



# **Energie efficiënte belichtingstechnieken in hogedraad komkommer – Teeltronde 3**

**Proefperiode: 1 oktober 2019 – 19 maart 2020**

**Proef uitgevoerd door: Innoveins facilitair en Botany BV**



<b>Titel</b>	Energie efficiënte belichtingstechnieken in hogedraad komkommer – Teeltronde 2
<b>Proefperiode</b>	30 oktober 2019 – 20 maart 2020
<b>Contactgegevens</b>	Innoveins Facilitair en Botany BV Maarten Vliex / Conny Vervoort maarten.vliex@botany.nl / conny.vervoort@botany.nl
<b>Project</b>	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>
<b>Steunvermelding</b>	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.



## Samenvatting

Om in de Nederlandse glastuinbouw jaarrond komkommers te kunnen telen, is assimilatie belichting noodzakelijk. Momenteel worden met name SON-T lampen gebruikt om bij te belichten in de donkere maanden. In verband met de stralingswarmte van deze lichtbron is het noodzakelijk de lampen boven het gewas te hangen. Het nadeel hiervan is dat het licht, net als het natuurlijke licht, voor een deel gereflecteerd wordt en niet onderin het gewas komt. Daarnaast zijn LED lampen efficiënter dan SON-T lampen waardoor ze potentie hebben om in de glastuinbouw gebruikt te worden. Verder is het niet mogelijk om hogere lichtniveaus te bereiken met SON-T belichting door de oplopende temperatuur.

Op dit moment lijkt voor de commerciële teler de investering in een volledige LED-opstelling nog te zwaar. Een tussenoplossing zou kunnen zijn een hybride-opstelling waarbij zowel SON-T als LED gebruikt wordt. Daarom probeert dit onderzoek licht te werpen op het nut van zulke hybride-opstelling in vergelijking met een volledige LED-opstelling.

Hierbij werden zowel fysiologische en morfologische eigenschappen van het gewas tijdens de teelt gemeten, evenals de uiteindelijke eindopbrengst. Op gebied van plantfysiologie en morfologie werd opgemerkt dat de volledige LED-opstelling een toename in vegetatieve kenmerken met zich meebracht, terwijl de hybride-opstelling meer generatieve kenmerken stimuleerde. De eindopbrengst in beide opstellingen was nagenoeg gelijk, met een licht voordeel voor de LED-opstelling. Anderzijds noteerde de volledige LED-opstelling een lager gemiddeld vruchtgewicht dan de hybride-opstelling. Qua licht-efficiëntie (g/mol) bleek de LED-opstelling het verrassend minder goed te doen tijdens de meest licht arme weken van de proef. Verder viel er op dat de planten meer water hebben verbruikt in de LED ten opzichte van de hybride opstelling.

Hoewel er verbeterpunten mogelijk zijn in de lichtreceptuur (spectrum en intensiteit) van de LED-belichting en dit geoptimaliseerd moet worden voor hogedraad komkommer, blijkt een volledige LED-opstelling in vergelijking met een hybride-opstelling gelijkaardige resultaten op te leveren. Indien de lichtreceptuur voor de LED-belichting geoptimaliseerd kan worden, zal deze de voorkeur hebben op een hybride-opstelling in een commerciële setting. Uit de fysiologische metingen blijkt ook dat er nog meer potentie uit de LED behandeling te halen valt door de bladmassa om te zetten in productie. Met andere woorden er zit zeker potentie en toekomst in LED belichting in de komkommer teelt.



## Inhoudsopgave

Samenvatting .....	3
1. Inleiding.....	5
2. Proefopzet.....	6
2.1 Proefbeschrijving .....	6
2.2 Teeltgegevens .....	7
2.3 Beoordelingen.....	7
3. Resultaten en bespreking.....	8
3.1 Resultaten plantfysiologie en morfologie (21 meetweken) .....	8
3.1.1 Lengtegroei.....	8
3.1.2 Bladafplitsing.....	10
3.1.3 Vruchtzetting .....	12
3.1.4 Oksels van bloei tot kop .....	14
3.1.5 Aantal vruchten van bloei tot oogst. ....	16
3.1.6 Bladoppervlakte .....	18
3.1.7 Lengte bladsteel. ....	20
3.2 Oogst en rendement (21 oogstweken) .....	22
3.2.1 Aantal vruchten .....	22
3.2.2 Geoogst gewicht.....	24
3.2.3 Vruchtgewicht .....	26
3.2.4 Lichtefficiëntie (15 meetweken).....	28
3.3 Irrigatiestrategie (14 meetweken) .....	29
3.4 Bespreking resultaten en discussie.....	29
3.4.1 Plantfysiologie en morfologie.....	29
3.4.2 Oogst en rendement .....	29
3.4.3 Discussie .....	29
4. Conclusies.....	31
Bronvermelding.....	32
Bijlage: Klimaat- en lichtcondities .....	33



## 1. Inleiding

Jaarrond komkommers telen vraagt in Nederland om het toepassen van assimilatiebelichting. Als gebruikelijke praktijk wordt er gebruik gemaakt van SON-T verlichting (hogedruk natriumlampen). Het spectrum van deze lampen levert doorgaans goede resultaten in diverse teelten, waaronder komkommer. SON-T verlichting heeft evenwel enkele nadelen. Zo is het, omwille van de stralingswarmte, enkel mogelijk om deze lampen te gebruiken als topverlichting. Dit heeft tot gevolg dat het kunstmatig toegevoegde licht relatief (in vergelijking met natuurlijk zonlicht) snel uitdooft in het gewas, en wordt een gedeelte van het licht weerkaatst door de bovenste bladeren.

LED verlichting voor de glastuinbouw kent de laatste jaren een stevige technologische vooruitgang. Zo is de efficiëntie ( $\mu\text{mol PAR J}^{-1}$  elektriciteit) van deze verlichting inmiddels beter dan die van traditionele SON-T lampen en wordt de stralingswarmte niet rechtstreeks op het gewas geprojecteerd. Het feit dat LED verlichting minder warmte uitstraalt dan SON-T verlichting betekent ook dat het mogelijk is om deze lampen te gebruiken als tussenbelichting. Een eerste hypothese was dan ook dat belichting op basis van LED technologie tussen het gewas een oplossing zou zijn, omdat op deze manier meer licht de lagere regionen in de plant zou kunnen bereiken; hetgeen zou resulteren in een verbeterde plantengroei en hogere productie.

Hoewel de efficiëntie en betere warmtestraling enorme voordelen betekenen voor het gebruik van LED als horticulturele verlichtingsbron, is er meer onderzoek nodig naar het lichtspectrum om gewassen ook gezond en efficiënt te telen.

Uit de eerste teeltproef werd immers geconcludeerd dat het spectrum van LED verlichting die gebruikt wordt voor tomatenteelt (en waarmee goede resultaten behaald worden in die teelt) niet zomaar gekopieerd kan worden naar een ander gewas – in dit geval komkommer. Het effect van het lichtspectrum op plantengroei, -ontwikkeling en productie, behoeft in het geval van LED verlichting een gewasspecifiek onderzoek. Het lichtspectrum van LED lampen is vaak minder breed dan dit van de traditionele SON-T verlichting en bevat doorgaans een hoge en smalle piek in het blauwe gedeelte van het spectrum en in het rode gedeelte van het spectrum.

De tweede teeltproef probeerde enerzijds een antwoord te formuleren op de hypothese dat LED tussenbelichting in komkommer mogelijk een toegevoegde waarde zou zijn op vlak van plantengroei, -ontwikkeling en uiteindelijke productie; en anderzijds een antwoord te formuleren op de hypothese dat de toevoeging van additioneel blauw licht voor een verbeterde wateropname zou zorgen. De traditionele SON-T lampen dienden als referentie in dit onderzoek. Op basis van een analyse van het lichtspectrum van de SON-T lampen en de resultaten van de eerste teeltproef (betere productie bij SON-T belichting), werd ook beslist om extra groen licht toe te voegen aan het spectrum van de LED verlichting om het spectrum van de SON-T meer te evenaren. Waar de eerste 2 stellingen door het onderzoek werden ontkracht, liet de toevoeging van extra groen licht aan het spectrum wél verrassende resultaten zien. Daarop werd beslist om dit in de derde teeltronde nader te onderzoeken.

Er werd beslist om in de proefopstelling een afdeling in te richten met 100% LED belichting waarbij er extra groen licht aan het spectrum werd toegevoegd. Daarnaast werd een afdeling gecreëerd met een hybride situatie waarbij SON-T belichting en LED verlichting werden gecombineerd, met hierbij een groter aandeel LED verlichting ten op zichte van de SON-T.

Met andere woorden de vooropgestelde doelstellingen zijn:

- Verschillen aantonen tussen hybride t.o.v. full led waarbij in beide compartimenten klimaat technisch en teelt technisch wordt gestuurd op een ideaal productief komkommer gewas.
- Effect van aspect 'groen' spectrum verder onderzoeken
- Wateropname door verdamping te stimuleren.



## 2. Proefopzet

### 2.1 Proefbeschrijving

Voor dit onderzoek werden opnieuw twee kascompartimenten (250 m<sup>2</sup>) gebruikt.

**Afdeling 45** werd ingericht als **Hybride**-afdeling waarbij zowel SON-T verlichting als LED topverlichting (DR/W/LB + FR) werden gebruikt in een gehomogeniseerd lichtplan (zie figuur 1). Hierbij werd 1/3 SON-T gebruikt en 2/3 LED (incl. FR). Het spectrum van afdeling 45 werd gelijkgesteld aan **afdeling 46** die werd ingericht als **Full-LED** afdeling waarbij het spectrum 73,5% R ; 10% B ; 13.5% G ; 9% FR bedroeg.

. Voor de spectrale verdeling van alle gebruikte lichtbronnen. Ook voor afdeling 46 werd een gehomogeniseerd lichtplan uitgewerkt (figuur 2). In beide afdelingen werd dus gewerkt met telkens 1 lichtsituatie, zodat een 1-op-1 vergelijking tussen beiden aan de orde is. Het lichtplan werd opgesteld om 200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR te behalen. Daarbij werd vooropgesteld om met 8u kunstverlichting per dag te beginnen om geleidelijk dit aantal uren te verhogen tot een maximum van 18u per dag. (zie bijlage II voor de ruwe data).

In deze proef is ook opgenomen om gebruik te maken van laagwaardige warmte bij de teelt van komkommer en evt technische aspecten die daarbij komen kijken.

Beide afdelingen bestonden uit 8 goten waarvan de goten aan de rand van de afdeling niet in gebruik genomen (randeffecten uitsluiten) werden zodat uiteindelijk 6 goten per afdeling effectief werden benut. Er werden 12 plots gecreëerd per afdeling (= 2 plots per goot). Op elke plot werden 36 planten uitgezet, wat het totaal aantal planten op 576 per afdeling bracht. Er werd een plantdichtheid aangehouden van 2,6 planten per m<sup>2</sup>, met 1 stengel per plant.

Het ras HiPower (Nunhems) werd wederom aangeplant als referentiegewas. Per behandeling werd gebruik gemaakt van vier herhalingen. Er werd voor HiPower gekozen omwille van het uitgevoerde onderzoek in de laatste 3 jaar en om een goed vergelijk te maken met het belichtingsonderzoek dat binnen het GLITCH project wordt uitgevoerd bij PSKW.

Klimaatparameters waren ingesteld op een etmaaltemperatuur van 21 °C, een relatieve vochtigheid van 80% en CO<sub>2</sub> van 500 ppm.

De gewassen werden aangeplant in jaarweek 41 (6 oktober). De metingen voor de plantfysiologie en morfologie werden uitgevoerd van jaarweek 41 tot jaarweek 8 (2021). De oogstmetingen werden uitgevoerd van jaarweek 44 tot jaarweek 11 (2021).



## 2.2 Teeltgegevens

Komkommerplanten (*Cucumis sativus*) van het referentieras Hi Power<sup>1</sup> werden gezaaid bij een externe plantenkweker. Op 6 oktober zijn de planten van beide variëteiten op de steenwolmatten geplaatst bij Botany B.V. Hierbij werd voor een plantdichtheid van 2,6 planten per m<sup>2</sup> gekozen. Klimaatomstandigheden (temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en CO<sub>2</sub> concentratie) werden aan elkaar gelijk gesteld in beide afdelingen. Temperatuur werd ingesteld op een etmaaltemperatuur van 21 °C (max. dev. 1 °C), luchtvochtigheid werd ingesteld op 80% (max. dev. 0,5%) en CO<sub>2</sub> concentratie werd ingesteld op 500 ppm (max. dev. 50 ppm). Drain % werd ingesteld op minimaal 30%.

Na het aanplanten van het gewas, werd gestart met kunstverlichting a rato van 8u per dag. Om de dag werd hieraan een uur extra toegevoegd, tot dag 11 (16 oktober) een additionele belichting van 13u per dag werd bereikt. Vanaf dag 12 werd gedurende de volgende 5 dagen telkens een extra uur additionele belichting toegevoegd zodat op dag 17 (22 oktober) een kunstbelichting van 18u per dag werd bereikt.

Zie bijlage voor de klimaat en belichtingsdata.

Planten stonden op rotswol steenwol blokken op matten. Irrigatie werd uitgevoerd via druppelirrigatie. Nutriëntenoplossing had een target EC van 3 en een target pH van 5,5. De gewenste irrigatie strategie gedurende de teelt is steeds aangepast op basis van vochtsensoren en uitgevoerde drain en mat analyses.

Op twee momenten (week 47 en week 52) werd, na overleg, besloten om in te grijpen en bij te sturen in de teeltgegevens. Op het overleg van week 47 werd besloten om de buistemperatuur in de Full-LED afdeling bij te stellen naar 55 °C (setpoint was 45 °C) en de buistemperatuur in de Hybride-afdeling bij te stellen naar 50 °C. Het doel hierbij was via meer activatie van het klimaat om de verdamping van het gewas te verhogen. Voor beide afdelingen werd de voornachtbuistemperatuur ingesteld op 40 °C. In week 52 werd besloten om de temperatuur in de voornacht sneller te laten zakken (generativiteit beïnvloeden), de buistemperatuur gedurende 1,5u (16.30-18.00) 5 graden hoger in te stellen om de vruchten warm te houden. Ook werd besloten om de belichtingsduur te verlengen van 18u naar 19u per dag (22.00-17.00). → op dat moment het idee dat het gewas kon het aan, doel = meer opbrengst genereren.

Naar het einde van de proef werd een actieve infectie met *Fusarium oxysporum* geconstateerd. Er wordt aangenomen dat de *Fusarium* altijd latent aanwezig was, maar dat de kans bestaat dat het ingrijpend snoeien tijdens de teelt (omdat het gewas te vegetatief stond) de weerstand van de planten verlaagd heeft en de infectie heeft bespoedigd. Planten hadden geen last van meeldauw. Er werd aan het begin van de teelt 1x preventief behandeld tegen luis en tegen rupsen. Verder werden er geen insecticiden toegevoegd. Trips werd biologisch bestreden met *Amblyseius cucumeris*.

## 2.3 Beoordelingen

Tijdens dit onderzoek is de plantontwikkeling (fysiologie en morfologie) en opbrengst (aantal vruchten en gewicht) gemeten. Ook de lichtefficiëntie werd bepaald. Het doel van de beoordelingen was om na te gaan of het interessant is voor telers om vanuit commercieel oogpunt een hybride-opstelling te hanteren of om meteen naar volledige LED-belichting over te schakelen. Tot slot werd de irrigatiestrategie gedurende de piekteelt (14 meetweken) bekeken om na te gaan welke impact de opstellingen hadden op het waterverbruik (gift-drain).

---

<sup>1</sup> Hi-Power is het referentieras dat ook in vorige GLITCH-teelten en proeven werd gebruikt.



## 3. Resultaten en bespreking

### 3.1 Resultaten plantfysiologie en morfologie (21 meetweken)

Gewassen werden aangeplant op 6 oktober, jaarweek 41, meetweek 1. Metingen werden uitgevoerd tot meetweek 21, jaarweek 8 (23 februari). De metingen werden in deze week gestopt omdat de planten te snel achteruit gingen vanwege de active fusariuminfectie.

#### 3.1.1 Lengtegroei

In zowel de hybride als de LED-opstelling ontwikkelden de planten zich over het algemeen goed. Een gestage en stabiele lengtegroei was in beide opstellingen meetbaar. Uit de wekelijkse metingen blijkt dat de gemiddelde lengtetoeename in beide proefopstellingen gelijk verliep, zonder significante uitschieters. Gemiddeld ontwikkelden de planten in de hybride-opstelling een wekelijkse lengtegroei van 1,1 cm meer dan de LED-opstelling. Dit is op de volledige termijn van de teelt een verschil van 23,4 cm, (1,87%).

Vanaf meetweek 15 (jaarweek 2) werd er meer instraling waargenomen, wat resulteerde in minder lengtegroei. Wellicht is dit omdat er proportioneel meer blauw licht in het spectrum van het invallend licht aanwezig was. In aanloop naar meetweek 21 werd een actieve infectie met *Fusarium oxysporum* geconstateerd. Dit resulteerde eveneens in een stagnerende, en later drastische vermindering in lengtegroei.

Zowel toename als afname in lengtegroei lopen over de hele lijn gelijk (en stabiel) in de hybride-opstelling als de LED-opstelling.

*Conclusie: planten in de LED-opstelling presteren qua lengtegroei even goed als de planten in de hybride-opstelling. Het verschil in lengtegroei van 1,1 cm per week is verwaarloosbaar. Deze resultaten laten zien dat er qua lengtegroei alvast geen verschillen zijn en zijn een argument om volledig onder LED-belichting te telen.*

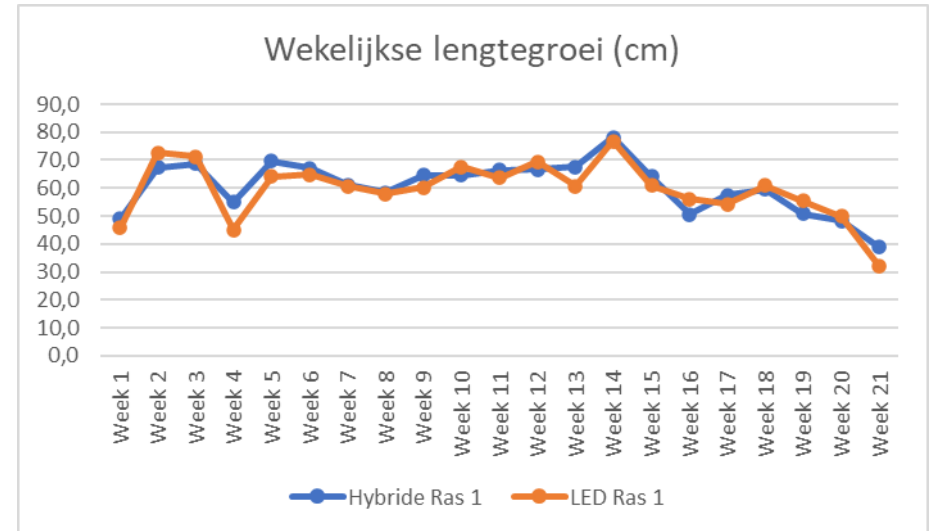
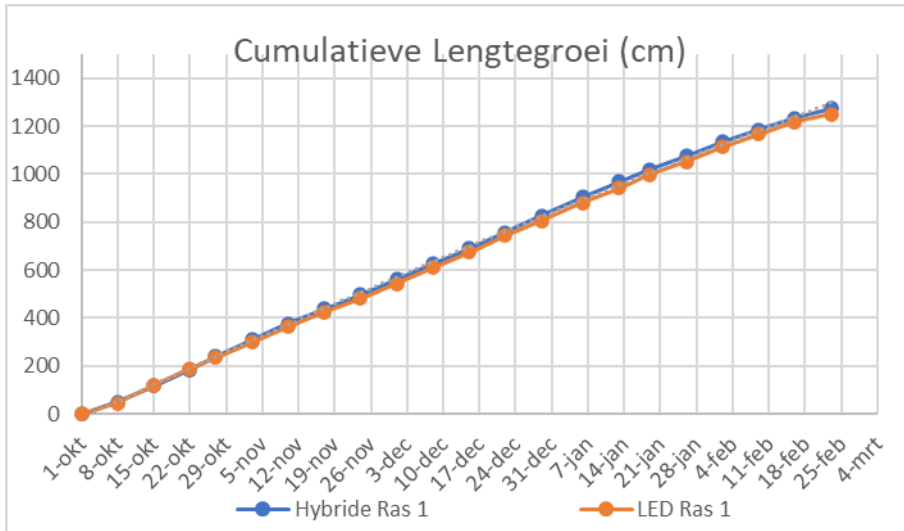


Cumulatieve lengtegroei (cm)																						
Behandeling	1-okt	8-okt	15-okt	22-okt	27-okt	3-nov	10-nov	17-nov	24-nov	1-dec	8-dec	15-dec	22-dec	29-dec	6-jan	13-jan	19-jan	26-jan	2-feb	9-feb	16-feb	23-feb
Hybride Ras 1	0	48,9	116,2	185,0	239,9	309,5	376,7	437,8	496,1	560,6	625,2	691,5	758,1	825,8	904,0	968,2	1018,7	1076,1	1135,7	1186,4	1234,7	1273,6
LED Ras 1	0	45,8	118,4	189,7	234,8	298,9	363,7	424,3	482,3	542,6	610,3	674,0	743,5	804,2	880,8	941,7	997,7	1051,8	1112,8	1168,3	1218,3	1250,2

Wekelijkse lengtegroei (cm)																					
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8
Behandeling	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21
Hybride Ras 1	48,9	67,3	68,8	54,9	69,6	67,2	61,1	58,3	64,5	64,6	66,3	66,6	67,7	78,3	64,2	50,5	57,4	59,6	50,8	48,3	38,9
LED Ras 1	45,8	72,6	71,3	45,2	64,1	64,8	60,7	58,0	60,3	67,7	63,8	69,5	60,7	76,7	60,8	56,0	54,2	61,0	55,4	50,0	31,9

Verschil hybride en LED per ras																						
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	Gemiddeld
Ras 1	3,0	-5,3	-2,5	9,7	5,5	2,4	0,4	0,3	4,3	-3,1	2,6	-2,9	7,0	1,6	3,3	-5,5	3,3	-1,4	-4,7	-1,8	7,0	1,1

\* getal in het groen: meer lengtegroei in hybride dan LED.  
 Getal negatief, meer lengtegroei in LED dan in hybride





### 3.1.2 Bladafsplitsing

Gelijkaardig aan de lengtegroei, laat de bladafsplitsing nauwelijks verschillen zien in beide opstellingen. Gemiddeld werd er per week 0,3 blad meer afgesplitst in LED dan in de hybride-opstelling. De trend van de wekelijkse bladafsplitsing is verrassend gelijklopend.

In totaal heeft de LED-afdeling een iets grotere bladafsplitsing gehad over de hele looptijd, een verschil van 5,42, of te wel 3,8%.

*Conclusie: Dat er bij de LED opstelling meer blad afsplits als bij de hybride opstelling. Belangrijk om hier rekening mee te houden bij de teeltwerkzaamheden..*

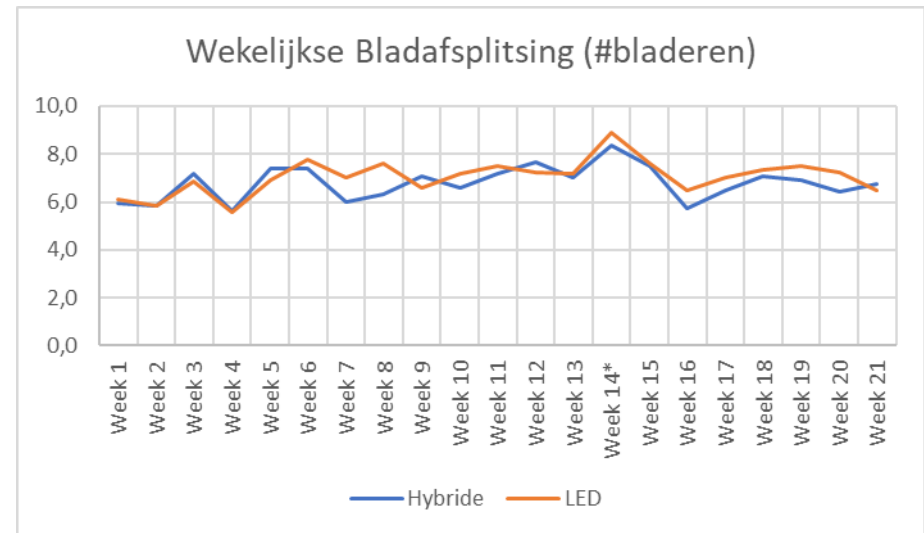
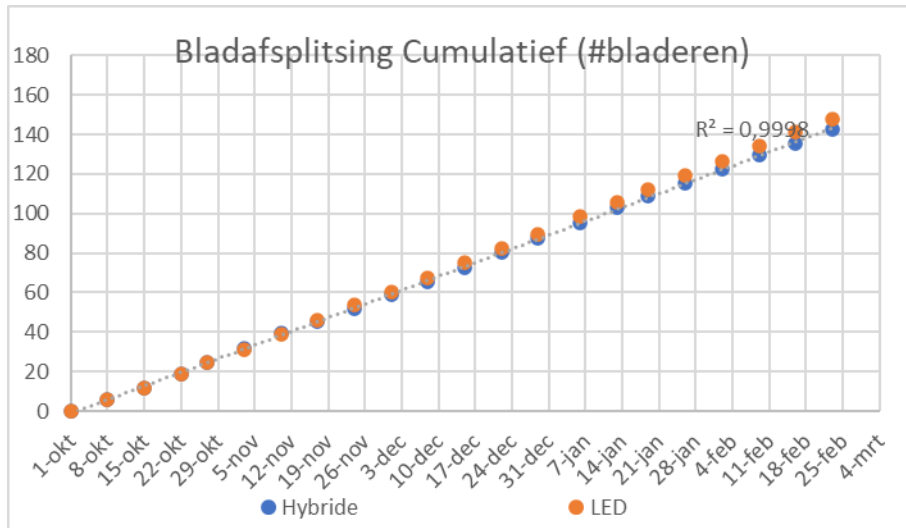
Cumulatieve bladafsplitsing																						
Behandeling	1-okt	8-okt	15-okt	22-okt	27-okt	3-nov	10-nov	17-nov	24-nov	1-dec	8-dec	15-dec	22-dec	29-dec	6-jan	13-jan	19-jan	26-jan	2-feb	9-feb	16-feb	23-feb
Hybride	0	5,96	11,79	19,0	24,6	32,0	39,4	45,4	51,8	58,8	65,4	72,6	80,3	87,3	95,6	103,1	108,8	115,3	122,4	129,3	135,8	142,50
LED	0	6,13	11,96	18,8	24,4	31,3	39,1	46,1	53,7	60,3	67,4	74,9	82,2	89,3	98,3	105,8	112,3	119,3	126,7	134,2	141,4	147,92

Wekelijkse bladafsplitsing																						
Behandeling	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14*	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	
Hybride	6,0	5,8	7,2	5,6	7,4	7,4	6,0	6,3	7,1	6,6	7,2	7,7	7,0	8,3	7,5	5,8	6,5	7,1	6,9	6,4	6,8	
LED	6,1	5,8	6,9	5,6	6,9	7,8	7,0	7,6	6,6	7,2	7,5	7,3	7,2	8,9	7,6	6,5	7,0	7,3	7,5	7,3	6,5	

\* 8 dagen na vorige meeting ipv 7 dagen

Verskil hybride en LED per ras																						Gemiddeld
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	
	-0,2	0,0	0,3	0,0	0,5	-0,3	-1,0	-1,2	0,5	-0,6	-0,3	0,4	-0,2	-0,6	-0,1	-0,8	-0,5	-0,3	-0,6	-0,8	0,3	-0,3

\* getal in het groen: meer bladafsplitsing in hybride dan LED.  
 Getal negatief, meer bladafsplitsing in LED dan in hybride





### 3.1.3 Vruchtzetting

De vruchtzetting is zeer gelijklopend tussen de LED en de hybride-opstelling. Met een licht, niet-significant voordeel voor de hybride-opstelling t.o.v. de LED-opstelling. Een verschil van 0,1 vrucht per week in het voordeel van de hybride-opstelling betekent op het einde van de metingen een cumulatief verschil van 1,4 oftewel 1,9%.

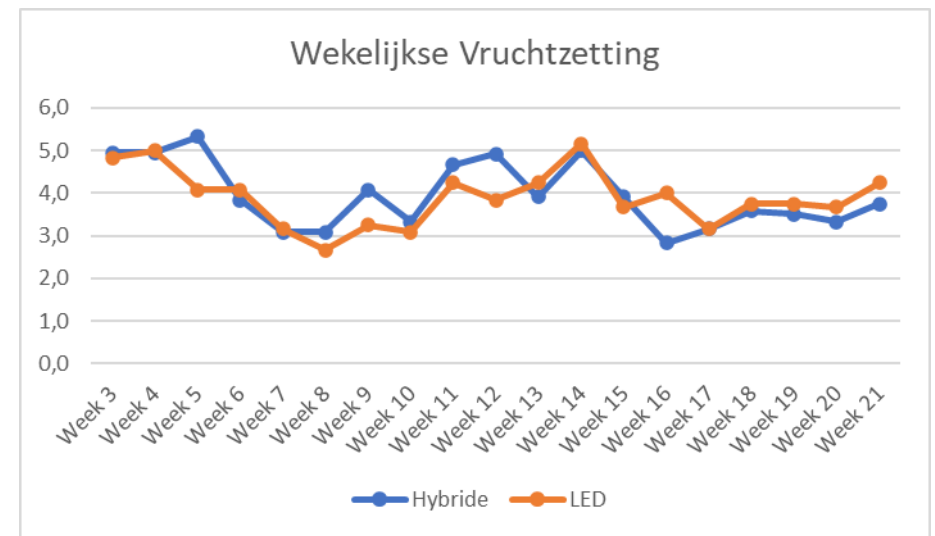
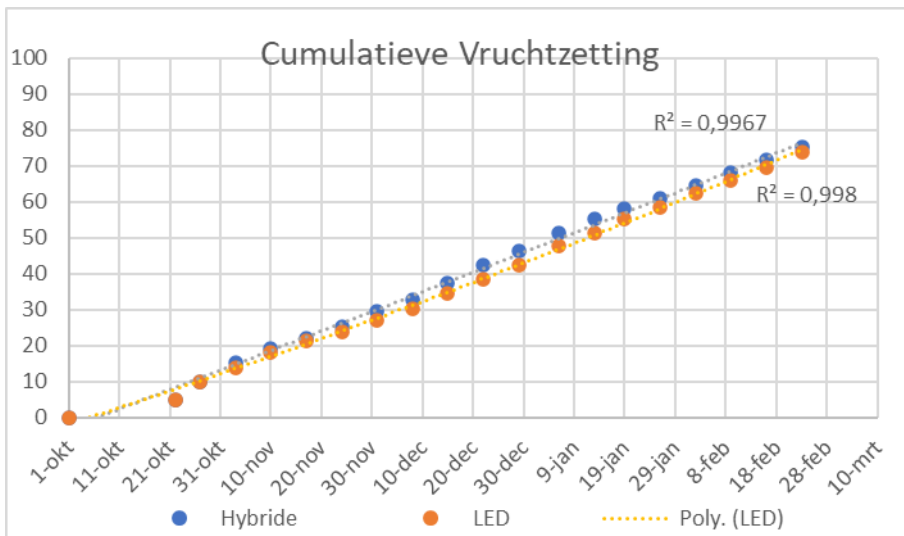
*Conclusie: er is ook qua vruchtzetting weinig verschil tussen de LED en de hybride-opstelling. Beide opstellingen presteerden gemiddeld, met weinig uitschieters ten opzichte van elkaar.*

Cumulatieve vruchtzetting																				
Behandeling	1-okt	22-okt	27-okt	3-nov	10-nov	17-nov	24-nov	1-dec	8-dec	15-dec	22-dec	29-dec	6-jan	13-jan	19-jan	26-jan	2-feb	9-feb	16-feb	23-feb
Hybride	0	5,0	9,9	15,3	19,1	22,2	25,3	29,3	32,7	37,3	42,3	46,2	51,2	55,1	57,9	61,1	64,7	68,2	71,5	75,3
LED	0	4,8	9,8	13,9	18,0	21,2	23,8	27,1	30,2	34,4	38,3	42,5	47,7	51,3	55,3	58,5	62,3	66,0	69,7	73,9

Wekelijkse vruchtzetting																			
	43	44	45	46	47	48	90	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8
Behandeling	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21
Hybride	5,0	5,0	5,3	3,8	3,1	3,1	4,1	3,3	4,7	4,9	3,9	5,0	3,9	2,8	3,2	3,6	3,5	3,3	3,8
LED	4,8	5,0	4,1	4,1	3,2	2,7	3,3	3,1	4,3	3,8	4,3	5,2	3,7	4,0	3,2	3,8	3,8	3,7	4,3

Verschil hybride en LED per ras																				
	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	Gemiddeld
	0,1	0,0	1,3	-0,3	-0,1	0,4	0,8	0,2	0,4	1,1	-0,3	-0,2	0,3	-1,2	0,0	-0,2	-0,3	-0,3	-0,5	0,1

\* getal in het groen: meer vruchtzetting in hybride dan LED.  
 Getal negatief, meer vruchtzetting in LED dan in hybride





### 3.1.4 Oksels van bloei tot kop

Het aantal oksels van bloei tot kop vertoont een mijn om meer gelijkaardig verloop tussen de LED-opstelling en de hybride-opstelling.

Er zijn geen significante verschillen op te merken. Over het algemeen kan er gezegd worden dat het gemiddeld verschil in aantal oksels per week (0,3) in het voordeel van de hybride-opstelling is, dit is bijna de gehele teelt het geval

*Conclusie: zoals – in de lijn der verwachting van vorige resultaten – liet ook het aantal oksels in beide opstellingen weinig verschillen opmerken. Opnieuw kan hiervoor gekozen worden voor een LED-opstelling in de praktijk tegenover een hybride-opstelling, ondanks het kleine verschil in aantal oksels dat in het voordeel van de hybride-opstelling spreekt.*

**Aantal oksels van bloei tot kop**

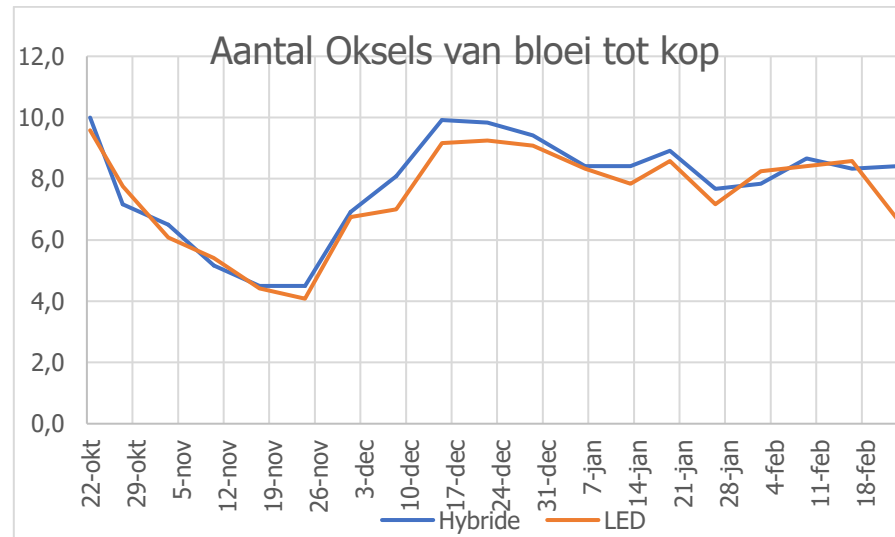
Behandeling	22-okt	27-okt	3-nov	10-nov	17-nov	24-nov	1-dec	8-dec	15-dec	22-dec	29-dec	6-jan	13-jan	19-jan	26-jan	2-feb	9-feb	16-feb	23-feb
Hybride	10,0	7,2	6,5	5,2	4,5	4,5	6,9	8,1	9,9	9,8	9,4	8,4	8,4	8,9	7,7	7,8	8,7	8,3	8,4
LED	9,6	7,8	6,1	5,4	4,4	4,1	6,8	7,0	9,2	9,3	9,1	8,3	7,8	8,6	7,2	8,3	8,4	8,6	6,7

**Vershil hybride en LED per ras**

	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	Gemiddeld
	0,4	-0,6	0,4	-0,3	0,1	0,4	0,2	1,1	0,8	0,6	0,3	0,1	0,6	0,3	0,5	-0,4	0,3	-0,3	1,8	0,3

\* getal in het groen: meer oksels van bloei tot kop in hybride dan LED.

Getal negatief, meer oksels van bloei tot kop in LED dan in hybride





### 3.1.5 Aantal vruchten van bloei tot oogst.

Over het algemeen liep de productie van vruchten op een stabiel en constanter niveau in de hybride-opstelling dan de LED-opstelling. Bij deze laatste waren meer fluctuaties (zowel positief als negatief) op te merken. Vooral in de week van 8 december liep de productie van het aantal vruchten scherp terug. Van 13 januari tot 26 januari is een merkbare toename in aantal vruchten op te merken.

Deze schommeling tussen uitersten is uiteraard niet gewenst in commerciële productie. Wanneer we over het hele verloop kijken, worden er meer vruchten tot oogst gebracht in de LED-opstelling dan in de hybride-opstelling, hoewel dit verschil (0,3) slechts klein is.

*Conclusie: De hybride-opstelling levert een stabiel aantal vruchten van bloei tot oogst. Het is m.a.w. voorspelbaarder vanuit een commercieel oogpunt. De LED-opstelling is minder voorspelbaar, maar leverde gemiddeld gezien wel een beetje meer vruchten van bloei tot oogst. In een vervolg is het van belang om eventueel meer grip te krijgen op het aantal vruchten van bloei tot oogst bij de Led opstelling.*

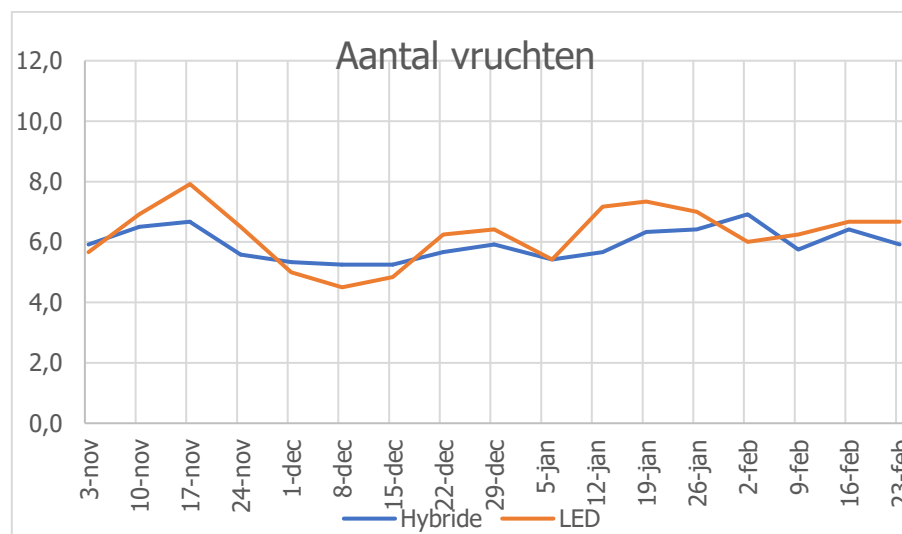


Aantal vruchten van bloei tot oogst																	
Behandeling	3-nov	10-nov	17-nov	24-nov	1-dec	8-dec	15-dec	22-dec	29-dec	6-jan	13-jan	19-jan	26-jan	2-feb	9-feb	16-feb	23-feb
Hybride	5,9	6,5	6,7	5,6	5,3	5,3	5,3	5,7	5,9	5,4	5,7	6,3	6,4	6,9	5,8	6,4	5,9
LED	5,7	6,9	7,9	6,5	5,0	4,5	4,8	6,3	6,4	5,4	7,2	7,3	7,0	6,0	6,3	6,7	6,7

Verschil hybride en LED per ras																		
	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	Gemiddeld
Ras 1	0,3	-0,4	-1,3	-0,9	0,3	0,8	0,4	-0,6	-0,5	0,0	-1,5	-1,0	-0,6	0,9	-0,5	-0,3	-0,8	-0,3

\* getal in het groen: meer vruchten tot oogst in hybride dan LED.

Getal negatief, meer vruchten tot oogst in LED dan in hybride





### 3.1.6 Bladoppervlakte

Het gemeten bladoppervlak liep aan het begin van de teelt gelijk op. Vanaf eind oktober echter, werd de bladoppervlakte van de planten in de LED-opstelling merkbaar groter.

Gedurende de gehele teelt bleef het bladoppervlak bij de LED-opstelling een stuk (>10%) groter dan de hybride-opstelling.

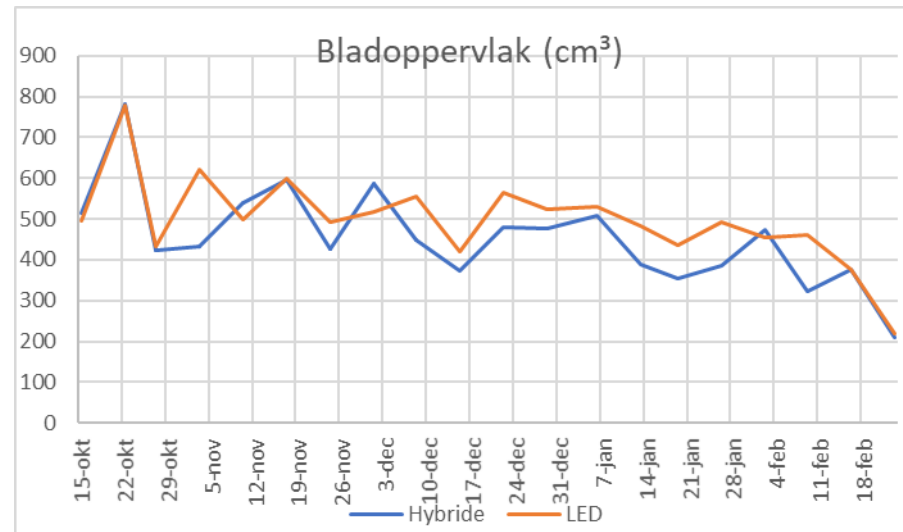
Wanneer er meer buitenlicht was, werd een afname in bladoppervlakte geconstateerd.

*Conclusie: een groter bladoppervlak kan mogelijk leiden tot een verbeterde fotosynthese en meer energie-afgifte naar de vruchtzetting en -vorming. Een toename van meer dan 10% over de gemeten periode is een merkbaar en significant verschil dat in het voordeel spreekt van de LED-belichting. Verder valt er op dat richting de jaarwisseling het bladoppervlak sterk afneemt.*

Bladoppervlakte (cm <sup>2</sup> )																				
Behandeling	15-okt	22-okt	27-okt	3-nov	10-nov	17-nov	24-nov	1-dec	8-dec	15-dec	22-dec	29-dec	6-jan	13-jan	19-jan	26-jan	2-feb	9-feb	16-feb	23-feb
Hybride	515	781,9	424,8	431,8	540,4	595,9	426,7	588,3	448,3	372,0	480,1	475,5	507,7	387,7	354,1	386,0	474,5	323,2	377,3	210,6
LED	496	778,4	431,8	619,9	499,4	598,7	492,1	516,4	555,8	421,5	566,0	522,8	529,8	484,4	435,0	493,3	453,9	461,1	377,5	219,4

Verschil hybride en LED																					
	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	Gemiddeld
	19,2	3,5	-6,9	-188,2	41,1	-2,9	-65,4	72,0	-107,5	-49,5	-85,9	-47,3	-22,0	-96,7	-80,9	-107,3	20,5	-137,8	-0,2	-8,8	-42,6

\* getal in het groen: groter bladoppervlak in hybride dan LED.  
 Getal negatief, groter bladoppervlak in LED dan in hybride





### 3.1.7 Lengte bladsteel.

De lengte van de bladsteel ligt over het algemeen 0,9 cm groter in de LED-opstelling dan in de Hybride-opstelling. De evolutie van de lengte van de bladsteel vertoont wel een gelijkaardig patroon in beide proefopstellingen.

Mogelijks is de toegenomen lengte van de bladsteel een gevolg van spectrum-effecten van de LED-belichting.

Vanaf 13 januari is een algemene afname in de lengte van de bladsteel merkbaar.

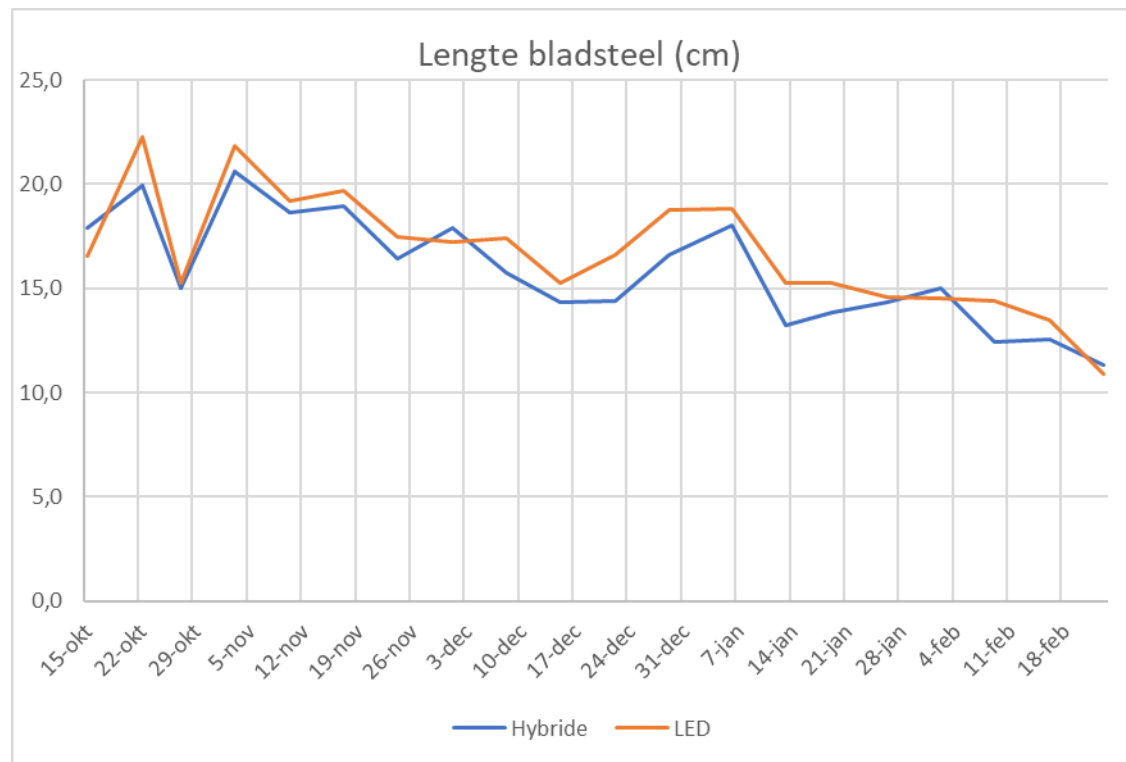
*Conclusie: Hoewel de planten in beide opstellingen een gelijkaardig verloop vertoonden qua lengte van de bladsteel, mag er opgemerkt worden dat de planten in de LED-opstelling over het algemeen een grotere bladsteellengte hadden (gemiddeld 0,9 cm). Dit beeld is vergelijkbaar met de afname in bladoppervlak.*

Lengte bladsteel (cm)																				
Behandeling	15-okt	22-okt	27-okt	3-nov	10-nov	17-nov	24-nov	1-dec	8-dec	15-dec	22-dec	29-dec	6-jan	13-jan	19-jan	26-jan	2-feb	9-feb	16-feb	23-feb
Hybride	17,9	20,0	15,0	20,6	18,7	18,9	16,4	17,9	15,8	14,3	14,4	16,6	18,0	13,3	13,8	14,3	15,0	12,4	12,6	11,3
LED	16,5	22,3	15,3	21,8	19,2	19,7	17,5	17,3	17,4	15,3	16,6	18,8	18,8	15,3	15,3	14,6	14,5	14,4	13,5	10,9

Verschil hybride en LED																				
	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Gemiddeld
Ras 1	1,3	-2,3	-0,3	-1,3	-0,5	-0,8	-1,1	0,7	-1,7	-0,9	-2,2	-2,2	-0,8	-2,0	-1,4	-0,3	0,5	-2,0	-0,9	-0,9

\* getal in het groen: langere bladsteel in hybride dan LED.

Getal negatief, langere bladsteel in LED dan in hybride





## 3.2 Oogst en rendement (21 oogstweken)

Oogst startte in jaarweek 44 (= oogstweek 1) en eindigde in jaarweek 11 (= oogstweek 21). Dit mag niet verward worden met meetweek 21 (= jaarweek 8), de week waarin de fysiologische metingen werden gestopt.

In oogstweek 21 werd de proef geruimd. Hierdoor valt het aantal geoogste vruchten significant hoger uit, terwijl de vruchten kleiner waren en minder gewicht hadden. De afwijkende resultaten in deze laatste week moeten dan ook in deze context worden geïnterpreteerd.

### 3.2.1 Aantal vruchten

Het aantal komkommers dat uiteindelijk geoogst werd, verschilt niet veel tussen beide proefopstellingen. Uit de wekelijkse metingen van de oogst blijkt dat de LED-opstelling ongeveer 0,2 komkommer per week meer opleverde ten opzichte van de hybride-opstelling. Het cumulatief totaal leverde de LED-opstelling ook een kleine voorsprong op ten opzichte van de hybride-opstelling: 172,23 ten opzichte van 166,40. Een verschil van 5,83 komkommer. Percentueel gezien leverde de LED-opstelling 3,5% meer op dan de hybride-opstelling. Over het algemeen volgde beide proefopstellingen het zelfde wekelijkse opbrengstpatroon. Geen significante uitschieters in de metingen.

In week 21 van de proef (jaarweek 11) werd de proef geruimd en de resterende komkommers geoogst. Dit verklaart waarom de cijfers in die week een piek vertonen. De verschillen in aantal vruchten tussen de hybride-opstelling en de LED-opstelling zijn vergelijkbaar met deze in proefweek 19 (-2,5).

*Conclusie: De volledige LED-belichting gaf 3,5% meer komkommers dan de hybride-opstelling.*

AANTAL GEOOGSTE KOMKOMMERS PER WEEK																						
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Behandeling	Week 0	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21
Hybride	0	4,9	7,2	7,9	8,0	9,7	6,3	6,2	5,5	6,1	4,8	8,2	6,3	8,4	8,1	9,1	7,6	8,33	8,46	9,38	8,46	18,10
LED	0	4,8	6,3	8,7	10,0	9,9	5,9	7,8	4,8	5,7	3,9	7,2	4,6	8,3	7,3	7,6	7,6	8,72	9,11	11,85	10,03	20,70

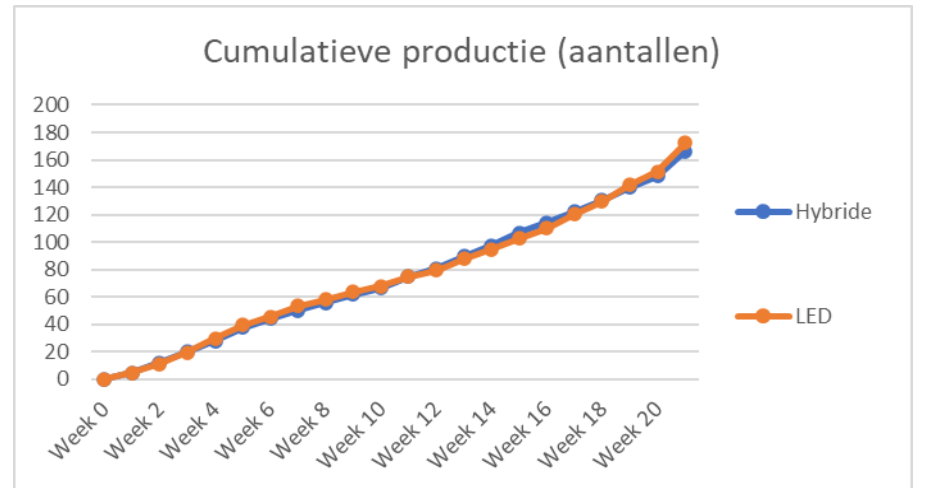
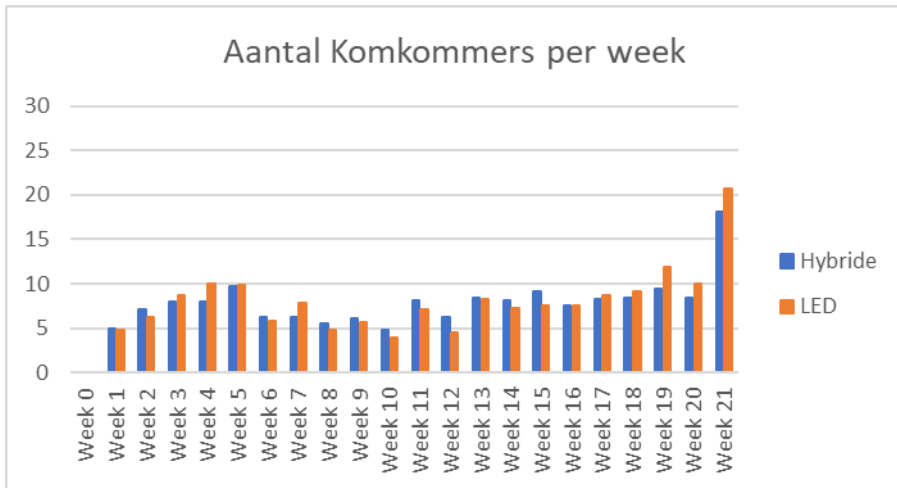
Verskil hybride en LED																						
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	Gemiddeld
	0,1	0,9	-0,8	-2,0	-0,2	0,4	-1,6	0,8	0,4	0,9	1,0	1,7	0,1	0,9	1,5	0,0	-0,4	-0,7	-2,5	-1,6	-2,6	-0,2

\* getal in het groen: hogere weekproductie (aantallen) in hybride dan LED.  
 Getal negatief, hogere weekproductie (aantallen) in LED dan in hybride

AANTAL GEOOGSTE KOMKOMMERS CUMULATIEF																						
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Behandeling	Week 0	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21
Hybride	0	4,9	12,1	20,0	28,0	37,7	44,0	50,2	55,8	61,8	66,6	74,8	81,1	89,5	97,6	106,7	114,3	122,00	130,47	139,84	148,30	166,40
LED	0	4,8	11,1	19,8	29,8	39,7	45,5	53,4	58,2	63,8	67,7	74,9	79,5	87,7	95,0	102,6	110,2	120,52	129,64	141,48	151,51	172,21

Verskil hybride en LED																					
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21
	0,1	1,0	0,2	-1,7	-2,0	-1,5	-3,2	-2,4	-2,0	-1,1	-0,1	1,6	1,7	2,6	4,1	4,0	1,5	0,8	-1,6	-3,2	-5,8

\* getal in het groen: hogere cumulatieve productie (aantallen) in hybride dan LED.  
 Getal negatief, hogere cumulatieve productie (aantallen) in LED dan in hybride





### 3.2.2 Geoogst gewicht

Qua gewicht van de oogst zijn er nauwelijks verschillen op te merken tussen de LED-opstelling en de hybride-opstelling. Sterker nog: het verschil in totale oogst tussen beide opstellingen beslaat slechts 320 gram in absolute waarde in het voordeel van de LED-opstelling. Percentueel is dit verschil tussen beide opstellingen erg klein, amper 0,5%. Wanneer we de wekelijkse metingen beschouwen zien we gemiddeld geen verschil.

*Conclusie: de totale oogst qua gewicht tussen de LED-opstelling en de hybride-opstelling is quasi gelijk, met een zeer licht voordeel voor de LED-opstelling, maar dit verschil is verwaarloosbaar (0,5%).*



GEOOGST GEWICHT PER WEEK (KG)																						
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Behandeling	Week 0	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21
Hybride	0	1,61	2,11	2,59	2,78	3,46	2,23	2,58	2,14	2,23	1,68	2,47	2,09	3,20	2,91	3,2	2,67	2,83	3,21	3,45	3,45	4,32
LED	0	1,41	1,85	2,63	3,23	3,41	1,88	2,99	1,81	1,93	1,26	1,70	1,44	3,06	2,65	3,2	2,57	2,99	3,28	4,31	4,15	4,52

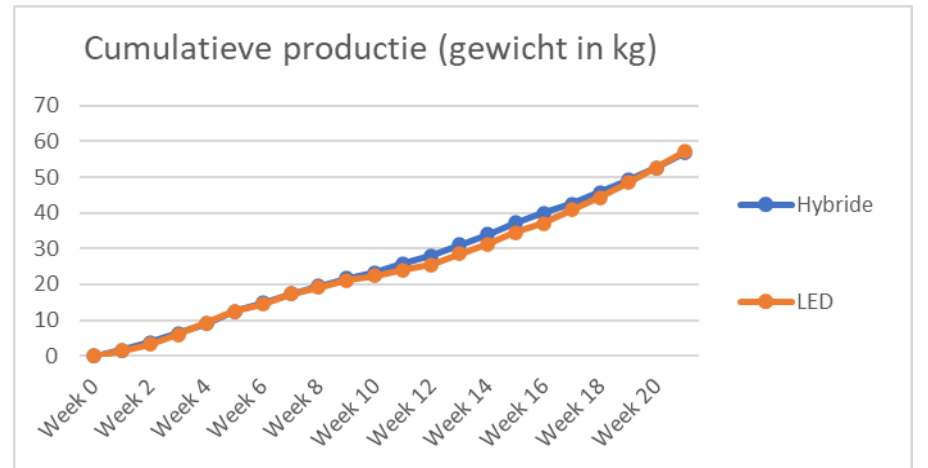
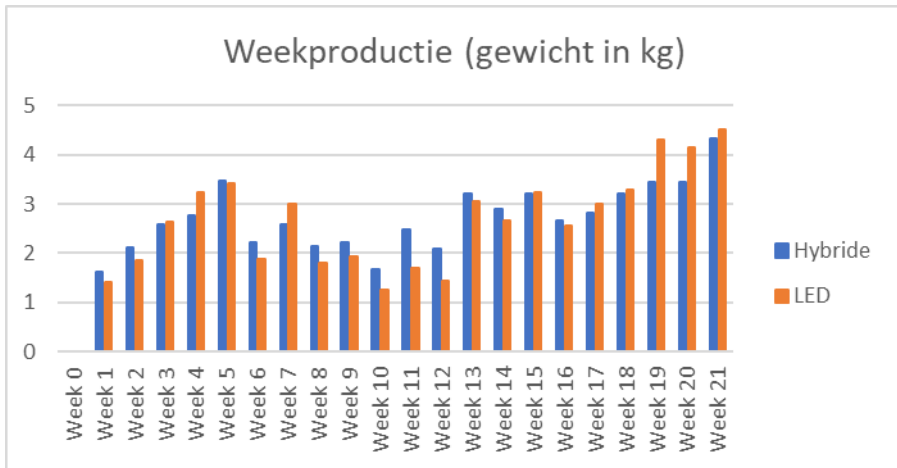
Verschil hybride en LED																						
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	Gemiddeld
	0,2	0,3	0,0	-0,5	0,0	0,3	-0,4	0,3	0,3	0,4	0,8	0,7	0,1	0,3	0,0	0,1	-0,2	-0,1	-0,9	-0,7	-0,2	0,0

\* getal in het groen: hogere weekproductie (gewicht) in hybride dan LED.  
 Getal negatief, hogere weekproductie (gewicht) in LED dan in hybride

GEOOGST GEWICHT CUMULATIEF (KG)																						
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Behandeling	Week 0	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21
Hybride	0	1,6	3,7	6,3	9,1	12,6	14,8	17,36	19,50	21,73	23,4	25,9	28,0	31,2	34,1	37,3	40,0	42,47	45,68	49,13	52,58	56,90
LED	0	1,4	3,3	5,9	9,1	12,5	14,4	17,42	19,23	21,15	22,4	24,1	25,6	28,6	31,3	34,5	37,1	40,95	44,24	48,54	52,69	57,22

Verschil hybride en LED																						
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	
	0,2	0,5	0,4	0,0	0,0	0,4	-0,1	0,3	0,6	1,0	1,8	2,4	2,6	2,8	2,8	2,9	1,5	1,4	0,6	-0,1	-0,3	

\* getal in het groen: hogere cumulatieve productie (gewicht) in hybride dan LED.  
 Getal negatief, hogere cumulatieve productie (gewicht) in LED dan in hybride





### 3.2.3 Vruchtgewicht

Het gemiddeld vruchtgewicht is een afgeleide van het aantal komkommers en het totale gewicht dat er geoogst werd. Bij het aantal komkommers, leverde de LED-opstelling 3,5% meer komkommers. Bij het totale gewicht bedroeg het verschil tussen de beide opstellingen amper 0,5% in het voordeel van de LED-opstelling. Door het feit dat de LED-opstelling in beide metingen in het voordeel was, maar de verschillen niet significant te noemen zijn, merken we op dat de hybride-opstelling een hoger vruchtgewicht geeft. Een verschil van 13,5 g gemiddeld. Week 11 en week 15 zijn er wel uitschieters naar beide kanten. Zo geeft week 11 een verschil van 66 g in het voordeel van de hybride-opstelling, terwijl week 15 ruim 70,1 g meer vruchtgewicht levert in de LED-opstelling. Dit zijn relatief grote uitschieters en significant. Op een gemiddeld<sup>2</sup> gewicht van 348,4 g betekent dit een afwijking van respectievelijk 18,9% en 20,1%.

*Conclusie: ondanks de twee significante uitschieters in de metingen, kan er geconcludeerd worden dat de LED-opstelling een gemiddeld vruchtgewicht had van 341,7 g en de hybride-opstelling een gemiddeld vruchtgewicht van 355,1 g. Beiden zijn aan de lage kant van de verwachte streefopbrengst (350-400 g).*

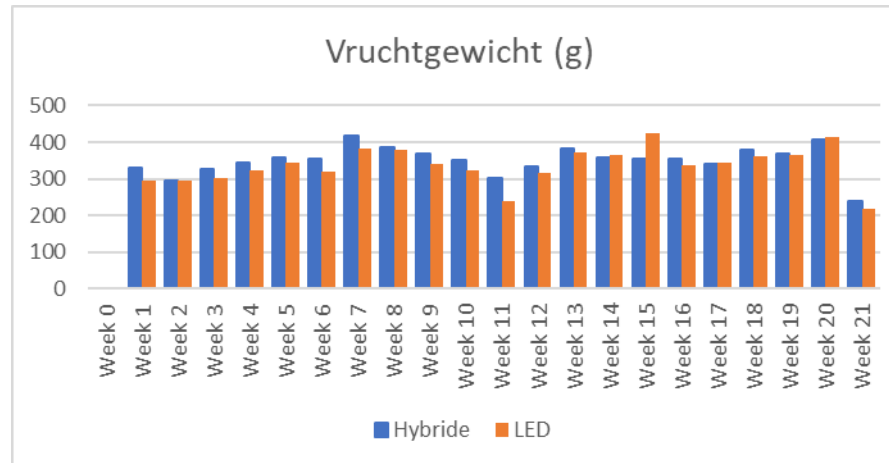
---

<sup>2</sup> In de berekening van het gemiddelde gewicht werd week 21 (laatste oogstweek) niet meegenomen omdat de oogstresultaten van die week niet representatief zijn voor dit onderwerp, vanwege het ruimen van de proef.

GEMIDDELD VRUCHTGEWICHT (g)																						
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Behandeling	Week 0	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21
Hybride	0	329,8	293,9	326,8	345,3	357,4	353,4	416,5	386,1	366,8	350,6	303,3	331,9	382,9	357,1	353,6	353,1	339,4	379,1	368,1	407,4	238,6
LED	0	295,5	293,8	302,5	323,0	345,1	320,7	382,5	378,6	341,2	321,7	237,2	315,2	370,4	364,5	423,7	337,1	343,3	360,0	363,5	414,0	218,5

Verschil hybride en LED per ras																						
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16	Week 17	Week 18	Week 19	Week 20	Week 21	Gemiddeld
	34,3	0,1	24,3	22,3	12,4	32,7	34,0	7,4	25,7	28,9	66,0	16,7	12,5	-7,4	-70,1	16,0	-3,9	19,1	4,5	-6,6	20,1	13,5

\* getal in het groen: hoger vruchtgewicht in hybride dan LED.  
 Getal negatief, hoger vruchtgewicht in LED dan in hybride





### 3.2.4 Lichtefficiëntie (15 meetweken)

De lichtefficiëntie wordt uitgedrukt als het aantal gram komkommers dat per mol licht geproduceerd wordt. Omdat licht een belangrijke energie-kost is voor het jaarrond hogedraad komkommers telen, is het belangrijk dat er kan worden gekeken welke opstelling het meest efficiënt is gebleken.

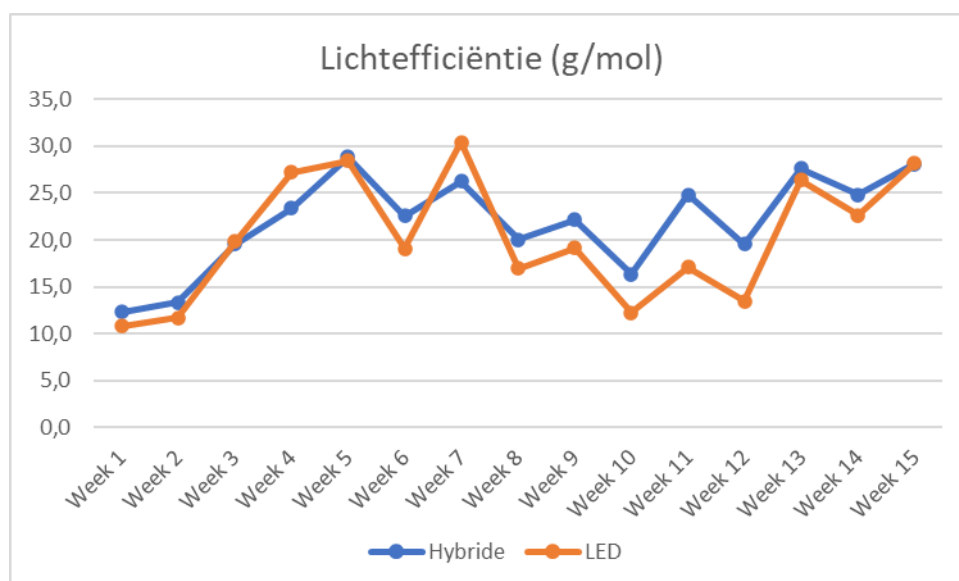
In de eerste 2 weken werd het aantal lichturen nog opgebouwd, dus deze worden niet meegenomen in de efficiëntieberekening (wel in de onderstaande tabel). In oogstweek 16 werd geconstateerd dat de apparatuur niet naar behoren werkte. Metingen vanaf week 16 zijn daarom onbetrouwbaar en werden weerhouden uit dit rapport.

Wat opvalt is dat de LED-opstelling in de maanden met het minste aantal uren zonlicht (week 10-12) de laagste lichtefficiëntie had (jaarweek 53 = -25,1% ; jaarweek 1 = -31% ; jaarweek 2 = -31,1%) ten opzichte van de hybride-opstelling. Voor de overige metingen lopen de resultaten tussen beide proefopstellingen relatief gelijk.

Lichtefficiëntie															
	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	1	2	3	4	5
Behandeling	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15
Hybride	12,3	13,3	19,6	23,4	28,8	22,6	26,2	20,0	22,2	16,3	24,8	19,6	27,6	24,8	28,1
LED	10,8	11,7	19,9	27,2	28,5	19,1	30,4	17,0	19,1	12,3	17,1	13,5	26,4	22,7	28,1

Verschil hybride en LED															
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15
	1,5	1,6	-0,3	-3,8	0,4	3,5	-4,2	3,1	3,0	4,1	7,7	6,1	1,2	2,1	0,0

\* getal in het groen: hogere lichtefficiëntie in hybride dan LED.  
 Getal negatief, hogere lichtefficiëntie in LED dan in hybride



### 3.3 Irrigatiestrategie (14 meetweken)

Irrigatiemetingen werden uitgevoerd van 10 november tot 9 februari. Hierbij werd de drain (in liters en %), de totale watergift (in liters) gemeten, zowel per plant als per m<sup>2</sup>. Uit de resultaten kan worden afgeleid dat het waterverbruik per plant gemiddeld 0,2 l per dag hoger lag in de LED-opstelling dan in de hybride-opstelling. Er werd 10% meer drain geconstateerd bij de hybride-opstelling in vergelijking met de LED-opstelling, terwijl er per dag gemiddeld 25l water meer werd gegeven bij de afdeling van de hybride-opstelling dan bij de afdeling van de LED-opstelling. Er werd gecorrigeerd op uitvallen in de gewassen in beide afdelingen.

*Conclusie: Het feit dat de LED-belichting per plant per dag meer nodig had, resulteerde in meer vegetatieve groei in deze afdeling.*

### 3.4 Bespreking resultaten en discussie

#### 3.4.1 Plantfysiologie en morfologie

Wat betreft de plantfysiologie en morfologie, is er een duidelijke verbetering in de plant gezondheid en prestatie merkbaar onder een volledige LED-opstelling ten opzichte van een 1/3 SON-T 2/3 LED hybride-opstelling. Lengtegroei, bladafplitsing, aantal vruchten tot bloei, bladoppervlakte en steellengte waren beter onder de volledige LED-opstelling. Vruchtzetting en aantal oksels waren dan weer licht toegenomen in de hybride-opstelling.

	Hybride-opstelling	LED-opstelling
Lengtegroei	-	+ 1,9 %
Bladafplitsing	-	+ 3,8 %
Vruchtzetting	+ 1,9 %	-
Oksels	+ 3,9 %	-
# vruchten tot bloei	-	+ 4,9 %
Bladoppervlakte	-	+ 8,9 %
Lengte steel	-	+ 5,5 %

Meer verdamping in het gewas zorgde voor een activere sapstroom en daardoor meer activiteit in de plant. Dit toont aan dat er nog verbetering is aan de lichtreceptuur.

#### 3.4.2 Oogst en rendement

Hoewel de LED-opstelling meer komkommers (+ 3,5%) opleverde en een zeer nipt hoger totaal gewicht (+ 0,05%), was de opbrengst van de gemiddelde vrucht met 341,7g net onder de streefgrens van 350g. De hybride-opstelling leverde met 355,1 g per komkommer wel een gemiddeld vruchtgewicht dat de streefgrens net overschreed.

Het rendement van de LED-opstelling bleek teleurstellend in de meest donkere weken van het jaar. De enorme terugval (tot meer dan 30%) in rendement van de LED-opstelling ten opzichte van de hybride-opstelling roept vragen op. De hybride-opstelling was qua rendement veel stabiel, mogelijk dankzij de toevoeging van de SON-T belichting. Het is dan ook de opmerkelijk dat de LED-opstelling uiteindelijk tóch meer komkommers opleverde (en een quasi gelijk totaal gewicht) ondanks deze terugval in rendement van de verlichting gedurende 3 weken.

#### 3.4.3 Discussie

Ofschoon de LED-opstelling schijnbaar betere planten ontwikkelde, maakte dit voor de eindopbrengst weinig verschil of enige meerwaarde. Sterker nog, het gemiddelde gewicht per komkommer lag (net) beneden de minimumgrens. Wanneer we kijken naar het rendement van de LED-opstelling tov de hybride-opstelling valt op dat tijdens de meest donkere weken van het jaar (week 10-12), het rendement met meer dan 30% terugvalt en

gedurende 3 opeenvolgende weken gemiddeld met meer dan 25% terugvalt. Buiten het feit dat hierin naar een oorzaak moet worden gezocht (zie verder), kan de vraag gesteld worden wat er met de opbrengst gebeurd zou zijn, mocht deze terugval niet hebben plaatsgevonden. Wanneer naar de oogstdata (3.2.1 en 3.2.2) wordt gekeken, zien we hier dat er ook qua aantal komkommers en qua totaal gewicht een significante terugval blijkt bij beide opstellingen, maar sterker uitgesproken bij de LED-opstelling.

Er zijn verschillende hypothesen mogelijk om de oorzaak in terugval in rendement te verklaren. Zo kan er worden beargumenteerd dat de eerder vegetatieve groei aan de weken voorafgaand aan de terugval hebben geleden tot een verminderde productie en dus verminderd rendement. Dat als gevolg van deze verhoogde vegetatieve groei er behoorlijk werd bijgesnoeid kan er toe hebben geleiden dat de planten hun energie hebben moeten steken in herstel, waardoor de productie terugviel; kan als tweede mogelijke hypothese worden beschouwd. In voorkomend geval blijkt zowel bij de hybride-opstelling als de LED-opstelling een terugval, maar deze is meer uitgesproken bij de LED-opstelling waarbij de SON-T mogelijks dankzij de neerwaardse warmtestraling een zeker beschermend effect bood, waardoor de terugval daar beperkter bleef.

Verder kunnen klimatologische factoren of irrigatiestrategie worden uitgesloten als oorzaak, omdat deze bij beide opstellingen gelijk was.

Tot slot moet worden opgemerkt dat de meetresultaten slechts weergegeven worden tot meetweek 21 (23 februari). Normaalgezien zouden er 24 meetweken en 21 oogstweken zijn. Meetweek 21 (gelijklopend met oogstweek 18) is de laatste meetweek omdat de planten bleken geïnfecteerd te zijn met *Fusarium oxysporum*. Deze schimmel heeft het gewas zodanig aangetast dat de fysiologische meetresultaten na meetweek 21 niet meer betrouwbaar zijn.

Een mogelijke oorzaak voor de Fusarium-uitbraak kan gezocht worden in de stress die veroorzaakt werd aan de planten door het snoeien in meetweek 11. Mogelijk was de schimmel reeds latent aanwezig, maar door de verminderde weerstand en de stress kan het zich verder hebben ontwikkeld in de plant en het wortelstelsel; hetgeen uiteindelijk geleid heeft tot de afwijkende resultaten in meetweek 21, wanneer de schimmelinfectie zich duidelijk manifesteerde. De schimmelinfectie heeft slechts beperkte invloed gehad op de oogstdata, zijnde dat in oogstweek 21 de proef werd beëindigd met nog veel kleine (lichtere) vruchten aan de plant; daarom werd deze oogstweek niet meegeteld in de uiteindelijke resultaatberekening.

Wat betreft de watergift en de hogere opname van water in de LED-opstelling, is de vraag of dit een gevolg is van de toegenomen vegetatieve groei van de plant (mogelijk onder invloed van de LED-belichting), of het omgekeerde: dat een betere wateropname een toename in vegetatieve groei heeft veroorzaakt.



## 4. Conclusies

### Hybride vs LED + 'groene' spectrum:

Tijdens dit onderzoek werden de fysiologie en morfologie van komkommerplanten onderzocht onder een volledige LED-opstelling als onder een hybride-opstelling. Er werd ook gekeken naar de uiteindelijke oogst (aantal komkommers en gewicht) en op basis hiervan werd de lichtefficiëntie (g/mol) berekend.

- Wat betreft de fysiologie en morfologie blijkt de volledige LED-opstelling te zorgen voor meer biomassa en vegetatieve groei in het gewas. De hybride-opstelling bleek dan weer meer generatieve kenmerken te promoten.
- De oogst was qua kwantiteit (kg totaal) quasi gelijk, met een licht voordeel voor de LED-opstelling van 0,05% ten opzichte van de hybride-opstelling. De LED-opstelling bleek wel 3,5% meer komkommers te produceren dan de hybride-opstelling, maar het gewicht per komkommer lag lager (341,7 g vs 355,1 g). Beide resultaten liggen rond het commercieel aanvaardbaar minimum gemiddeld productiegewicht voor hogedraad komkommer.
- De licht-efficiëntie bleek gemiddeld hoger te liggen in de hybride-opstelling ten opzichte van de LED-opstelling: 1,7g per mol.
- De resultaten uit dit onderzoek tonen aan dat de verschillen in commercieel rendement tussen een hybride-opstelling waarbij 1/3 SON-T gebruikt worden en een volledige LED-opstelling minimaal zijn. Er is op verschillende vlakken zelfs een lichte voorkeur om een volledige LED-opstelling te gebruiken.

### Wateropname door verdamping te stimuleren:

- Het waterverbruik lag 200 ml hoger per plant per dag in de LED-opstelling, echter niet met laagwaardige warmte (technische problemen).

Wel is er meer onderzoek nodig naar een geoptimaliseerd lichtrecept voor de LED-belichting in hogedraad komkommer. Wellicht kan een verhoogde intensiteit ( $>200 \mu\text{mol}$ ) een uitkomst bieden voor de rendementsterugval in de meest lichtarme weken van de teeltperiode. Daarnaast kan er ook nog aan het spectrum gesleuteld worden om te kijken hoe het gemiddeld gewicht per komkommer verhoogd kan worden zonder dat er teveel moet ingezet worden op een hogere lichtintensiteit (en dus energetische meerkost). Verder verdient de technische integratie van laagwaardige warmte aandacht bij een vervolg om dit ook praktisch mogelijk te maken, Denk hierbij aan een groeibuis tussen het gewas of toevoeging van het ondernet.

Toekomstig onderzoek kan best verschillende volledige LED-opstellingen direct (side-by-side) met elkaar vergelijken.

## Bronvermelding

De Win, J., 2019. Energie efficiënte belichtingstechnieken in hogedraad komkommer

Goudriaan J, Van Laar HH (1994) Modelling potential crop growth processes: textbook with exercises. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, p 238

Hahn, E.J., Lee, Y.B. & Ahn, C.H. 1996. A new method on mass-production of micropropagated chrysanthemum plants using microponic system in plant factory. *Acta Horticulturae* 440: 527–532

Hovi, T., Näkkilä, J. & Tahvonen, R. 2004. Interlighting improves production of year-round cucumber. *Scientia Horticulturae* 102: 283–294

Hovi-Pekkanen, T. & Tahvonen, R. 2008. Effects of interlighting on yield and external fruit quality in year-round cultivated cucumber. *Scientia Horticulturae* 116: 152:161

Jokinen, K., Särkkä, L. E. & Näkkilä, J. 2012. Improving sweet pepper productivity by LED interlighting. *Acta Horticulturae* 956: 59–66

Ouzounis T., Rosenqvist E. and Ottosen C.-O. 2015c. Spectral Effects of LEDs on Plant Physiology and Secondary Metabolism - a Review. *HortScience* 50: 1–8





## Bijlage: Klimaat- en lichtcondities

Datum	Temperatuur		RV		VD		Straling (W/m <sup>2</sup> )	Stralingssom (J)	Transmissie 45%	Belichting (hrs)	PAR som KL (Mol)	PARsom (MOL)	Totaal
	Hybride	LED	Hybride	LED	Hybride	LED							
6-10-2020	21,1	21,1	66,9	69,4	6,2	5,7	54,1	467,7	9,6	8	6,0	15,7	
7-10-2020	21,6	21,4	66,2	68,6	6,5	6,0	65,0	561,2	11,5	8	6,0	17,6	
8-10-2020	21,8	21,7	67,4	69,6	6,4	5,9	29,8	257,1	5,3	9	6,8	12,1	
9-10-2020	22,4	22,4	66,3	67,5	7,0	6,7	84,3	728,2	15,0	9	6,8	21,8	
10-10-2020	21,6	21,7	60,5	61,6	7,6	7,5	84,8	732,7	15,1	10	7,6	22,6	
11-10-2020	21,7	21,8	63,3	64,4	7,2	7,0	77,1	666,2	13,7	10	7,6	21,3	
12-10-2020	21,9	21,9	66,1	67,4	6,7	6,4	61,5	531,7	10,9	11	8,3	19,3	
13-10-2020	21,8	22,1	70,7	72,0	5,8	5,6	71,9	620,8	12,8	11	8,3	21,1	
14-10-2020	21,9	21,8	68,2	71,5	6,2	5,5	56,3	486,0	10,0	12	9,1	19,1	
15-10-2020	21,8	22,1	70,7	72,0	5,8	5,6	37,7	326,0	6,7	12	9,1	15,8	
16-10-2020	22,1	22,1	70,9	74,4	5,9	5,1	58,5	505,2	10,4	13	9,8	20,2	
17-10-2020	22,4	22,4	71,2	75,5	5,8	4,9	43,4	375,1	7,7	13	9,8	17,5	
18-10-2020	21,8	21,9	72,4	75,7	5,4	4,7	44,6	385,4	7,9	14	10,6	18,5	
19-10-2020	22,1	22,1	72,3	75,7	5,6	4,9	62,3	538,4	11,1	15	11,3	22,4	
20-10-2020	21,7	21,8	77,1	79,0	4,4	4,1	19,0	163,7	3,4	16	12,1	15,5	
21-10-2020	23,1	23,1	77,7	80,3	4,7	4,1	39,7	342,8	7,0	17	12,9	19,9	
22-10-2020	22,4	22,3	76,6	77,7	4,7	4,5	38,7	334,4	6,9	18	13,6	20,5	
23-10-2020	22,6	22,5	78,6	80,5	4,4	4,0	34,4	296,8	6,1	18	13,0	19,1	
24-10-2020	22,2	21,8	74,8	77,0	5,0	4,5	31,0	267,9	5,5	18	13,0	18,5	
25-10-2020	22,0	21,9	74,4	76,9	5,0	4,5	9,9	85,6	1,8	18	13,0	14,7	
26-10-2020	22,4	22,2	72,9	74,6	5,4	5,0	32,7	282,6	5,8	18	13,0	18,8	
27-10-2020	22,2	22,0	70,4	72,7	5,9	5,4	39,3	339,1	7,0	18	13,0	19,9	
28-10-2020	22,0	21,9	72,0	73,6	5,6	5,2	58,3	503,4	10,4	18	13,0	23,3	
29-10-2020	22,0	21,7	75,0	74,6	4,9	4,9	35,1	303,3	6,2	18	13,0	19,2	
30-10-2020	21,9	21,7	73,8	75,2	5,1	4,8	18,1	156,1	3,2	18	13,0	16,2	
31-10-2020	22,5	22,3	72,8	74,8	5,5	5,1	62,5	539,9	11,1	18	13,0	24,1	
1-11-2020	22,4	22,1	74,9	77,3	5,0	4,5	26,7	230,4	4,7	18	13,0	17,7	
2-11-2020	23,0	22,8	73,8	76,1	5,5	5,0	28,8	248,8	5,1	18	13,0	18,1	
3-11-2020	22,0	21,8	70,9	72,2	5,7	5,4	64,8	559,9	11,5	18	13,0	24,5	
4-11-2020	22,3	22,1	70,1	69,8	6,0	5,9	75,1	649,1	13,3	18	13,0	26,3	
5-11-2020	22,2	22,2	72,2	73,4	5,5	5,3	70,5	609,3	12,5	18	13,0	25,5	
6-11-2020	22,4	22,4	71,2	72,2	5,8	5,7	70,4	608,2	12,5	18	13,0	25,5	
7-11-2020	22,5	22,7	73,8	74,8	5,4	5,3	61,3	530,0	10,9	18	13,0	23,9	
8-11-2020	22,9	22,9	74,8	77,8	5,3	4,7	42,2	364,3	7,5	18	13,0	20,5	
9-11-2020	23,7	23,5	77,3	78,6	5,0	5,0	42,7	368,5	7,6	18	13,0	20,5	
10-11-2020	23,3	23,4	76,8	77,8	5,0	5,0	58,7	507,4	10,4	18	13,0	23,4	
11-11-2020	22,6	22,6	75,6	79,3	5,0	5,0	34,7	299,9	6,2	18	13,0	19,1	
12-11-2020	21,7	21,6	72,2	77,6	5,3	5,3	34,7	299,6	6,2	18	13,0	19,1	
13-11-2020	22,0	22,0	72,9	77,1	5,4	5,4	31,9	276,0	5,7	18	13,0	18,6	



14-11-2020	22,3	22,2	72,6	76,0	5,6	5,6	49,2	424,9	8,7	18	13,0	21,7
15-11-2020	22,2	22,2	72,5	77,1	5,6	5,6	27,0	233,3	4,8	18	13,0	17,8
16-11-2020	21,3	21,3	74,2	75,9	4,9	4,9	24,6	212,9	4,4	18	13,0	17,3
17-11-2020	21,5	21,5	74,0	75,3	5,0	5,0	12,6	109,0	2,2	18	13,0	15,2
18-11-2020	22,2	22,2	69,9	72,9	6,1	6,1	57,5	496,5	10,2	18	13,0	23,2
19-11-2020	21,4	21,2	72,6	73,0	5,2	5,2	22,0	189,7	3,9	18	13,0	16,9
20-11-2020	21,6	21,7	71,7	71,8	5,4	5,4	44,6	385,1	7,9	18	13,0	20,9
21-11-2020	21,3	21,5	69,2	69,3	5,8	5,8	27,8	239,8	4,9	18	13,0	17,9
22-11-2020	21,1	21,2	74,4	72,9	4,8	4,8	11,4	98,5	2,0	18	13,0	15,0
23-11-2020	21,9	22,0	69,8	70,9	5,9	5,9	44,8	387,0	8,0	18	13,0	20,9
24-11-2020	22,1	22,2	68,8	70,6	6,2	6,2	45,2	390,9	8,0	18	13,0	21,0
25-11-2020	21,8	21,9	70,0	71,9	5,9	5,5	40,6	351,2	7,2	18	13,0	20,2
26-11-2020	22,0	22,2	74,2	74,6	5,1	5,1	13,8	119,6	2,5	18	13,0	15,4
27-11-2020	21,7	22,0	71,9	73,1	5,4	5,3	18,0	155,4	3,2	18	13,0	16,2
28-11-2020	21,8	22,0	70,3	72,4	5,8	5,4	31,8	274,5	5,6	18	13,0	18,6
29-11-2020	21,1	21,3	71,6	73,3	5,2	5,0	17,4	150,8	3,1	18	13,0	16,1
30-11-2020	20,2	20,4	73,9	75,3	4,6	4,4	8,6	74,1	1,5	18	13,0	14,5
1-12-2020	21,3	21,5	73,7	74,9	5,0	4,8	11,6	100,6	2,1	18	13,0	15,0
2-12-2020	21,5	21,7	75,1	76,9	4,7	4,4	4,1	35,3	0,7	18	13,0	13,7
3-12-2020	21,0	20,9	69,2	71,8	5,7	5,1	7,3	63,4	1,3	18	13,0	14,3
4-12-2020	21,1	21,1	69,5	71,3	5,7	5,3	24,8	214,5	4,4	18	13,0	17,4
5-12-2020	21,4	21,3	70,0	72,6	5,7	5,1	40,2	346,9	7,1	18	13,0	20,1
6-12-2020	21,4	21,4	73,5	75,4	5,0	4,6	14,6	125,9	2,6	18	13,0	15,5
7-12-2020	20,4	20,4	72,9	71,4	4,8	5,1	9,6	83,1	1,7	18	13,0	14,7
8-12-2020	21,5	21,4	75,6	75,6	4,6	4,6	21,3	184,4	3,8	18	13,0	16,8
9-12-2020	21,2	21,1	72,9	74,4	5,0	4,7	19,8	171,0	3,5	18	13,0	16,5
10-12-2020	20,9	20,8	74,9	74,6	4,6	4,6	20,2	174,3	3,6	18	13,0	16,5
11-12-2020	20,7	20,3	74,3	77,6	4,7	4,0	13,8	119,2	2,5	18	13,0	15,4
12-12-2020	21,6	21,5	75,1	76,7	4,8	4,4	9,9	85,9	1,8	18	13,0	14,7
13-12-2020	21,6	21,6	73,0	73,6	5,2	5,0	25,0	216,3	4,4	18	13,0	17,4
14-12-2020	21,6	21,6	74,5	76,2	4,9	4,6	18,4	159,0	3,3	18	13,0	16,2
15-12-2020	21,3	21,4	76,3	79,5	4,4	3,8	6,0	52,2	1,1	18	13,0	14,0
16-12-2020	21,7	21,7	77,3	78,1	4,4	4,3	22,2	191,7	3,9	18	13,0	16,9
17-12-2020	21,2	21,3	73,2	75,3	5,0	4,6	23,5	203,1	4,2	18	13,0	17,1
18-12-2020	21,6	21,6	72,7	74,0	5,3	5,0	37,8	326,6	6,7	18	13,0	19,7
19-12-2020	21,4	21,6	73,8	74,6	5,0	4,9	25,7	222,4	4,6	18	13,0	17,5
20-12-2020	21,3	21,4	73,7	76,8	4,9	4,4	21,2	183,3	3,8	18	13,0	16,7
21-12-2020	21,0	20,9	79,3	80,7	3,9	3,6	7,3	63,5	1,3	18	13,0	14,3
22-12-2020	21,8	21,7	80,2	80,1	3,9	3,9	19,7	170,4	3,5	18	13,0	16,5
23-12-2020	21,6	21,6	79,3	81,7	3,9	3,5	6,3	54,4	1,1	19	13,7	14,8
24-12-2020	20,7	20,7	75,4	77,2	4,4	4,1	9,4	80,9	1,7	19	13,7	15,3
25-12-2020	21,2	21,0	77,4	75,5	4,2	4,5	32,3	278,8	5,7	19	13,7	19,4
26-12-2020	20,3	20,1	71,4	71,6	5,0	4,9	17,8	153,6	3,2	19	13,7	16,8
27-12-2020	19,5	19,4	69,9	70,9	5,0	4,9	5,3	46,0	0,9	19	13,7	14,6



28-12-2020	21,2	21,1	74,2	75,0	4,9	4,7	27,8	240,3	4,9	19	13,7	18,6
29-12-2020	20,8	20,8	75,1	75,6	4,5	4,5	7,3	63,1	1,3	19	13,7	15,0
30-12-2020	20,4	20,4	78,4	80,4	3,9	3,6	11,8	101,7	2,1	19	13,7	15,8
31-12-2020	21,7	21,9	80,0	81,2	3,9	3,7	8,2	70,6	1,5	19	13,7	15,1
1-1-2021	21,9	21,8	76,9	78,2	4,5	4,3	28,8	248,8	5,1	19	13,7	18,8
2-1-2021	21,9	21,7	76,7	78,8	4,6	4,1	10,5	90,7	1,9	19	13,7	15,5
3-1-2021	21,7	21,6	79,7	78,8	3,9	4,1	7,4	64,2	1,3	19	13,7	15,0
4-1-2021	21,4	21,4	79,5	78,7	3,9	4,0	8,6	74,1	1,5	19	13,7	15,2
5-1-2021	21,5	21,8	80,8	78,2	3,7	4,2	5,1	43,8	0,9	19	13,7	14,6
6-1-2021	21,6	21,6	79,5	79,5	3,9	3,9	19,4	167,9	3,5	19	13,7	17,1
7-1-2021	21,3	21,2	79,4	80,1	3,9	3,7	12,8	110,5	2,3	19	13,7	16,0
8-1-2021	21,3	21,5	83,3	82,3	3,1	3,4	14,1	121,4	2,5	19	13,7	16,2
9-1-2021	21,5	21,7	81,4	80,3	3,6	3,8	21,1	182,2	3,7	19	13,7	17,4
10-1-2021	21,8	21,8	77,1	77,8	4,5	4,3	25,4	219,1	4,5	19	13,7	18,2
11-1-2021	21,8	21,9	75,6	76,6	4,7	4,6	7,7	66,3	1,4	19	13,7	15,0
12-1-2021	21,7	21,7	75,0	77,2	4,9	4,4	25,1	216,8	4,5	19	13,7	18,1
13-1-2021	21,6	21,7	74,2	75,8	5,0	4,7	32,1	277,5	5,7	19	13,7	19,4
14-1-2021	22,1	22,3	76,5	75,7	4,6	4,8	23,3	201,1	4,1	19	13,7	17,8
15-1-2021	21,7	21,9	79,0	77,9	4,1	4,3	10,3	89,2	1,8	19	13,7	15,5
16-1-2021	21,4	21,7	76,4	76,8	4,5	4,5	15,9	137,7	2,8	19	13,7	16,5
17-1-2021	22,1	22,4	78,7	78,8	4,3	4,3	27,4	236,9	4,9	19	13,7	18,6
18-1-2021	21,8	22,0	76,6	76,9	4,6	4,5	26,2	226,2	4,7	19	13,7	18,3
19-1-2021	21,5	21,7	74,7	77,3	4,8	4,4	5,8	50,3	1,0	19	13,7	14,7
20-1-2021	22,4	22,3	74,9	78,6	5,1	4,3	29	251	5,2	19	13,7	18,8
21-1-2021	21,9	22,0	72,2	75,7	5,4	4,8	34	290	6,0	19	13,7	19,6
22-1-2021	21,8	22,2	75,8	76,8	4,7	4,6	35	304	6,3	19	13,7	19,9
23-1-2021	22,0	22,0	75,3	77,5	4,9	4,4	16	142	2,9	19	13,7	16,6
24-1-2021	22,0	22,0	76,7	76,8	4,7	4,6	49	422	8,7	19	13,7	22,4
25-1-2021	22,5	22,6	76,2	77,2	4,9	4,7	57	496	10,2	19	13,7	23,9
26-1-2021	22,1	22,0	76,1	77,4	4,7	4,5	38	330	6,8	19	13,7	20,5
27-1-2021	21,7	21,7	77,0	78,0	4,5	4,2	9	75	1,5	19	13,7	15,2
28-1-2021	22,0	22,0	79,9	79,2	4,0	4,1	10	87	1,8	19	13,7	15,5
29-1-2021	22,2	22,0	78,1	79,9	4,4	4,0	24	204	4,2	19	13,7	17,9
30-1-2021	21,7	21,7	77,9	78,4	4,3	4,2	24	203	4,2	19	13,7	17,9
31-1-2021	22,2	22,0	76,2	77,3	4,9	4,6	68	584	12,0	19	13,7	25,7
1-2-2021	21,9	21,9	80,0	80,2	4,0	3,9	16	140	2,9	19	13,7	16,6
2-2-2021	22,1	22,0	79,0	79,7	4,1	4,0	14	122	2,5	19	13,7	16,2
3-2-2021	22,2	21,9	78,8	80,4	4,2	3,8	9	82	1,7	19	13,7	15,4
4-2-2021	22,7	22,6	76,8	78,9	4,9	4,4	43	372	7,6	19	13,7	21,3
5-2-2021	22,6	22,7	76,5	79,1	4,9	4,3	39	338	6,9	19	13,7	20,6
6-2-2021	21,9	21,9	76,5	77,9	4,6	4,3	18	152	3,1	19	13,7	16,8
7-2-2021	20,3	20,7	78,9	77,9	3,7	4,0	20	172	3,5	19	13,7	17,2
8-2-2021	19,9	20,2	76,7	76,6	4,0	4,1	45,2	45	8,0	19	13,7	21,7



9-2-2021	21,5	21,5	75,2	76,2	4,8	4,6	90,3	90	16,0	19	13,7	29,7
10-2-2021	21,3	21,3	73,6	75,9	5,0	4,6	58,7	59	10,4	19	13,7	24,1
11-2-2021	22,3	22,7	71,2	74,2	6,0	5,4	95,8	96	17,0	19	13,7	30,7
12-2-2021	21,3	21,6	68,2	71,5	6,2	5,6	105,2	105	18,7	19	13,7	32,4
13-2-2021	22,1	22,2	67,9	73,1	6,6	5,5	105,1	105	18,7	19	13,7	32,4
14-2-2021	22,0	22,1	69,4	73,8	6,2	5,3	95,0	95	16,9	19	13,7	30,6
15-2-2021	22,1	21,9	71,0	76,3	5,7	4,7	22,1	22	3,9	19	13,7	17,6
16-2-2021	22,8	22,9	70,3	76,9	6,2	4,9	55,7	56	9,9	19	13,7	23,6
17-2-2021	22,7	22,8	69,5	75,3	6,3	5,2	64,4	64	11,4	19	13,7	25,1
18-2-2021	22,4	22,4	72,7	78,3	5,7	4,5	40,1	354	7,1	19	13,7	20,8
19-2-2021	22,4	22,7	69,7	74,7	6,3	5,3	85,3	470	15,2	19	13,7	28,8
20-2-2021	23,6	23,3	68,5	74,8	7,1	5,6	89,2	601	15,9	19	13,7	29,5
21-2-2021	23,9	23,7	67,6	70,9	7,6	6,7	109,4	688	19,4	19	13,7	33,1
22-2-2021	23,5	23,4	75,3	75,1	5,5	5,5	55,1	526	9,8	19	13,7	23,5
23-2-2021	23,5	23,4	69,3	75,5	7,0	5,5	82,4	464	14,6	19	13,7	28,3
24-2-2021	23,6	23,3	65,3	71,6	7,8	6,4	112,9	679	20,1	19	13,7	33,7
25-2-2021	23,4	23,4	68,6	72,2	6,9	6,1	69,8	603	12,4	19	13,7	26,1
26-2-2021	23,1	23,0	70,8	71,4	6,3	6,2	104,3	609	18,5	19	13,7	32,2
27-2-2021	23,3	23,3	71,2	72,4	6,3	6,1	93,8	641	16,7	19	13,7	30,4
28-2-2021	23,1	23,3	70,4	72,3	6,4	6,1	119,8	732	21,3	19	13,7	35,0
1-3-2021	22,9	22,8	72,4	72,8	5,9	5,8	87,7	645	15,6	19	13,7	29,3
2-3-2021	23,4	23,5	67,1	69,7	7,5	7,0	127,3	749	22,6	19	13,7	36,3
3-3-2021	23,3	23,3	68,0	69,7	7,1	6,7	99,4	734	17,7	19	13,7	31,3
4-3-2021	22,2	22,1	74,5	73,6	5,1	5,2	11,1	305	2,0	19	13,7	15,7
5-3-2021	22,9	22,9	69,9	68,3	6,4	6,8	145,8	615	25,9	19	13,7	39,6
6-3-2021	22,7	23,0	70,5	67,2	6,2	7,1	131,5	890	23,4	19	13,7	37,0
7-3-2021	22,9	23,2	71,0	67,0	6,2	7,2	124,0	841	22,0	19	13,7	35,7
8-3-2021	23,2	23,4	72,2	70,8	5,9	6,3	62,7	572	11,1	19	13,7	24,8
9-3-2021	22,7	22,5	71,5	73,3	5,8	5,4	22,1	253	3,9	19	13,7	17,6
10-3-2021	23,2	23,1	67,0	70,4	7,0	6,2	52,8	269	9,4	19	13,7	23,1
11-3-2021	23,4	22,7	66,2	67,6	7,4	6,7	92,9	523	16,5	19	13,7	30,2
12-3-2021	22,2	21,0	66,2	66,8	6,8	6,1	52,8	474	9,4	19	13,7	23,1
13-3-2021	22,2	18,4	64,4	61,5	7,1	6,2	69,3	418	12,3	19	13,7	26,0
14-3-2021	22,7	19,8	65,8	63,4	7,1	6,5	79,5	486	14,1	19	13,7	27,8
15-3-2021	23,0	21,3	67,1	65,1	7,0	6,7	86,6	563	15,4	19	13,7	29,1
16-3-2021	23,1	22,4	68,8	68,8	6,6	6,3	74,9	527	13,3	19	13,7	27,0
17-3-2021	22,9	22,0	68,5	66,3	6,5	6,7	69,3	461	12,3	19	13,7	26,0
18-3-2021	23,0	22,0	69,5	67,9	6,4	6,3	54,7	396	9,7	19	13,7	23,4
19-3-2021	21,4	20,0	65,1	58,8	7,1	7,6	164,5	812	29,2	19	13,7	42,9