

Yhteytämisen alkamista keväällä säätelee lämpötila. Esimerkiksi Keski-Suomessa havupuut yhteyttävät selvästi jo huhtikuun alussa, kun ilman lämpötila kohoaa useiden päivien ajaksi nollan yläpuolelle. Lehtipuut aloittavat vasta useita viikkoja myöhemmin lehtien puhjetessa. Yksivuotinen kannoista vesova energiametsä peittää maan vasta kesäkuun loppulla, minkä jälkeen maksimaalisen lehtipinta-alan kasvamiseen kuluu vielä useita viikkoja. Juuri tuotosjakson myöhäinen alkaminen on ongelma, kun sato korjataan vuosittain. Kevään ja alkukesän suuret säteilymäärät jäävät hyödyntämättä. Muutamien paju-kasvustojen tuotosjakso loppuu lähes yhtä myöhään kuin havupuiden.

Parempaan tehokkuuteen pyritään sekakasvustoilla tai jalostamalla sopivampia kasveja. Kumpikin keino on vaikea ja vaatii kasvuominaisuuksien tarkkaa tuntemista. Sekakasvusto on mielenkiintoinen myös mahdollisen tuhoriskin pienemisen takia. Todennäköisesti suurimpaan tehokkuuteen päästään viljeltäessä sekaisin useita lajeja, joiden kasvurytmi on selvästi erilainen.

Tällöin voidaan viljellä myös sellaisia kasveja, jotka sitovat ilmakehän typpä. Kun lisäksi kasvun poltosta syntynyt tuhka palautetaan kasvupaikalle, ei systeemiin tarvita muualta ravinteita ja ekologisen kierron periaate toteutuu.

#### YHTEISTYÖLLÄ TULOKSIIN

Energiapuun kasvattamisen, korjuun ja käytön biologisia, taloudellisia ja teknisiä kysymyksiä tutkitaan samanaikaisesti monissa tutkimuslaitoksissa ja korkeakouluissa. Suomenjoen koeaseman metsänhoidon tutkimus on siten vain osa kokonaisuudesta. Tutkimus on jatkossakin pyrittävä säilyttämään vireänä, ettei läpimurto jollakin osa-alueella jää vailla näistä hyödynnetyksi energiametsätutkimuksen kokonaisuudessa. Energiametsätutkimus edetkään siten, että erilaiset ongelmat innoittaisivat tutkijoita puhaltamaan yhteiseen puuhilleen. □

Veli Pohjonen

# Energiaviljelyn haaste

Suomen metsien vihreä aurinkopaneeli sitoo vuodessa melkoisen energiamäärän: jos niiden vuosikasvu poltettaisiin, saataisiin puolitoistakertaisesti nykyistä öljyntuontiamme vastaava määrä energiaa. Mutta puuta tarvitsee myös teollisuus, joka lohkaisee noin 60 pros. vuosikasvusta. Energiantuotantoon jää tällöin vain hakkuutähde ja jätepuusto. Energiamestilla, viljelemällä peltomaisesti nopeakasvuisia puulajeja, pyritään tehostamaan aurinkoenergian talteenottoa. Energiamestien mahdollisuuksista kirjoittaa Metsäntutkimuslaitoksen Kannuksen koeaseman tutkija Veli Pohjonen.



Pakettipellot, jotka luonnostaankin alkavat lykkätä pajua, sopisivat suurelta osin energian tuotantoon.

Aurinko on ollut ihmiskunnan taloudellisen toiminnan ainut voimanlähde lähes koko tunnetun historiallisen ajan. Pitkään se tarkoitti vain kasvavaa puuta, johon aurinkoenergia oli kemiallisesti sitoutunut. Metsä onkin aurinkoenergian luonnonmukainen väli-varasto. Miltei huomaamattamme maamme metsäpuut sitovat melkoisia määriä auringon säteilyenergiaa, vuosittain runsaat 700 petajoulea (1 petajoule =  $10^{15}$  joule), joka lämpöarvoltaan vastaa noin 17 miljoonaa öljytonnia

eli puolitoistakertaisesti nykyistä öljyntuontiamme.

Puunjaloitusteollisuus keittää selluksi, sahaa tai muuten jalostaa metsiemme vuotuisesta kasvusta noin 60 pros. Loput 40 pros. on jäänyt kasvupaikalleen taimistonperkausjätteenä, latvuksina, oksina ja kantoina.

Metsätähteen keräily hakkeena poltettavaksi on ensimmäinen vaihe maassamme käynnistynyttä energiametsätaloutta. Toisessa vaiheessa kerätään luonnonvesakkoa — hieskoivua, harmaaleppää,

sama määrä puuta.  
okkausta.

en tuotantoon

nergiametsissä  
lven kylmyys.  
lajeilla versot  
vaan paleltu-  
dutaan korjaa-  
vuosittain. Ta-  
attava korjuu  
suurta satoa.  
etä, onko kan-  
vai esimerkiksi  
svimassaa heh-

ÄÄ  
I  
elityksenä on  
ahdollisimman  
nutta kuluttaa  
imman vähän.  
hoa ei voitane  
lla lisätä. Eri-  
tävä huomiota  
avan vihreän  
iseen. Esimer-  
ae, muoto, kos-  
sekä kokonais-  
muuttuminen  
tä. Samoin on  
hengittämis-  
euden vuotui-

LUONTO 6-7/80 39. vsk.

SUOMEN LUONTO 6-7/80 39. vsk.

haapaa ja pajua. Kolmas vaihe, energiaviljely, tähtää tulevaisuuteen: valitaan mahdollisimman nopeakasvuiset energiakasvit voimalliseen peltomaiseen kasvatukseen.

#### YHTEYTTÄMINEN VANGITSEE AURINGONSÄTEILYÄ

Kun auringonsäteet osuvat kasvien lehdille, alkaa yksi elollisen luonnon tärkeimmistä ketjureaktioista: yhteyttäminen eli fotosynteesi. Lehtivihreähiukkaset muuntavat auringon säteet ensin pienempien sähkölatauksiksi, jotka pilkkovat vesimolekyylejä hapeksi ja vedyksi.

Happi vapautuu ilmakehään, korkeaenerginen vety antaa kasville käyttövoiman hiiliketjujen rakennustyöhön. Kasvi kasvaa ja auringon energiaa taltioituu kemiallisesti energiaksi runkoon, oksiin, lehtiin ja juuriin. Puuta poltettaessa kemiallinen energia vapautuu lämpöenergiana.

Fotosynteesissä luonto kelpuuttaa sähkön ja vedyn vain hetkelliseksi välituotteiksi. Sähköä ei voi varastoida, ja vety on liian herkkää räjähtämään. Elävä luonto varastoi energian kemialliseen sidokseen josta energia ei karkaa.

Maapallon kasvillisuus -metsät, pellot, suot - on kuin suuri aurinkopaneeli, joka kerää auringon säteilyä ja varastoi sen vihreyteensä. Kasveihin perustuvan aurinkokennon pystyttäminen on helppoa; kerran kylvettyinä tai istutettuna kasvit rakentavat itse itsensä,

ne myös huoltavat itsensä uudistamalla lehvästöään jatkuvasti.

#### ENERGIAPUUN KERÄILY

Kannus oli koekuntana, kun Metsäntutkimuslaitos kehitti vuonna 1979 energiapuun inventointimenetelmiä. Kannuksen metsistä löytyi pienikokoista, teollisuudelle kelpaamatonta energiapuuta yhteensä 230 000 m<sup>3</sup>, keskimäärin noin 7.5 m<sup>3</sup> metsähehtaarilta.

Keskipohjanmaan oloissa kestävä käyttö ei vaarantuisi, jos energiapuustosta hakattaisiin vuosittain 8—10 %. Näin Kannuksen keskiarvohehtaarilta voitaisiin keräillä vuosittain 0.7 m<sup>3</sup>.

Pienpuun keräily ei paljon energiaa kuluta. Tyypillisessä korjuuketjussa metsuri kaataa kaotakavallisella moottorisahallaan ranteenvahvuista hieskoivua. Telleskooppipuomilla varustettu kuormatraktori kerää rangat oksineen kasoihin palstan syrjään. Rankojen kuivahdettua ne haketetaan palstahakkurilla suoraan kuljetusauton lavalle, ja hake ajetaan kunnalliseen lämpökukukseen.

Koko korjuuketjuun kannolta pesään kuluu vain noin 3.6 pros. siitä energiämäärästä, mikä hakeesta saadaan poltettuna. Yksi sijoitettu energiapanos antaa lähes 30-kertaisen määrän energiaa takaisin. Energian nettosato saadaan, kun hakesadon energiämäärästä vähennetään pienpuun keräilyyn, haketukseen ja kuljetukseen kulunut energia. Kannuksen esimerkissä nettoenergia-

satona saataisiin vuosittain 5.6 gigajoulea (1 gigajoule = 10<sup>9</sup> joulea) hehtaarilta eli yhden öljytynnyrin energiämäärä.

Tähän saakka metsään jääneestä hakkuutähteestä arvioidaan vajaa puolet, 2.9 milj. öljytonnia (116 petajoulea) vastaavan energiämäärän, olevan sellaista, että sen korjuu olisi nykytekniikalla mahdollista.

#### ENERGIANVILJELY

on oppi viljelykasveista ja -menetelmistä, joilla auringon säteilyenergiaa sidotaan ja varastoidaan. Kasvilajista ja kasvinosasta riippumatta jokaisen, täysin kuivan kasvimassakilon energiasisältö on lähes vakio: noin 19 megajoulea (1 megajoule = 10<sup>6</sup> joulea) eli 42 pros. raakaöljykilon energiasisällöstä.

Energiapajun viljelyä on tutkittu maassamme vuodesta 1973. Heti alun pitäen kokeista saatiin lupaavia tuloksia; vuotuiset kuiva-ainesadot ovat vaihdelleet välillä 10—20 tonnia hehtaarilta. Energiapajun viljelytekniikka hallitaan jo pääpiirteissään, ja hehtaarin suuruusluokan koetiljelmät ovat perusteilla.

Pajut ovat olleet lupaavimpia pohjoismaiseen energiaviljelyyn soveltuvia kasveja. Paju on ollut tuottoisin viljelykokeissa. Poppeilta odotettiin alussa paljon, mutta sen maaperävaatimukset näyttävät olevan meille liian korkealla, lähes sokerijuurikkaan tasolla.

Energiapajuja on tuotu maahamme kokeiltaviksi Tanskasta, Unkarista ja Siperiasta. Laajimmin on kokeiltu vesipajua. Muita samantapaisia, ns. kulttuuripajuja ovat koripaju ja muuan koripajuristeymä. 4-H-kerholaiset ovat etsineet nopeakasvuisia luonnonpajuja jalostuksen lähtömaterialiksi.

Pajun viljelyyn soveltuvia maita olisivat maatalouden ylituotannolta liikenevät pellot, pakettipellot, peltoheitot, turvetuotannosta vapautuvat suonpohjat ja ravinteiset, muuten vaikeasti viljeltävät metsäojitusalueet. Energiametsätoimikunnan mietinnön mukaan energiaviljelmiä tulisi perustaa maahamme vuoteen 2000



Esiko Isakainen

Järepuun käyttö polttoaineena säästää tuontipolttoaineita tähdellisempiin tarkoituksiin. Kuvassa pienpuun korjuuta kotitalouskäyttöön; haketettavaksi tarkoitettua puuta ei tarvitse edes karsia.



Veli Pohjonen

Ennen suurimittaisen energiaviljelyn aloittamista selvitetään energiametsien kasvua ja vaikutuksia perusteellisesti sekä koekentillä että kasvihuoneiden astiakokeissa.

mennessä yhteensä 550 000 hehtaaria. Tavoitteena on kahden miljoonan öljytönnin säästäminen (80 Petajoulea).

#### TEHOVILJELY VAATII ENERGIAPANOKSIA

Yhden pajuhehtaarin viljelyssä on poltettava dieselöljyä ja levitettävä lannoitteita saman verran kuin nurmiviljelyssä. Energiaviljelmällä kuluu istutukseen, hoitoon, korjuuseen, haketuksen ja kuljetukseen yli 100-kertaisesti energiaa verrattuna vastaavan pienpuun keräilyyn keskimääräiseltä kannuslaiselta metsähehtaarilta.

Viljelty energiapajukko kasvaa kuitenkin aivan toisella nopeudella kuin luonnonmetsien vesakot. Paras koeruututus on Etelä-Ruotsista, 32 tonnia kuiva-ainetta hehtaarilta vuodessa. 0,3 ha:n laajuusella koekentällä on päästy 18 kuiva-ainetönnin vuotuiseen hehtaarisatoon.

Keski-Suomen korkeudella voi-

taisiin käytännössä tavoitella aluksi 12 kuiva-ainetönnin hehtaarisatota eli noin 44 kiintokuutiometriä vuodessa. Tällainen sato sisältää seitsemänkertaisesti sen energiämäärän, mikä pajuviljelmillä kulutetaan polttonesteenä tai muuna energiana. Energian panos-tuotossuhde on vain 1:7. Energian nettosatona tehoviljellyltä hehtaarilta korjattaisiin noin 170 gigajoulea vuodessa. Se vastaisi noin 5 000 litraa kevyttä polttoöljyä, parin omakotitalon vuotuista tarvetta.

Kasvimassaenergian — niin hakkeen, halon, oljen kuin turpeenkin — tuotannon avainkysymys on energiatase: energian tuotoksen on ylitettava energian kulutus. Energiamestäloudessa, olipa kysymyksessä pienpuun keräily luonnonmetsistä tai energiaviljely, tämä saavutetaan sentään varsin helposti.

Varsinkin energiapuun keräily luonnonmetsistä antaa sijoitetulle

energiapanokselle roiman (noin 30:1) katteen. Tehoviljelyssä tuotosten ja panosten suhde jää sen sijaan vaatimattomammaksi (alle 10:1). Näin laskien energiapuun keräily näyttää paljon järkevämmältä toiminnalta kuin energiapuun viljely.

Tällainen laskutapa on kuitenkin vanhentunut. Eihän tämän päivän viljanviljelyäkään enää mitata kuten Raamatun aikoihin sen mukaan tuottaako kylvetty siemen sata, kuusikymmentä vai kolmekymmentä jyvää, vaan viljelijän saama ansio määräytyy pikemminkin hehtaarilta lasketun nettosadon kuin panos-tuotossuhteen perusteella.

Kannuksen keskimääräinen metsähehtaari tuottaa nettoenergiana öljytönnin verran energiaa vuodessa, kun tehoviljelmän tuotos voisi täyttää puolikkaan perävaunutonta tankkiautoa. Ero on kolmikymmenkertainen.

Hehtaarisatojen merkitys käy vielä selvemmin ilmi seuraavasta esimerkistä. Jos puuhake tulisi olemaan Kannuksen kuntaan rakennetun kaukolämpökeskuksen ainut polttoaine sen käydessä täydellä teholla, miltei koko kunnan nykyinen metsäpinta-ala (noin 28 000 ha) tarvittaisiin energiapuun keräilyyn. Vaihtoehtoisesti tehoviljelyyn tarvittaisiin vain kolmaskymmenesosa eli 500—600 ha.

#### KOHTI ENERGIAVILJELYÄ

Energian nettosatojen vertailu ei kannusta pienpuun keräilyyn metsistä; energian hinnan edelleen noustessa suunta käy kohti energiapuun viljelyä. Tähän viittaa myös muiden viljelyskasvien kehityshistoria: Sata vuotta sitten nurmiheinää ei viljelty pelloillamme ja karjanrehu kerättiin ranta- ja suoniityiltä. Aikanaan heinän ottamista viljelyskasviksi vastustettiin yhtä tunneperäisesti kuin tänään pajun viljelyä. Kaikesta huolimatta lähes puolet peltoalastamme on nykyään nurmiviljelyssä, vaikka karjanrehua riittäisi yhä keräiltäväksi soilta, metsistä ja rannoilta.

Kun luonnonvarojen käyttö siirtyy keräilyasteelta viljelyyn eli

kulttuuriin, pinta-alaa kohti las-  
kettu taloudellinen tulos paranee.  
Näin kävi kun ihmistyövaltainen  
luonnonheinän keräily korvattiin  
tehokkaalla nurmiviljelyllä, jossa  
ovat apuna koneet ja tehokkaat  
työmenetelmät. Tämä kehitys on  
nähtävissä myös energiapuulla.  
Tänään sen keräily luonnonmet-  
sistä tulee maksamaan 60—70  
mk/m<sup>3</sup>. Energiaviljelmällä arvel-  
laan päästävän kolmannekseen,  
noin 20 mk/m<sup>3</sup>.

#### KESTÄVÄÄN ENERGIATALOUTEEN

Uusiutumattoman energian, ni-  
menomaan öljyn, ylivoimainen  
halpuus 1950- ja 1960-luvuilla  
ohjasi yhteiskuntamme ja elä-  
mäntapamme nykyiseen muoti-  
ttiinsa. Halvan öljyn aikakausi on  
kuitenkin päättynyt. Lähitulevai-  
suudessa öljyn osuus länsimaiden  
energiakakusta on korvattava ta-  
valla tai toisella. Kun nykytekniikan  
suomat parannukset raken-  
nusten eristämässä ja muut yksin-  
kertaiset energian säästötoimet  
on toteutettu, varteenotettavia öljyn  
korvaajia jää vain kaksi: ydin-  
voima tai aurinko. Meidän on jo-  
ko hyväksyttävä ydinenergia kaik-  
kine ympäristöriskeineen tai kehi-  
tettävä huokeat menetelmät auri-  
koenergian valjastamiseksi.

Energiaviljelmä on luonnon-  
mukainen tapa auringon energian  
sitomiseen. Vain kasvien avulla  
voidaan riittävän laajat pinta-alat  
ottaa käyttöön. Kasvit ovat myös  
ratkaisu energian varastointiin.

Biomassaan perustuva energia-  
talous on välttämättä myös hajaut-  
tettua, päinvastoin kuin väestö-  
keskuksiin rakennettavat hiili- tai  
ydinvoimalat. Energian tuotan-  
non hajauttaminen ympäri Suo-  
mea tuo myös uusia ansiomahdol-  
lisuuksia viljelijöille.

Luvassa on suomalaisen maise-  
man siistiytyminen. Miljoona  
hehtaaria hoidettuja energiaviljel-  
miä poistaa kulonvärisen ränsty-  
neen pakettipeltomaiseman, ja ti-  
lalle saadaan jälleen lehtivihreää.  
Energiapellot soveltunevat maa-  
laismaisemaan myös paremmin  
kuin jotkut muut uusiutuvan  
energian keräilymenetelmät, esi-  
merkiksi 200 kappaletta noin 100  
metrin korkuisia suurtuulimyllyjä  
joka pitäjässä. □

Mikko Niskasaari

## Hake pyörittää tehdasta

Kotimaisia energialähteitä on — jos vesivoima katsotaan loppuun rakennetuksi — lähinnä turve, jättepuu ja energiametsät. Turve on uusiutumaton luonnonvara, energiametsät antavat vielä odottaa itseään. Hakkuista, taimikoiden harvennuksista ja vesakoiden raivauksista saadaan jatkuvasti jättepuuta, joka soveltuu hyvin teollisuuden kattiloihin. Jättepuun haketusta ja käyttöä lämmön ja sähkön tuottamiseen on kehitetty pari vuotta Kajaanissa Kajaani Oy:n tehtailla.

Kajaani Oy:n Kajaanin tehtaiden vuotuisesta sähkönkulutuksesta tuottaa oma höyryvoimalaitos kolmanneksen, samainen laitos tuottaa myös kaiken tuotannon tarvitseman lämmön. Höyryvoimalaitos rakennettiin aikoinaan 1950-luvulla kivihiilellä ja tehtaiden omilla jätteillä toimivaksi. Ennen turpeen ja hakkeen käyttöönottoa polttoaineista oli keskimäärin kolmannes sulfaattiselluloosatehtaan jäteliettä, kuudesosa kuorta, 8 prosenttia öljyä ja 43 prosenttia kivihiiltä.

Pari vuotta sitten suoritettujen uudistusten tarkoituksena oli korvata juuri kivihiili turpeella ja hakkeella ja nostaa laitoksen kotimaisuusaste näin yli 90 prosentin. Uudistuksen jälkeen ainoa välttämättömän tuontipolttoaine on öljy, jota laitoksessa tarvitaan edelleen tukiliikkina — määrä vaihtelee niin vuodenaajoista kuin kotimaisen polttoaineiden saatavuudesta ja vaikkapa kosteudesta riippuen. Tavoitteena on jatkuva 95 prosentin kotimaisuusaste — paluu kivihiileen on kuitenkin jatkuvasti mahdollinen. Turpeen ja hakkeen käyttöönotto edellytti vajaan 30 miljoonan markan investointeja uuniin ja kuljetuskoneistoihin, siitä valtio korvasi kolmanneksen.

TURPEEN JA HAKKEEN polttoarvo on huomattavasti heikompi kuin kivihiilellä tai polttoöljyllä. Tonni kivihiiltä sisältää

energiaa 25 gigajoulea, kuutiometri haketta 8 gigajoulea. Niinpä turvetta ja haketta tarvitaan paljon: parhaassa tapauksessa 600 000 kuutiota haketta tai 650 000 kuutiota turvetta vuodessa. Sillä korvataan ulkomaista hiiltä 210 000 tonnia, tai öljyä 130 000 tn.

Toistaiseksi turvetta poltetaan enemmän kuin haketta, mutta hakkeen määrä nousee korjuumenetelmien kehittyessä. Haketukseen menevä puuaineesaadaan taimikoista ja hakkuualueilta. Kantoja käytetään vielä vähän, mutta metsämiehet ovat niistä kovasti kiinnostuneita. Haketukseen kelpaa kaikki pienpuu, joskin lehtipuu on paremman polttoarvonsa vuoksi suositumpaa.

#### VESAKOT JA HAKKUUTÄHTEET ENERGIAKSI

Edullisin raaka-ainelähde on riukuasteelle ehtinyt taimikko, jossa ei ole vielä tehty harvennustöitä. Puuaineesen keruu ja käsittely tapahtuu kolmessa vaiheessa. Hakkuumies avaa taimikkoon ajourat 30 metrin välein ja harventaa puuston moottorisahalla ja kerää ne karsimatta nipuiksi. Perässä tuleva metsätraktori kourii niput mukaansa ja kuljettaa ne maantien varressa odottavalle siirrettävälle hakkurille. Hakkurista puru lentää suoraan kuorma-auton lavalle ja matkaa siitä edelleen teh-