



Karelia

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU | KARELIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Laatuhakkeen tuotannon erityispiirteet

Esitys perustuu hankkeen toimenpiteenä tehtyyn raporttiin: Erilaatuisten hakkeiden käyttökohdevaatimuksista ja tuotantokustannuksista. Esa Etelätalo. KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Simo Paukkunen
KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Biotalouden keskus
+358 9131 786
simo.paukkunen@karelia.fi



www.karelia.fi

Hakkurityypit: laikkahakkuri

- Pienen kokoluokan hakkureista laikkahakkuri on yleisin. Laikkahakkuri tekee tasalaatuista haketta, mutta se tarvitsee myös tasalaatuisen raaka-aineen. Sopivia raaka-aineita ovat karsittu ranka, kokopuu tai sahapinnat
- Hakkeen palakokoa voi muuttaa säätämällä terien etäisyyttä vastateristä. Laikkahakkurin terärakenne vaurioituu herkemmin kuin rumpuhakkurin terä. Tästä syystä se ei sovellu latvusmassan haketukseen ja on erityisen herkkä varaston epäpuhtauksille



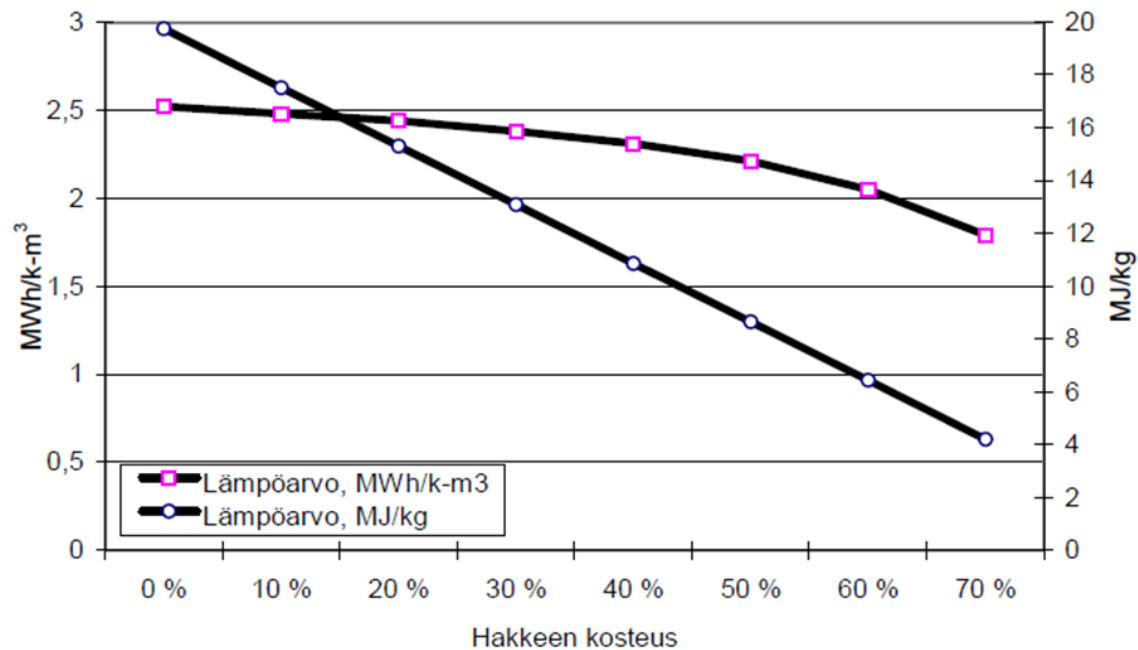
Hakkurityypit: kartioruuvihakkuri

- Kartioruuvihakkuri on perustekniikaltaan yksinkertainen, sillä haketuksen hoitaa vauhtipyörään kiinnitetty ruuvi, joka pyöriessään hakettaa puun ja samalla vetää puuta sisäänpäin
- Kartioruuvihakkuri soveltuu kuitenkin hyvin vain karsitun rangan ja sahauspintojen hakettamiseen, eikä sovellu näin ollen yleishakkuriksi. (Knuutila 2003) Kartioruuvihakkurin hakkeen laatu on palakooltaan tasalaatuista

Hakkurityypit: rumpuhakkuri

- Rumpuhakkuri on laikkahakkuria kaikkiruokaisempi. Laikkahakkurin raaka-ainevalikoiman lisäksi rumpuhakkurit soveltuvat latvusmassan, suurtehorumpuhakkurit jopa risutukkien haketukseen. Rumpuhakkurin terärakenne kestää epäpuhtauksia hieman paremmin kuin muut hakkurityypit.
- Rumpuhakkureissa voidaan käyttää erikokoisia seuloja, joiden avulla saadaan halutun kokoista haketta. Seulat ohjaavat liian isoksi jääneen hakkeen takaisin rummulle. Rumpuhakkurin heikkoutena ovat pitkät tikkumaiset hakepalat, joista voi aiheutua ongelmia lämpölaitoksella hakkeen kuljettimilla. Tiheän seulan käyttö parantaa hakkeen laadun tasaisuutta.

Kosteuden vaikutus on suurin lämpöarvoon vaikuttava tekijä , joten hakkeen polttokäytössä laatu muodostuu lähinnä kahdesta tekijästä: hakkeen palakoosta ja kosteudesta.



Kosteuden vaikutus palotapahtumaan

- Hakkeen liika kosteus aiheuttaa myös normaalia enemmän hiukkaspäästöjä, polttoaineen kulutus on suurempi ja lämpölaitoksen hyötysuhde heikkenee. Tämä johtaa taas siihen, että lämpölaitos joudutaan ylivoimittamaan, jotta sillä pystytään tuottamaan riittävä lämpö kostealla hakkeella ja se lisää investointi-kustannuksia ja vaikuttaa sitä kautta kannattavuuteen.
- Hakkeen palakoko ei vaikuta suuresti itse hakkeen polttoon. Hakkeen seassa olevat erikokoiset puunosat (lähinnä hienoaines ja ylisuuret tikut) aiheuttavat varastossa ja kuljettimilla erilaisia häiriöitä. Häiriöt aiheuttavat ylimääräistä työtä ja häiritsevät lämmöntuotantoa.
- Polttoainekuljettimet voivat mennä tukkoon, jolloin niitä joudutaan puhdistamaan. Polttoainevarastossa saattaa myös esiintyä erilaisia häiriöitä polttoaineen liikkumisessa varastolta palopäälle. Jos haketta taas käytetään esimerkiksi pien-CHP-laitoksessa, on hakkeen palakoolla, sen tasalaatuisuudella sekä hienoainesosuudella suuri merkitys prosessin toimivuuteen.

Kosteuden vaikutus palotapahtumaan

- Hakkeen kosteudella on monia vaikutuksia hakkeen käytön kannattavuuteen ja laatuun. Haketta poltettaessa kosteus vaikuttaa hakkeesta saatavaan energiamäärään sekä tehollisen lämpöarvon että polton hyötysuhteen kautta. Tehollinen lämpöarvo laskee, koska kosteuden haihduttaminen kuluttaa poltettaessa energiaa. Polton hyötysuhteen aleneminen taas johtuu kosteuden aiheuttamasta epätäydellisestä palamisesta ja toisaalta matalammasta palamislämpötilasta. Korkea kosteusprosentti lisää polttolaitoksen hiilimonoksidi-, hiilivety- ja hiukkaspäästöjä. Kosteaa hake aiheuttaa talvella jäädyttyään tukoksia lämpölaitosten kuljettimille ja syöttölinjoille

Pien – CHP ja hakkeen laatu

- Mikro-CHP-laitoksessa hakkeen kosteus on kriittinen tekijä laitoksen toimivuuden kannalta. Nykyisissä laitoksissa hakkeen pitää olla kosteudeltaan vähintään 18 %, mieluummin 15 % tai sen alle ja tuohon hakkeen kosteuteen päästään ainoastaan keinokuivaamalla.

Varastointi ja luonnonkuivaus, tehoa ja tuloksellisuutta?

- Energiapuun varastointiajat vaihtelevat. Usein optimivarastointiajasta joudutaan poikkeamaan varastojen logististen järjestelyjen vuoksi. Varastointiajat vaihtelevat muutamasta kuukaudesta jopa kahteen vuoteen. Kesän kuivattava vaikutus on huomattava ja niinpä energiapuun pitäisi antaa kuivua vähintään yhden kesän yli.
- Kaatotuoreen puun kosteus on 50 - 60 %. Kesäaikaisella varastoinnilla ilmavassa ja tuulisessa varastossa pienpuulla on päästy alle 40 % kosteuteen. Jo kuivunut, varastoitu pienpuu ei kastu talven aikana hakkuutähteen tavoin. Optimiolosuhteissa voidaan päästä jopa 25 – 20 % kosteuteen

Varastointi

- Liian pitkät varastointiajat aiheuttavat kuiva-ainetappiota, joka osaltaan alentaa varaston energiasisältöä. Toisaalta varastossa on myös kiinni rahaa, jonka korkokustannukset juoksevat koko ajan. Tämän takia varastointiaika tulisi pitää mahdollisimman lyhyenä, mutta toisaalta riittävän pitkänä, että luonnonkuivumisen hyöty käytetään hyväksi. Kesäaikainen nopea kuivattaminen varastossa on tehokkainta, mutta hakettaessa metsävarastosta suoraan käyttöön, ei lämmöntarve ala vielä heti syksyllä eikä kaikkia energiahakkuita voida ajoittaa keväeseen.
- Kostean hakkeen varastoiminen on ongelmallista, koska siinä syntyy erilaisia homeita ja kasa alkaa hitaasti lämmetä. Yhtenä ratkaisuna voisi olla energiapuun hakettaminen kaatotuoreena, jolloin hakettaessa hakkeen laatu on parempi, koska hienoainesta on vähemmän ja hake on vähemmän tikkuista. Tuore hake sitten keinokuivattaisiin riittävän kuivaksi ja varastoitaisiin.

Hakkeeseen laatua vai ei?

- Hakkeen laatutekijöistä kosteutta pidetään merkittävimpänä . Tietysti hakkeen käyttötarkoitus vaikuttaa siihen, kuinka suuri merkitys hakkeen kosteudella on sen laatuun.
- Esimerkiksi pienillä hakelämpölaitoksilla hakkeen kosteus ei mieluummin saisi ylittää n. 40 %, jotta hakkeen poltto olisi ongelmaton. Suuremmille laitoksille taas kosteampikin hake käy eikä kosteus vaikuta ratkaisevasti polttotapahtumaan.

Kosteuden vaikutus polttoaineen lämpöarvoon

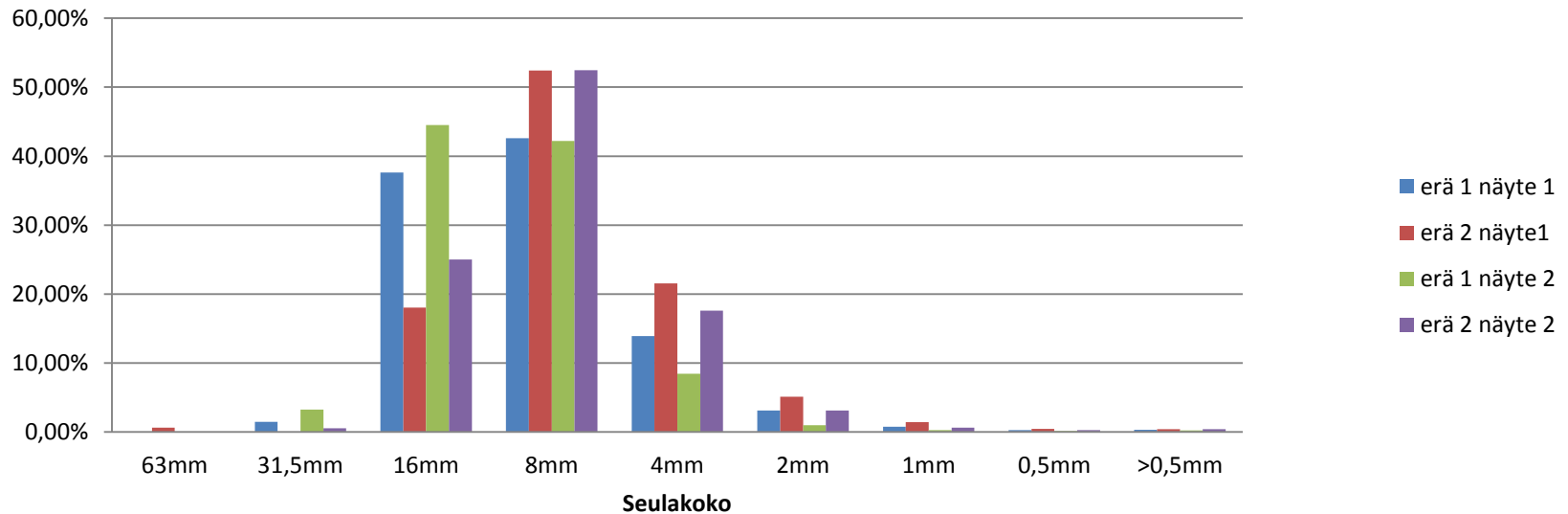
Polttoaine-erän kokonaiskosteus saapumistilassa %	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa MJ/kg	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa kWh/kg
60	6,25	1,74
55	7,34	2,04
50	8,43	2,34
45	9,52	2,64
40	10,60	2,95
35	11,69	3,25
30	12,78	3,55
25	13,86	3,85
20	14,95	4,15
15	16,04	4,46
10	17,13	4,76
5	18,21	5,06
0	19,30	5,36

Luonnonkuivaus

- Luonnonkuivauksella varastossa kuivatusta puusta haketettu hake voi parhaimmillaan olla 20 - 25 % kosteata, mutta normaaliolosuhteissa saavutetaan noin 35 % kosteus. Varastossa puuta kuivattaessa ollaan luonnon armoilla ja loppukosteus ei ole aina ennustettavissa.
- Hakkeen keinokuivaus haketuksen jälkeen on välttämätöntä, kun hakkeelta vaaditaan edellä mainittuja lukuja alhaisempia kosteuksia tai halutaan nopeuttaa energiapuun kiertoa ja välttää varastoon sitoutuneen pääoman korkomenoja.

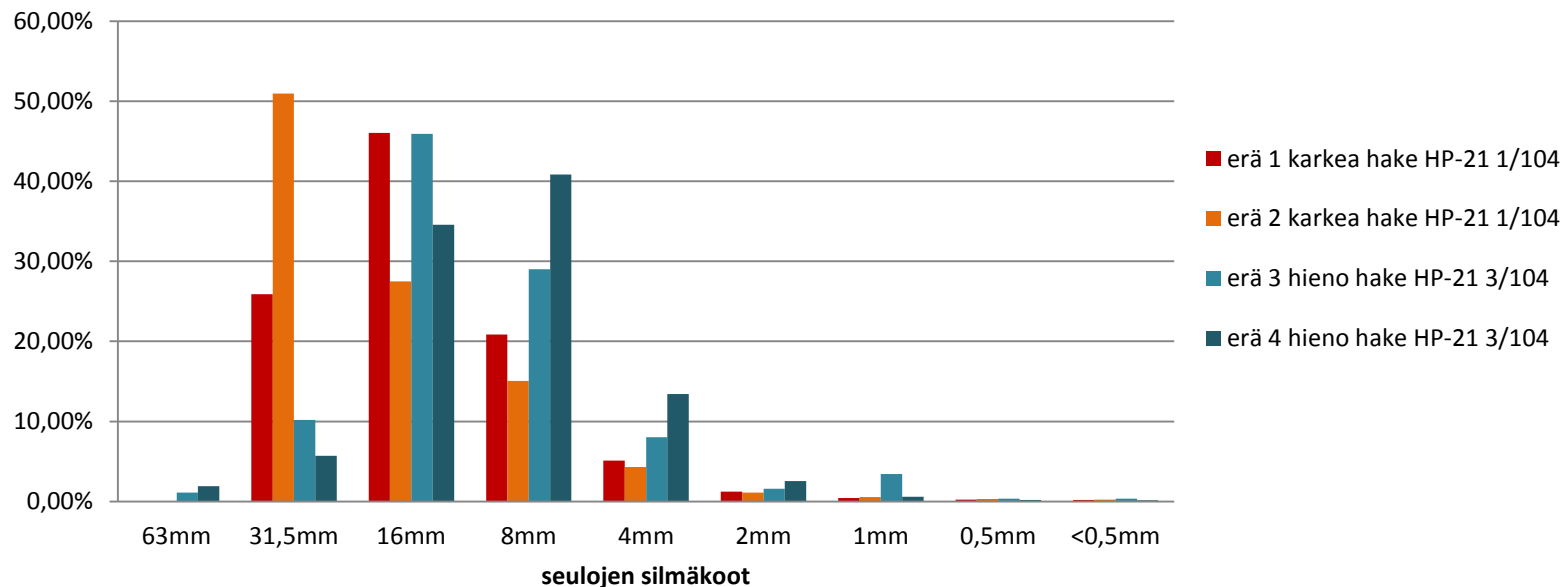
Hakkeen palakokojakauma oli kuvion 6 mukainen. Palakoon mediaaniarvo vaihteli eri näytteissä välillä 5,61 - 7,79 mm:ä. Näytteiden mediaaniarvojen keskiarvo oli 6,63 mm:ä. Hakkeen hienoainesosuus (alle 8 mm) oli 13 % ja yli 63 mm paloja oli alle 1 % seulotusta hakkeesta.

Laikkahakkurin palakokojakauma



Kuviossa näkyy kartioruuvihakkurilla tuotetun hakkeen palakokojen jakautuminen eri kokoluokkiin. Hakenäytteiden palakokojen mediaanit karkeammassa hakkeessa olivat 14,05 mm:ä ja hienommassa hakkeessa 8,25 mm:ä. Hieno-ainesosuus karkeammalla hakkeella (alle 8 mm) oli 6-7 % ja hienommalla hakkeella 14 – 15 % ja yli 63 mm paloja hakkeissa oli karkeammassa 0 % ja hienommassa 1 %.

Kartioruuvihakkurin palakokojakauma



Laatuhakkeen käyttöpaikkahinnat (€/m³ ja €/MWh) ketjulla mänty-rangan korjuu, kaatotuoreen mäntyranan välivarastohaketus ja hakkeen kuljetus käyttöpaikalle ilman organisaatiokuluja ja kantohintaa ja niiden kanssa. Hakkeen loppukosteus 55 %.

Hakkuri	Ilman organisaatiokuluja ja kantohintaa		Organisaatiokulut 3 €/m ³ ja kantohinta 5 €/m ³	
	€/m ³	€/MWh	€/m ³	€/MWh
Rumpuhakkuri	33,0	18,3	41,0	22,7
Laikkahakkuri	46,7	25,9	54,7	30,3
Kartioruuvihakkuri, pienempi hake	57,8	32,1	65,8	36,5
Kartioruuvihakkuri, suurempi hake	48,1	26,7	56,1	31,1

Laatuhakkeen käyttöpaikkahinnat (€/m³ ja €/MWh) ketjulla kaato-
tuoreen mäntyranjan korjuu, kaukokuljetus puutavara-autolla
käyttöpaikalle ja käyttöpaikkahaketus ilman organisaatiokuluja ja
kantohintaa ja niiden kanssa. Hakkeen loppukosteus 55 %.

Hakkuri	Ilman organisaatiokuluja ja kantohintaa		Organisaatiokulut 3 €/m ³ ja kantohinta 5 €/m ³	
	€/m ³	€/MWh	€/m ³	€/MWh
Rumpuhakkuri	32,3	17,9	40,3	22,3
Laikkahakkuri	37,9	21,0	45,9	25,4
Kartioruuvihakkuri, pienempi hake	44,2	24,1	52,2	28,5
Kartioruuvihakkuri, suurempi hake	39,6	21,9	47,6	26,3

Laatuhakkeen tuotantokustannukset

																			TEM keskihinta
		rumpu	kemeran	rumpu	kemeran	laikka	kemeran	laikka	kemeran	kartio iso	kemeran	kartio iso	kemeran	kartio pieni	kemeran	kartio pieni	kemeran	markkinahinta	markkinahinta
puumäärä, m ³		e/ m ³	kanssa	e/mwh	kanssa	e/ m ³	kanssa	e/mwh	kanssa	e/ m ³	kanssa	e/mwh	kanssa	e/ m ³	kanssa	e/mwh	kanssa	€/m ³	e/MWh
3000 kuorellinen hinta, kosteus 55		40,3	33,3	22,3	18,4	45,9	38,9	25,4	21,5	47,6	40,6	26,3	22,4	52,2	45,2	28,5	24,7	45	25
3000 kuorellinen hinta, kosteus 15, lämpökuivaus		63,3	56,3	34,3	30,5	68,9	61,9	37,4	33,6	70,6	63,6	38,3	34,5	75,2	68,2	40,5	36,7	63	35
3000 kuoreton hinta, kosteus 15, lämpökuivaus		67,3	60,3	36,3	32,5	72,9	65,9	39,4	35,6	74,6	67,6	40,3	36,5	79,2	72,2	44,5	40,6	63	35

Laatuhakkeen tuotannon taloudellinen houkuttelevuus

tulos verrattuna markkinahintaa												
rumpu	rumpu	laikka	laikka	kartio iso	kartio iso	kartio pieni	kartio pieni	rumpu	laikka	kartio iso	kartio pieni	
e/ m3	e/mwh	e/ m3	e/mwh	e/ m3	e/mwh	e/ m3	e/mwh	e	e	e	e	
	4,7	2,7	-0,9	-0,4	-2,6	-1,3	-7,2	-3,5	14100	-2700	-7800	-21600
	-0,3	0,7	-5,9	-2,4	-7,6	-3,3	-12,2	-5,5	-900	-17700	-22800	-36600
	-4,3	-1,3	-9,9	-4,4	-11,6	-5,3	-16,2	-9,5	-12900	-29700	-34800	-48600

tulos verrattuna markkinahintaa, kemera												
rumpu	rumpu	laikka	laikka	kartio iso	kartio iso	kartio pieni	kartio pieni	rumpu	laikka	kartio iso	kartio pieni	
e/ m3	e/mwh	e/ m3	e/mwh	e/ m3	e/mwh	e/ m3	e/mwh	e	e	e	e	
	11,7	6,6	6,1	3,5	4,4	2,6	-0,2	0,3	35100	18300	13200	-600
	6,7	4,5	1,1	1,4	-0,6	0,5	-5,2	-1,7	20100	3300	-1800	-15600
	2,7	2,5	-2,9	-0,6	-4,6	-1,5	-9,2	-5,6	8100	-8700	-13800	-27600



Kiitos!

Simo Paukkunen
KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Biotalouden keskus
+358 9131 786
simo.paukkunen@karelia.fi



www.karelia.fi