	8
5. Resultaten en bespreking .....	10
5.1. Horizontale lichtverdeling (bovenaan het gewas) .....	10
5.2. Verticale lichtverdeling (in het gewas) .....	11
5.3. Productie.....	13
5.4. Elektriciteitsverbruik.....	14
5.5. Kwaliteit.....	16
6. Conclusies .....	17
7. Bijlagen .....	18

### 3. Inleiding

Assimilatiebelichting maakt het mogelijk de kas economisch efficiënter in te zetten. Door efficiënte belichtingstechnieken in te zetten zal per kilogram oogstbaar product de energie-input dalen en via deze weg dus bijdragen tot een lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot. Om de energie-efficiëntie van belichtingstechnieken te verbeteren, is verdere ontwikkeling en bijhorende demonstratie noodzakelijk. PCH heeft in teeltseizoen 2019-2020 opnieuw de focus gelegd op de mogelijkheid van full-LED in vergelijking met een klassieke SON-T belichting. Dit jaar werd er gekeken naar verschillende soorten lamptypes, meer bepaald naar interlight en toplight modules en de combinatie er van. Bij de toplight modules werden lineaire modules vergeleken met compact modules.

## 4. Proefopzet

### 4.1. Proefbeschrijving

Zowel afdeling 13 als 16 werden voorzien van belichting. Deze twee afdelingen van 500 m<sup>2</sup> geven de mogelijkheid om een klassiek belichtingssysteem te testen in vergelijking met een systeem met full-led. Afdeling 13 werd uitgerust met de standaard SON-T lichtintensiteit van 215  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  (4 lampen per tralie). Afdeling 16 werd uitgerust met led belichting. Aan alle planten in deze afdeling werd eenzelfde hoeveelheid licht gegeven, namelijk 210  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ , maar op drie verschillende manieren. In kap 1 en 2 werd een combinatie gemaakt van LED toplight (135  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ) en LED interlight (75  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ), terwijl in kap 3 het licht enkel van toplight modules afkomstig was. De toplight modules in kap 2 en 3 zijn lineaire modules (Philips GreenPower LED toplighting DR/W LB; regular output; 2,9  $\mu\text{mol}/\text{J}$ ), terwijl de toplight modules in kap 1 compact modules (Philips GreenPower LED toplighting compact DR/W LB; standard; 2,9  $\mu\text{mol}/\text{J}$ ) zijn. Het voordeel van de compact toplight modules is dat ze aan het bestaande spant opgehangen kunnen worden, terwijl er voor de installatie van de lineaire toplight modules extra c-profielen nodig zijn. Deze c-profielen maken het mogelijk om de lampen homogeen te verdelen in de serre, maar nemen mogelijk een deel van het natuurlijk licht weg. De gebruikte interlight modules in kap 1 en 2 zijn dezelfde (Philips GreenPower LED Interlighting; high output; 3  $\mu\text{mol}/\text{J}$ ).

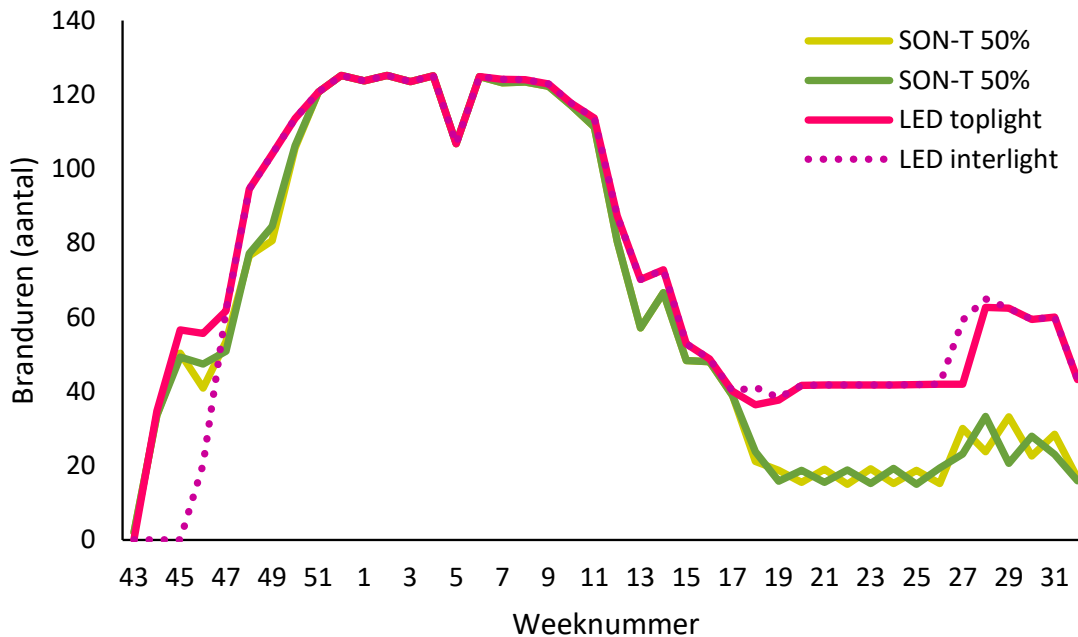


Foto 1 De compact toplight modules werden aan het spant opgehangen (links). 135  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  komt overeen met 3 lampen per tralie. De lineaire toplight modules werden boven elke plantenrij opgehangen met c-profielen (rechts). Dit resulteert in een homogene lichtverdeling ter hoogte van de kop en een goede lichtdoordringing in het gewas.

### 4.2. Teeltgegevens

De proef werd uitgevoerd op het ras Merlice (De Ruiter), geënt-getopt op de onderstam DR 0141 TX (De Ruiter). De planten werden gezaaid op 30/08/2019 en geplant op 23/10/2019. De initiële plantafstand in de full-led afdeling bedroeg 38 cm (3,33 st/m<sup>2</sup>) en werd verhoogd tot 4,2 stengels/m<sup>2</sup> (1 op 4 extra stengels). We hebben dus iets nauwer geplant dan de vorige jaren en gaan naar een iets lagere eindstengelafstand. Op deze manier moeten er iets minder extra stengels aangehouden worden, wat het gemiddeld vruchtgewicht zou moeten verhogen. Vorig jaar is immers gebleken dat led toplight het vruchtgewicht niet verhoogt, in tegenstelling tot led interlight. In de referentie afdeling met enkel SON-T lampen werd er op 50 cm geplant (2,5 st/m<sup>2</sup>) en zijn we naar 3,33 stengels/m<sup>2</sup> (1 op 3 extra stengels) gegaan. Alle lampen konden maximaal 18 uur per dag branden. De led toplight en interlight modules werden steeds samen aan- en uitgeschakeld. Op deze manier ontvingen de planten eenzelfde hoeveelheid licht (210  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ), maar op een verschillende manier. In het begin van het seizoen zijn de interlight modules wel iets later aangeschakeld dan de toplight modules, namelijk pas op het moment dat

de planten net boven de modules gegroeid waren. Zowel de SON-T als de leds werden nog gebruikt in de zomer. Vanaf mei (weeknummer 18) tot begin juli (weeknummer 28) konden 50% van de SON-T lampen branden tussen 04u00 en 09u00 indien de natuurlijk straling lager was dan 350 W/m<sup>2</sup>. De leds konden in deze periode branden tussen 04u00 en 10u00 indien de natuurlijk straling lager was dan 500 W/m<sup>2</sup>. Als de leds aan waren, brandden ze wel allemaal. Van begin juli tot begin augustus werden zowel voor de SON-T als de leds de branduren verlengd tot 14u00. Alle lampen zijn 08/08/2020 definitief uitgeschakeld. De branduren zijn voor de verschillende lampen per week weergegeven in Figuur 1. De eerste tomaten werden 03/01/2020 geoogst en de laatste tomaten 23/10/2020.



Figuur 1 Het aantal branduren per week voor zowel de SON-T als led (toplight en interlight) lampen. De toplight en interlight modules gingen een heel seizoen samen aan en uit. In het begin van het seizoen zijn de interlight modules iets later aangeschakeld dan de toplight modules, namelijk op het moment dat de planten net boven de modules gegroeid waren. Vanaf mei (weeknummer 18) brandden slechts 50% van de SON-T lampen.

### 4.3. Beoordelingen

De productie, gewasparameters (lengte, stengeldikte, tros in zetting), horizontale en verticale lichtverdeling, brix, hardheid en het elektriciteitsverbruik werden opgevolgd. In elk belichtingssysteem werd de productie van vier plotjes opgevolgd. Afhankelijk van het belichtingssysteem, en de bijhorende begin- en eindstengeldichtheid, bevatte elk plotje initieel 9 (referentie) of 12 (full-led) stengels en werden dit in de loop van het seizoen 12 (referentie) of 15 (full-led) stengels. De gewasparameters werden tweewekelijks bepaald op 10 stengels, waarvan 5 aan de zonnkant en 5 aan de schaduwkant. In januari, februari en maart werden er tomaten geoogst in de vier belichtingssystemen en bewaard op kamertemperatuur (18 °C). 3 Dagen en 10 dagen na oogst werd de hardheid op telkens 20 vruchten gemeten met een digitale hardheidsmeter (Durofel DFT 100, AGROSTA, Frankrijk). 7 Dagen na oogst werd de Brix-waarde van telkens 10 tomaten gemeten met een refractometer (PR-32a Palette Series Portable Digital Refractometer, ATAGO, Japan). Het energieverbruik wordt per object uitgedrukt in kWh/kg geoogst product. Op deze manier kan elk object met elkaar vergeleken worden. Een object waarbij de lichtintensiteit wordt verhoogd zal minder duurzaam zijn, maar kan wel rendabeler zijn



per kg product. Op deze manier komen de kosten-baten zowel voor de teler als voor het milieu tot uiting.

De horizontale lichtverdeling ter hoogte van de kop van de planten werd voor de vier verschillende belichtingssystemen bepaald door boven elke stengel het lichtniveau te meten. Voor de drie verschillende belichtingssystemen in de full-led afdeling werd ook de lichtdoordringing in het gewas bepaald door op verschillende momenten tijdens de teelt en op verschillende plaatsen in de serre de hoeveelheid licht afkomstig van de lampen op verschillende hoogtes in het gewas te meten. Om de 50 cm werd de hoeveelheid licht gemeten vanaf 50 cm boven de mat tot een hoogte van 350 cm boven de mat. Dit komt overeen met de hoogte van de gewasdraad en is eveneens de maximale kophoogte. Afhankelijk van de dag van de metingen en of de planten al dan niet net gezakt waren, bevond de kop van de planten zich net onder de gewasdraad of maximaal 30 cm lager. Het licht van de led toplight modules werd gemeten door de sensor horizontaal te houden (Foto 2 rechts). Voor het licht van de led interlight modules werd de sensor verticaal gedraaid (Foto 2 links). De metingen gebeurden steeds net voorbij de stengel van de planten, in de richting van het gangpad, wat ongeveer 30 cm van de interlight modules is. Alle lichtmetingen gebeurden met een PAR sensor (LI-190R Quantum Sensor, LI-COR Biosciences, USA) en werden 's nachts uitgevoerd om invloed van natuurlijk licht te vermijden.

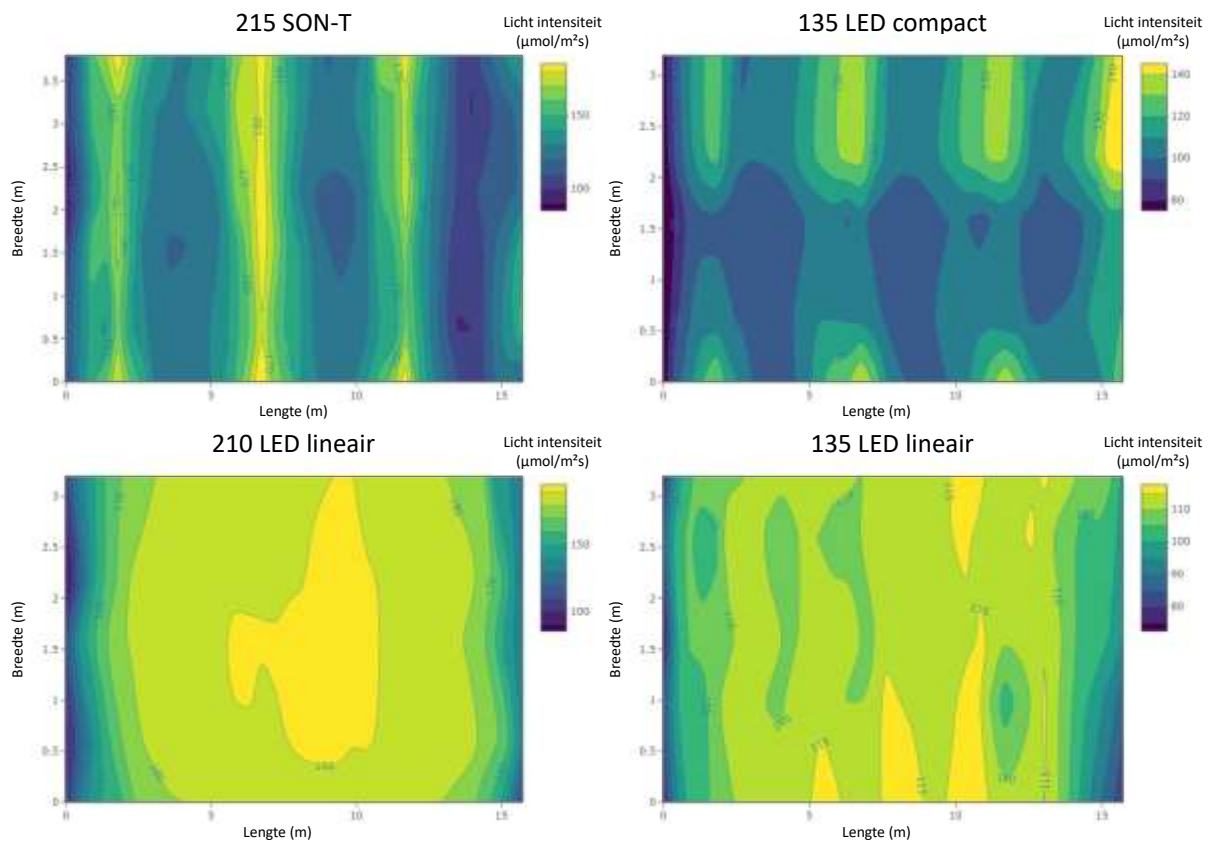


Foto 2 Het licht van de led toplight modules werd gemeten door de sensor horizontaal te houden (rechts). Voor het licht van de led interlight modules werd de sensor verticaal gedraaid (links).

## 5. Resultaten en bespreking

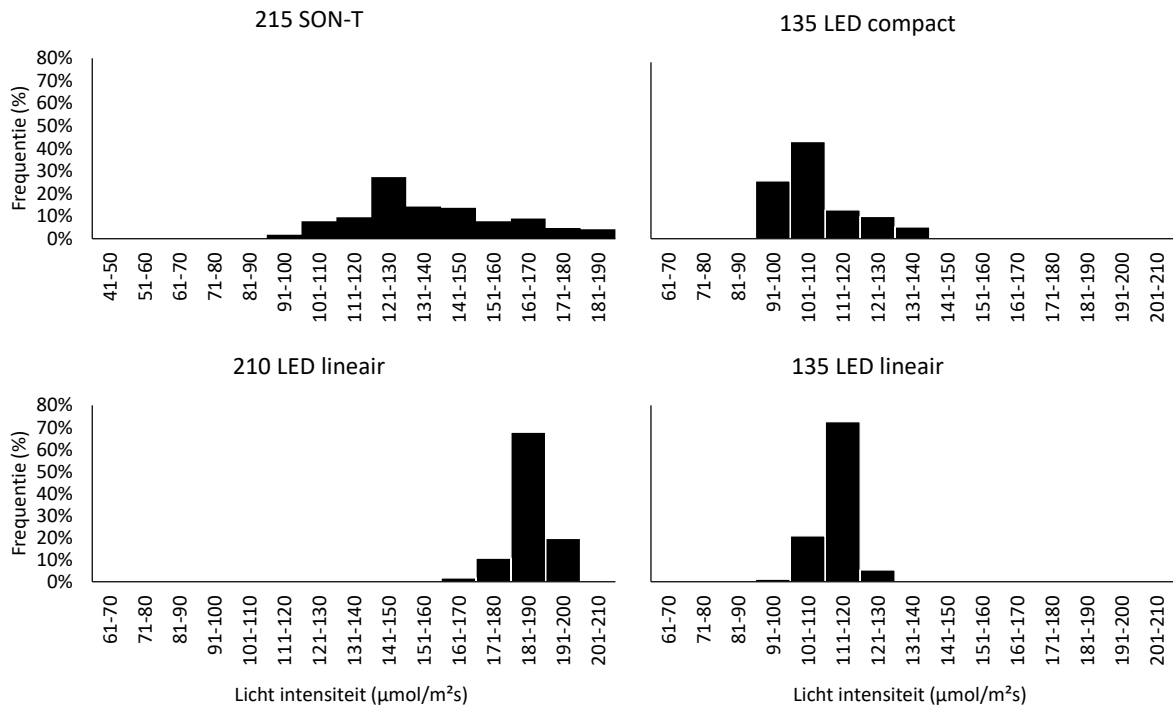
### 5.1. Horizontale lichtverdeling (bovenaan het gewas)

Figuur 2 geeft het lichtbeeld in de serre ter hoogte van de kop van de planten voor de vier geteste belichtingssystemen. Hoe geler de kleur, hoe hoger het lichtniveau. Het klassiek belichtingssysteem geeft een heterogene lichtverdeling bovenaan het gewas (Figuur 2 links boven). Onder de lampen zijn er hoge lichtintensiteiten en tussen de lampen in zeer lage. De geteste full-led belichtingssystemen geven een homogener lichtbeeld, zeker in het geval van lineaire toplight modules. Enkel aan de rand (links en rechts) worden lagere lichtniveaus (blauw) gemeten. Dit is telkens het begin en einde van de plantenrijen. Hier is er onvoldoende overlap met licht van andere lampen waardoor het lichtniveau snel wegzakt. In commerciële serres wordt dit opgevangen door aan de rand meer lampen op te hangen dan in de rest van de serre.



Figuur 2 Horizontale lichtverdeling ter hoogte van de kop van de planten voor de vier geteste belichtingssystemen. De geteste full-led belichtingssystemen geven een homogener lichtverdeling bovenaan. De lineaire toplight leds geven het meest homogene lichtbeeld.

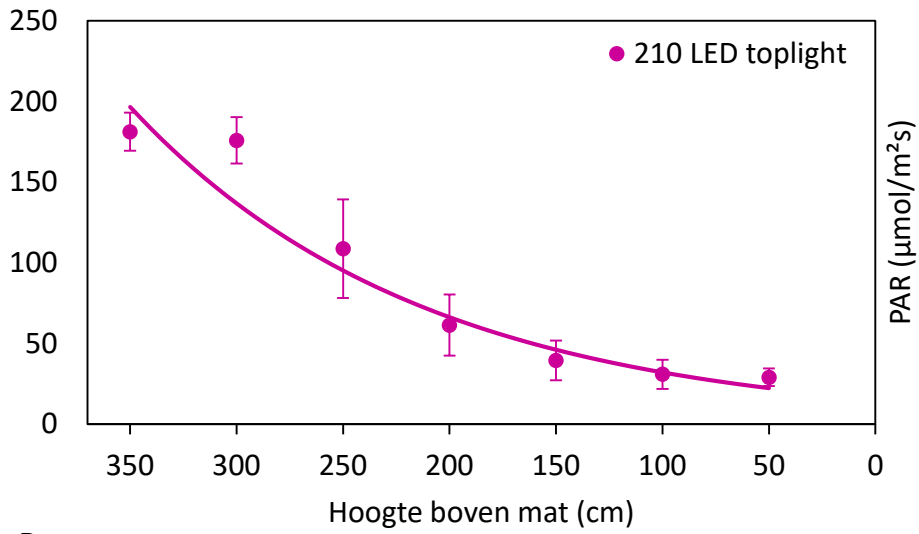
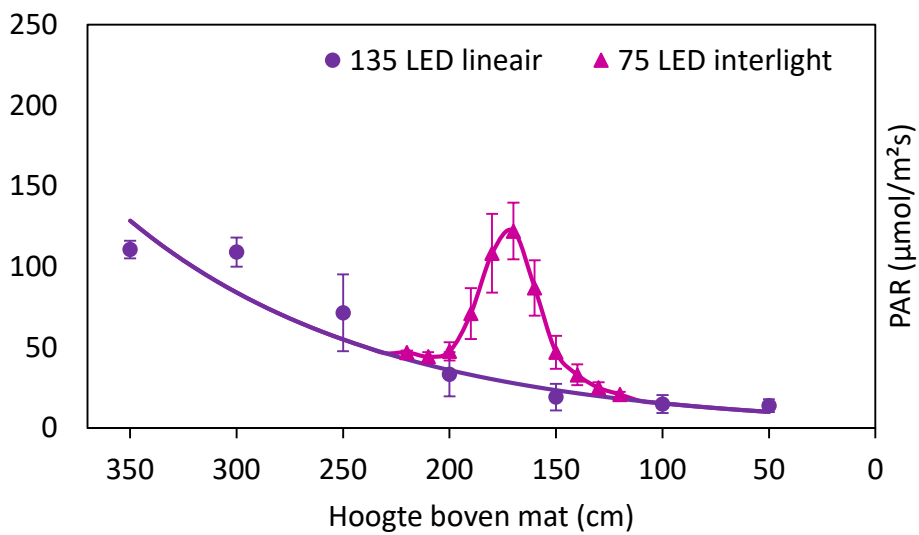
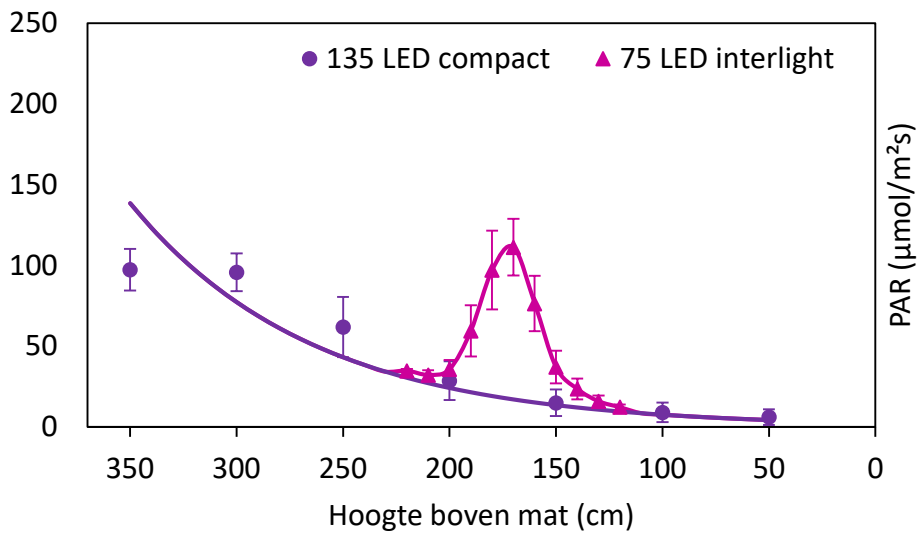
Figuur 3 bevestigt bovenstaande resultaten. Elk histogram geeft per range van 10 µmol/m²s het percentage van de lichtmetingen weer dat voor dat belichtingssysteem binnen die range valt. Voor de drie full-led belichtingssysteem is het histogram veel nauwer dan voor SON-T. Het lichtbeeld is hier dus homogener. Hoewel de compact led modules (Figuur 2 rechts boven) een gelijkaardig lichtpatroon geven als de SON-T lampen, valt 70% van de metingen binnen een range van 20 µmol/m²s (Figuur 3). In het klassieke systeem is dit slechts 42%. De lineaire modules geven de meest homogene lichtverdeling: meer dan 85% van de metingen valt binnen een range van 20 µmol/m²s.



Figuur 3 Percentage van de gemeten lichtintensiteiten ter hoogte van de kop per range van 10 µmol/m<sup>2</sup>s voor de vier belichtingsystemen. Het histogram is veel nauwer voor de drie full-led belichtingsystemen ten opzichte van SON-T. Deze belichtingsystemen hebben dus een homogener horizontale lichtverdeling.

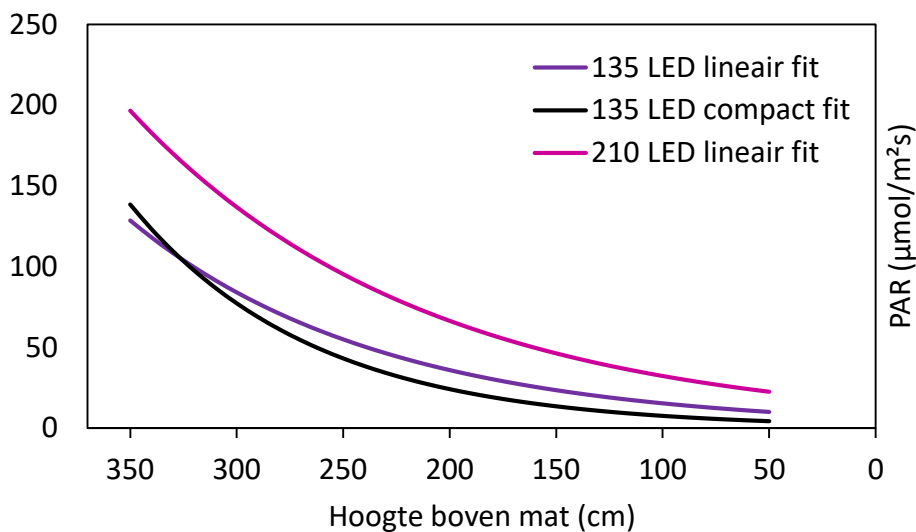
## 5.2. Verticale lichtverdeling (in het gewas)

De resultaten van de verticale lichtmetingen zijn weergegeven in Figuur 4. Figuur A toont de lichtdoordringing in het gewas voor het belichtingssysteem met 210 µmol/m<sup>2</sup>s led toplight. De hoeveelheid licht daalt naarmate je dieper in het gewas gaat, maar op 1 m boven de mat, waar vaak het onderste blad zich ongeveer bevindt, krijgt de plant toch nog een kleine hoeveelheid licht van de toplight modules. De variatie op elke hoogte is redelijk klein. Door het lichtniveau van de toplight modules te verlagen naar 135 µmol/m<sup>2</sup>s, is het lichtniveau ter hoogte van de kop van de planten lager (Figuur B en C), maar is de horizontale lichtverdeling nog steeds homogeen (zie hoger). De variatie in lichthoeveelheid op de verschillende hoogtes in het gewas is dan ook beperkt en vergelijkbaar met het belichtingssysteem met 210 µmol/m<sup>2</sup>s led toplight. Omdat er bovenaan minder licht gegeven wordt, is er ook onderaan in het gewas, 1 m boven de mat, minder licht aanwezig. Door de interlight modules krijgen de bladeren een grote hoeveelheid licht op het moment dat ze net voor de modules hangen, maar ook ongeveer 30 cm boven en onder de modules krijgen ze nog licht van deze modules. Dit komt doordat de gebruikte modules uitschijnen in een zijwaartse hoek van 120 ° en dus zowel naar boven als onder schijnen. De grootte van de piek hangt af van de afstand tussen de meting en de sensor (in dit geval 30 cm) en is dus eerder indicatief. Hier is de variatie op de verschillende hoogtes eerder te verklaren door een blad dat zich al dan niet net voor de sensor bevond. De modules hangen immers tegen elkaar en zouden op een bepaalde hoogte steeds hetzelfde lichtniveau moeten geven.

**A**

**B**

**C**


Figuur 4 Lichtdoordringing in het gewas in het full-LED systeem met 210  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  LED toplight (A) en de combinatie 135  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  LED toplight en 75  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  LED interlight met lineaire toplight leds (B) en compact toplight leds (C). De ontvangen hoeveelheid licht ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ) wordt voor de verschillende lichtbronnen weergegeven op verschillende hoogtes in het gewas.

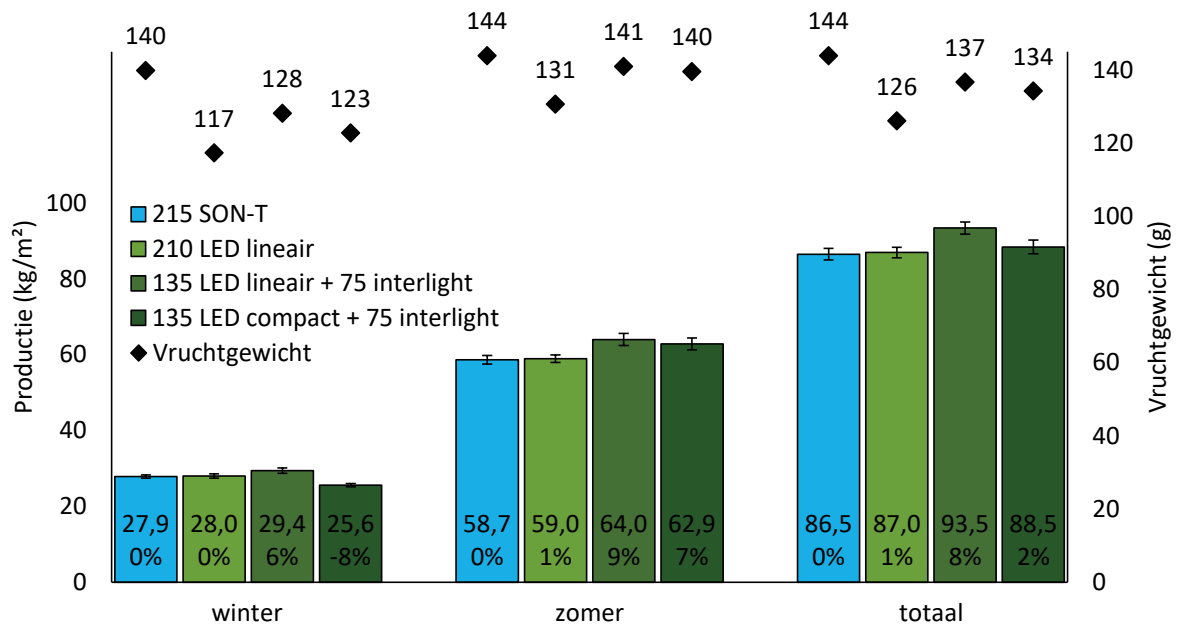
Wanneer we de lichtdoordringing in het gewas enkel bekijken voor de toplight modules (Figuur 5) zien we dat de compact modules voor een net iets minder goede lichtdoordringing in het gewas zorgen. Deze modules hangen, in tegenstelling tot de lineaire modules, niet op vaste afstanden ten opzichte van de plantenrijen. Voor 135  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  zijn er maar 3 compact modules per kap nodig in de serre terwijl er 5 plantenrijen zijn. De lineaire modules daarentegen zijn verdeeld boven de verschillende plantenrijen. Hierdoor hangen ze dus steeds op een vaste afstand ten opzichte van de planten en zijn ze homogener verspreid over de serre, wat ook zorgt voor de betere horizontale lichtverdeling (zie hoger).



Figuur 5 Lichtdoordringing in het gewas voor de verschillende led toplight modules. De compact toplight modules geven een iets minder goede lichtdoordringing in het gewas dan de lineaire modules.

### 5.3. Productie

In de winter (november t.e.m. eind april) ontvingen de planten met full-led 1% meer licht (som zon- en kunstlicht) dan de planten met SON-T omdat de leds iets meer gebrand hebben. Dit resulteert bij de lineaire leds in eenzelfde (enkel toplight) of een 6% hogere (combinatie met interlight) productie (Figuur 6). De planten in beide belichtingssystemen hebben in deze periode ongeveer 1,5 tros minder gezet dan de planten in het klassieke belichtingssysteem. Het aantal geoogste vruchten per  $\text{m}^2$  was echter hoger dan in het klassieke systeem door de hogere stengeldichtheid bij de full-led. Dit compenseert het lagere vruchtgewicht (door de hogere stengeldichtheid) en de achterstand in zetting. De interlights verkleinen bovendien het verschil in vruchtgewicht met de klassieke belichting waardoor de productie hier 6% hoger is. De productie van de planten onder de compact leds is in deze periode 8% lager dan in het klassieke systeem. In dit belichtingssysteem werden er maar net iets meer vruchten per  $\text{m}^2$  geoogst (ondanks de hogere stengeldichtheid), doordat de planten drie trossen minder gezet hebben in deze periode. Dit was onvoldoende om het lagere vruchtgewicht te compenseren.



Figuur 6 Producties (kg/m<sup>2</sup>) en gemiddeld vruchtgewicht (g) voor de periode januari-april (winter), mei-oktober (zomer) en het hele teeltseizoen voor de verschillende belichtingssystemen. Het gemiddeld vruchtgewicht is telkens weergegeven door de ruiten.

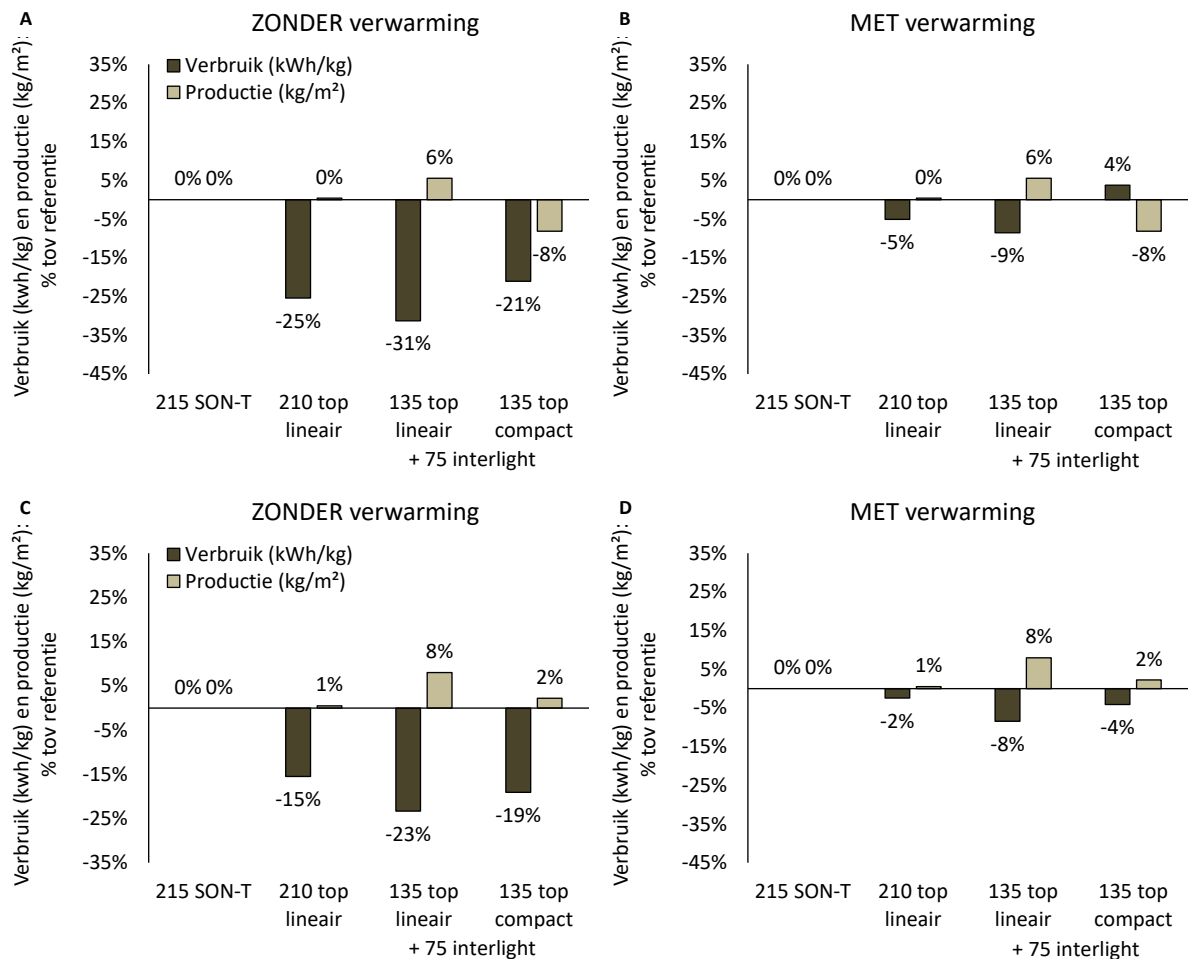
In de zomer en het najaar verliep de zetting bij alle planten min of meer gelijk. Bij de drie belichtingssystemen in de full-led werden wel aanzienlijk meer vruchten per m<sup>2</sup> geoogst ten opzichte van het klassieke belichtingssysteem door de hogere stengeldichtheid. Bovendien zorgden de interlights er in deze periode voor dat het vruchtgewicht in de full-led, ondanks de hogere stengeldichtheid, min of meer gelijk was aan het vruchtgewicht in het klassieke systeem. Dit resulteert in hogere producties bij de drie full-led systemen ten opzichte van SON-T. De combinatie van lineaire toplights met interlight geeft maar liefst 9% meer productie in deze periode.

Door de led modules in de zomer en in het najaar meer te gebruiken dan de SON-T lampen (slechts 50% van de lampen werden gebruikt in deze periode) hebben de planten in het full-led systeem over een heel jaar gezien 4% meer licht ontvangen dan de planten in het klassieke belichtingssysteem. Bij de drie belichtingssystemen resulteert dit ook in een hogere productie ten opzichte van SON-T. De combinatie van lineaire led toplight modules en interlight geeft van de geteste belichtingssystemen het meest homogene lichtbeeld (zie eerder) en dit resulteert ook in de hoogste productie, namelijk 7 kg/m<sup>2</sup> ofwel 8% meer ten opzichte van SON-T. De combinatie van compact led toplight modules en interlight heeft zijn achterstand in de winter goed gemaakt in de zomer en het najaar, en haalt zo in totaal 2% meer productie ten opzichte van het klassieke systeem. Wanneer je enkel led toplight gebruikt, kan je beter geen hogere stengeldichtheid aanhouden. Led toplight verhoogt het vruchtgewicht niet zoals interlight. Het continue te lage vruchtgewicht is niet wenselijk en kan hier ook nauwelijks gecompenseerd worden door het hoger aantal geoogste vruchten per m<sup>2</sup> door de hogere stengeldichtheid. Deze planten produceren net 0,5 kg/m<sup>2</sup> (1%) meer ten opzichte van SON-T.

#### 5.4. Elektriciteitsverbruik

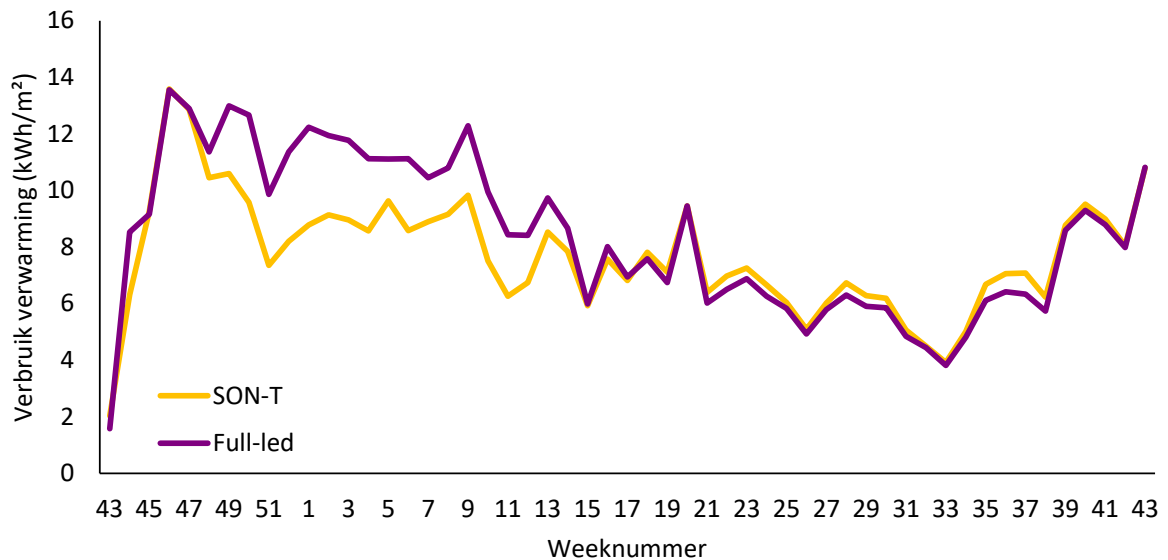
De producties (kg/m<sup>2</sup>) en elektriciteitsverbruik (kWh/kg tomaat geproduceerd) van de drie full-led systemen zijn weergegeven in Figuur 7, telkens uitgedrukt als percentage ten opzichte van de productie en het verbruik van het referentiesysteem (SON-T) met 3,33 st/m<sup>2</sup> onder een SON-T

belichting met  $215 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ). In de winterperiode is er al een groot verschil in productie (Figuur 7A). Afhankelijk van de manier waarop het LED licht wordt gegeven, is de productie ongeveer even hoog (enkel toplight), 6% hoger (combinatie lineaire toplight en interlight) of 8% lager (combinatie compact toplight en interlight) dan in het referentie systeem. Als we enkel naar het elektriciteitsverbruik kijken, zijn de drie full-led belichtingssystemen in deze periode véél energie efficiënter dan het referentie systeem. Er is, afhankelijk van het belichtingssysteem, 21 tot 31% minder elektriciteit nodig met full-led om 1 kg tomaten te produceren ten opzichte van het referentie systeem. Het verschil tussen de drie full-led belichtingssystemen komt grotendeels door het gebrek aan meerproductie in het full-led systeem met enkel toplight modules en de 8% lagere productie in het full-led systeem met de combinatie van compact toplight modules en interlight. Bovendien zijn de toplight modules iets minder efficiënt dan de interlight modules. In de toplight modules zit naast blauw en rood licht ook een klein percentage wit licht in om het iets aangenamer te maken in de serre. Dit klein percentage wit licht zorgt er voor dat deze toplight modules  $2,9 \mu\text{mol}/\text{W}$  produceren, terwijl de interlight modules  $3 \mu\text{mol}/\text{W}$  produceren. Om in de drie full-led systemen  $210 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  LED licht te krijgen, wordt er in het systeem met enkel toplight modules iets meer elektriciteit verbruikt dan door de combinatie van toplight en interlight modules. Het totale elektriciteitsverbruik van de lampen in dit belichtingssysteem is nog wel steeds veel lager dan in het referentie systeem.



Figuur 7 Producties ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) en elektriciteitsverbruik van de lampen ( $\text{kWh}$  per  $\text{kg}$  geogst product) in de winter (tot en met 27/04/2020) (A) en voor het hele teeltseizoen (tot en met 23/10/2020) (B), telkens uitgedrukt als percentage ten opzichte van een referentie systeem (productie en verbruik van Merlice met  $3,33 \text{ st}/\text{m}^2$  onder een SON-T belichting met  $215 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ ).

In de full-led afdeling moet in de winter wel meer gestookt worden dan in de referentie afdeling om eenzelfde temperatuur in de serre te bekomen (Figuur 8). Dit is te verklaren door het gebrek aan stralingswarmte van de lampen. Als het verbruik voor verwarming in rekening gebracht wordt, is er in deze periode nog steeds respectievelijk 9 (combinatie lineaire toplight en interlight) en 5% (enkel toplight) minder energie nodig om 1 kg tomaten te produceren dan in het referentie systeem (Figuur 7B). Bij de combinatie van compact toplight en interlight is er dan 4% meer energie nodig om 1 kg tomaten te produceren.



Figuur 8 Het wekelijkse verbruik (kWh/m<sup>2</sup>) voor de verwarming in de referentie afdeling met 215  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  SON-T (gele lijn) en in de full-led afdeling (paarse lijn) gedurende het hele teeltseizoen. In de winter werd er meer gestookt in de full-led afdeling om de temperatuur gelijk te krijgen met de referentie afdeling.

Op het einde van het teeltseizoen is de productie in alle full-led systemen hoger dan in het referentie systeem en zijn ook alle full-led systemen energie efficiënter dan het referentie systeem, zowel zonder (Figuur 7C) als met verwarming (Figuur 7D). Doordat de SON-T lampen dit jaar in de zomer ook nog gebrand hebben (hetzij slechts 50% van de lampen) is het elektriciteitsverbruik over een heel teeltseizoen gezien ook lager voor de drie full-led systemen (in tegenstelling tot 2018-2019) ten opzichte van het referentie systeem. In totaal is er, afhankelijk van het belichtingssysteem, 15 tot 23% minder elektriciteit nodig met full-led om 1 kg tomaten te produceren ten opzichte van het referentie systeem. Het verbruik voor de verwarming is in deze belichtingssystemen weliswaar hoger, maar in combinatie met het elektriciteitsverbruik wordt er in totaal minder energie in de full-led systemen verbruikt dan in het referentiesysteem. In combinatie met de hogere producties is er uiteindelijk 2 tot 8% minder energie nodig in de full-led systemen om 1 kg tomaten te produceren.

## 5.5. Kwaliteit

Er werden geen kwaliteitsverschillen vastgesteld in de verschillende belichtingssystemen. De hardheid daalde na bewaring van 69 naar 65, maar dit was hetzelfde voor de verschillende belichtingssystemen en is acceptabel volgens de kwaliteitseisen van de Belgische veilingen. De Brix-waarde was gemiddeld 3,5, ongeacht het belichtingssysteem. Een full-led systeem verbetert bij Merlice dus niet de kwaliteit van de vruchten. Het grote verschil in vruchtgewicht tussen de verschillende full-led belichtingssystemen heeft ook geen invloed gehad op de kwaliteit.



## 6. Conclusies

Een belichtingssysteem met full-led is in zekere zin 'efficiënter' dan een klassiek systeem met 215  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  SON-T. Met led modules is het mogelijk om meer te belichten. Zo kan je de planten meer licht geven en dit resulteert ook in een hogere productie. Op deze manier kan je op eenzelfde oppervlakte meer tomaten produceren. Met 4% meer licht werd in deze proef, afhankelijk van het full-led belichtingssysteem, 1 tot 8% meer productie behaald ten opzichte van het referentie systeem. De combinatie van lineaire led toplight en interlight geeft, net zoals vorig jaar, het beste resultaat. Alle geteste full-led systemen zijn ook energie efficiënter dan het referentie systeem. In totaal is er, afhankelijk van het belichtingssysteem, 15 tot 23% minder elektriciteit nodig met full-led om 1 kg tomaten te produceren ten opzichte van het referentie systeem. Het verbruik voor de verwarming is in deze belichtingssystemen weliswaar hoger, maar in combinatie met het lagere elektriciteitsverbruik en de hogere producties is er uiteindelijk 2 tot 8% minder energie nodig in de full-led systemen om 1 kg tomaten te produceren.

## 7. Bijlagen

Moerkens R., Vanlommel W., Vanderbruggen R., Pinxteren D. (2015). Combinatie SON-T en LED belichting in tomaat: de magische kaap van 100 kg/m<sup>2</sup> is bereikt. Proeftuinnieuws 18: 19-21.

Moerkens R., Vanlommel W., Vanderbruggen R., Van Delm T. (2016). The added value of LED assimilation light in combination with HPS lamps in protected tomato crops in Belgium. Acta Horticulturae 1134: 119-124.

Vanlommel W., Moerkens R., Vanderbruggen R., Fabri S., Wittemans L., Vermeiren J., Steppe K., Marien H. (2017). Leds maken hogere producties in tomaat mogelijk met minder energie. Proeftuinnieuws 4: 21-23.

Vanlommel W., Moerkens R., Fabri S., Wittemans L., Vermeieren J., Steppe K. (2018). Meer tomaten met evenveel energie door combinatie van led met SON-T. Proeftuinnieuws 4: 18-19.

Vanlommel W. (2020). Met full led meer tomaten met minder energie. Proeftuinnieuws 1: 26-27.

Wittemans L., Fabri S., Vanlommel W., Vermeiren J., Steppe K. (2018). Winterproductie verhogen met hybride-belichting. Proeftuinnieuws 16: 14-15.

Wittemans L., Vanlommel W., Vermeiren J., Steppe K. (2020). Grenzen verleggen met hybride-belichting in tomaat. Proeftuinnieuws 1: 24-25.