

# Perunan sivuvirtojen taloudelliset hyödyntämismahdollisuudet

Jussi Tuomisto<sup>1</sup> ja Hanna Huitu<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Perunantutkimuslaitos, Alapääntie 104, 61400 YLISTARO, [jussi.tuomisto@petla.fi](mailto:jussi.tuomisto@petla.fi)

<sup>2)</sup> Luke, Vihreä teknologia, Latokartanonkaari 9, 00790 HELSINKI, [hanna.huitu@luke.fi](mailto:hanna.huitu@luke.fi)

## Tiivistelmä

Ruokaperunatiloilla tuotetaan vuosittain 350 milj.kg perunaa, josta 70 % pystytään hyödyntämään elintarvikkeena. Loppuosa on sivutuotetta, jonka käsittely aiheuttaa kustannuksia. Perunakuorimossa sivutuotteen osuus voi olla jopa 50 % perunan kokonaismäärästä.

Tutkimuksessa selvitettiin perunan sivutuotemarkkinoiden vaikutusta perunatilan kannattavuuteen. Tutkimuksessa mallinnettiin taloudellinen optimi perunan sivutuotteiden hyödyntämiselle ottaen huomioon kuljetusetäisyydet tuotosten ja panosten hintojen sekä tukipolitiikan muuttuessa ja perunantuotannon rakennemuutoksessa. Paikkatietojärjestelmän avulla laskettiin kuljetusetäisyydet maatiloilta sivutuotteen käyttäjälle. Kuljetuskustannukset eri sivutuotekomponenteille määräytyy vuoden 2011 hintatasossa kaavalla  $0,628 \text{ km/t}^{-0,337}$ , joka on johdettu Suomen Kuljetus- ja Logistiikka (SKAL) ry:n kuljetustilastoista.

Rehutuotanto on kannattavin sivutuotteiden käyttömuoto. Kuorimosivuvirta on rehun energia-arvoltaan kauraa vastaava 11,21 MJ ME/kg kuiva-ainetta sisältävä rehu, jossa ohutsuolessa imeytyvä valkuainen (OIV) on 95 g/kg rehun kuiva-ainekiloa kohti. Perunamassa sisältää paljon vettä ja siksi veden kuljetus rehun aiheuttaa merkittäviä kuljetuskustannuksia. Perunantuotannon sivuvirtojen laadun ja saatavuuden vaihtelun sekä korkean kaliumpitoisuuden takia halukkuutta rehukäyttöön on rajallisesti, ja sen takia kuljetusmatkat muodostuvat pitkiksi. Jos kuljetusetäisyys on yli 185 kilometriä, perunamassa kannattaa kuivata.

Biokaasuntuotanto perunan sivuvirrasta kannattaa, jos sähköntuotannon lisäksi myös lämpöenergia hyödynnetään. Mikäli biokaasutusjäte levitetään perunapellolle, on se hygienisoitava. Kuljetus- ja hygienisointikustannusten takia ei biokaasulaitosta saada kannattavaksi verrattuna sivutuotteiden rehukäyttöön. Etanolin tuotanto ei ole kannattavaa.

Perunan kuorimojätteet sisältävät merkittäviä määriä tärkkelystä ja proteiineja. Kuorimotärkkelyksen puhdistus ja proteiinien erotus vaativat niin suuria investointeja, ettei tärkkelykseen ja proteiinien erotusta saada kannattamaan suhteessa rehutuotantoon kuin vasta silloin, jos rehukäyttöön päätyvä sivutuote pitäisi kuljettaa yli 200 kilometrin etäisyydelle.

Perunan kuorimoprosessissa vapautuu solunestettä. Solunesteen määrää voidaan haihduttamalla vähentää. Väkevointi vaatii kuitenkin kalliin teknologian ja se kannattaa vasta silloin, jos kuljetusetäisyys on yli 95 kilometriä.

Investointituella on merkittävä vaikutus sellaisiin sivuvirtojen käyttökohteisiin, joissa investoinnit ovat merkittävä osa kokonaiskustannuserää. Syöttötariffi kannustaa bioenergiantuotantoon, mutta vääristää ympäristön kannalta tärkeämmän käyttökohteen käyttöönottoa. Alhainen hiilijalanjälki voitaisiin ottaa mukaan tukipolitiikkaan tuotannon ohjaamisen kannustimena. Solunesteen käyttö lannoitteena vähentää hiilijalanjälkeä 26 kg CO<sub>2</sub>-ekv/t ja perunatärkkelyksen hyväksikäyttö energiana tai rehuna 660 kg CO<sub>2</sub>-ekv/t.

**Asiasanat:** Peruna, sivuvirta, tärkkelys, hiilijalanjälki, investointituki, syöttötariffi, porttimaksu

## Johdanto

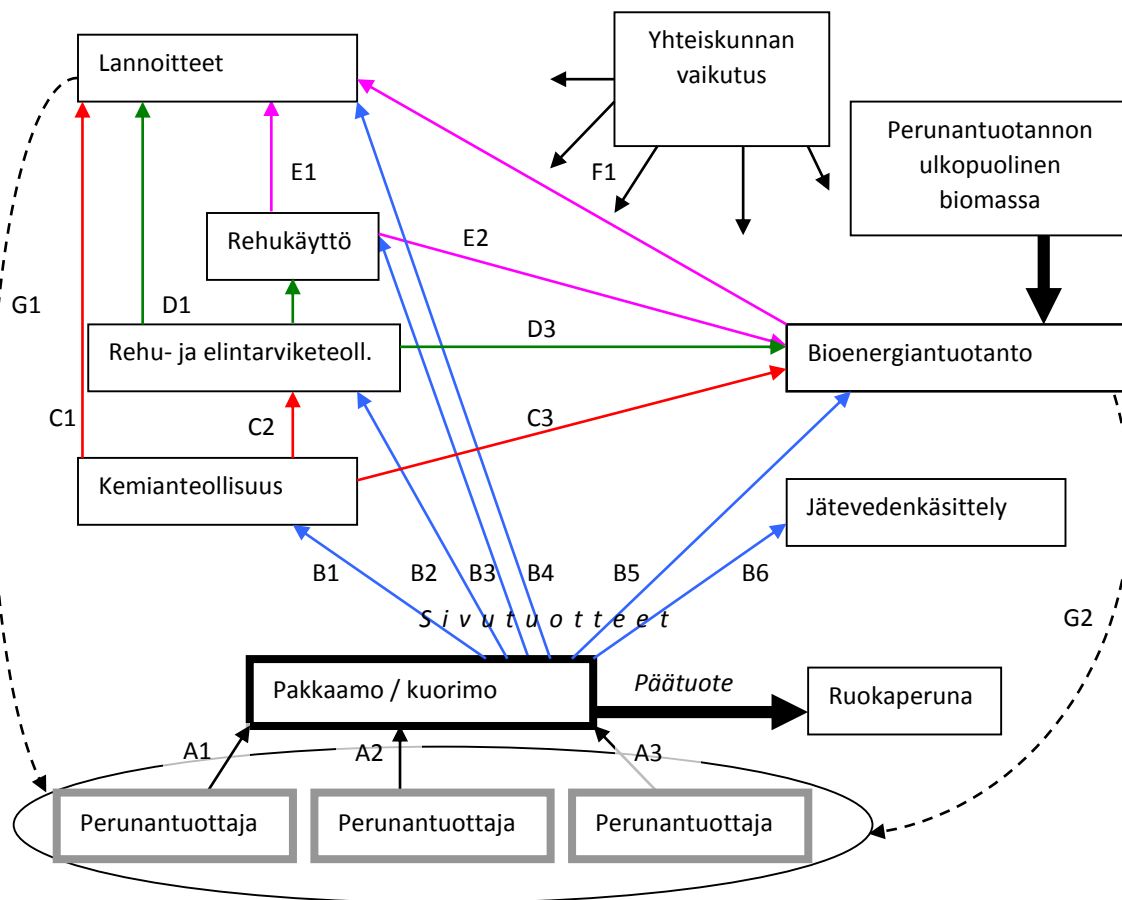
Ruokaperunatiloilla tuotetaan vuosittain 300 milj. kg perunaa. Tästä 70–80 % pystytään hyödyntämään elintarvikkeena. Loppuosaa sadosta on sivutuotetta, minkä käsittely aiheuttaa kustannuksia ja käsittelemätön jäte mittavaa ympäristökuormitusta. Jätteen/sivutuotteen määrään vaikuttavat muun muassa varastoinnin laatu- ja määrätappiot, perunan jatkojalustusmenetelmät ja perunamarkkinat. Perunakuorimossa sivutuotteen osuus voi olla jopa 50 % kuorittavan perunan kokonaismäärästä, mikä keskikokoisella perunatilalla tarkoittaa 200 tonnia vuodessa. Jätteenkäsittelyn kustannusten vähentäminen tai jätteen hyödyntäminen tuottavana sivuvirtana on taloudellisen kannattavuuden kannalta keskeinen kysymys perunatiloilla.

Kaikesta perunasta, mukaan lukien tärkkelysperuna, 75 prosenttia tuotetaan kapealla alueella Pohjanmaan, Etelä-, Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan, ja Satakunnan tuotantoalueella (TIKE 2010). Kristiinankaupungin ympäristö on tuotantomääriltään suurin yksittäinen ruokaperunantuotantoalue. Alueen noin 300 viljelijää viljelee ruokaperunaa 5000 hehtaarin alueella, joka on 24 % Suomen ruokaperuna-alasta, vuosittain noin 150 miljoonaa kiloa perunaa. Arviolta 40 %, noin 60 miljoonaa kiloa, tästä perunamäärästä menee joko lajittelujätteeksi tai kuorimojätteeksi (Skullbacka 2008; Tike 2010).

Perunan sivuvirtojen hyödyntämismahdollisuudet ovat moninaiset. Perunaa voidaan muun muassa hyödyntää:

1. Rehuraaka-aineena suoraan tai rehuteollisuudessa (valkuais- ja kuiturehu)
2. Bioenergiantuotannossa (biokaasu, etanoli, kuivatun perunajätteen poltto).
3. Lannoitteena tai maanparannusaineena (kompostoitu perunajäte)
4. Elintarviketeollisuudessa (tärkkelys, proteiinit)
5. Kemian teollisuudessa (biohajoava muovi, glykoalkaloidit, kuidut, entsyymit,)
6. Lääketeollisuudessa (entsyymit, glykoalkaloidit...)

Kuviossa 1 on esitetty esimerkki perunan sivutuotteiden vertikaalisesta tuotantoverkostosta.



Kuva 1. Perunan sivuvirtojen käyttömahdollisuudet

## **Aineisto ja menetelmät**

Tässä tutkimuksessa mallinnetaan ruokaperunantuotannon sivutuotemarkkinoiden vaikutusta perunatilan kannattavuuteen. Kannattavuusvertailun pohjana käytetään sivuvirtojen käyttöä rehuna, joka on yleisin käyttökohde kuorimosivuvirroille. Tutkimuksessa mallinnetaan rehuotuotannon ohella myös muita sivutuotteiden hyödyntämisvaihtoehtoja, sillä ne ovat sivutuotemarkkinoilla rehuotuotannon kilpailijoita, mutta voivat tietyissä tapauksissa olla myös parantamassa rehuotuotannon kannattavuutta.

Tutkimuksessa selvitettiin perunan sivutuotemarkkinoiden vaikutusta perunatilan kannattavuuteen. Tutkimuksessa mallinnettiin taloudellinen optimi perunan sivutuotteiden hyödyntämiselle ottaen huomioon kuljetusetäisyydet tuotosten ja panosten hintojen sekä tukipolitiikan muuttuessa ja perunantuotannon rakennemuutoksessa.

Tutkimuksessa tarkastellaan perunan sivutuotteiden hyödyntämisen kannattavuusehtoja maatilalla ja sivutuotteita jalostavan näkökulmasta sekä sopimustuotannon vertikaalisia vaikutuksia. Paikkatietojärjestelmän (Gis) avulla lasketaan kuljetusetäisyydet maatiloilta sivutuotteen käyttäjälle. Laskelmissa kuljetuskustannus määräytyy vuoden 2011 hintatasossa kaavalla  $0,628 \text{ km/m}^3 - 0,337$ , joka on johdettu Suomen Kuljetus- ja Logistiikka (SKAL) ry:n kuljetustilastoista ( $R^2 = 0,9525$ ).

Talouksmallinnus tehtiin keskikokoiselle yhteispakkaamolle/kuorimolle, joka vastaanottaa lähialueen tuottajilta raakaperunaa vuosittain 30 miljoonaa kg. Pakkaamo tuottaa perunan jätemassaa vuosittain 18 miljoonaa kiloa ja jäteveettä 5 miljoonaa kiloa.

## **Tulokset ja tulosten tarkastelu**

### ***Perunan kuorimosivuvirtojen käyttö rehuna.***

Jäteperuna ja kuorimojäte pestyinä ovat murskattuna käytettävissä märehitijöiden rehuksi. Perunarehu säilöä itse itsensä maitohappokäymisen ansiosta ja se voidaan varastoida tuorerehuvarustukseen. Perunarehu sisältää energiaa noin 11,21 MJ/kuiva-aine-kg ja sen rehuarvo on 0,17 ry/kg. Se luokitellaan väkirehuksi sen täyttyvyyden perusteella (tl: 0,88 kg ka/ry), jolloin se on ravintoarvoltaan kauran veroista. Tämän vuoksi sen taloudellinen rehuarvo voidaan laskea kauran mukaan. Perunarehua voidaan käyttää nautakarjan ruokinnassa 5–10 kg päivässä, ei kuitenkaan yli 20 kg pv. (Puumala 2011). Myös käyttö kalanruokinnassa on tutkittu (Tusche ym. 2011), mutta silloin rehu pitäisi pelletöidä. Muuten kalat voivat tukehtua perunarehuun.

Kuiturehun erotuksessa muodostuvaa solunestettä voidaan myös käyttää rehuna. Tärkkelysteollisuudessa perunan proteiinit jäävät tärkkelyksen erotusprosesseissa solunesteeseen. Solunesteen proteiinit on mahdollista saostaa lämmön ja pH-koaguloinnin (rikkihappo) avulla. Lopputuotteessa on valkuaista 70 prosenttia kuiva-aineesta ja sen aminohappokoostumus on sian ruokinnan kannalta hyvä (KMC 2004). Kuivaamattoman perunaproteiinin aminohappojen sulavuus vastasi tutkimuksissa ohran aminohappojen sulavuutta, mutta siinä oli sulavaa lysiiniä noin 41 g/kg ka, Syynä kuivaamattoman perunaproteiinin kaupallista valmistetta huonompaan aminohappojen sulavuuteen voivat olla glykoalikaloidit. (Siljander-Rasi 2008). Sekä perunapulpan että solunesteen rehukäytössä ongelmia kuitenkin aiheuttaa liian suuret kalium- ja fosforipitoisuudet. Tämä voi olla yhtenä syynä siihen, miksi perunantuotannon sivuvirtojen hyötykäyttö rehuna ei ole kovin haluttua (Ylinen 2011).

Perunarehun arvo vastaa sen sisältämän energian ja sulavan raakavalkuaisen hintaa rehuarkkinoilla. Muunnettuna ravinnepitoisuudeltaan 11,2 MJ ME/kg kuiva-ainetta sisältävä rehu, jossa OIV-luku on 95 g/kg ka, maksaa 150 euroa/tonni (MTT, rehutaulukot, rehuarvon muuntokertoimet). Laskemien pohjana on käytetty arvoa 150 euroa/tonni kuiva-ainetta.

Perunamassa sisältää paljon vettä ja siksi veden kuljetus rehun vastaanottajalle aiheuttaa merkittäviä kuljetuskustannuksia. Laskelmassa on verrattu peruslaskelmaan myös rehun kuivatusta ja sen taloudellista kannattavuutta ottaen huomioon kuivatuksesta aiheutuvat pienemmät kuljetusmäärät. Laskelmissa, jossa rehu kuivataan, se ensiksi lingotaan 32 %:n kosteuteen, jonka jälkeen kuumentamalla haihdutetaan vettä pois niin, että lopputuote on kosteudeltaan 16-% perunarehujauhetta.

### ***Biokaasun valmistus sivuvirroista***

Laskelmissa on oletettu, että biokaasulaitoksessa käytetään raaka-aineina perunankuorimoista saatavaa kuorimassaa, perunantuotannon lajittelujätettä sekä viherbiomassaa. Viherbiomassa on lähialueelta kerättyä nurmea, heinää, olkea tai muuta kasviperäistä biomassaa. Esimerkkilaitoksessa jäteraaka-aineita käytetään 25 miljoonaa kiloa vuodessa, joiden jakautuminen on esitettyä taulukossa 1

Taulukko 1. Biomassasyötteiden jakautuminen biokaasutuotannossa

Syöte	tonnia	Kaasuntuotto metaania (m <sup>3</sup> /t)	Kaasuntuotto metaania (m <sup>3</sup> )
Kuorimassa	10 000	100	1 000 000
Jäteperuna	8 000	100	800 000
Tärkkelysvesi	5 000	10	50 000
Vihermassa	2 500	125	312 500
Muut biomassat	0	0	0
	25 500		2 162 500

Biokaasuprosessi tapahtuu mädättämällä ja lopputuotteeksi saadaan humus- ja nestelannoitetta sekä biokaasua. Sähköenergiaa on laitos tuottaa vuoden aikana 7 136 MWh ja lämpöenergiaa 11 029 MWh. Prosessissa syntyy humuslannoitetta 4 000 m<sup>3</sup> ja nestelannoitetta 7 000 m<sup>3</sup> vuodessa. Biokaasu hyödynnetään laitoksen CHP-yksikössä jonka tuottama sähkö- ja lämpöenergia käytetään osaksi laitoksen omassa prosessissa ja loppuosa myydään. Sähköenergia myydään valtakunnan verkkoon. Biokaasu johdetaan paineistettuna lähikunnan lämpökeskukseen, johon rakennetaan CHP-yksikkö.

Mallinnuksessa on oletettu, että biokaasulaitos kerää porttimaksua ja syöttötariffia myydystä sähköstä ja lämpöenergiasta. Oletuksena on, että porttimaksun hinta on viisi euroa tonnilta, syöttötariffit (takuumaksut) ovat sähköenergialle 133,5 €/MWh ja lämpöenergialle 40 €/MWh. Mallinnuksessa on oletettu, että biokaasulaitos sijaitsee 10 kilometrin etäisyydellä sellaisesta kunnallisesta tai muusta lämpökeskuksesta, joka kykenee hyväksikäyttämään tuotetun lämpöenergian. Kaasuputken hinnaksi on oletettu 100 000 €/km (Uusi-Penttilä 2004).

Biokaasulaitoksessa massan määrä ei vähene, ja laitoksesta täytyy kuljettaa pois yhtä paljon massaa, kuin sinne syötetään. Biokaasulaitoksessa jäännökseksi jää humuspitoinen lannoite, joka voidaan ajaa pellolle ravinteiksi. Perunantuotantoalueilla on ongelmana, että biokaasulaitoksessa muodostuvaa humuslannoitetta ei voi levittää perunapelloille, sillä monet perunantuotannossa vaikeasti torjuttavat kasvintuhoojat (mm. maltokaarivirus) eivät tuhoudu biokaasuprosessissa. Matalapastörinti (yli 72–75°C, 15–40 s) tuhoaa perunalle patogeeniset kasvintuhoojat. Silloin koko massa olisi saatava kuumentamaan tasaisesti. Tämä voi tapahtua esimerkiksi paineistamalla läpivirtausputkessa säiliön täytön yhteydessä. 23 miljoonan kilon perunamassan kuumentaminen viisiasteisesta massata matalapastörintilämpötilaan vaatii noin 1900 MW/h energiaa, jonka aiheuttama energiakustannus olisi syöttötariffin vaihtoehtokustannuksella lähes 79 000 euroa vuoden 2011 energiahintatasossa. Biomassajäännöksen matalapastörintinnissa pitää saada vähintään 45 kilometrin säästö kuljetusetäisyydessä, jotta matalapastörintinnista tulisi kannattavaa.

### **Tärkkelyksen ja proteiinien erotus**

Esimerkkilaskelmassa, perunan kuorimassan ja jäteperunan keskimääräinen tärkkelyspitoisuus on 13 %, kuiva-ainepitoisuus 15,3 % ja proteiinipitoisuus kuiva-aineesta on 10,2 %. Perunan sivuvirtoja tuotetaan yhteensä 23 milj. kg ja proteiinin osuus on 288 711 kg/v. Proteiinin hinta markkinoilla on noin 1000 euroa/tonni. Perunan proteiini kuitenkin sisältää glykoalkaloideja, joka heikentää proteiinin sulavuutta (Siljander-Rasi 2008). Tämän vuoksi perunaproteiinin hinnan on arvioitu olevan noin 750 euroa/tonni (Henttinen 2011), jota on käytetty proteiiniin hintatasona tämän tutkimuksen mallinnuksessa.

Tärkkelyksen erotusprosessissa kuorimassa johdetaan vasaramyllyyn, jolla rikotaan perunasolukko ja erotetaan tärkkelysjyvät solukosta. Sen avulla saadaan 85 % tärkkelyksestä talteen. Erotettu tärkkelys jatkojalostetaan Tärkkelysyehtaalla. Erotetun sivuvirtatärkkelyksen hinta on 210 euroa/t.

Proteiini erotetaan solunesteestä koakuloimalla kuumentamalla soluneste 105 asteeseen. Koakulointi voi tapahtua myös hapon avulla. Massa ajetaan ultrasuodatukseen, jonka kalvojen läpi neste menee ja koakuloitunut proteiini erottuu. Tämän jälkeen dekanterilingolla proteiinit kuivataan. Proteiinierotus vaatii kalliin teknologian.

### **Etanolintuotanto perunantuotannon sivuvirrasta.**

Knifin (2009) ja Räätärin (2009) mukaan perunan kuorimosivuvirtaa tarvitaan keskimäärin 37,5 kg yhtä 100 % etanolilitraa kohti. Kannattavuuslaskelma on tehty tältä pohjalta. Laskelmissa on oletettu myös, että laitos saa porttimaksua 5 €/t toimitetusta perunan kuorimosivuvirrasta. Etanolin maailmanmarkkinahinta on

vaihdellut hintatasossa 0,55–0,66 euroa/kg. Tässä laskelmassa oletettiin, että hinta olisi 0,65 euroa/kg. Tuotteena muodostuu etanolia 482 000 kg ja rankkia 20 miljoonaa kiloa vuodessa.

Biokaasuntuotantoon verrattuna etuna on laitoksen riippumattomuus asutuskeskuksen läheisyydestä ja valmiin tuotteen, etanolin, hyvä säilyvyys. Heikkoutena on rankin heikko säilyvyys ja rehurankin suuri kaliumpitoisuus. Rankki voidaan ohjata myös biokaasuntuotantoon, mutta sitä ei mallinnuksessa saatu kannattamaan. Lisäksi kuuman rankin mukana aiheutuu merkittäviä lämpöhäviöitä, kun sitä kuljetetaan rehuksi karjatiloilille. Etanolituotannossa ongelmana on myös suurten sivuvirtamassojen ja etanolituotannon jäännösmassojen kuljettaminen.

### ***Perunan polttaminen***

Perunan sivuvirtoja voidaan käyttää kuivamassana puupelletöinnin raaka-aineena tai seospolttoaineena esimerkiksi olkikattiloissa. Tällä hetkellä sidosaineena käytetään natiivitärkkelystä, jonka hinta on 300–600 euroa/tärkkelystonni. Tärkkelyksen tarkoituksena on toimia pellettien sideaineena, mutta tärkkelys luo pelletille myös kirkkaan ja liukkaan pinnan (Vilppo 2009; Kuokkanen 2011). Tärkkelystä käytetään pellettien raaka-aineena 0,5–1,0 %. Kuokkasen (2011) mukaan optimimäärä olisi kuitenkin kuorimojätteestä puhuttaessa 1,0 % pelletin raaka-aineesta. Natiivitärkkelys on pellettituotannossa turhan puhdasta. Myös kuorimassasta irrotettua tärkkelystä voidaan käyttää 13 %:n tärkkelyspitoisuudella. Kuorimassan vaihtoehtokustannus tärkkelykseen olisi siten 27 euroa/t kuorimassa.

Tämän tutkimuksen mallinnuksessa on kuitenkin käytetty perunan hintana perunan energia-arvoa polttoprosessissa. Peruna sisältää energiaa 17,06 MJ/ka kg. Perunan myyntihinta on siten 0,09 €/ka kg, eli 15,3 %:n kuiva-ainepitoisuudella 14 euroa/t kuorimassaa. Mallinnuksessa on oletettu, että peruna myydään suoraan raaka-aineeksi käyttäjälle dekantteri- ja lämpökuivattuna kosteudeltaan 16 % massana.

### ***Kannattavuusvertailu***

Kuorimoperunan sivuvirtojen ohjaaminen rehukäyttöön on kannattavinta sivuvirtojen tuottajalle. Rehun tuotannosta saatava nettovoitto on mallinnuksen mukaan 361 727 euroa eli 15,73 euroa perunankuorimon sivuvirtatonnilta. Tämä hyöty on mahdollista saada vain silloin, kun rehun käyttäjä on tuotantolaitoksen lähellä. Perunan jatkojalostajien mukaan perunakuorimot joutuvat kuitenkin kuljettamaan perunankuorimon sivuvirtoja kauas tuotantopaikastaan, jopa satojen kilometrien päähän.

Paikkatietomallinnuksen mukaan perunankuorimoiden sivuvirrat voitaisiin käyttää rehuksi kuorimoiden lähialueilla, mutta jostain syystä monet karjatilat eivät ole olleet halukkaita ottamaan perunakuorimoiden sivuvirtoja rehuksi. Talvilahden (2011) ja Puumalan (2011) sekä Tauriaisen (2014) mukaan rehun korkea kaliumpitoisuus voi olla yksi syy, mutta suurin syy saattaa olla informaation epäsymmetrisyydessä: Karjankasvatustajilla ei ole riittävää tietoa perunarehun ominaisuuksista ja sana ”jäte” voi aiheuttaa epäluuloa: varsinkin lypsykarjatilat voivat pitää sivuvirtoja epäpuhtaina ja pelätään sen vaikuttavan maidon laatuun. Isot rehutehtaat, jotka välittävät perunan sivuvirtoja, voivat myös olla varovaisia epäpuhtauden tai laadun vaihtelun suhteen.

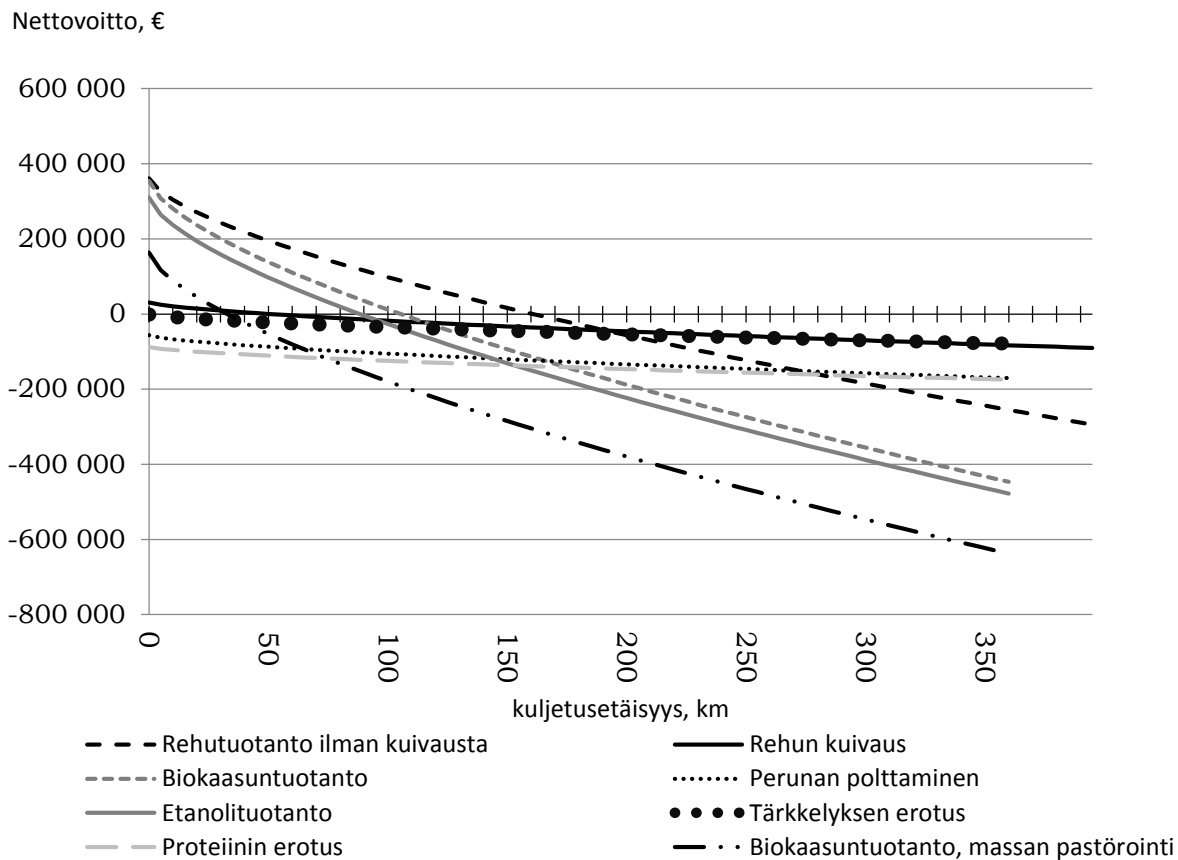
Haastattelujen mukaan (Ylinen 2011) menneinä vuosina ongelmana saattoi olla rehun saatavuuden epätasaisuus, joka vähensi kiinnostusta sivuvirtojen hyväksikäyttöön. Perunan kuorimoiden rakenteessa on kuitenkin tapahtunut suuri muutos: yksiköt ovat kasvaneet suuremmiksi ja kuorimotoiminta on ympärivuotista. Silloin rehun tuotannon määrien tasaisuus ja laadun tasaisuus on paremmin turvattu kuin vielä kymmenisen vuotta sitten, kun suurin osa perunakuorimoista oli vielä pieniä maatilatason kuorimoita.

Perunakuorimon sivutuotteet voidaan myös kuivata rehuksi. Rehun kuivaus aiheuttaa merkittäviä kuivauskustannuksia, mutta pienentää samalla kuljetettavan perunamassan määrää. Mallinnuksen mukaan, jos keskimääräinen kuljetusetäisyys on enemmän kuin 185 kilometriä, perunamassa kannattaa kuivata. Silloinkaan ei kannata kuivata kuin vasta 175 kilometrin ylittäviltä kilometritä.

Perunan kuorimojätteestä voidaan myös valmistaa biokaasua ja etanolia. Biokaasuntuotanto on kannattava vain lyhyellä kuljetusetäisyydellä. Siinä tapauksessa biokaasulaitos pitäisi sijaita perunakuorimon välittömässä läheisyydessä ja siitä pitäisi olla lyhyt yhteys kaukolämpöverkkoon. Jotta biokaasuntuotanto olisi kannattavaa, sen sivutuotteena muodostuva humuslannoite on levitettävä lähelle biokaasulaitosta. Humuslannoite voidaan myös hygienisoida (pastörinti), jolloin se voidaan levittää laitoksen lähellä oleville perunapelloille.

Etanolintuotanto on myös kannattavaa vain lyhyellä kuljetusetäisyydellä. Sen kannattavuus, samoin kuin biokaasutuotannonkin, heikkenee nopeasti, jos kuljetusetäisyydet kasvavat.

Perunan kuorimosivuvirrasta voidaan erottaa tärkkelystä ja proteiineja, mutta sitä ei tutkimuksen mukaan koettu kannattavaksi. Perunan kuorimotuotteiden polttaminen sen korkean kosteuspitoisuuden mukaan ei ole lainkaan kannattavaa. Kuvassa 2 on esitettyä yhteenveto kuljetusetäisyyden vaikutus perunakuorimon sivuvirtojen suhteelliseen hyödyntämiseen eri kuljetusetäisyyksillä.



Kuva 2. Kuljetusetäisyyksien vaikutus perunakuorimon sivuvirtojen kannattavaan hyödyntämiseen

### Johtopäätökset

Ruokaperunantuotannon sivuvirtojen käyttäminen rehuksi on kannattavin sivuvirtojen käyttömuoto. Ongelmana on sivuvirtarehujen huono kysyntä, joka johtaa pitkiin rehun kuljetusmatkoihin. Hyvin pitkillä kuljetusmatkoilla, yli 185 km, perunarehu kannattaa kuivata veden kuljetuksen vähentämiseksi.

Biokaasuntuotanto on lähes yhtä kannattavaa kuin rehuotuotanto, jos biokaasulaitos on aivan perunapakkaamon tai kuorimon läheisyydessä, biokaasu voidaan käyttää hyväksi sekä lämmön että sähköntuotantoon ja syöttötariffit hyödynnetään täysimääräisesti. Ilman syöttötariffeja keskikokoisen perunapakkaamon yhteydessä olevaa biokaasulaitosta ei saada lainkaan kannattavaksi.

Etanolintuotanto on kannattavaa vain, jos rankin kuljetusmatka on hyvin pieni ja rehurankille saadaan rehuarvoa vastaava hinta. Tällöinkin etanolintuotannon kannattavuus perustuu pääosin porttimaksuihin.

Jos perunapakkaamo tai kuorimo toimii lähellä tärkkelystehtasta, voidaan sivuvirrat ohjata tärkkelystehtaalte, mistä voidaan sivutuotteista erottaa sekä tärkkelys että proteiinit. Suomen oloissa ongelmana on tärkkelystehtaiden lyhyt käyntikausi, joka vaatisi sivutuotteiden pitkäaikaista varastointia ja kuorimojätteen kuivausta, joka tekee sivutuotteiden käyttämisen tärkkelysraaka-aineeksi kannattamattomaksi.

Perunan sivuvirtoja voidaan käyttää pellettituotannossa sideaineina ja se sopisi siihen samaan tapaan kuin nykyisin käytettävä natiivitärkkelys. Jotta sivuvirtojen käyttö pellettituotannossa olisi kannattavaa, pellettitehtaan pitäisi sijaita välittömästi perunapakkaamon tai kuorimon läheisyydessä. Suuren kosteuspitoisuuden takia perunan polttaminen ei kannata.

Alhainen hiilijalanjälki, niin perunan tuotannossa kuin perunantuotannon sivuvirtojen hyväksikäytössä, voisi olla sellainen elementti, joka voitaisiin ottaa mukaan tukipolitiikkaan tuotannon ohjaamisen kannustimena. Solunesteen käyttö lannoitteena vähentää hiilijalanjälkeä 26 kg CO<sub>2</sub>-ekv/t verrattuna

kemiallisten lannoitteiden käyttöön. Perunatärkkelyksen hyväksikäyttö energiana tai rehuna alentaa hiilijalanjälkeä 660 kg CO<sub>2</sub>-ekv/t verrattuna fossiilisten polttoaineiden käyttöön tai karjalle suoraan viljeltyjen rehujen käyttöön.

Investointituella ja korkotuella on merkittävä vaikutus sellaisiin investointeihin, joissa investointikustannukset ovat merkittävä osa kokonaiskustannuserää. Tällaisia ovat muun muassa biokaasun- ja etanolintuotanto sekä tärkkelyksen ja proteiinien erottaminen tuotteista. Mikäli yhteiskunta haluaisi panostaa niihin, investointituki olisi tehokas keino vaikuttaa toimijoiden päätöksentekoon.

Syöttötariffi on myös tehokas keino kannustamaan bioenergiantuotantoon, mutta saattaa samalla vääristää ympäristön kannalta jopa merkittävämmän tuotantoteknologian käyttöönottoa.

Porttimaksu, vaikka sen on ajateltu parantavan bioenergiantuotannon kannattavuutta, on bioenergiantuotannon kannalta ongelmallinen. Se saattaa esimerkiksi aiheuttaa perunantuotannon sivuvirtojen ajautumista rehukäyttöön, kun porttimaksut nostavat bioenergian tuotantoon suuntaamisen kustannuksia.

Sopimustuotannolla voidaan varmistaa sivuvirtatuotteen menekkiä myyjälle ja saatavuutta ostajalle. Perunantuotanto keskittyy voimakkaasti Suomen länsirannikolla oleville perunantuotantoalueille suuriin yksiköihin, jolloin sivuvirtojen toimitukset voidaan keskittää paikallisille välittäjille ja siten parantaa kaikkien tarjontaketjun osapuolten hyötyjä. Keskitetyssä tuotannossa voidaan erottaa sivutuotteista myös arvokkaampia komponentteja eri tarkoituksiin.

#### **Lähteet:**

**Henttinen T. 2011.** Useita haastatteluja vuoden 2011 aikana. Solunesteen väkevöinti, proteiinin ja glykoalkaloidien erotus solunesteestä. Perunan kuiturehun käyttö ruokinnassa.

**Knif, M.** Etanolin valmistus jätperunasta. Esitelmä Perunatutkimuksen talvipäivillä 2010 Vaasassa. Petla.

**Kuokkanen, T. 2011.** Useita haastatteluja syksyllä 2011. Dosentti Toivo Kuokkanen, Oulun yliopiston kemian laitos. Jätperunan käyttö puupelletin raaka-aineena. Viittauksia esitutkimukseen: Kuokkanen, T. Rämö, J. Kuokkanen, M. Prokkola, H. 2006. Esitutkimus Kotirannan Vihannesjalosteesta jätvesistä ja kiintoainejätteestä.

**Siljander-Rasi, H. & Valaja, J. 2008.** Kuivaamaton perunaproteiini lihasikojen rehuna. Maataloustieteen Päivät 2008, 10.-11.1.2008, esitelmät ja posterit. Toim. Anneli Hopponen. SMTS.

**Skullbacka, S. 2008.** Perunan kuorimassa tuotanto ja hyödyntäminen Suupohjan alueella. Stefan Skullbackan haastattelu 28.9.2008. Dynamohause

**Suomen Kuljetus- ja logistiikka (SKAL) ry:n tilastot.**

**Talvilahti, A. 2011.** Haastattelu 13.10.2011. Arja Talvilahti, Kotieläinagronomi, ProAgria. Perunarehun käyttö kotieläinten ruokinnassa.

**Tauriainen, S. 2004.** Naudat saavat kaliumia ylimäärin. Kivennäiset nautojen ruokinnassa, osa 4. KMVET 4/2004 s. 24–25

**TIKE 2010.** Perunan tuotantoalat Suomessa vuosina 2005 ja 2010. Maatalouden tietopalvelukeskus.

**Tusche, K., Berends, K., Wuertz, S. Susenbeth, A. & Schulz C. 2001.** Evaluation of feed attractants in potato protein concentrate based diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). USDA. Aquaculture 2011 v.321 no.1-2 pp. 54-60.

**Uusi-Penttilä, P. 2007.** Biokaasun liikennekäyttö Jyväskylän seudulla. Esiselvitys. Jyväskylä Scinece Park. Saatavilla: [http://www.kaapeli.fi/~tep/projektit/liikenteen\\_biopolttoaineet/JKL\\_esiselvitys2004.pdf](http://www.kaapeli.fi/~tep/projektit/liikenteen_biopolttoaineet/JKL_esiselvitys2004.pdf).

**Vilppo, T. 2011.** Sähköpostikeskustelu 28.10.2011. Teemu Vilppo, tutkija. Itä-Suomen yliopisto. Useita viittauksia muun muassa tutkimukseen: Matti Kuokkanen, Teemu Vilppo, Toivo Kuokkanen, Tuomas Stoor & Jouko Niinimäki 2011. Additives in food pellet production – A pilot-scale study of binding agent usage. Bioresources

**Ylinen, M. 2011.** Puhelinhaastattelu elokuussa 2011. Maanviljelijä Mauno Ylinen. Jätperunan rehukäyttö lihanautojen kasvatuksessa.