

63
METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN

TUTKIJAPÄIVÄT

8.-9.5. 1980

ENERGIAPUUN KASVATUKSEN NÄKYMÄT

Veli Pohjonen

69100 Kannus

p. 968-70861

Metsä on aurinkoenergian luonnonmukainen välivarasto. Miltei huomaamattamme maamme metsäpuut sitovat auringon säteiden kuljettamaa energiaa melkoisia määriä, vuosittain runsaat 700 Petajoulea (10^{15} joulea). Lämpöarvoltaan se vastaa noin 17 miljoonaa öljytonnia eli puoli-toistakertaisesti nykyistä öljyntuontiamme.

Puunjalostusteollisuus keittää selluksi, sahaa tai muuten jalostaa metsiemme vuotuisesta kasvusta 60 prosenttia. Loppu 40 prosenttia on jäänyt näihin saakka kasvupaikalleen metsään lahoamaan taimistonperkauspuuna, latvuksina ja oksina.

Tämän metsätähteen keräily poltettavaksi hakkeena on ensimmäinen vaihe maassamme käynnistynyttä energiametsätaloutta. Seuraava vaihe kasvaa luonnonvesakkoa - hieskoivua, harmaaleppää, haapaa ja pajua. Kolmas vaihe, energiaviljely tähtää tulevaisuuteen: valitaan mahdollisimman nopeakasvuiset lehtipuut voimalliseen, peltomaiseen kasvatukseen. Näin jakautuu myös Metsäntutkimuslaitoksen PERA-projekti (Puu Energian Raaka-Aineena) A-, B- ja C-osaprojekteihin (1).

Pienpuu talteen

Kannus oli koekuntana, kun Metsäntutkimuslaitos kehitti vuonna 1979 energiapuun inventointimenetelmiä. Kannuksen metsistä löytyi pienikokoista, teollisuudelle kelpaamatonta energiapuuta yhteensä $230\ 000\ m^3$, keskimäärin noin $7.5\ m^3$ metsähehtaarilta (2).

Keskipohjanmaan oloissa kestävän talouden periaate ei vaarantuisi jos energiapuustosta hakattaisiin vuosittain 8-10 %. Näin Kannuksen keskiarvohehtaarilta voitaisiin keräillä pienpuuta vuosittain noin $0.7\ m^3$.

Pienpuun keräily ei paljon energiaa kuluta. Tyypillisessä korjuuketjussa metsuri kaataa kaatokahvallisella moottorisahallaan ranteenvahvuista hieskoivua. Teleskooppiuomilla varustettu kuormatraktori kerää rangat oksineen kasoihin palstan syrjään. Rankojen kuivahdettua ne haketetaan palstahakkurilla suoraan kuljetusauton lavalle, ja hake ajetaan kunnalliseen kaukolämpökeskukseen (3). Koko korjuuketjuun kannolta pesään kuluu vain noin 3.6 prosenttia siitä energiamäärästä mikä saadaan hakkeena poltettavaksi. Yksi sijoitettu energiapanos antaa 28-kertaisen määrän energiaa takaisin (Taulukko 1).

Energian nettosato saadaan, kun hakesadon energiamäärästä vähennetään pienpuun keräilyyn, haketukseen ja kuljetukseen kulunut energia. Kannuksen esimerkissä nettoenergiasatona saataisiin vuosittain 5.6 GJ/ha. Se vastaa yhden öljytynnyrin energiasisältöä.

Tähän saakka markkinattomana maatuneesta metsätähteestä arvioidaan vajaan puolikkaan, 2.9 miljoonaa öljytonnia (116 Petajoulea) vastaavan energiamäärän olevan sel-laista että sen korjuu olisi nykytekniikalla mahdollinen (4).

Hieskoivuvesakkoa kasvattamalla

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosasto inventoi ke-sällä 1979 pohjois-pohjalaisten, reheville turvemaille syntyneiden lehtipuutiheikköiden kasvua. Kun viiden met-rin mittaista, runsaan 10 vuoden ikäistä hieskoivuvesak-koa kasvoi todella taajassa, yli 50 000 runkoa hehtaari-lle, mitattiin huomattavia kasvuja. Biomassaa tällainen luonnontiheikkö tuotti samalla nopeudella kuin viljelty, hyvä heinänurmi: 5-7 tn/ha/v (kuiva-ainetta). Hakeraaka-ainetta, runkoja ja oksia koealat kasvoivat parhaimmillaan yli 15 m³/ha/v (5).

Keskitason pohjalaista hieskoivuutiheikköä voisi ajatel-la kasvatettavan 20 vuoden kiertoajalla. Sen kuluessa

koivikko tuottaa hakepuuta noin 150 m^3 (5). Puusto haketettaisiin oksineen, ja kannokko jätettäisiin taas vesomaan.

Yhtä kasvuvuotta kohti tällaisesta luonnontiheiköstä voisi korjata energian nettosatona noin 60 GJ/ha , 10-kertausesti Kannuksen keskiarvohehtaariin verrattuna. Koska luonnon omaa vesomisen kasvuvoimaa käytettäisiin hyväksi ja energiaa kulutettaisiin vain sadonkorjuussa, energian panos-tuotossuhde olisi edelleen edullinen, noin 1 : 36 (Taulukko 2).

Hieskoivuvesakoiden aktiivinen hyödyntäminen olisi jo askel keräilytaloudesta tehokkaampaan luonnonvarojen käyttöön. Vesojen kasvua voidaan edelleen kiihdyttää lannoituksella ja esimerkiksi etsimällä kannokkon vesomisen kannalta sopivimmat korjuumenetelmät. PERA-projektin B-osa selvittää näitä kysymyksiä (6).

Luontojaan syntyneitä energiametsätiheiköitä on jo maassamme odottamassa haketustaan. Esimerkiksi 1960- ja 1970-luvuilla toteutettu metsäojitus synnytti hieskoivikoita yli puolelle miljoonalle keskimääräistä rehevämälle suohehtaarille (7). Energiametsätoimikunta ehdotti kaikkiaan $750\,000 \text{ ha}$ varattavaksi vesametsäkasvatukseen.

Energiaa viljelemällä

E n e r g i a v i l j e l y on oppi viljelyskasveista ja -menetelmistä joilla auringon säteilyenergiaa vastaanotetaan, sidotaan ja varastoidaan. Kasvilajista ja kasvinosasta riippumatta jokaisen sidotun, absoluuttisen kuivan biomassakilon energiasisältö on lähes vakio: noin 19 Megajoulea (3). Se on 42% raakaöljykilon energiasisällöstä (8).

Lupaavimmat pohjoismaiseen energiaviljelyyn soveltuvat kasvilajit kuuluvat sukuun Salicaceae (9). Paju on ollut tuottoisin viljelykokeissa; poppeliltakin odotettiin alus-

sa paljon mutta sen maaperävaatimukset näyttävät olevan meille liian korkealla tasolla.

Energiapajuja on tuotu maahamme kokeiltaviksi Tanskasta, Unkarista ja Siperiasta. Laajimmin koeviljelty laji on nimeltään vesipaju (*Salix cv. "Aquatica"*). Muita samantapaisia, niin sanottuja kulttuuripajuja ovat korieli hamppupaju (*Salix viminalis*) ja koripajuristeymä *Salix dasyclados*. 4H-kerholaiset ovat etsineet nopeakavuisia luonnonvaraisia pajuja jalostuksen lähtömateriaaliksi.

Energiapajun viljelyä on tutkittu maassamme vuodesta 1973. Heti alun pitäen kokeista saatiin lupaavia tuloksia; vuotuiset kuiva-ainesadot ovat vaihdelleet välillä 10 - 20 tn/ha (10). Energiapajun viljelytekniikka hallitaan jo pääpiirtein, ja hehtaarin suuruusluokkaa olevat koeviljelmät ovat perusteilla.

Pajun energiaviljelyyn soveltuvia maita olisivat pakettipellot, peltoheitot, maataloudesta ylituotannon vuoksi liikenevät pellot, turvetuotannosta vapautuvat suonpohjat ja ravinteiset, muuten vaikeasti viljeltävät metsäojitusalueet. Energiametsätoimikunnan mietinnön mukaan energiaviljelmiä tulisi perustaa maahamme vuoteen 2000 mennessä yhteensä 550 000 hehtaaria (7). Tavoittena on kahden miljoonan öljytonnin säästäminen (80 Petajoulea).

Tehoviljely vaatii energiapanoksia

Yhden pajuhehtaarin viljelyssä on poltettava dieselöljyä ja levitettävä lannoitteita saman verran kuin säilörehunurmen viljelyssä. Energiaviljelmällä kuluu istutukseen, hoitoon, korjuuseen, haketukseen ja kuljetukseen yli 100-kertaisesti energiaa verrattuna vastaavan pienpuun keräilyyn keskimääräiseltä kannuslaiselta metsähehtaarilta (Taulukko 3).

Viljelty energiapajukko kasvaa biomassaa kuitenkin aivan toisella nopeudella kuin luonnonmetsien vesakot. Paras koe-

ruututulos on Etelä-Ruotsista: 32 tn/ha/v (11). Käytännön laajuisilla koekentillä (0.3 ha) on päästy sato-tasoon 18 tn/ha/v (12).

Keskipohjanmaan korkeudella käytäntö voisi tavoitella aluksi 12 tonnin keskimääräistä hehtaarisatoa, noin 44 kiintokuutiometriä vuodessa (13). Tämä sato sisältää 7-kertaisesti sen energiamäärän mikä kulutetaan pajuviljelmällä polttonesteenä tai muuna energiana, eli energian panos-tuotossuhde on 1 : 7.

Energian nettosatona tehoviljelyn hehtaarilta korjattaisiin noin 170 GJ/v. Se vastaisi noin 5000 litraa kevyttä polttoöljyä, hyvinkin omakotitalon vuotuista tarvetta.

Energian panos-tuotossuhde vai nettosato?

Bioenergian - niin hakkeen, halon, oljen kuin turpeenkin tuotannon avainkysymys on energiatase: energian tuotoksen on ylitettävä energiapanokset. Energiametsätaloudessa, olipa kysymyksessä metsätähteen keräily, vesametsäkasvatus tai energiaviljely, tase saadaan sentään helposti positiiviseksi.

Sekä pienpuun keräily normaalimetsistä että vesametsäkasvatus antavat sijoitetulle energiapanokselle roiman (noin 30:1) tuotoksen. Tehoviljelyssä tuotosten ja panosten suhde jää sen sijaan vaatimattomammaksi (alle 10:1). Näin laskien esimerkiksi energiapuun keräily näyttää paljon järkevämmältä toiminnalta kuin energiapuun viljely.

Tällainen laskutapa on kuitenkin vanhentunut. Eihän tämän päivän viljanviljelyäkään enää mitata sen mukaan tuottaako kylvetty siemen sata, kuusikymmentä vai kolmekymmentä jyvää. Energiametsätaloudessakin viljelijän saama ansio tulee määräytymään mieluummin hehtaarilta lasketun nettosadon kuin panos-tuotossuhteen perusteella.

Keskimääräinen Kannuksen metsähehtaari tuottaa nettoenergian myytäväksi tai poltettavaksi öljytynnyrillisen

verran energiaa vuodessa, kun taas tehoviljelmältä voisi täyttää puolikkaan (perävaunutonta) tankkiautoa. Ero on kolmikymmenkertainen.

Hehtaarisatojen merkitys käy vielä selvemmin ilmi pinta-alatarpeesta. Jos energiapuuhake tulisi olemaan Kannukseen rakennetun kaukolämpökeskuksen ainut polttoaine sen käydessä täydellä tehollaan, miltei koko Kannuksen nykyinen metsäpinta-ala (n. 28 000 ha) tarvittaisiin energiapuun keräilyyn. Vaihtoehtoisesti tehoviljelyyn tarvittaisiin vain kolmaskymmenesosa, 500-600 ha.

Energiapuun viljely näkyvissä

Energian nettosatojen vertailu suosii tehostettua luonnonvarojen käyttöä; energian hinnan edelleen noustessa suunta käy kohti energiaviljelyä. Tähän viittaavat myös korjuun (raha-) kustannukset. Tänäpä energiapuun hankintakustannus on 60-70 mk/m³, kun taas viljelmällä voidaan päästä siitä kolmannekseen, 20 mk/m³ (14).

Keräilyyn liittyy kuitenkin metsänhoidollinen sivuvaikutus. Kun havupuutaimikot hoidetaan ajallaan ja roska-puu poistetaan, metsästä saatavan arvopuun määrä kasvaa. Pienpuun ja yleensä metsätähteen keräilyllä on myös metsää tervehdyttävä ja siistivä vaikutus. Lahoavassa hakkuutähteessä sikiävien tuhohyönteisten elintila kapenee, ryteikköinen taimistonhoitonäkymä väistyy, ja kaikkinaisen metsän moninaiskäyttö helpottuu. Energiapuun keräily luonnonmetsistä onkin nähtävä metsänhoidon osana, metsänhoitona joka maksaa itse itsensä.

KIRJALLISUUS JA VIITTEET

1. PERA-projektin suunnitelma (Puu energian raaka-aineena) Helsinki 1979. Moniste Metsäntutkimuslaitoksessa.
2. Tiihonen, P. Kannuksessa energiapuuta 230 000 m³. Keskipohjanmaa 8.3.1980 (Sanomalehtiartikkeli tiedotustilaisuudesta).
3. Hakila, P. Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Folia Forestalia 342, 1978.
4. Hakila, P. Osaprojektin A yleisesittely. PERA-symposio, Helsinki 1979. Moniste Metsäntutkimuslaitoksessa.
5. Issakainen, J. Luontaisten vesakoiden biomassan tuotokyvystä. Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja 18, ss. 37-47, 1980.
6. Huikari, O. Osaprojektin B yleisesittely. PERA-symposio, Helsinki 1979. Moniste Metsäntutkimuslaitoksessa.
7. Komiteanmietintö 1979:49. Energiametsätoimikunnan mietintö I.
8. Slesser, M. and Lewis, C. Biological energy resources. E & F N Spon Ltd, London, 1979.
9. Pohjonen, V., Kauppi, P., Pelkonen, P. & Siren, G. Biotic Solar Energy, 1980. Käsikirjoitus.
10. Pohjonen, V. Istutustiheyden vaikutus eräiden lyhytkiertoviljelyn puulajien ensimmäisen vuoden satoon ja pituuskasvuun. Silva Fenn. 8(2), 115-127, 1974.
11. Sirén, G. och Sivertsson, E. Överlevelse och produktion hos snabbväxande SALIX- och POPULUS-kloner för skogsindustri och energiproduktion. Inst. för Skogsförnyring, Rapp. och Uppsatser Nr. 83, 1976.
12. Siren, G. Goals, Means and Results of Energy Forestry. Käsikirjoitus, 1980.
13. Solantausta, Y. ja Asplund, D. Puun käyttö polttoaineena II. Polttoaineominaisuudet. VTT/POV Tiedonanto 25, 1979. energia pajun kuiva-tuoretiheys 270 kg/m³.
14. Karsisto, K. Suullinen tiedonanto, 1980.

15. Tiihonen, P. Suullinen tiedonanto, 1980. Energia-
puustosta voidaan Kannuksen oloissa poistaa kestävästi
vuosittain 8-10 %.
16. Jaatinen, E. Metsäekonomiset tutkimukset I. PERA-
symposio, Helsinki 1979. Moniste Metsäntutkimuslai-
toksessa. Korjuukoneiden energiakulutukseksi arvioi-
tu keskiarvo Jaatisen luvuista.
17. Haketta ajetaan keskimäärin 7 km:n etäisyydeltä läm-
pökeskukseen, kuormaa kohti 1 km siirtymis- ja huolto-
ajoa. Vrt. viite 17.
18. Korjuukoneiden energiakulutukseksi arvioitu keskimää-
räistä tiheämpien vesakoiden vuoksi neljännes Jaatisen
(17) esittämästä vaihteluvälistä.
19. Zavitkovski, J. Energy Production in Irrigated, In-
tensively Cultured Plantations of Populus "tristis"
and Jack Pine. Forest Sci, 25(3), 383-392, 1979. Si-
sältää maanmuokkauksen, istutuksen, rikkakasvien tor-
junnan ja kemikaalien levityksen.
20. Tuhka- ja typpilannoitus yhteensä, vrt. viite 20.
21. Istutustiheys 67 000 pistokasta hehtaarille, pistok-
kaan kasvatuksen energiapanos 21.1 kJ, vrt. viite 20.
22. Korjuukoneiden energiakulutukseksi arvioitu keskite-
tyn tuotannon vuoksi piennimmät Jaatisen (17) esittä-
mistä luvuista.

Taulukko 1. Pienpuun keräilyn energiatase. Esimerkkinä Kannuksen kunta, jossa energiapuuvaroja keskimäärin $7.4 \text{ m}^3/\text{ha}$ (2). Vuosittain siitä oletetaan hakattavan $0.7 \text{ m}^3/\text{ha}$ (15).

Toimenpide	Energiapanos GJ/ha/v	Selitys
Kaato moottori- sahalla	0.0053	7.5 MJ/m^3 (16)
Kasaus kuorma- traktorilla	0.0266	38 MJ/m^3 (16)
Haketus palsta- hakkurilla	0.1645	235 MJ/m^3 (16)
Kuljetus hake- autolla	0.0100	14.3 MJ/m^3 (17)
Energiapanokset yhteensä	0.2064	
Bruttoenergiasato GJ/ha/v	5.7900	8.27 GJ/m^3 (3)
Energian panos- tuotossuhde	1 : 28	3.56 %
Nettoenergiasato GJ/ha/v	5.5836	

Taulukko 2. Vesametsäkasvatuksen energiatase. Esimerkkinä pohjois-pohjalainen koivikko, jota kasvatetaan 20 vuoden kiertoaajalla. Sen kuluessa hakepuuta tuotetaan yhteensä $150 \text{ m}^3/\text{ha}$ ($7.5 \text{ m}^3/\text{ha/v}$)(5).

Toimenpide	Energiapanos GJ/ha/v	Selitys
Kaato moottori- sahalla	0.0398	5.3 MJ/m ³ (18)
Kasaus kuorma- traktorilla	0.2325	31 MJ/m ³ (18)
Haketus palsta- hakkurilla	1.3500	180 MJ/m ³ (18)
Kuljetus hake- autolla	0.1073	14.3 MJ/m ³ (17)
Energiapanokset yhteensä	1.7300	
Bruttoenergiasato GJ/ha/v	62.0300	8.27 GJ/m ³ (3)
Energian panos- tuotossuhde	1 : 36	2.79 %
Nettoenergiasato GJ/ha/v	60.3000	

Taulukko 3. Energiapajuviljelmän energiatase. Esimerkkinä Salix cv. "Aquatika" viljelmä, joka tuottaa runkopuuta 12 tn/ha/v (kuiva-ainetta), eli 44 m³/ha/v (13).

Toimenpide	Energiapanos GJ/ha/v	Selitys
Traktori- polttoaine	5.860	(19)
Lannoitus	12.280	(20)
Pistokkaat	1.410	(21)
Muut	0.100	(19)
Viljely yhteensä	19.650	
Kaato moottori- sahalla	0.132	3 MJ/m ³ (22)
Kasaus kuorma- traktorilla	1.056	24 MJ/m ³ (22)
Haketus palsta- hakkurilla	5.544	126 MJ/m ³ (22)
Kuljetus hake- autolla	0.629	14.3 MJ/m ³ (17)
Korjuu yhteensä	7.361	
Energiapanokset yhteensä	27.011	
Bruttoenergia- sato GJ/ha/v	196.800	16.4 MJ/kg (3)
Energian panos- tuotossuhde	1 : 7	13.7 %
Nettoenergiasato GJ/ha/v	169.790	