

Verslag Doormeting

Doormeting energieverbruik van een nieuw, geoptimaliseerde serre met LED t.o.v. de bestaande serre met Son-T

Auteur: I. Vandevelde

1 Situering

Op het Proefstation voor de Groenteteelt wordt reeds 5 winters onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor LED licht op slabedrijven met hydrocultuur. In de winter van 2013-2014 werd een standaard sla-afdeling, uitgerust met MGS en Son-T licht ($45-50 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$) vergeleken met een identieke sla-afdeling met LED Toplight ($45-50 \mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$). Het aantal uren belichten was identiek. Door de positieve resultaten op kwaliteit en elektriciteitsbesparing (37%), werd intussen (november 2017) 6,1 ha LED licht geïnstalleerd op MGS bedrijven in Vlaanderen. Nog 18,9 ha wordt traditioneel belicht. Bijkomende informatie over **groei en energieverbruik** is gewenst. In het LA-Traject 'LightMan' (2015-2019) wordt verder onderzoek gedaan naar invloed van lichtspectra, lichtintensiteiten, lichtperiode, temperatuur enz. op productie en kwaliteit (kleur, rand, enz.). Meer informatie over energieverbruik kan bekomen worden door een doormeting op een praktijkbedrijf.

Sla (MGS)-telers die omschakelen naar LED licht, hebben vaak nog het standaard Son-T licht in de bestaande serre en kiezen voor (Full) LED licht bij een nieuwbouwproject. Zo kan het energieverbruik opgemeten worden tussen een afdeling met Son-T en een afdeling met LED. Hiervoor werd gekozen om op het bedrijf Slamotra te Kruibeke een doormeting te doen. **Er worden 2 licht- en verwarmingsstrategieën vergeleken: het gebruik van Son-T licht in afdeling één waarbij hoofdzakelijk belicht wordt in de voornacht en een tweede afdeling met LED licht waar hoofdzakelijk belicht wordt in de nanacht en 2 circuits van warmterecuperatie aanwezig zijn.** Voor de belichting wordt gewerkt met een WKK op basis van palmolie (528 kW elektrisch) en afhankelijk van prijs elektriciteit, daglicht, enz. wordt bijkomend elektriciteit van het net genomen. De warmtebronnen zijn de WKK en de stookolieketel.

2 Proefopzet

Gedurende 196 dagen (26 september 2017 – 10 april 2018) werd het energieverbruik opgemeten tussen afdeling 1 en afdeling 2 waar 2 verschillende licht- én verwarmingsstrategieën aangehouden worden. 5 energie- of watercircuits worden opgevolgd. Hiervoor werden 4 debietmeters geïnstalleerd (Aquametro, GWF, Calec). Eén debietmeter voor opvolging recup uit waterkoeling LEDs (Meter 1) was reeds aanwezig.

- Meter 1 = LED circuit (reeds aanwezig op bedrijf)
- Meter 2 = Nieuwe serre bovennet (geïnstalleerd via Enerpedia, Bossaerts P. bvba)
- Meter 3 = Oude serre bovennet (geïnstalleerd via Enerpedia, Bossaerts P. bvba)
- Meter 4 = Oude serre slangennet (geïnstalleerd via Enerpedia, Bossaerts P. bvba)

- Meter 5 = Nieuwe serre slangennet (geïnstalleerd via Enerpedia, Bossaerts P. bvba).

Afdeling 1, serre met Son-T (2008) i.c.m. belichting, verwarming voornacht (Figuur 1):

- Bouwjaar: 2008 met installatie van 45-50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ HPS (Hoge druk natrium lampen of Son-T)
- Teeltoppervlakte 11.160 m^2
- Glassoort: 50% low-iron briljant glas
- Verwarming via buisverwarming geïnstalleerd als bovennet (WKK, stookolieketel).
- Slangenverwarming (op grond, onder goot, warm water loopt alleen door hoofdleidingen, slangennet is voorlopig nog niet opgestart)
- Belichting: werd vanaf 26 september geleidelijk aan opgebouwd. In de maand oktober werd hoofdzakelijk belicht vanaf 14 uur tot 24 uur (namiddag + voornacht, gemiddeld 10 uur belichten per etmaal, soms 2-tal uurtjes in de voormiddag). In de donkere maand januari werd gemiddeld 12,5 uur belicht per etmaal. De lampen gaan uit op stralingsintensiteit en -som. In maart wordt dit afgebouwd naar 5,5 à 11 uur belichting per etmaal, afhankelijk van het daglicht. Op 6 april werd de belichting gestopt.
- In deze afdeling wordt kropsla geteeld. Boven de verlengde opkweek of trays zijn LEDs geïnstalleerd aan 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$.

Afdeling 2, serre met LED i.c.m. belichting, verwarming nanacht (2016) (Figuur 2):

- Bouwjaar: 2016
- Watergekoelde LED lampen (Oreon Grow Light 2.1, Lemnis-Oreon): op kleine planten 50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, grote planten 74 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$
- Teeltoppervlakte 17.280 m^2
- Glassoort: 100% Low-iron Albarino Crystal Clear+, 2 AR (dubbel gecoat anti reflectie glas)
- Verwarming via buisverwarming als bovennet (WKK, stookolieketel, recuperatiewarmte rookgassen WKK). In dit bovennet komt ook de warmte die via een rookgascondensator gerecupereerd wordt uit de rookgassen van de WKK.
- Slangenverwarming (onder goot): warmterecuperatie van watergekoelde LEDs
- De belichting werd vanaf 26 september geleidelijk aan opgebouwd. In de maand oktober werd hoofdzakelijk belicht vanaf middernacht: van 0 uur tot 17 uur (nanacht + deel dag: max. 17 uur belichten). Op de middag wordt (afhankelijk van zonlicht/straling) gedurende 1 tot 2 uren niet belicht. De jonge planten bij 50 μmol krijgen eerder 14 uur licht. De lampen gaan uit op stralingsintensiteit en -som. Zo werd in maart gemiddeld 8,5 uur belicht per etmaal en in april gemiddeld 7 uur. De vergelijkende proef werd gestopt op 6 april 2018.
- Voor de LED afdeling wordt de kastemperatuur tijdens de nacht 1°C en tijdens de dag 1 à 2°C hoger ingesteld dan de Son-T afdeling.
- In deze afdeling worden alternatieve slasoorten geteeld, vooral rode slatypes (Multicolor, rode eikenbladsla, lollo rossa) die dankzij het gebruik van LED licht compacter groeien, meer donkerrood, dieper rood inkleuren, een dikker blad maken, enz. Dit levert een kwaliteitsvoordeel op. Door het feit dat LED licht minder stralingswarmte afgeeft, kan enerzijds een hogere lichtintensiteit aangehouden worden (74 μmol bij afkweek sla). Anderzijds worden er meer uren belicht (vb. op 13/11/17: 14 uur belichten kleine planten tot 17 uur belichten oogstbare sla).



Figuur 1. Afdeling 1 met Son-T 45-50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ voor de teelt van kropsla (botersla) en dagverlenging voornacht



Figuur 2. Afdeling 2 met 50% van de planten 50 μmol en 50% van de planten 74 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ Oreon Grow Light 2.1 en dagverlenging nanacht

3 Berekening op basis van de meetwaarden

We hebben enerzijds de energie die voor de belichting gebruikt wordt en anderzijds de energie die voor warmte gebruikt wordt.

De **energie** (elektriciteit) nodig voor **belichting** gaat over de periode 26 september – 6 april 2018 of 192 dagen (belichting Son-T werd op 6 april gestopt; met Led werd nog enkele dagen langer belicht). Het aantal belichtingsuren wordt uit de klimaatcomputer afgelezen. De energiebehoefte wordt berekend in Tabel 1.

De **energie voor warmte** gaat over de periode 22 september 2017 – 10 april 2018 (meters werden laatst op 10 april afgelezen) of 200 dagen. Tabel 2, kolom M, geeft de berekening weer op basis van de afgelezen meterstanden (5 Calec meters). Het verbruik of de energie-input per afdeling wordt omgerekend naar kWh/m².

In het begin werd elektriciteit van het net genomen. De WKK werd opgestart op 15 oktober 2017. Vanaf dat ogenblik wordt de elektriciteit en warmte nodig voor de serre, van de WKK gegenereerd. De warmte van de WKK condensor wordt gerecupereerd en geïnjecteerd in het bovennet (verwarmingsnet) van afdeling 2. De warmte afkomstig van de watergekoelde LEDs wordt geïnjecteerd op het slangennet van afdeling 2.

Er werd nog 90.021 liter mazout verbruikt en 40.100 liter petroleum (voor de CO₂-branders). Dit is voor beide afdelingen nodig. Er werd nog voor 195 MWh elektriciteit ingekocht.

Tabel 1. Energieverbruik door belichting (kWh/m²), periode 26/09/17 – 06/04/18 of 192 dagen

	Aantal modules	Aantal uur belichten	Vermogen (W)	kWh	kWh/m ²
Afdeling 1 deel Son-T	444	1705	640 (600 W lamp)	484.493	43,41
+ afdeling 1 deel LED Tray	96	1705	585	95.753	8,58
Totaal afdeling 1				580.246	51,99
Totaal afdeling 2 (Full LED)	720	2298,5	585	968.128,2	56,03

Tabel 2. Energieverbruik voor verwarming (kWh/m²), periode 22/09/17 – 10/04/18 of 200 dagen. Kolom M geeft de waarden van de Meters. Kolom T geeft de waarden bij berekening over het volledige bedrijf (waarden WKK)

Datum afgelezen	MWh			MWh/m ²	Kolom M (kWh/m ²)	Kolom T (kWh/m ²)
	22/09/17	10/04/18	Verschil/Verbruik			
Oude serre						
Energie bovennet	0	757,0	757,0	0,0678	67,83	
Energie slangennet	0	67,0	67,0	0,0060	6,00	
Petroleum					13,5	13,5
Energie-input afdeling 1 (bovennet + slangennet)					73,83 excl. petrol. 87,33 incl. petrol.	73,70 excl. petrol. 87,22 incl. petrol.
Nieuwe serre						
Energie bovennet					8,28?	30,55
LT WKK injectie in bovennet					56,81	56,81
Energie slangennet	0	279,3	279,3	0,0162	16,16	
= Energie LED circuit (injectie in slangennet)	16.718,0	16.978,1	260,1	0,0151	= 15,05	15,34
Petroleum					13,5	13,5
Energie-input afdeling 2 (bovennet + slangennet)					81,25 excl. petrol. 94,75 incl. petrol	102,7 excl. petrol. 116,2 incl. petrol.

Tabel 2. Energieverbruik door belichting (kWh/m²), periode 26/09/17 – 06/04/18 of 192 dagen

	Aantal lampen	Aantal uur belichten	Vermogen (W)	kWh	kWh/m ²
Oude serre Son-T	444	1705	640 (600 W lamp)	484.493	43,41
+ deel LED Tray	96	1705	585	95.753	8,58
Totaal oude serre				580.246	51,99
Totaal nieuwe serre LED	720	2298,5	585	968.128,2	56,03

4 Bespreking

We gaan ervan uit dat het petroleum verbruik voor beide afdelingen gelijk opgaat (elk 50%).

In Tabel 2 zien we dat de hoeveelheid energie die via het bovennet in afdeling 2 gaat vrij laag is, namelijk 8,28 kWh/m². Dit doet vermoeden dat de meting op het bovennet van afdeling 2 niet betrouwbaar is. Wanneer het volledige HT net van de WKK bekeken wordt (zie berekening Tabel 3), dan is er een totaal verschil in het HT net van 22 kWh/m² met hetgeen via de meters bekomen wordt. In het vervolg wordt deze correctie in rekening gebracht.

Tabel 3. Berekening volledige energie-input in het bedrijf, incl. mazout en petroleum

energiebalans					serre 1		serre 2
herkomst	kWh	kWh/m ²	aandeel	net	11 160 m ²	17 280 m ²	
95% wkk LT	568 100	20,0	19%	slangen	71 489	282 323	
95% wkk HT	994 650	35,0	33%	boven	750 827	1 492 113	
led recup	265 055	9,3	9%				
mazout	768 947	27,0	26%				
100% petroleum	385 200	13,5	13%				
Totaal kWh	2 981 952		100%	Totaal kWh	822 316	1 774 436	
kWh/m ²		104,9		kWh/m ²	73,7	102,7	

Tabel 4. Vergelijkende tabel tussen afdeling 1 en afdeling 2

	Eenheid	Afdeling 1 Son-T+LED boven tray Dagverlenging nanacht	Afdeling 2 LED Dagverlenging voornacht	Vershil absoluut	Vershil procentueel
Bouwjaar	jaar	2008	2016		
Type belichting		Son-T+LED tray	Full LED Toplight		
Oppervlakte	m ²	11160	17280		
Bovennet		Ja (HT WKK)	Ja (HT WKK + LT WKK)		
Slangennet		niet volledig	ja		
Stook		D8°C/N12°C	D9°C/N13°C		
Slasoorten		Kropsla + tray alle soorten	Multicolor, lollo rossa, rode eik		
Gemiddelde lichtintensiteit	µmol/m ² .s	50	60		
Lichtintensiteit per uur	mol/m ² .u	0,180	0,216		

Duur belichting	u	1705	2298,5		+ 35%
Totale lichtintensiteit	mol/m ²	306,9	496,48	+189,58	+ 62%
Energieverbruik belichting	kWh/m ²	51,99	56,03	+4,04	+ 7,8%
Energieverbruik verwarming	kWh/m ²	87,33	116,2	+28,87	+ 25%
Netto energieverbruik verw.	kWh/m ²	87,33	44,05		

Energieverbruik door belichting

De planten onder de LEDs hebben 62% meer licht gekregen. Door de aanwezigheid van een hogere lichtintensiteit i.c.m. een hoger aantal uren kunstlicht/etmaal krijgen deze planten 496,48 mol assimilatielicht/m² t.o.v. de planten onder Son-T 306,9 mol assimilatielicht/m². In de afdeling met LED gaat 62% meer licht samen met een elektriciteitsverbruik dat 7,8% hoger is.

Energieverbruik door verwarming

In de twee afdelingen wordt een andere verwarmingsstrategie toegepast. Er wordt verwacht dat het energieverbruik in afdeling 2 hoger zal zijn: In afdeling 2 wordt er belicht m.b.v. LED licht. LED's geven minder stralingswarmte af, de stooktemperatuur is hoger ingesteld in deze afdeling i.c.m. met de hogere lichtintensiteit, er wordt meer uren per etmaal belicht (langere periode dagtemperatuur aanhouden). Daarenboven wordt de dag gestart vanaf middernacht (lage buiten- en kastemperatuur), waardoor het opstoken naar de dagtemperatuur veel meer energie vraagt t.o.v. afdeling 1 met Son-T belichting waar de dagperiode met zon op gestart wordt en daarop volgend in de voornacht belicht wordt. Meestal is op dat ogenblik de kastemperatuur al hoger door opwarming van de zon tijdens de dag en de energie-input dus veel lager.

In afdeling 2 is het absoluut energieverbruik per m² door verwarming hoger dan in afdeling 1, maar als we de recuperatiewarmte in rekening brengen van het LED circuit én van de WKK condensor, dan wordt in afdeling 2 62% minder energie verbruikt. We bekijken dit beter gemiddeld over het volledige bedrijf: De totale energie-input per m² (gemiddeld over de 2 afdelingen) bedraagt 105 kWh/m². Daarvan is 28% recuperatiewarmte.

5 Besluit

Wat kunnen we hieruit leren?

In afdeling 2 hebben de planten onder de LED's 62% meer licht gekregen met een elektriciteitsverbruik dat slechts 7,8% hoger is t.o.v. afdeling 1 met Son-T.

Recuperatie van warmte uit de LED kan zorgen voor 10% van de totale warmte behoefte (alles incl.), in een LT net.

Kijken we naar het elektriciteitsverbruik van de LEDs, dan slagen we erin om 27,4% van de input te recupereren in een LT verwarming.

LT-warmte van de WKK installatie kan rechtstreeks ingezet worden in de verwarming van de serre.