



## Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

### 2014.-2020.gadam pasākuma “Zināšanu pārneses un informācijas pasākumi” apakšpasākuma “Atbalsts demonstrējumu pasākumiem un informācijas pasākumiem” ietvaros

(Iepirkuma identifikācijas Nr: ZM/2017/4\_ELFLA)

### Projekts “Dārzeņu audzēšanas augsto tehnoloģiju ieviešana modernajās siltumnīcās” (Līguma Nr. LAD 240118/P11)

#### Projekta noslēguma pārskats



Demonstrējuma **mērķis** ir praktiski nodemonstrēt, iepazīstināt lauksaimniekus ar dārzeņu audzēšanas augsto tehnoloģiju ieviešanu modernajās siltumnīcās - efektīva un ekonomiski izdevīga apgaismojuma modernizēšana siltumnīcās, ieviešot elektroniskās Na lampas.

Visā demonstrējumu projekta periodā (2018. līdz 2022. gads) demonstrējums SIA “Mārupes Siltumnīcas” tiks veikts saskaņā ar plānu. Demonstrējuma mērķis bija praktiski nodemonstrēt, iepazīstināt lauksaimniekus ar dārzeņu audzēšanas augsto tehnoloģiju ieviešanu modernajās siltumnīcās - efektīva un ekonomiski izdevīga apgaismojuma modernizēšana siltumnīcās, ieviešot elektroniskās Na lampas. Projekta īstenošanas laikā tika veikti sekojoši novērojumi un uzskaitē trīs apgaismojuma variantos (kontrolē; 600 W un 1000W elektronisko Na lampu variantos):

- a. Elektrības uzskaitē divos blokos (ar līdz šim izmantoto apgaismojumu un ar jauno - elektronisko lampu apgaismojumu). Elektrības uzskaitē veikta atsevišķi katram variantam;
- b. Mērīta gaismas intensitāte;
- c. Gurķu ražas uzskaitē visos variantos. Ražas parametri apkopoti katrai aprītei atsevišķi;
- d. Veikti auga un augļu mērījumi divas reizes mēnesī – gurķu augam noteikts kopējais garums, posmu garums, posmu skaits, lapu izmērs, augļu skaits uz auga, augļu garums, diametrs un vidējo svaru 10 augļiem četros atkārtojumos;
- e. Veikti fenoloģiskie novērojumi.

Kopumā visa projekta realizācijas periodā finansējums apgūts pilnībā, atbilstoši plānotajam. Līdzekļi izlietoti: atlīdzībai demonstrējumā iesaistītajam Dārzkopības institūta personālam par projekta realizāciju, lauka dienas organizēšanu, transporta izdevumiem braucieniem uz saimniecību; administratīvajām izmaksām; lampu izmaksām SIA “Mārupes siltumnīcas”.

Lauka dienas tika organizētas katru gadu un noslēguma seminārs 2022. gadā. Informāciju ražotājiem izplatīja asociācija “Latvijas Dārznieks”.

### **Materiāls un Metodes**

Pētījumā plānotie parametri tika noteikti regulāri (2 reizes mēnesī), apmeklējot saimniecību un veicot mērījumus un augu novērojumus četros atkārtojumos.

**Augu morfoloģiskie novērojumi.** Augiem noteikts kopējais garums, posmu garums, posmu skaits, lapu izmērs, augļu skaits uz auga, augļu garums, diametrs un vidējo svaru 10 augļiem, katrā atkārtojumā mērīti 3 augi.

**Fenoloģiskie novērojumi** – ziedēšanas sākums, ražas sākums fiksēts katras aprītes sākumā.

**Ražas uzskaitē** veikta abiem diviem variantiem otrajā celiņā abām rindām kopā katrā vākšanas reizē, izsakot kg. Ražas parametri apkopoti katrai aprītei atsevišķi, lai analizētu ražas apjomu un dinamiku pa variantiem. Šos parametrus uzskaitīja siltumnīcu personāls.

**Elektrības uzskaitē** veikta atsevišķi katram variantam, tās patēriņš fiksēts ik dienu visa demonstrējuma perioda laikā. Šo parametru uzskaitīja siltumnīcu personāls.

**Gaismas intensitāte** mērīta četras reizes (apmākušā laikā un naktī, kad nav dabīgās gaismas piesārņojums) augu galotņu līmenī un auga vidusposmā, abu variantu otrā celiņa abos galos un vidū.

**Papildus projektā plānotajam**, 2018./2019. gadā ziemas aprītē tika veikta arī **temperatūras uzskaitē** zem lampām un starp lampām divos augstumos – galotņu līmenī un auga vidusposmā.

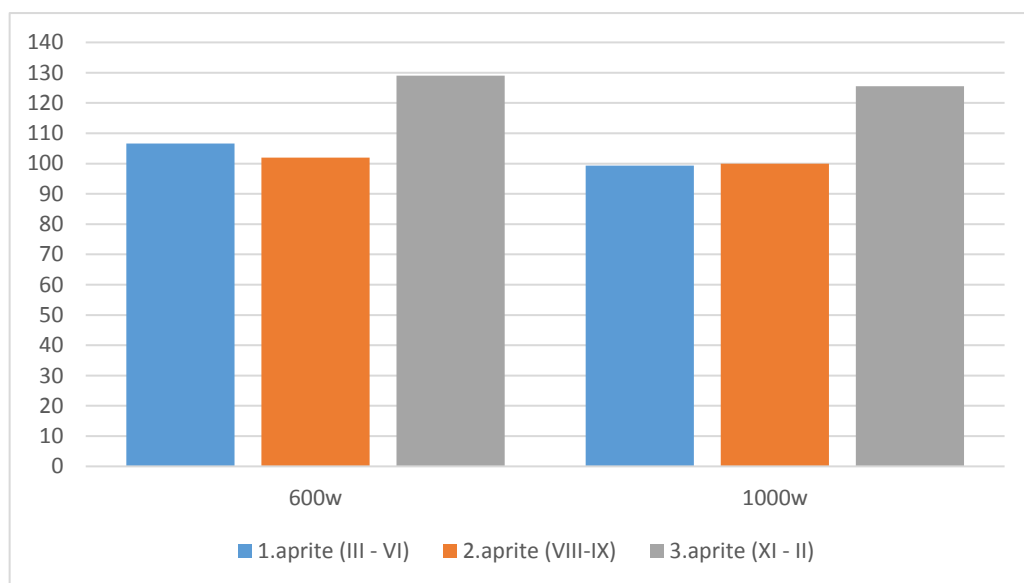
Covid-19 pandēmijas ierobežojumu laikā mērījumus pēc šīs pašas metodikas veica siltumnīcu personāls.

## Rezultāti

Tā kā augi katrā aprītē tika iestādīti jau ar pirmajiem ziediem, tad ziedēšanas fenoloģijā starp variantiem netika konstatētas nozīmīgas atšķirības. Ražas uzsākšanās laiks arī starp variantiem nebija būtiski atšķirīgs, jo siltumnīcu gurķi sāk ražot ļoti strauji – jau 2 nedēļas pēc iestādīšanas ir vācama pirmā raža, pa šo laika posmu nav novērotas būtiskas atšķirības starp variantiem.

Raugoties kopumā uz visa projekta laikā iegūtajiem ražas rezultātiem, jāsecina, ka nozīmīga un stabila lampu ietekme uz ražu un morfoloģiskajiem rādītājiem nav konstatēta. Līdz 28% ražas palielinājums ir konstatēts 1000W BLW lampu variantā ziemas tumšajos mēnešos. Detalizēts demonstrējuma rezultātu skaidrojums pa izmēģinājuma gadiem ļauj izprast lampu efektivitāti. Tā kā aprišu periodi pa gadiem mainās, tad rezultātu analīze arī ir veikta atsevišķi pa gadiem.

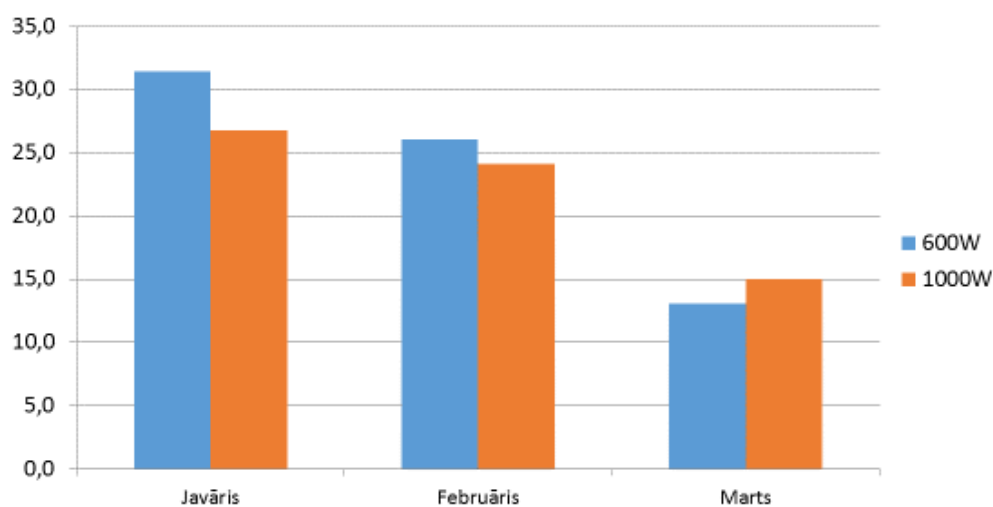
2018. gadā iegūti rezultāti ļauj izprast lampu ietekmi salīdzinoši pa aprītēm – skaidri parādot vasaras gaišo mēnešu nebūtisko atšķirību ražas iznākumā starp jauno lampu variantiem (BLV 600W un 1000W) attiecībā pret kontroli (Hele Oy 600W), un tumšo mēnešu atšķirību starp variantiem (1.attēls).



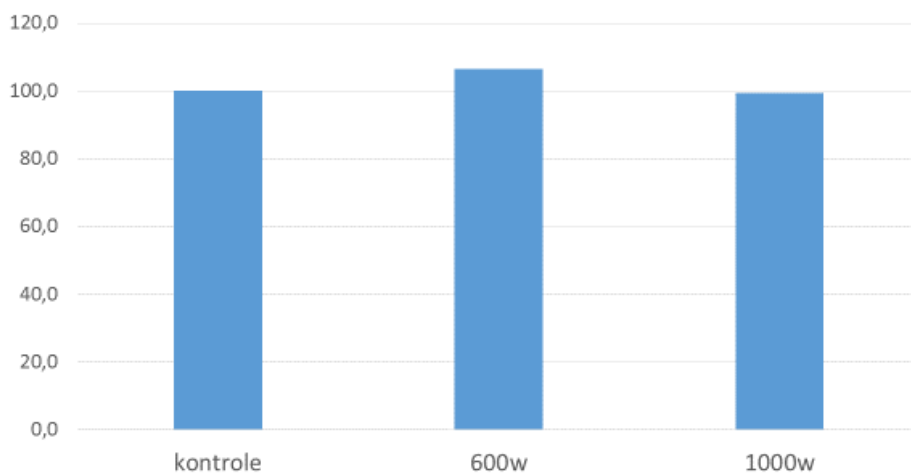
1. attēls. 2018. gada ražības īpatsvara atšķirības elektronisko lampu variantos attiecībā pret kontroles variantu, %.

No morfoloģiskajiem rādītājiem 2018. gada pirmajās aprītēs statistiski nozīmīgi atšķīrās tikai posmu skaits – vismazākais tas bija kontroles variantā (vidēji 111.6 posmi). Pārējie morfoloģiskie mērījumi neuzrādīja statistiski nozīmīgas atšķirības starp variantiem.

Apkopojot 2019. gadā iegūtos rezultātus, kur jau ir dati par pilnu ziemas apriti (2018/2019), apstiprinās iepriekšējā gadā iegūtie rezultāti, ka apgaismojuma ietekme ir matemātiski pierādāma tikai ziemas mēnešos, kad ir minimāls dabīgais apgaismojums. Ievietojot iegūtos ražas datus grafikā, redzams, ka jaunie lampu varianti (BLV 600W un 1000W) attiecībā pret kontroli (Hele Oy 600W) dod būtisku ražas pieaugumu, kuram ir tendence samazināties pavasara virzienā (2.att., 3.att.).



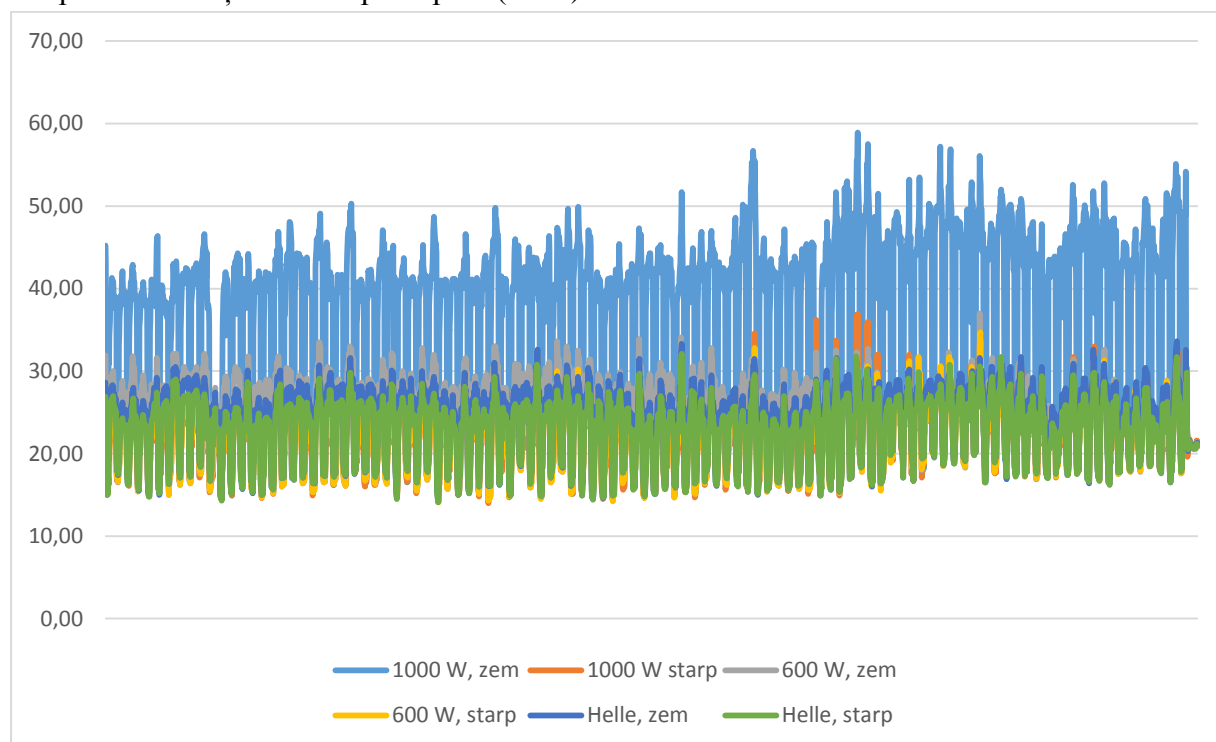
2.att. Gurķu ražas palielinājums (%) attiecībā pret kontroli, ziemas aprītē



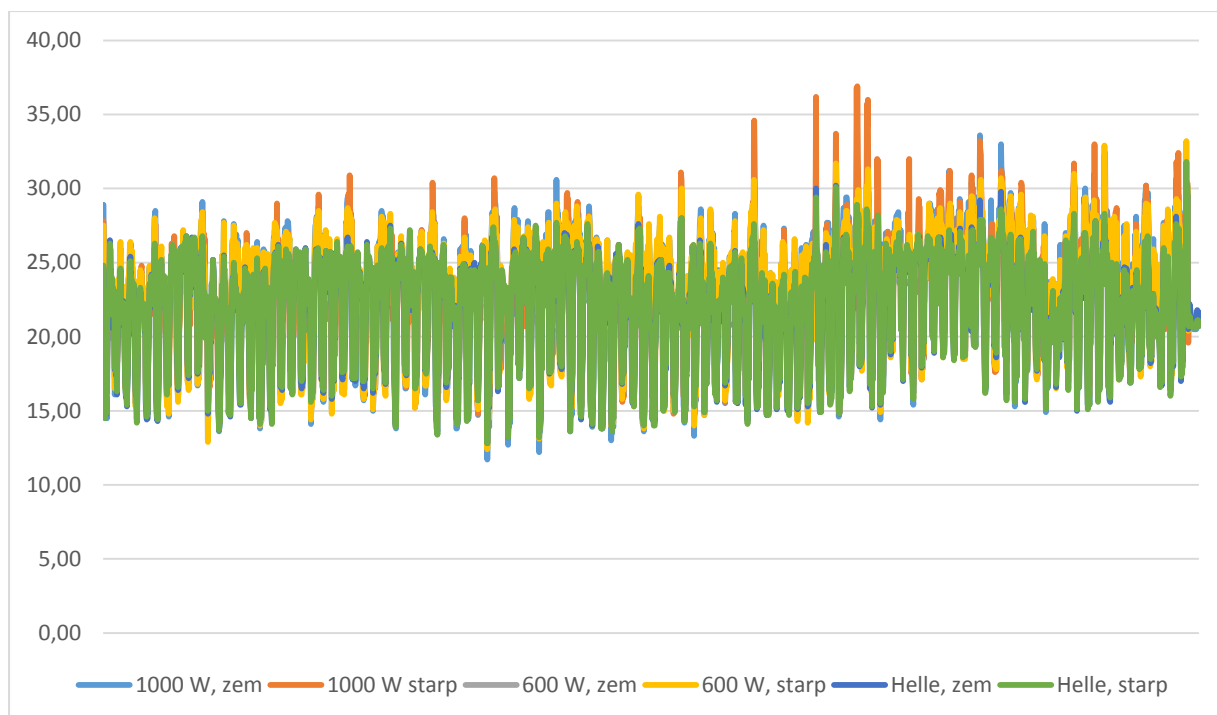
3.att. Gurķu ražas procentuālās atšķirības starp variantiem, marta-jūnija mēnešos

Izvērtējot morfoloģisko rādītājus 2019. gadā, konstatēts, ka būtiski garāki bija augi zem BLV 600W (8.46 m), salīdzinājumā ar BLV-1000W variantu, kur tie bija 7.7 m gari un Helle Oy – 7.78 m. Stumbra diametrs bija būtiski zemāks (9.6 mm) zem kontroles varianta Helle Oy lampām, nekā zem BLV 600W un 1000W lampām, kur tas bija 10.2 mm. Lapu platums zem Helle Oy bija būtiski zemāks (36.1 cm) nekā zem BLV 600W (37.5 mm) un 1000W (38.1 mm) lampām augušiem augiem. Pārējiem morfoloģiskajiem parametriem 2019. gadā netika novērotas būtiskas atšķirības.

Analizējot temperatūras izmaiņas starp variantiem, redzams, ka 1000W lampas sasniedz augstāku temperatūru, jo īpaši augu galotņu līmenī (4.att.), bet 600W lampām nav būtiska atšķirība starp modeļiem. Augu vidusdaļā nav novērotas nozīmīgas temperatūras atšķirības starp lampām (5.att.)



4.attēls. Temperatūras mērījumi no decembra līdz martam augu galotņu līmenī tieši zem lampām un starp lampām.



5.att. Temperatūras mērījumi no decembra līdz martam augu vidusdaļā tieši zem lampām un starp lampām.

Arī fotoaktīvās radiācijas plūsma ( $\mu\text{mol}$ ) bija lielāka BLV 1000W spuldzēm (1.tabula).

1.tabula

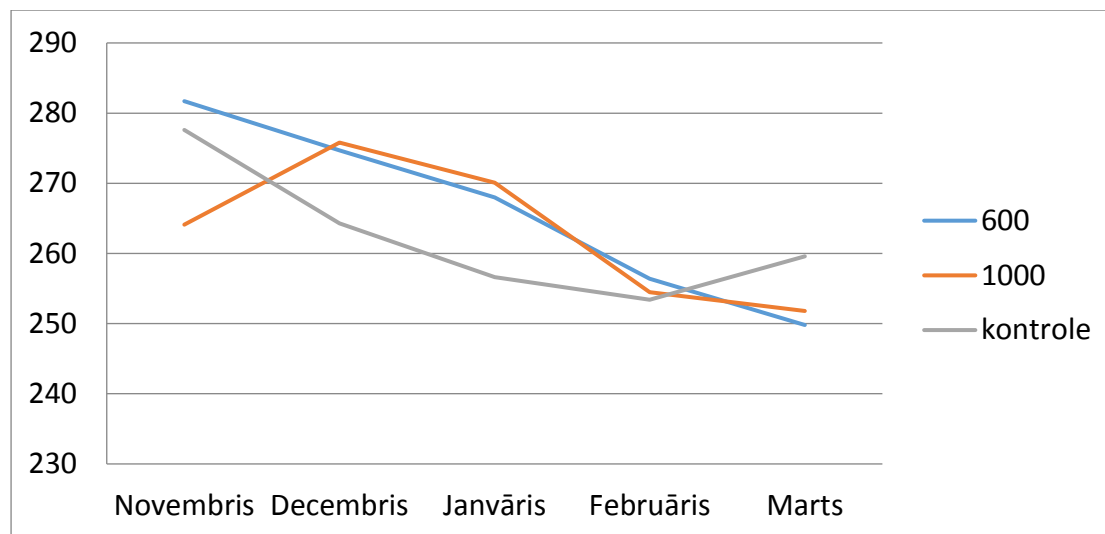
#### Fotoaktīvās radiācijas plūsma ( $\mu\text{mol}$ ) apmākušās dienas laikā

BLV 1000w	augša	499
	vidus	308
BLV 600 W	augša	477
	vidus	281
Helle Oy	augša	474
	vidus	310

Kopumā pēc 2019. gada var secināt, ka 1000W spuldzes labāk ietekmē augu attīstību un ražību.

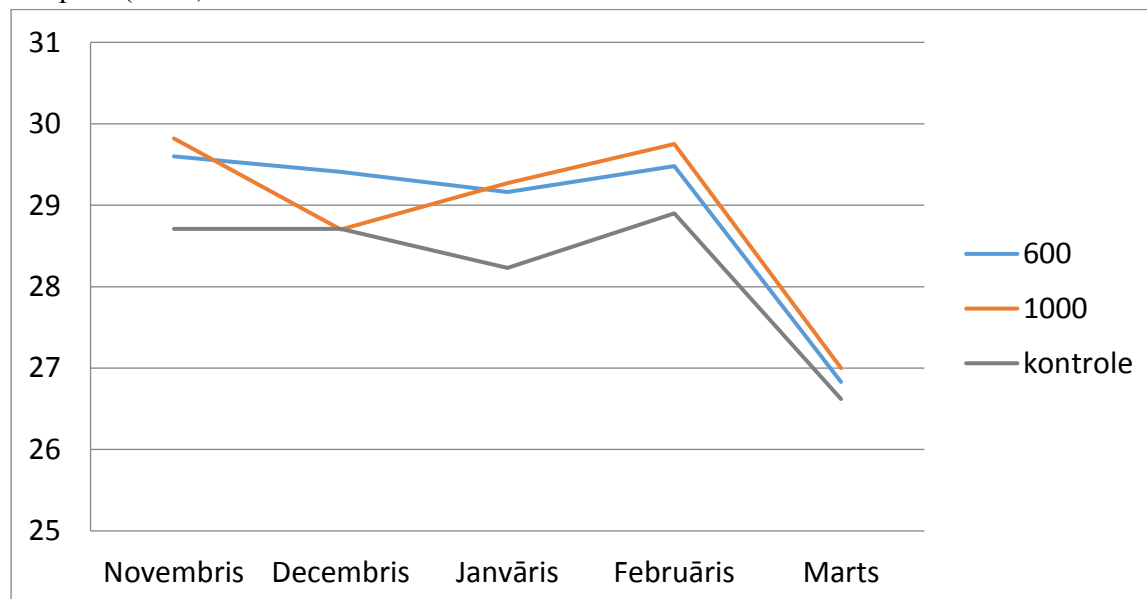
Analizējot 2020. gada ražas un augu attīstības rādītājus, kā arī veicot elektroenerģijas patēriņa analīzi, līdzīgi kā iepriekšējos gados, konstatēts, ka būtiskas atšķirības starp lampu variantiem parādās tikai ziemas mēnešos, kad tiek visvairāk lietots mākslīgais apgaismojums. Analizējot augļu svaru (6.att.), redzams, ka jaunās

elektroniskās lampas pozitīvi ietekmē augļu svara dinamiku, un šajā apgaismojumā veidojas smagāki augļi.



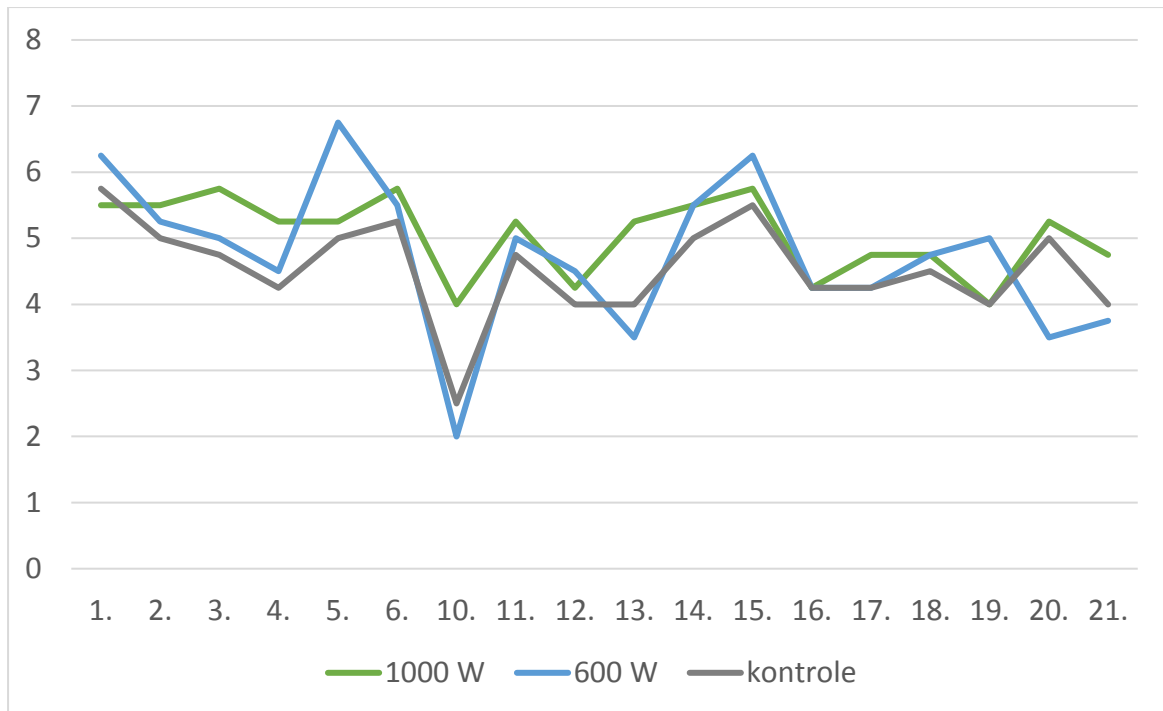
6. attēls. Augļu svara salīdzinājums 2019. / 2020. gada ziemas periodā, gr

Līdzīgi arī jāsaprot par augļu garumu, kas tieši ietekmē svara izmaiņas. Garākie gurķi veidojās jauno lampu variantā, nerādot būtiskas atšķirības starp dažādu jaudu lampām (7.att.).



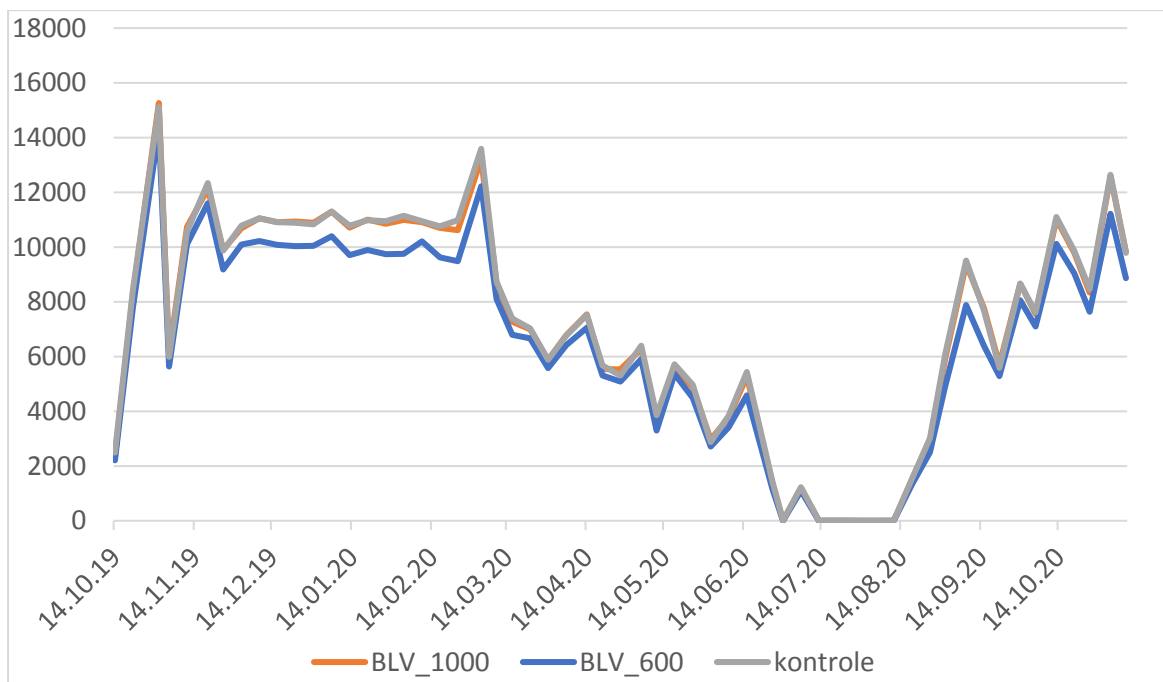
7.att. Gurķu garuma salīdzinājums 2019. 2020. gada ziemas periodā, cm

Vērtējot augļu ražas dinamiku 2020. gada ziemas – pavasara periodā (1. līdz 21. gada nedēļai) (8.att.), redzams, ka tā ir salīdzinoši līdzīga visos apgaismojuma variantos, tomēr kontroles varianta līkne biežāk atrodas grafika zemākajā pozīcijā, kas apliecina elektronisko lampu pozitīvo ietekmi uz ražas veidošanos.



8.att. Ražas dinamika 2020. gada ziemas – pavasara periodā (1. līdz 21. gada nedēļai), augļu skaits no auga

Salīdzinot elektroenerģijas patēriņu 2020. gadā visos lampu variantos (9.att.), redzams, ka elektronisko lampu variantā ir mazāks elektrības patēriņš nekā elektromagnētisko lampu variantā.



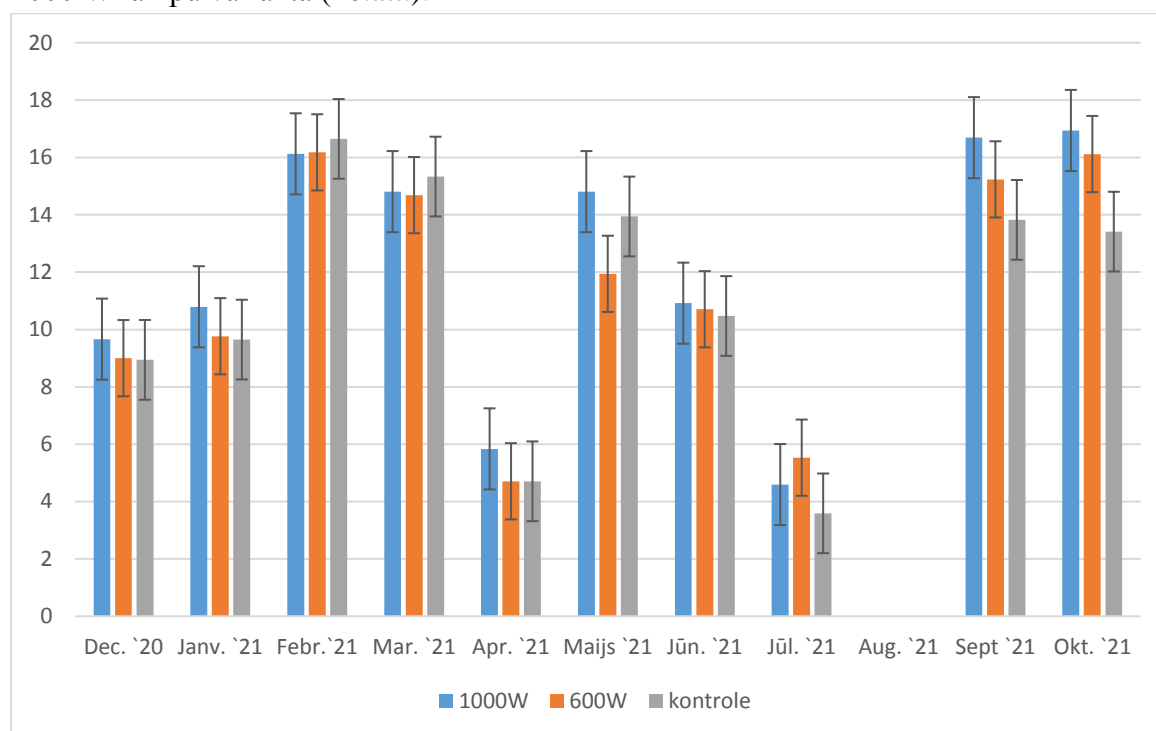
9.att. Elektroenerģijas patēriņa salīdzinājums visos demonstrējuma variantos



Īpaši uzskatāmi to raksturo 600W spuldžu patēriņš – gan kontroles HELE spuldzēm ir 600W, gan jaunajām BLV lampām ir 600W jauda.

Kopumā 2020. gadā iegūti sekojoši secinājumi attiecībā uz augļu izmēru un svaru: atšķirības, kas norāda skaidri izteiktu tendenci gurķu izmēra izmaiņās, ir salīdzinoši vāji izteiktas, bet attiecībā uz augļu garumu un līdz ar to arī svaru vērojama tendence, ka BLV 1000 W apgaismojumā gurķi ir lielāki; arī gurķu skaits no auga nedēļā lielāks ir iegūts BLV 1000 W spuldžu variantā; līdz ar to arī augstāka gurķu ražība ir BLV 1000 W spuldžu variantā. Elektrības patēriņa dati rāda, ka elektronisko lampu variantā ir mazāks elektrības patēriņš nekā elektromagnētisko lampu variantā.

Apkopojot 2021. gada datus, redzams, ka, līdzīgi kā pērn, arī šajā sezonā BLV lampas ir parādījušas labākus rezultātus ražas iznākumā. Biežāk augstāka raža iegūta 1000 W lampu variantā (10.att.).



10.attēls. Ražības rādītāji, kg m<sup>-2</sup>

Pozitīva BLV lampu ietekme uz ražu ir vērojama visa gada griezumā – izteiktāk tumšajos mēnešos, bet arī gaišajos mēnešos ir vērojamas atšķirības starp veco lampu variantu (kontrolē) un jaunajām lampām.

Matemātiski nozīmīgas atšķirības augu morfoloģijā konstatētas tikai divām pazīmēm: lapas platumam –būtiski platākas lapas novērotas kontroles variantam, nekā abiem pārējiem; auga garumam –garāki augi arī novēroti kontroles variantā, statistiski nenozīmīgi, bet arī posmu skaits – vairāk to ir kontrolē. Lielāki veģetatīvās masas parametri kontrolē liecina par to, ka augam trūkst gaismas, tāpēc augs cenšas izveidot lielāku fotosintētisko virsmu.

Apkopojot apgaismojuma intensitātes rādītājus, pēc lampu jaudas un to izvietojuma uz platības vienību, redzams, ka lielākā enerģija uz platību tiek pievadīta izmantojot 1000W BLV lampas (2.tab.).

2. tabula

### Apgaismojuma raksturojums

Armatūras veids	Jauda, W	Skaitis	W m <sup>-2</sup>
600 W BLV	600	126	197,6
1000 W BLV	1000	84	219,6
Kontrole - 600 W `Helle Oy`	600	135	211,8

Veicot gaismas mērījumus stādījumā dažādos apgaismojuma variantos, arī konstatētas diezgan loģiskas likumsakarības (3.tabula).

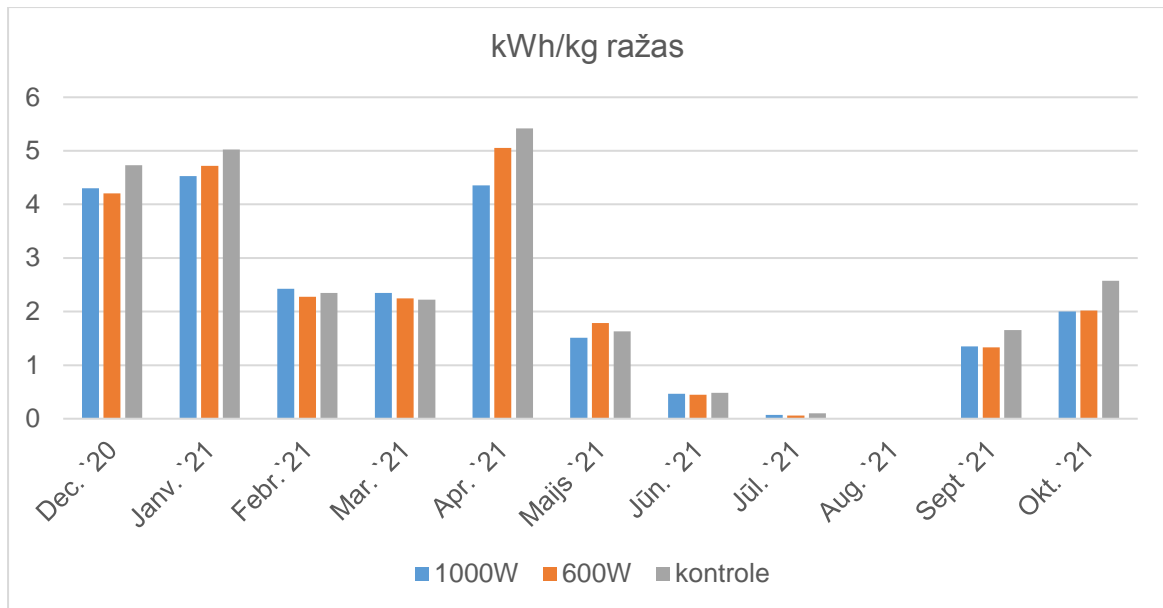
3. tabula

### Gaismas intensitātes mērījumi, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

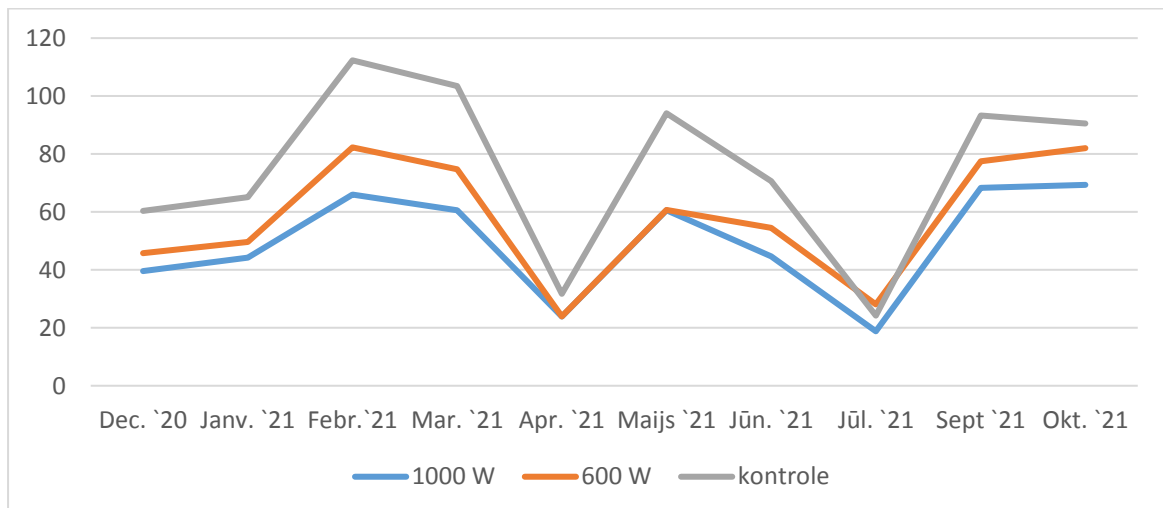
Variants	Starp lampām		Tieši zem lampas	
	galotnē	auga vidū	galotnē	auga vidū
BLV 1000 W	361,6	276,5	360,6	244,3
BLV 600 W	339,3	202,9	362,6	196,6
kontrolē	269	145,9	257,7	148,2

Intensīvāka gaismas plūsma konstatēta BLV 1000W spuldzēm, izņemot mērījumu, kas veikts tieši zem lampas. Tas skaidrojams ar lampas armatūras specifiku, kas ietekmē gaismas plūsmas virzienu un leņķi.

Tomēr galvenais jauno lampu ieviešanas un izpētes mērķis ir enerģijas izmantošanas efektivitātes palielināšana, un tās patēriņa mazinājums uz produkcijas vienības saražošanu. Šo raksturo divi rādītāji: enerģijas patēriņš uz viena kg gurķu saražošanu (11.att.) un cik gramu ražas ir saražoti uz 1  $\mu\text{mol}$  (12.att.). Pēc šo datu analīzes redzams, ka kontroles varianta (Helle Oy 600 W) lampām ir lielākais enerģijas patēriņš viena kg ražas izveidošanai, bet gaismas izmantošanas intensitātes ziņā šis variants ir bijis visefektīvākais.



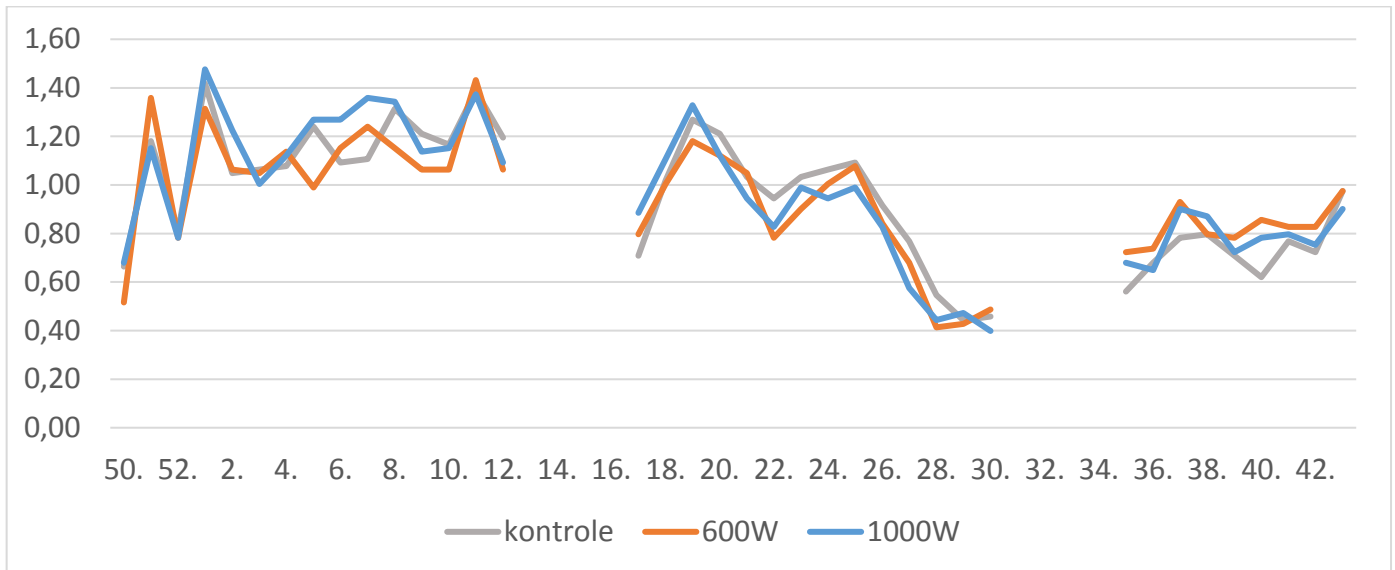
11.attēls. Enerģijas patēriņš uz produkcijas vienību



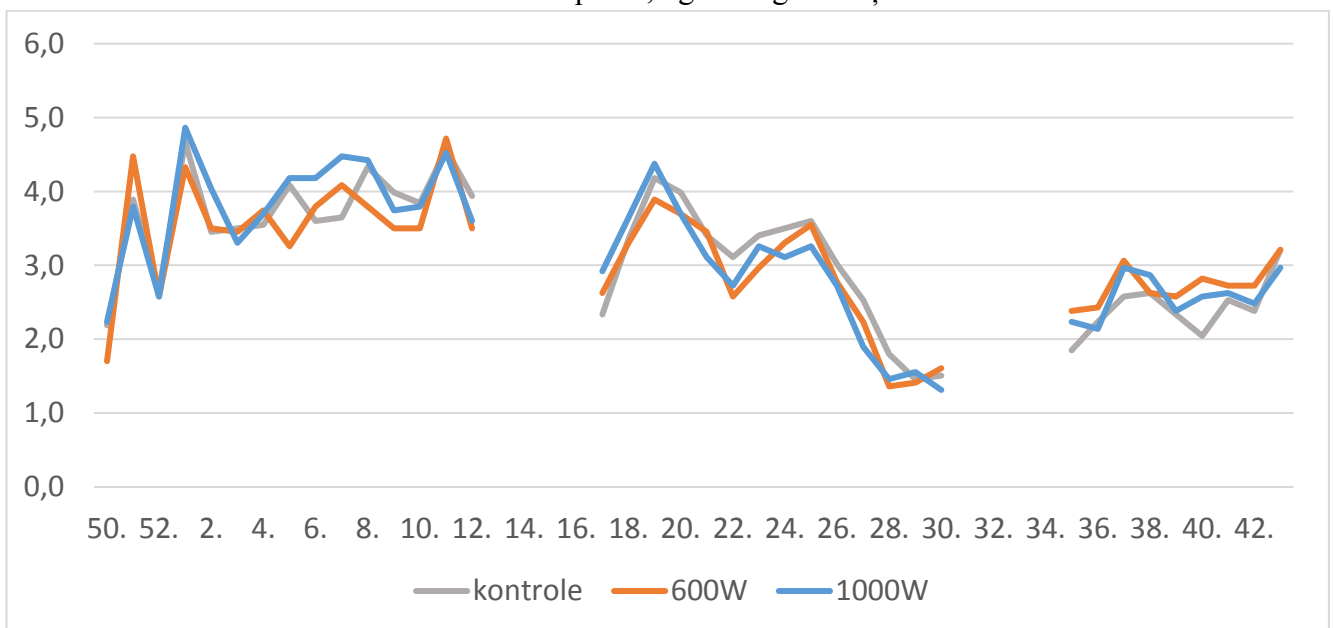
12.attēls. Apgaismojuma izmantošanas efektivitāte, g μmol<sup>-1</sup>

Līdz ar to kopumā pēc 2021. gada rezultātiem, var secināt, ka līdzīgi kā iepriekšējos gados, atšķirības augu ražībā starp variantiem vairumā gadījumu ir kļūdas robežās, bet augstāka raža biežāk iegūta BLV 1000 W variantā. Enerģijas izmantošanas efektivitāte augstāka ir BLV lampām gada tumšajos mēnešos. Enerģijas patēriņš uz produkcijas vienību gada tumšajos mēnešos mazāks ir BLV lampām, biežāk 1000 W variantā. Kopējais enerģijas patēriņš zemāks ir BLV 600 W lampām. Tomēr BLV 600W lampu skaits uz platības vienību ir lielāks nekā 1000W lampu skaits, kas veido lielākas ierīkošanas izmaksas.

Apkopojot 2022. gadā iegūtos rezultātus, līdzīgi kā visos iepriekšējos gados, pozitīva jauno lampu ietekme uz ražu ir vērojama visa gada griezumā – izteiktāk tumšajos mēnešos, bet arī gaišajos mēnešos ir vērojamas atšķirības starp kontroli un elektroniskajām lampām; tumšajos ziemas mēnešos biežāk augstāka raža iegūta 1000W lampu variantā (13. un 14. att.).



13. attēls. Ražības rādītāji 2021. (50. -52. nedēļa) / 2022. (1. – 43. nedēļa) gada sezonas trīs apritēs, kg no auga nedēļā



14. attēls. Ražības rādītāji 2021. (50. -52. nedēļa) / 2022. (1. – 43. nedēļa) gada sezonas trīs apritēs, kg m<sup>-2</sup> nedēļā

Augu morfoloģiskie mērījumi arī neuzrādīja citas nozīmīgas atšķirības, kā vienīgi lielāku veģetatīvo daļu izmēru kontroles variantā, kas liecina par mazāku gaismas nodrošinājumu augam šajā variantā.

Tā kā demonstrējuma mērķis bija atrast gan agronomiski, gan ekonomiski izdevīgāko lampu variantu, pēdējā demonstrējuma gadā veicām detalizētāku enerģijas izmantošanas efektivitātes aprēķinu. Lai to veiktu, tika apkopoti apgaismojuma jaudu un intensitāti raksturojošie parametri (4. un 5.tabula).

4.tabula

## Apgaismojuma raksturojums siltumnīcā

Armatūras veids	Jauda, W	Skaitis	Izvietotais apgaismojums	W/m <sup>2</sup>	mol m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>
600 W BLV	600	126	75600	197,6	1,12
1000 W BLV	1000	84	84000	219,6	1,38
kontrolē_- 600 W `Helle Oy`	600	135	81000	211,8	0,70

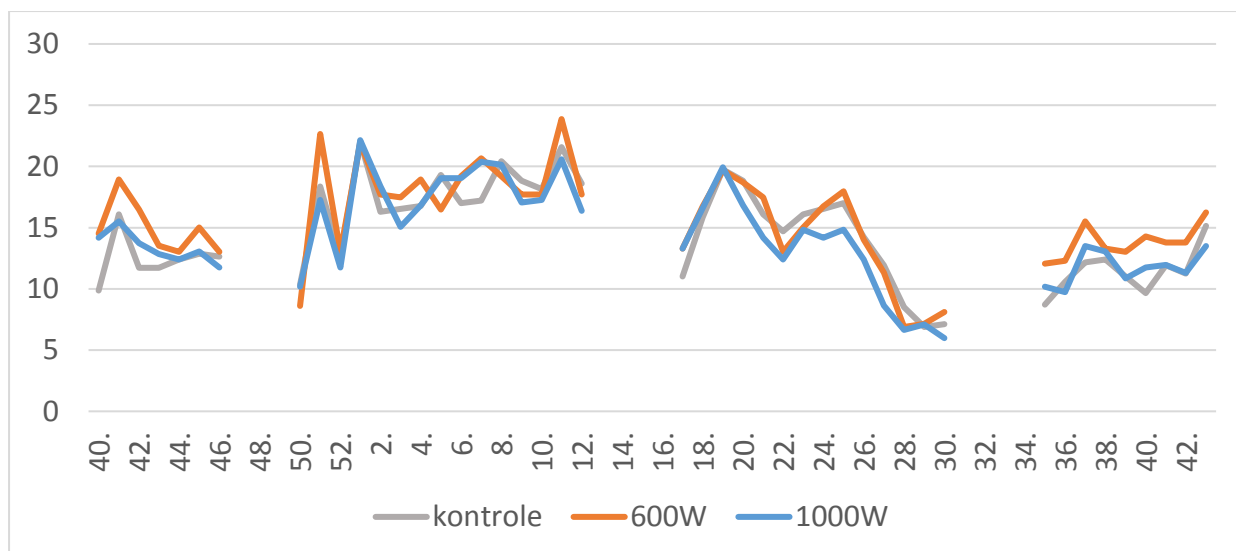
Gaismas intensitātes mērījumi veikti diennakts tumšajā laikā, lai izslēgtu dabīgā apgaismojuma ietekmi, un iegūtu lampu apgaismojuma intensitāti raksturojošus parametrus (5. tabula).

5.tabula

Gaismas intensitātes mērījumi,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 

Armatūras veids	Starp lampām		Tieši zem lampas		Vidēji galotnē
	galotnē	auga vidū	galotnē	auga vidū	
1000 W BLV	361,6	276,5	360,6	244,3	361,1
600 W BLV	339,3	202,9	362,6	196,6	350,95
kontrolē_- 600 W `Helle Oy`	269	145,9	257,7	148,2	263,35

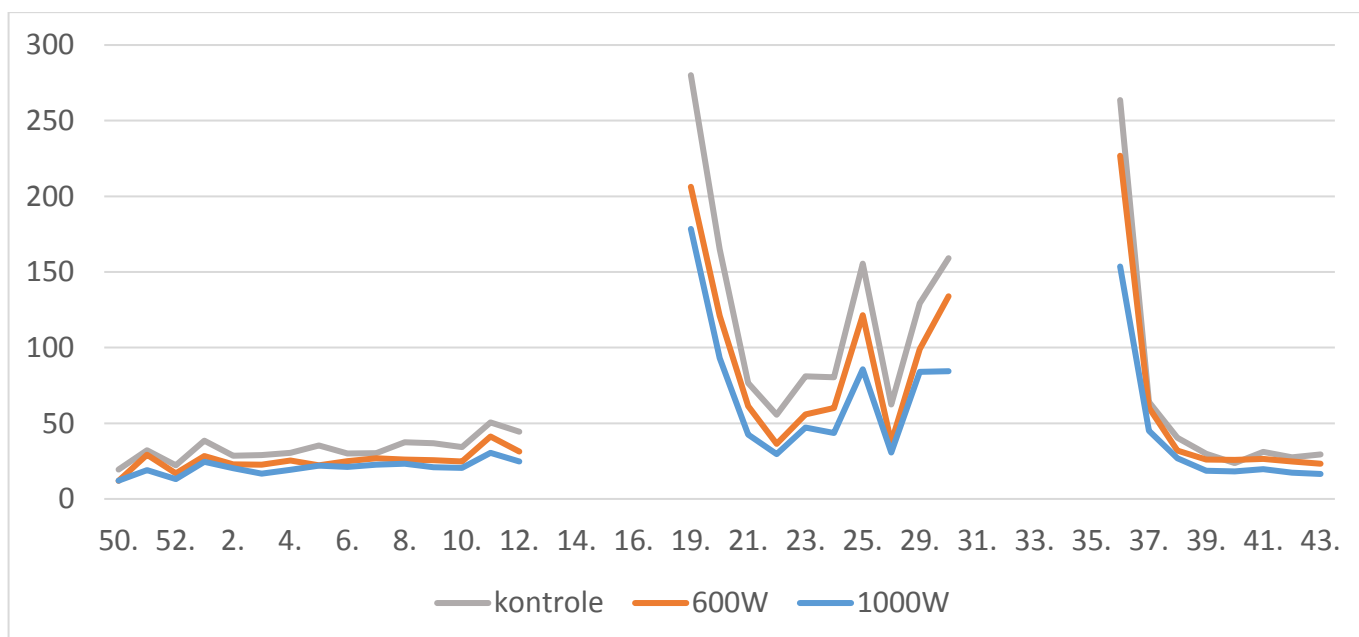
Enerģijas izmantošanas efektivitāte aprēķināta kā saražotie ražas grammi uz W nedēļā. Šis parametrs tāpat ir atkarīgs no lampu jaudas un ražības un atspoguļo jaudas izmantošanas efektivitāti (15. att.).



15. attēls. Enerģijas izmantošanas efektivitāte, g /W /nedēļā 2021./2022. gada sezonā

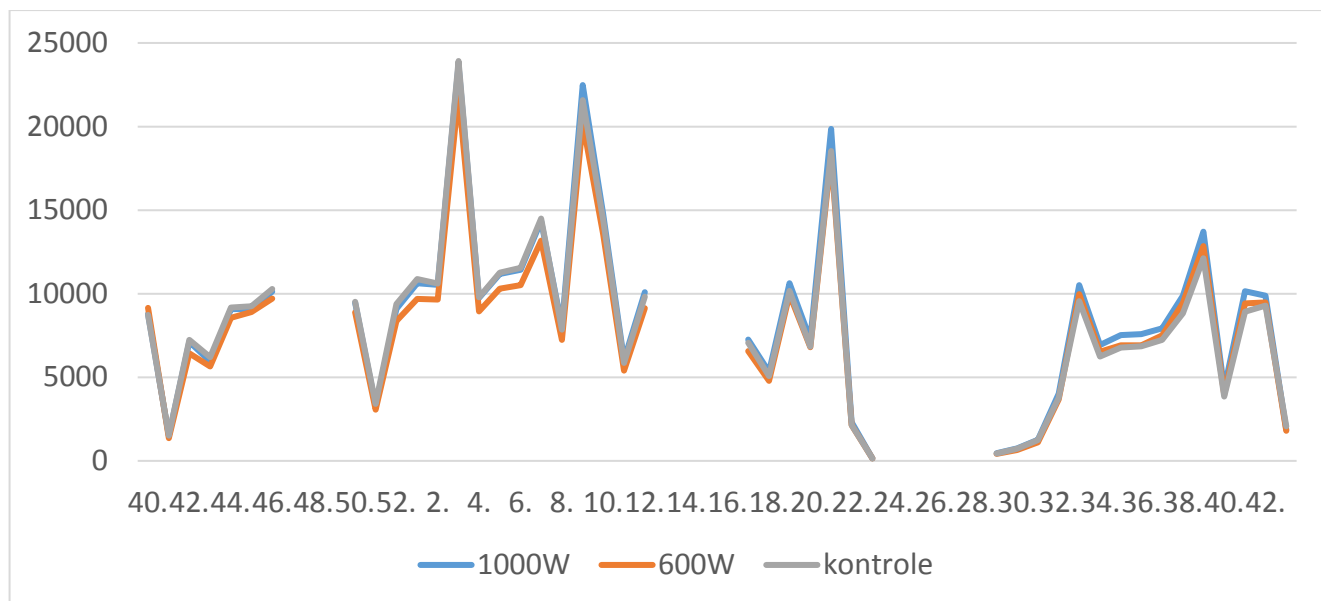
Tā kā 1000 W spuldzes dod lielāku jaudu, bet ražības starpība nebija tik izteikta, tad pēc šī aprēķina salīdzinoši biežāk lielāka enerģijas izmantošanas efektivitāte tika noteikta 600W BLV spuldzēm. Tomēr tumšajos mēnešos, tā ir bijusi salīdzinoši līdzīga visos variantos.

Pēc līdzīga principa veicot fotosintētiski efektīvā starojuma (apgaisojuma) izmantošanas efektivitātes aprēķinu, iegūti pretēji rezultāti, jo ražas atšķirības nebija tik lielas, cik tomēr liela bija apgaisojuma intensitātes atšķirība (16. att.)



16. attēls. Apgaisojuma izmantošanas efektivitāte 2021./2022. gada sezonā, g /mol/nedēļā

Tomēr agronomiskie efektīvākie risinājumi ne vienmēr ir arī ekonomiski izdevīgākie. Viens no būtiskiem kritērijiem ir elektroenerģijas patēriņš (17. attēls).



17. attēls. Elektroenerģijas patēriņš 2021./2022. gada sezonā, kWh

Elektroniskās lampas patērē mazāk enerģijas uz ieslēgšanās procesu, kā arī to gaismas ir intensīvāka. Tomēr šīs atšķirības nav tik lielas un ir izteiktākas tumšajos mēnešos. Turklāt elektronisko lampu izmaksas ir salīdzinoši augstas. Līdz ar to ir jāsalīdzina elektroenerģijas patēriņš, ražas iznākums un ierīkošanas izmaksas. Tā kā 1000W lampas ir izvietojamas retāk, to skaits uz platības vienību ir mazāks, kas būtiski samazina ierīkošanas izmaksas.

Kopumā izvērtējot visā projekta laikā iegūtos rezultātus, esam nonākuši pie sekojošiem secinājumiem:

- Atšķirības augu ražībā starp variantiem vairumā gadījumu ir kļūdas robežās, bet augstāka raža biežāk iegūta BLV 1000 W variantā
- Enerģijas izmantošanas efektivitāte augstāka ir BLV lampām gada tumšajos mēnešos
- Apgaismojuma izmantošanas efektivitāte augstāka ir kontroles variantā
- Enerģijas patēriņš uz produkcijas vienību gada tumšajos mēnešos mazāks ir BLV lampām, biežāk 1000 W variantā
- Kopējais enerģijas patēriņš zemāks ir BLV 600 W
- BLV 600W lampu skaits uz platības vienību ir lielāks nekā 1000W lampu skaits, kas rada lielākas ierīkošanas izmaksas

Praktiskais ieguvums no šī demonstrējuma ir tāds, ka, ņemot vērā visus demonstrējumā iegūtos rezultātus, saimniecība ir izvēlējusies jaunajā siltumnīcu blokā uzstādīt 1000W elektroniskās lampas.

## Publicitāte:

Visu projekta realizācijas periodu reizi gadā tika organizētas lauka dienas (gan klātienē, gan attālināti Zoom platformā 2020. un 20210. gadā Covid pandēmijas ierobežojumu dēļ), kuru laikā demonstrējuma objektā bija pieejami aplūkošanai demonstrējuma varianti (izņemot 2020. un 2021. gada lauka dienas, kas notika attālināti Covid pandēmijas dēļ). Kopumā 5 gados lauka dienās piedalījušies 86 interesenti.

Demonstrējuma nobeigumā tika organizēts publiskais seminārs, kurā 27 interesenti tika iepazīstināti ar demonstrējuma rezultātiem.

Populārās publikācijas publicētas žurnālā "Agrotops" un elektroniskajā žurnālā "Profesionālā Dārzkopība":

M.Gailīte. Ieviešot siltumnīcā LED apgaismojumu jāreķinās ar LED īpatnībām. Agrotops 2023/2;

M.Gailīte. "Mārupes siltumnīcās" pētī jauno papildapgaismojuma lampu efektivitāti. Agrotops 2021/12;

M.Gailīte. Mārupes siltumnīcās tiek veikts dažādu gaismas ķermeņu salīdzinājums gurķu audzēšanā. Profesionālā dārzkopība 2018 3(7)

Saite uz projekta noslēguma informāciju Dārzkopības institūta mājaslapā: <https://fruittechcentre.eu/lv/article/2023-02-27/seminars-par-tehnologijam-darzenu-siltumnicas>

27.02.2023.



10. lotes vadītāja L.Lepse