






Palaturpeen tuottaminen uudella monikerroskuivausmenetelmällä – kuivumiskokeet 2011 ja laskennallinen tarkastelu

Kirjoittajat: Ari Erkkilä

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi Palaturpeen tuottaminen uudella monikerroskuivausmenetelmällä – kuivumiskokeet 2011 ja laskennallinen tarkastelu	
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot SampoTech Oy, Juha Niemiahö Kivenkuja 3, 66400 Laihia	Asiakkaan viite
Projektin nimi Palaturpeen tuottaminen kerroskuivausmenetelmällä	Projektin numero/lyhytnimi 71970/Palakerros2010
Raportin laatija(t) Ari Erkkilä	Sivujen/liitesivujen lukumäärä 20/
Avainsanat turvetuotanto, palaturve, kuivuminen, sod peat, drying	Raportin numero VTT-R-08728-11
Tiivistelmä <p>Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää monikerroskuivausmenetelmällä (Multilayer) tuotetun palaturpeen kuivumistehokkuus verrattuna tavanomaisella kenttäkuivausmenetelmällä tuotetun palaturpeen kuivumiseen. Kenttäkokeiden tulosten pohjalta tarkasteltiin laskennallisesti Multilayer-menetelmän mahdollisuuksia kausisaannon kasvattamiseen ja työvaiheiden kustannusten alentamiseen. Laskentatuloksia verrattiin palaturpeen kenttäkuivausmenetelmän ja jysinturpeen Haku-menetelmän arvoihin.</p> <p>Multilayer-alueella kuivattiin tuotantokaudella 2011 kuusi satokiertoa, jotka nostettiin kentälle kuivumaan kahdeksan viikon sisällä. Palaturvekerrokset kuivuivat hyvin edellisen kerroksen päällä. Vertailualueella tuotettiin yksi satokierto, joka vastaa seudulla vallinneissa tuotantokauden säissä ja vastaavalla turvelajilla palaturvetuotannossa saavutettua määrää. Palaturpeen kosteudet olivat varastoitaessa molemmilla menetelmillä noin 30 %.</p> <p>Laskentatulosten mukaan Multilayer-menetelmällä on mahdollista kaksi – kolminkertaistaa kausisaanto, puolittaa tuotannon työvaiheiden polttoaineen kulutus ja saavuttaa noin 60 % suurempi työsaavutus konetyötuntia kohden nykyiseen palaturvetuotantoon verrattuna. Palaturvetuotannon työvaiheiden kokonaiskustannukset laskevat 45 – 50 % nykyiseen verrattuna. Pääomakustannusten osuus työvaiheiden kokonaiskustannuksista laskee 20 – 35 %:n tasolta alle 20 %:n tasolle.</p> <p>Multilayer-menetelmän tuotannon työvaiheiden kokonaiskustannukset, ilman aumauskustannuksia, ovat 6 – 18 % jysinturvetuotannon Haku-menetelmän vastaavia kustannuksia pienemmät riippuen vertailtavista satokiertojen lukumääristä (Multilayer –menetelmä 6 – 10 satoa, jysinturvemenetelmä 15 – 20 satoa). Turvetuotannon kausisaannon kasvaminen vähentää samanaikaisesti tuotannossa olevan tuotantopinta-alan tarvetta ja suoinvestoinneista aiheutuvia kustannuksia.</p> <p>Multilayer-menetelmää käyttäen palaturpeen tuotannon työvaihekustannukset alenevat tarkastelun lähtöarvoilla laskettuna 1,5 – 2 euroa megawattituntia kohden verrattuna palaturpeen tuotantoon nykyisellä kenttäkuivausmenetelmällä.</p>	
Luottamuksellisuus	Julkinen
Jyväskylä 25.11.2011 Laatija  Ari Erkkilä erikoistutkija	
Tarkastaja  Jyrki Raitila tiimipäällikkö	
Hyväksyjä  Jouni Hämäläinen teknologiapäällikkö	
VTT:n yhteystiedot VTT, (Koivurannatie 1), PL 1603, 40101 Jyväskylä	
Jakelu (asiakkaat ja VTT)	
<p style="text-align: center;"><i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i></p>	

Alkusanat

Raportissa esitetään Palaturpeen tuottaminen uudella kerroskuivausmenetelmällä – projektin vuoden 2011 kenttäkokeiden tulokset sekä tarkastellaan laskennallisesti pala- ja jysinturvetuotannon työvaiheiden kustannuksia. Tutkimukset on tehty SampoTech Oy:n toimeksiannosta ”Palaturpeen tuottaminen kerroskuivausmenetelmällä” -projektissa. Vuoden 2011 kenttäkokeet ovat jatkoa vuosien 2009 ja 2010 tutkimuksille.

Vuonna 2011 kenttäkokeet toteutettiin SampoTech Oy:n, Vapo Oy:n ja VTT:n yhteistyönä Vapo Oy:n tuotantoalueella Jämiänkeitaalla Kankaanpäässä. Patokosken Urakointi Oy:n Olli Patokoski huolehti koealueiden työvaiheista. Vapo Oy:n tutkimusharjoittelija Elina Vertanen otti ja analysoi kuivumis seurantanäytteet. Erikoistutkija Ari Erkkilä VTT:stä tarkasteli tulokset ja laati raportin.

Kenttäkokeiden suunnitteluun ja ohjaukseen osallistuivat toimitusjohtaja Juha Niemiaho ja tuotantopäällikkö Seppo Patana SampoTech Oy:stä, tuotantojohtaja Ilkka Heikkilä, kehityspäällikkö Niko Nevalainen ja Matti Savilahti Vapo Oy:stä sekä Ari Erkkilä VTT:stä.

Parhaat kiitokset kaikille tutkimukseen myötävaikuttaneille!

Jyväskylä 25.11.2011

Ari Erkkilä

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	2
1 Johdanto.....	4
2 Tavoite.....	7
3 Käytetyt koneet ja laitteet	7
3.1 Kentän tasoitus ja palojen nosto	7
3.2 Karheaminen ja kuormaus	7
4 Rajaukset	7
5 Mittaukset ja niiden toteutus	8
6 Mittaustulokset.....	9
6.1 Kerrosten alkukuormitus	9
6.2 Kuivuminen	10
7 Mittaustulosten tarkastelu	12
8 Monikerroskuivausmenetelmän laskennallinen kausisaanto ja tuotantokustannukset verrattuna palaturpeen kenttäkuivausmenetelmään ja jyrsinturvemenetelmään	13
8.1 Laskentaperusteet	13
8.1.1 Multilayer-menetelmä.....	13
8.1.2 Palaturpeen kenttäkuivausmenetelmä	14
8.1.3 Jyrsinturpeen Haku-menetelmä	15
8.1.4 Muut laskentaperusteet.....	15
8.2 Laskennan tulokset	16
9 Laskentatulosten tarkastelu	18
9.1 Satokiertojen lukumäärän vaikutus menetelmien kustannuksiin	18
9.2 Uuden konetekniikan ja kuivausmenetelmän vaikutus.....	19
Lähdeviitteet	20

1 Johdanto

Nykymuotoisessa palaturpeen tuotannossa useat tekijät rajoittavat kuivumistehokkuutta. Tuore palaturve asettuu palakoneesta tullessaan vetokoneen painamalle alustalle, jossa on usein renkaan painamia uria ja joka on määrän irtoturpeen muodostama kostea alusta. Palakerroksen kenttää vasten olevat palat kuivuvat pohjalta huonosti eivätkä saavuta käsittelykestävyyttä ennen ensimmäistä kääntöä, jolla pyritään nopeuttamaan kuivumista. Palaturve kutistuu kuivuessaan, jolloin paloista vapaata kentän pintaa paljastuu ja osa auringon säteilyenergiasta kuluu kentän kuivattamiseen. Kääntämisessä ja karheamisessa paloja rikkoutuu ja murenee aiheuttaen hävikkiä. Mitä useampi työvaihe, sitä suurempi on kokonaisuuhavikki. Jopa puolet kuivumaan nostetusta palaturpeesta voidaan menettää hävikkinä. Murenemisherkkyteen vaikuttavat turpeen ominaisuudet kuten mm. maatuneisuusaste ja rahkaturpeen osuus sekä tuhkapitoisuus. Lisäksi murenemiseen vaikuttavat palaturvekoneen ominaisuudet, kuivaustapa, sääolosuhteet ja käsittelylaitteet.

SampoTech Oy kehittää uutta tuotantotapaa palamaisen polttoturpeen tuotantoon. Uudessa kerroskuivausmenetelmässä kuivumistehokkuutta rajoittavia ja hävikkiä aiheuttavia epäkohtia pyritään poistamaan ja minimoimaan. Menetelmässä profiloidun tuotantoalueen keskelle muotoillaan loivan harjakaton muotoinen kuivausalusta, jonka kokonaisleveys voi olla esimerkiksi kuusi metriä. Harjan ansiosta sadevesi ohjautuu pois alustalta ja parantaa näin kuivausolosuhteita merkittäväällä tavalla.



Kuva 1. Monitoimivaunu MTV-2010 tuotantosarkojen muotoiluun ja tiivistämiseen (kuva SampoTech Oy).

Muotoilun jälkeen ”harjakaton” pinnat jyrätään tiiviiksi irtoaineksesta vapaaksi kuivausalustaksi (kuva 1). Tämän jälkeen nostetaan tuotantokauden ensimmäinen satokierto ja asetetaan se kuivumaan kuivausalustalle tasaiseksi palakerrokseksi. Yhdessä palakerroksessa olevien palojen määrän eli

kuormituksen tulee olla kuivumisen kannalta oikeanlainen, ei liian tiheä eikä liian harva.

Palaturve nostetaan uuden tyyppisellä palaturvekoneella, jonka kuljetin levittää palat irtoaineksesta vapaalle kuivausalustalle (kuva 2). Näin palaturvekerrokseen ei joudu irtoainesta prosessin missään vaiheessa, koska palaturve nostetaan suoraan kuivausalustalle kuivausalustan ja sarkaojan väliseltä alueelta eikä palaturvekerrosta tarvitse kääntää eikä karheta. Näin toiminta jatkuu usean satokierron ajan (kuva 3).

Ensimmäisen satokierron palakerroksen kuivuttua riittävästi (kosteus 55 – 65 %), asetetaan tämän kuivuneen kerroksen päälle seuraavan satokierron palat. Käytännössä kuivataan niin monta uutta palakerrosta kuin satokauden pituus ja sääolosuhteet sallivat. Kerroksiin tuotetut palat asettuvat toistensa päälle ja kuivuvat aurinko- sekä tuulienergian avulla. Menetelmän periaatteena on siis kuivata samanaikaisesti useita samalle kuivausalustalle tuotettuja palaturvekerroksia eli satokiertoja. Tästä johtuen tuotantoa voidaan merkittävästi tehostaa ja koneiden käyttöastetta parantaa.

Lopulta kuiva palaturvekerrospatja kuormataan ja ajetaan varastoamaan. Palaturvekerroksia ei käännetä kuivumisen aikana lainkaan, mikä merkittävästi vähentää murenemisestä aiheutuvaa hävikkiä. Näin voidaan hyödyntää palan tuotantoon huonomminkin soveltuvia suoalueita. Sääriskin pienentämiseksi ja olemassa olevan kuormauskaluston hyödyntämiseksi kertynyt palakerrospatja voidaan karheta kuormausta varten ja kuljettaa aumaan jo keskellä tuotantokautta. Tämän jälkeen tuotantoa voidaan jatkaa säiden ja olosuhteiden mukaan.



Kuva 2. Monikerroskuivausmenetelmässä palat asetetaan kuivausalustalle kuljettimen avulla. Kuivausalustalla ei liikuta eikä paloja käännetä (kuva A. Erkkilä).



Kuva 3. Tuotantokauden aikana nostetaan useita satokiertoja palaturveta päällekkäin samalle kuivausalustalle. Näin satokierrot eli palakerrokset kuivuvat omaan tahtiinsa sääolojen mukaan (kuva A. Erkkilä).



Kuva 4. Marraskuun alussa 2011 suoritettiin onnistunut koeajo uudentyypisellä turpeen syöttölaitteella. Laite mahdollistaa myös pintapalan tuottamisen mataloituneilta kentiltä (kuva O. Patokoski).

2 Tavoite

Vuoden 2011 kenttäkokeiden tavoitteena oli selvittää monikerroskuivausmenetelmällä (Multilayer) tuotetun palaturpeen kuivumistehokkuus verrattuna tavanomaisella kenttäkuivausmenetelmällä tuotetun sylinteripalan kuivumiseen. Lisäksi tavoitteena oli selvittää Multilayer-menetelmällä tuotetun palakerrospatjan kosteusprofiili.

Molemmilla menetelmillä pyrittiin tuottamaan koko tuotantokauden ajan mahdollisimman monta satokiertoa. Tuotanto aloitettiin molemmilla tutkittavilla alueilla samaan aikaan. Palaturpeen kuivauksen tavoitekosteus oli 30 %.

Kenttäkokeiden tulosten pohjalta tehtiin laskennallinen tarkastelu Multilayer-menetelmän mahdollisuuksista kausisaannon kasvattamiseksi ja työvaiheiden kustannusten alentamiseksi. Laskentatuloksia verrattiin palaturpeen kenttäkuivausmenetelmän ja jyrsinturpeen Haku-menetelmän vastaaviin arvoihin.

3 Käytetyt koneet ja laitteet

3.1 Kentän tasaus ja palojen nosto

Molemmat koesarat oli ruuvattu ja tasattiin Vapo Oy:n suolanalla (malli KSL-5) ennen palaturpeen noston aloittamista. Multilayer-menetelmään kuuluva Sampo Tech Oy:n valmistama monitoimivaunu MTV-2010 ei ollut käytettävissä.

Multilayer-menetelmässä nostettiin kuivumaan halkaisijaltaan 65 mm:n sylinteripalaa SampoTech Oy:n valmistamalla PTK-2010 –protopalakoneella. Kenttäkuivausmenetelmää käytettiin vertailumenetelmänä. Vertailualueelle palat nostettiin käyttäen RYT-päädyllyä 68 mm:n suuttimin varustettua PK-1S – palakonetta.

3.2 Karheaminen ja kuormaus

Molemmilla koesaroilla palat karhettiin palaturvekarheejalla (malli PSK-4). Palat kuormattiin palaturvekuormaajalla (malli PKS-9) perävaunuihin.

Multilayer-saralla karhe syntyi yhdellä ajokerralla, jolloin karhe muodostui palojen päälle.

4 Rajaukset

Koneiden tuotantotehokkuuksia ja palaturpeen laatua ei mitattu. Pää tavoitteena oli selvittää palojen kuivumistehokkuus monikerroskuivauksella verrattuna kenttäkuivaukseen samoissa olosuhteissa.

5 Mittaukset ja niiden toteutus

Koesarat sijaitsivat Vapo Oy:n Jämiänkeitaalla Kankaanpäässä. Multilayer-koesarika ja vertailuna oleva kenttäkuivaussarika olivat vierekkäin. Näytteidenottokohdiksi valittiin vertailukelpoiset saranosat. Turvelaji- ja maatumisastemäärityksiä ei tehty, mutta havaintojen perusteella koalueen turve oli rahkavaltaista. Koalue oli ollut tuotannossa vasta muutaman vuoden.

Kuva 5 esittää kaaviota tehdyistä mittauksista. Alkukuormitus mitattiin molemmilla sarikoilla. Palan vedon yhteydessä punnittiin kahdesta mittauskohdasta saran poikkisuuntaan puolen metrin levyisellä kaistalla olevan palaturpeen määrä (vierekkäisiä mittauksia 0,5 x 0,5 m:n kehikolla). Vertailualueella punnittiin kuusi vierekkäistä kehikollista (kolme metriä). Multilayer-alueella kaistan palat punnittiin koko palaturvekerroksen leveydeltä. Punnitusta palaturpeesta otettiin kosteusnäyte ja määritettiin kosteus uunikuivausmenetelmällä. Kuivausalan koko leveys mitattiin.

Molemmilla alueilla alkukosteusnäytteet otettiin ensimmäisen kerran heti palan vedon jälkeen. Alkukosteusnäytteet otettiin alkukuormitusmittauksen yhteydessä tai kerättiin paloja kokoomanäytteeksi siten, että näyte edusti koko kerrosta. Alkukosteusnäytteet otettiin kahdesta mittauspisteestä molemmilta sarikoilta.

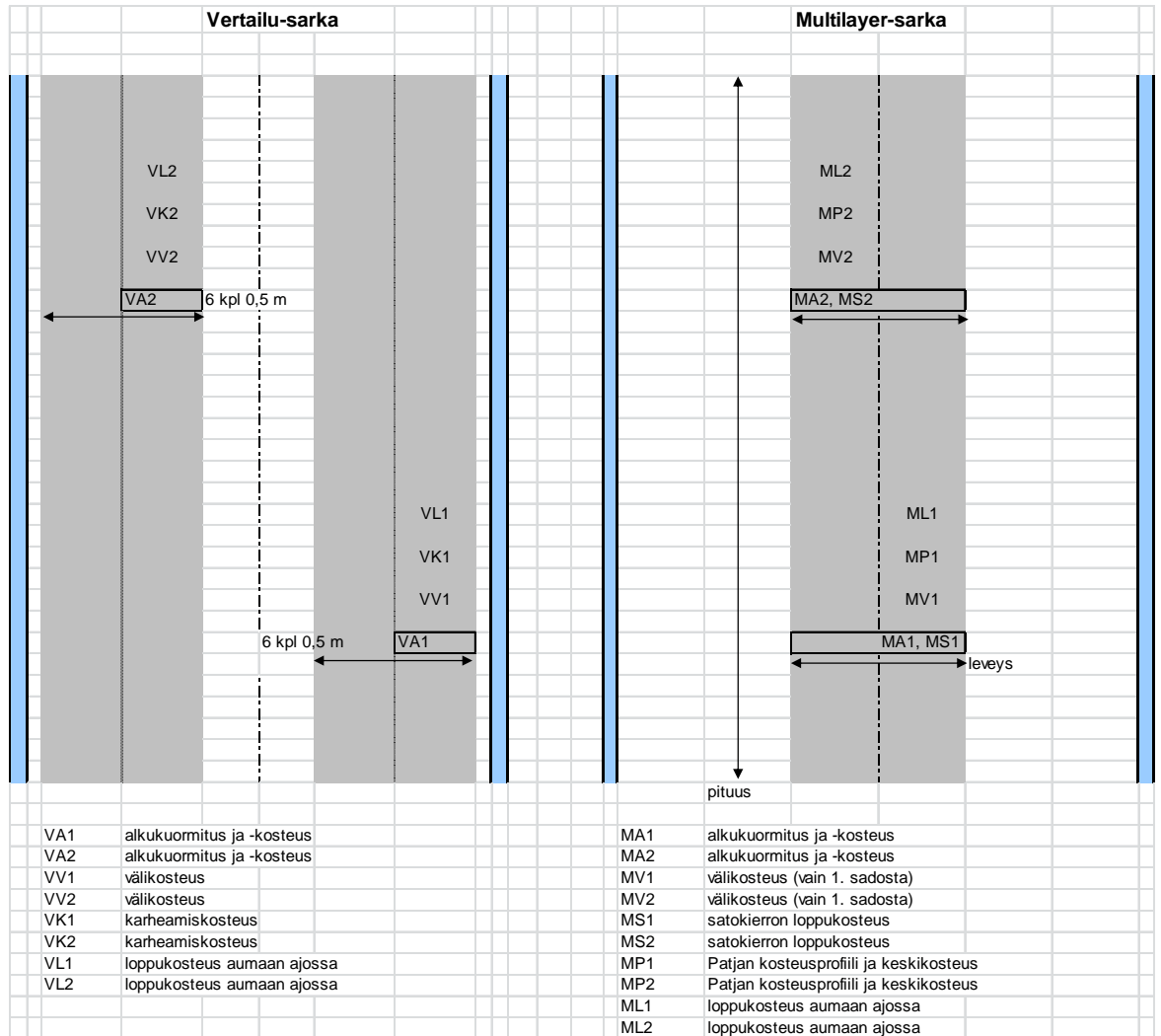
Satokierron kuivumisen aikana Multilayer-saralta otettiin kosteusnäyte (ns. välinäyte) vain ensimmäisestä sadosta kahdesti viikossa. Vertailualueella välinäyte otettiin kahdesti viikossa ensimmäisen Multilayer-sadon ajan ja myöhemmin noin kerran viikossa. Välinäytteet otettiin keräämällä kuusi palaa kokoomanäytteeksi siten, että näyte edustaa koko kerrosta. Välinäytteet otettiin kahdesta mittauspisteestä.

Multilayer-alueella tutkittiin koko palakerrospatjan kosteusprofiili ja keskikosteus heinäkuun puolivälissä sekä elokuun alussa. Tarkoituksena oli selvittää kosteusero palaturvepatjan yläosassa, keskellä ja alaosassa. Palaturvepatja jaettiin kolmeen yhtä paksuun osaan ja otettiin näytteet jokaisesta kerroksesta.

Multilayer-alueella kunkin satokierron loppukosteusnäytteeksi kerättiin seuraavan sadon alkukuormitusnäytteen alla olevia paloja kokoomanäytteeksi. Vertailualueen loppukosteusnäytteet otettiin kokoomanäytteenä juuri ennen karheamista ja aumaan ajon yhteydessä. Multilayer-saralla määritettiin koko palakerrospatjan keskikosteus tuotannon lopussa elokuun puolivälissä.

Säätiedot kerättiin VTT:n sääaseman avulla, joka rekisteröi tunnin välein edellisen tunnin keskimääräisen sään.

Yksittäisiä kosteusnäytteitä otettiin myös suodatinkankaan päälle nostetuista palakerroksista. Lyhyellä matkalla kokeiltiin myös palojen kääntämisen vaikutusta kuivumiseen.



Kuva 5. Mittaus- ja näytteidenottoaavio.

6 Mittaustulokset

6.1 Kerrosten alkukuormitus

Multilayer-saralla tuotettiin monikerroskuivausmenetelmällä kuusi satokiertoa ja vertailusaralla kenttäkuivauksella yksi satokierto. Taulukossa 1 on mittaustiedot. Multilayer-saran viidennestä satokierrosta ei mitattu alkukuormitusta. Multilayer-saralle olisi sopinut useampia vetoarivejä. Vertailusaralle nostettiin kesän aikana kuivumaan keskimäärin 9 kg kuiva-ainetta neliömetrille (nostokosteudessa 57 kg neliömetrille) ja Multilayer-saralle yhteensä 27 kg kuiva-ainetta neliömetrille (nostokosteudessa 183 kg neliömetrille). Kuivausalan leveydet olivat vertailusaralla 15,7 metriä ja Multilayer-saralla keskimäärin 4,3 metriä.

Vetoriville laskettu palaturvemassa oli vertailusaralla 5,9 kg kuiva-ainetta metrille. Multilayer-saralla vetorivien massa oli keskimäärin 1,9 kg kuiva-ainetta metrille. Palakoneen nostokuormitus vaihteli Multilayer-saralla kesän mittaan välillä 1,4 – 5,0 kg kuiva-ainetta metrille. Protopalakoneen PTK-2010

syöttöruuviin tehtiin syksyllä kenttäkokeiden jälkeen muutos, jonka ansiosta tuotos on parantunut oleellisesti.

Vertailusaralta kerättiin aumaan noin 130 kärnykuutiometriä (noin 5 kuormaa a' 26 - 27 m³) ja Multilayer-saralta kerättyjen palojen määrä aumassa oli aumamittauksen mukaan 109 kuutiometriä. Vetorivien pituudet olivat molemmilla saroilla noin 380 metriä. Hehtaaria (brutto) kohden laskettuna kausisaannot olisivat 163 m³/ha ja 136 m³/ha. Sarkojen koko oli 0,8 hehtaaria.

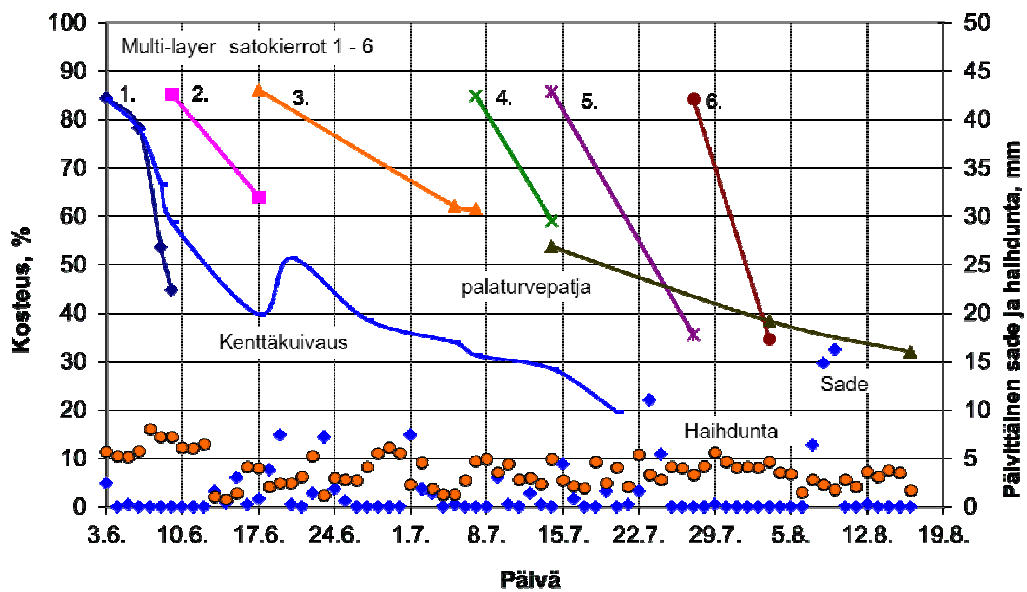
Taulukko 1. Koesarkojen (0,8 ha) satojen alkukuormitustiedot. Koko satokierron arvot on laskettu olettaen, että viides satokierto Multilayer-saralla on keskiarvo muista satokiertoista. Koko saran kuormitus on laskettu bruttohehtaaria kohden.

Sarka		Vertailu		Multilayer									
Sato		1		2		3		4		6			
vetorivien lkm	kpl/sarka	24		7		9		17		12		6	
vetorivien pituus	m	380		380									
mittauspiste		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
mitattu massa	kg	90.7	79.3	46.3	43.5	60.3	48.2	126.4	122.9	59.2	58.1	31.2	45.4
kuormitus	kg/m ²	60.5	52.9	18.9	17.1	38.3	33.2	51.6	53.4	27.5	29.0	13.1	22.4
palojen kosteus	%	83.1	85.4	84.5	84.3	84.5	86.1	85.1	87.1	84.3	85.5	83.9	84.2
kuormitus kuiva-aineena	kgKA/m ²	10.2	7.7	2.9	2.7	6.0	4.6	7.7	6.9	4.3	4.2	2.1	3.5
kuivausalan kokoleveys	m	7.9	7.8	4.9	5.1	3.2	2.9	4.9	4.6	4.3	4.0	4.8	4.1
massa/rivien lkm	kg/m	39.8	34.4	13.2	12.4	13.4	10.7	14.9	14.5	9.9	9.7	12.5	15.1
massa/rivien lkm	kgKA/m	6.7	5.0	2.1	1.9	2.1	1.5	2.2	1.9	1.6	1.4	2.0	2.4
laskennall. vetorivin leveys	m	0.66	0.65	0.70	0.73	0.35	0.32	0.29	0.27	0.36	0.33	0.95	0.68
		Vertailu		Multilayer									
Kuormitus neliömetrillä	kg/m ²	56.7		182.8									
kaikki satokierrat yhteensä	kgKA/m ²	9.0		27.0									
Kuormitus koko saralla	kg/ha	422871		369198									
kaikki satokierrat yhteensä	kgKA/ha	66834		54587									
massa/rivien lkm	kg/m	37.1		12.6									
keskimäärin	kgKA/m	5.9		1.9									

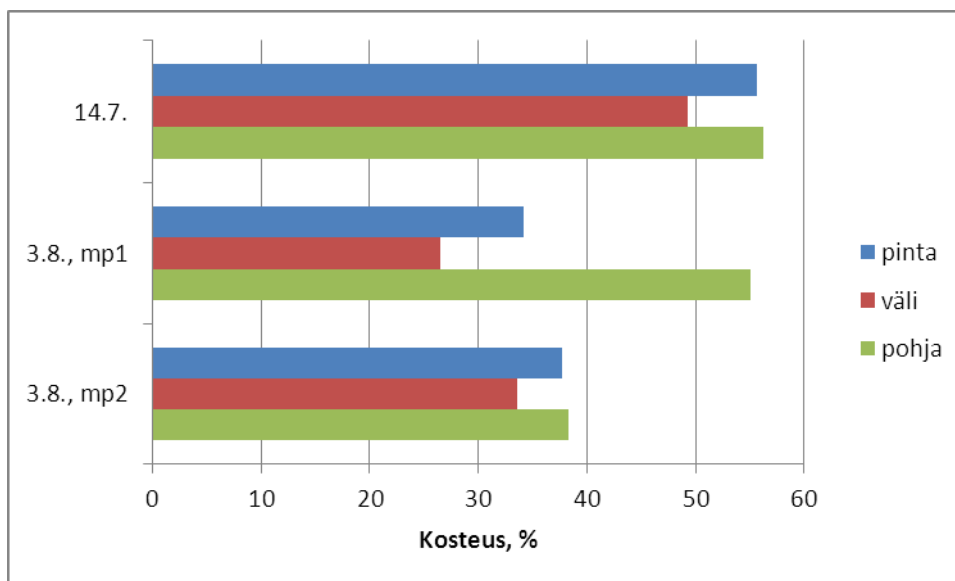
6.2 Kuivuminen

Multilayer-saralla tuotettiin monikerroskuivausmenetelmällä kuusi satokiertoa ja vertailusaralla kenttäkuivauksella yksi satokierto. Satokiertojen kuivuminen sekä päivittäiset sade- ja haihduntamäärät ovat kuvassa 6. Kuvassa 7 on palaturvepatjan kosteusprofiili, joka määritettiin 14.7. ja 3.8.

Kankaan päällä olevista palakerroksista ja käännetystä alueesta otetuista näytteistä määritetyt kosteudet ovat taulukossa 2. Tuotantokauden 3.6. – 16.8.2011 sademäärä oli 109 mm ja haihduntakertymä 274 mm.



Kuva 6. Multilayer-alueen (6 satoa) ja kenttäkuivaussaran (1 sato) palaturvesatojen kuivuminen sekä päivittäinen sademäärä ja haihdunta Jämiänkeitaalla vuonna 2011.



Kuva 7. Multilayer-saralla koko palaturvepatjasta määritettyjen pinta-, väli- ja pohjaosien kosteudet. Näytteet on otettu 14.7. ja 3.8.

Taulukko 2. Kosteusmääritysten tuloksia suodatinkankaan päällä kuivuneista ja käännettyistä palakerroksista.

Pvm	Kosteus, %	Selite
6.6.	66.5	kankaan päältä, 1. sato
8.6.	58.0	kankaan päältä, 1. sato
20.6.	64.4	kankaan päältä, 2. sadon loppukosteus
20.6.	83.2	kankaan päältä, 3. sadon alku/välikosteus
14.7.	65.1	käännettyltä kohdalta, 4. sadon loppukosteus
3.8.	21.2	kankaan päältä, koko patjan keskikosteus
3.8.	61.7	käännettyltä kohdalta, koko patjan keskikosteus
3.8.	41.1	mittauspiste 1, koko patjan keskikosteus
3.8.	37.4	mittauspiste 2, koko patjan keskikosteus

7 Mittaustulosten tarkastelu

Multilayer-alueella kuivattiin kuusi satokiertoa, jotka nostettiin kentälle kuivumaan kahdeksan viikon sisällä. Palaturvekerrokset kuivuivat hyvin edellisen kerroksen päällä. Vertailualueella tuotettiin yksi satokierto, joka vastaa seudulla vallinneissa tuotantokauden säissä ja vastaavalla turvelajilla palaturvetuotannossa saavutettua määrää.

Satokiertojen lukumäärien välinen suhde oli edellisvuosien perusteella tehtyjen odotusten mukainen. Vuonna 2010 kuudes satokierto nostettiin kuivumaan kolmen viikon kuluttua ensimmäisen satokierron nostamisesta. Satokiertojen alkukosteudet olivat tuolloin merkittävästi pienemmät kuin menneenä kesänä, 72 – 76 % (kosteussuhteena 2,6 – 3,2 kilogrammaa vettä kuiva-ainekilogrammaa kohti). Vuonna 2011 alkukosteudet olivat 84 – 86 % (kosteussuhteena 5,3 – 6,2 kilogrammaa vettä kuiva-ainekilogrammaa kohti).

Uuden satokierron noston alkaessa edellisen satokierron kosteus on noin 60 % eli noin 1,5 kilogrammaa vettä kuiva-ainekilogrammaa kohti. Vuonna 2010 vettä haihdutettiin ennen uuden sadon nostoa noin 1,4 kilogrammaa neliöltä, kun vuonna 2011 haihdutettiin keskimäärin 4,3 kilogrammaa vettä neliöltä ennen seuraavan sadon nostoa.

Tuotantokauden kuiva-ainetuotto nettohaihduntaa (haihdunta – sade) kohden oli Multilayer-saralla 0,164 kg/mm (27 kg/165 mm) ja vertailualueella 0,077 kg/mm (9 kg/117 mm). Vertailualueen nettohaihdunta on laskettu ajalle 3.6. – 14.7., jolloin vertailualueen palaturpeen kosteus karheesta määritettynä oli 28,5 %. Multilayer-saran loppukosteus karheella ennen kuormausta 16.8.2011 oli 32,0 %.

Ottaen huomioon satokiertojen alkukosteudet haihdutettu vesimäärä neliömetriltä nettohaihduntaa kohden oli Multi-layer-saralla 0,939 kg/mm ja vertailusaralla 0,391 kg/mm. Palojen kuivuminen useassa kerroksessa samaan aikaan hyödynsi nettohaihdunnan veden haihduttamisessa 2,4-kertaisesti kenttäkuivaukseen nähden. Osaltaan hyvään kuivumistulokseen vaikuttaa sateen pienempi vaikutus, kun palat ovat useassa kerroksessa toisten palojen päällä eivätkä yhdessä kerroksessa kenttää vasten.

Mikäli Multilayer-saran täyttö olisi ollut tasainen ja satokiertojen alkukuormitukset yhtä suuret kuin vertailusaralla, säätilan hyödyntäminen veden haihduttamisessa ja kuiva-ainesaannon kasvattamisessa olisi ollut monikerroskuivauksessa vielä parempi, laskennallisesti nelinkertainen. Vertailusaran alkukuormitus oli 9 kg kuiva-ainetta neliölle satoa kohti. Multilayer-saran alkukuormitus oli keskimäärin 4,5 kg kuiva-ainetta neliölle satoa kohti.

Pieni vetorivien lukumäärä ei vaikuttane kovin merkittävästi kuivumistulokseen, koska näytteet otettiin jokaisesta satokierrosta ja kohdista, jossa oli vetorivit päällekkäin. Toisen, kolmannen ja neljännen satokierron rivit ovat olleet hyvin tiiviisti lähekkäin (taulukko 1). Jonkin verran Multilayer-satokiertojen kuivumista on voinut edistää pienempi kuiva-ainekuormitus verrattuna kenttäkuivaussaran kuormitukseen. Toisaalta satokiertojen alkukosteus kasvoi tuotantokauden edetessä lukuun ottamatta kuudetta satokiertoa.

Osalle Multilayer-kenttää asetettu suodatinkangas ei nopeuttanut ensimmäisen sadon kuivumista. Tuotantokauden lopulla kankaan päällä olevan palakerrospatjan keskikosteus oli alempi kuin muissa mittauspisteissä. Kääntäminen ei edistänyt kuivumista Multilayer-menetelmässä. Kankaan päältä otetun ja käännetyltä osuudelta otetun keskikosteusnäytteiden suuri ero voi johtua ainakin osittain myös siitä, että patjan paksuus oli kankaan päällä huomattavan paljon ohuempi kuin sarkojen loppupäässä, missä paloja oli käännetty.

8 Monikerroskuivausmenetelmän laskennallinen kausisaanto ja tuotantokustannukset verrattuna palaturpeen kenttäkuivausmenetelmään ja jyrshinturvemenetelmään

8.1 Laskentaperusteet

Monikerroskuivausmenetelmällä pyritään parantamaan kausisaantoa ja alentamaan palaturpeen tuotantokustannuksia. Kustannuksiin vaikuttavien muuttujien tarkastelemiseksi laadittiin Excel-taulukkolaskentapohja. Laskennassa tarkasteltiin aluksi satokiertojen lukumäärän vaikutusta kausisaantoon ja tuotannon työvaiheiden kustannuksiin. Multilayer-menetelmän työvaiheiden kustannuksia verrattiin palaturpeen tuottamiseen kenttäkuivausmenetelmällä sekä jyrshinturpeen tuottamiseen Haku-menetelmällä.

Seuraavassa esitetään laskennan perusteena olleet tuotantovaiheet ja muut oletukset:

8.1.1 Multilayer-menetelmä

Tuotannon työvaiheet:

- 1) tuotantoalustan kunnostus ja muotoilu monitoimivaunulla
- 2) kenttäpinnan tasaus koko saralla monitoimivaunulla
- 3) turpeen nosto ja puristus palaturpeeksi, joka ohjataan suoraan tuotantokentän kuivausalueelle, jossa ei liikuta

- 4) tuotantokentän nostoalueen välitasaus monitoimivaunulla aina ennen uutta satoa ellei ole edellisiä satoja kuormattu ja kenttä tasattu jo muutenkin
- 5) monikerrospatjassa kuivuneen palaturpeen lastausprosessi, jossa kuivausalueella olevat palat karhetaan kahdeksi karheeksi, jotka kuormataan palaturvekuormaajalla turveperävaunuihin.

Tuotanto jatkuu ilman keskeytyksiä uuden kerroksen ajamisella jo nostetun ja kuivuneen palaturpeen päälle, noin viikon välein, sääolojen mukaan. Palakoneiden lukumäärä on mitoitettu viikon kiertoon. Palaturvesato kuivuu alempien kerrosten päällä sinä aikana, kun palakone on kiertänyt nostoalueen ja on valmis uuteen tuotantokierrokseen. Ennen kuin toinen satokerros levitetään ensimmäisen satokerroksen päälle, on varmistettava, että kerros on riittävän kuiva eli noin 50 – 55 %. Seuraavat satokerrokset levitetään, kun alla olevan kosteus on 55 – 65 %.

Kun satokauden pituudeksi lasketaan 10 - 12 viikkoa, voidaan satokautta kohti normaalioloissa tuottaa arviolta 8 - 10 satokiertoa. Palaturvepatja kannattaa ehkä kuljettaa aumaan riskien pienentämiseksi 4 - 5 satokierron jälkeen. Laskennassa oletetaan, että karhetaan ja kuormataan aina neljän satokierron jälkeen. Tällöin voidaan hyödyntää tavanomaista palakarheejaa ja -kuormaajaa. Tuotannon hävikiksi oletetaan noin 5 % käsittelytyövaihetta kohti. Hävikki yhteensä 10 %. Palaturpeen energiasisältönä on käytetty 1,4 MWh irtokuutiota kohti.

8.1.2 Palaturpeen kenttäkuivausmenetelmä

Tuotannon työvaiheet:

- 1) tuotantosarkojen kunnostus ja profilointitasaus ruuvitasaimella
- 2) turpeen nosto ja puristus palaturpeeksi tuotantokentälle, PK1S-palakoneella, sylinteripala
- 3) noston jälkeen ensimmäinen kuivumisodotusaika, sääoloista riippuen 1 - 2 viikkoa, ja ensimmäinen kääntäminen
- 4) toinen odotusaika, noin viikko, ja toinen kääntäminen
- 5) kolmas odotusaika, noin viikko, ja karheaminen, 4 ajoa/sarka (käytetään usein ns. välikarheita eli kahdessa vaiheessa)
- 6) neljäs odotusaika ennen lastausta, muutamasta päivästä viikkoon, ja karheella kuivuneen palaturpeen kuormaus turveperävaunuihin
- 7) satokiertojen välissä kunnostus ja profilointitasaus ruuvitasaimella

Tuotanto kentällä voidaan aloittaa toisen satokierron nostaminen uudestaan vasta sitten, kun kentälle puristetut palat on saatu kerättyä pois yllä olevan kuvauksen mukaisesti. Useiden työvaiheiden vuoksi hävikki kasvaa. Kuivumisen odottelun aikana palakone ei pääse tuotantoprosessiin. Kenttäkuivausmenetelmällä voidaan optimaalisissa sääolosuhteissa saada korkeintaan kolme satoa kaudessa. Tämäkin edellyttää useimmiten pienempää palakokoa, jolloin hävikki kasvaa entisestään. Laskennassa palakoneiden lukumäärä on valittu neljän viikon kiertoaikaan, jolloin käytännössä kolmen sadon nostaminen ei onnistu valitulla palakoneiden lukumäärällä. Tuotannon hävikiksi oletetaan noin 5 % palaturpeen käsittelytyövaihetta kohti (käännöt, karheajalla liikuttelut, kuormaus). Hävikki yhteensä 30 %. Palaturpeen energiasisältönä on käytetty 1,4 MWh irtokuutiota kohti.

8.1.3 Jyrsinturpeen Haku-menetelmä

Tuotannon työvaiheet:

- 1) tuotantosarkojen kunnossapito ja profiloititasaus ruuvitasaimella
- 2) turpeen jyrsintä
- 3) ensimmäinen kääntäminen
- 4) toinen kääntäminen
- 5) kolmas kääntäminen
- 6) karheaminen 2 ajoa/sarka (voidaan käyttää myös jyrsin-karheeja-yhdistelmää, jolloin jyrsintä samaan aikaan, ajonopeus on tällöin pienempi)
- 7) usean sadon kuormausta perävaunuihin
- 8) sarkoja kunnostaan yhdesti tuotantokauden aikana ojanreunajyrsimellä

Satokiertojen pituus vaihtelee paljon säiden mukaan. Jyrsinturvetuotanto on sateelle herkempi kuin palaturvetuotanto. Satokiertojen lukumäärä tuotantokaudessa on keskimäärin luokkaa 15 satoa. Kokonaishävikiksi oletetaan kokemusperäinen 40 %. Jyrsinturpeen energiasisältönä on käytetty 0,9 MWh irtokuutiota kohti.

8.1.4 Muut laskentaperusteet

Tuotantokustannusten vertailu sisältää vain tuotannon työvaiheiden kustannukset auma-alueelle ajettuna. Kustannukset eivät sisällä esimerkiksi aumaus- ja varastointikustannuksia, lastausta aumasta rekka-autoon ja kaukokuljetusta, eikä suoinvestointi-, valmistelu- ja hallintokustannuksia. Vuotuinen tuotantosarkojen kunnostusruuvaus on mukana tarkastelussa, mutta ei esimerkiksi sarkaojien eikä muiden kuivatusjärjestelmien ylläpito.

Tuotannon työvaihekustannukset sisältävät koneista aiheutuvat pääomakustannukset kuuden vuoden poistoajalla, viiden prosentin korolla ja annuiteettiperiaatteella laskettuna. Traktorin ja kuljettajan kustannuksena on käytetty 30 €/h ilman polttoainekuluja. Polttoainekulut on laskettu erikseen työvaiheittain. Tarkastelualueena on 150 hehtaarin suuruinen turvetuotantoalue, jonka mukaan on valittu tarvittava työkonien lukumäärä.

Laskennassa käytetyt työkonet ovat taulukossa (Taulukko 3). Laskennassa on käytetty arvonlisäverottomia hintoja. Koneiden hintatiedot ovat SampoTech Oy:n, Suokone Oy:n ja Vapo Oy:n ilmoittamia vuoden 2011 myyntihintoja.

Taulukko 3. Laskennassa käytetyt työkonet ja hinnat (alv 0 %).

Työkone	Malli	Hinta	Lukumäärä
<u>Multilayer:</u>			
Monitoimivaunu	MTV-2010	34 000	1
Palaturvekone	PTK-2010	44 000	3
Palaturvekarheeja	PSK-4	32 000	1
Palaturvekuormaaja	PSK-9	72 000	1
Turveperävaunu	JPV-28i	38 000	3
<u>Palaturpeen kenttäkuivaus:</u>			
Ruuvitasain	RT-6.0 TT	51 500	1
Palaturvekone	PK-1S	30 600	3

Palaturvekääntäjä	PPK-19	10 800	1
Palaturvekarheeja	PSK-4	32 000	1
Palaturvekuormaaja	PSK-9	72 000	1
Turveperävaunu	JPV-28i	38 000	3

Jyrsinturpeen Haku-menetelmä:

Ruuvitasain	RT-6.0 TT	51 500	1
Profilointijyrsin (ojanreunajyrsin)	PRF-2.4	13 100	1
Jyrsin	JTJ-9	28 000	1
Jyrsinturvekääntäjä	JLK-19M	12 000	1
Jyrsinturvekarheeja	JVK-9HP	14 200	1
Jyrsinturvekuormaaja	JKS-15S	94 500	1
Turveperävaunu	JPV-28i	38 000	4

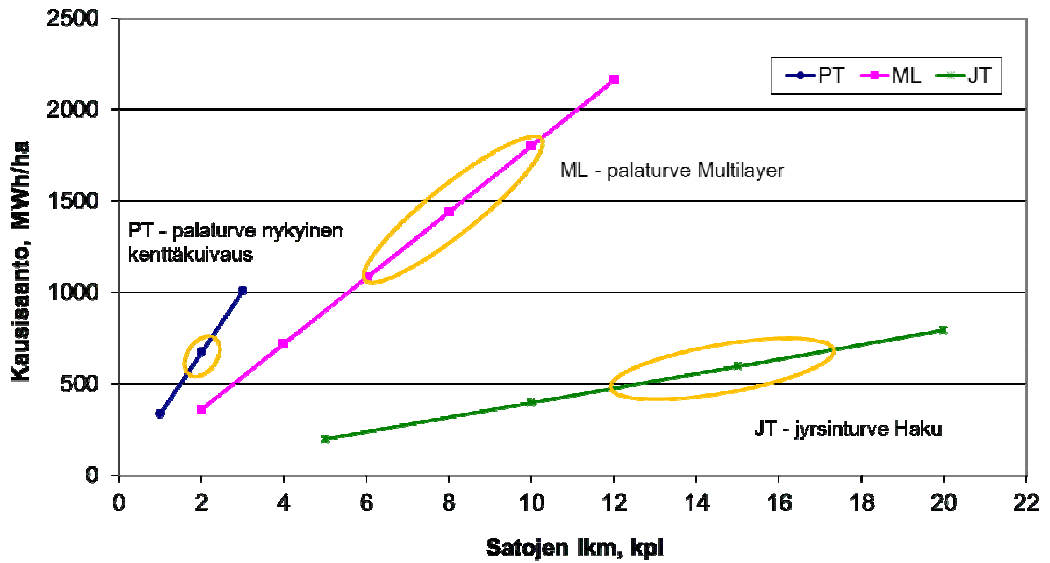
8.2 Laskennan tulokset

Taulukkoon 4 on koottu tuotantomenetelmien tunnuslukuja tyypillisillä satokiertojen vuotuisilla lukumäärillä laskettuna. Kuva 8 esittää laskettuja keskenään vertailukelpoisia esimerkkejä satokiertojen lukumäärän vaikutuksesta eri tuotantomenetelmien kausisaantoon ja Kuva 9 satokiertojen lukumäärän vaikutusta työvaiheiden kustannuksiin.

Taulukko 4. Satokiertojen lukumäärän vaikutus vertailtujen menetelmien tunnuslukuihin. Multilayer on palaturpeen monikerroskuivausmenetelmä, PT on palaturpeen nykyinen kenttäkuivausmenetelmä ja JT on jyrsinturpeen Haku-menetelmä. Tunnuslukujen laskennassa on otettu huomioon vuotuiset tuotannon varsinaiset työvaiheet lukuun ottamatta aumausta. Vuotuinen kunnostusruuvaus on mukana laskennassa, mutta esimerkiksi kuivatusjärjestelmien ylläpito ei ole mukana.

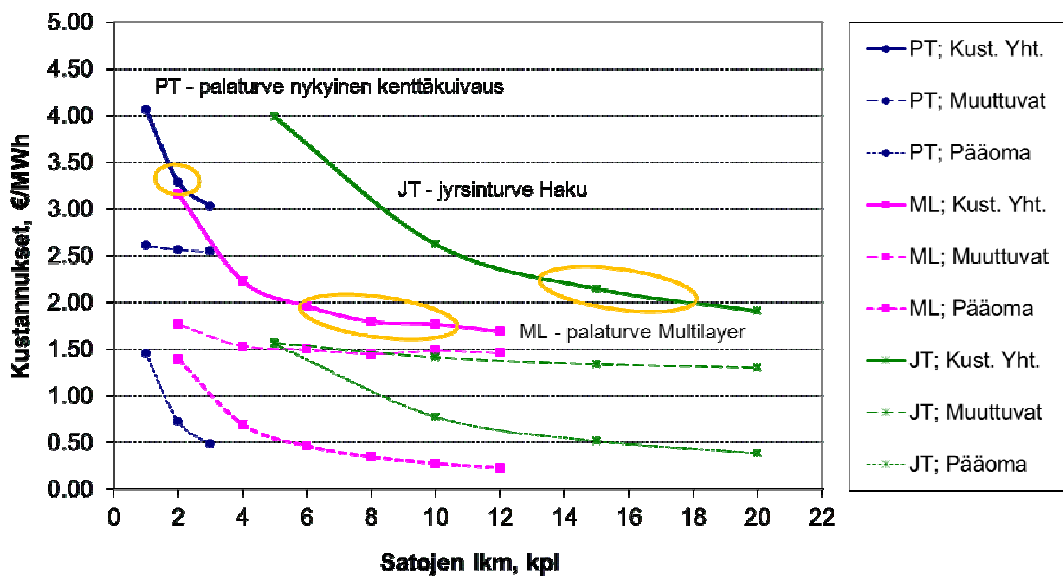
	Multilayer			PT			JT		
	6	8	10	1	2	3	10	15	20
Satokiertojen lukumäärä, kpl	6	8	10	1	2	3	10	15	20
Tuotantoalueen brutto pinta-ala, ha	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Nettokausisaanto, MWh/ha	1080	1441	1801	336	672	1008	397	595	794
Nettosaanto vetometrille, irto-m ³ /km	26	26	26	20	20	20	45	45	45
Polttoainekulutus, litraa/MWh	0.44	0.43	0.44	0.91	0.90	0.89	0.39	0.37	0.36
Työn tehokkuus, MWh/h	44	45	44	27	28	28	70	74	76
Muuttuvat tuotantokust., €/MWh	1.50	1.45	1.49	2.61	2.56	2.55	1.41	1.34	1.30
Pääomakustannukset, €/MWh	0.46	0.35	0.28	1.45	0.73	0.48	0.78	0.52	0.39
Tuotantokust. yhteensä, €/MWh	1.96	1.80	1.77	4.06	3.29	3.03	2.62	2.15	1.91

Satojen lukumäärän vaikutus kausisaantoon



Kuva 8. Esimerkki satokiertojen lukumäärän vaikutuksesta kausisaantoon. Tyypillinen satokiertojen lukumäärä on merkitty oranssilla ovaalilla.

Tuotannon työvaiheiden kustannukset ilman aumausta



Kuva 9. Esimerkki satokiertojen lukumäärän vaikutuksesta tuotannon työvaiheiden kustannuksiin. Tyypillinen satokiertojen lukumäärä on merkitty oranssilla ovaalilla.

9 Laskentatulosten tarkastelu

9.1 Satokiertojen lukumäärän vaikutus menetelmien kustannuksiin

Edellä esitettyjä tuloksia voidaan tarkastella olettamalla menetelmille erilaisia vertailukelpoisia satokiertojen todennäköisiä lukumääriä. Ensimmäisessä vertailussa käytetään kesän 2011 kokeissa saavutettuja satokiertojen lukumääriä: Multilayer-menetelmällä tuotettiin kuusi satokiertoa ja palaturpeen kenttäkuivauksella yksi satokierto. Jyrsinturvemenetelmälle käytetään 15 satokiertoa. Näillä satokiertojen lukumäärillä uuden menetelmän tuotantomäärä vanhaan palaturvemenetelmään (PT, Taulukko 4) verrattuna on satokaudessa 150 ha:n alalla 3,2-kertainen. Vanhalla menetelmällä vastaavan tuotantomäärän saavuttaminen satokaudessa vaatii tuotantoalueen kooksi 482 hehtaaria. Polttoaineen kulutus MWh:a kohti uudella menetelmällä on vanhaan verrattuna 51 % pienempi ja työsaavutus työtunnissa 60 % suurempi. Pienemmän kulutuksen ansiosta saavutetaan huomattava vähennys polttoaineen hiilidioksidin päästömäärissä satokauden aikana. Palaturpeen kilpailukyky paranee oleellisesti. Vanhaan menetelmään verrattuna tuotantokustannukset alenevat 52 %. Tuotannon työvaihekustannukset laskevat alle jyrsinturvemenetelmän kustannusten. Tuotantokustannukset jyrsinturvemenetelmään verrattuna ovat 9 % pienemmät. Investointikyvykyys paranee oleellisesti, sillä pääomakustannusten osuus on vain 24 % tuotantokustannuksista. Satokauden tuotto ja toimitusvarmuus paranevat merkittävästi verrattuna palaturpeen kenttäkuivausmenetelmään.

Tavanomaisissa sää- ja tuotanto-olosuhteissa palaturvetuotannossa saadaan kaksi satokiertoa. Tällöin Multilayer-menetelmällä saadaan kahdeksan satokiertoa. Jyrsinturvemenetelmälle oletetaan edelleen 15 satokiertoa. Näillä satokierto-määrillä uuden menetelmän tuotantomäärä vanhaan palaturvemenetelmään (PT, Taulukko 4) verrattuna on satokaudessa 150 ha:n alalla 2,1-kertainen. Vanhalla menetelmällä vastaavan tuotantomäärän saavuttaminen satokaudessa vaatii tuotantoalueen kooksi 321 hehtaaria. Polttoaineen kulutus MWh:a kohti uudella menetelmällä on vanhaan verrattuna 52 % pienempi ja työsaavutus työtunnissa 63 % suurempi. Vanhaan menetelmään verrattuna tuotantokustannukset alenevat 45 %. Tuotantokustannukset jyrsinturvemenetelmään verrattuna ovat jo 16 % pienemmät. Mikäli jyrsinturvemenetelmällä tuotetaan 20 satokiertoa, Multilayer-menetelmän tuotantokustannukset jyrsinturvemenetelmään verrattuna ovat 6 % pienemmät. Investointimahdollisuudet paranevat edelleen, sillä pääomakustannusten osuus Multilayer-menetelmässä on vain 19 % tuotantokustannuksista.

Mikäli Multi-layer menetelmällä tuotetaan 10 satokiertoa verrattuna kenttäkuivauksen kahteen satokiertoon ja jyrsinturpeen 15 satokiertoon, uuden menetelmän tuotantomäärä vanhaan palaturvemenetelmään (PT, Taulukko 4) verrattuna on satokaudessa 2,7-kertainen. Polttoaineen kulutus MWh:a kohti uudella menetelmällä on vanhaan verrattuna 51 % pienempi ja työsaavutus työtunnissa 58 % suurempi. Vanhaan menetelmään verrattuna tuotanto-kustannukset alenevat 46 %. Tuotantokustannukset jyrsinturvemenetelmään verrattuna ovat 18 % pienemmät. Jos jyrsinturvesatojen lukumäärä on 20 satokiertoa, palaturpeen tuotantokustannukset Multilayer-menetelmällä ovat noin

7 % pienemmät kuin jysinturpeen Haku-menetelmällä. Multilayer-menetelmässä pääomakustannusten osuus on enää 16 % tuotannon työvaiheiden kustannuksista.

9.2 Uuden konetekniikan ja kuivausmenetelmän vaikutus

Multilayer-menetelmässä käytettävien tuotantokoneiden ansiosta palaturvetuotannon tuottavuus kasvaa merkittäväksi. Laskentatulosten perusteella Multilayer-menetelmällä on mahdollista puolittaa polttoaineen kulutus ja saavuttaa noin 60 % suurempi työsaavutus mies- ja konetyötuntia kohden nykyiseen palaturvetuotantoon verrattuna. Työvaiheiden muuttuvat kustannukset laskevat noin 40 %.

Palaturvetuotannon työvaiheiden kokonaiskustannukset laskevat 45 – 50 % nykyiseen palaturpeen kenttäkuivausmenetelmään verrattuna. Investoinnin suuruus tuotantokoneketjuun on nykyisen koneketjun tasolla, vaikka vuotuinen tuotantomäärää voidaan kaksinkertaistaa. Tämän vuoksi pääomakustannusten osuus työvaiheiden kokonaiskustannuksista laskee 20 – 35 %:n tasolta alle 20 %:n tasolle.

Multilayer-menetelmän tuotannon työvaiheiden kokonaiskustannukset, ilman aumauskustannuksia, ovat 6 – 18 % jysinturvetuotannon Haku-menetelmän kustannuksia alemmat riippuen vertailtavista satokiertojen lukumääristä (Multilayer –menetelmä 6 – 10 satokiertoa, jysinturvemenetelmä 15 – 20 satokiertoa). Turvetuotannon kausisaannon kasvaminen kaksinkertaiseksi vähentää samanaikaisesti tuotannossa olevan tuotantopinta-alan tarvetta.

Monikerroskuivausmenetelmä pienentää sateista johtuvaa tuotannon menetyriskiä, koska palat säilyvät kerroksessa säiltä paremmin suojassa kuin kenttää vasten ollessaan. Nyky menetelmässä on suuri riski menettää puolet tuotantokauden sadosta, jos kahdesta sadosta toinen jää kentälle. Palojen nostoon on käytetty polttoainetta ja tehty työtä, jotka tällöin myös menevät hukkaan. Multilayer-menetelmässä yksittäisen satokierron osuus kokonaistuotannosta on pienempi ja todennäköisyys saada kuivana aumaan sateisenakin kesänä on parempi kuin kenttäkuivausmenetelmässä. Lisäksi palaturpeen nostotekniikan kehittyminen alentaa palaturpeen kuivumaan noston kustannusten osuutta työvaiheiden kustannuksista 60 %:sta 40 %:iin.

Turpeen hintaan käyttöpaikalla vaikuttavat monet tekijät. Hinnoitteluesimerkin mukaan esimerkiksi jysinturpeen hinnasta käyttöpaikalla on karkeasti jaoteltuna rahdin osuus noin 25 %, suoinvestoinnin noin 25 % ja hallintokulujen noin 5 %. Tuotantoalueella tehtävien tuotannon työvaiheiden sekä varastoinnin ja rekka-autoon kuormauksen osuudet ovat yhteensä 45 – 50 % kokonaistuotantokustannuksista (Vapo, 2011). Tässä tutkimuksessa lasketut ja vertailut kustannukset ovat vain osa tuotantoalueella syntyvistä kustannuksista. Pala- ja jysinturpeen hintaero markkinoilla on noin kaksi euroa megawattituntia kohden jysinturpeen eduksi, kun jysinturpeen kuljetusmatka on 100 km ja palaturpeen kuljetusmatka on 50 km (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2011). Tässä tutkimuksessa tehdyillä laskennan lähtöoletuksilla Multilayer-menetelmällä palaturpeen tuotannon työvaihekustannukset alenevat 1,5 – 2 euroa megawattituntia kohden verrattuna palaturpeen tuotantoon nykyisellä kenttäkuivausmenetelmällä. Kausisaannon kasvaminen laskee myös suoinvestointien kustannuksia.

Lähdeviitteet

Työ- ja elinkeinoministeriö, Energiakatsaus, 1/2011.

Vapo Oy. 2011. Internet-sivut,
http://www.vapo.fi/fin/kunta_ja_yritysassiakkaat/biopolttoaineet/energiaturve/hinnoittelu/hinnoitteluesimerkki/?id=400; luettu 2011-08-22