

## **Energian käytön ja kasvihuonekaasujen vähentämisen potentiaali kasvi- huonetuotannossa**

Timo Kaukoranta, Juha Näkkilä, Liisa Särkkä, Kari Jokinen  
*MTT Puutarhatuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö*  
timo.kaukoranta@mtt.fi, juha.nakkila@mtt.fi, liisa.sarkka@mtt.fi, kari.jokinen@mtt.fi

### **Tiivistelmä**

Luonnonvalotuotannossa voidaan säästää 30 – 50 % lämmityksestä kaksinkertaisella katteella ja lämpöverhoilla. Merkittäviä säästöjä odotetaan myös koristekasvien vuorokautisen lämpötilasäädön syklin muuttamisesta. Tämä ei vaadi investointeja, jos säätöjärjestelmä on nykyaikainen.

Ympärivuotisen valotetun vihannestuotannon energian kulutus on alempi tuotettua kiloa kohti kuin valottamattoman, johtuen valon vaikutuksesta kasvuun. Kurkun tuotannossa välitön CO<sub>2</sub>-päästö on 0 – 2.3 kg per tuotettu kg. Valotetun tuotannon vuosisatoa voidaan edelleen nostaa 10 – 15 % jäädytyksellä. Päästöt vähentyvät vastaavasti.

Simuloinnin mukaan yhdistämällä jäädytys, paremmat kasvualustat, tarkempi säätö ja LED-valotuksen odotettu kehitys energian kulutus voisi alentua 30 – 50 % nykytuotantoon verrattuna. Jos lämmitys toteutetaan uusiutuvalla energialla, mutta sähkö edelleen nykyisellä tuotantorakenteella, välitön CO<sub>2</sub>-päästö kurkkutuotannosta alentuisi tasolle 1 – 1.2 kg per tuotekilo. Paikallista ja kansallista sähkön tuotannon rakennetta muuttamalla voidaan kasvihuonetuotannon CO<sub>2</sub>-päästöjä alentaa tästä edelleen. Markkinasähkön päästöjen alentuminen 10 prosentilla alentaa 9 % kurkun tuotannon päästöjä. Uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä käyttämällä suoraan tuotannosta aiheutuvat päästöt painuivat lähes nolliin.

Jäädytyksellä varustetusta yhden hehtaarin huoneesta voitaisiin saada nykyään ulos keväästä syksyyn 5 – 6 GWh 15 – 20-asteisena vetenä, jolla on alhainen myyntiarvo, mutta sillä voi olla arvo paikallistaloudessa.

**Asiasanat:** Kasvihuone, energia, kasvihuonekasvupäästö, valotus, lämmitys, energiatehokkuus

### **Luonnonvalotuotannossa kolmannes säästettävissä**

Kaupallisesti valmiilla, paremmin eristävillä katemateriaaleilla ja energiaverhoilla voidaan vähentää noin 30 – 50 % lämpöenergian hukasta luonnonvaloviljelyssä. Valitettavasti luonnonvalolla tuottavan kasvihuoneyrityksen näkökulmasta nämä ratkaisut eivät ole nykyisillä energian ja tuotteiden hintasuhteilla houkuttelevia korjausinvestointikohteita. Investointien takaisinmaksuaika hakkeella tai turpeella lämmitettäessä on samaa luokkaa kuin niiden tekninen kestotaika (Tuominen 2011). Mikäli tavoitteena on kasvihuonekaasujen päästöjen vähentäminen, se voidaan toteuttaa käyttämällä lämmitykseen puuenergiaa tai biokaasua ja uusia huoneita rakennettaessa myös teollisuuden jätelämpöä.

Luonnonvaloviljelyssä vuorokautisen lämpötilasyklin säätäminen voi vähentää lämmityksen tarvetta voimakkaasti. Hedelmiä tuottavilla vihanneskasveilla täytyy ohjata tarkasti vuorokautista keski- ja minimilämpötilaa suhteessa vuorokautiseen auringon säteilyyn, jotta yhteyttämistuotteiden jakautuminen uuden verson kasvuun ja hedelmien täyttymiseen pysyy optimaalisena. Huoneen lämpötilan ei voida antaa vaihdella voimakkaasti auringon säteilyn mukana keväällä. Sen sijaan koristekasveja voidaan tuottaa onnistuneesti antaen kasvihuoneen oman lämpökapasiteetin siirtää vuorokautista lämpötilasykliä myöhemmäksi ja amplitudia suuremmaksi, kun samaan aikaan säädöllä huolehditaan keskilämpötilan ja kosteuden sopivuudesta. Säättötapa vähentää yöaikaista lämmitystä sekä tuuletukseen liittyvää lämmitystä päivällä. Tutkimus menetelmän toteuttamisesta Suomen ilmastossa on meillä MTT:n Puutarhatutkimuksen kasvihuoneissa Piikkiössä.

### **Kate, valotus, kosteuden poisto ja ilman korkea CO<sub>2</sub>-pitoisuus toimivat kokonaisuutena**

Tekniset ratkaisut liittyvät toisiinsa, koska katteella ja valoilla on muitakin funktioita. Kate, paitsi johdattaa tai eristää lämpöä, myös poistaa tiivistämällä kasvien haihduttamaa kosteutta ilmasta. Huhtikuusta lokakuulle hyvin eristävän katteen alla auringon paistaessa lämpöä kertyy niin paljon, että sitä täytyy poistaa tuulettamalla. Hyvin eristävän katteen, kuten kennolevyn, kosteuden ja lämmön poistoa ei voi korvata kokonaan tuulettamalla, koska se mitätöisi lämpöenergian säästön ja lisäksi hiilidioksidin hukkaa. Alhainen hiilidioksidipitoisuus kasvihuoneessa hidastaa yhteyttämistä ja alentaa siten satoa.

Kasvihuone, jossa on hyvin eristävä kate, tarvitsee huoneen suljettuna pitämiseksi liian kosteuden ja lämmön poistamiseen lämmönvaihtimen. Energiataloudellisesti tehokas toteutus on suomalainen Novarbo<sup>®</sup>-järjestelmä. Sen lämmönvaihtimena toimii putoavista viileistä vesipisaroista koostuva verho, johon kosteus tiivistyy ja lämpö konvektoituu. Tällaisella järjestelmällä toteutetussa suljetussa huoneessa sato nousee touko – syyskuussa 20 – 40 % verrattuna tavalliseen tuuletettuun huoneeseen (Luomala ym. 2008, Särkkä ym. 2008, Särkkä & Tuhkanen 2009).

Valotus tuottaa yhteyttämisen tarvitsemää energiaa, mutta sen lisäksi se on huomattava lämpöenergian lähde. Paremmin eristävästä katteesta ei saada merkittävää hyötyä ennen kuin valotus kehittyi energiätehokkaammaksi. LED-valot eivät vielä tuota riittävästi valoa suhteessa vapauttamaansa lämpöön, jotta ne liittyisivät energiansäästökokonaisuuteen. Toisaalta LED-valojen käyttöönotto etenee erillään energiätehokkuudesta niiden muiden ominaisuuksien vuoksi.

Satotason noston, valotuksen, katteen, lämpöverhojen ja jäähdityksen tekniset ratkaisut liittyvät siis toisiinsa. Onneksi synergisesti. Energian kulutuksen alentaminen tuotettua satoyksikköä kohti tarkoittaa kuitenkin energiakustannusten osittaista vaihtoa pääomakustannuksiin. Nykyisillä tuotantopanosten ja voimakkaasti vaihtelevalla tuotteiden hintatasolla investoinnit eivät ole mahdollisia. Energian hinnan odotettu nouseva suunta, tuotteiden hiilijalanjäljen ja tuotanto-olojen mukaan ottaminen tuotteen arvoon, muusta viljelytekniikasta johtuva satotason nousu, sekä valotusteknologian kehitys voivat tehdä investoinnit energiätehokkaaseen tuotantoon mahdolliseksi.

### **Arvioita tuotantotekniikoiden energiätehokkuudesta**

Energian kulutuksen ja kasvihuonekaasujen vähennyspotentiaalia arvioitiin simuloimalla vaihtoehtoisten kasvihuoneratkaisujen energia- ja massavirtoja kurkun tuotannossa.

Nykyinen ympärivuotinen tuotanto perustuu valotukseen korkeapainenaatriumvaloilla (HPS) kasvuston päällä ja rivien välissä. Huoneiden kate on yksinkertainen lasi, joka poistaa kosteutta tiivistämällä kun sisä- ja ulkolämpötilan ero on vähintään noin 10 °C. Valotus tuottaa samalla suurimman osan huoneen tarvitsemasta lämmityksestä kevästä syksyyn. Satotaso on 150 – 200 kg/m<sup>2</sup> vuodessa, mutta se tulee vielä nousemaan kasvualustojen kehityksen myötä. Valotukseen käytetään 1400 – 1500 kWh/m<sup>2</sup>/vuosi, mutta valotusta, ja suoraan suhteessa siihen, satoa voidaan vielä lisätä talviaikaan.

Erityisesti rivien välissä voidaan mahdollisesti lisätä valoa nykyisenkin hyötysuhteen LED-valoilla. Lämmityksellä huoneeseen tuotu energia on vain 15 – 25 % valotuksen tuomasta energiasta.

Kaasua lämmönlähteenä ja keskimääräistä suomalaista sähköä käyttäen kurkkukiloa kohti päästetään 1,7 – 2,3 kg CO<sub>2</sub>. Huoneen hiilijalanjäljen kannalta lämmitystavalla on vähäinen merkitys paitsi, jos lämpöä ja sähköä tuotetaan yhdistetyssä lämpö- ja sähkövoimalaitoksessa ja lämmölle on muuta käyttöä kuin kasvihuoneen lämmitys. Hiilijalanjäljen kannalta oleellista on markkinasähkön tuotantotapa. Markkinasähkön päästöjen alentuminen 10 prosentilla alentaa 9 % kurkun tuotannon päästöjä. Jos sähkö ja lämpö tuotetaan uusiutuvalla energialla, nykyinenkin tuotanto voi olla hiilineutraalia.

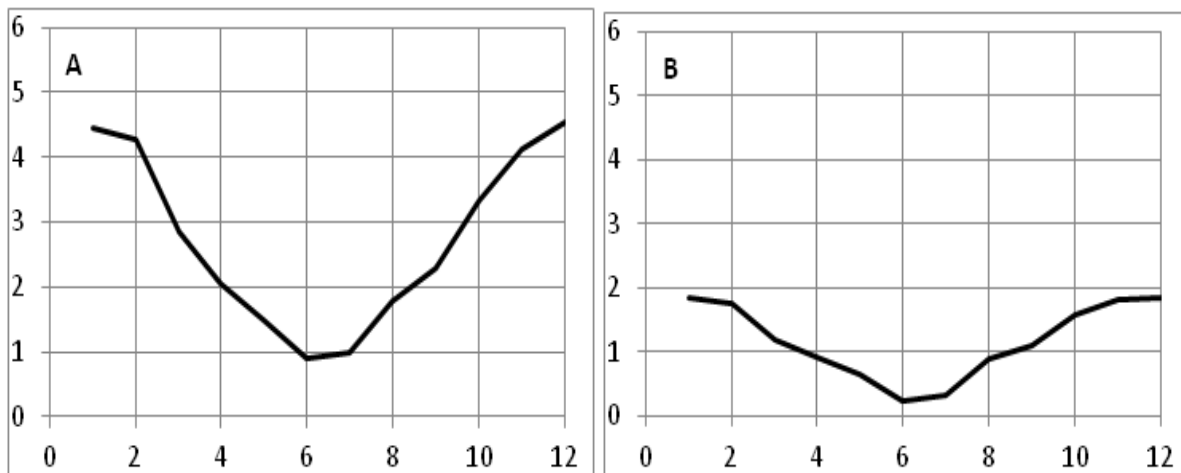
Päästöt ovat suurimmillaan talvella 4 – 5 kg/satokilo, mutta laskevat nopeasti kesän 1 kg/satokilo (Kuva 1). Kevään ja kesän alhaisia päästöjä ei kuitenkaan olla, jos kasveja ei ole istutettu aikaisin kevättalvella.

Huhtikuun puolivälistä syyskuuhun huonetta täytyy tuulettaa liian lämmön ja kosteuden poistamiseksi. Jäähdytys, esim. Novarbo<sup>®</sup>-järjestelmällä, nostaa vuotuista satotasoa noin 10 – 15 % ilman, että sähköenergian kulutus oleellisesti muuttuu (Särkkä ym. 2008). Jäähdytysveden saama lämpö voidaan ottaa haluttaessa talteen lämpöpumpulla varaajaan, ja käyttää yöaikaan tai parin päivän viiveellä viileämpänä jaksona. Koko vuodelle laskien CO<sub>2</sub>-päästö pienenee vastaavasti 10 – 15 %, jos tuotantotapoja vertaillaan kokonaisuuksina. Päästön voi katsoa pienentyvän vähemmänkin, koska satotason nousu kohdistuu kevään satoon toukokuussa ja kesän alussa istutettuun kesäsatoon, mutta ei oleellisesti syysatoon.

### Entä LED-valot

LED-valojen kehityksen odotetaan jatkuvan. Energian käytön suuruusluokkien hahmottamiseksi voi arvioida, että saavutetaan LED-valotus, jonka energian kulutus saman valomäärän tuottamiseksi olisi 30 % pienempi kuin HPS-valotuksessa. Kun valotus tuo vähemmän lämpöä, osa siitä täytyy korvata muulla lämmityksellä. Samaan aikaan kasvualustojen ja lajikkeiden kehitys nostaa satotasoa niin, että se on 210 – 240 kg/m<sup>2</sup>/vuosi. Hiilijalanjälki painuu tasolle 1,5 – 1,8 kg/kg, jos markkinasähkön päästöt eivät vähene ja lämmityksessä käytetään fossiilista polttoainetta. Uusiutuvalla energialla tuotettuna absoluuttinen CO<sub>2</sub>-päästö olisi 50 – 75 kg/m<sup>2</sup> pienempi, jolloin päästö per tuotettu hedelmäkilo olisi 1,2 – 1,6 kg/kg.

Vähemmän lämpöä tuottavan valotuksen yhteydessä paremmin lämpöä eristävä kaksinkertainen kate yhdistettynä jäähdytykseen ja lämmön talteenottoon laskee lämmitystarpeen hyvin alas. Ilman talteenottoakin lämmitystarve olisi alle puolet verrattuna huoneeseen, jossa on yksinkertainen kate. Kokonaisenergiankulutus painuu 30 – 40 % alemmaksi kuin nykyisessä tuotannossa. Jäähdytystä tarvitaan lähes ympäri vuoden poistamaan kosteutta ilmasta. Hyvin säädettyinä jäähdytys poistaa kylmänä vuodenaikana energiatehokkaammin kosteutta kuin tuuletus. Jos lämmitys toteutetaan uusiutuvalla polttoaineella, mutta markkinasähkön tuotannon rakenne ei muutu, CO<sub>2</sub>-päästö tulisi olemaan 1 – 1,2 kg/kg. Se olisi noin puolet nykyisen tuotannon päästöstä. Suurempaan alennukseen päästään, jopa lähes nollapäästöön, jos kulutetun sähkön tuotantorakenne on vähemmän päästöjä tuottavaa kuin keskimääräinen sähkön tuotanto.



Kuva 1. Välittömän CO<sub>2</sub>-päästön kuukausittainen keskiarvo kurkun ympärivuotisessa tuotannossa kg CO<sub>2</sub>/ kg satoa. A. HPS-valotus, yksinkertainen kate, ei jäähdytystä. B. Hypoteettinen 30 % tehokkaampi LED-valotus, kaksinkertainen kate, jäähdytys lämpötilan ja kosteuden säädössä ympäri vuoden.

### **Kasvihuone lämmön tuottajana**

Nykyinen kasvihuone kaappaa auringon säteilystä energiaa niin, että se tuottaa huhtikuussa ja syyskuussa vajaat 3 kWh/m<sup>2</sup> ja kesällä reilun 4 kWh/m<sup>2</sup> sensitiivisenä lämpönä ja latentissa muodossa vesihöyryinä. Tämä energia voidaan ottaa jäähdytyksellä talteen ja siirtää edelleen lämpöpumpulla muuhun käyttöön. Kevästä syksyyn yhden hehtaarin kasvihuone tuottaisi siis lämpöä 5 – 6 GWh 15 – 20-asteisena vetenä. Kasvihuoneiden nykyisillä sijaintipaikoilla tällä lämmöllä ei ole yleensä muuta potentiaalista käyttöä kuin pienen osan varaaminen yöstä varten tai tuotantopaikan rakennusten lämmön ja lämpimän veden tarpeen kattaminen. Taajamassa lämpöä voitaisiin hyödyntää. Jos lämpö käytetään suoraan, lämpöpumpun tarvitseman sähkön vuoksi lämmön välitön kustannus olisi nykyisillä hintasuhteilla samaa suuruusluokkaa kuin hakkeella tuotetun lämmön välitön kustannus. Kasvihuoneen lämmöllä ei siis ole suurta markkina-arvoa, mutta sillä voi olla arvo paikallistaloudessa ja kokonaisuuden CO<sub>2</sub>-päästöissä.

### **Kirjallisuus**

**Luomala, E., Särkkä, L. & Kaukoranta, T.** 2008. Altered plant structure and greater yield of cucumber grown at elevated CO<sub>2</sub> in a semi-closed greenhouse. Teoksessa: Pascale, S. De et al. (toim.) Proceedings of the international symposium on high technology for greenhouse system management: Greensys2007, Volume 2. Leuven: ISHS. p. 1339-1345.

**Särkkä, L., Luomala, E.-M., Hovi-Pekkanen, T., Kaukoranta, T., Tahvonen, R., Huttunen, J. & Alinikula, M.** 2008. Kasvihuoneen jäähdytyksellä parempaan ilmastoon ja satoon. Maa- ja elintarviketalous 122: 102 s.

**Särkkä, L. & Tuhkanen, E.** 2009. Kesätomaatteja enemmän jäähdytetystä kasvihuoneesta. Puutarha&kauppa 13, 3: 19.

**Tuominen, J.** 2011. Energiansäästöinvestoinnit, esitelmä. Kauppapuutarhaliitto ry, vihannesjaosto. Jokioinen 8.11.2011.