



HANNU LÄHDEVAARA | VARPU SAVOLAINEN | MARKKU PAANANEN | ANTTI VANHALA



MAILTA JA MANNUILTA SOILTA JA SALOILTA

Selvitys Keski-Suomen biomassakuljetusten logistiikasta



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU | JAMK.FI

Mailta ja mannuilta, soilta ja saloilta



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2007-2013



KESKI-SUOMEN LIITTO



Bioenergiasta elinvoimaa BEV

JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUJA 107

HANNU LÄHDEVAARA
VARPU SAVOLAINEN
MARKKU PAANANEN
ANTTI VANHALA

Mailta ja mannuilta, soilta ja saloilta

SELVITYS KESKI-SUOMEN BIOMASSAKULJETUSTEN LOGISTIIKASTA



JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU

Teknologiayksikkö

JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUJA –SARJA
Toimittaja • Eva Ijäs

© 2010

Tekijät & Jyväskylän ammattikorkeakoulu

MAILTA JA MANNUILTA
Selvitys Keski-Suomen biomassakuljetusten logistiikasta

Kannen kuvat • Heikki Autio, Varpu Savolainen ja Jyväskylän Energia Oy
Ulkoasu • Pekka Salminen
Taitto & paino • Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print • 2010

ISBN 978-951-830-176-2
ISSN 1456-2332

MYYNТИ JA JAKELU
Jyväskylän ammattikorkeakoulun kirjasto
PL 207, 40101 Jyväskylä
Rajakatu 35
40200 Jyväskylä
Puh. 040 552 6541
Faksi (014) 449 9695
Sähköposti: julkaisut@jamk.fi
www.jamk.fi/kirjasto

VERKKOKAUPPA
www.tahtijulkaisut.net

Esipuhe

Keski-Suomessa tavoitellaan biopolttoaineiden laajaa ja monipuolista käyttöönottoa energiantuotannossa. Tähän ovat poikkeuksellisen suotuisat olosuhteet, sillä maakunnassa on toteutettu jo vuosikymmeniä aktiivista bioenergian kehittämistoimintaa ja sen myötä alueelle on keskittynyt alan asiantuntemusta, aktiivisia yrityksiä ja mittava määrä bioenergiainvestointeja. Maakuntaan on muodostunut erittäin intensiivinen biopolttoainemarkkina. Keski-Suomessa asetettujen tavoitteiden mukaisesti biopolttoaineiden tuotanto ja käyttö tulevat lähivuosina lähestymään teknis-ekologista maksimia eli tilannetta, jossa biomassaa hyödynnetään suurin mahdollinen teknisesti ja taloudellisesti korjattavissa oleva määrä – kuitenkin niin, että ekologisen kestävyysperiaate toteutuu.

Kasvavaan kysyntään vastaavan biopolttoainehuollon kehittyminen edellyttää entistä korkeampaa osaamista, parhaita teknologioita ja optimaalisesti toimivaa järjestelmää. Biopolttoaineen laitoshinnasta valtaosa aiheutuu kuljetuskustannuksista. Samalla toimitusten ajoitukselle ja polttoaineen laadulle on asetettu tiukat kriteerit. Kokonaisuuden onnistumisen kannalta polttoainelogistiikka on hyvin keskeisessä asemassa.

Logistisen järjestelmän rakentaminen vaatii yhteistyötä yritysten ja alueiden käytön suunnittelusta vastaavien viranomaisten sekä liikenteen infrastruktuurien rakentamiseen osallistuvien tahojen kesken. Erityisesti maakuntaliitto, kunnat ja ELY-keskus tarvitsevat tietoa bioenergiamarkkinoiden tarpeista, jotta viranomaiset voisivat parhaalla tavalla tukea bioenergiasektorin kehitystä.

Toisaalta yrityssectorille on arvokasta tietää, millaisia järjestelyjä biopolttoainelogistiikkojen toteuttamiseksi maakunnassa on kaavailtu. Investointien tehokas kohdistaminen, päällekkäisyyksien välttäminen ja kehittämistarpeiden tunnistaminen ovat mahdollisia, mikäli eri osapuolilla on kokonaiskuva tilanteesta ja tavoitteista.

Tämä työ on toteutettu ”*Selvitys energiabiomassojen kuljetuslogistikasta, Biologi*” -nimisen projektin kautta. Projekti on osa Bioenergiasta elinvoimaa -klusterin kehittämishanketta. Projektin toteutti Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Selvitystyöhön ja sen rahoittamiseen ovat osallistuneet Keski-Suomen liiton lisäksi Vapo Oy, Transidea Oy, KSLaatuener-

gia Oy, Jyväskylän Energia Oy, VR Cargo ja Keski-Suomen Ely-keskus/ Liikenne ja infra. Myös JYKES Oy on osallistunut selvityksen toteuttamiseen.

Työn tuloksena syntynyt selvitystä Keski-Suomen bioenergialogistiikasta voidaan erityisesti pitää alan elinkeinoelämän näkemyksenä alan kehityssuunnasta ja kehittämistarpeista. Raportti tuo myös esille biomassakuljetusten erityispiirteitä ja taustoittaa logistiikkaan liittyviä haasteita.

Raporttia jaetaan eri viranomaisille ja kunnille sekä elinkeinoelämälle taustatiedoksi päätöksenteolle. Toivon, että tämä julkaisu kuuluu toimijoiden käsissä ja ohjaa maakunnan bioenergian logistisen järjestelmän kehittymistä parhaaseen mahdolliseen suuntaan.

Kiitän kaikkia projektin toteutukseen ja sen rahoittamiseen osallistuneita.

Jyväskylässä 31.3.2010

Markku Paananen

Jyväskylän ammattikorkeakoulu,

Bioenergiasta elinvoimaa –klusteri, kehittämispäällikkö

Sisällys

YHTEENVETO: BIOMASSALOGISTIIKAN HAASTEET JA KEHITTÄMISEHDOTUKSET KESKI-SUOMESSA	11
Metsähakkeen logistiikka	11
Turpeen logistiikka	13
Ruokohelven logistiikka	14
Maanteiden, rautateiden ja vesiteiden kehittämisestä	15
Ympäristönäkökohtia	16
BIOMASSOJEN LOGISTIIKKA KESKI-SUOMESSA	18
Taustaa	18
Tehtävänmäärittely	19
Projektin tavoite	21
Projektin toteutus	21
Bioenergiasta elinvoimaa –klusteri	22
Biopolttoaineen logistiikka	23
Määrittely ja lähtökohdat	23
Sähkö- ja lämpöenergian kysyntäkäyrät	24
METSÄHAKKEEN LOGISTIIKKA	27
Metsähakkeen käytön tavoitteet	27
Raaka-ainelähteet	32
Hake	33
Tuotantomenetelmät	33
Tuotantomallit ja toimitusketjut	36
Metsähakkeen laadulla on suuri merkitys asiakkaalle	38
Hakkeen laatutekijät	38
Energiapuun mittaus	41
Puupolttoaineiden käyttökohteet Keski-Suomessa	43
Energiapuun toimittajat Keski-Suomessa	44
Materiaalivirrat	46
Kuntien korjuupotentiaali ja käyttö	46
Materiaalivirrat käyttömäärien perusteella	48
Jyväskylän Energia Oy:n voimalaitokset	49
Jämsänjokilaakson voimalaitokset	52
Äänekosken voimalaitokset	53

Toimitusketjun kustannukset.....	53
Toimitusketjun hallinnan näkökulmia	57
Ominaisuuksia ja vaatimuksia.....	57
Terminaalien perustamiseen liittyviä näkökohtia.....	59
Toimitusten ohjaus.....	64
Operatiivisen toiminnan ohjaus	65
Tienvarsivaraston perustaminen.....	66
Tienvarsivaraston hoito.....	67
Materiaalin vastaanotto laitoksella.....	68
Kuljetuskalusto	70
Autokuljetus	70
Autokuljetusjärjestelmä.....	73
Junakuljetus.....	74
Auto- ja junakuljetusjärjestelmä	75
Aluskuljetus	77
Saimaan vesistöalueen kokemukset.....	77
Keitele-Päijänne -vesistöalue.....	78
TURPEEN LOGISTIIKKA	83
Suo- ja turvemaiden alueellinen jakaantuminen	83
Turvetuotanto	84
Turpeen käytön tavoitteet	87
Turve käsiteltävänä materiaalina.....	90
Tuotanto ja varastointi suoalueella.....	90
Toimitusten ohjaus.....	92
Kuljetukset.....	93
Toimituksen hinnan muodostuminen.....	94
Keski-Suomen merkittävimmät turpeen käyttäjät.....	95
Vastaanotto voimalaitoksella.....	98
Junakuljetusten mahdollisuudet	99
Turpeen logistiikan kehittämisen haasteita	100
RUOKOHELPI JA MUUT PELTOBIOMASSAT	101
Ruokohelven käytön nykytilanne voimalaitoksilla	101
Ruokohelpituotannolla mittavat tavoitteet Keski-Suomessa.....	102
Keski-Suomen ruokohelpikeskittymät Viitasaaren-Pihtiputaan ja Joutsan seuduilla.....	102
Panostusta Saarijärven reitillä	104

Jyväskylän Energia Oy suurin käyttäjä Keski-Suomessa.....	105
Ruokohelven kuljetuksista.....	106
Kannattavin kuljetusvaihtoehto: paaleina käyttöpaikalle	106
Haasteina mm. rekkaralli ja tukipolitiikka.....	106
Ruokohelpikuljetuksissa vielä kehittämisen sijaa.....	107
Pyöröpaalit kanttipaaleja yleisempiä.....	108
Paalit tasalaatuisiksi vakioiduille lastauspaikoille	109
Polttoteknisiä haasteita.....	110
Kriittistä suhtautumista terminaalitoimintaan	110
Viljelijät kaipaavat edelleen koulutusta, tiedonvälitystä ja toiminnan läpinäkyvyyttä.....	110
Muut peltobiomassat.....	112
LIIKENNEVÄYLIEN KEHITTÄMISESTÄ JA KUNNOSSAPIDOSTA.....	113
Liikenneväylien vastuuorganisaatiot.....	113
Maantie ja rautatieverkon kehittämislinjauksista	113
Keitele-Päijänne vesitie.....	117
Keski-Suomen maanteiden hoito ja ylläpito.....	118
Päällystetyt tiet	118
Soratiet	119
Yksityistiet.....	121
Metsätiet	122
Sillat.....	123
Lumi- ja jäätiet.....	123
YMPÄRISTÖNÄKÖKOHTIA.....	124
Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen	124
Energiatehokkuus	124
Päästönormit.....	125
Kuorma-autokanta	126
Pakokaasupäästöjen ja energian kulutuksen mittaaminen	127
Eri kuljetusmuotojen aiheuttama hiilidioksidipäästöjen määrä Suomessa	129
LÄHTEET.....	130

YHTEENVETO: Biomassalogistiikan haasteet ja kehittämisehdotukset Keski-Suomessa

Metsähakkeen logistiikka

On arvioitu, että metsähaketta voidaan korjata Keski-Suomesta noin 1,5 milj. m³. Maakunnassa on paljon pieniä lämpölaitoksia, useita keskisuuria voimalaitoksia ja muutama suuri voimalaitos. Metsäbiomassan käyttö keskittyy Jyväskylään, Jämsänjokilaaksoon ja Äänekoskelle. Jyväskylän ja sen lähiympäristön metsäbiomassavarat eivät riitä Jyväskylän Energia Oy:n voimalaitoksille vaan materiaalia on kuljetettava kauempaa. Myös Jämsänjokilaaksoon kuljetetaan jonkin verran metsäbiomassaa kauempaa, esimerkiksi Pohjois-Savosta.

Metsäbiomassa kuljetetaan käyttökohteeseen raakapuuna (latvusmassa, pienpuu ja kannot) ja hakkeena, joka valmistetaan pääosin tienvarsivarastoilla. Hake päätyy voima- tai lämpölaitosten kattiloihin erilaisen toimitusketjujen kautta. Ketjujen kokonaiskustannukset vaihtelevat. Latvusmassaketjulla on pienin kokonaiskustannus, kun taas kannoista ja pienpuusta valmistetun hakkeen kustannukset ovat selvästi suuremmat.

Hake valmistetaan suurelta osin autohakkurilla ja kuljetetaan käyttökohteeseen hakeautolla. Kannot, latvusmassa ja pienpuu kuljetetaan nk. energiapuuautolla.

Suuritehoisten siirrettävien murskainkoneiden määrä on lisääntymässä. Niitä voidaan käyttää sekä terminaaleissa, käyttökohteissa että jonkin verran tienvarsivarastoilla.

Keski-Suomen alueelle on rakennettu ja edelleen rakennetaan metsäbiomassan varastoalueita eli terminaaleja. Ne sijoittuvat sekä pääteiden että rautateiden varsille. Terminaalien rooli toimitusketjussa näyttää kasvavan. Niiden avulla voidaan parantaa raaka-aineiden toimitusvarmuutta laitoksille. Myös eri polttoainejakeiden varastointi tuo lisäarvoa koko toimitusketjuun. Terminaalit ovat raaka-aineen käsittelypaikkoja, joissa pienistä eristä muodostetaan isompia toimituseriä ja erilaisia seoksia, raaka-ainetta murskataan, haketetaan ja sitä kuljetetaan eteenpäin.

Useat tekijät vaikuttavat raaka-aineiden toimituksiin:

- raaka-aineiden saatavuus
- kysynnän vaihtelut
- varastojen käyttö
- kuljetusvälineiden valinta
- hakkeen/murskeen valmistuspaikka ja -ajankohta
- energiapuuvarantojen määrä ja sijainti
- kelirikkokausien aiheuttamat kuljetuskatkot
- voimalaitosten ajojärjestys.

Haasteena on löytää ratkaisut raaka-aineiden saatavuuteen ja kysynnän hallintaan. Tarvitaan mekanismi, jonka hyväksyvät sekä raaka-aineen tuottajat että energialaitokset.

Kuljetusvälineitä ja hakkureita on saatavissa nopeastikin, jos kysyntä kasvaa. Jos kysyntä on hyvin vaihtelevaa, saattavat kalusto- ja terminaali-investoinnit olla osittain turhia. Jos kuljetusketjussa toimitaan pelkästään autokuljetusten varassa, saattaa ongelmaksi nousta osaavien kuljettajien saatavuus.

Jokainen hakkeen toimittaja suunnittelee toimintansa omien lähtökohtiensa mukaan. Kysynnän voimistuessa nousee väistämättä esiin kysymys, osataanko ratkaista monista eri toimitusketjujen toteutustapojen vaihtoehdoista se paras mahdollinen.

Rautatie- ja vesitielikuljetusten varaan ei voida vielä suunnitella kattavia kuljetuspalveluja, koska infrastruktuuri ei ole valmis. Infrastruktuurin rakentaminen toteutetaan pääosin julkisin varoin ja rakentamiseen on suunniteltu tietty järjestys. Kokonaisvaltainen kustannustarkastelu osoittaa usein, ettei näille kuljetusmuodoille siirry metsäbiomassaa tai sitä siirtyy vain vähän. Onko olemassa sellaisia alueita, joista kuljetukset olisivat mahdollisia rautatie- ja vesiteitse? Tunnistavatko logistiikan parissa työskentelevät nämä mahdollisuudet? Näihin kysymyksiin tulisi vielä hakea vastaukset.

Kysynnän kasvaessa lisääntyy myös kysynnän vaihtelu. Tarvitaan entistä suurempia varastoja. Varastointiaika pitenee. Miten merkittävästi raaka-aineiden laatu heikkenee varastoinnin aikana? Hyvän laadun ylläpitämiseksi on tärkeää, että asiakas ja toimittaja yhdessä ohjaavat toimituksia. Laadun ylläpitäminen on luonnollisesti kaikkien toimijoiden yhteinen etu. Keskeinen haaste tässä yhteydessä on löytää kuljetuksen ja varastoinnin tasapaino.

Turpeen logistiikka

Turpeen toimitusketju on yksinkertaisempi kuin metsäbiomassan toimitusketju. Toimintaa voidaan verrata viljan tuotantoon. Turve kerätään tuotantosuolta aumavarastoon kesän aikana ja myydään voima- ja lämpölaitoksille talven aikana. Aumavarastot ovat syksyllä suuria ja sitovat siten paljon pääomia. Toimitukset varastoista toteutetaan autokuljetuksina suoraan käyttöpaikoille. Käyttöpaikoilla tarvitaan vastaanottohalli auton purkamiseen.

Turvetta tuotetaan eniten Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaan maakunnissa. Turvetuotantoalaa on mahdollista lisätä merkittävästi em. maakuntien lisäksi Lapin, Pohjois-Karjalan ja Kainuun maakunnissa. Keski-Suomessa turvetuotantoalueet ovat sijoittuneet maakunnan luoteis- ja kaakkoisosiin. Energiaturpeen tuotannosta jyrksinturpeen osuus on yli 90 %.

Vapo Oy on Suomen suurin turpeen tuottaja. Yhtiö kuljetti vuonna 2008 erilaisia turvetuotteita kaikkiaan 9 miljoonaa tonnia. Yhtiön haasteita turvetoimituksissa ovat kuljetusetäisyyksien ja kysynnän vaihtelusta johtuva kuljetuskapasiteetin ja -kustannusten hallinta. Vapo Oy:n etuna muihin biomassatoimittajiin on se, että yhtiö voi toimittaa asiakkaille turpeen lisäksi metsäbiomassaa ja ruokohelpeä.

Vapo Oy laatii turpeen toimitusten kokonaisvaltaisen suunnittelun avulla tulevan lämmityskauden kuljetusohjelman. Ohjelmaa tarkennetaan viikoittain ja päivittäin. Kuljetukset yhteen kohteeseen voidaan toteuttaa usealtakin turvetuotantoalueelta. Vapo Oy:n kuljetuksista vastaavat yleensä paikalliset yrittäjät, joiden kanssa tehdään pitkäaikaista yhteistyötä.

Keski-Suomessa turpeen suurimmat käyttäjät ovat samat kuin metsähakkeenkin kohdalla: Jyväskylän Energia Oy:n voimalaitokset, Jämsänjokilaakson voimalaitokset ja Äänevoima Oy:n voimalaitos. Jyväskylän Energia Oy:n Rauhalahden voimalaitos käyttää noin 1 miljoonaa m³ turvetta vuodessa. Keljonlahden voimalaitoksen turpeen käytön ennakoidaan olevan noin 1,6 miljoonaa m³, mikä vastaa noin 13 300 autokuormaa vuodessa. Jämsänjokilaakson voimalaitosten turpeen vuositarve on noin 0,5 milj. m³ ja Äänevoima Oy:n noin 230 000 m³.

Kuorma-autojen ajoreitti Keljonlahden voimalaitokselle kulkee aluksi Keljonkankaantien kautta. Uuden kadun rakentaminen voimalan alueelle on suunniteltu aloitettavaksi loppusyksystä 2010.

Keljonlahteen on mahdollista toimittaa raaka-ainetta sekä rauta- että vesiteitse. Raidepareja on kaksi, ja radan pituus voimalaitoksen alueella

on noin 200 metriä. Tällä hetkellä junakuljetuksissa on ongelmana nyky aikaisten vaunujen puute. Myös rataosaa välille Äänekoski-Pyhäjärvi toivotaan paremmaksi. Vapo Oy:ssä on halukkuutta tarkastella laajemmin kuljetuskokonaisuutta ja ottaa huomioon eri kuljetusmuotojen tarjoamat mahdollisuudet.

Ruokohelven logistiikka

Ruokohelpeä viljellään Suomessa nykyisin runsaalla 20 000 hehtaarilla ja Keski-Suomessa noin 1 500 hehtaarilla. Pitkän aikavälin tavoitteena on nostaa ala Keski-Suomessa jopa 30 000 hehtaariin, jolloin saataisiin energiaa noin 600 GWh.

Vapo Oy on tällä hetkellä maamme bioenergiayrityksistä ainoa merkittävä ruokohelpitoimija. Yhtiö tavoittelee Keski-Suomeen noin 9 000 hehtaarin ruokohelpialaa. Tavoite on realistinen, sillä yksinomaan keväällä 2009 yhteensä 8 800 ha peltoja siirtyi Keski-Suomessa tuottamattomaan tilaan eli nk. luonnonhoitopelloiksi.

Keski-Suomen ruokohelpikeskittymät ovat Viitasaaren-Pihtiputaan ja Joutsan seuduilla. Myös Saarijärven, Karstulan ja Kyyjärven seuduilla viljellään jo paljon ruokohelpeä. Helven viljelyä suositellaan rantapeltosten viljelijöille, koska sen luontaisia kasvupaikkoja ovat järvien ja jokien rannat. Kasvi pidättää tehokkaasti vesistöihin valuvia ravinteita.

Valtaosa Keski-Suomessa tuotetusta ruokohelpimassasta toimitetaan Jyväskylän Energia Oy:n Rauhalahden voimalaitokselle. Energiayhtiö on arvioinut, että ruokohelven vuotuinen käyttömäärä voidaan nostaa 200 GWh:n tasolle. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että kasvi osoittautuu hinnaltaan kilpailukykyiseksi ja ominaisuuksiltaan käyttökelpoiseksi polttoaineeksi.

Ruokohelven toimituksiin liittyy useita logistisia haasteita. Haasteet kohdistuvat kuljetuksiin, varastointiin ja vastaanottotapahtumaan käyttöpaikoilla. Materiaalin kuljetuksissa on kolme vaihtoehtoa: 1) kuljetus silppuna laitokselle, 2) kuljetus muutaman prosentin osuutena turpeen seassa tai 3) kuljetus kokonaisina paaleina. Kannattavin vaihtoehto on kuljettaa helpi paaleina käyttöpaikalle. Koska ruokohelvi on kevyttä materiaalia, kuljetusetäisyydet on pyrittävä pitämään lyhyenä, maksimissaan 100 km:n pituisina.

Kuljetusten kannalta on lisäksi ollut ongelmallista se, että maatiloilla ei aina ole määritelty paaleille kunnollista varastopaikkaa. Varastopaikat tulee sijoittaa sellaisiin paikkoihin, jonne pääsee hyvin ajoneuvoyhdistel-

mällä ja jossa lastaaminen onnistuu nopeasti ja mutkattomasti. Paalien varastointi tulee lisäksi järjestää niin, että materiaali säilyy sekä ehjänä että laadultaan hyvänä. Tällä hetkellä ruokohelven kuljettaminen terminaalien kautta käyttöpaikoille aiheuttaa liian korkeat kustannukset.

Paalin suora kuljetus viljelykseltä laitokselle edellyttää, että laitoksella on valmiudet ottaa paalit vastaan, murskata ne ja sekoittaa murske pääpolttoaineen joukkoon. Lämpölaitoksilla ei ole yleensä käyttöpaikkamurskainta, joten ruokohelvi on kuljetettava tällaisiin kohteisiin valmiiksi murskattuna silppuna. Silppukuorma 120 m³:n kuormatilassa painaa noin yhdeksän tonnia. Kuormat jäävät siis merkittävästi vajaiksi, mikä tekee puhtaan ruokohelpisilpun kuljettamisen taloudellisesti kannattamattomaksi.

Maanteiden, rautateiden ja vesiteiden kehittämisestä

Keski-Suomen halki kulkee valtakunnallisesti merkittävä valtatie, jonka mittava perusparannus välillä Lusi – Vaajakoski saadaan valmiiksi vuoden 2010 loppuun mennessä. Seuraavana suunnitelmissa on parantaa tieyhteyksiä välillä Jyväskylä – Oulu. Investoinnin suuruus on noin 85 miljoonaa euroa. Parantaminen on mukana hallituksen eduskunnalle antamassa liikennepoliittisessa selonteossa ja se on ajoitettu alkavaksi aikaisintaan vuonna 2011. Erityisesti Jyväskylä – Äänekoski on tärkeä osuus; liikennemäärät ovat kasvussa ja tieosuudella on monia vaikeita tieliittymiä. Liittymien parantaminen alkaa Hirvaskankaan liittymän rakentamisella vuonna 2010.

Äänekoski – Haapajarvi rataosaa on pidetty tärkeänä, ja sen parantaminen aloitetaan vuonna 2011. Rataosan rakentamisen yhteydessä on suunniteltu rakennettavaksi myös Kolkanlahden energia- ja raakapuu-terminaali Saarijärvelle. Pihtiputaan Seläntaukseen on tarkoitus avata ainespuun kuormauspaikka, jota voidaan mahdollisesti käyttää myös energiapuun varastointiin ja lastaamiseen. Seläntauksesta Jyväskylään on matkaa noin 150 km. Myös Haapamäen aseman kuormauspaikka koetaan metsäteollisuuden piirissä tärkeäksi.

Keiteleen kanavan kehittäminen –raportin mukaan lähivuosina ei tehdä investointeja Keitele-Päijänne -vesistöalueella. Tilannetta tarkastellaan uudestaan vuonna 2014 tai 2015.

Keski-Suomen maanteiden hoitoa ja ylläpitoa ohjaavat tiehallinnon (nyk. Liikennevirasto) laatimat toimintalinjat. Ne sisältävät hoidon ja ylläpidon yleiset periaatteet, laatutasokuvauksen sekä suunnitelman, jolla

korjaushankkeet priorisoidaan. Bioenergiakuljetusten kannalta tärkeitä väyliä ovat soratiet ja metsätiet. Valtion hallinnoimia sorateitä on Keski-Suomessa noin 2 500 km.

Vuosina 2010 – 2012 parannetaan vähäliikenteisten sorateiden kuntoa metsäteollisuuden kuljetusreiteillä nk. puuhuoltorahojen turvin. Sorateiden liikennöitävyyttä hallitaan kelirikkoaikana kohdekohtaisilla korjauksilla. Keski-Suomen ELY sopii metsä- ja kuljetusalan toimijoiden kanssa raskaita kuljetuksia koskevat pelisäännöt kelirikkoalttiilla teillä.

Yksityisteitä on Suomessa noin 350 000 km, joten niiden rooli metsäbiomassan kuljetuksissa on tärkeä. Yksityisteiden hoito ja ylläpito on tienhoitokunnan vastuulla. Tienhoitokunnat voivat hakea tukea ELY-keskuksesta korjauksista aiheutuviin kustannuksiin.

Yksityisteiden kuntoa ja parantamismahdollisuuksia on lähdetty kartoittamaan kunnissa erilaisin yhteistyömuodoin. Yksi mallikelpoinen kehittämissuunnitelma on tehty Keuruun seudulla. Suunnitelma löytyy Kehittämisyhtiö Keulink Oy:n Internet-sivulta. Yksityistieasioita käsittelee myös Suomen Tieyhdistys ry.

Metsäteollisuuden rakentamia ja niiden ylläpidossa olevia metsäautoteitä on Suomessa noin 120 000 km. Myös yksityismetsänomistajat rakennuttavat metsäteitä. Metsänomistaja voi saada rahoitustukea uuden tien rakentamiseen kestävän metsätalouden rahoituslain (KEMERA) perusteella.

Ympäristönäkökohtia

Eri liikennemuotojen päästöjen mittaamiseen ja vertailuun niiden kesken on VTT:ssä laadittu laskentamenetelmä LIPASTO. Menetelmä sisältää neljän eri kuljetusmuodon laskentamallit. LIISA laskee tieliikenteen pakokaasupäästöt alueittain. RAILI laskee päästöt valtakunnan tasolla rataosakohtaisesti. MEERI puolestaan laskee sisävesi- ja rannikkoliikenteen päästötiedot valtakunnan tasolla.

LIPASTOa voidaan käyttää myös yksittäisten ajotapahtumien pakokaasupäästöjen laskemiseen. Tällöin käytetään liikennevälineiden yksikköpäästöjä, esim. g/tonnikilometri. Yksikköpäästöarvot antavat mahdollisuuden vertailla eri kuljetusmuotoja keskenään, koska niiden energiakulutustiedot saadaan yhteismitallisiksi. LIPASTO löytyy Internet-sivulta http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/tavara_tie.htm.

Ajoneuvojen päästönormit löytyvät Internet-sivulta <http://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>. Kuorma-autojen energiatehokkuuden parantamiseen liittyviä asioita löytyy Motivan Internet-sivulta http://www.motiva.fi/files/2093/Kuorma-autojen_energiatehokkuuden_parantamisessa_huomioitavia_asioita.pdf

Biomassojen logistiikka Keski-Suomessa

Taustaa

Biomassaksi kutsutaan eloperäistä alkuperää olevaa kasvimassaa, josta tuotettua polttoainetta kutsutaan biopolttoaineeksi. Biopolttoaineeksi luetaan myös maa- ja metsätalouden sekä teollisuuden orgaanista alkuperää oleva jäte ja sivutuote. Turve luokitellaan hitaasti uusiutuvaksi biomassaksi.

Keski-Suomi on pitkään ollut biomassojen käytön ja tuotannon kärkimaakuntia Suomessa. Tuotantoa ja käyttöä on tarkoitus edelleen lisätä huomattavasti. Keski-Suomen alueelle on rakennettu vuoden 2010 loppuun mennessä yhdeksän suurehkoa biomassaa käyttävää laitosta. Lämpöenergiaa tuottavia pienempiä kaukolämpökeskuksia ja suurkiinteistökattiloita on lukuisia.

Biopolttoaineita käyttävät voimalaitokset sijaitsevat Jyväskylässä (2 kpl), Keuruulla, Karstulassa, Jämsässä (2 kpl) ja Äänekoskella (3 kpl). Merkittävimmät kaukolämpölaitokset ovat Jyväskylässä (2 kpl) Laukaassa, Viitasaarella, Pihtiputaalla, Kinnulassa, Kivijärvellä, Kyyjärvellä, Saarijärvellä, Uuraisilla, Petäjävedellä, Konnevedellä, Kannonkoskella, Tikkakoskella, Muuramessa, Multialla, Joutsassa ja Hallissa.

Biomassaa käyttäviä voimalaitoksia on rakennettu ja rakennetaan myös Keski-Suomen lähialueilla, esimerkkeinä Mänttä, Heinola, Tampere, Pieksämäki, Mikkeli ja Kuopio, Pietarsaari, Seinäjoki sekä Lappeenranta. Lisäksi eräät yhtiöt etsivät sijoituspaikkaa biodieseliä tuottaville laitoksille. Muun muassa Äänekoski on mainittu yhtenä mahdollisena sijoituspaikkana. Biodiesellaitoksen lupahakemuksen mukainen polttoaineen (puu, turve ja ruokohelpi) käyttö vastaa kahta nykyistä Rauhalahden voimalaitosta.

Turve on erittäin merkittävä keskisuomalainen polttoaine ja tulee jatkossakin olemaan suurimpien laitoksien peruspolttoaine. Peltoenergian tuotantopotentiaalin on arvioitu olevan Keski-Suomessa 600 GWh vuodessa. Tavoite voidaan saavuttaa viljelemällä ruokohelpeä ja korjaamalla viljantuotannon sivutuotteena saatavaa olkea tai korjaamalla peltokasveja biokaasun tuotantoon. Puun, peltobiomassojen ja turpeen energiakäyttö tukevat toisiaan sekä polttoteknisin perustein että huol-

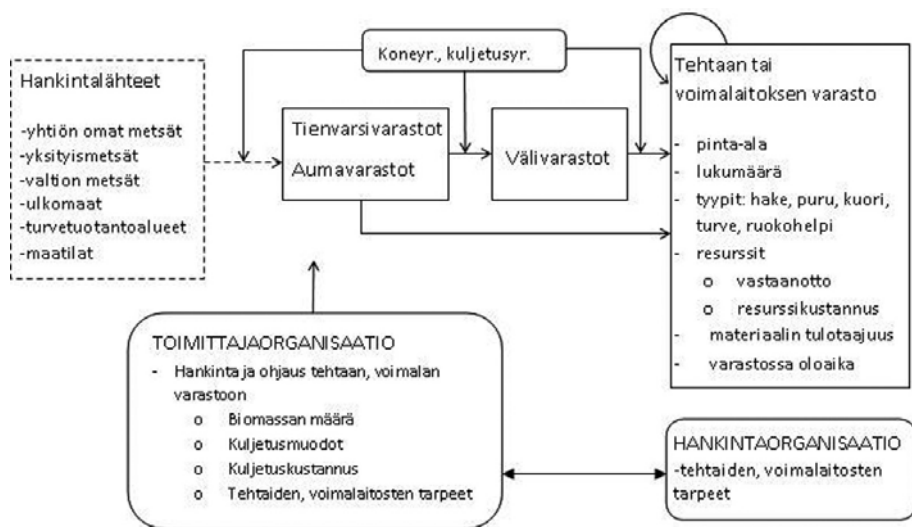
tovarmuuden ja polttoainetoimitusten näkökulmasta. Turpeella voidaan esimerkiksi tasata puun saatavuudessa ja hankinnassa tapahtuvia vaihteluita. Yhtälö toimii myös päinvastoin.

Voimakas bioenergian käytön lisäys on herättänyt kysymyksen, miten monitahoinen bioenergian toimitusverkko raaka-ainelähteestä käyttöpaikalle Keski-Suomessa oikeastaan on. Miten biomassakuljetukset ja biomassojen varastointi maakunnassa tulisi järjestää? Millaisia materiaalivirtoja on tällä hetkellä ja millaisia on odotettavissa lähitulevaisuudessa? Tarvitaanko biomassan välivarastointi- ja käsittelyterminaaleja ja missä niiden tulisi sijaita? Millaisia kuljetusjärjestelmiä ja kuljetusvälineitä tarvitaan? Voidaanko käyttää yhdistettyjä kuljetuksia? Minkälaisia liikennemääriä ne aiheuttavat eri kuljetusväylillä? Mikä vaikutus biomassakuljetuksilla on liikenneväylien ja maankäytön suunnitteluun? Mitkä ovat lisääntyvien biomassakuljetusten ympäristövaikutukset? Miten polttoraaka-aineen tuotanto- ja kuljetuskustannukset saadaan kilpailukykyiselle tasolle ja polttoaineen toimitusvarmuus ja laatu riittäväksi? Mikä on siis keski-suomalaisen bioenergian kuljetuslogistiikan suuri kuva? Tässä raportissa pyritään vastaamaan näihin kysymyksiin.

Tehtävänmäärittely

Logistiikan kokonaiskuvan selvittäminen toteutettiin projektityönä. Työ tehtiin ajalla 1.8.2009 – 28.2.2010 Bioenergiasta elinvoimaa klusterin toimeksiantona. Työtä ohjasi kehittämisspäällikkö Markku Paananen Jyväskylän ammattikorkeakoulusta (Jamk). Projektin toteutti kolmen hengen työryhmä: Hannu Lähdevaara (Jamk, logistiikka), Varpu Savolainen (Jamk, luonnonvara-ala) ja Antti Vanhala (Jamk, logistiikka). Perustamiskokous pidettiin kesäkuussa 2009, johon kutsuttiin bioenergiialalla toimivia yrityksiä. Työ sai nimekseen ”Selvitys energiabiomassojen kuljetuslogistiikasta, BioLogi”.

Perustamiskokouksessa tehtäväkokonaisuus määriteltiin kuvion 1 mukaisesti. Kuviossa olevat teräväkulmaiset suorakulmion muotoiset laatikot edustavat tarkastelualan kohteita, joissa tapahtuu toimintaa ja pyöreäkulmaiset laatikot kohteita, jotka vaikuttavat jollain tavalla toimintaan. Katkoviivalla merkityt muodot edustavat tarkastelun ulkopuolelle jätettyjä kohteita. Nuolet tienvarsivarastolta voimalaitokselle edustavat materiaalivirtaa.



Kuvio 1. BioLogi-projektin määrittelyalue

Tämän selvityksen tarkastelu rajattiin alkavaksi tienvarsivarastolta, jos kysymyksessä on metsästä saatava biomassa, aumavarastolta, jos kysymyksessä on turve ja maatilalta, jos kysymyksessä on ruokohelpi. Biomassa toimitetaan voimalaitokselle, lämpölaitokselle tai muulle käyttöpaikalle, joka voi olla saha, sellutehdas, vaneritehdas, paperitehdas tai muu puuta käyttävä tehdas. Tehtaan tai sahan tapauksessa puu toimitetaan aluksi ainespuuna. Sahan tai tehtaan prosessissa muodostuu sivutuotteita, esimerkiksi purua tai kuorta, joka sitten käytetään tehtaan tai sahan omassa energiantuotannossa tai myydään voima- tai lämpölaitoksille. Tätä materiaalivirtaa kuvaa kuvan oikeassa reunassa olevan tehtaan tai voimalaitoksen varaston laatikossa oleva itseensä kääntyvä nuoli. Ainespuun korjuuketju on rajattu tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Biomassan määrää kuvataan yleisesti monilla eri yksiköillä. Tässä raportissa on käytetty seuraavia yksiköitä:

m ³	kuutiometri, teoreettinen kiintotilavuus
i-m ³	irtokuutiometri, tilavuus esim. kuljetusvälineessä
t	tonni
tkm	tonnikilometri
MWh	megawattitunti
TWh	terawattitunti

Eri yksiköiden väliset muuntokertoimet:

	toe	MWh	GJ
ekvivalenttinen öljytonni (toe)	1	11,630	41,868
megawattitunti (MWh)	0,08598	1	3,6
gigajoule (GJ)	0,02388	0,2778	1

1 m³ metsähaketta ≈ 2,5 i-m³ ≈ 1,9 MWh

1 i-m³ metsähaketta ≈ 0,8 MWh ≈ 0,3 t

1 t jyrsinturvetta = 2,81 MWh = 0,24 toe; tiheys: 0,320 t/m³

(Tilastokeskus, Energiaennakko 2008)

Etuliitteet:

k = kilo = 10³ = 1 000

M = mega = 10⁶ = 1 000 000

G = giga = 10⁹ = 1 000 000 000

T = tera = 10¹² = 1 000 000 000 000

Projektin tavoite

Tämän selvityksen tavoitteena on luoda kokonaiskuva bioenergian kuljetuslogistiikan nykytilasta Keski-Suomessa ja arvioida tiedossa olevien ja todennäköisesti toteutuvien laitosinvestointien aiheuttamia haasteita ja seurauksia Keski-Suomen maakunnassa. Raportissa selvitetään bioenergian nykyisten materiaalivirtojen määrää ja laatua metsäbiomassojen, turpeen ja peltobiomassojen osalta niin tarkasti kuin se on mahdollista tiiviissä aikataulussa. Lisäksi jatkuvat ja nopeat muutokset toimintaympäristössä antoivat haastetta tällaisen selvityksen tekemiseen. Tulokset ovat kuitenkin varmasti riittävän suuntaa-antavia.

Lisäksi tässä työssä tarkastellaan terminaalien ja välivarastopaikkojen käyttömahdollisuuksia, auto-juna -kuljetusjärjestelmää, vesitiekuljetusta ja näiden kuljetusmuotojen kehittämistarpeita. Myös keskeiset kuljetusreitit kuvataan.

Projektin toteutus

Selvitystyö toteutettiin haastatteleamalla projektiin osallistuvien yritysten edustajia, tutustumalla bioenergia-alalla laadittuihin selvityksiin, tutkimuksiin ja moniin muihin erilaisiin lähteisiin. Lisäksi pidettiin yritysten edustajien kanssa aloituskokouksen ohella kaksi yhteistä työkokousta,

joissa keskityttiin muutamaan ajankohtaiseen ja keskeiseen teemaan. Em. työkokouksissa käytiin erittäin vilkasta keskustelua mm. terminaalitoiminnasta ja eri kuljetusmuodoista. Kokousten kautta tähän työhön saatiinkin merkittävästi sisältöä ja osapuolten yhteisiä näkemyksiä alan keskeisistä haasteista. Projektissa on lisäksi hyödynnetty Jyväskylän ammattikorkeakoulun logistiikkaopiskelijoiden harjoitustöinä laatimia selvityksiä.

Bionergiasta elinvoimaa –klusteri

Keski-Suomessa on toteutettu vuodesta 2007 alkaen elinkeinojen kehittämistä niin sanotulla klusteri –mallilla. Tätä varten on valittu kolme klusteriohjelmaa, jotka kohdistuvat eri elinkeinoaloille. Ohjelmat liittyvät Keski-Suomen maakuntasuunnitelman toimeenpanoon ja valtuutus ohjelmien toteutukseen tulee Maakunnan yhteistyöryhmältä (MYR). Lisätietoa Bioenergiasta elinvoimaa –klusterista löytyy osoitteesta: www.keskisuomi.fi/bev.

BEV –klusteriin kuuluu maakunnan energiahuollon toteutukseen osallistuvia yrityksiä, bioenergiaan liittyvää teknologiaa ja palveluita tuottavia yrityksiä sekä edellisille tukipalveluita, kuten tutkimusta, kehittämistä, rahoitusta ja koulutusta, tuottavia yrityksiä ja yhteisöjä. Em. tahot ovat yhdessä määrittäneet klusteriohjelman tavoitteet.

Keskeinen tavoite on Keski-Suomen maakunnan energiahuollon oma-varaisuuden parantaminen. Tavoitteena on lisätä bioenergian tuotantoa ja käyttöä neljällä terawattitunnilla vuoteen 2015 mennessä sekä kehittää menestyvää teknologian ja osaamispalveluiden vientiä. Keski-Suomi haluaa kehittyä merkittäväksi bioenergian osaamiskeskittymäksi, jossa on erinomaiset olosuhteet bioenergia-alan liiketoiminnalle.

Tavoitteet pyritään ensisijaisesti saavuttamaan yhteistyössä toteutettavilla kehittämishankkeilla. Keski-Suomessa uskotaan, että ponnistelut synnyttävät uutta kilpailukykyistä osaamista, joka on muutettavissa menestyksellisiksi vientituotteiksi. Keski-Suomi tarjoaa laitevalmistajille ja palveluntuottajille liiketoimintamahdollisuuksia ja referenssejä, eräänlaisen kotikentän tuotteiden kehittämiseen. Toisaalta myös energiateollisuus hyötyy kehittyvästä teknologiasta ja paikallisesta huippuosaamisesta. Näin syntyvää positiivista kierrettä vauhditetaan julkisilla rahoitusinstrumenteilla.

BEV –klusteria ohjaa alan yritysten edustajista koostuva strategia-ryhmä ja klusteri jakaantuu teemaryhmiin: biovoimaloiden polttoai-

nelogistiikat, uusiutuvat lämmitysjärjestelmät ja biokaasujärjestelmät. Klusterin kehittämisohjelmaa rahoitetaan EAKR –ohjelmasta. Rahoitukseen osallistuvat myös alueen yritykset, kunnat ja Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Jyväskylän ammattikorkeakoulu myös hallinnoi ohjelmaa.

Biopolttoaineen logistiikka

Määrittely ja lähtökohdat

Biopolttoainejärjestelmän logistiikka ei pääkomponenttien suhteen poikkea muiden tavaroiden logistiikasta. Logistiikkaan liittyy useita eri osaluokkia: varastointia, kuljetusta, eräkoon määrittämistä, varastotiloja, vaihto-omaisuuden hallintaa sekä kysynnän hallintaa.

Toimitusketjun hallinta, josta tunnetaan nykyisin myös laajempi käsite 'toimitusverkon hallinta', tuo tarkasteluun mukaan myös tuotannonohjauksen. Logistiikka tutkii edellä olevien tehtävien fyysistä toteutusta ja niistä muodostuvia kustannuksia, jotka pyritään minimoimaan, jos strategisena tavoitteena on kustannustehokkuus. Jos taas strategiaksi valitaan ketteruus (agility), tavoitteeksi asetetaan korkea palvelutaso.

Biopolttoaineet ovat hyvä esimerkki niin kutsutusta funktionaalista tuotteesta, jossa lähtökohtana tulee olla kustannustehokas toimitusketju. Erityisesti jos tuotteen kysyntä vaihtelee vähän, toimitusketju on mahdollista saada tehokkaaksi. Toimitusketju on tehokas silloin, kun suuri volyyymi toimitetaan mahdollisimman vähäisillä panostuksilla. Lisäpanostuksia tarvitaan, kun tuotteen kysyntä vaihtelee merkittävästi. Tällöin tarvitaan lisäpanostuksia toimitusvarmuuden takaamiseksi eli palvelutason ylläpitämiseksi ja nostamiseksi.

Metsähakkeen ja turpeen toimituksissa tehokkuusvaatimukset on selkeästi tunnistettu: materiaalit pyritään toimittamaan käyttökohteen lähialueelta 10 – 50 kilometrin säteeltä. Erityisesti pienten lämpölaitosten kohdalla toimitaan näin. Pienillä lämpölaitoksilla on yleensä myös vähän varastotilaa. Raaka-aineen toimittajat seuraavat varastotasoa mahdollisesti päivittäin. Samalla tunnistetaan myös laitoksen päivittäiset käyttömäärät. Turvekuljetukset ovat keskimääräistä pidemmät kuin metsähakekuljetukset; joskus etäisyydet ovat jopa 200 kilometriä.

Kuljetusetäisyydet suurille voimalaitoksille ovat tyypillisesti pidemmät kuin pienemmille käyttöpaikoille. Toimitusvarmuuden takaamiseksi tarvitaan mahdollisesti myös useita varastoja. Kuljetuksiin liittyvässä päätöksenteossa täytyy ottaa huomioon kuljetusten vaikutus varastosta

aiheutuviin vaihto-omaisuuden kustannuksiin, toimitusketjussa esiintyvien varastopaikkojen aiheuttamiin kustannuksiin ja kaikkiin ketjussa esiintyvien toimintojen kustannuksiin. Kuljetuksen ja varastoinnin aiheuttamien kustannusten tasapainon löytyminen on merkittävä asia biopolttoaineiden toimitusverkon suunnittelussa. Kyse on ison ja monimutkaisen kokonaisuuden hallinnasta.

Toimitusverkon suunnittelussa päätökset tulee tehdä seuraavista asioista:

- 1) Varaston rooli: Mitä materiaalia säilytetään ja mitä prosesseja kussakin varastossa toteutetaan
- 2) Varaston sijainti
- 3) Kapasiteetin kohdentaminen
- 4) Markkinoiden ja hankintapaikkojen kohdentaminen:
Minkälaisia käyttöpaikkoja tulisi kunkin varaston palvelulla?
Mitkä toimittajat valitaan kullekin voimalaitokselle?
- 5) Sopiva toimittajien lukumäärä
- 6) Sopiva hinta-laatu –suhde logistiikan palveluille

Voimalaitokset voivat käyttää useita biopolttoaineita. Tutkimukset ovat myös osoittaneet, että polttoaineen seostaminen on hyväksi yleisesti käytössä oleville leijupetikattiloille. Puuenergian teknologiaohjelmassa tuli ilmi, että kun laitoksen käytössä on laaja polttoainevalikoima ja useita polttoainelähteitä, kuljetusetäisyydet lyhenevät ja samalla kustannukset laskevat. Jos voimalaitoksella on pienet varastotilat, on toimituksia rytmittävä niin, että tavoiteltu polttoaineseos saadaan aikaan joustavasti.

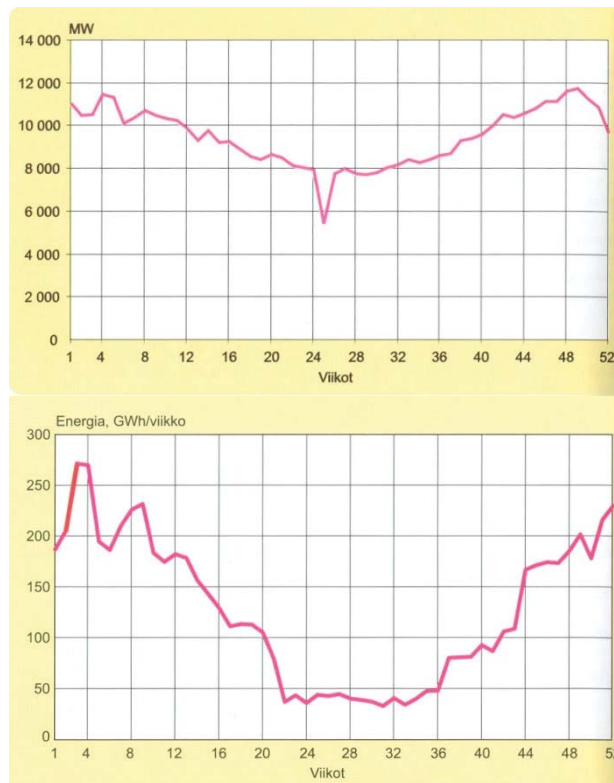
Turpeelle ja metsäteollisuuden sivutuotteille suunnitelluille yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon (nk. CHP-laitos) leijupetikattiloille karkea nyrkkisääntö on se, että polttoaineen käytöstä voi olla 50 % puuta, josta puolet on metsähaketta (Hakkila, 2004). Tämän periaatteen mukaan voidaan arvioida esimerkiksi paperitehtaan voimalaitoksen metsähakkeen toimitusmääriä, kun voimalaitoksen koko tunnetaan. Tosin voimalaitokset voivat valita turpeen ja metsäteollisuuden sivutuotteiden suhteet eri tavoilla.

Sähkö- ja lämpöenergian kysyntäkäyrät

Asiakaslähtöisyys on keskeinen periaate myös biomassalogistiikassa. Vuotuinen lämmön ja sähkön käyttötarve on luonnollisesti kaikkein keskeisin logistiikkaakin ohjaava tekijä, joka vaikuttaa suoraan biomassojen

varastointi- ja kuljetustarpeeseen. Tämä pätee erityisesti kaukolämpöä tuottaviin laitoksiin. Teollisuuden voimakattiloiden kuorma on yleensä varsin tasainen ympäri vuoden, joskin riippuvainen teollisuuden käyttästeesta.

Kunkin laitoksen sähkön ja lämmön tuotantotarve vaihtelee tietyissä rajoissa viikonpäivän ja vuodenajan mukaan. Lämmöntarve vaihtelee voimakkaammin kuin sähkönkulutus. Kuvio 2 (a) havainnollistaa sähkötarpeen vaihtelua koko Suomessa ja kuvio 2 (b) Helsingin kaukolämpöverkon tietyn vuoden energiamäärä viikkotasolla.



Kuvio 2. Yllä koko Suomen sähkötarpeen kysyntä ja alla Helsingin Energian kaukolämpöverkon energiamäärä viikkotasolla (Lähde: Energia Suomessa – Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset, s. 186 ja 188)

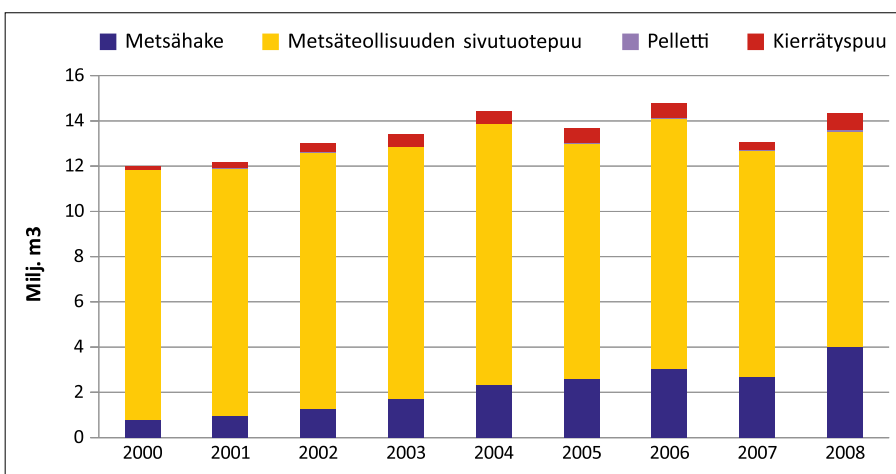
Tilanne on edellä kuvatun esimerkin kaltainen myös yksittäisissä lämpölaitoksissa. Energia-alalle onkin tyypillistä kysynnän voimakas vaihtelu sekä vuoden aikana että eri viikkojen välillä. Vuoden aikana tapahtuva vaihtelu on kuitenkin säännönmukaista etenkin tarvittavan lämpöenergian kohdalla. Tähän vaikuttavat luonnollisesti eri vuodenaikojen sääolosuhteet.

Voimakasta vaihtelua biomassojen kysyntään, käyttöön ja kuljetukseen aiheuttavat myös kelirikkoaika, toimittajien kilpailu metsäenergia-varoista, tarjonnan vaihtelu, energian hinta laitoksella, päästöoikeuden hinta ja sähkön- ja lämmöntuotannon ajojärjestys. Näitä taustoja vasten biomassojen logistiikka on hyvin haasteellista.

Metsähakkeen logistiikkaa

Metsähakkeen käytön tavoitteet

Puun energiakäyttö Suomessa on lisääntynyt vuodesta 2000 vuoteen 2008 saakka noin 19 %. Vuonna 2008 lämpö- ja voimalaitokset käyttivät kiinteitä puupolttoaineita 14,3 miljoonaa kuutiometriä. Metsähakkeen käyttö lisääntyi voimakkaasti, kun taas metsäteollisuuden käyttämän sivutuotepuun käyttömäärä on viime vuosina vähentynyt, kuvio 3.



Kuvio 3. Kiinteiden puupolttoaineiden käyttö lämpö- ja voimalaitoksissa (Lähde: Ylitalo E. 2009)

Kierrätyspuun ja varsinkin pelletin käyttö on ollut vähäistä. Kuvion 3 mukaan metsähakkeen käyttö vuonna 2008 oli 4 miljoonaa kuutiometriä. Metsäteollisuuden sivutuotteet koostuvat kuoresta, puutähdhakeesta ja sahanpurusta. Kuori on merkittävä polttoaine suomalaisissa voimalaitoksissa: sitä käytettiin 7,1 milj. m³.

Sahateollisuuden käyttämästä puusta 15 – 20 % ohjautuu biopolttoaineeksi. Vaneriteollisuudessa jopa 30 % raaka-aineesta päätyy biopolttoaineeksi. Seuraavassa taulukossa on esitetty, miten metsäteollisuuden eri toimialat tuottivat biopolttoaineita käyttämästään puuraaka-aineesta vuonna 2002.

TAULUKKO 1. Metsäteollisuuden tuottama biopolttoaineen määrä vuonna 2002 (Lähde: Energia Suomessa – Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset, s. 122)		
Toimiala	Puun käyttö [milj. m ³]	Biopolttoaineesi [milj. m ³]
Sahateollisuus	28,8	4,7
Vaneriteollisuus	3,6	1,2
Levyteollisuus	1,1	0,1
Mekaaninen massateollisuus	13,4	2,2
Mustalipeän tuotanto	18,1	3,8

Metsähakkeelle on kansallisessa metsäohjelmassa asetettu tavoitteeksi 8 miljoonan kuutiometrin vuotuinen käyttö vuoteen 2015 mennessä ja 12 milj. m³ käyttö vuoteen 2020 mennessä. Kuvio 3 osoittaa, että metsähakkeen käyttö on kaksinkertaistunut vuodesta 2004 vuoteen 2008. Lähivuosina käyttö kasvaa suurten voimalaitosinvestointien ja kansallisen energia- ja ilmastopolitiikan myötä voimakkaasti.

Jyväskylän Voima Oy:n Keljonlahden polttoaineteholtaan 484 MW:n voimalaitos otetaan käyttöön vuonna 2010. Vuoden 2009 loppupuolella otettiin käyttöön Lappeenrannassa Kaukaan Voiman biovoimalaitos, joka tuottaa prosessihöyryä ja sähköä UPM Kymmene Oy:n Kaukaan tehtaille sekä kaukolämpöä Lappeenrannan Energia Oy:lle. Voimalaitoksen lämpöteho on 385 MW_{th} (th = thermal heat), sähköteho 125 MWe (e = electricity) ja polttoainetehto 410 MW. Kuoren ja metsähakkeen osuus polttoaineista on peräti 80%. Näin laitoksesta tulee ilmeisesti Suomen suurin puupolttoaineiden käyttäjä.

Myös Keravalle, Kemijärvellä ja Nivalaan on valmistunut uusia voimalaitoksia vuosina 2008 ja 2009. Keuruun uusi voimalaitos valmistuu vuoden 2010 loppupuolella. Vattenfall Kaukolämpö Oy rakentaa Heinolaan 60 MW:n kaukolämpölaitoksen. Kuopion Haapaniemen polttoaineteholtaan 160 MW:n CHP-laitos (CHP = Combined Heat and Power, yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto) valmistuu vuonna 2012. Tampereen sähkölaitos kaksinkertaistaa biopolttoaineiden käytön lähivuosina. Nykyinen turpeen kulutus on noin 900 000 i-m³ (0,8 TWh) ja puun 190 000 i-m³ (0,15 TWh).

Mikkelin Pursialan voimalaitoksen laajennus otettiin käyttöön vuonna 2006. Voimalaitos tuottaa energiaa puulla, turpeella ja ruokohelvellä. Turve toimitetaan Mikkelin seudulla sijaitsevilta soilta ja puu Etelä-Savon metsistä, mm. Juvan, Sulkavan ja Puumalan alueilta. Voi-

malan yhteenlaskettu kattilateho on 220 MW. Voimala käyttää turvetta noin 700 000 i-m³ ja puupolttoaineita 1 300 000 i-m³.

Suomen maakuntien strategioissa on kuvattu uusiutuvien energialähteiden käytön tavoitteet taulukon 2 mukaisesti. On huomattava, että tavoitteet on laadittu ennen kansallisten energia- ja ilmastotavoitteiden julkistamista.

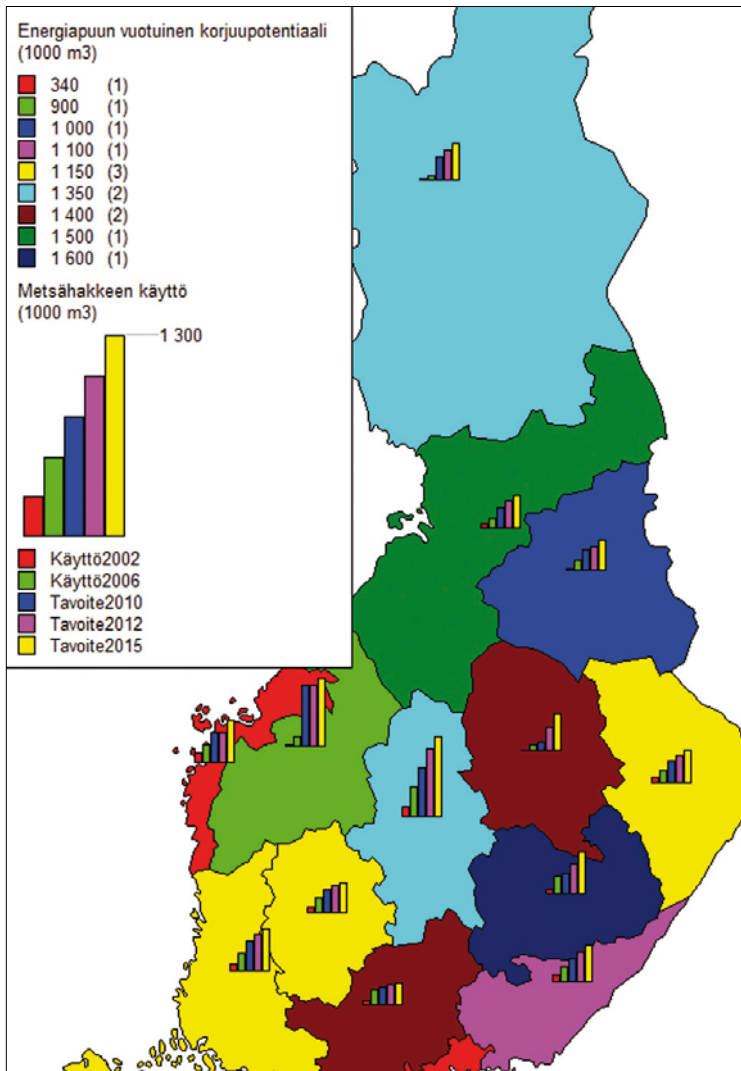
TAULUKKO 2. Uusiutuvien energialähteiden käytön tavoitteita (Paananen, 2009)		
Maakunta	Energiatavoite [TWh]	Vuosi
Pohjois-Pohjanmaa	3,2	2015
Keski-Suomi	2,9	2015
Pirkanmaa	2,1	2020
Pohjois-Karjala	1,35	2015
Etelä-Pohjanmaa	1,2	2020
Kainuu	0,45	2010
Keski-Pohjanmaa	0,4	2010
Lappi	0,4	2012
Yhteensä	12 TWh	

Taulukossa olevien maakuntien vuotuinen kaikkien uusiutuvien energialähteiden yhteismäärä on siis 12 TWh. Taulukosta puuttuvien maakuntien täytyisi siten asettaa tavoitteeksi yhteensä ainakin toiset 12 TWh, jolloin päästäisiin lähelle kansallisen energia- ja ilmastostrategian asettamaa uusiutuvan energian lisäämistä koskevaa tavoitetta.

Alueelliset metsäneuvostot laativat viisivuotiskausiksi alueilleen metsäohjelmat. Alueelliset metsäohjelmat pohjautuvat valtakunnalliseen metsäohjelmaan. Esimerkiksi Kaakkois-Suomen metsäkeskuksen alueella käytettiin metsähaketta 255 000 m³ vuonna 2007 ja alue aikoo kaksinkertaistaa hakkeen määrän lähivuosina. Etelä-Savon metsäohjelman tavoitteena on lisätä metsähakkeen käyttöä lämpö- ja voimalaitoksilla nykyisen 200 000 m³:n tasolta 350 000 m³:iin vuonna 2010. Metsähaketta käyttäviä voima- ja lämpölaitoksia on Etelä-Savossa lähes 50 kohdetta.

Keski-Suomessa ja Etelä-Pohjanmaalla tavoitteet ovat selvästi korkeammat: 800 000 m³ ja 1 000 000 m³. Seuraava kartta havainnollistaa metsähakkeen teknisesti korjattavissa olevan potentiaalin ja sen käytön vuosina 2002, 2006 ja 2010 eri metsäkeskusten alueella. Vuoden 2010

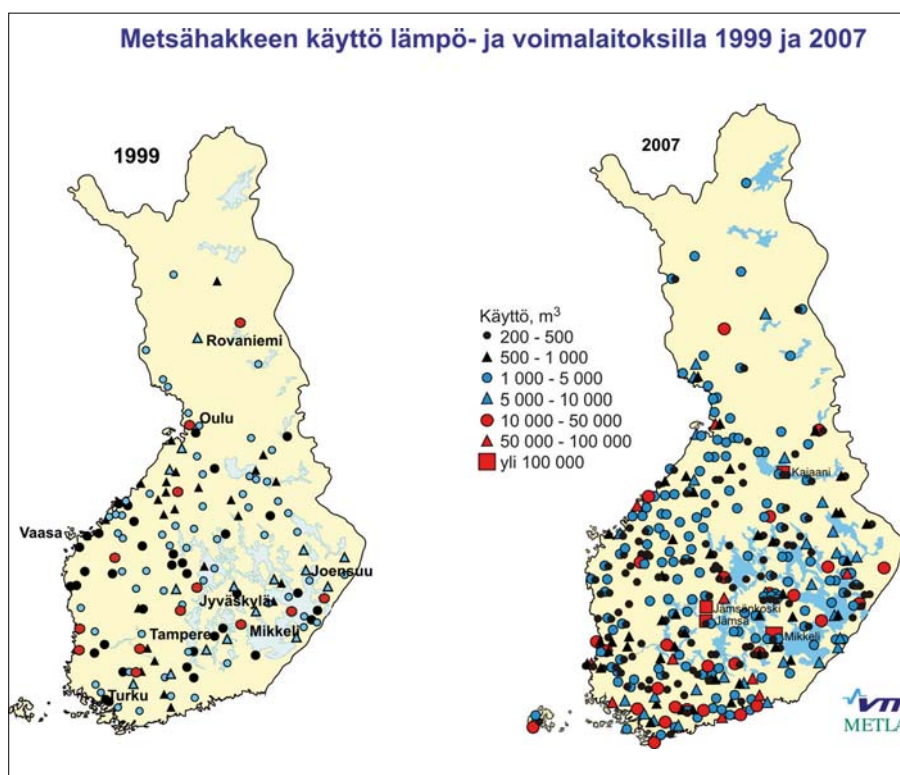
käyttömäärän arvio perustuu alueellisten metsäkeskusten metsäohjelmien tarkistusraporttiin vuodelta 2008. Kuvaan on myös laadittu tämän raportin tekijöiden toimesta ennusteet vuosille 2012 ja 2015. Teknisesti korjattavissa oleva potentiaali perustuu vuonna 2007 tehtyyn tarkasteluun, jossa pohjana on käytetty valtakunnan metsien inventointitietoja ja markkinahakkuutilastoja.



Kuvio 4. Energiapuun vuotuinen korjuupotentiaali ja metsähakkeen käyttömäärät eri metsäkeskuksissa (Lähteet: Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, 2008 ja metsäkeskusten alueellisten metsäohjelmien tarkistukset.)

Kuvio 4 osoittaa, että Etelä-Savon metsäkeskuksen alueella on Suomen suurin teknisesti korjattavissa oleva energiapuupotentiaali. Seuraavaksi suurimmat energiapuubarat ovat Pohjois-Pohjanmaalla, Pohjois-Savossa ja Häme-Uusimaan alueella. Esityksen perusteella voidaan päätellä, että puupolttoaineita tullaan valtakunnassa siirtämään niille alueille, joissa käyttö on suurta.

Puupolttoaineiden käyttöpaikkojen lukumäärä on kasvanut merkittävästi, kuten kuvio 5 osoittaa:



Kuvio 5. Metsähakkeen käyttöpaikkojen lukumäärän kasvu kahdeksan vuoden aikana (Lähteet: VTT ja Metla)

Kuvion 5 mukaan vuonna 1999 metsähakkeen käyttökohteita eri käyttökokoluokissa oli noin 150. Taulukossa 3 on esitetty käyttökohteiden määrä ylimmissä käyttökokoluokissa eri metsäkeskusten alueella vuonna 2007. Kohteet on kerätty kuvion 5 oikeanpuoleisesta kartasta.

TAULUKKO 3. Metsähakkeen käyttökohteiden lukumääriä eri metsäkeskusten alueella					
Metsäkeskus	Käyttökohteiden lukumäärä [kpl], kokoluokat [1000 m ³]				
	1 – 5	5 – 10	10 – 50	50 – 100	yli 100
Etelä-Karjala	5	4	0	0	0
Pohjois-Karjala	7	4	3	1	0
Etelä-Savo	12	2	3	1	1
Pohjois-Savo	9	2	1	0	0
Häme-Uusimaa	8	3	4	1	0
Keski-Suomi	6	0	1	1	2
Etelä-Pohjanmaa	20	0	1	0	0
Pirkanmaa	9	0	1	0	0
Lounais-Suomi	15	5	7	2	0
Pohjois-Pohjanmaa	19	2	0	1	0
Kainuu	6	1	1	0	1
Lappi	8	3	1	0	0
Länsi-rannikko	8	1	1	1	0
Etelä-rannikko	6	2	3	0	0
Yhteensä	138	29	27	8	4

Raaka-ainelähteet

Metsähakkeen raaka-ainelähteet tällä hetkellä ovat latvus- ja oksamassa, pienpuu sekä kannot. Raaka-aineeksi kelpaa teknisesti mikä tahansa puulaji, erityisesti pienpuun osalta. Latvus- ja oksamassaa saadaan kuitenkin päätehakkuista, jotka kohdistuvat pääasiassa kuusi-, mänty- tai koivuleimikoihin. Latvus- ja oksamassasta oksien osuus on 70 – 90 %. Hakkeen raaka-aineeksi päättyy myös järeää runkopuuta silloin, kun se ei kelpaa teollisuudelle lahovikaisuuden, liiallisen mutkaisuuden, lenkouden tai haaraisuuden vuoksi. Raaka-aineeksi korjataan myös kantoja päätehakkuiden kuusileimikoista. Myös mäntykantojen korjuuta on alettu toteuttaa.

Latvus- ja oksamassa korjataan ainespuun yhteydessä. Pienpuun osalta tehdään tavallisesti erilliskorjuu, jossa puuainees korjataan talteen joko kokopuuna tai karsittuna rankana nuorten metsien harvennusten yhteydessä nk. energiapuuharvennuksina. Nykyisin on yleistymässä myös niin kutsuttu integroitu puunkorjuu, jossa samanaikaisesti korjataan sekä ainespuuta että energiapuuta. Teollisuuden muuttuva puunkäyttö esimerkiksi biodieselin valmistuksen johdosta voi muuttaa myös puunhankinnan käytänteitä. Tällöin saatetaan korjata aines- ja energiapuuositteet samalla kertaa ja erotella ne eri käyttötarkoituksiin vasta tehtaalla.

Hake

Hake on edellä mainituista raaka-aineista leikattu tai murskattu pienirakeinen pala (engl. woodchips, saks. Hackschnitzel, ruots. hack). Metsähakkeen palakoko vaihtelee, ja se voidaan ryhmitellä neljään eri luokkaan palakoon sekä hienon että karkean aineksen osuuksien perusteella (Taulukko 4).

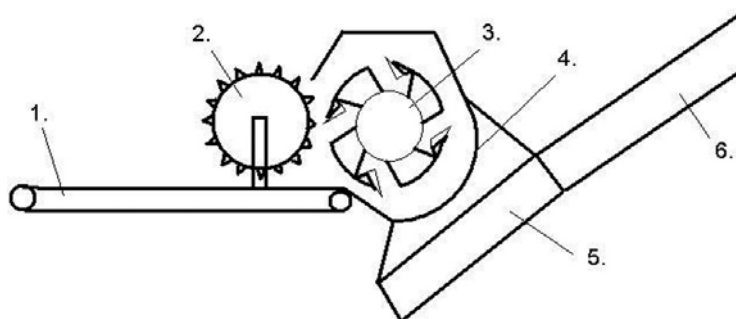
TAULUKKO 4. Hakkeen palakokoluokat (Lähde: Alakangas 2007, 13)			
Luokka	Palakoko [mm] > 80 % painosta	Hienoaines [mm] < 5 %	Karkea aines [mm] < 1 %
P16	$3,15 \leq P \leq 16$	< 1	max 1 % > 45
P45	$3,15 \leq P \leq 45$	< 1	max 1 % > 63
P63	$3,15 \leq P \leq 63$	< 1	max 1 % > 100
P100	$3,15 \leq P \leq 100$	< 1	max 1 % > 150

Hakkeen tuotannossa haluttu palakoko saadaan aikaan seulalla. Hakkeen tuotannossa tulee saavuttaa tietty määrä tietyn kokoista haketta, jotta se voidaan hyväksyä kyseiseen luokkaan. Esimerkiksi P45 luokan palakokovaatimus saavutetaan, kun hakkeessa yli 80 prosenttia on palakooltaan alle 45 millimetriä. Samalla alle millimetrin kokoista hienoainesta saa olla enintään 5 % ja karkeaa ainesta eli yli 63 millimetrin ainesta saa olla maksimissaan 1 %.

Tuotantomenetelmät

Metsäbiomassa voidaan työstää hakkeeksi tai murskeeksi riippuen tuotannossa käytettävästä koneesta. Koneityyppejä on periaatteessa kaksi: hakkuri ja murskain. Hakkuria käytetään latvusmassan, pienpuun ja myös järeämmän puun työstämisessä. Murskainta käytetään silloin, kun biomassa on hyvin erikokoista ja -tyyppistä. Esimerkkeinä mainittakoon kannot, ruokohelpi ja järeä runkopuu. Edellä mainittujen tekniikoiden valintaan vaikuttavat myös raaka-aineen epäpuhtaudet. Murskaimet sietävät epäpuhtauksia paremmin kuin hakkurit, joissa on terävät, leikkaavat terät. Murskaimissa on tylpät, vasaramaiset terät, jotka ovat joko kiinteät tai kiinnitysakselinsa ympäri liikkuvia.

Hakkuri on tyypiltään joko rumpu-, laikka- tai ruuvihakkuri. Rumpuhakkuri on käytetyin laite suuressa kokoluokassa. Sen pääkomponentit ovat 1) syöttöpöydän ketjukuljetin, 2) syöttölaitteen piikkirumpu, 3) terärumpu, 4) hakeseula, 5) hakkeenheitin ja 6) hakkeenheittimen torvi (Kuvio 6).



Kuvio 6. Rumpuhakkurin periaate

Puuaines pilkotaan hakkeeksi terärummussa, jossa on 2 – 6 terää lieriömäisen rumpun ympärillä. Rumpu on rakennettu massiiviseksi, jolloin saadaan aikaan suuri hitausmomentti. Tämä estää suurten impulssimaisten rasitusvoimien välittymisen voimansiirtokoneistoon, jona yleensä toimii dieselmoottori. Leikkautunut materiaali sinkoutuu suurella nopeudella hakeseulaan ja läpäisee sen, jos palakoko on pienempi kuin seulan silmäkoko. Muutoin hakepala kimpoaa takaisin, jolloin se leikkautuu lisää. Seulan ansiosta puusta saadaan säännöllisen kokoista haketta.

Pienemmän kokoluokan hakkureissa käytetään leikkausmenetelmänä laikkaterää. Teräpyörän sivupinnalle säteen suuntaisesti kiinnitetään 2 – 4 terää. Puut syötetään vinosti teräpyörän sivupintaa kohden. Laikkahakkuri soveltuu parhaiten koko- ja rankapuulle.

Murskain on rakenteeltaan pääosin samanlainen kuin hakkuri, mutta hakkeenheittimen ja sen torven tilalla on hihnakuljetin. Lisäksi murskaimen terät ovat tylppiä teloja tai vasaroita.

Hakkuri rakennetaan yleensä pyöräalustaiselle ajoneuvolle joko autoon, traktoriin tai muuhun työkoneeseen. Murskain puolestaan rakennetaan joko pyöräalustaisena tai kiinteänä laitoksena.



Kuva 1. Kuvassa vasemmalla Mercedes Benzin alustalle rakennettu hakkuri ja oikealla kotimainen Sisun alustalle rakennettu hakkuri (Kuvat: Hannu Lähdevaara (vas), Kotimaiset Energiat Oy (oik.))

Kuvassa 1 vasemmalla on Mercedes Benzin 3-akseliseen ajoneuvoon asennettu hakkuri, jonka tuotantomäärä on 100 – 200 irtokuutiometriä tunnissa. Tämän autohakkurin kokonaispaino on 17 000 kg. Kotimaisen valmistajan autohakkurin paino on puolestaan 32 000 kg ja tuotantomäärä maksimissaan 250 m³/h. Hakkuri voidaan rakentaa myös puhtaasti suoraan työkoneeksi tai liitettäväksi traktoriin. Esimerkiksi Salo-Machinery Oy tuo Suomeen saksalaista Albach-Silvator nimistä hakkuria, jonka tuotantomäärä voi olla jopa 320 m³/h, kuva 2.

Murskaimet voivat olla joko kaukalosyöttöisiä tai vaakasyöttöisiä. Pääsääntöisesti murskain siirretään kuorma-autolla, jossa on nosturi materiaalin käsittelyä varten. Kuvassa 2 oikealla on vaakasyöttöinen murskain, jonka tuotantomäärä on noin 300 m³/h.

Murskaimen toimintapaikka on yleensä terminaali tai voimalaitoksen varastokenttä edellyttäen, että kenttä on suunniteltu myös hakevarastoksi ja murskaamiseen on lupa. Koska murskain on suuritehoinen, sitä voidaan kierrättää useissa lähekkäin olevissa terminaaleissa. Hakkuri sen sijaan on perinteisesti välivarastolle tarkoitettu työkone, mutta soveltuu myös terminaaleihin, jos koneessa on korkea tuntituotos. Esimerkkinä tällaisesta hakkurista on edellä mainittu Albach-Silvator.



Kuva 2. Vasemmalla Albac-Silvator 2000 (Kuva: www.autokanta.com/bioenergiauutiset) ja oikealla Vermeer murskain (Kuva: Hannu Lähdevaara)

Hakkeen valmistus vaatii erikoisosaamista. Markkinoille onkin tullut yrityksiä, jotka ovat sijoittaneet uuteen teknologiaan ja haketoimitusten luotettavaan toteuttamiseen. Keski-Suomessa tunnetuimpia yrityksiä ovat KS Laatuenergia Oy, Kotimaiset Energiat Oy, Kosken Megawatti Oy ja L&T Biowatti Oy. Suomalaisia hakkurin valmistajia on useita, mm. LHM Hakkuri Oy, Heinolan Sahakoneet Oy, Laitilan Metalli Laine Oy, Kesla Oyj, Junkkari Oy, Farma Forest Oy. Yritykset valmistavat useisiin eri käyttötarkoituksiin soveltuvia hakkureita traktoriin että autoon liitettäväksi tai työkoneiksi.

Tuotantomallit ja toimitusketjut

Hakkeen tuotanto voidaan toteuttaa keskitettyä tai hajautettua mallia soveltaen. Keskitetyssä mallissa tuotantopaikkana on jokin suuri varastoalue tai käyttöpaikka. Varastoalueesta käytetään myös nimitystä terminaali. Hajautetussa mallissa tuotantopaikkana on metsäpään tienvarsi tai metsäpalsta. Tienvarressa tapahtuvasta tuotannosta käytetään nimitystä välivarastohaketus ja palstalla tapahtuvasta palstahaketus.

Välivarastohaketus voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: autohakkurin ja hakeautojen yhdistelmällä tai hakkuriautolla. Ensimmäisessä vaihtoehdossa hakkurikone syöttöpöytineen on sijoitettu kuorma-auton alustan päälle. Hakkuri voidaan rakentaa myös suoraan työkoneeksi. Tienvarressa työkone valmistaa haketta suoraan hakeautoihin, jotka voivat olla kuorma-autoja erilaisine perävaunuineen tai ilman perävaunua. Hakeautot kuljettavat sitten hakkeen käyttöpaikalle eli voimalaitokselle tai lämpölaitokselle ja palaavat takaisin hakkurin luo noutamaan seuraavaa kuormaa.

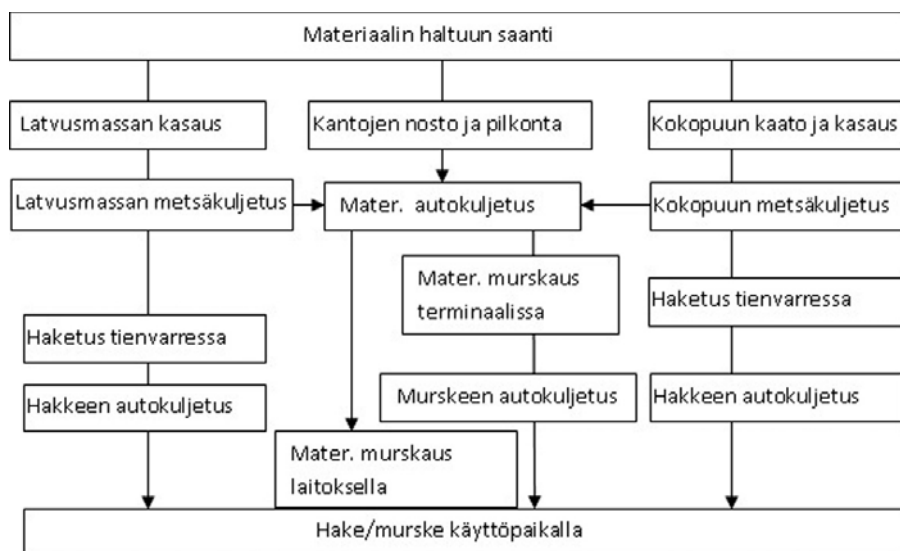
Hakkeen valmistaminen autohakkuri-hakeauto -yhdistelmällä muodostaa niin sanotun kuuman ketjun, koska haketus, kuormaus- ja kuljetusvaiheet kytkeytyvät kiinteästi toisiinsa. Työkone joutuu keskeyttämään tuotannon, jos seuraava hakeauto ei ole odottamassa valmistusta ja kuormausta. Kuuma ketju muodostuu etupäässä hajautetussa mallissa.

Hakkuriautossa puolestaan on kiinteän hakkurin ja kuormaimen lisäksi hakekuormatila. Hakkuri on sijoitettu kuorma-auton alustalle heti ohjaamon taakse. Lisäksi autoon voidaan liittää perävaunu. Tunnetuimpia hakkuriautoja lienevät Metsäenergia Meter Ky:n MOHA eli monitoimihakkuri ja Sisu-hakkuriauto, jonka kehitystyötä on ohjannut L&T Biowatti Oy. Tällä tuotantovälineellä kuljetustehokkuus on heikompi kuin autohakkuri-hakeauto -yhdistelmällä, koska kuormatila on pienempi. Hakkuriautolla voidaan toisaalta välttää kuuman ketjun muodostuminen, yksinkertaistaa toimitusketjua ja vähentää työntekijöiden ja erilaisten koneiden tarvetta.

Keskitetyssä mallissa latvusmassa, pienpuu, metsäteollisuudelle kelpaamaton runkopuu tai kannot kuljetetaan tienvarsivarastolta terminaalisiin, jossa hakkeen tai murskeen valmistus tapahtuu autohakkurilla tai liikuteltavalla murskaimella. Kehittyneessä terminaalissa voi olla myös kiinteäksi rakennettu murskauslaitos. Hake voidaan syöttää terminaalialueelle aumaksi tai suoraan ajoneuvoon. Hake kuormataan yleensä pyöräkuormaajalla hakeautoon, joka toimittaa hakkeen laitoksen varastoon tai suoraan polttoprosessin polttoainekuljettimen alkupäässä olevaan syöttötaskuun.

Kolmantena mallina on haketus tai murskaus käyttöpaikalla. Periaatteessa kyse on keskitetystä mallista, sillä käyttöpaikkahaketuksia tapahtuu vain muutamissa suurissa laitoksissa ja toimitukset toteutetaan useista lähteistä. Raaka-aineina on useita erilaisia biomassoja: kannot, risutukit, pienpuu rankana, latvusmassa tai ruokohelpi. Jos kyseessä on kiinteä murskainlaitos, murske syötetään valmistuksen jälkeen suoraan kattilaan johtavalle kuljettimelle. Mobiilimurskaimella hake voidaan syöttää myös varastoon.

Toimitusketjun toteutusvaihtoehtoja on useita. Vaihtoehdot eroavat toisistaan hakkeen valmistusvaiheen sijoittamisen, valmistustavan ja raaka-ainelajin osalta. Seuraava kuvio havainnollistaa tavallisimpia toteutusvaihtoehtoja:



Kuvio 7. Toimitusketjun erilaisia toteutusvaihtoehtoja (Lähteet: useat Metlan työraportit ja iEnvironment2 – BIOLOG, Bioenergian logistiikka)

Metsätehon tekemän tutkimuksen mukaan (Kärhä 2007) metsähakkeen tuotanto nuorista harvennusemetsistä toteutetaan valtaosin välivarastohaketuksella (71 %). Terminaaleissa tuotetun hakkeen osuus oli em. tutkimuksessa 23 % ja käyttöpaikalla harvennuspuuta hakettiin 6 %. Pääosa raaka-aineesta oli kokopuuta. Latvusmassahakkeen tuotannossa välivarastohaketuksen osuus oli 57 %, käyttöpaikkahaketuksen 27 % ja terminaaleissa tehdyn hakkeen 16 %. Kantomursketta valmistettiin käyttöpaikalla 80 % ja terminaaleissa 20 %. Metsäteho arvioi tutkimuksessaan, että hakkeen valmistus terminaaleissa tulee lisääntymään.

Metsähakkeen laadulla on suuri merkitys asiakkaalle

Hakkeen laatutekijät

Metsähakkeen energiasisältö määritetään käyttöpaikalla. Energiasisällön määrittämisessä noudatetaan jo vakiintuneita laatuohjeita ja standardeja sekä näihin perustuvia mittausohjeita.

Kiinteille puupolttoaineille on laadittu eurooppalaiset standardit, jotka määrittelevät aineet tiettyyn luokkiin ja asettavat niille laatuvaatimukset (Standardit CEN/TS 14588 ja CEN/TS 14961). Biopolttoaineet

on jaoteltu alaluokkiin alkuperänsä mukaan: ensimmäiseen alaluokkaan kuuluvat puupolttoaineet, toiseen kasviperäiset polttoaineet, kolmanteen hedelmät ja siemenet ja neljänteen eri polttoaineiden sekoitukset ja seokset. Laatuluokituksen mukaan hakkeelle ja murskeelle asetetaan velvoittavia ja opastavia ominaisuuksia.

Hakkeen laatuun vaikuttavat keskeisesti myös kosteus ja irtotiheys. Molemmilla on suuri merkitys kuljetustoiminnassa. Korkea kosteuspiitoisuus vähentää kuljetettavaa energiamäärää. Suuri irtotiheys merkitsee puolestaan, että auton sallittu kantavuus saadaan yleensä käytettyä, mutta tilavuus jää vajaaksi.

Standardin CEN/TS 14961 mukaan kosteus merkitään kirjaimella M (Moisture) ja kosteusprosentti kokonaisluvulla, esimerkiksi M40 tarkoittaa 40 % kosteutta. Taulukko 5 esittää juuri kaadetusta puusta valmistetun hakkeen kosteusprosentin ja irtotiheyden. Hakkeet on lajiteltu eri raaka-ainemateriaalien mukaan.

TAULUKKO 5. Tiettyjen hakelajien kosteus-% ja irtotiheys saapumistilassa (Lähde: Puupolttoaineiden laatuohje. Finbion julkaisu nro 5/1998)					
Ominaisuus	Metsätähdehake	Kokopuu-hake	Rankahake	Kantohake	Puutähdehake
Kosteus-% (kaatotuoreena)	50 – 60	45 – 55	40 – 55	30 – 50	10 – 50
Irtotiheys saapumistilassa, kg/i-m ³	250 – 400	250 – 350	250 – 350	200 – 300	150 – 300

Taulukossa 5 on huomioitava irtotiheyden laaja vaihteluväli. Irtotiheyteen vaikuttavat hakkeen kosteus, hakepalan muoto ja käsittely sekä raaka-aine. Mitä kosteampaa hake on, sitä painavampaa se on. Huhtikuussa kaatotuoreena valmistetun hakkeen kosteus on yli 55 %. Raaka-aineen kuivuttua huhtikuusta elokuuhun ja elokuussa haketettuna kosteus on vastaavasti 25 – 30 %. Syksyyn saakka kasassa pidettynä ja sitten haketettuna kosteus taas nousee keskimäärin 40 %:iin.

Mitä litteämpi hakepala on, sitä alhaisempi irtotiheys on. Epätasainen palakokojakauma merkitsee korkeata irtotiheyttä, sillä suurempien palasten väliset tilat täyttyvät hienojakeilla. Jäätäneestä puusta muodostuu haketuotannossa haurautensa vuoksi enemmän hienoainesta kuin sulasta, jolloin siitä tehdyn hakkeen irtotiheys on korkeampi kuin sulan puuaineksen.

Myös hakkeen käsittely vaikuttaa irtotiheyteen. Hakekuorman täyttäminen puhaltimella johtaa korkeampaan irtotiheyteen kuin vapaa pudottaminen kuljettimelta. Mitä voimakkaammin hake iskeytyy kuormaan, sitä tiheämpään se asettuu. Hakkeen tiivistäminen ja kosteus yhdessä nostavat irtotiheyttä suuremmaksi kuin taulukossa olevat arvot näyttävät. Jos hakkeen kosteus on esimerkiksi 55 %, puhaltimella täytetyn kuormatilan irtotiheys on hiukan yli 400 kg/i-m³. Tällöin 35 tonnin ajoneuvoyhdistelmään saadaan kuormaa huhtikuussa tehdystä hakkeesta vain 85 irtokuutiometriä. Kuljetuksen aikana hake saattaa jonkin verran vielä tiivistyä kuormatilassa, joten käyttöpaikalle saavuttaessa kuormassa on vähemmän irtokuutiometrejä kuin lastattaessa metsätien varressa.

Hakkeeseen liittyvä laatututkimus on ollut syvällistä ja laajaa. Hakkeen laatutekijät – kosteus, palakoko, lämpöarvot ja tiheydet – ovatkin hyvin tiedossa. Suomessa laadun tekeminen on pitkälti tavaran toimittajan tehtävä, koska suuret lämpö- ja voimalaitokset eivät ole rakentaneet kuivausjärjestelmiä laitoksen vastaanottoon. Tähän selvitykseen liittyvissä haastatteluissakin asia tuli selkeästi ilmi. ”Laatu tehdään metsässä” -vastaus kuvastaa hyvin, että toimittaja on ottanut laadun tekemisen vastuulleen. Esimerkiksi KS Laatuenergia Oy on asettanut tavoitteekseen, että käyttöpaikka saa hakkeensa energiatihedeltään luokassa 0,9 – 1,0 MWh/i-m³.

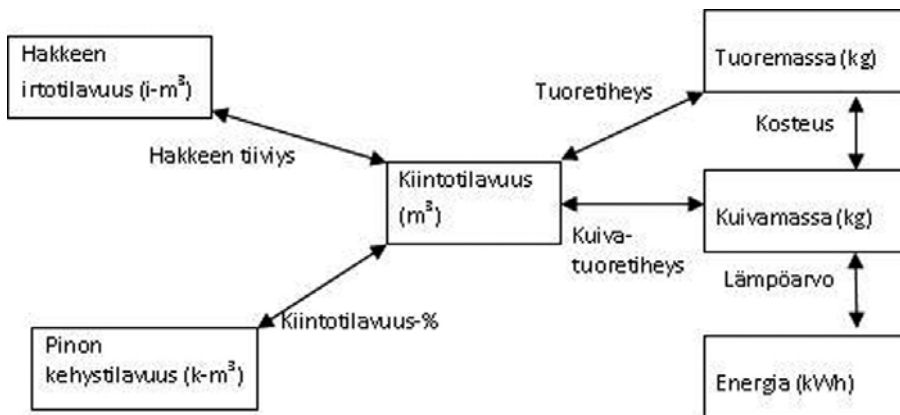
Kosteus on merkittävä laadun tekijä. Kosteuden vähentäminen alkaa jo raaka-aineen käsittelyssä. Perinteinen kuivaustapa on rasikui-vaus, jossa puut kaadetaan ristiin alkukesästä. Kesän aikana kosteus haihtuu hyvin lehtien ja neulasten kautta. Puut voidaan myös kerätä karsimattomina tai karsittuina kasoihin kuivumaan. Tulevaksi talveksi tarkoitettu energiapuu tulee korjata huhti – elokuun aikana, jolloin puut ehtivät kuivumaan tarpeeksi ennen käyttöä. Syyskuusta maaliskuuhun olevalla kaudella latvusmassa jätetään leimikolle ja kerätään vasta touko-kesäkuussa tienvarsivarastolle.

Hyvän ja huonon hakkeen laadun keskeiset tuntomerkit

Hyvä laatu	Laatutekijä	Huono laatu
matala	kosteuspitoisuus	korkea
matala	viherainepitoisuus	korkea
särmikäs	muoto	leveä, litteä
matala	hienoaineksen osuus	korkea

Energiapuun mittaus

Energiapuun mittaukseen laadittiin uudet, viralliset pelisäännöt tammi-kuussa 2008, jolloin sovittiin mittaustavoista ja niiden kehittamisestä sekä mittaustoimikunnan perustamisesta. Mittauksesta on julkaistu energiapuun mittaustoimikunnan hyväksymä mittaussopas. Energiapuun mittauksessa käytetään monia mittaussuureita ja –yksiköitä ja näiden väliseen muuntamiseen puolestaan muuntokertoimia. Keskeiset mittayksiköt ja niiden väliset muuntokertoimet on esitetty tämän raportin luvussa ”Tehtävämäärittely”. Haketta koskevien mittaussyksiköiden suhteita toisiinsa havainnollistaa kuvio 8.



Kuvio 8. Energiapuun mittauksen mittaussyksiköitä ja niiden suhteita (Lähde: Lindblad J. 2009)

Tuoretiheyttä (kg/m^3) käytetään muuntolukuna muunnettaessa energiapuun tuoremassa kuorelliseksi kiintotilavuudeksi. Tuoremassa tarkoittaa energiapuun massaa punnitushetkellä, esimerkiksi tienvarsivarastolla, kun energiapuuta nostetaan hakkuriin tai auton kuormatilaan. Tällä hetkellä on määritetty tuoretiheysluvut harvennuksesta korjatulle energiapuulle sekä latvusmassalle. Tiheystiedot on määritetty neljälle puulajille tai puulajiryhmälle: havupuut, koivu, muut lehtipuut ja seka-puusto. Kukin puulajiryhmä on jaettu niin ikään neljään painoluokkaan. Painoluokan valinta riippuu siitä, tunnetaanko kosteus vai sisältääkö mittauserä huomattavan määrän lunta.

Esimerkiksi koko vuoden aikavälillä, jos kosteusprosentin tiedetään olevan yli 55, voidaan havupuille käyttää tuoretiheytenä 900 kg/m³. Samaa tiheyslukua voidaan käyttää myös koivulle koko vuonna, jos kosteusprosentti on yli 45. Kannoille ei ole vielä määritetty tuoretiheyslukua, joten massa saadaan selville kuiva-tuoretiheyden kautta. Kiintotilavuus saadaan jakamalla punnituserän massa tuoretiheysluvulla.

Otetaan esimerkiksi talvella tapahtuva harvennusenergiapuun kuljetus leimikolta tienvarteen. Mittaus tehdään kuormaimen vaa'alla. Ajo-neuvoyhdistelmän kuormatiloihin on lastattu 37 000 kg puuta, jonka kiintotilavuus on siten $37\,000\text{ kg}/900\text{ kg/m}^3 = 41,1\text{ m}^3$.

Kuiva-tuoretiheys tarkoittaa energiapuun kuivamassan ja kuorellisen kiintotilavuuden suhdetta. Puun kuiva-tuoretiheys vaihtelee välillä 360 – 600 kg/m³. Taulukossa 6 on esitetty muutamien puulajien eri osien kuiva-tuoretiheydet.

TAULUKKO 6. Muutamien puulajien eri osien kuiva-tuoretiheyksiä (Lähteet: Alakan-gas, 2000; Lindblad, Äijälä, Koistinen, 2008)						
Puulaji	Kuiva-tuoretiheys [kg/m ³]					
	Koko puu	Runkopuu	Oksat	Kanto	Latvusmassa	Kuori
Mänty	385	390 – 410	450	450	425 (neul)	300
Kuusi	400	380 – 400	610	410	445 (½ neul)	340
Koivu	475	490	530	510		550
Leppä	370	360 – 430	405 – 440			
Haapa	385	360	450			

Mikäli kosteus tunnetaan, voidaan tuoretiheys laskea kuiva-tuoretiheyttä käyttämällä seuraavasti:

$$r_g = 100 \times r_{0,g} / (100 - u)$$

missä r_g = tuoretiheys, $r_{0,g}$ = kuiva-tuoretiheys ja u = kosteus-%. Esimerkiksi kantojen tuoretiheys $r_g = 100 \times 410\text{ kg/m}^3 / (100 - 40) = 683\text{ kg/m}^3$.

Energiatiheys ja tehollinen lämpöarvo ovat tärkeitä käyttöpaikkaa kiinnostavia mittasuureita. Taulukossa 7 on esitetty Finbion julkaisussa nro 5/1998 (Puupolttoaineiden laatuohje) määritellyt arvot.

TAULUKKO 7. Tehollinen lämpöarvo ja energiatiheys					
Ominaisuus	Metsätähde- hake	Kokopuu- hake	Rankahake	Kantohake	Puutähde- hake
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (MJ/kg)	6 – 9	7 – 10	7 – 11	8 – 13	6 – 15
Energiatiheys, (MWh/i-m ³)	0,7 – 0,9	0,7 – 0,9	0,7 – 0,9	0,7 – 1,0	0,7 – 0,9

Esimerkiksi yllä lasketun 85 irtokuutiometrin kuorman sisältämä energiamäärä saadaan seuraavalla laskutoimituksella: $0,8 \text{ MWh/i-m}^3 \times 85 \text{ i-m}^3 = 68 \text{ MWh}$. Hakkeen ja murskeen kehystilavuus määritetään kuorman tilavuuden perusteella. Kuormatilan sisämitat otetaan huomioon yhden senttimetrin tarkkuudella. Mittauserän korkeus mitataan tasoitetuksi katsottuun yläreunaan 5 cm:n tarkkuudella. Mittauserän kehystilavuus on kuormatilan leveys x pituus x mittauserän korkeus. Tulos ilmoitetaan 0,1 m³:n tarkkuudella. Kehystilavuus muunnetaan kiintotilavuudeksi kaikilla hake- ja murskelajeilla käyttämällä muuntolukua 0,40. Muunnettaessa kiintotilavuus kehystilavuudeksi vastaava muuntoluku on 2,50.

Puupolttoaineiden käyttökohteet Keski-Suomessa

Kuviossa 5 ja taulukossa 3 esitettiin puupolttoaineiden käyttökohteita Keski-Suomessa. Suurimmat käyttökohteet vuonna 2010 ovat Jyväskylässä Keljonlahden ja Rauhalahden voimalaitokset. Keljonlahden voimalaitoksen polttoaineteho on 480 MW ja polttoainetarve yhdessä Rauhalahden kanssa arviolta 3 – 4 TWh. Keljonlahden pääpolttoaineet ovat turve ja puu. Tavoitteena on, että puuta käytetään vähintään 30 %, tulevaisuudessa jopa 70 %. 30 % energiapuuosuus vastaa arviolta noin 600 000 kiintokuutiometriä. Metsähaketta tästä määrästä arvioidaan olevan 50 %, loput teollisuuden sivutuotepuuta. Rauhalahden on toimitettu vuosina 2000 – 2004 puuperäisiä polttoaineita 137 000 – 245 000 tonnia, mikä vastaa 390 000 – 700 000 m³.

Seuraavaksi suurimmat voimalaitokset ovat Jämsässä UPM-Kymmene Oyj:n Jämsänkosken ja Kaipolan paperitehtailla. Kaipolan voimalaitoksen kattila uusittiin vuonna 2006. Sen polttoaineteho on 104 MW. Uudistuksen myötä laitos voi käyttää aiempaa enemmän puupolttoaineita.

Laitos käyttää biopolttoaineiden lisäksi öljyä, jonka osuus tällä hetkellä on 30 %. Puupolttoaineina käytetään ainespuusta saatua kuorta sekä kannoista, oksista ja latvuksista valmistettua metsähaketta. Metsähakkeen käyttötavoite vuodessa on noin 250 000 m³.

Jämsänkosken biovoimalaitos on Jämsänkosken Voima Oy:n, UPM-Kymmene Oyj:n ja Pohjolan Voima Oy:n yhteisesti rakentama laitos. Leijukerrospolttotekniikkaa hyödyntävän laitoksen sähköntuotantokyky on 46 MW ja lämpöteho 185 MW. Metsähakkeen käyttötavoite vuodessa on noin 250 000 m³. Noin 200 000 m³ saadaan tehtaassa käytetyn puun sivutuotteena. Suunnilleen saman verran käytetään myös turvetta.

Myös Äänekoski on merkittävä bioenergian käyttökohde. Foster Wheeler Energia Oy on toimittanut Äänevoima Oy:lle leijukerroskattilan vuonna 2002 ja laitos käynnistettiin vuonna 2003. Laitoksen teho on 173 MW, josta sähkötehoa 38 MW, prosessihöyryä 115 MW ja kaukolämpöä 20 MW. Polttoaineina käytetään kuorta, lietettä, metsähaketta ja turvetta. Laitos palvelee kolmea asiakasta: M-Realin paperi- ja kartonkitehdasta, karboksimeetyyliselluloosatehdasta ja Äänekosken kaupunkia. Ulkopuolelta hankittavan polttoaineen määrä on noin 500 GWh vuodessa koostuen puusta ja turpeesta.

Keuruulle valmistuu vuoden 2010 lopulla uusi leijukerrostekniikkaa käyttävä voimalaitos. Laitos tuottaa 15 MW kaukolämpöä Keuruun seudulle ja 5 MW sähköä valtakunnan verkkoon. Ennestään Keuruulla on jo kaksi biopolttoainetta käyttävää lämpölaitosta. Uudessa laitoksessa käytetään sekä metsähaketta että jyrshinturvetta arviolta 90 GWh vuodessa. Tähän alempaan keskikokoluokkaan kuuluvat myös Jyväskylän Savelassa, Viitasaarella, Karstulassa, Säynätsalossa, Laukaassa, Hallissa, Muuramessa ja Pihtiputaalla sekä Hankasalmella olevat lämpölaitokset. Lisäksi Keski-Suomen eri kunnissa on koko joukko pienempiä lämpölaitoksia.

Energiapuun toimittajat Keski-Suomessa

Pihtiputaalla toimiva KS Laatuenergia Oy toimii energiapuun hankinnan, korjuun ja kuljetuksen toimialalla. Yrityksessä tehdään myös puuenergian laatuun ja toiminnan kehittämiseen liittyvää työtä. Yhtiö hankkii ja toimittaa energiapuun kannolta asiakkaalle saakka.

Vapo Oy tunnetaan hyvin turpeen tuotannosta ja toimituksista, mutta se on tullut vahvasti mukaan myös energiapuun toimituksiin. Vapo Oy:n

lähtökohtana on puupolttoaineiden tuotanto, jalostaminen ja käyttö turpeen rinnalla. Vapo Oy ostaa energiapuun tien varteen toimitettuna ja valmistaa tästä haketta, jonka se sitten toimittaa asiakasyrityksilleen. Turpeen ja puupolttoaineiden tuotannosta ja toimituksista vastaavat asiakasalueet, joita Vapolla on Suomessa yhteensä 11.

L&T Biowatti Oy on nopeasti kasvanut merkittäväksi energiapuun toimittajaksi. Yritys tarjoaa UPM-Kymmene Oy:n ja Metsäliitto Osuuskunnan tavoin puuhankintaa ja muita metsäpalveluja metsänomistajille. Tosin L&T Biowatti Oy:n puun osto tapahtuu hankintakaupalla. Yrityksen toiminta kattaa koko Suomen, ja maa on jaettu useisiin asiakaspalvelualueisiin. L&T Biowatti Oy välittää myös levyteollisuuden raaka-aineita ja toimittaa sahanpurua ja hakkeita selluteollisuudelle.

Metsäliitto Osuuskunta, Stora-Enso ja UPM Metsä ovat tunnettuja suomalaisia puuhankinnan, korjuun ja kuljetuksen suuryhtiöitä. Metsäliiton metsähakkeen tuotanto on järjestetty siten, että puuhankintaorganisaatio vastaa energiapuun ostosta ja korjuusta tien varteen ja alihankintayritykset toteuttavat hakkeen valmistuksen ja siirron tien varresta laitokselle. Energiapuuta ostetaan sekä pysty- että hankintakaupalla.

UPM:ssä Metsä ja sahat –liiketoiminta-alue vastaa metsäbiomassan hankinnasta UPM:n omille tehtaille ja voimalaitoksille. Pääosin samat ostajat toteuttavat ainespuun ja energiapuun hankintaa. Joillakin alueilla on tosin oma henkilö energiapuun hankintaan. Koko valtakunnassa UPM Metsä korjaa vuosittain noin 3 TWh kotimaista metsäenergiapuuta biopolttoaineeksi. Vuonna 2003 määrä oli 1 TWh.

Biomassaan perustuvaa energiaa tuottavat seuraavat UPM Kymmene Oyj:n kokonaan tai osittain omistamat voimalaitokset: Kaipola, Jämsänkoski, Tervasaari, Ahlholmens Kraft, Kymin Voima, Kaukaan Voima, Rauman Voima, Kainuun Voima ja Järvi-Suomen Voima.

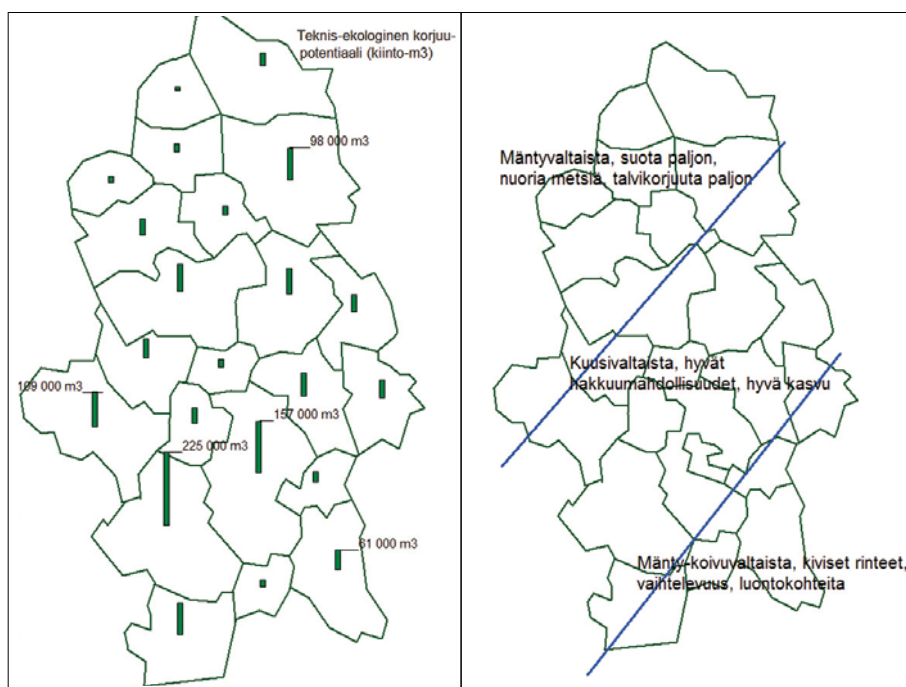
Myös useat metsänhoitoyhdistykset ovat tiiviisti mukana energiapuun toimituksissa. Esimerkiksi Päijänteen metsänhoitoyhdistys, Metsänhoitoyhdistys Metso ja Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomi hankkivat omaan tai asiakkaansa lukuun energiapuuta. Päijänteen metsänhoitoyhdistys on myös Keljonlahden voimalaitoksen osaomistaja.

Lisäksi on useita pieniä yrityksiä, jotka hankkivat ja toimittavat metsäenergiaa energialaitosten raaka-aineeksi. Esimerkkeinä mainittakoon OK-YHTIÖT Oy, joka toimii sekä Kainuussa että Keski-Suomessa, ja Leivon Metsäenergia Oy, jonka kotipaikka on Joutsa.

Materiaalivirrat

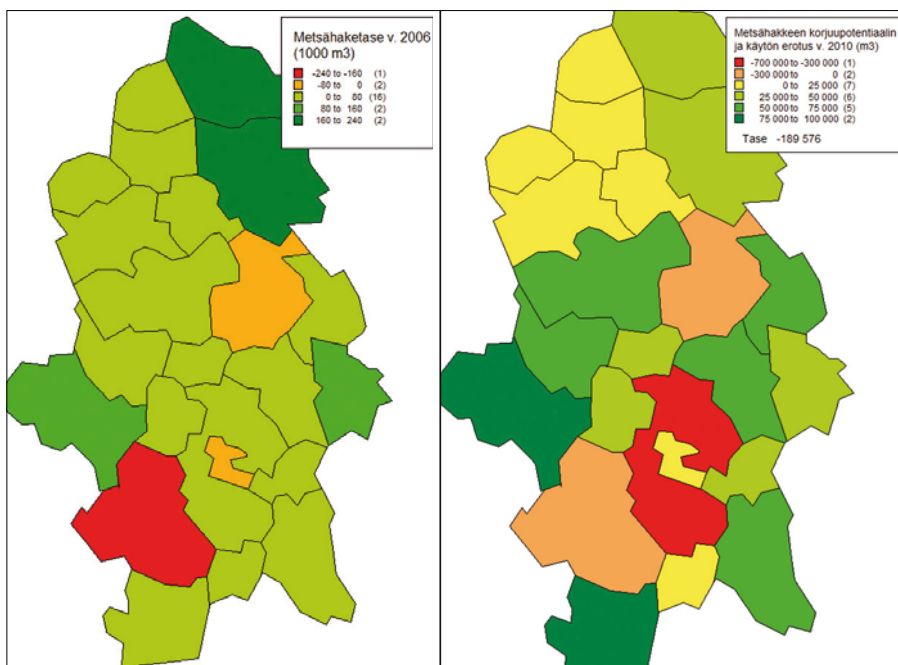
Kuntien korjuupotentiaali ja käyttö

Vuonna 2009 arvioitiin uudestaan Keski-Suomen energiapuumäärät (kannot, hakkuutähteet ja pienpuu). Nk. teknis-ekologinen korjuumäärä on kaikkiaan noin 1,5 miljoonaa kiintokuutiometriä. Tähän lukuun sisältyvät yksityismetsänomistajien, valtion ja eri yhtiöiden metsät. Kuvio 9 esittää arvion teknis-ekologisesta korjuupotentiaalista kunnittain sekä jakaa maakunnan kolmeen eri vyöhykkeeseen maapohjan ja metsien ominaisuuksien mukaan.



Kuvio 9. Metsähakkeen teknis-ekologinen korjuupotentiaali kunnittain ja maapohjan sekä puuston ominaisuuksia (Lähde: Kauppinen V-P, 2009)

Seuraavassa kuviossa tarkastellaan metsähakkeen teknisen korjuupotentiaalin ja sen käytön erotusta kuntatasolla vuosina 2006 (Kuvio 10 (A)) ja 2009 (Kuvio 10 (B)). Tarkastelu kuvaa lähinnä sitä, miten omavarainen kunta on suhteessa nykyiseen metsähakkeen käyttöön.



Kuvio 10. Vasemmalla vuoden 2006 metsähakete ja oikealla vuoden 2010 arvio (Lähteet: Laitila J., Asikainen A., Anttila P., 2008; Kauppinen V-P. 2009 ja Ylitalo E. 2009)

Kuviossa 10 (A) oleva kartta osoittaa, että Jämsässä metsähakkeen käyttö ylittää tarjonnan. Samoin Äänekoskella ja Muuramessa käyttö oli suurempaa kuin tarjonta. Sen sijaan Jyväskylän tase oli positiivinen erityisesti Korpilahden alueen metsistä saatavan hakemäärän ansiosta. Vuoden 2006 tarkastelussa on siis jo otettu huomioon nykyinen Jyvässeudun kuntaliitos. Kaikkien muiden kuntien tase oli vuonna 2006 positiivinen ja erityisesti Viitasaaren ja Pihtiputaan kohdalla jopa erinomainen.

Vuonna 2009 laadittiin siis uusi arvio Keski-Suomen teknis-ekologisesta korjuupotentiaalista. Lisäksi arvioitiin useiden lähteiden perusteella kuntien lämpölaitosten käyttämät metsähakemäärät, (Kuvio 10 (B)). Tässä tarkastelussa on Jämsän korjuupotentiaali arvioitu suuremmaksi kuin edellisessä tarkastelussa. Jämsänkosken voimalaitoksen metsähakkeen käyttömääräksi arvioitiin eri lähteiden perusteella 250 000 kiintokuutiometriä ja Kaipolan voimalaitoksen käyttämäksi määräksi vastaavasti 250 000 m³. Kun korjuupotentiaali on Jämsässä hiukan yli 200 000 m³, on kunnan tase metsähakkeen osalta negatiivinen.

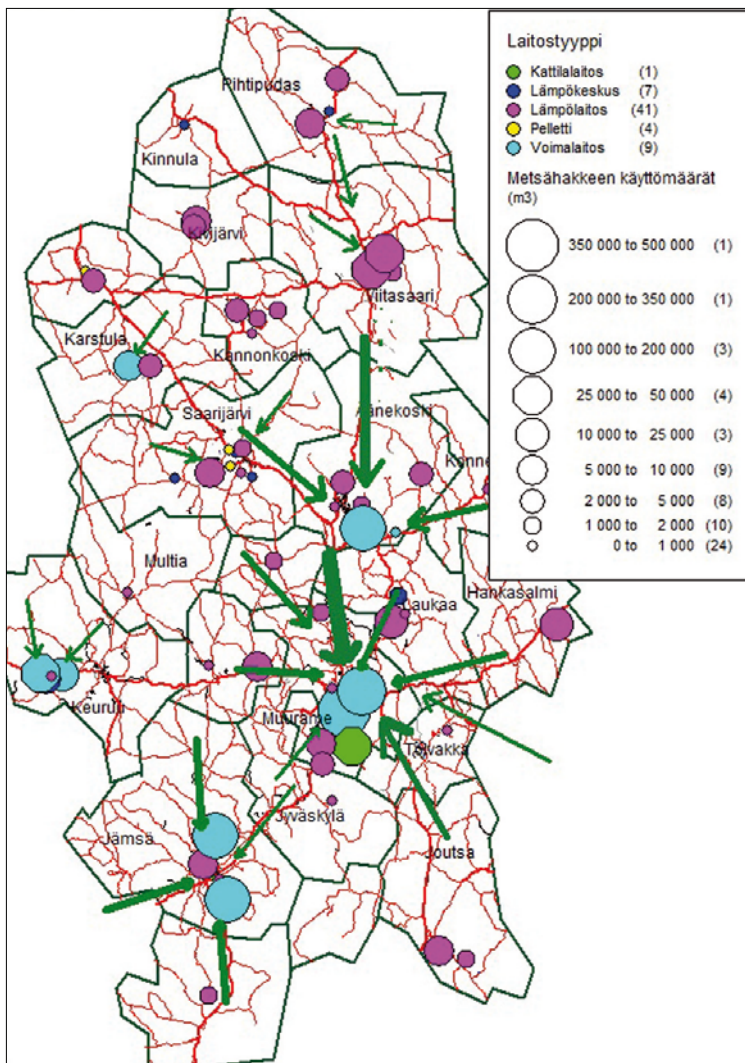
Jyväskylässä metsähakkeen käyttömäärät tulevat olemaan hyvin suuret sekä Rauhalahdessa että uudessa Keljonlahden voimalaitoksessa. Myös Äänekoskella tase on jonkin verran alijäämäinen.

Tällainen tasetarkastelu ilmaisee hyvin, miten kunnan omat metsävarat riittävät kunnan alueella toimiville lämpö- ja voimalaitoksille. Taseesta voidaan karkeasti arvioida, mihin suuntaan ylijäämää seuraavaksi toimitetaan. Kustannussyistä on järkevää, että metsähakkeen toimitukset tapahtuvat mahdollisimman läheltä. Pienet lämpökeskukset hankkivat yleensä materiaalin oman kunnan alueelta, kun taas suurien voimalaitosten on hankittava raaka-ainetta myös kauempaa.

Materiaalivirrat käyttömäärien perusteella

Suurten voimalaitosten materiaalivirrat syntyvät monilta eri alueilta. Raaka-ainelähteet riippuvat toimittajien hankinta-alueista. Kun materiaalmäärät ovat suuria, tarvitaan niiden kuljettamiseen useita toimittajia. Tähän selvitykseen ei saatu tarkkoja tietoja materiaalivirroista tienvarisarastoista käyttöpaikoille. Materiaalivirtoja on kuitenkin karkealla tasolla arvioitu lämpö- ja voimalaitosten käyttömäärien perusteella. Metsähakkeen materiaalivirrasta 85 % ohjautuu Jyväskylään, Jämsään ja Äänekoskelle, karkeasti ottaen suhteessa 5: 3: 1. Laitosten käyttömääriä ja materiaalivirran suuntia havainnollistaa kuvio 11.

Kuviossa 11 metsähakkeen käyttökohteet on jaettu eri laitostyyppihin. Ympyrän koko kertoo kohteen vuotuisesta metsähakkeen käyttömäärästä. Nuolet osoittavat materiaalivirran suunnan. Nuolen paksuus kuvaa materiaalivirran suuruutta.

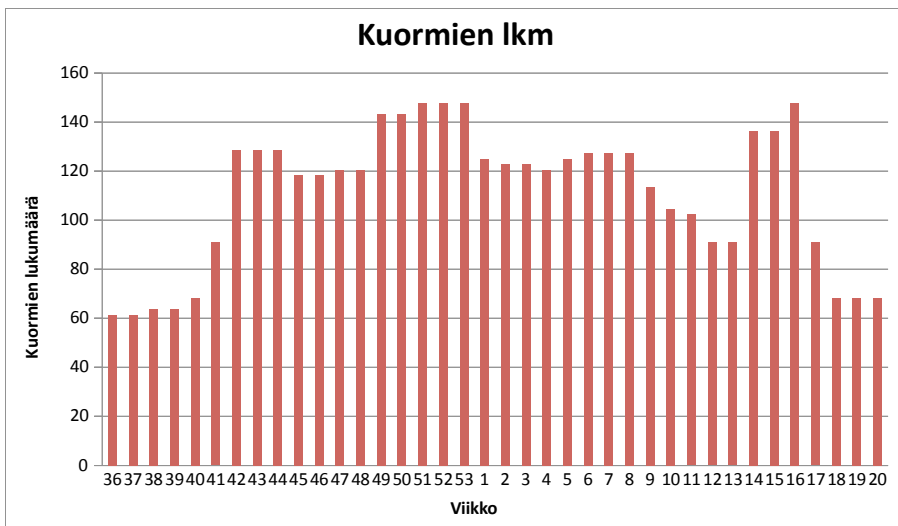


Kuvio 11. Toimituskohteet ja materiaalivirtojen suunta Keski-Suomen maakunnassa

Jyväskylän Energia Oy:n voimalaitokset

Jyväskylän Energia Oy:llä on useita suuria metsähakkeen toimittajia. Puutähdehaketta toimittavat suuret sahat ja vaneritehtaat. Materiaalin toimitus Rauhalahden ja Keljonlahden voimalaitoksille toteutetaan tarkan ohjelman mukaan, joka sisältää toimittajakohteisesti sovitun määrän vuorokausittain.

Rauhalahteen ja Keljonlahteen materiaali voidaan toimittaa sekä junalla että autolla, Keljonlahteen myös aluksella tai proomulla. Tällä hetkellä kuitenkin metsäbiomassa kuljetetaan laitokselle lähes yksinomaan autolla. Materiaalimäärää voidaan kuvata esimerkiksi ajoneuvojen lukumäärillä. Seuraavassa kuviossa on esitetty Rauhalahteen voimalaitoksen metsähaketta kuljettavien ajoneuvojen lukumäärä viikossa lämmityskauden aikana. Tarkastelussa on oletettu, että yhdistelmäajoneuvossa on 44 kiintokuutiometriä metsähaketta.



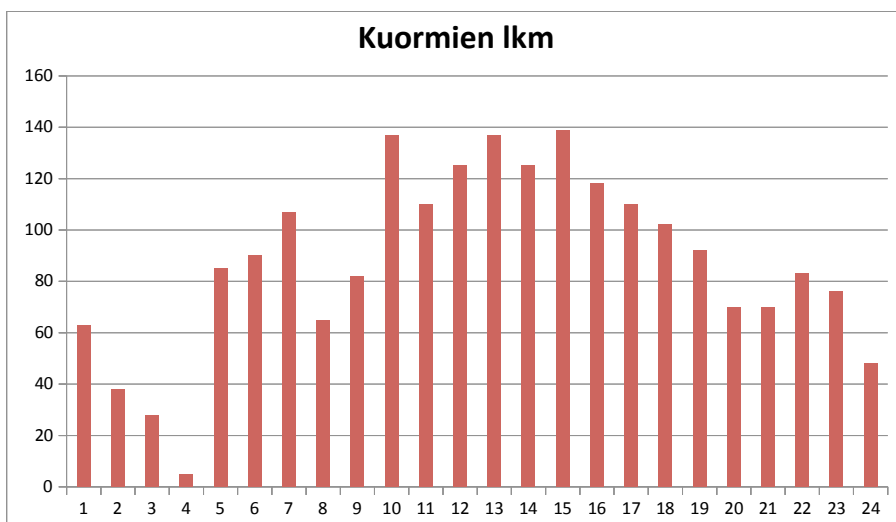
Kuvio 12. Rauhalahteen ajavien yhdistelmäajoneuvojen lukumäärä viikkotasolla. Tarkastelu koskee vain metsähaketta, eikä esimerkiksi mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteita ole tässä huomioitu.

Jyväskylän Energia Oy hankkii myös sahoilta saatavaa haketta. Materiaalivirta sahoilta sellutehtaille on viime aikoina laskenut ja sen myötä on arvioitu, että sahoilta riittää nyt enemmän haketta voimalaitoksille. Lisäksi sahojen oma puunhankinta kerää latvusmassat ja kannot energiatehtaan käyttöön. Jyväskylän Energia Oy on mm. tehnyt sopimuksen Keitele Forest Oy:n ja Keitele Timber Oy:n kanssa puupolttoaineiden toimituksista Jyväskylän Energia Oy:n laitoksille. Sopimuksen arvo energiamääränä on 200 GWh.

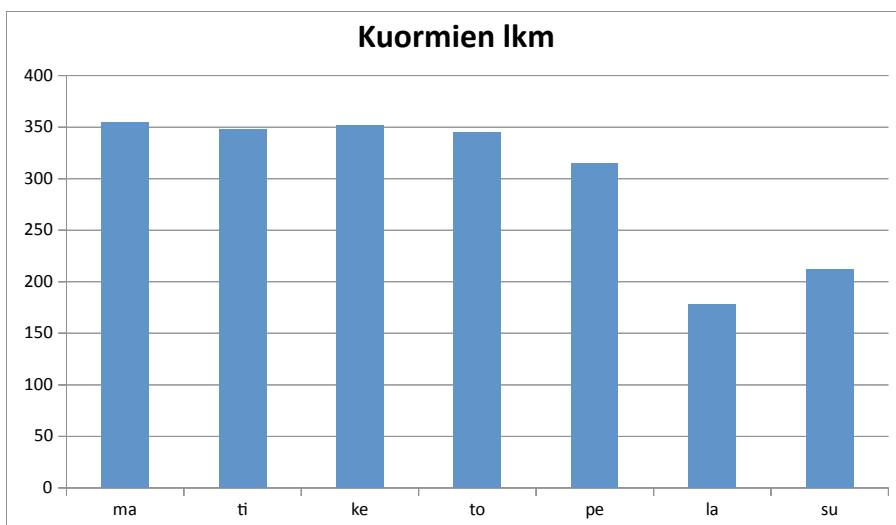
Keitele Timber Oy toimittaa sahan sivutuotteita ja Keitele Forest Oy latvusmassaa ja kantoja. Sahausten sivutuotteena saadaan kuorta, sahanpurua ja kuivahaketta. Kuivahake toimitetaan paperiteollisuudelle, mutta osittain myös polttoon. Sahaustuotannossa muodostuu yhtä sahakuutiota kohden noin 1 MWh polttoon kelpaavaa materiaalia. Keitele Timber Oy jalostaa sahatavaraa myös pidemmälle, jolloin sivutuotteina saadaan sekä sahanpurua että lastuja. Jalostustoiminnan tuottama energiamäärä on vuodessa noin 100 000 MWh.

Kaikkiaan Keitele Timber Oy tuottaa 500 000 MWh puuenergiaa. Yritys käyttää siitä itse 1/3 sähkön ja lämmön tuottamiseen ja 2/3 myydään ulos. Keitele Forest Oy:n tukkipuun hankinnan sivutuotteet - kannot ja latvusmassa - kuljetetaan metsästä suoraan käyttöpaikalle. Keitele Forest Oy:n ja Keitele Timber Oy:n toimittama energiamäärä 200 GWh tarkoittaa käytännössä sitä, että lämmityskauden aikana tavaraa kuljettaa 30 – 75 autoa/viikko.

Kaikkiaan Rauhalahteen ajaa noin 2100 ajoneuvoa kuukaudessa ja vuorokauden eri tunteina kuormien lukumäärät jakautuvat kuviossa 13 esitetyllä tavalla. Eri viikonpäivinä kuormat jakautuvat kuvion 14 mukaisesti.



Kuvio 13. Vuorokauden eri tunteina saapuvien kuormien lukumäärän summa Rauhalahteen kuukauden aikana (Lähde: Lehtoranta, 2010)



Kuvio 14. Rauhalahden kuukausittain saapuvien kuormien lukumäärän summa eri viikonpäivinä (Lähde: Lehtoranta, 2010)

Tulevana talvena 2010 – 2011 Keljonlahden voimalaitoksen materiaalmäärät ovat 1,5-kertaiset Rauhalahden verrattuna. Siten pelkästään metsähakeajoneuvojen liikenne Keljonlahden on suurimmillaan noin 100 ajoneuvoa vuorokaudessa. Keljonlahden voimalaitoksen arvioitu turpeen käyttö on 1,4 TWh, metsähakkeen 0,6 TWh ja sivutuotteiden 0,4 TWh. Määrät vastaavat 1,5 ja 0,75 sekä 0,5 miljoonaa irtokuutiometriä. Koska Jyväskylässä suuria laitoksia on kaksi, on mahdollista säätää käyttöä siten, että Keljonlahden kapasiteetti hyödynnetään ensin täysin ja sitten loppuosa energiatarpeesta tyydytetään Rauhalahden tuottamalla energialla. Tällöin Rauhalahden polttoaineiden käyttö voi jäädä vähäisemmäksi kuin nykyisin.

Jämsänjokilaakson voimalaitokset

Kaipolan ja Jämsänkosken voimalaitosten tarvitseman energiapuun hankinta ulottuu monen kunnan alueelle Keski-Suomessa ja myös maakuntarajojen ulkopuolelle. Hankinnan pääsuuntia ovat kuitenkin Keuruu, Petäjävesi, Multia, Kuhmoinen ja Korpilahti Jämsän alueen lisäksi. Myös pohjoisesta Keski-Suomesta hankitaan puuta. Maakunnan ulkopuolisia hankintapaikkoja ovat esimerkiksi Längelmäen ja Mäntän alueet sekä Pohjois-Savo.

Pääosa energiapuusta saadaan kuusileimikoiden päätehakkuista. Myös kuitupuuta ohjautuu jonkin verran polttoon. Tässä tapauksessa kuusikuidun lähteet ovat laitoksen lähellä. Jämsänkoskelle ja Kaipolaan toimitetaan yhteensä vuodessa noin 1,2 miljoonaa irtokuutiometriä metsähaketta, ja tehtailta siirretään voimalaitoksille sivutuotteita 1,0 miljoonaa irtokuutiometriä.

Äänekosken voimalaitokset

Äänevoima Oy:n biovoimalaitos tarvitsee polttoainetta vuosittain noin yhden terawattitunnin verran. Puolet polttoaineesta tulee sellutehtaan puolelta sivutuotteena. Laitos käyttää metsähaketta noin 300 GWh (375 000 i-m³) ja turvetta noin 200 GWh (220 000 i-m³ tai 71 000 t).

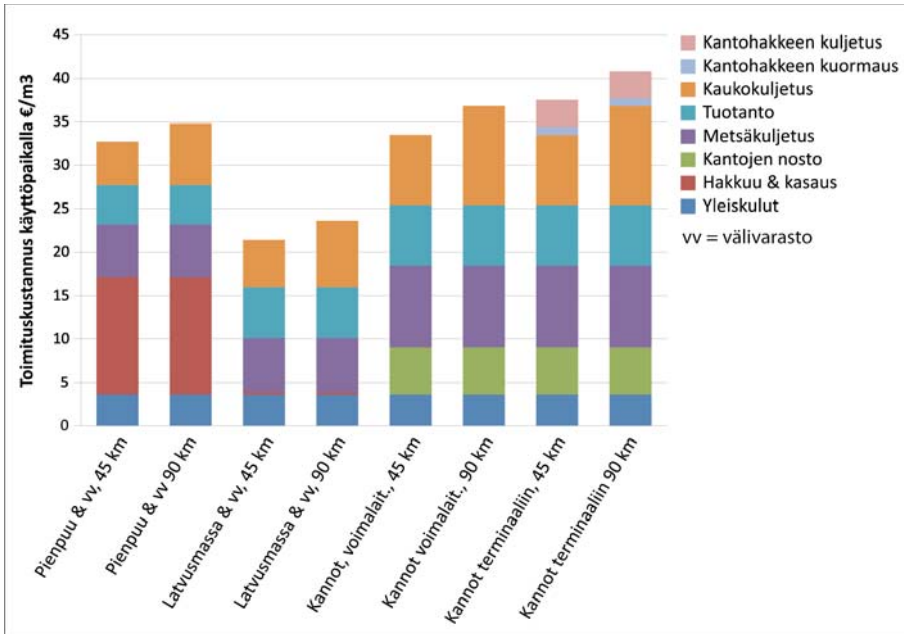
Äänevoima Oy:n puutoimituksista vastaa Metsäliitto Osuuskunta. Laitokselle toimitetaan metsäbiomassaa kantoina, pienpuuna ja latvusmassana sekä valmiina hakkeena, joka on haketettu tienvarsivarastolla tai käyttöpaikalla. Raaka-aine voidaan murskata myös terminaalissa. Viime aikoina on laitoksen käyttämästä metsähakkeesta noin puolet haketettu tienvarressa ja noin puolet käyttöpaikalla. Toimitukset operoi alueyrittäjä ja raaka-ainelähteet ovat pääasiassa pohjoisen suunnasta Kannonkoskelta ja Viitasaarelta. Materiaalia saapuu myös Konneveden ja Saarijärven suunnasta. Metsähake ja kantomurske kuljetetaan alle sadan kilometrin säteeltä.

Suolahdessa sijaitsevan Kumpuniemen voimalaitoksen omistavat Äänekosken kaupunki, Finnforest Oy ja Vattenfall Oy. Voimalaitos on vaneritehtaan vieressä ja laitos käyttää pelkästään vaneritehtaalta tulevia sivutuotteita eli koivun ja havupuun kuorta, hiomapölyä ja vaneriviilun hukka-ainesta. Voimalaitoksella on kaksi puupolttoainekattilaa, joista vanhemman kattilan teho on 28 MW ja uudemman pyroflow-kattilan teho on 23 MW (CHP). Kumpuniemen voimalaitoksen polttoainehuolto ei kuormita esimerkiksi maanteitä, sillä kaikki laitoksen tarvitsema raaka-aine eli vaneritehtaan sivutuotteet siirretään kuljettimia pitkin tehtaalta voimalaitokselle.

Toimitusketjun kustannukset

Hakkeen valmistuksen kustannuksia eri tuotantomenetelmillä on tutkittu varsin perusteellisesti. Tutkimustyötä ovat tehneet mm. VTT, Joensuun yliopisto (nyk. Itä-Suomen yliopisto), Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Metsäteho, Metsätutkimuslaitos ja Pöyry Energy Oy. Kustannuslaskenta

perustuu toimitusketjun eri toimintojen ja työvaiheiden ajanmenekkiin. Kuvio 15 esittää metsähakkeen toimituskustannukset työvaiheittain eriteltynä latvusmassalle ja kannoille. Kustannuksista puuttuu metsänomistajille puusta maksettava hinta.



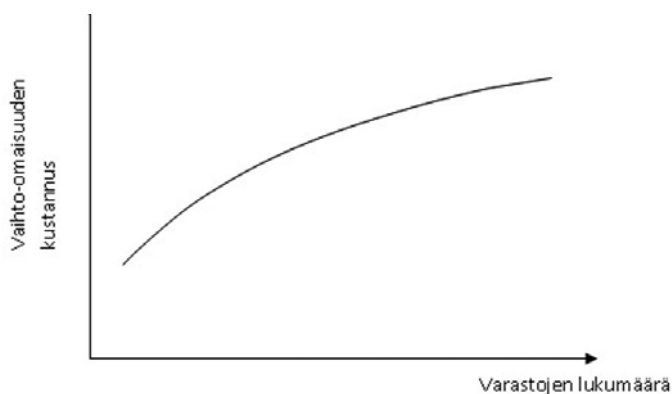
Kuvio 15. Metsähakkeen toimituskustannukset työvaiheittain eriteltynä latvusmassalle ja kannoille vv=välivarasto. (Lähde: Metsäenergian hankinnan uudistaminen, 2008)

Pienpuun kustannusten kohdalla huomio kiinnittyy hakkuun ja kasauksen suureen osuuteen. Kantojen kohdalla em. korjuuvaihetta vastaa kantojen nosto, jonka kustannus on vähän alle puolet pienpuun hakkuusta ja kasauksesta. Sen sijaan kantojen metsäkuljetuksen osuus kustannuksista on selvästi suurempi kuin latvusmassalla ja pienpuulla. Latvusmassan kasauksen kustannus on hyvin pieni.

Latvusmassan toimitusketjun kustannukset ovat nousseet noin 35 % vuoden 2004 tarkastelusta. Kantojen kustannukset ovat nousseet 40 % ja pienpuun kustannukset noin 10 %, kun kaukokuljetusmatka on 100 km. Kannoista valmistetun hakkeen toimitusketjun hinta on siis erittäin korkea. Yleinen käsitys tällä hetkellä onkin, että kantojen hankinta, käsittely ja myynti on selvästi tappiollista toimintaa. Metsäenergian käyttäjät pyrkivätkin hankkimaan kantopuuta vain helpoista kohteista.

Kuviosta 15 voidaan havaita, että metsähakkeen kustannukset ovat toimintopohjaisia. Materiaalin vaihto-omaisuuskustannus on laskettu välivaraston materiaalille työkustannusten kertymien mukaan. Varastointiajaksi on määritetty 8 kuukautta. Terminaalissa varastointiaika on 1 kuukausi. Laskennassa on käytetty 6 %:n korkokantaa.

Tulevissa kustannustarkasteluissa olisi syytä erotella varastotilan ja vaihto-omaisuuden kustannukset, koska näiden osuus tulee todennäköisesti kasvamaan. Varastotilojen määrällä ja vaihto-omaisuuden kustannuksella on seuraava yhteys toisiinsa (Kuvio 16):



Kuvio 16. Varastojen lukumäärän vaikutus vaihto-omaisuuden kustannukseen

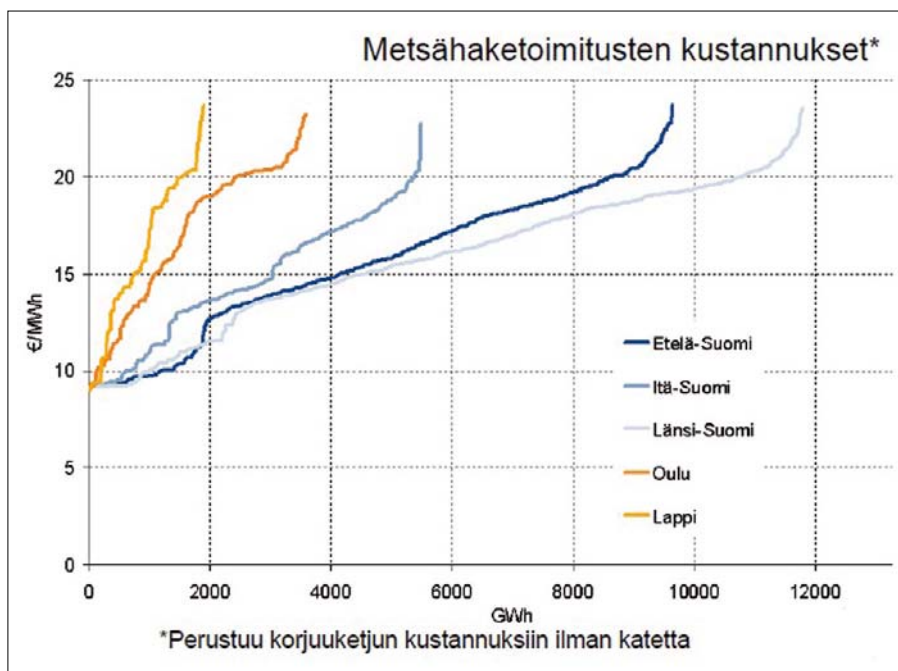
Varastojen osalta tulee tarkastella myös laitoksen yhteydessä mahdollisesti olevaa varastotilaa ja siellä olevan materiaalin vaihto-omaisuuden kustannuksia. Kuvion 15 laskelmassa hinta on laskettu käyttökohteen portille.

Vaihto-omaisuus on suuren osan ajasta toimittajan kirjanpidossa, sillä ostetut pystykauppaleimikon puut siirtyvät ostohetkellä toimittajan *varastoksi*, jonka varastointiaika voi olla jopa kolme vuotta (hakkuuoikeus 2 vuotta + välivarastointi 1 vuosi). Syksyllä kaadetun ainespuun latvusmassa ja oksat ovat varastossa 7 – 9 kuukautta. Rankapuuta voidaan varastoida jopa yli vuoden. Voimalaitoksella varastointiaika on arviolta kaksi viikkoa.

Hakkeen tuotantokustannukset ovat varsin korkeat. Syynä tähän on tuotannossa käytettävien hakkurin ja murskaimen alhainen käyttösuhte, joka parhaimmillaankin on vain 50 % (Mikkonen, 2009). Pienpuun kohdalla korkein kustannuserä on hakkuu ja kasaus. Kantojen kuljetus 90

km matkalla maksaa noin 12 €/m³. Jos kannot toimitetaan terminaalien kautta, kuljetuksien ja materiaalinkäsittelyn kustannukset nousevat 15:een €/m³, mikä on melkein 8 €/MWh. Mitä pitempi on kuljetusmatka, sen merkittävämmäksi luonnollisesti kuljetuskustannuksen osuus kokonaiskustannuksista nousee.

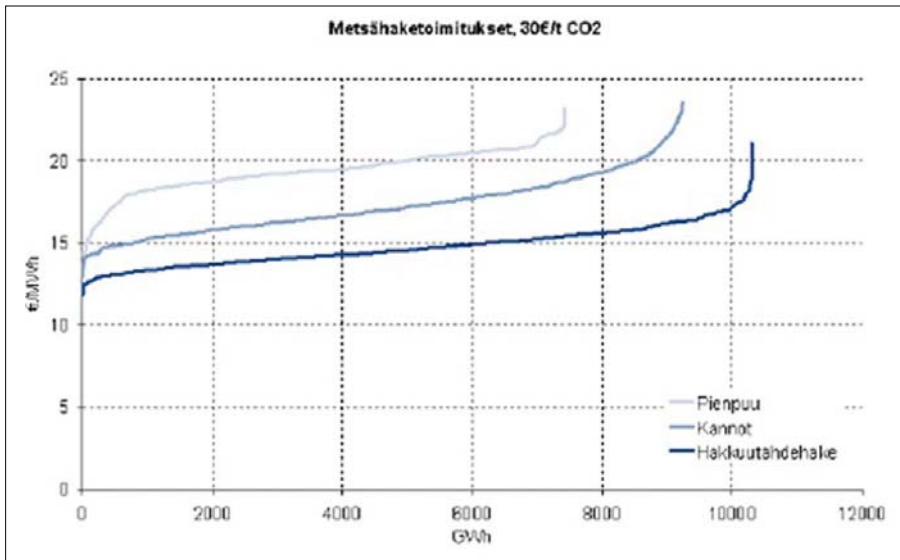
On arvioitu, että metsähakkeen toimituskustannukset nousevat vielä 20 euron tasolle megawattituntia kohden. Lisäksi toimituskustannukset vaihtelevat alueellisesti merkittävästi. Esimerkiksi Pohjois-Suomessa tarjonnan vähyys ja pitkät matkat nostavat toimituskustannuksia. Myös Itä-Suomessa kustannukset alkavat kohota nopeasti tietyn korjuumäärän jälkeen. Kuviossa 17 on esitetty metsähakkeen korjuumääriä suhteessa toimituskustannuksiin vuonna 2020 maan eri osissa.



Kuvio 17. Metsähakkeen toimituskustannukset korjuumäärien funktiona vuonna 2020 (Lähde: Pöyry Energy Oy ja Metsäteho, 2009)

Metsähakkeen toimitusmäärien toteutumista eri raaka-ainepohjilla ja eri hintatasoilla arvioidaan kuviossa 18. Tarkastelu on ennuste vuodelle 2020. Esimerkiksi hakkuutähdehakkeen osalta hinnan noustessa 20:een

€/MWh, toimituksia toteutuu vähän yli 10 000 GWh. Vastaavasti kantojen hintatason noustessa 20:een €/MWh, laitokset voivat ottaa vastaan kantoja 9 200 GWh:n edestä. Pienpuu mukaan lukien laitokset ostavat metsäbiomassaa kaikkiaan noin 24 000 GWh:n edestä. Vuoden 2020 kansallinen tavoitehan on 28 000 GWh.



Kuvio 18. Metsähakkeen toimituskustannukset eri raaka-aineilla toimitusmäärän funktiona (Lähde: Pöyry Energy Oy ja Metsäteho, 2009)

Tarkastelun perusteella on arvioitu, että kuitupuuta toimitetaan enemmän energiakäyttöön, jos energiatoimituskustannukset nousevat tasolle 20 €/MWh. Tällöin pienpuun lisäys jää mahdollisesti vähäiseksi. Yllä olevassa tulevaisuuskuvasa on lisäksi määritelty päästöoikeuden hinnaksi 30 €/CO₂-tonni.

Toimitusketjun hallinnan näkökulmia

Ominaisuuksia ja vaatimuksia

Metsähakkeen toimitusketjuun kohdistuu haasteita ketjun molemmissa päissä, toisin sanoen sekä kysynnässä että tarjonnassa. Kysyntä vaihtelee eri vuodenaikoina, ja vaihtelut myös vuodenajan sisällä ovat voimakkaita

sekä viikoittain että päivittäin. Kullakin laitoksella on oma tuotantotavoitteensa, ja sähköntuotannossa on mahdollisuus toteuttaa erilaisia ajojärjestyksiä. Lisäksi muutokset eri polttoaineiden seossuhteissa vaikuttavat materiaalin kysynnän vaihteluihin.

Toimitusketjun tarjontapäässä on iso joukko metsänomistajia. Metsätilojen koko on pienentynyt viime vuosikymmenien aikana ja metsänomistajien määrä on kasvanut. Puukauppoja tehdäänkin lukumääräisesti paljon useiden eri tarjoajien kanssa. Tästä seuraa, että korjattavat leimikot ovat pieniä ja ne voivat kunkin biomassatoimittajan näkökulmasta olla epäedullisesti hajallaan.

Myös tarjotut energiapuuleimikot ovat erilaisia. Päätehakkuista korjataan latvusmassaa ja osasta myös kannot, harvennushakkuista taas pienpuu. Sekä päätehakku- että harvennuskohteilta voidaan lisäksi korjata talteen ainespuuksi kelpaamatonta järeeäkin runkokuuta.

Myös kuitupuuta ohjataan nyt jossain määrin energiakäyttöön. Suuret toimittajat ovat ohjeistaneet metsänomistajia luokittelemalla ja määrittämällä energiapuun tarjontaehdot. Ehdot tuovat selkeästi esille, minkälaisista metsistä ja miten paljon energiapuuta pitää olla. Tämä ja edellä mainitut seikat johtavat siihen, että puuraaka-aine on ominaisuuksiltaan hyvin vaihtelevaa ja eräkoon määrittäminen toimituksia varten haastavaa.

Voimalaitokset vaativat, että *toimitusvarmuuden* tulee olla erittäin hyvä. Jos varastotilaa ei voimalaitoksella juuri ole, toimitusvarmuuden tulee olla aukoton eli 100 %. Suurenkin varastotilan ollessa kyseessä sen tulee olla lähellä 100 %. Toimitusvarmuus tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että materiaalia tulee ajallaan asiakkaan varastoon tai muuhun asiakkaan esittämään paikkaan.

Toimituskyky sen sijaan on ankarampi velvoite; haluttu määrä materiaalia tulee ajallaan. Hakkeen valmistus on periaatteessa näihin päiviin saakka ollut luonteeltaan enemmän *tilausohjautuvaa* luonteeltaan. Heti kun toimittaja on saanut tilauksen asiakkaalta, aletaan haketta valmistaa ja toimittaa asiakkaalle. Nyt tilanne on muuttumassa enemmän *varasto-ohjautuvaksi*, kun kysyntä kasvaa nopeasti. Tämä johtaa siihen, että toimitusketjuun on suunniteltava nykyistä enemmän hakevarastoja. Kunkin raaka-aineen toimittajan on omien lähtökohtiensa mukaan tehtävä päätökset varastopaikkojen tarpeesta ja sijainnista. Myös asiakkaan on suunniteltava tarvittavien hakevarastojen koko ja lukumäärä esimerkiksi uuden laitoksen suunnitteluvaiheessa.

Kysynnän vaihtelun ohella toimitusvarmuuteen vaikuttaa energia-
puun saatavuus, joka puolestaan vaikuttaa toimitusaikaan. Toimitusajan
ja kysynnän suuren vaihtelun takia tarvitaan suuria varmuusvarastoja.
Varastot tulevat lisäämään toimitusketjun kustannuksia. Asiakkaan
päässä eli käyttöpaikalla kustannukset nousevat vielä, jos hakkeelle ra-
kennetaan katettu halli tai katos.

Terminaalien perustamiseen liittyviä näkökohtia

Terminaalit ovat tyypillisesti joko toimittajan tai urakoitsijan hallinnassa.
Myös voimalaitos saattaa perustaa terminaalin. Laadukkaaseen toimin-
taan tarkoitettu terminaali vaatii hyvin rakennetun pohjan ja sen päälle
asfalttipinnoitteen. Terminaalialueen koko tulee määrittää materiaali-
määrien mukaan.

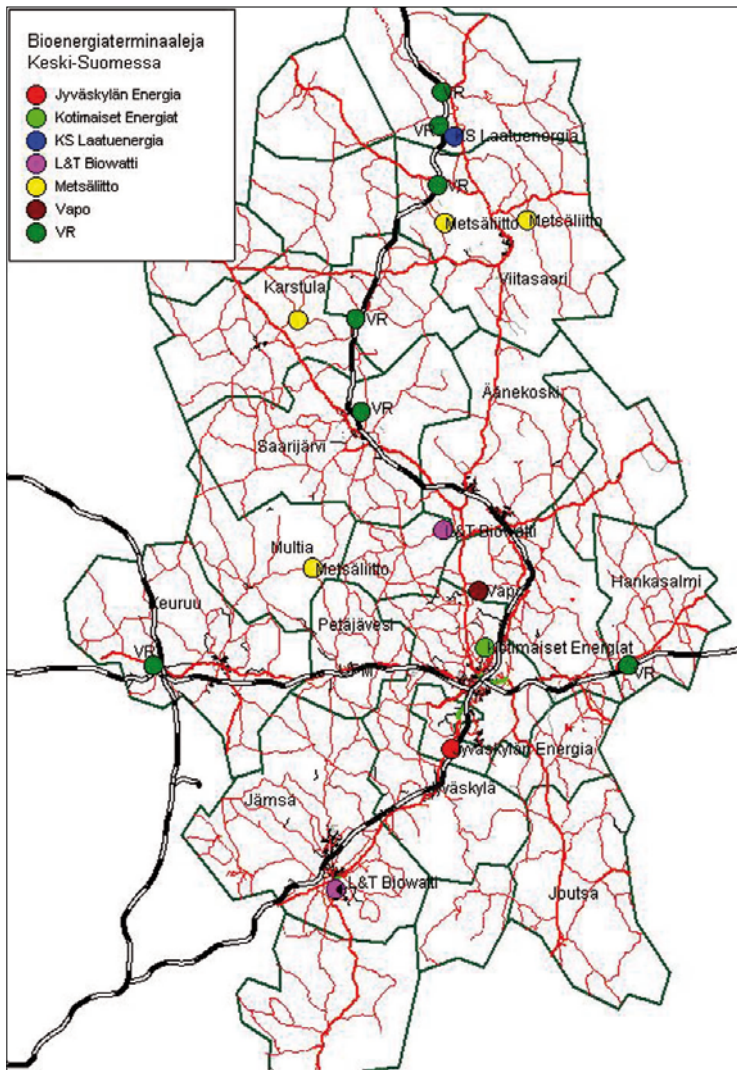
Terminaalin sijainti on myös erittäin merkitsevä tekijä. Sijainnin
edullisuutta voidaan tarkastella useilla eri malleilla, jotka voivat perus-
tua erilaisiin operaatioanalyysin keinoihin, tärkeimpinä optimointi ja
simulointi. Latvusmassojen saatavuutta päätehakkuista sekä bioenergiaa
käyttävien laitosten optimaalista sijaintia on tarkasteltu mm. Rannan
(Ranta T. 2002) väitöskirjassa sekä puuenergian teknologiaohjelmassa
1999 – 2003. Lisäksi saatavuusanalyysiä on tarkasteltu Kuopion yli-
opiston iEnvironment2 – BIOENERGIA –hankkeessa.

Saatavuusanalyysi perustuu kohteena olevien paikkojen, esimerkiksi
biomassaa käyttävien laitosten sellaiseen sijoittamiseen alueelle, että
tarkastelun kohteena olevat kustannukset minimoituvat. Ranta käytti
laitosten sijoittamisessa ns. location-allocation –menetelmää, jossa mää-
ritetään uusien laitosten sijainti tietylle alueelle, kun tunnetaan tarjonta
ja kuljetuskustannukset. Toinen mahdollinen menetelmä on käyttää nk.
vetovoima- eli painopistemallia.

Todellisuudessa lämpö- ja voimalaitokset sijoitetaan asutuskeskusten
välittömään läheisyyteen, koska määräävä tekijä on lämmön toimituskoh-
teen sijainti. Saatavuusanalyysiä käytetään sen jälkeen metsäbiomassan
hankinnan välineenä.

Klassista kuljetusprobleeman ratkaisumenetelmää tarjonnan kohdis-
tamiseksi laitoksille käytetään silloin, kun laitokset ovat valmiina. Jos
raaka-ainelähteen ja laitoksen välissä käytetään välivarastoa, tarjonnan
edullisin kohdistaminen laitoksille voidaan ratkaista nk. kauttakulku-
mallilla.

Keski-Suomessa jokaisella metsähakkeen toimittajalla on siis oma toimintaympäristönsä, johon kuuluu tietty määrä toimituskohteita ja alueet, joista materiaalia on saatavissa. Kuljetus-, varastointi- ja vaihtomaisuuden kustannukset muodostuvat etäisyyden ja varastojen määrän, varastointiajan sekä kuljetusmuodon mukaan. Keski-Suomessa toimitajaorganisaatiot ja haketta tuottavat yritykset ovat jo tehneet pitkän aikavälin suunnitelmia ja perustaneet varastoalueita eli terminaaleja alueelle (kuvio 19).



Kuvio 19. Haketoimittajien terminaalien sijainteja Keski-Suomessa

Kartasta havaitaan, että Kotimaiset Energiat Oy:n terminaali sijaitsee keskeisellä paikalla maakuntaa melko lähellä 4-tietä. L&T Biowatti Oy:n terminaalit ovat sijoittuneet Jämsään ja Uuraisille. Jämsän terminaali on saanut jo ympäristöluvan ja siellä tullaan murskaamaan erilaisia bioenergiajakeita noin 60 000 tonnia vuodessa.

Pihtiputaalla sijaitseva KS Laatuenergia Oy on ensimmäisiä toimitajayrityksiä, jotka ovat ottaneet terminaalin käyttöön Keski-Suomessa. Terminaalin kautta toimitetaan jo erilaisia energiajakeita. KS Laatuenergia Oy:n logistinen ajattelumalli korostaa kuitenkin, että kaiken materiaalin ei tarvitse kulkea terminaalin kautta. Terminaali on raaka-aineen käsittelypaikka, jossa pienistä eristä muodostetaan isompia toimintaeriä, raaka-ainetta murskataan, haketetaan ja kuljetetaan eteenpäin. Lisäksi Pihtiputaan terminaalissa käsitellään ja murskataan puupohjaista rakennusten purkujätettä.

Kaikkiaan KSLaatuenergian tavoitteena on käsitellä raaka-ainetta 100 000 MWh vuodessa. Yritys korostaa lisäksi, että terminaalitoiminnan tavoitteena on nimenomaan logistinen tehokkuus, muuten kyseessä on hukkainvestointi. Tehokkuuden nosto onkin tärkeää, sillä hakkeen valmistus on kallista, jos koneiden käyttöaste on alhainen. Terminaalitoiminnalla onkin mahdollista nostaa koneiden ja kuljetusvälineiden käyttösuhdetta.

Metsäliiton terminaalit sijaitsevat Viitasaaren, Karstulan ja Multian kunnissa ja terminaalit ovat kooltaan noin yhden hehtaarin suuruisia. Mahdollisesti myös Jämsän kuntaan perustetaan terminaali. UPM Metsällä on tiettävästi Jämsässä kaksi sellaista aluetta, joita voidaan selkeästi luonnehtia terminaaleiksi. Jos kuitenkin terminaali sijaitsee lähellä käyttökohdetta, nimittää UPM sitä *turvavarastoksi*. Jämsän Haaralankankaalla on yksi UPM:n terminaali-alue, jonka koko on noin yksi hehtaari.

Vapo Oy:n terminaali sijaitsee Laukaan kunnan rajalla Jyväskylän Tikkakoskella. Kartasta on helppo havaita, että terminaalit sijaitsevat valtaosaltaan 9-tien ja 4-tien varrella ja ovat lähellä suuria käyttökohteita. Terminaalin sijoittaminen valtavyöhykän varrelle on järkevää, sillä kuljetuskustannukset terminaalista käyttökohteeseen ovat kohtuullisia. Hake saadaan terminaalista käyttöpaikalle nopeasti. Lisäksi ajoneuvokalusto on edullisempi kuin metsäpään ja terminaalin välillä käytettävä kalusto. Esimerkiksi L&T Biowatti Oy on valinnut terminaaliensa sijainnit käyttöpaikkojen sijaintien ja toimitusvolyymien mukaan. Voidaankin sanoa, että terminaalien sijoittamisen taustalla on jonkinlainen vetovoimamalli.

Myös Jyväskylän Energia Oy:llä on tarkoitus rakentaa terminaali hakkeen varmuusvarastointia varten. Terminaali sijoitetaan Muurameen.

Jyväskylän Energia Oy käyttää myös Rauhalahden kenttää varastona, josta raaka-ainetta voidaan toimittaa muihin laitoksiin, jatkossa esimerkiksi Keljonlahteen. Jyväskylän Energia Oy:n mukaan varastojen avulla on mahdollista optimoida laitoksen tuotantoa esimerkiksi sähkömarkkinoiden mukaan. Ei ole mahdollista, että logistiikkaketju reagoisi tarpeeksi nopeasti kysynnän muutoksiin, siksi on oltava puskureita. Metsäenergian käyttö on voimakkaasti sidoksissa metsäteollisuuden ainespuuhankintaan, jossa hankintamäärät ovat viime aikoina vaihdelleet voimakkaasti. Myös tämän vuoksi polttoraaka-aineen varastopuskurit ovat energialaitoksille tarpeen.

Karttaan on sijoitettu myös rautateiden varsille suunnitellut puutavara- ja biomassaterminaalit. Sijoittamisen lähtökohdat ovat tosin erilaiset kuin toimittajayritysten lähtökohdat. Rautateiden varsille tarkoitettujen terminaalien rakentamisella on tarkoitus tuoda rautatiekuljetus yhdeksi varteenotettavaksi vaihtoehdoksi bioenergian kuljetuksille. Siten terminaalitoiminta lienee jatkossa hyvin keskeinen osa VR Cargon tarjoamia bioenergian kuljetuspalveluita.

Terminaalin perustaminen lähtee liikkeelle suunnitteleamalla toimintaidea. Terminaali voi toimia esimerkiksi pelkkänä puskurivarastona tai siellä voidaan valmistaa haketta ja jalostaa sitä eteenpäin. Myös biopolttoaineiden kauppapaikka voi olla toiminta-ajatuksena. Toiminnan suunnittelu aloitetaan erittelemällä toimittajayrityksen asiakaskohtaiset materiaalivirrat. Materiaalivirran analysointi tuottaa arvion siitä, kuinka paljon terminaalin kautta ohjautuu materiaalia. Analysoinnissa on mahdollista käyttää tilanteeseen sopivaa optimointimallia.

Terminaalissa käsiteltävä materiaalmäärä sekä raaka-ainepohja ovat tärkeitä terminaalikoon mitoituslähtötietoja. Terminaalin sijainti ja koko ratkaistaan siis optimoimalla ja ottamalla huomioon kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Optimoinnin tuottaman tuloksen perusteella valittu seutu tutkitaan käytännön toiminnan näkökulmasta.

Jos terminaalissa valmistetaan haketta tai murskettä, aiheuttaa se melua, pölyä ja paljon liikennettä (raaka-aineita tuodaan ja lopputuotteita eli haketta ja murskettä viedään). Sen vuoksi terminaali tulee sijoittaa potentiaalisella sijoitusalueella sellaiseen paikkaan, jossa asutusta ei ole kovin lähellä ja paikan ympärillä on suojaavaa puustoa. Myös valmis tiestö on tärkeä näkökohta terminaalin perustamisvaiheessa. Terminaalin perustamista varten tarvitaan pääsääntöisesti ympäristölupa, joka haetaan kunnan ympäristölautakunnalta.

Terminaalialueen rakentaminen aloitetaan metsän raivaamisella ja mahdollisesti myös pintamaan poistolla. Pohja rakennetaan kantavaksi ajamalla sinne hiekkaa ja sen päälle karkeata soraa tai soramurskettä. Ennen päällystämistä ajetaan lopuksi vielä kalliomurskettä. Terminaali-alueen päällystäminen tehdään yleensä asfaltilla. Kaikkien materiaalien alle ei kuitenkaan välttämättä tarvita asfalttia, jos alue pysyy helposti kuivana. Esimerkiksi kannot voidaan sijoittaa myös soran päälle.

Koska kyseessä on joukkotavara, ainut varastointimuoto on pengervarasto, jossa varastoitavat materiaalinimikkeet sijoitetaan alueelle penkereen muotoisiin kasoihin. Hakkeesta ja murskeesta muodostuu aumatyyppinen varasto. Myös kannot asettuvat parhaiten aumaksi. Pienpuu, ranka tai muu kokopuu sijoitetaan pinoihin. Materiaali tulee sijoittaa tontille niin, että saapuva ja lähtevä materiaali voidaan selkeästi erotella. Hakeamat järjestetään yleensä riveihin ja rivien väliin jätetään kuormaustoimenpiteitä varten tilaa 6 – 8 metriä. Terminaalissa voidaan myös kuivata haketta ennen sen kuljettamista käyttöpaikalle. Ennen kuivausalueen varaamista on valittava kuivausmenetelmä.

Terminaalissa tarvittavat koneet, laitteet ja muu varustus suunnitellaan toiminnan laajuuden mukaan. Terminaalissa tarvitaan yleensä pyöräkuormaaja, joka lastaa hakeautot. Valaistuksen järjestäminen on hyvin tärkeä asia. Lisäksi työmaahallintoa varten tarvitaan toimisto- ja sosiaalitala, joka voi hyvin olla rakennustyömailta tuttu työmaakoppi. Tonttia hankittaessa pitää samalla suunnitella varastointitoiminnan laajentamismahdollisuudet, koska tulevaisuudessa volyymit voivat kasvaa.

Kuten aiemmin on todettu, hake on siis funktionaalinen tuote, jonka tehtävä on pääasiassa tuottaa lämpöä ja sähköä. Kilpailevien tuotteiden edullisuuden takia metsähakkeen toimitusketju tulee rakentaa tehokkaaksi. Terminaalin sijoittaminen toimitusketjun rakenteeseen vaatii suuria volyymejä, jolloin kustannus yksikköä kohti on alhainen. Tehokkaalla murskaimella tai hakkurilla on mahdollista päästä 400 000 tonnin vuosituotokseen työskenneltäessä kahdessa vuorossa kuutena päivänä viikossa. Jos toimittajat rakentavat vain pieniä terminaaleja ja asettavat vuosituotoksen esimerkiksi 60 000 tonniin, saattaa terminaali vain lisätä kokonaiskustannuksia. Toisaalta, kun on paljon pieniä terminaaleja, voidaan toimitusketjua tehostaa kuljetustoiminnalla. Esimerkiksi Keski-Suomessa raaka-aineiden ja tuotteiden kuljetuksissa olisi hyvä mahdollisuus järjestää meno-paluu -kuormia, kun terminaalit ja tärkeimmät toimituskohteet sijaitsevat 9-tien ja 4-tien varrella.

Terminaalien käytön mahdollisuudet ja uhat toimitusketjussa

Mahdollisuudet

Hakkeen laadun parantaminen
Koneiden tuntituotoksen lisääminen
Toimitusvarmuuden lisääminen
Liiketoiminnan laajentaminen

Uhat

Terminaaleja on liikaa
- materiaalmäärä jää liian pieneksi
- kustannukset kasvavat liikaa

Toimitusten ohjaus

Metsätähteet - sekä latvusmassa että kannot - ovat kiinteästi kytköksissä ainespuun hankintaan. Siten niiden hankinta ja ohjaus tapahtuvat samalla tapaa kuin ainespuun ohjaus. Suurilla metsäteollisuusyrityksillä on vahva ja asiantunteva puunhankinnan organisaatio, joka tekee puukaupat yksityismetsänomistajien kanssa sekä laatii korjuusuunnitelmat ja laitoskohtaiset vuosittaiset kuljetussuunnitelmat valtakunnan tasolla.

Toimitusvastuun rajat määritetään ostajan ja toimittajan välisessä toimitussopimuksessa. Toimitusvastuu voi olla kannolta tienvarteen, tienvarresta asiakkaan varastoon tai kannolta asiakkaan varastoon. Metsänomistaja voi periaatteessa myydä kaikki leimikolta kertyvät puutavara-lajit eri ostajille, mikä vaikuttaa materiaalin ohjattavuuteen.

Metsäteollisuuden alueorganisaatiot laativat puolestaan operatiiviset toteutussuunnitelmat. Alueorganisaatiot tekevät yleensä sopimukset alihankintayritysten kanssa. Alihankintayrityksiä ovat pääasiassa koneyritykset, jotka kaatavat puut, keräävät metsätähteet kasoihin, nostavat kannot ja tekevät muita metsänhoidollisia töitä. Myös kuljetukset toteutetaan pääosin alihankintayritysten voimin.

Käytännön toiminta voidaan järjestää esimerkiksi alueyrityksimallin mukaan. Tällöin yritykselle annetaan jollekin lyhyelle ajanjaksolle toimitusmääräys, ja yritys hoitaa annetun määrän omien suunnitelmien mukaan.

Pienemmät puunhankinnan organisaatiot voivat toimia toisin, esimerkiksi KS Laatuenergia Oy, jonka varsinaisen liiketoiminnan hoitaa Metsäkolmio Oy. Liiketoiminta käsittää puun hankinnan, leimikon suunnittelun, korjuutoiminnan, kuljetuksen tienvarteen ja kaukokuljetuksen. Yritys tekee myös metsänhoidollista työtä kuten äestys- ja kylvötoimintaa. Yritys hoitaa siten koko ketjun kannolta laitokselle saakka. Etuna

on mm. se, että yritys voi kontrolloida koko ketjun toimintaa ja samalla myös materiaalin laatua.

Harvennusleimikoista saatavan pienpuun hankinta ja ohjaus toteutetaan erillisenä prosessina. Erityisesti L&T Biowatti Oy keskittyy kokopuun hankintaan. Yhtiö on jakanut toimintansa Suomessa viiteen asiakasalueeseen. Yritys osoittaa jokaiseen kuntaan oman metsäpalveluasiiantuntijan, joka vastaa alueellaan metsäenergian hankinnasta ja useiden muiden palvelujen tarjonnasta alueensa metsänomistajille. Toiminta perustuu kaikkia asiakaspalvelualueita koskevaan hankintasuunnitelmaan, joka palvelee pitkän tähtäimen työkaluna.

Operatiivisella tasolla toimintasuunnitelma laaditaan kuukausi- tai viikkotasolle ja tarpeen mukaan päivätasolle. L&T Biowatti Oy vastaa biomassan koko toimitusketjun hallinnasta. Energiapuun kaato ja kasaus sekä kuljetus metsätien varteen ostetaan alihankintana. Myös kuljetus ostetaan alihankintana, mutta yrityksellä on myös omaa kuljetuskalustoa sekä tietenkin myös haketuskalustoa. Tosin osa haketuksesta ostetaan ulkopuolisena palveluna.

Operatiivisen toiminnan ohjaus

Operatiivisen ohjauksen keskeisiä elementtejä ovat mm. korjuuajankohdan asettaminen, raaka-aineen hankinta-alue, vuodenaika, kustakin leimikosta kertyvä raaka-ainemäärä ja tienvarsivarastopaikkojen sijainti. Pienet tilakoot aiheuttavat sen, että leimikot ja sitä kautta tienvarsivarastot muodostuvat suhteellisen pieniksi. Tämä asettaa haastetta tehokkaalle ja taloudelliselle työskentelylle. Tienvarsivarastot muodostuvat osittain satunnaisesti, mutta niiden sijoittumista pyritään ohjaamaan korjuuajankohdan valinnalla. Tällä tavoin voidaan varastoja keskittää alueellisesti, mikä helpottaa ja nopeuttaa autohakkurin siirtymistä varastokasalta toiselle.

Tienvarsivarastojen koko on keskimäärin 400 i-m³ ja keskietäisyys toisistaan 15 – 45 km:n välillä. Varaston koon vaihteluväli on 50 – 1000 i-m³ ja varastopisteiden etäisyyden vaihteluväli toisistaan on 2 – 120 km.

Toimittajayrityksillä on käytettävissään tietojärjestelmä tuotannon ja toimitusten ohjaamiseen. Järjestelmä sisältää myös paljon paikkatietoja, esimerkkinä hakkuutähdeksan sijainti ja määrä, aikaleimatieto sekä kuljetuskelpoisuuden luokitus. Aikaleimatieto on tietojärjestelmään merkitty päivämäärä, jolloin varasto on muodostettu. Kuljetussuunnittelija kykenee järjestelmän antamien tietojen perusteella antamaan kuljetusyrikselle toimitettavaksi erät, jotka ovat jo riittävän kuivia ja jotka riittävät

tydyttämään asiakastarpeen ko. toimitusviikolla. Kuljetuskelpoisuuden luokitus tarkoittaa tien kunnan määrittämistä. Kuljetuskelpoisuus on esimerkiksi jaettu kolmeen luokkaan: kesätiet, talvitiet ja aina käytettävissä olevat tiet.

Tienvarsivaraston perustaminen

Varastopaikka valitaan sen tien varrelta, josta on lyhin etäisyys leimikolle. Leimikon ja varastopaikan etäisyyden tulee mielellään olla alle 500 metriä. Jos etäisyys on pitkä, on mahdollista rakentaa uusi metsätie (Ks. luku ”Liikenneväylien kehittämisestä ja kunnossapidosta”). Varaston sijoituspaikkaa valittaessa tulee ottaa huomioon sen koko ja maan kantavuus.

Varaston koko riippuu siitä ”ruokkivien” leimikoiden koosta. Puustotunnuksiltaan keskimääräisessä päätehakkuukohteessa hakkuutähdeksat vaativat varastotilaa tienvarressa 15 – 20 metriä hakkuualueen hehtaaria kohden. Jos samalle tienvarsivarastopaikalle kerätään vielä kannot, voidaan joutua raivaamaan lisätilaa sekä raaka-aineille että ajoneuvoille. Ajoneuvoja varten rakennetaan ns. pistotie.

Varaston perustamisessa maaston kantavuus on ensiarvoisen tärkeä ominaisuus. Jos hakettaminen aiotaan suorittaa tienvarsivarastolla, on kantavuudessa huomioitava autohakkurin liki 30 tonnin paino. Varaston perustamisesta on myös sovittava maanomistajan kanssa.

Kuvassa 3 on esimerkki hakkuutähteen varastoinnista metsäautotien varressa. Metsäautotie on varsin hyväkuntoinen ja leveä, jolloin haketusolosuhteet ovat hyvät. Kuvassa oleva henkilöauto voi toimia mittarina arvioitaessa varaston kokoa.



Kuva 3. Hakkuutähneiden varasto metsätien varressa (Kuva: Hakkila, 2004)

Nykyiset metsätiet ja niiden varsilla olevat varastopaikat on rakennettu ainespuun hankinnan, varastoinnin ja kuljetuksen näkökulmasta. Osaa varastopaikoista voidaan kuitenkin käyttää myös energiapuun varastointiin.

Biomassakuljetusten myötä metsätieverkostoon kohdistuu perinteisiin puutavarakuljetuksiin verrattuna lisävaatimuksia. Nk. bioenergia-autot ovat puutavara-autoja pidempiä ja jäykempiä. Tarvitaan hyvät olosuhteet, että autolla päästään kulkemaan ja ennen kaikkea kääntymään. Haasteena ovat etenkin metsäteiden risteykset ja kääntöpaikat, jotka usein ovat aivan liian ahtaat 25 metriä pitkälle ajoneuvolle. Talviaikoina voidaan joitakin kriittisiä risteysalueita jäädyyttää, jotta auto sopii kääntymään.

Huomioitavaa:

Metsäkeskus Keski-Suomi on laatinut energiapuun varastointiohjeen. Kirjanen antaa ohjeet varastopaikan valintaan ja sen tekemiseen, varastokasan ladontaan sekä kuivattamiseen hakkuutähteille, kannoille ja pienpuulle. Kirjanen löytyy internet-sivulta: <http://www.metsakeskus.fi> > Kirjoita hakuun "Energiapuun varastointiohje"

Tienvarsivaraston hoito

Hakkuutähteen varastokasa samoin kuin pienpuukasat on hyvä peittää. Peittäminen tehdään sitä varten valmistetulla paperipohjaisella laminaatilla, joka koostuu kuitumateriaalista. Peitepaperi voidaan hakettaa ja polttaa hakkuujätteen joukossa.

Paperin leveys on 4 metriä ja sitä on rullassa 300 metriä. Peitepaperi on kuitenkin kallista eikä peittämisestä saatu hyöty välttämättä kata siitä aiheutuvia kustannuksia. Usein näkeekin varastopinoja, joita ei ole peitetty. Kantokasat ovat yleensä yli vuoden tienvarsivarastolla. Niitä ei peitetä, koska aurinko ja tuuli kuivattavat kannot vaikka välillä sataakin. Kantokasa on myös hyvin vaikea peittää riittävän kattavasti.

Toimittajat ja urakoitsijat antavat myös ohjeita varastokasan rakentamiselle. Kasan alle tulee laittaa riittävän suuret aluspuut. Tällä estetään alempien materiaalikerrosten kastuminen ja epäpuhtauksien joutuminen

hakkuriin. Epäpuhtauksia kertyy tyypillisesti kuormauksen yhteydessä, kun kasan alimmat kerrokset nostetaan hakkurin syöttöpöydälle.

Materiaalin vastaanotto laitoksella

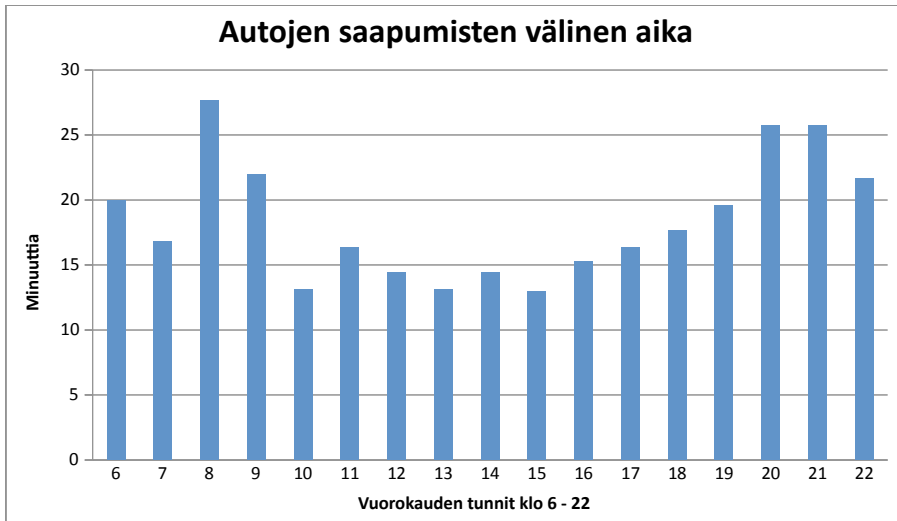
Suuressa käyttökohteessa on yleensä vastaanottohenkilö, joka ohjaa vastaanottoa. Kohteessa kuorman purkaminen toteutetaan seuraavasti: ensin ajoneuvo ajetaan kuormattuna vaa'alle, sen jälkeen siirrytään purkupaikalle. Kuorma puretaan joko suoraan vastaanottoasemaan, murskaimelle tai kentälle. Kosteusnäyte energian määrittystä varten otetaan kuorman purun yhteydessä. Kuorman purun jälkeen ajetaan jälleen vaa'alle tyhjän auton punnitsemista varten. Vaa'an arvot nähdään toimistossa olevalta näyttöpäätteeltä.

Pienet käyttökohteet ovat usein miehittämättömiä ja kuorman purku tapahtuu useimmiten vastaanottoasemaan. Yleensä käytettävissä ei ole vaakaa, joten on luotettava kuormaimen vaa'an antamiin arvoihin.

Kuormatilassa olevalla ketjupurkaimella purku tapahtuu yleensä nopeasti. Ajoneuvoyhdistelmän purkuaika on hyvissä olosuhteissa noin 20 minuuttia. Asiakkaan vastaanottoasema tosin saattaa aiheuttaa purkuun omat rajoitteensa ja näin kuormanpurkuun käytettävä aika vaihtelee 20 – 60 minuutin välillä.

Suuret voimalaitokset voivat ottaa materiaalia vastaan ympäri vuorokauden, mutta lämpölaitoksilla on tietyt vastaanottoajat, esimerkiksi klo 6 – 22 tai klo 7 – 17. Rauhalahteen voidaan toimittaa materiaalia ympäri vuoden kaikkina vuorokauden aikoina. Rauhalahden varastokentän koko on noin yksi hehtaari. Keljonlahdessa varastoalue tulee olemaan suunnilleen samankokoinen. Keljonlahdessa on lisäksi kolme 5000 m³:n hakesiiloa. Siilojen yhteiskapasiteetti 15 000 m³ vastaa noin vuorokauden raaka-ainekulutusta.

Erityisesti Jyväskylän osalta vastaanottoa on tarkasteltava huolella. Esimerkiksi Rauhalahteen autoja saapuu keskimäärin 18 minuutin välein kylmimpinä talvipäivinä klo 6 – 22 välisenä aikana. Vuorokauden jakauma on kuvion 20 mukainen. Vastaanottojärjestys ja purkaminen täytyy suunnitella huolella. Vastaanottohenkilö onkin tiiviissä yhteydessä toimittajien materiaalinohjaajiin.



Kuvio 20. Rauhalahden voimalaitokselle saapuvien autojen aikavälijakauma

Rauhalahteen saapuu pääasiassa perästä purkavia yhdistelmäajoneuvoja, joiden purkuaika on 15 – 25 minuuttia. Purkamistoimen ollessa hitaampi kuin autojen saapumistahti muodostuu jonoa. Tässä on osasy siihen, miksi jotkut autot viiptyvät purkupaikalla jopa tunnin klo 10 – 17 välisenä aikana. Keljonlahden saapumistapahtumat on käsitelty turpeen logistiikan yhteydessä.

Äänevoima Oy:n voimalaitos sijaitsee Ääneniemellä Miilunlahden rannassa aivan Kuhnamon kanavan eteläpäässä. Sinne ajetaan ensin tietä numero 642 ja käännetään sitten tielle numero 6422. Materiaalin vastaanotto sijaitsee laitoksen eteläpuolella. Alueella ei ole kovin suurta varastotilaa käytettävissä, joten sinne mahtuu hyvin rajoitetusti murskaamatonta materiaalia. Pistoraide tulee aivan laitoksen viereen.

Kaipolan voimalaitos sijaitsee UPM:n paperitehtaan vieressä Kaipolanniemessä. Tehtaan paperikonelinjat muodostavat L-kirjaimen ja voimalaitos on tehdasrakennuksiin nähden ”sisäpihalla”. Voimalaitoksen vieressä on katos hakkeen ja turpeen varastointia varten sekä palolaitos. Tehdasalueelle ajetaan tietä numero 16565, josta käännetään Kaipolanniemeen ja edelleen varsinaiselle tehdasalueelle.

Heti aidan sisäpuolella autot punnitaan. Sen jälkeen ainespuuautot ajavat kohti rantaa, jossa on noin 6 hehtaarin suuruinen varastokenttä. Ainespuusta kertyvä kuori haketetaan ja siirretään kuljettimia myöten hakekatokseen. Saapuvasta metsäbiomassasta puolet on haketta ja puolet

kantoja, latvusmassaa ja pienpuuta. Kannot puretaan palolaitoksen ja tien välissä olevalle varastoalueelle nosturin kuormaajalla. Alueen koko on noin kaksi hehtaaria. Latvusmassa ja pienpuu puretaan pääosin suoraan murskaimelle. Hake puretaan hakekatokseen. Hakekatoksen koko on noin 8 000 m³, josta 3 000 m³ on varattu turpeen käyttöön.

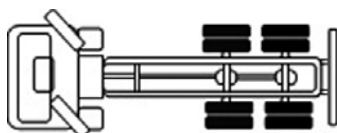
Jämsänkoskella on pieni varastokenttä kosken pään puolella. Lisäksi siellä on kaksi 3 000 m³ hakesiiloa. Kannot puretaan pääosin Haaralankankaan varastoalueelle.

Kuljetuskalusto

Autokuljetus

Kuorma-autoja käytetään pääasiassa lyhyissä kuljetuksissa. Keskikuljetusmatkat ovat kuitenkin vuosi vuodelta kasvaneet lähes kaikilla suoritealoilla. Kuorma-autokalustossa on tapahtunut hyvin paljon erikoistumista, joka näkyy myös metsäenergiasektorilla, esimerkiksi autoalustaiset hakkurit, jotka luetaan erikoisautoihin. Myös kuormatilarakenteissa on tapahtunut erikoistumista kaikilla suoritealoilla, niin ikään myös bioenergian kuljetuksissa.

Bioenergian kuljetuksissa kuorma-auto on pääasiassa 3-akselinen, jossa takana olevaa kahta akselia nimitetään teliksi. Telin molempien akseleiden pyörät vetävät. Tämä rakenne soveltuu parhaiten metsäpään vaikeisiin olosuhteisiin ja raskaan puoliperävaunun tai varsinaisen perävaunun vetämiseen. Käytössä näkyy myös sellaisia 3-akselisia kuorma-autoja, joissa vain keskimmäisessä akselissa on vetävät pyörät ja joiden uloin taka-akseli on ylösnostettava kantoakseli. Uusimpina on markkinoilla myös 4-akselisia autoja, joissa vetotapa on 8x4. Tässä rakenteessa viimeinen akseli on ohjaava kantoakseli, joka on hyvä apu ahtailla ja mutkaisilla metsäteillä sekä tienvarsivarastoalueilla.



6 x 4

Kuvio 21. Kuorma-auton alusta, jossa on kolme akselia ja jonka molemmat taka-akselit vetävät

Energiapuun kuljetuksissa käytetään ainespuukuljetusten tavoin pääasiassa varsinaisen perävaunun ja kuorma-auton yhdistelmää. Hakkeen kuljetuksissa on käytössä myös puoliperävaunun yhdistelmiä. Puoliperävaunu on tällöin 3-akselinen. Jos takimmaisina akseli on kääntyvä, se parantaa ketteryyttä metsäpäässä.

Hakkeen kuormatila on muodoltaan laatikko, jossa on lämpöeristetyt laidat ja hydraulisesti aukeava katto. Auton kuormatilan koko voi vaihdella akselien kantavuudesta, akselivälistä ja ohjaamomallista riippuen, ollen 44 – 58 m³ 3-akselisella kuorma-autolla ja 4-akselisella jopa 66 m³. Myös perävaunun kuormatilan koko riippuu akselivälistä ja pituudesta sekä akselien lukumäärästä. Perävaunun suurin pituus on yleensä 13 600 mm ja sen kuormatilan koko voi olla noin 100 m³. Tavanomaisia kokoja ovat kuitenkin 80 m³ ja 90 m³ kuormatilat. Ajoneuvoyhdistelmän pituus on kuitenkin valittava niin, ettei se ylitä 25,25 m.

Jos ajetaan haketta pelkästään sahoilta, otetaan käyttöön mahdollisimman suuri perävaunu. Auton kuormatila on vastaavasti pieni. Esimerkiksi yhdistelmän kuormatilat ovat siten 44 m³ + 96 m³. Metsähakkeen kuljetuksissa tulee tehdä päinvastoin eli valita autolle mahdollisimman pitkä akseliväli. Näin kuormatila saadaan suureksi. Joillekin metsäteille ei ole mahdollista ajaa yhdistelmällä vaan ainoastaan vetoautolla. Metsätien varresta saatavissa oleva kuorma voi myös olla niin pieni, että vain auton kuormatila riittää.

Kantojen ja pienpuun kuljetusta varten on suunniteltu ns. energiapuukuormatiloja, joissa ensisijaisena tavoitteena on ollut tilavuuden kasvattaminen. Tilavuuden kasvu saadaan aikaan rakentamalla perävaunuun niin sanottu liikkuva koppa varsinaisen kuormatilan sisään. Koppa liikkuu hydraulikan avulla pidentäen kuormatilaa. Samalla siirtyvät myös alustan telipyörät. Kuormatilan tilavuutta säädellään siten 90 – 104 m³ välillä.

Energiapuautojen kuormatiloja suunnittelee ja rakentaa Euran Hydrauliiikka ja Metallirakenne Oy. Kuormatila tunnetaan nimellä Energy-Boxx. Yhdistelmäajoneuvon kuorman tilavuudeksi saadaan moduulimittaisella yhdistelmällä 150 m³. Yhdistelmän kantavuus on 32 tonnia. Tällainen yhdistelmä tunnetaan myös lempinimellä *kantoauto*.

Monikäyttöiset kuormatilat mahdollistavat erilaisten kuormien kuljetuksen. Ainespuun ja hakkeen kuljetukseen on kehitetty standardikokoinen kontti. Kuormatila ei ole kuitenkaan Suomessa käytössä.

Varsinaisen perävaunun akselien määrä voi olla kolme, neljä tai viisi. Neljän akselin rakenteessa kaksi akseleista on edessä ja kaksi takana. Viiden akselin rakenteessa kolme akselia on takana ja kaksi edessä. Tällöin käytetään yksikköpyöriä, kun edellisessä tapauksessa akselit ovat

paripyöräisiä. Sahahaketta ja turvetta voidaan kuljettaa yksikköpyöräisillä perävaunuilla. Kolmiakseliset perävaunut ovat harvinaisempia kuin neliakseliset.

Kuorman purkaminen voi tapahtua joko kippaamalla tai käyttämällä ketjupurkulaitetta, joka on sijoitettu kuormatilan lattiaan. Kippaaminen voi tapahtua joko taaksepäin tai sivulle. Sivukaatokippaus on yleisempi kuin takakaatokippaus. Ketjupurkamislaitteen ohella kuormatilan purkaminen voidaan toteuttaa myös nk. kolatekniikkaa käyttämällä. Tällöin koko kuormatilan leveyden ja korkeuden käyttämä levy liikkuu pituussuunnassa.

Puoliperävaunuun on myös kehitetty lamellilattiaa kevytrakenteisesta metallista, yleensä alumiinista. Lamellit liikkuvat toisiinsa nähden. Rakennetta kutsutaan liikkuvaksi lattiaksi. Siirtäessään materiaalia joka toinen lamelli nousee hieman korkeammalle ja liikkuu samalla eteen- tai taaksepäin. Kantokuormatila puretaan ja lastataan kuormaimen avulla, joka on sijoitettu auton kuormatilan taakse.

Karsimattoman pitkän irrallisen pienpuun, rangan ja risutukkien kuljetus on mahdollista sekä ainespuun kuljettamiseen tarkoitettulla kuormatilalla eli pankoin varustetulla kuormatilalla että kantojen kuljettamiseen tarkoitetuilla kuormatiloilla. Pankoilla varustettu auto vaatii kuorman siistimisen karsimattoman pienpuun tapauksessa, koska materiaali ei saa ulottua sivujen yli.

Varminta on kuitenkin käyttää pankkoihin kiinnitettävää kevytrakenteista laitaa. Auton kuormatilaan mahtuu yksi nippu pienpuuta ja perävaunuun kaksi nippua. Perävaunun niput tulee kuormata latvapäät vastakkain. Ainespuuautolla kuormaan mahtuu noin 37 tonnia puuta ja täyttösuhde on kohtuullisen hyvä, etenkin silloin kun puun kosteus on yli 50 %. Sen sijaan kantokuormatilalla varustetun auton ja perävaunun massa on suurempi kuin pankkoautolla, joten hyötykuorma on pienempi.

Karsimattoman pitkän irrallisen pienpuun, rangan ja risutukkien kuormaaminen vaatii nosturin. Nosturi sijoitetaan auton kuormatilan taakse, jolloin on mahdollista kuormata helposti sekä vetoauton kuormatila että perävaunun kuormatila. Myös niin sanotussa kantoautossa on nosturi samalla paikalla.

Metsäpäässä ajoneuvoyhdistelmän käsittelyssä käytetään kokemuksia ainespuun korjuusta. Esimerkiksi nk. *telaaminen* tarkoittaa sitä, että materiaali kerätään tienvarsivarastolta vetoauton kuormatilaan, minkä jälkeen ajetaan parempaan paikkaan pysäköidyn perävaunun luo. Kuorma tyhjennetään vetoautosta perävaunuun, jonka jälkeen taas noudetaan uusi kuorma vetoautolla.

Autokuljetusjärjestelmä

Autokuljetusjärjestelmä muodostuu tienvarsihaketukseen perustuvassa tuotantoketjussa autohakkurin ja hakeauton yhdistelmästä. Järjestelmä on yksinkertainen, mutta haastavin osa järjestelmässä on hakeautojen lukumäärän mitoittaminen ja varsinaisessa toiminnassa hakkurin seisonta-aikojen vähentäminen.

Suomessa on autohakkureita ollut vuonna 2007 arviolta 90 kpl ja hakeautoja noin 130 kpl (Kärhä, 2008). Lähes vastaava järjestelmä on mobiilimurskain ja hakeauto. Mobiilimurskainten määrä on ollut arviolta 60. Hakeauton tehtävänä on ainoastaan kuljettaa hake tienvarsivarastolta käyttöpaikalle ja sen jälkeen palata takaisin hakkurin luo.

Kantojen, risujen, pienpuun ja rankojen kuljetusjärjestelmä on tehtävältään periaatteessa yksinkertainen, mutta autojen lukumäärän mitoittaminen on haastavaa. Niin kutsuttuja energiapuuautoja oli Suomessa vuonna 2007 arviolta 60 kpl.

Puuta käyttävien voima- ja lämpölaitosten määrän lisääntyessä tarvitaan luonnollisesti lisää autokalustoa. Arvioidaan, että tienvarsihaketusta tulee vähenemään hakkuutähteellä vain 7 % vuoteen 2015 mennessä ja pienpuulla 10 %. Pienpuun hakettaminen terminaalissa vähenee 3 % ja hakkuutähteen lisääntyä vain yhden prosenttiin. Kantojen murskaamisen määrä terminaalissa pysyy samana. Lisäksi on arvioitu, että hakkuutähteet ja pienpuu toimitetaan yhä enenevässä määrin käyttöpaikalle haketettavaksi. Tätä taustaa vasten arvioidaan, että hakeautojen määrä nousee 200 yksikköön, energiapuuautojen 140 yksikköön, siirrettävien hakkureiden ja murskainten määrä 240 yksikköön vuoteen 2015 mennessä (Kärhä, 2008).

Nyt nähdään, että terminaalit nousevat entistä tärkeämpään rooliin kuljetusjärjestelmässä. Autoyksiköiden lukumäärän mitoittaminen ja autotyypin valitseminen tulee entistä haastavammaksi. Tienvarsivarastolta kuljetetaan todennäköisesti enemmän raaka-ainemateriaalia terminaaliiin ja terminaalista puolestaan haketta käyttöpaikoille. Siksi voidaan olettaa, että energiapuuautojen tai vastaavien lukumäärä kasvaa enemmän kuin edellä on arvioitu. Lisäksi tekniset ratkaisut lastin tiivistämiseen ovat ajankohtaisia. Etäisyydet tienvarsivarastolta terminaaliiin tullevat olemaan kohtalaisen lyhyitä. Näin ollen kuljetuksia voitaneen toteuttaa ilman perävaunua olevalla autolla. Uusi järjestely vaatii kuitenkin tutkimusta.

Junakuljetus

VR Cargo voi kuljettaa metsästä korjattua bioenergiapuuta usealla vaunutyyppillä ja haketta kahdella vaunutyyppillä. Kuitupuu, karsimaton pienpuu tai ranka voidaan kuljettaa yleisavovaunulla Hkb tai raakapuuvaunulla Sp. Hakkeen kuljettamiseen VR Cargolla on vanhoja hake- ja turvevaunuja. Hakevaunut ovat tosin kömpelöitä nykypäivän vaatimuksiin nähden. Purkaminen hakevaunusta tapahtuu nostamalla sivulaita ylös ja kaapimalla hake kauhalla sivulla olevaan monttuun tai kentälle. Haketta voidaan kuljettaa myös tavanomaisilla konteilla, jotka sijoitetaan avovaunun päälle.

Yksi vaihtoehto hakkeen kuljetukseen on nk. vaihtokorivaunu, johon voidaan asettaa kolme vaihtokoria (kuva 4). Vaunu on varustettu reuna-
palkeissa olevilla ohjaimilla. Hakevaihtokoreissa on haarukkatunneleiden välissä ohjaimiin sopivat vastinpinnat. Vaihtokorit tyhjennetään jyrkän kurotintrukin avulla, joka nostaa kontin vaunusta ja kaataa sen ylösalaisin. Kaato tehdään mahdolliseksi trukkiin liitetyllä kippauslaitteella, joka pyörii 360 astetta. Vaihtokoreja voidaan käsitellä myös konttinostureilla. Konttien pituus on 20 jalkaa ja tilavuus 46 m³. Esimerkiksi 25 vaunun junaan saadaan 75 konttia, jolloin kuljetustilavuus on 3450 m³. VR Cargon mukaan tällaista modernia hakkeen kuljetuskalustoa voidaan saada maailmalta nopeastikin.



Kuva 4. Innofreight konttijärjestelmä, joka sopii sekä junavaunuihin että autoihin (Kuva: Innofreight-yhtiön esite "WoodTrainer XXL")

Myös Suomessa on kehitelty konttia kuorman käsittelyn näkökulmasta. Kontin kehittelyn lähtökohta on sivulle kippaus. Konttia ei siis nosteta rautatievaunusta ilmaan ollenkaan vaan kallistetaan sivulle riittävästi, jolloin hake valuu vastaanottotilaan. Kontin käsittelyyn tarvitaan siis paljon pienempi trukki kuin edellä mainittu kurotintrukki.

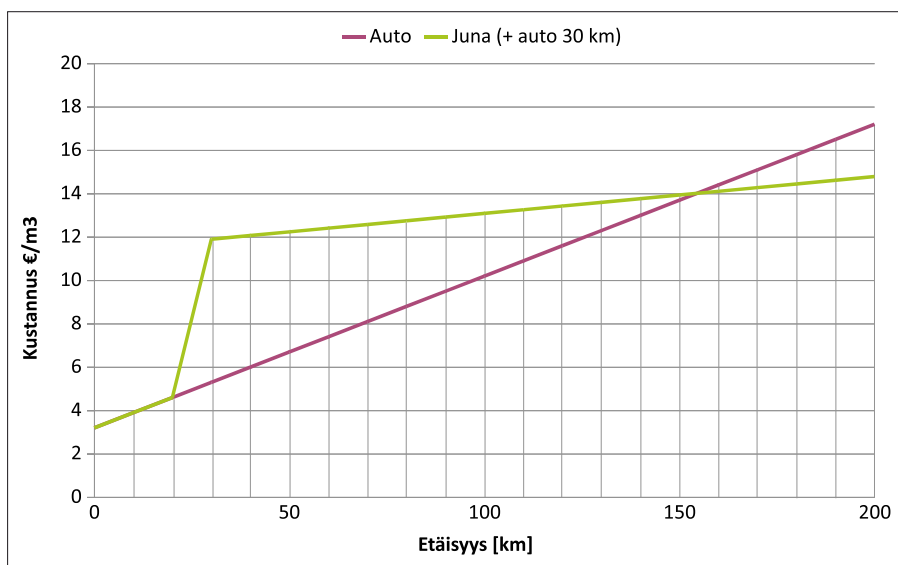
Energiapuun ja hakkeen yhteiskuljetuksia on vasta kokeiltu. Piloteista on kuitenkin saatu myönteisiä kokemuksia. VR Cargo on kuljettanut UPM:n Jämsänkosken voimalaitokselle rankaa ja karsimatonta pienpuuta yleisavovaunuilla. Kun energiapuu on pituudeltaan 2,5 – 3 metriä, Hkb-tyypin vaunut soveltuvat kuljetukseen hyvin. Vaunujen hyötykuorma on kokeilussa ollut 85 – 90 % sallitusta kantavuudesta. Sen sijaan Sp-tyypin vaunujen, jotka ovat perinteisiä ainespuuvaunuja, hyötykuorma on jäänyt 50 – 70 %:iin sallitusta kantavuudesta. Jyväskylän Rauhalahteen on rautateitse kokeiltu hake-, turve- ja ruokohelpikuljetuksia. Ruokohelpeä on kuljetettu sekä kantti- että pyöröpaaleina Hkb-vaunuilla.

Auto- ja junakuljetusjärjestelmä

Auto- ja junakuljetusjärjestelmän toimivuudesta on hyviä kokemuksia ainespuun kuljetuksissa. Lähtökohtana ainespuun siirtämiselle junaan on auton alkukuljetusmatkan määrittäminen kustannuslaskentaa varten. Tämä perustuu rautatien varrella sijaitsevien lastauspaikkojen olemassaoloon. Alkukuljetusmatka tienvarsivarastolta lastauspaikalle on asetettu portaittain nousevaksi: yleensä 20 km, 30 km, 40 km ja 50 km.

Junakuljetusvaiheen käyttöönotossa on syytä tarkastella, kuinka etäältä on mahdollista kuljettaa auto- ja junakuljetusjärjestelmällä, kun lasketaan yhteen auton alkukuljetusmatkan kustannus ja junan kuljetuskustannus lastauspaikalta tehtaalle sekä kuormauksen kustannus lastauspaikalla. Tätä lukua verrataan suoran autokuljetuksen aiheuttamiin kustannuksiin.

Bioenergian kuljetuksesta on myös laadittu vastaavia tarkasteluja ja on esitetty, että tienvarsihaketukseen perustuvassa järjestelmässä auto-juna –kuljetus on edullisempaa jo 150 km jälkeen, (Kuvio 22). Kuvan auto-juna –kuljetuksen kustannuskäyrän laatimisessa on käytetty 30 km alkukuljetusmatkaa.



Kuvio 22. Autokuljetuksen ja auto-juna -kuljetuksen kustannuskäyrät. Lähteenä on käytetty Pöry Energy Oy:n laatimaa Kainuun biomassaterminaaliverkostohanketta.

Edellä kuvattu ajatusmalli on tiedostettu hyvin esimerkiksi KS Laatuenergia Oy:ssä. Yrityksen tavoitteena on, että terminaalin syöttöliikenne tulee maksimissaan 50 km:n päästä. Lisäksi tavoitteena on, että 80 % terminaaliin tuotavasta materiaalista tulee 30 km:n säteeltä. Näin autojen huono käyttösuhde (vajaakuormat) saataisiin kompensoitua tehokkaassa terminaalissa. Nykyisessä toimintamallissa on tyypillistä, että yritetään saada tavara ulos metsästä tehokkaasti. Käyttösuhde on kuitenkin heikko, samoin raaka-aineen laatu suoraan metsästä tuotuna (märkyys).

Yllä olevassa kuviossa 22 on käytetty autokuljetuksen kustannusfunktiona $Y = 0,07 \text{ €/m}^3\text{km} \times X + 3,2 \text{ €/m}^3$ ja vastaavasti junakuljetuksen $Y = 0,017 \text{ €/m}^3\text{km} \times X + 6,5 \text{ €/m}^3$. Lastauspaikan kuormauksen kustannuksena on käytetty $0,8 \text{ €/m}^3$. Muuttuja X on etäisyys kilometreinä.

Yllä esitetyn perusteella olisi hyvä tehdä tarkka tutkimus, kannattaako junakuljetus esimerkiksi Pihtiputaan Seläntauksesta Jyväskylän Keljonlahteen. Esimerkiksi Vapo Oy on havainnut, että junakuljetus Etelä-Pohjanmaalta Jyväskylään on edullisempi kuin autokuljetus. Junakuljetuksen kannattava käyttöönottoetäisyys saattaa olla lyhyempikin kuin edellä esitetty 150 km, jos on kyse niin sanotuista non-stop -kuljetuksista.

Aluskuljetus

Saimaan vesistöalueen kokemukset

Hakkeen aluskuljetusta kokeiltiin Saimaan vesistöalueella vuonna 2007. Kokeilussa käytettiin Vorokki-proomua, jota työnsi Arppe. Vorokki on Eurooppa II a –tyypin proomu, jonka hyötylasti 4,0 metrin syvyyksellä on 2 540 tonnia tai 2 650 m³. Arppe puolestaan on monitoimialus ja jäänmurtaja.

Haketta kuljetettaessa Vorokin lastiksi saatiin 800 tonnia. Kun lastia tiivistettiin ja kuormattiin kukkuralastiksi, painoa saatiin 1200 tonnia. Proomukuljetus kohtaa siis saman haasteen kuin junakuljetus: kanta-vautta ei saada täysin hyödynnettyä.

Aluskuljetuksesta toteutettiin myös simulointitutkimus, joka osoitti, että kuljetus on kilpailukykyinen jo yli 100 kilometrin matkalla riippuen alus- ja proomutyypistä ja käyttötunneista. Simulointimalli oli kuitenkin varsin pelkistetty ja sisälsi oletuksia, jotka eivät aina voi toteutua käytännössä. Esimerkiksi pienproomun kuljetusnopeus 12 km/h saattaa olla liian korkea valitulle työntäjälle. Lisäksi pienproomun työntäjän miehistön kooksi asetettiin kaksi, joka ei todellisuudessa riitä. Samoin pienen aluksen ja suuren proomun kytkeyte vaatii useissa kohdissa apualuksen läsnäoloa ja nopeus on melko alhainen. Tutkimus ei kerro, huomioidiinko simuloinnissa aluksen vikaantumisvälit tai huoltokatkot. Joka tapauksessa ne tulisi aina sisällyttää simulointimalliin.

Simulointitutkimuksessa on erittäin tärkeitä valita nk. päätös-
muuttuja(t) ja tulosuuttajat huolella ja sitten arvioida tulosuuttajien arvoa tilastomatematiikan keinoin. Laaditussa simulointitutkimuksessa valittiin päätös-
muuttujaksi proomun koko ja tulosuuttujaksi vuotuinen kuljetusmäärä. Nämä ovat hyvin valittuja muuttujia tässä tilanteessa, mutta myös toimituskohteiden lukumäärää olisi voinut tarkastella päätös-
muuttujana. Myös lähtösatamien määrä on tärkeä päätös-
muuttuja. Lähtösatamien määrän lisääminen tai vähentäminen kertoo materiaalin riittävydestä ja tilankäytöstä satamissa. Materiaalin ohjautuminen satamassa autokuljetuksille olisi myös hyvä havainnollistaa. Em. tutkimusraportista puuttui kokonaan tulosuuttajien eri arvojen analysointi.

Sinänsä edellä kuvattu simulointitutkimus oli hyödyllinen, koska se antaa nyt tuleville tutkimuksille hyvät lähtökohdat. Myös kuljetuskokeilu oli erittäin merkittävä, koska sen avulla on saatu tietoa lastaamisesta sekä lastin tiivistämisen ja lisälaitojen rakentamisen tarpeellisuudesta.

Keitele-Päijänne -vesistöalue

Saimaan vesistöalueella on syväväyliä, pääväyliä ja sivuväyliä. Syväväylän kulkusyvyys on 4,2 metriä, pääväylän 2,4 – 4,2 metriä ja sivuväylän 2,4 metriä. Keitele-Päijänne vesiväylällä kulkusyvyys on ainoastaan 2,4 metriä, joten se rajoittaa suurien proomujen tai alusten käyttöä. Keiteleen ja Päijänteen välisen vesistöosuuden sulkukanavat on rakennettu Eurooppa II a -proomun mittoja käyttäen. Eurooppa II a on 76 metriä pitkä ja 11,4 metriä leveä. 2,4 metrin syvyyksellä proomuun voidaan lastata 1 400 tonnia tavaraa.

Liikenne- ja viestintäministeriö asetti keväällä 2009 työryhmän selvittämään Keitele-Päijänne -vesireitin parantamiseen liittyvien toimenpiteiden yhteiskuntataloudellista merkitystä. Toimeksiannossa haluttiin selvittää alus- ja junakuljetuksen keskinäistä tehokkuutta ja sitä, kuinka paljon kuljetuksia on mahdollista siirtää pois autokuljetuksista.

Syksyllä 2009 laadittiin Merenkulkulaitoksen tilaama optimointiin perustuva selvitys. Siinä arvioidaan eri kuljetusmuotojen käytön kannattavuutta ja kysyntää. Selvityksen laativat ulkopuoliset asiantuntijat Ramboll Finland Oy:stä ja Pöyry Energy Oy:stä. Selvitys perustuu hyvin monipuoliseen Pöyry Energy Oy:n tausta-aineistoon sekä tietynlaiseen kysynnän, tarjonnan, kustannuksien ja puuenergiasta maksettavan hinnan muodostamaan optimointimalliin. Puuenergiasta maksettava hinta perustuu niin sanottuun puustamaksukykyyn, joka yhden tutkimuksen mukaan vaihtelee 37 – 43 €/m³. Mallissa on tiettävästi asetettu erilaisia arvoja voimalaitoksien puustamaksukykyille. Lisäksi mallissa huomioidaan päästöoikeuden hinta, jolle asetetaan kaksi arvoa: 20 €/CO₂tonni ja 30 €/CO₂tonni. Turpeen käyttö on tiettävästi sisällytetty malliin päästöoikeuden hinnan avulla siten, että kun päästöoikeuden hinta on 30 €/CO₂tonni, turpeen käyttö vähenee ja puun lisääntyy. Tässä tilanteessa on siten edullista kuljettaa kauempaakin puuenergiaa.

Pöyry Energy Oy:n mallissa kysyntäpuolella otetaan huomioon kaikki puupolttoainetta käyttävät kohteet (voimalaitokset, pelletti- ja sellutehtaat). Tarjontapuolelta huomioidaan metsähake ja metsäteollisuuden myytäväksi tarkoitettu sivutuote. Koska tarjontapuolella on yli 100 000 lähtöpistettä, on ilmeistä, että tarjonta on ryhmitelty esimerkiksi kuntatasolle yhdeksi tarjontamääräksi. Tällöin laskenta tapahtuu nopeasti käytettävissä olevalla laskentakapasiteetilla.

Optimointi perustuu tuottajan voiton maksimointiin: puupolttoaineterät kuljetetaan eniten maksavalle käyttäjälle. Voitto maksimituu, kun

katetuotto (hinta – kustannukset) on suurin mahdollinen. Hinta muodostuu siis puustamaksukyvyistä ja kustannukset toimitusketjun kustannuksista (hakkuutähde, pienpuu ja kannot). Karkeasti ottaen malli sijoittaa hakkeen tienvarsivarastolta käyttökohteeseen sillä periaatteella, että ensin sijoitetaan lähellä oleva materiaali kohteeseen, josta saadaan suurin katetuotto.

Vaikka optimointitarkastelu oli valtakunnallinen, sen erityisenä kohteena oli Keski-Suomi Keitele-Päijänne – vesitiekuljetuksien takia. Tarkoituksena oli selvittää biolaivalle kohdistuvat materiaalmäärät. Biolaivan kuljettaman biomassan käyttökohteita ovat vain Äänekosken, Keljonlahden ja Kaipolan voimalaitokset. Keljonlahden voimalaitoksen puuenergiämääräksi oli mallissa arvioitu 2100 GWh, joka on optimistinen arvio, mutta varmaankin tarkoituksella asetettu näin korkeaksi. Optimointi näet tarkasteli myös sitä, saako Keljonlahti kaiken tarvitsemansa puupolttoaineen.

Äänevoima Oy:n voimalaitos sijaitsee Ääneniemellä Miilunlahden rannassa aivan Kuhnamon kanavan eteläpäässä. Keljonlahden voimalaitos sijaitsee myös paikalla, jonne on mahdollista päästä vesiteitse. Kaipolan voimalaitos sijaitsee UPM:n paperitehtaan vieressä Kaipolan-niemessä Päijänteen rannassa, jossa on suuri raakapuuväestöintikenttä. Raakapuuta on ollut mahdollista toimittaa uittamalla jo vuosikaudet. Jos Kaipolaan aiotaan toimittaa haketta vesiteitse ja purkaminen toteutettaisiin pneumaattisia siirtovälineitä käyttäen, täytyisi Kaipolan voimalaitoksen rakentaa tähän vastaanottolaitteet, koska voimalaitos sijaitsee paperitehtaan toisella puolella, ei siis rannan puolella.

Keski-Suomen käyttökohteiden tarkastelussa optimointi tuotti tuloksen, jossa 97 % materiaalmäärästä kuljetetaan autolla ja 3 % junalla. Keljonlahti saisi kaiken tarvitsemansa puuraaka-aineen molemmilla päästöoikeuden arvoilla. Toimitusten lähtöpaikat ovat Keski-Suomen maakunnan (pl. Kuhmoinen) lisäksi seuraavat kunnat: Perho, Soini, Ähtäri, Virrat, Pyhäjärvi, Keitele, Vesanto, Rautalampi, Suonenjoki, Kangasniemi, Hirvensalmi ja Hartola. Alle 50 km:n etäisyydeltä toimitetaan 580 GWh. Raaka-ainelähteinä ovat siten Jyväskylän maalaiskunta (nyk. uutta Jyväskylää), Laukaa, Korpilahti (nyk. uutta Jyväskylää), Muurame, Petäjävesi, Uurainen, Toivakka ja Leivonmäki. Jämsästä, Hankasalmeelta ja Äänekoskelta toimitetaan noin 250 GWh. Konnevedeltä, Kangasniemeltä, Saarijärveltä, Joutsasta, Keuruulta ja Pylkönmäeltä toimitetaan 650 GWh. Yli 90 kilometrin ja alle 120 kilometrin etäisyydeltä toimitetaan 280 GWh. Yli 150 km:n toimituspaikkoja ovat Pihtipudas ja Pyhäjärvi.

Junakuljetuksena Keljonlahteen toimitetaan 60 GWh ja määrä kuormataan Haapamäen ja Haapajärven terminaaleista. Määrä on hyvin pieni, mutta hyvä signaali junakuljetuksen kehittämistä ajatellen. Lisäksi laskea paljastaa, että on muitakin terminaaleja, joista on kannattavaa kuljettaa junalla. Näitä saattavat olla esimerkiksi Pihtipudas ja Keitelepora. Kuljetukset toteutuvat sitten, kun autokuljetuksen kustannus nousee. Raportti kuitenkin kertoo, että junakuljetuksen kustannus voi todellisuudessa olla arviolta 30 % korkeampi kuin optimoinnissa käytetty kustannus, joka perustui puunkuljetuksesta muodostettuun kustannuskäyrään. Optimointi osoittaa, että päästöoikeuden korkeampi hinta nostaa junakuljetuksiin ohjautuvaa määrää.

Autokuljetuksen kustannuksena käytetty arvo osoittaa, kuinka edullinen autokuljetus on vielä tällä hetkellä. Raportissa kerrottiin, että kustannus 100 kilometrin matkalla on 2,9 €/i-m³, joka tosin on asetettu hiukan liian alhaiselle tasolle.

Kokonaisvaltainen optimointi on hyvä keino tuottaa suuntaa antavaa informaatiota, kuinka aluetasolla tulisi toimia. Optimointi antaa tietoa esimerkiksi, miten etäältä, kuinka paljon ja mistä lastauspaikoista puupolttainetta kannattaa junalla kuljettaa. Optimointi on kuitenkin haastava menetelmä toimituskustannusten minimoimiseksi, koska mallin tarkkuustaso on valittava siten, että sen pystyy toteuttamaan annetussa ajassa ja annetuilla ohjelmilla. Tässä optimointimallissa käytettiin ainoastaan tienvarsihaketus pohjautuvaa toimitusketjua. Raportin lopussa arvioitiin terminaalihaketusketjuun pohjautuvaa tapaa oletettavasti toisin keinoin.

Jos optimointi halutaan suorittaa terminaalihaketusketjuun perustuen, tulee malliin lisätä reunaehtoja siten, että tietty määrä hakkeen raaka-ainetta kuljetetaan ensin terminaaliin ja sitten näistä varastoista tehdään toimitus käyttökohteeseen. Malli muistuttaa siten esimerkiksi turpeen toimitusketjua, jossa tuotanto siirretään ensin aumavarastoon ja sieltä kuljetetaan suoraan käyttökohteeseen. Jos tutkimus haluttaisiin tehdä uudestaan, tulisi se toteuttaa käytännönläheisemmin. Tutkimukseen tulisi ottaa mukaan kolme suurinta bioenergian toimittajaa ja asettaa niiden materiaalinhankinta ja kuljetusten toteutus tilanteeseen, jossa on mukana myös vesitiekuljetus.

Suoritettu optimointi antoi tuloksen, että biolaiva ei ole korkeiden pääomakustannusten takia kilpailukykyinen näin pienellä vesistöalueella. Biolaivan kilpailukykyisyys alkaa vasta 180 kilometrin jälkeen. Biolaivakuljetuksia olisi mahdollista toteuttaa vasta sitten, kun laivan kustan-

nukset olisivat 0,6 €/i-m³ alhaisemmat. Tutkimuksen tekijät kuitenkin päättelevät, että vesitiekuljetus ei ole kokonaan poissuljettu vaihtoehto, jos käyttöön otetaan proomut, jotka ovat paljon edullisempia.

Tutkijat laativat vielä yhteiskuntataloudellisen tarkastelun (aluskuljetuksen hyöty-kustannus –analyysi) aluskuljetuksesta, jossa otetaan huomioon kuljetuskustannussäästö, päästökustannusten muutos, onnettomuuskustannusten muutos ja tien kulumisesta aiheutuva säästö, kun materiaali siirtyy aluskuljetukseen. Aluskuljetuksen hyöty-kustannus-suhde on luonnollisesti alle yhden, koska kuljetuskustannussäästöä ei muodostunut.

Raportti tuo esille myös runsaasti epävarmuustekijöitä. Lähitulevaisuudessa ympäristötekijät tulevat yhä tärkeämmäksi. Päästökaupan piiriin halutaan myös liikenne, johon itse asiassa lentoliikenne on näillä näkymin siirtymässä vuonna 2014. Muiden liikennemuotojen päästöjen rajoittaminen on siirretty kansalliselle tasolle. Rajoittamista voidaan toteuttaa esimerkiksi sääntelyn keinoin. Liikenteen suurin päästölähde on kuitenkin henkilöautoliikenne. Kuorma-autoliikenteen osuus esimerkiksi Suomen kaikista hiilidioksidipäästöistä on vähän alle 5 %.

Keitele-Päijänne kanavan kehittämisen työryhmä toteaa siis, ettei biolaivalle ole taloudellisia edellytyksiä tällä vesistöalueella. Yleensäkin vesitiekuljetuksille ei ole kovin paljon mahdollisuuksia, koska terminaalien sijoittaminen on haastava tehtävä. Terminaalien sijoittaminen esimerkiksi uiton pudotuspaikoille ei välttämättä tuo lisäetua vesitiekuljetukselle. Energiapuu ohjautuu pikemminkin autokuljetusketjun terminaaleihin, jotka sijaitsevat 9-tien tai 4-tien varrella. Näistä terminaaleista on lyhyt matka suurimpiin käyttökohteisiin. Rautatiekuljetuksien kehittämistä ajatellen laadittu raportti tuo esille positiivisia asioita.

Kyseessä oleva biolaiva on suuri Keitele-Päijänne vesistöalueelle. Yksi laiva ei kuitenkaan kykene kuljettamaan laskelmassa esille tuotua 2,5 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Aluksia tarvitaan vähintään kaksi tai mahdollisesti kolme, koska alusten on todellisuudessa käytävä useassa terminaalipaikassa lastaamassa. Suuri alus on lisäksi kömpelö näillä vesillä. Sulutuksiin tulee vielä lisätä odotusaikoja, koska vesiväylällä purjehtii paljon matkustajalaivoja ja muita veneitä. Yksi suuri kysymysmerkki on vielä jäissä liikkuminen. Lisäksi 2,5 miljoonan kuutiometrin vuotuinen kuljetusmäärä on hyvin optimistinen.

Toisaalta biolaivan isä Veikko Hintsanen kritisoi voimakkaasti tehtyä tutkimusta, koska tutkimuslähtökohdissa tehtiin virheitä. Hänen mukaansa alkuaan piti tarkastella vain juna- ja laivakuljetuksien mahdol-

lisuuksia Keitele-Päijänne –vesistöalueella. Hintsasen mukaan biolaivan kilpailukykyisyys muodostuu lastauksen ja purun tehokkuudesta sekä laivan kyvystä purjehtia keula- että perä edellä. Hintsasella on myös hyviä logistisia näkemyksiä bioenergian toimitusketjun toteuttamiseen laivakuljetusta hyödyntäen.

Tehty selvitys antaa tukea väyläinvestointien toteuttamisjärjestykselle. Vesiväylälle tehtäviä parantamisinvestointeja lykätään todennäköisesti vielä. Rautateiden investointihankkeet saavat todennäköisesti lisää vahvistusta. Ratahallintokeskuksen tähtäimessä on rakentaa 10 uutta puuraaka-aineterminaalia.

Turpeen logistiikka

Suo- ja turvemaiden alueellinen jakaantuminen

Suomessa on soita ja turvemaita noin 9,4 miljoonaa hehtaaria – lähes Lapin maakunnan verran. Suhteellisesti eniten soita on entisen Oulun läänin alueella, jossa suota on 47 % alueen pinta-alasta. Sodankylän kunnassa on puolestaan määrällisesti eniten suota, noin 335 000 hehtaaria, mikä on noin 27 % kunnan pinta-alasta. Suurin yksittäinen suo on Kolarin kunnassa sijaitseva Teuravuoma, jonka pinta-ala on 7 000 hehtaaria.

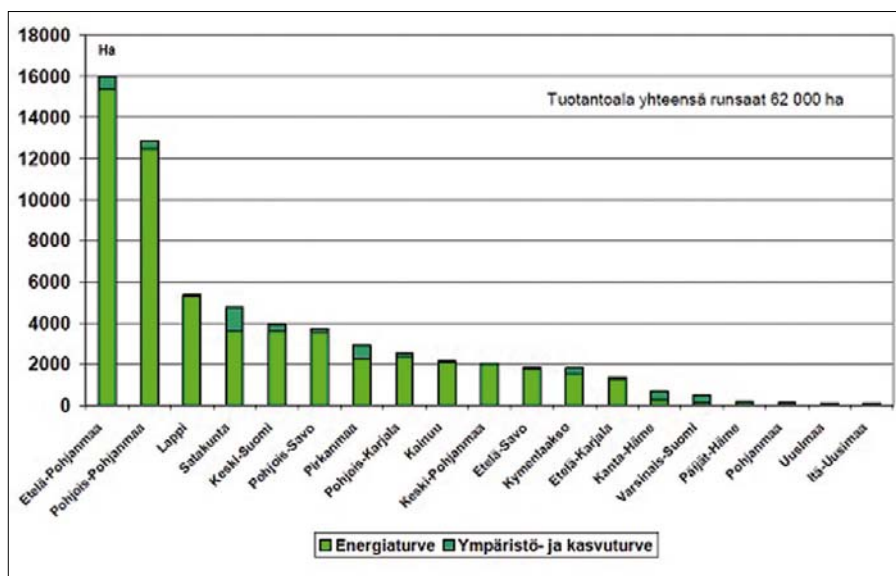
Soista noin puolet on ojitettu metsätaloudeksi. Luonnontilassa on edelleen noin 4,3 miljoonaa hehtaaria soita, joista suojeleohjelmassa on 1,1 miljoonaa hehtaaria. Turvetuotannossa on noin 0,06 miljoonaa hehtaaria. Teknisesti tuotantokelpoista turvemaata on 1,2 miljoonaa hehtaaria. Määrä jakaantuu maakunnallisesti taulukon 8 mukaan seuraavasti:

TAULUKKO 8. Teknisesti tuotantokelpoinen turvemaata maakunnittain			
Maakunta	Turvemaan ala [ha]	Maakunta	Turvemaan ala [ha]
Uusimaa	5 382	Pohjois-Savo	39 992
Itä-Uusimaa	1 086	Pohjois-Karjala	81 204
Varsinais-Suomi	20 000	Keski-Suomi	43 833
Satakunta	37 595	Etelä-Pohjanmaa	76 658
Kanta-Häme	17 026	Pohjanmaa	23 539
Pirkanmaa	22 541	Keski-Pohjanmaa	44 030
Päijät-Häme	4 245	Pohjois-Pohjanmaa	224 541
Kymenlaakso	9 344	Kainuu	115 368
Etelä-Karjala	18 847	Lappi	413 857
Etelä-Savo	21 427		

Merkitävimmät potentiaaliset lisäalueet turvetuotannon harjoittamiseen ovat Lapin, Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan maakunnissa. Myös Pohjois-Karjalassa ja Etelä-Pohjanmaalla on mahdollista lisätä paljon turvetuotantoa.

Turvetuotanto

Turvetta tuotetaan Suomessa noin 130 kunnassa. Oulun ja Lapin sekä Etelä-Pohjanmaan maakuntien osuus Suomen turvetuotannosta on 57 % (Kuvio 23). Yksi Euroopan suurimmista tuotantosoista on Piipsanneva Haapavedellä.



Kuvio 23. Turpeen tuotantoalat maakunnittain (Lähde: Flyktman, 2009)

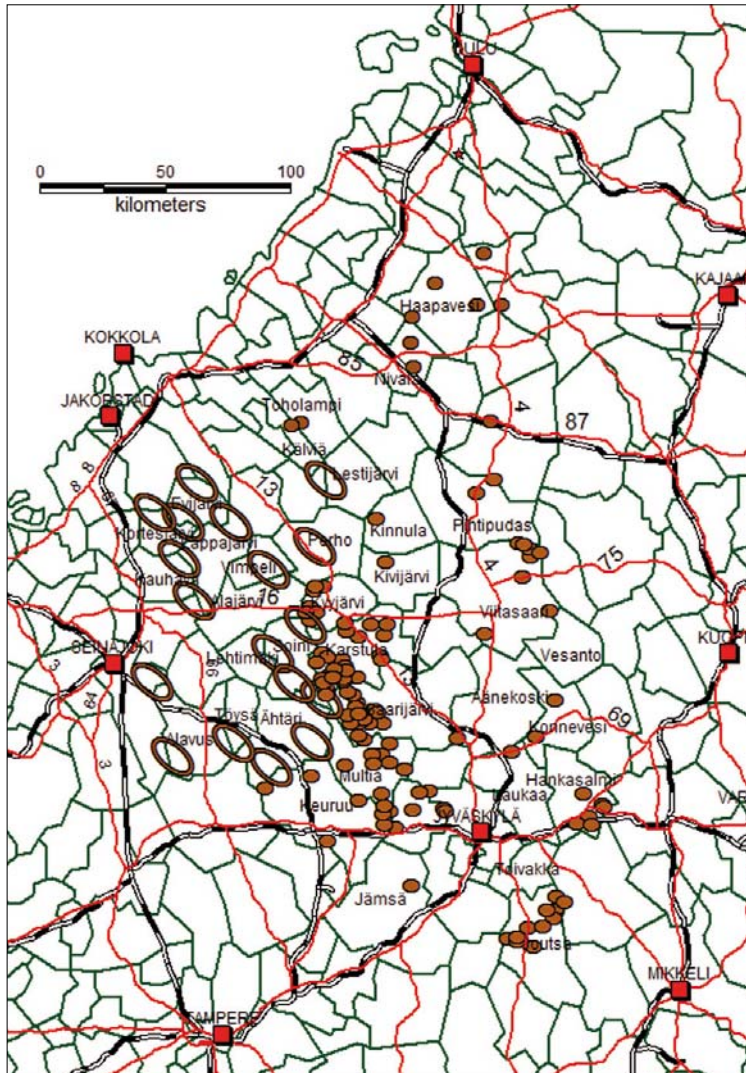
Turvetuotannon määrä riippuu pitkälti käytössä olevien soiden määrästä. Vuosittain osa tuotantosoista poistuu käytöstä ja siirtyy jälkikäyttöön. Uutta tuotantoalaa tarvitaankin jatkuvasti vähintään poistuvan pinta-alan verran, jotta energia- ja ympäristöturpeen kysyntään voidaan vastata. Jyrsin- ja palaturpeen tuotantoala on nykyisin noin 57 000 hehtaaria. Suurimmat tuotantoalat sijaitsevat Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla. Etelä-Pohjanmaalla on noin 15 300 ha ja Pohjois-Pohjanmaalla 12 500 ha.

Suurimmat turpeentuottajat Suomessa ovat Vapo Oy ja Turveruukki Oy. Oulussa pääkonttoriaan pitävän Turveruukki Oy:n toiminta-alueita ovat Pohjois-Pohjanmaan, Kainuun ja Lapin sekä Pohjois-Savon maakunnat. Vapo Oy:n toiminta-alueena ovat Suomen lisäksi mm. Ruotsi ja

Viro. Yhtiön turvetuotanto hoidetaan Vapo lämmön ja sähkötuotannon liiketoiminnan alla. Turvetuotannossa Vapo Oy:n markkinaosuus Suomessa on noin 80 %. Yhtiö on siis merkittävä suomalainen energiayritys ja Keski-Suomen voimalaitosten polttoainehuollon kannalta erittäin keskeinen toimija. Tässä selvityksessä käsitelläänkin turpeen logistiikkaa etupäässä Vapo Oy:n näkökulmasta. Vapo Oy:n lisäksi Keski-Suomessa toimii muutamia pieniä turvetuottajia.

Keski-Suomen alueella oli vuonna 2005 kaikkiaan 9 145 hehtaaria sellaisia suoalueita, joissa oli turvetuotantoa tai jotka olivat saaneet turvetuotantoluvan. Saarijärvellä soita oli 1 429 ha, Karstulassa 1 849 ha, Joutsassa 1586 ha, Kyyjärvellä 1 016 ha ja Viitasaarella 566 ha. Kuviossa 24 on esitetty turvetuotantoalueiden ja luvan saaneiden soiden sijoittumista Keski-Suomessa, Etelä-Pohjanmaalla ja osin myös Pohjois-Pohjanmaalla. Vapo Oy:llä esimerkiksi on Keski-Suomessa tällä hetkellä tuotantokelpoista suota käytettävissään yli 5 000 hehtaaria.

Kuviossa 24 on renkailla merkityillä kohteilla yksi tai useampi tuotantoalue, kun taas ruskealla ympyrällä merkitty kohde tarkoittaa yhtä käytössä olevaa tuotantosuota tai luvan saanutta suota. Kartta osoittaa, että Keski-Suomen turvesuot ovat sijoittuneet maakunnan luoteis- ja pohjois- sekä kaakkoisosiin.

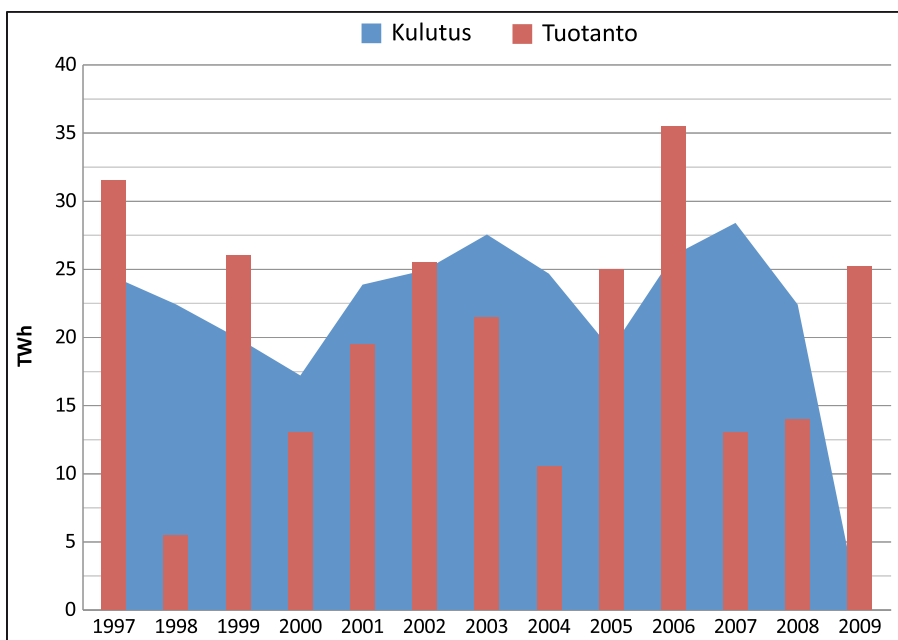


Kuvio 24. Turvetuotantoalueiden sijoittuminen Keski-Suomessa, Etelä-Pohjanmaalla ja osin Pohjois-Pohjanmaalla (Lähteet: Keski-Suomen liitto, Etelä-Pohjanmaan liitto, Pohjois-Pohjanmaan liitto)

Turpeen käytön tavoitteet

Turvetta tuotettiin Suomessa vuonna 2009 noin 28 miljoonaa kuutiometriä, joka vastaa 25 terawattituntia energiaa. Turvetuotannon määrä riippuu tuotantoalueiden lukumäärän ohella suuresti olosuhteista. Tuotanto ajoittuu toukokuun ja elokuun väliselle ajalle ja olosuhteiden ollessa suotuisat voi tuotanto nousta nykyisillä tuotantoalueilla jopa yli 30 terawattitunnin, esimerkkinä kesä 2006. Vuosien 2007 ja 2008 kaltaisina saateisina kesinä taas jäätii kauas tavoitelluista tuotantomääristä.

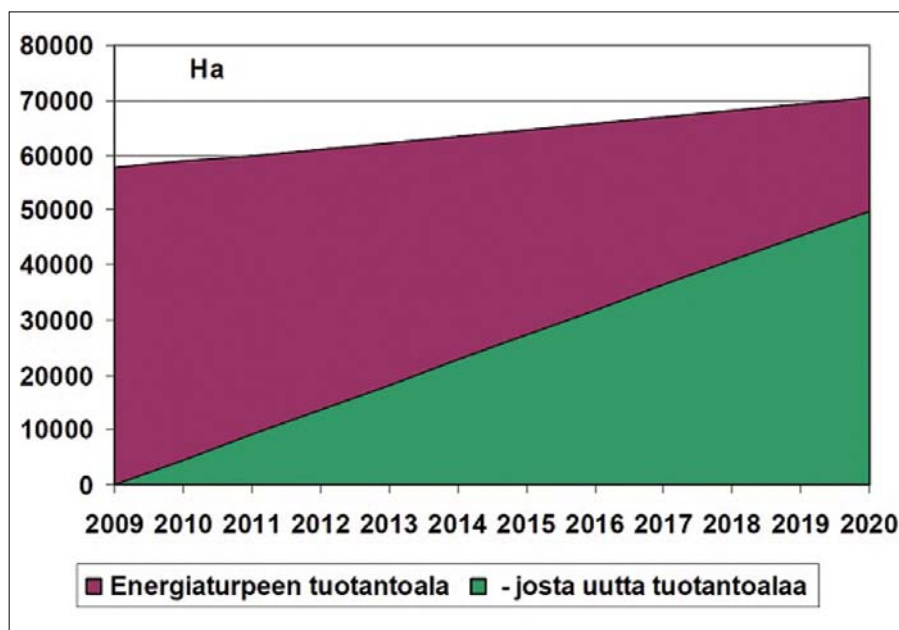
Kuviossa 25 on esitetty tuotannon vaihtelu vuosina 1997 – 2009. Samassa kuviossa on myös turpeen kulutuksen määrä. Jos kulutus on pienempi kuin tuotanto, turvetta jää varastoon seuraavia lämmityskausia varten. Heikkoina tuotantovuosina tilanne on luonnollisesti päinvastoin eli varastoja syödään.



Kuvio 25 Turpeen tuotanto ja kulutus Suomessa vuosina 1997 – 2009 (Lähteet: Tilastokeskus, Turveteollisuusliitto, VTT ja Pöyry Oy)

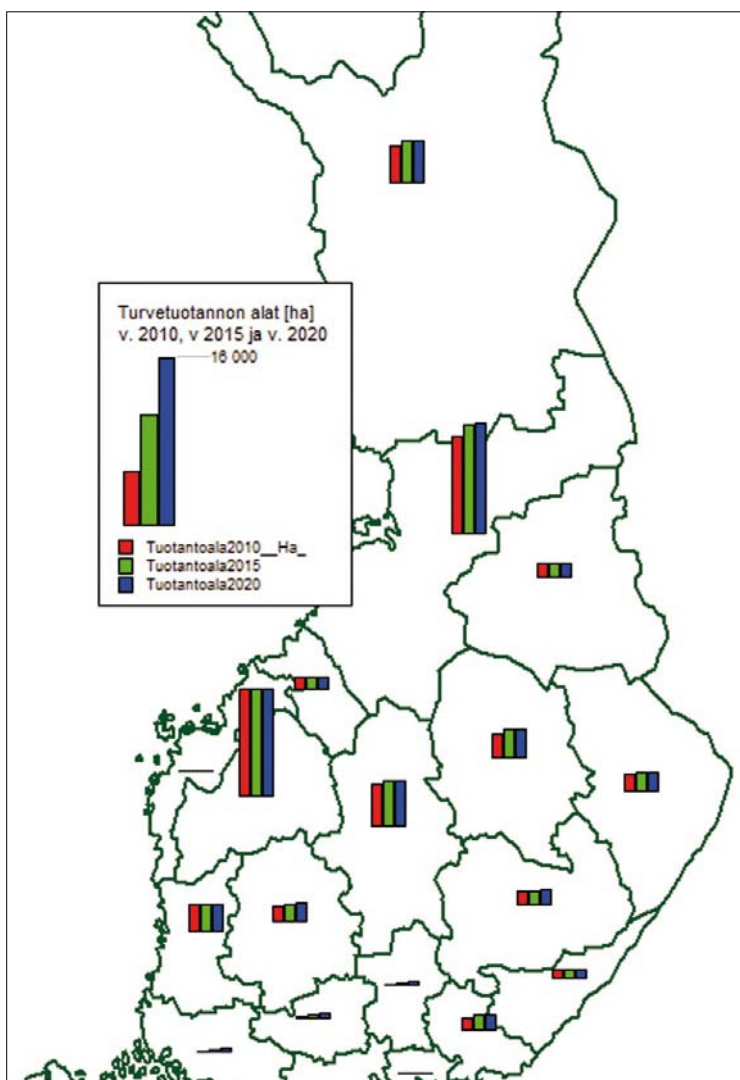
VTT on arvioinut, että turpeella tuotetun energian määrä Suomessa tällä vuosikymmenellä on noin 28 – 29 TWh vuodessa. Tähän arvioon on laskettu myös biojalostamoiden tarvitsema energiaturve eli noin 1 TWh.

VTT on laskenut, että vuoteen 2020 mennessä tulee tuotantoalaa nostaa 57 000 hehtaarista 70 000 hehtaariin, jotta turpeen kysyntään voidaan vastata. Vuosikymmenen aikana poistuu käytöstä useita tuotantoita ja uutta tuotantoalaa tulisi saada noin 50 000 hehtaaria (Kuvio 26).



Kuvio 26. Turpeen käytön arvioitu kehitys vuoteen 2020 saakka (Lähde: Flyktman, 2009)

Kuviossa 27 on esitetty turvetuotantoalan ennustetut muutokset maakunnittain.



Kuvio 27. Turvetuotantoalan ennustetut muutokset maakunnittain (Lähde: Flyktman, 2009)

Eniten pinta-alalisäystä on odotettavissa Pohjois-Pohjanmaalla, jonkin verran myös Lapissa, Keski-Suomessa, Pohjois-Savossa ja Pirkanmaalla.

Keski-Suomessa turpeen käytön tavoitteeksi on asetettu 3,2 TWh vuoteen 2015 mennessä. Vuonna 2006 käyttö on ollut noin 2 TWh.

Turve käsiteltävänä materiaalina

Turve on eriasteisesti maatunutta suokasvillisuutta, pääosin rahkasammalia ja sarakasveja. Rahkasammal kasvaa noin senttimetrin vuodessa ja maatuu samanaikaisesti alaosaan millimetrin paksuiseksi kerrokseksi. Vuodessa turvetta muodostuu siis ohut levymäinen ja ”pesusienimäinen” kerros, jossa on vettä turvelajista ja turpeen maatumisasteesta riippuen 85 – 95 % turvemassan painosta. Turpeen kuiva-aineesta hiiltä on 50 %.

Turpeesta valmistetaan energiakäyttöön kahta eri tuotetta: jyrsin- ja palaturvetta. Jyrsinurpeen raekoko on 0,1 – 10 mm. Palaturvetta tuotetaan tuotantokoneista riippuen joko sylinterimäisiksi ympyrälieriöiksi tai lainemaiseksi nauhaksi. Palaturve on vaihtelevan pituista (5 – 20 cm) ja halkaisijaltaan 4 – 7 cm.

Polttoaineen määrä mitataan kuutiometreinä aumavarastossa. Polttoaineen paino määritetään pääosin voimalaitoksella autovaa’an avulla ja kosteus polttoainenäyttein. Jyrsinurpeen tiheys eli tilavuuspaino saapumistilassa on keskimäärin 341 kg/i-m^3 ja energiatiheys $0,90 \text{ MWh/i-m}^3$ tai $2,8 \text{ MWh/tonni}$. Palaturpeen tilavuuspaino on vastaavasti 387 kg/i-m^3 ja energiatiheys $3,4 \text{ MWh/tonni}$. Jyrsinurpeen kosteus saapumistilassa on tyypillisesti 46 – 47 % ja palaturpeen 37 – 39 %.

Jyrsinurve pölyää herkästi kuormattaessa sitä kuljetusvälineeseen. Tästä syystä jyrsinurpeen kuljetusketjussa pyritään vain yhteen kuormaukseen ja yhteen purkutapahtumaan. Turve kuormataan aumavarastolla autoon ja puretaan käyttökohteessa sitä varten rakennetussa vastaanottohallissa.

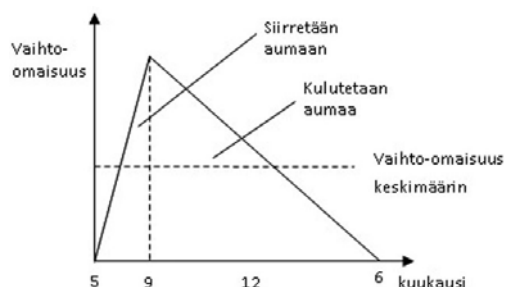
Tuotanto ja varastointi suoalueella

Energiaturpeen tuotannosta jyrsinurpeen osuus on hieman yli 90 %. Tuotannon päävaiheet ovat jyrsinä, kääntäminen ja karheaminen. Nämä vaiheet toistetaan, kunnes suoalueella on 3 – 6 karheelle kerättyä kerrosta. Tämän jälkeen kerrokset kootaan esimerkiksi ns. haku-menetelmää käyttäen traktorin vetämään perävaunuun, jolla turve sitten siirretään varastoon. Varastoon muodostetaan joko yksi tai useampia turvepenkeireitä eli aumoja.

Tuotantokausi on kesällä 3 – 4 kuukautta, ja suoalueelle muodostuu suuria varastoja. Niitä tyhjenetään tuotantokautta seuraavan syyskuun ja kesäkuun välisenä aikana. Logistiikan näkökulmasta katsottuna toiminta on samanlaista kuin esimerkiksi urheiluliikkeessä sesonkituotteiden

ostamisessa ja myymisessä. Urheiluliike ostaa suksia vain yhden kerran koko talvikautta varten ja myy niitä sitten talven aikana. Suksien hankintamäärä vastaa harvoin tarkasti kysyntää. Jos suksia jää myymättä, loppuvarasto jää rasittamaan katetta. Jos sukset loppuvat liikkeestä kesken kauden, myyntituloja jää saamatta. Turpeen kohdalla on toisenlainen tilanne loppuvaraston eli nk. tasausvaraston suhteen. Valtio maksaa osittain korvausta tasausvarastosta. Viljan tuotanto ja sen varastointi on toinen hyvä vertauskohde.

Varaston eli turpeen vaihto-omaisuuden määrän muuttumista aumavarastoissa voidaan kuvata seuraavasti:



Kuvio 28. Turpevaraston muodostuminen ja kuluttaminen vuoden aikana

Turpeen toimitusketjussa on järkevää toimia kuvion 28 esittämällä tavalla, koska on mahdotonta toimittaa ennakkoon suurta määrää turvetta asiakkaan varastoihin. Toimitukset toteutetaankin aumavarastosta asiakkaan tekemän tilauksen mukaan.

Turvetuotantoalueen varastoinnista on laadittu tarkat ohjeet. Auman rakentamistapa ja koko on määritetty varsin tarkkaan. Auman leveydelle, korkeudelle, pituudelle ja kaltevuudelle on annettu ohjeelliset mitat. Auman rakentaminen aloitetaan leveysmitan perusteella ja täyttö etenee sitten pituussuuntaan. Tavoitteena on korkea, tiivis auma, jolloin turpeen kastuminen ja auman itsekuumeneminen jäisivät vähäisiksi.

Aumaus on tehtävä erittäin huolellisesti turpeen laadun ja paloturvallisuuden takaamiseksi. Turveauman lämpötila on normaalisti 50 – 70 astetta, ja syttymisriski kasvaa, kun lämpötila nousee 80 asteeseen. Aumojen tiivistäminen, peittäminen muovilla ja aumauksen ajoittaminen esimerkiksi yöaikaan vähentävät paloriskiä ja siten ehkäisevät varastotappioita. Itsekuumenemiselle alttiit turpeet (esimerkiksi vähän maatuneet saraturpeet) tulee toimittaa mahdollisimman nopeasti käyttöpaikalle.

Turveaumojen koko vaihtelee tuotantoalueen pinta-alan ja varaston sijainnin mukaan. Mitoituksessa otetaan lisäksi huomioon suolla käytettävät koneet ja kuljetuksissa käytettävät ajoneuvot.

Suuren turpeentuottajan, esimerkiksi Vapo Oy:n, varsinaisen tuotannon toteuttavat alueelliset kokonaisurakoitsijat. Samoin turpeen lastauksesta ja kuljetuksista vastaavat yksityiset yrittäjät.

Toimitusten ohjaus

Vapo Oy:n keskusorganisaatio neuvottelee tuotantokauden päätyttyä turpeen toimitussopimukset suurien asiakasyritysten kanssa. Sopimuksen keskeiset asiat ovat turpeen määrä, laatu, toimitusehdot ja sopimuksen pituus. Samoin sovitaan se, millä tavoin toimitaan ja varmistetaan, että ostajalla on aina riittävä määrä polttoainetta kunkin voimalaitoksen päivittäisen käytön tarpeisiin. Pienten käyttäjien kohdalla Vapon asiakastiimit hoitavat turpeen myynnin laitoskohtaisesti.

Turpeen toimituksen karkeasuunnittelu tehdään Jyväskylässä. Suunnittelussa laaditaan koko Suomea koskeva toimitusohjelma vuositasona. Turpeen toimitusketju on periaatteessa yksinkertainen aumavarastosta asiakaskohteeseen, mutta lukuisten tuotantoalueiden ja asiakkaiden takia on mahdollista toteuttaa toimitus useasta eri aumavarastosta.

Toimitusohjelman määrät eri tuotantosoilta kullekin asiakkaalle ratkaistaan optimointia käyttäen. Karkeasuunnittelun pohjalta laaditaan kutakin viikkoa koskeva jyrsin- ja palaturpeen kuljetusohjelma Peräseinäjoen Haukinevalla sijaitsevassa logistiikkakeskuksessa. Päivittäisiä kuljetuksia ohjataan tietojärjestelmän avulla.

Valtakunnallisesti merkittäviä turpeen käyttäjiä ovat Oulun Energia Oy, Kanteleen Voima Oy Haapavedellä, Vaskiluodon Voima Oy Seinäjoella, Alholmens Kraft Ab Pietarsaareissa, Kuopion Energia Oy, Tampereen sähkölaitos Oy ja Fortum Oy:n Joensuun voimalaitos sekä Kaukaan Voima Oy Lappeenrannassa. Myös Keski-Suomen suurimmat turpeen käyttäjäpaikkakunnat – Jyväskylä, Jämsä ja Äänekoski – kuuluvat Suomen merkittävimpiin energiaturpeen käyttäjiin.

Kanteleen Voima Oy:n turpeen käyttö on vuodessa noin 2,5 miljoonaa m³ - Vaskiluodon Voima Oy:n ja Alholmens Kraft Oy:n jonkin verran pienempi. Talvella 2010 – 2011 Jyväskylän Energia Oy:n laitokset Keljonlahdessa ja Rauhalahdessa nousevat yhteensä samaan kokoluokkaan. Jyrsin- ja palaturpeen käytön on arvioitu olevan noin 2,6 miljoonaa kuutiometriä.

Turvetuotantoalueiden läheisyyteen sijoittuville laitoksille ovat toimitusmatkat luonnollisesti keskimääräistä lyhyemmät. Esimerkiksi Kan-teleen Voima Oy:n kaikki turve toimitetaan alle 50 km:n etäisyydeltä - Vaskiluodon Voima Oy:lle puolestaan alle 70 km:n etäisyydeltä.

Uudet voimalaitokset sekä Etelä-Suomessa että Kaakkois-Suomessa kasvattavat Vapo Oy:n jyrshinturpeen keskimääräistä kuljetusetäisyyttä. Kuljetusten keskimatkat vaihtelevat tällä hetkellä eri tiimien välillä 50:stä 200 km:iin. Koko maassa turvekuljetusten keskimatka on 100 km ja Keski-Suomen voimalaitoksille 120 km. Turvekuljetusten etäisyydet vaihtelevat myös vuositasolla edellä kuvattujen sääolosuhteiden vuoksi. Tuotanto-olosuhteet voivat kesän sateiden vuoksi vaihdella paljon myös hyvin pienellä alueella.

Kuljetukset

Kuten metsähakkeenkin kohdalla, viedään myös turvekuljetuksissa kuorma yleensä vain yhteen suuntaan. Pitkillä toimitusetäisyyksillä pyritään kuitenkin meno-paluu -kuljetuksiin aina, kun se on mahdollista.

Vapo Oy kuljetti vuonna 2008 erilaisia turvetuotteita Suomessa noin 9 miljoonaa tonnia. Jyrshinpoltturve toimitetaan voimalaitoksille ja palaturve etupäässä lämpölaitoksille. Lämmityskauden huippuaikoina Vapo Oy:llä on käytössä parhaimmillaan 250 yhdistelmäajoneuvoa eli kansanomaisesti sanottuna turverekkaa. Sen sijaan kesäkaudella ainoastaan nelisenkymmentä rekkaa kuljettaa jyrshinturvetta esimerkiksi metsäteolisuuden voimalaitoksille.

Kuukausittaiset kuljetussuoritteet vaihtelevat siten suuresti. Jyrshinpolttoturpeen kuljetusmäärät ovat suurimmat ja erityisesti sen vaihtelut ovat erittäin suuria. Kuljetussuorite on 20 – 80 miljoonan tonnikipometrin välillä kuukausitasolla tarkasteltuna. Lämmityskaudella huippu on 80 miljoonaa tonnikipometriä, ja kesällä suorite on alimmillaan.

Kuljetusmäärät vaihtelevat myös vuosittain 4 – 7 miljoonan tonnin välillä. Esimerkiksi vuonna 2007 turvetta kuljetettiin ennätysmäärä eli noin 7 miljoonaa tonnia. Turpeen kysyntään vaikutti tuolloin päästökaupan ensimmäisen jakson päättyminen. On tyypillistä, että voimalaitokset säästävät päästöoikeuksia kauden alussa ja loppuvaiheessa ne käytetään mahdollisesti loppuun. Tämä johti turpeen poikkeuksellisen suureen käyttöön vuonna 2007.

Vapon kuljetuksista vastaavat yleensä paikalliset kuljetusalan yrittäjät, joiden kanssa tehdään pitkäaikaista yhteistyötä. Kuljetussopimukset laaditaan tyypillisesti 1 – 3 vuodeksi. Sopimuksia on kolmea tyyppiä: ympärivuotiset sopimukset, talvikaudelle tehtävät sopimukset ja lyhyet sopimukset. Pitkäaikaiset sopimusautoilijat muodostavat ryhmän, joka takaa nk. peruskapasiteetin. Kesäaikana tämän ryhmän kuljetusyrittäjät esimerkiksi joustavat lomien järjestämisessä. Talvikauden sopimusyrittäjät kuljettavat turvetta lokakuusta huhtikuuhun. Kesäaikana tämän ryhmän autoilijoilla on mahdollista tarjota kuljetuspalveluja myös muille toimeksiantajille. Tyypillisesti Vapo Oy:n kausiautoilijat kuljettavat maata ja soraa kadun- ja tienrakennustyömailla. Lyhyen sopimuksen autoilijoita tarvitaan, kun turpeen kysyntä kasvaa ennakoitua enemmän. Esimerkiksi kysynnän huippuvuonna 2007 kalustosta noin 10 % oli lyhyen sopimuksen autoilijoita eli nk. keikka-autoja.

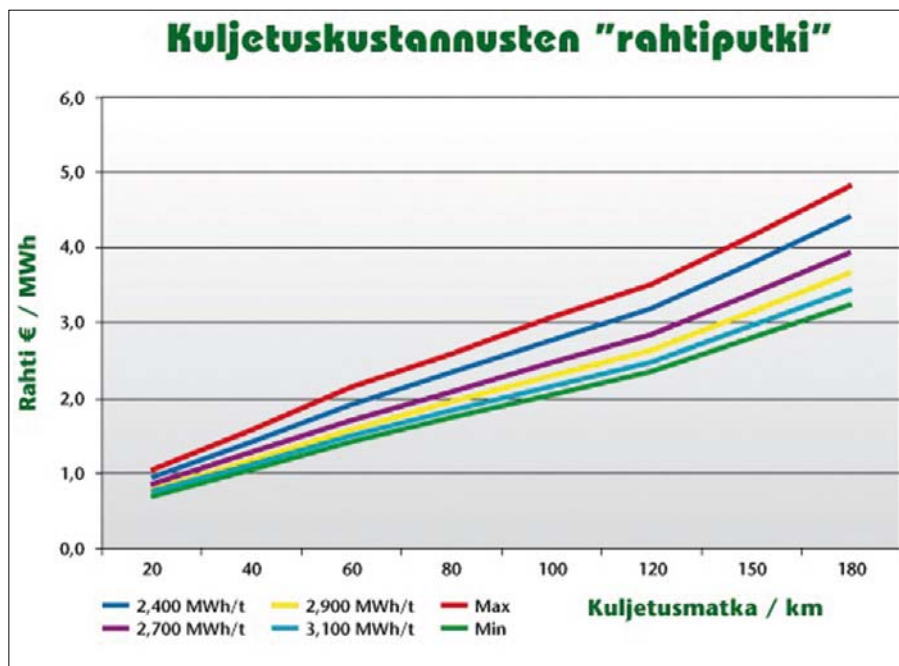
Turpeenkuljetuksessa käytetään samanlaista yhdistelmäajoneuvoa kuin sahakkeen kuljetuksessa. Yhdistelmä on mahdollisimman kevytrakenteinen eli pyritään noin 20 tonnin omamassaan, jolloin hyötykuorma voi olla 40 tonnia. Nettokuormakoot vaihtelevat käytännössä 28 – 38 tonnin välillä turpeen ominaistiheydestä, kosteudesta ja toimitusajankohdasta riippuen. Vapo Oy:n kuljetuksissa hyötykuorma on ollut keskimäärin 36,5 tonnia.

Toimituksen hinnan muodostuminen

Jyrsinturpeen hinta käyttöpaikalla ilman veroja on ollut viime aikoina noin 11 €/MWh (Tilastokeskus). Vapo Oy hinnoittelee energiaturpeen asiakaskohtaisesti tiettyjen kustannuslaskentaperiaatteiden mukaan. Hinta perustuu kuljetuskustannuksiin ja suokohtaisiin kustannustekijöihin, joita painotetaan kunkin suon turvemäärällä suhteessa koko toimitusmäärään. Suokohtaisia kustannustekijöitä ovat suoinvestointi sekä tuotanto. Lisäksi hallinnon kustannuksia kohdistetaan tietty määrää.

Kuhunkin sovittuun toimitusmäärään jyvitetävät suoinvestointikustannukset aiheutuvat suon hankinnasta, sen valmistelusta tuotantokuntoon, ympäristönsuojelutöistä sekä varastoalueiden ja teiden rakennustöistä. Viimeksi mainitun kustannuskomponentin vaikutus voi olla suuri, joten varastoalueiden ja teiden suunnitteluun kiinnitetään erityistä huomiota. Tuotantokustannuksien jyvittämisessä asiakkaan koko toimitusmäärään otetaan huomioon tuotannon työvaiheitten aiheuttamat kustannukset, laitteiden ja alueiden kunnossapitoon liittyvät kustannukset sekä kuormaus- ja varastointikustannukset.

Avoimella hinnoittelupolitiikalla Vapo Oy haluaa tiivistää yhteistyötä toimituksiin osallistuvien osapuolien kanssa ja samalla antaa suunnittelu-työlle hyvät raamit. On erittäin tärkeää näyttää myös asiakkaalle, mistä hinta muodostuu. Yrityksen internet -sivulla oleva kuljetuskustannusten ”rahtiputki” antaa kuvan paitsi itse kustannuksista myös pyrkimyksestä avoimeen hinnoittelupolitiikkaan (Kuvio 29).



Kuvio 29. Vapo Oy:n rahdin hinnoitteluraami (Lähde: http://www.vapo.fi/fin/kunta_ja_yritysasiakkaat/biopolttoaineet/energiaturve/hinnoittelu/?id=159)

Turpeen laitoshintaan vaikuttavat kuljetusmatkan ja turvelajin sekä -laadun lisäksi toimitusajankohta, toimitusmäärän vaihtelu vuorokausittain, vastaanottomenetelmät sekä odotusajat ja asiakkaan välivarastot.

Keski-Suomen merkittävimmät turpeen käyttäjät

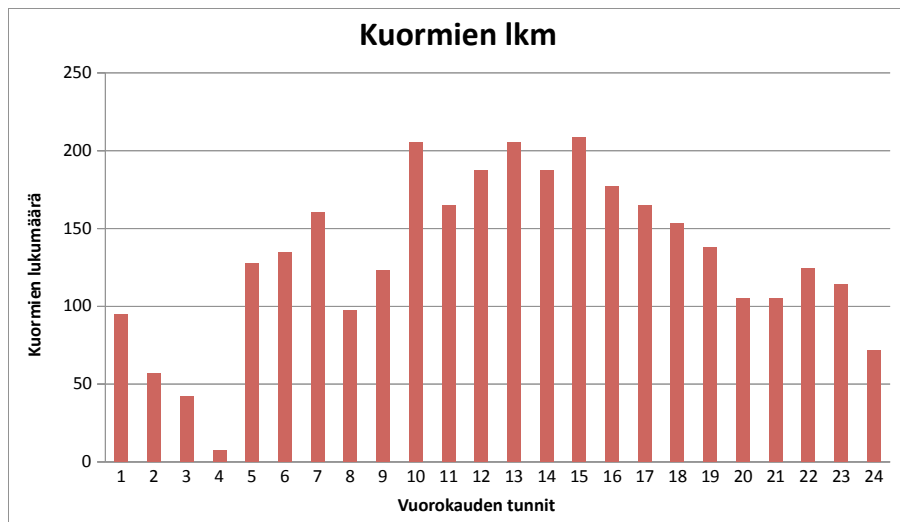
Keski-Suomen alueella on neljä isoa turpeen käyttäjää: Jyväskylän Energia Oy, UPM:n Kaipolan voimalaitos, UPM:n ja Pohjolan Voima Oy:n Jämsänkosken voimalaitos sekä Äänevoima Oy:n laitos Äänekoskella.

Jyväskylän Energia Oy:n Rauhalahden voimalaitoksen vuosittainen turpeen käyttö on 1,0 – 1,5 miljoonaa m³. Vuonna 2009 turvetta poltettiin noin 1 miljoonaa m³. Rauhalahden turve toimitetaan pääosin Keski-Suomen tuotantosoilta. Keljonlahden voimalaitos aloittaa sähkön- ja lämmöntuotannon kesällä 2010. Turpeen käytön ennakoitua olevan Keljonlahdessa vuosittain noin 1,6 miljoonaa kuutiometriä.

Metsähakkeen käsittelyn yhteydessä on jo esitetty Rauhalahden vastaanottamat bioenergiakuormien määrät. Karkeasti arvioiden Keljonlahden käyttämän turpeen määrä vuodessa on 1 400 GWh, metsähakkeen 600 GWh ja mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteiden 200 GWh. Käyttämällä seuraavaa yksinkertaista laskumenetelmää (Lehtoranta, 2010):

1 GWh = 10 turverekkaa = 12 kantorekkaa = 16 hakerekkaa

ja olettamalla, että kannot haketetaan terminaalissa, saadaan kuormien lukumääräksi: $1\,400 \cdot 10 + 800 \cdot 16 = 26\,800$ kuormaa. Kuormien lukumäärän ollessa 1,5-kertaiset Rauhalahden verrattuna kuukauden kuormien lukumäärän summa talvella näyttää seuraavalta:



Kuvio 30. Keljonlahden voimalan kaikkien bioenergiakuormien lukumäärä vuorokauden tunteina. Yksi pylväs kuvaa kuukauden kuormien summaa.

Autojen ajoreitti kulkee Keljonlahteen aluksi seuraavasti: Keuruuntie (tie numero 23) – Länsi-Päijänteentie – Keljonkankaantie - Keljonrannan paikallistie. Vuoden 2010 lopulla aloitetaan uuden kadun rakentaminen voimalaan. Keljonrannantie sijoittuu Keljonlahden länsirannan ja rautatien väliselle alueelle. Katu alkaa Keljonlahdentien ja Keuruuntien risteyksen tuntumasta ja jatkuu rautatien suuntaisesti kohti Keljonlahden voimalaa (Kuvio 31).



Kuvio 31. Keljonrannantien sijoittuminen (Lähde: Jyväskylän kaupunki, kaupunkirakennepalvelut)

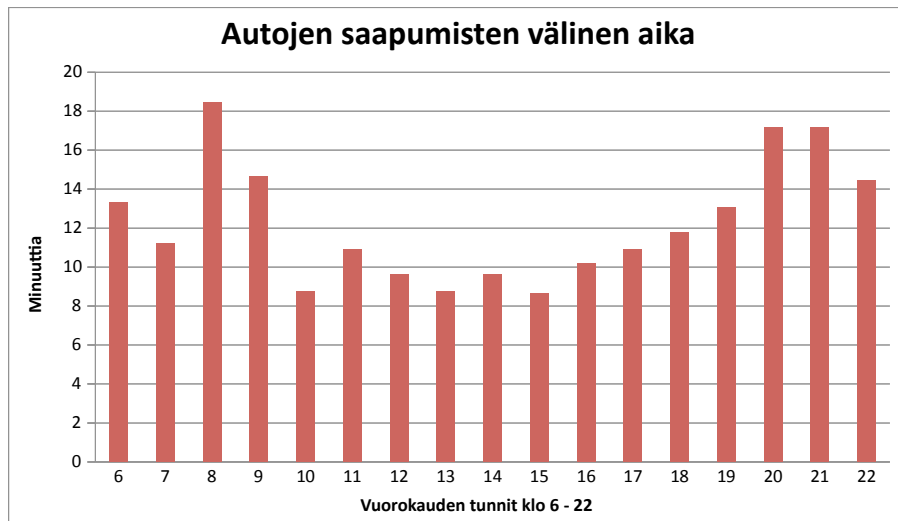
Bioenergiaa kuljettavia ajoneuvoja kulkee talvella 2010 – 2011 Keljonlahteen 15 minuutin välein. On arvioitu, että voimalaitoksen aiheuttaman raskaan liikenteen osuus valtatie 9 moottoritien kokonaisliikennemäärästä on vajaa yksi prosentti ja Keuruuntien kokonaisliikennemäärästä noin 2,5 prosenttia. Voimalaitoksen kuljetukset eivät siten merkittävästi kasvata liikennemääriä.

Muille voimalaitoksille toimitetaan jo huomattavasti vähemmän turvetta. Esimerkiksi Kaipolan ja Jämsänkosken vuositarve on noin 0,5 milj. m³. Jämsänkosken voimalaitoksen turve toimitetaan Ähtärin, Multian, Pylkönmäen ja Karstulan suunnalta. Ajoneuvot saapuvat tietä numero 56 ja 604, kääntyvät Tiilikantielle ja sieltä Koulutielle, jota ajetaan noin 100 metriä.

Äänekosken käyttämä 200 GWh:n turvemäärä vastaa noin 2 000 autokuormaa. Turvetoimitukset on mahdollista järjestää esimerkiksi Karstulan, Saarijärven tai Kyyjärven soilta. Keuruun uusi voimalaitos puolestaan tulee tarvitsemaan turvetta noin 30 000 m³, mikä vastaa noin 250 autokuormaa.

Vastaanotto voimalaitoksilla

Oletetaan, että Keljonlahteen saapuu biomassaa kuljettavia autoja saman aikajakauman mukaan kuin Rauhalahteen, mutta autojen lukumäärä on 1,5-kertainen. Tällöin autoja saapuu keskimäärin 15 minuutin välein, mutta klo 10 – 17 välisenä aikana keskiarvo on 12 minuuttia. Saapumisväliajan jakauma on kuvion 32 mukainen. Ennen purkamista autot punnitaan. Lasti puretaan nk. vastaanottotaskuun, josta se siirretään kuljettimella seulomoon ja murskaimeen.



Kuvio 32. Keljonlahteen tulevan rekka-autoliikenteen ajoittuminen, autojen saapumisvälit klo 6 – 22

Keljonlahdessa on kaksi vastaanottoasemaa, joista toinen on ketjupurkuautoja varten ja toinen sivulle kippaavia autoja varten. Ketjupurkulaitteella lastin purkaminen kestää keskimäärin 20 minuuttia ja sivulle kippaavalla autolla keskimäärin 5 minuuttia. Tällä hetkellä ketjupurkulaitteella varustettuja kuormatiloja on selvästi enemmän kuin sivulle kippaavia kuormatiloja. Ensimmäisenä käyttövuotena on siten mahdollista, että ketjupurkuasemalle tulee ruuhkaa klo 10 – 18 välisenä aikana. Keljonlahdessa on lisäksi yhden hehtaarin varastokenttä, jonne lastin voi myös purkaa.

Keljonlahteen on mahdollista toimittaa raaka-ainetta myös rautateitse. Raidepareja on kaksi, ja radan pituus voimalaitoksen alueella on noin 200 metriä. Alueelle mahtuu siten 10 vaunun mittainen juna. Purkaminen on suunniteltu tapahtuvan sivullekaato-tekniikalla yksi vaunu kerrallaan.

Sekä Jämsänkoskella että Kaipolassa on myös kiinteä murskainlaitos. Kuorma-autolla tuleva turve ja hake pyritään purkamaan aina suoraan murskaimelle. Purkaminen on mahdollista vain ajoneuvon perästä ketjupurkulaitteella. Vastaanottohalli on niin suuri, että sinne mahtuu yhdistelmäajoneuvo kerralla sisään. Murskaimen jälkeen kuljettimet siirtävät materiaalin siloihin tai välivarastoon. Jämsänkoskella on 2 000 m³ turvesiilo. Kaipolassa on noin 8 000 m³:n katettu varastotila haketta ja turvetta varten. Turpeelle on varattu maksimissaan 3 000 m³ osuus tilasta. Kun hake- ja turve-eriä siirretään Kaipolassa pyöräkuormaajalla kattilaan johtavalle kuljettimelle, erät sekoitetaan ensin keskenään.

Junakuljetusten mahdollisuudet

1990-luvulla Vapo Oy kokeili turpeen junakuljetuksia Tampereelle. Pilotina on kuljetettu myös Rauhalahteen 10 junavaunullisen verran turvetta. Vapo Oy:ssä on halukkuutta tarkastella laajemmin kuljetuskokonaisuutta ja ottaa huomioon eri kuljetusmuotojen tarjoamat mahdollisuudet.

Tällä hetkellä junakuljetuksissa on ongelmana uudenaikaisempien vaunujen puute. Koska Keljonlahteen todennäköisesti toimitetaan turvetta kauempaa kuin Keski-Suomen tuotantoalueilta, on tarvetta kehittää myös junakuljetukseen perustuvaa järjestelmää. Vapo Oy tekeekin parhaillaan yhteistyössä VR Cargon kanssa konttikuljetuksiin liittyvän kuljetus- ja käsittelytekniikan kehittämistyötä. Kontit on järkevä vaihtoehto pölyämisen takia. Järjestelmä voisi olla sellainen, että kontteja lastataan aumavarastolla, kuljetetaan autolla rautatieterminaaliin, jossa

ne nostetaan vaunuun. Sen jälkeen juna toimittaa kontit käyttökohteeseen ja purkamisen jälkeen palauttaa kontteja haluttuun terminaaliin.

Turpeen logistiikan kehittämisen haasteita

Turpeen logistiikan keskeisin kehittämisen haaste on kuljetuksissa. Kuljetusten keskimatka on noussut viime vuosina ja sen ennakoidaan nousevan vielä lisää, kun uusia voimaloita perustetaan erityisesti Etelä-Suomeen. Uusia turvetuotantoalueita ei kuitenkaan ole mahdollista kovinkaan monta Etelä-Suomeen perustaa.

Turvelogistiikan yksi kehittämishaaste liittyy toimitusten rytmiin ja materiaalin vastaanottoon Jyväskylän voimalaitoksille. Noin 15 minuutin välein saapuvat autot muodostavat jonoa purkamispaikoilla. Purkamisen on syytä tapahtua ripeästi ja virheettää. Autojen purkamisaika kestää odotettua pitempään, jos materiaali on osittain jäätynyttä. Tällöin joudutaan purkamaan varastokentälle.

Autokuljetuksissa hyötykuorman lisäämismahdollisuudet ovat vähäisiä. Kokonaispainoltaan 60 tonnin ajoneuvoyhdistelmän hyötykuorma voi maksimissaan olla 42 tonnia, jos saadaan ajoneuvon rakenne valmistettua kevyemmistä materiaaleista. Vapo Oy:n kuljetuksissa on kuorman paino ollut keskimäärin 36 tonnia, mikä on jo hyvä saavutus. Seuraava kehitysvaihe voisi hyvinkin olla siirtyminen junakuljetuksiin.

Ruokohelpi ja muut peltobiomassat

Ruokohelven käytön nykytilanne voimalaitoksilla

Ruokohelpi on tärkein peltoenergiakasvimme tällä hetkellä. Suomessa se on pääsääntöisesti suurten voimalaitosten polttoaine. Tyypillinen käyttäjä on suuri CHP-laitos (Combined Heat and Power; yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto), jossa on leijukerros- eli leijupetikattila. Kattilassa tulipesän alaosasta syötettävä ilmavirta saa tulipesässä olevan tuhkan, hiekan ja polttoaineen (polttoaineseoksen) leijumaan. Palaminen tapahtuu näin muodostuvassa pedissä.

Kolmasosalla helpeä käyttävistä laitoksista kattilateho on yli 200 MW, mutta käyttökokeiluja on tehty myös alle 5 MW:n kattiloilla. Kaikki ruokohelven käyttäjät ovat nk. seospolttolaitoksia, joissa pääpolttoaineet ovat tyypillisesti turve ja puu.

Ruokohelven viljely ja käyttö ovat merkittävästi kasvaneet Suomessa viime vuosina. Määrät ovat silti edelleen vähäiset, sillä vuositasolla peltobiomassan osuus kaikesta käytetystä polttoainemäärästä on voimalaitoksilla yleensä alle 1 % energiasisällöstä laskettuna. Vuonna 2007 ruokohelven kokonaiskäyttö Suomessa oli ainoastaan 60 GWh, kuitenkin kaksinkertainen määrä edelliseen vuoteen verrattuna.

Ruokohelpeä viljellään Suomessa nykyisin runsaalla 20 000 hehtaarilla. Suomen Bioenergiayhdistys Finbion tavoitteena on vuoteen 2015 mennessä nostaa ruokohelven tuotantopinta-ala yli 100 000 hehtaariin, jolloin ruokohelpiviljelyksiltä tuotettu energiamäärä olisi vuosittain yli 2 TWh (20 MWh/ ha). Tavoite on kova, ja peltoenergiatoimijat arvioivatkin, etteivät ruokohelpiviljelyn nykytuet ja kannustimet riitä sen saavuttamiseksi. Käytännössä valtakunnan tasolla Vapo Oy on tällä hetkellä maamme bioenergiayrityksistä ainoa merkittävä ruokohelpitoimija, ja esimerkiksi Fortum Oy ja L&T Biowatti Oy ovat jättäneet kehittämistyön tällä sektorilla toistaiseksi vähemmälle.

Tarkastelemme tässä selvityksessä ruokohelpikysymystä lähinnä Vapo Oy:n ja Jyväskylän Energia Oy:n näkökulmasta. Myös viljelijöitä koskevia haasteita tuodaan esille.

Ruokohelpituotannolla mittavat tavoitteet Keski-Suomessa

Bioenergiasta elinvoimaa –ohjelmassa on arvioitu, että peltoenergian tuotanto (valtaosin ruokohelpeä) voitaisiin nostaa Keski-Suomessa 600 – 700 gigawattitunnin (GWh) vuositasolle. Energiakasvien tuotantoon tarvittaisiin tällöin 30 000 hehtaarin pinta-ala. Tavoitteet ovat korkealla ja pitävät sisällään voima- ja lämpölaitoskäytön lisäksi myös mahdollisen biokaasutuotannon. Monet energiategollisuuden toimijat arvioivatkin Keski-Suomen ruokohelpitavoitteet epärealistisiksi; hyvistä pelloista on jo nyt kova kilpailu.

Tällä hetkellä ruokohelpeä viljellään Keski-Suomessa noin 1 500 hehtaarilla, josta suuri osa koostuu Vapo Oy:n sopimusviljelyalasta. Maakunnan kokonaispeltoala on lähes 100 000 hehtaaria. Täysin viljelmättömtä peltoa maakunnassa on lähes 9 000 hehtaaria. Lisäksi käytettävissä olisi noin 2 500 hehtaaria kesantopeltoa. Ruokohelven viljely soveltuu lisäksi hyvin turvetuotannosta vapautuneiden suonpohjien jälkikäyttömuodoksi. Turpeen tuotannosta on Keski-Suomessa VTT:n tuoreen selvityksen mukaan poistumassa vuoteen 2020 mennessä runsaat 2 700 hehtaaria suonpohjia.

Vapo Oy tavoittelee Keski-Suomeen noin 9 000 hehtaarin ruokohelpialaa. Tavoitetta yhtiö pitää realistisena, sillä yksinomaan keväällä 2009 yhteensä 8 800 ha peltoja siirtyi Keski-Suomessa luonnonhoitokäyttöön, tuottamattomaan tilaan. Viljelemättömät luonnonhoitopellot saavat pinta-alaperustaista maataloustukea. Vapo Oy:n arvioiden mukaan maakunnassa on riittävästi potentiaalisia ruokohelven viljelyalueita, mutta taloudellisia ja muita kannustimia tarvitaan, kuten luonnonhoitopeltojen yleistymisen osoittaa.

Keski-Suomen ruokohelpikeskittymät Viitasaaren-Pihtiputaan ja Joutsan seuduilla

Vapo Oy:llä on ruokohelven viljelyalaa Keski-Suomessa vuonna 2010 runsaat 1 300 hehtaaria, ja korjuussa on liki 80 tilaa. Omaa tuotantoa Vapolla on Kyyjärvellä ja Viitasaarella.

Petäjäveden Energia Oy:llä on vuoden 2010 alussa yhteensä 55 hehtaaria ruokohelven sopimusviljelyksiä. Kaikki Petäjäveden Energia Oy:n

ruokohelpikohteet sijaitsevat 10 kilometrin säteellä käyttöpaikaltaan. Ruokohelven viljelyn kasvattamista ei Petäjävedellä ole suunnitteilla lähinnä murskaimessa ilmenneiden teknisten ongelmien vuoksi. Murskauksen lisäksi ongelmia aiheutuu myös helven pölyämisestä ja paalien varastoinnista pienellä tontilla keskellä taajamaa.

Ruokohelpiviljelysten keskimääräinen sato on 4 – 5 tonnia hehtaarialta. Tonnista ruokohelpeä voidaan keväällä helven korjuu-aikaan saada energiaa runsaat 4 MWh. Tällöin helven kosteus on alle 25%. Laatu kuitenkin heikkenee kesän edetessä ja varastointiajan pidentyessä.

Käytännössä ruokohelpipaalien kosteuspitoisuudet ja siten myös energiasisällöt vaihtelevat merkittävästi. Esimerkiksi jäätyneen paalin energiapitoisuuden määrittäminen on hyvin epävarmaa. Todellinen ja tarkka energiapitoisuus selviääkin vasta käyttöpaikalla. Käyttöpaikalle toimitetun ruokohelven energiasisällön tavoitetaso on Vapo Oy:n laatuohjeen mukaan 3,6 MWh/tn (kosteus pitoisuus alle 25%). Todelliset energiapitoisuudet ovat kuitenkin tyypillisessä 35%:n kosteudessa olleet pyöreästi 3 MWh/tn.

Tässä yhteydessä on hyvä muistaa, että vastaavalla tavalla myös metsähakkeen kosteus pitoisuus vaihtelee erittäin merkittävästi. Jyväskylän Energia Oy:n mukaan vaihteluväli on käytännössä ollut 30 – 65%, kun ohjeellinen arvo on 42%.

Tämänhetkinen ruokohelpeen perustuva energiatuotanto Keski-Suomessa on kosteus pitoisuudesta riippuen 20 – 25 GWh, mikä vastaa pyöreästi 1 300 omakotitalon energian tarvetta. Ruokohelven energiasisällöstä onkin hyvä muistisääntö: yhden hehtaarin ruokohelpipellosta saadaan lämpöenergiaa noin vuodeksi yhdelle omakotitalolle.

Viitasaaren-Pihtiputaan sekä Joutsan alueilla ovat Keski-Suomen merkittävimmät ruokohelven tuotantoalueet. Viitasaari on perinteisesti vahvaa lypsykarja- aluetta, jossa näyttää olevan jonkin verran kiinnostusta tuotantosuunnan vaihtamiseen ja ruokohelpituotannon kasvattamiseen. Haasteena ovat kuitenkin pitkät kuljetusmatkat nykyisille käyttöpaikoille Jyväskylään.

TAULUKKO 9. Vapo Oy:n omat ruokohelpiviljelykset sekä sopimusviljelykset Keski-Suomessa ja naapurikunnissa vuonna 2010 (lähde: Vapo Oy)

Kunta	Sopimusten lkm*	Pinta-ala, ha	Tavoiteltu energiasisältö, GWh
Hankasalmi, Konnevesi	8	131	2,13
Joutsa	6	218	3,57
Jyväskylä, Muurame	5	61	1,04
Jämsä, Ruovesi, Luhanka	5	88	1,11
Saarijärvi, Karstula, Kyyjärvi	10	244	4,12
Petäjävesi, Keuruu, Ähtäri	5	33	0,56
Laukaa, Uurainen	9	123	2,09
Viitasaari, Pihtipudas	16	297	4,54
Äänekoski	8	140	2,38
Yhteensä	72	1 335	21,54

*Huom. Sopimusviljelysten lukumäärä ja pinta-alat vaihtelevat sopimuskausien vaihtuessa. Taulukossa esitetyt luvut ovat siten vain suuntaa-antavia. Edellä kuvattujen viljelysten lisäksi on keväällä 2011 noin 100 hehtaaria ruokohelpiviljelyksiä tulossa ensimmäistä kertaa sadonkorjuuvaiheeseen.

Panostusta Saarijärven reitillä

Myös Saarijärven seudulla on paljon pieniä, toimintansa lopettavia lypsykarjatiloja, joiden nykyinen nurmiviljelyyn tarkoitettu konekalusto soveltuu hyvin ruokohelven tuotantoon. Kiinnostus ruokohelpiviljelyyn on kasvamassa myös esim. Jämsän seudulla ja Laukaassa.

Saarijärven reitin varrella Vapo Oy aikoo tarjota ruokohelven siemenet niille rantapeltojen viljelijöille, jotka tekevät yhtiön kanssa viljelysopimuksen keväällä 2010. Tällaisia vesireittiin rajoittuvia peltoja arvellaan olevan Saarijärvellä lähes 1 400 hehtaaria, Karstulassa liki 250 hehtaaria ja Äänekoskella noin 100. Vapo uskoo saavansa ao. kampanjan myötä 300 – 500 ha uutta sopimusviljelyalaa. Ruokohelpiviljelyllä on rantapelloilla merkitystä myös vesiensuojelun näkökulmasta. Ruokohelpi on monivuotinen, luonnonvarainen heinäkasvi, jonka luontaisia kasvupaikkoja ovat meren, järvien ja jokien rannat, ojat ja tienpientareet. Tiheät kasvustot pidättävät tehokkaasti vesistöihin valuvia ravinteita.

Ruokohelven viljelymahdollisuuksia Keski-Suomessa sekä korjuukuljetusketjua voimalaitoskäyttöön selvitetään parhaillaan nk. *Maakuntahelpi*-hankkeessa (*Ruokohelven polttoainehankinta keskisuomalaisille voimalaitoksille*). Tutkimuksen toteutuksesta vastaavat VTT, Pro Agria

Keski-Suomi, MTT sekä YTY-konsultointi. Hankkeen yritysosapuolia ovat Vapo Oy ja Jyväskylän Energia Oy. Projekti päättyy 30.11.2011.

Jyväskylän Energia Oy suurin käyttäjä Keski-Suomessa

Valtaosa Keski-Suomessa tuotetusta ruokohelpibiomassasta toimitetaan Jyväskylän Energia Oy:n Rauhalahden voimalaitokselle. Vapo Oy:n sopimusviljelijöiden ja yhtiön itsensä tuottama ruokohelpi toimitetaan Keski-Suomessa Rauhalahden aina vuoteen 2012 asti. Keljonlahden uuden voimalaitoksen kattilantestausaikana ei ruokohelpeä voida takuuehtojen vuoksi polttaa lainkaan. Takuuvaiheen jälkeenkin ruokohelpeä tarkastellaan polttoteknisten ominaisuuksien kautta. Ruokohelpi tulee joka tapauksessa olemaan turpeen ja puun rinnalla suhteellisen vähämerkityksellinen seospolttoaine.

Jyväskylän Energia Oy on arvioinut, että maksimissaan ruokohelven vuotuiset käyttömäärät voidaan nostaa 200 GWh:n tasolle. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että uusissa tutkimuksissa ruokohelpi osoittautuu kilpailukykyiseksi ja ominaisuuksiltaan käyttökelpoiseksi polttoaineeksi. Jos maksimaalinen käyttömäärä toteutuu, olisi tällöin esimerkiksi uuden Keljonlahden voimalaitoksen tuottamasta kokonaisenergiamäärästä n. 5 % ruokohelpienergiaa. Jos muutkin voimalaitokset Keski-Suomessa käyttäisivät helpeä vastaavalla 5 %:n energiaosuudella, nousisi vastaavasti ruokohelven käyttöpotentiaali maakunnassa. Tavoite lienee kuitenkin ainakin lähivuosina epärealistinen.

Helven käytön lisäämisessä on suuria haasteita sekä alkutuotantopäässä että käyttöpaikoilla. Esimerkiksi Keljonlahden ruokohelpi tullaan todennäköisesti toimittamaan käyttövalmiina polttoaineseoksina, sillä laitoksella ei ole käyttöpaikkamurskainta eikä tällä hetkellä riittävää helvelle sopivaa varastotilaa. Keljonlahden uudessa voimalaitoksessa polttoaineet sijoitetaan kolmeen siiloon – kahteen turve- ja yhteen hake-siiloon – joista polttoaine syötetään automaattisesti kattilaan.

Jos helpeä tullaan jatkossa käyttämään merkittäviä määriä, tulee vastaan useita logistisia haasteita. Ruokohelpipaalit ovat tilaa vieviä, ja ruokohelven syöttö polttoon on kyettävä ratkaisemaan tehokkaasti, mieluiten erillisyöttönä pääpolttoaineiden joukkoon. Käytännön haasteena ainakin tällä hetkellä on myös ruokohelven korkea klooripitoisuus ja siten kasvanut korroosioriski.

Ruokohelven kuljetuksista

Kannattavin kuljetusvaihtoehto: paaleina käyttöpaikalle

Ruokohelven kaukokuljetuksissa on periaatteessa kolme vaihtoehtoa: 1) kuljetus silppuna laitokselle, 2) kuljetus muutaman prosentin osuutena turpeen tai hakkeen seassa tai 3) toimittaminen kokonaisina paaleina käyttöpaikoille.

Kaukokuljetuksissa paaleina tai silppuna ei nykyisin voida saavuttaa rekka-auton täyttä kantavuutta (max 38,5 tonnia). Silppukuorma on tyyppillisellä 120 m³:n autolla noin yhdeksän tonnia. Kuormat jäävät siis merkittävästi vajaiksi, mikä tekee puhtaan ruokohelpisilpun kuljettamisen taloudellisesti kannattamattomaksi.

Suora paaliketju viljelykseltä laitokselle on yleisesti kannattavampi kuin seoskuljetukset. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että laitoksella on valmiudet ottaa ruokohelpipaalit vastaan, murskata ne sekä sekoittaa murske pääpolttoaineen joukkoon (puu, turve). Laitoksilla ei välttämättä kuitenkaan ole halukkuutta tehdä isoja investointeja helven erilliskäsittelyyn ja murskaukseen. Siksi seoskuormia menee laitoksille vielä pitkään. Helven käsittelyn ja kuljetusten tehokkaaksi järjestämiseksi tarvitaan edelleen kehitystyötä.

Seosketju on lähellä paaliketjun kannattavuutta sellaisissa tapauksissa, joissa ruokohelpiviljelmät sijaitsevat turvetuotantoalueiden yhteydessä (jälkikäyttöalueet vanhoilla suonpohjilla). Tällöin helven murskaus ja turpeeseen sekoittaminen tapahtuu ilman välikuljetuksia turvetuotantoalueilla. Jos sen sijaan sekoitukset ja murskaukset joudutaan tekemään kaukana viljelmiltä, välikuljetukset lisäävät kustannuksia ja tekevät toiminnasta kannattamatonta.

Haasteina mm. rekkaralli ja tukipolitiikka

Laskelmissa arvioitu ruokohelven maksimaalinen 200 000 MWh:n (200 GWh) käyttömäärä tarkoittaisi käytännössä sitä, että Keljonlahteen ja Rauhalahteen kuljetettaisiin vuosittain 200 000 paalia ruokohelpeä (á 1 MWh). Jos laitos käy vuodessa n. 330 vuorokautta, merkitsee tämä noin 600 ruokohelpipaalin päivittäistä kuljettamista voimalaitoksille, toisin sanoen 20 rekka-autollista joka päivä.

Ei ole myöskään itsestään selvää, pystytäänkö helpeä viljelemään maakunnassa käyttöpotentiaaleja vastaavia määriä. Velvoitekesanto on

loppunut, ja kesantoala maakunnassa on enää 2 500 ha, kun vuonna 1998 se oli vielä 9 000 ha. Myös viljelemättömien peltojen ala on vähentynyt 10 vuodessa merkittävästi. Nykyisin niitä on noin 9 000 hehtaaria, kun vuonna 1998 yhteensä 24 000 hehtaaria oli viljelemättömässä tilassa.

Jyväskylän Energia Oy:n kanssa Vapo Oy on tehnyt 10 vuoden toimitussopimuksen. Tämä mahdollistaa Vapon edustajien mukaan pitkäjänteisen kehitystyön ja myös viljelijähintojen nostamisen. Vapo Oy on toimittanut ruokohelpeä paaleina jonkin verran myös Äänekoskelle (Äänevoima Oy). Jämsänjokilaaksoon ja Mänttään on toimitettu koe-kuormia valmista ruokohelpiseosta. Vapossa arvioidaan, että ruokohelpeä toimitetaan jatkossa Jyväskylän Energia Oy:n lisäksi yhä enemmän muillekin käyttöpaikoille Keski-Suomessa.

Toisaalta ruokohelven käyttöön liittyy metsäteollisuuden rakenne-
muutoksista aiheutuvia haasteita. Sappin Kankaan tehtaan sulkeminen vaikuttaa suoraan Rauhalahden energiatuotantoon. On siis hyvin mahdollista, että Rauhalahdi seisoo pitkiäkin aikoja. Tämä vaikuttaa myös ruokohelven kulutukseen. Yhtälöön vaikuttavat toki myös polttoaineiden varastointi- ja säilyvyystekijät.

Ruokohelpikuljetuksissa vielä kehittämisen sijaan

Vapo Oy on nykyisin Itämeren alueen johtava bioenergiayritys. Koko yhtiön biomassakuljetusten näkökulmasta ruokohelpimäärät ovat toistaiseksi olleet pieniä (muutamia tuhansia tonneja) ja kuljetusmatkat laitoksille pitkiä. Ongelmana on myös se, että tuote on kevyttä eikä kuljetuskapasiteettia pystytä täysin hyödyntämään. Ruokohelven logistinen ketju ei ole vielä muutoinkaan niin kehittynyt kuin puulla ja turpeella.

Ruokohelpikuljetusten ”kipurajana” on pidetty 100 km matkaa. Ruokohelpeä kuitenkin kuljetetaan Rauhalahden jonkin verran myös Vesannosta, vaikka matkaa kertyy noin 140 km. Kokeiluluonteisesti noin 0,5 GWh ruokohelpeä on kuljetettu Jyväskylään junalla Ilomantsista saakka.

Koko valtakunnassa ruokohelpituotanto on painottunut Itä-Suomeen. Kysyntää siellä sen sijaan on toistaiseksi vähemmän. Tosin Varkauden, Simpeleen, Joensuun ja Mikkelin suunnalla ruokohelpeä jo käytetään, mutta esimerkiksi Ilomantsin seudulla ruokohelven tarjontaa on kysyntää selvästi enemmän. Toistaiseksi myös Kangasniemen ja Pieksämäen seuduilla ruokohelven tuotanto ylittää nykyisen käytön. Kangasniemeltä ruokohelpeä kuljetetaankin Jyväskylään.

Keski-Suomen rajojen ulkopuolella Mänttä on merkittävä ruokohelven käyttäjä, ja esimerkiksi Vapon omilta tuotantoalueilta Virroilta ruokohelvi toimitetaan sinne.

Pyöröpaalit kanttipaaleja yleisempiä

Valtaosa ruokohelvestä korjataan pyöröpaaleiksi (Kuva 5). Pyöröpaalikuormien massat ovat 13 – 15 tonnia, edellyttäen että paalien ladonta onnistuu autoon optimaalisesti. Kuljetusten kannalta optimaalinen paaliko on 120 cm x 120 cm, jolloin rekkaan mahtuu kaksi paalia rinnakkain ja päällekkäin. Suurkanttipaalikuormat ovat tiiviimpiä ja massat ovat 20 – 21 tonnia.



Kuva 5. Ruokohelven paalausta (Kuva: Kirsi Knuutila)

Vapon sopimusviljelyksillä pyöröpaalien osuus on vielä 98%, vaikka suurkanttipaaleista voidaan maksaa pyöröpaaleja parempaa hintaa. Ongelmana on kuitenkin toistaiseksi ollut se, että suurkanttipaalaimia on ollut heikosti saatavilla, ne ovat kalliita ja myös varsin painavia, mikä saattaa aiheuttaa keväisillä pelloilla ongelmia urautumisen vuoksi.

Kuljetusten näkökulmasta suurkanttipaalaus on kuitenkin pyöröpaalausta suositeltavampi vaihtoehto: kanttipaalien kuutiopaino on suurempi ja myös kuormatila saadaan pyöröpaaleja paremmin hyödynnettyä. Ruokohelpikuljetusten ongelma on silti helpisilpun keveys ja keveydestä aiheutuvat kalliit vajaan kuormat. Vastaavalla tavalla kuormat jäävät vajaan kutterilla. Tiivistäminen ei asiaa ratkaise.

Paalit tasalaatuisiksi vakioiduille lastauspaikoille

Ruokohelpikuljetuksissa on vielä kehitettävää. Paalien koko on vaihdellut erityisesti ensimmäisten viljelysopimusten aikoina. Kehittämisen ja ohjeistamistarvetta on myös paalien tiivistämisessä ja muussa laadun hallinnassa (esim. peittäminen). On tapauksia, jolloin paalit ovat jääneet niin löysiksi, etteivät ne kestä edes nostoa kuljetettavaksi.

Paalien kokoon ja tiiviyyteen tuleekin kiinnittää entistä enemmän huomiota. VTT:n tekemien selvitysten mukaan paalien tiheyksissä on ollut jopa kymmenien prosenttien eroja. Ero ei selity pelkästään paalainmerkin ja -mallin eroilla, sillä samalla konemallilla on saatu eri tilanteissa hyvin erilaisia paaleja. Paalausurakoitsijoiden ohjeistaminen ja kannustaminen hyvään työhön onkin tässä avainasemassa.

Kuljetusten kannalta on lisäksi ollut ongelmallista se, että paaleja ei ole varastoitu vakiopaikoille tai että maatilalla ei ole määritelty paaleille kunnollista varastopaikkaa. Varastopaikat tulee sijoittaa sellaisiin paikkoihin, jonne pääsee hyvin ajoneuvoyhdistelmällä ja joissa lastaaminen onnistuu nopeasti ja mutkattomasti (Kuva 6). Paalien varastointi tulee lisäksi järjestää niin, että materiaali säilyy sekä ehjänä että laadultaan hyvänä. Yleisin ruokohelpen varastomuoto tällä hetkellä on pinovarasto.



Kuva 6. Hyvin sijoitettu pyöröpaalivarasto (Kuva: Kirsi Knuuttila)

Toisinaan näkee iäkkäitäkin helpipaaleja pinoamattomina joko tienvarsilla tai pellonreunassa. Iäkkäiden helpipaalien lämpöarvo voi olla hyvin vähäinen. Jos ajoneuvon nosturissa on painon tunnistava mittalaite,

kuljettaja näkee jo heti painon perusteella, minkä paalien energiasisältö on vielä kohtuullisella tasolla.

Käytännön kokemukset ovat myös osoittaneet, että paalien kaukokuljetuksissa on paikallistuntemuksesta paljon hyötyä. Keski-Suomen maasto-olosuhteet, mutkainen ja mäkinen tiestö on ollut muualta tulleille kuljettajille haastavaa. Paikannusjärjestelmien hyödyntäminen ei tätä haastetta yksin ratkaise.

Polttoteknisiä haasteita

Ruokohelpi on vielä kehittyvä raaka-aine, johon liittyy kuljetusongelmien lisäksi myös polttoteknisiä haasteita. Kehittämistyötä on siis jatkettava monella saralla.

Ruokohelven korkea silikaattipitoisuus voi aiheuttaa poltossa ongelmia, nk. slagiutumista. Ruokohelpi onkin toistaiseksi kaikissa laitoksissa sivupolttoaine, sillä kiinteän polttoaineen kattilat on useimmiten suunniteltu turpeelle, puulle tai niiden seokselle. Ainoastaan Kokkolan Voima Oy (PVO) on investoinut omaan, erilliseen ruokohelven syöttölinjaan, joka syöttää ruokohelpisilpun pneumaattisesti suoraan paalivarastolta leijupetikattilaan.

Kriittistä suhtautumista terminaalitoimintaan

Terminaaleja eivät ruokohelpitoimijat näe tarpeellisina, vaikka periaatteessa ruokohelpi voitaisiin terminaalissa sekoittaa muun polttoaineen joukkoon. Kyse on kuitenkin ylimääräisestä, kustannuksia aiheuttavasta työvaiheesta kaikkine siirtoineen ja murskainlaitteiston käsittelyineen.

Sen sijaan ruokohelpiviljelijät voivat itse sopia nk. keräilyvarastojen järjestämisestä. Ongelma tällaisissa kokoomavarastoissa on kuitenkin se, kuka omistaa materiaalin, missä vaiheessa omistusoikeudet siirtyvät ja kuka vastaa laadunhallinnasta. Keräilyvarastojen kohdalla myös korjuuketjun kustannukset nousevat.

Viljelijät kaipaavat koulutusta, tiedonvälitystä ja toiminnan läpinäkyvyyttä

Monet tekijät vaikuttavat ruokohelven suosioon. Ruokohelpi koetaan monilla keskisuomalaistiloilla kilpailevaksi tuotantosuunnaksi. Keski-Suomi on karjatilavaltaista aluetta, ja ruokohelpi ”syö” viljelijöiden

mielestä rehuntuotantopinta-alaa. Sen sijaan kasvinviljelytiloille (nk. viljatilat) helpi on kiinnostavampi vaihtoehto. Uudet, potentiaaliset ruokohelven viljelijät ovatkin VTT:n laatiman kyselytutkimuksen mukaan nykyisiä viljanviljelijöitä (*Maakuntahelpi*-hanke). Toisaalta eläintilojen nykyinen rehunkorjuukalusto soveltuu sellaisenaan myös ruokohelven korjuuseen. Koneurakointimahdollisuuksiin suhtaudutaan eläintiloilla periaatteessa myönteisesti, mikä voi lisätä ruokohelven houkuttelevuutta.

Myös ruokohelven hinnoitteluun on suhtauduttu jonkin verran epäluuloisesti. Siksi esimerkiksi Vapo Oy on pyrkinyt avaamaan hinnanmuodostusta. Ruokohelven tuottajahintaan vaikuttavat ensisijaisesti kuljetuskustannukset (lähinnä kilometrimäärä, paalityyppi), ruokohelven hankintaan liittyvät kiinteät kustannukset (mukaan lukien esim. viljelijöiden neuvonta, maatalouspolitiikka) sekä yhtiön oma katetavoite.

Näyttää siltä, että ruokohelven käyttötavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan edelleen vahvaa panostusta henkilökohtaiseen neuvontaan, tiedottamiseen ja opastukseen. Tiedontarve esimerkiksi konekalustosta ja viljelyn kannattavuudesta on edelleen suuri. Viljelijät toivovat saavansa tietoa nimenomaan puolueettomiksi koetuilta tahoilta.

Yhteenveto ruokohelpikuljetusten haasteista

- uusi toimiala: logistinen ketju vakiintumaton → mallia puun, turpeen ja sellun kuljetuksista
- helpipaalien koon ja tiiviyn suuret vaihtelut: ongelmia kuormauksessa ja kuljetuksissa → koulutus ja laadunhallinta
- helpipaalien kirjavat varastointikäytännöt pelloilla ja teiden varsilla → varastointiohjeistus kuntoon
- ruokohelven kuormaamiskäytäntöjä syytä verrata puutavarakuljetuksiin, joissa liikenneturvallisuussyistä ainakin pääteillä kuormaaminen on kielletty tieltä käsin. Myöskään peruuttelua ei sallita vilkkailla teillä. → hyvät käytännöt esiin
- kriittinen kaukokuljetusmatka toistaiseksi noin 100 km eli sitä pidemmällä kuljetusmatkoilla helventuotanto ei välttämättä ole kannattavalla tasolla → tarvitaan lisää käyttöpaikkoja
- polttotekniset ja muut laitospään ongelmat (esim. murskainlaitteistot, polttoaineen sekoituksen ja syötön ongelmat) jarruttavat myös alkutuotannon kehittymistä → aktiivinen kehittämistyö ketjun alusta käyttöpaikalle ja polttoon asti.

Muut peltobiomassat

Keski-Suomessa viljellään viljaa tällä hetkellä noin 30000 hehtaarilla. Olisi merkittävää, jos edes osa esimerkiksi korsibiomassasta saataisiin energiakäyttöön. Samat käsittelylaitteet soveltuvat sekä ruokohelven että viljan korjuuseen. Oljen ja pajun käytön lisäämisessä suurimmat rajoitteet lienevät laitospään käsittelyssä ja polttotekniikassa. Oljen sulamispiste on alhainen ja paju kiertyy helposti. Sen sijaan kuljetuslogistiikkaan ja korjuuseen pätevät samat toimintatavat kuin ruokohelvelläkin.

Eniten olkibiomassaa on Suomessa hyödyntänyt Alholmens Kraft Pietarsaaresta. Vapolle on jonkin verran tarjottu poltettavaksi myös vanhoja heinäpaaleja. Kyse on kuitenkin hyvin marginaalisista määristä ja logistisesti hankalista yksittäisistä eristä.

Oljen ja pajun tuotantoa ja käyttömahdollisuuksia selvitetään parhaillaan CLEEN Oy:n hankkeissa. Esimerkiksi oljen käytön lisäämistä vaikeuttavat ongelmat raaka-aineen vastaanotossa ja käsittelyssä. Peltoikasvien tuhka on lisäksi liukoisuusominaisuuksiltaan erilainen kuin puulla ja turpeella. Tuhkan jalostamismahdollisuuksia on jonkin verran selvitetty mm. ympäristöklusterin tutkimusohjelmassa (esim. *Tuhkan UUMA-tuotteistus, TUUMA-hanke*).

Liikenneväylien kehittämisestä ja kunnossapidosta

Liikenneväylien vastuuorganisaatiot

Suomen liikenne- ja aluehallinto uudistettiin vuoden 2010 alusta lukien. Liikennehallintoon perustettiin liikennevirasto, joka on liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalla toimiva virasto. Virastoon yhdistettiin Merenkululaitoksen väylätoiminnot, Ratahallintokeskus ja Tiehallinnon keskushallinto. Virasto vastaa liikenteen palvelutason ylläpidosta ja kehittämisestä valtion hallinnoimilla liikenneväylillä eli maantiellä, radoilla sekä sisävesi- ja rannikkoväylillä.

Tiepiirien toiminnot puolestaan siirtyivät osaksi elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksia (ELY). Virastouudistuksen tavoitteena on lisätä eri liikennesektoreiden sekä ympäristöasioista vastaavien virastojen välistä yhteistyötä väylien kehittämisessä, hoidossa ja ylläpidossa. Teiden rakentaminen ja ylläpito suunnitellaan ja teetetään ELY:n liikenteen ja infrastruktuurin vastuualueella, johon kuuluvat maanteiden hoito ja ylläpito, tiehankkeet, liikenteen lupa-asiat, liikenneturvallisuus, joukkoliikenne sekä tie- ja liikenneolojen suunnittelu.

Maantie- ja rautatieverkon kehittämislinjauksista

Suomen tie- ja rataverkko on rakennettu hyvälle tasolle, vaikka rakentamiskustannukset ovat täällä pohjoisessa erittäin korkeat. Väylien rakentamisen näkökulmasta maassamme on kaksi perusongelmaa: pitkät matkat ja harva asutus. Logistiikan näkökulmasta haasteena on se, että väestö ja toimintoihin liittyvät aktiviteetit ovat sijoittuneet maassamme epätasaisesti.

Suomessa liikenneinfrastruktuurin rakentamislinjaukset ja -päätökset tai -päätösesitykset tehdään liikenne- ja viestintäministeriössä. Liikennevirasto on liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalla toimiva virasto, joka vastaa liikenteen palvelutason ylläpidosta ja kehittämisestä valtion hallinnoimilla liikenneväylillä. Virasto myös vastaa merkittävien tiehankkeiden toteuttamisesta ja ratojen sekä vesiväylien suunnittelusta, ylläpidosta ja rakentamisesta.

Rakentamisen määrärahojen ollessa nykyisin varsin niukat on rakentamista linjattu määräyksin ja periaattein. Liikenneverkon kehittäminen toteutetaan nykyisin prioriteettiperiaatteella.

Tiestö on ryhmitelty kahteen pääluokkaan: valtakunnallisesti merkittävä liikenneverkko ja muu tieverkko. Väylien kehittämisessä, rakentamisessa ja ylläpidossa huomioidaan lisäksi palvelutaso, joka on jaettu neljään luokkaan: 1) minimitaso, 2) peruspalvelutaso, 3) tavoitetaso ja 4) erityispalvelutaso. Minimitaso mahdollistaa vain välttämättömän kuljetuksen ja liikkumisen. Peruspalvelutaso mahdollistaa tavanomaiset liikkumis- ja kuljetustarpeet kestäväällä tavalla. Tavoitetasolla väestön, elinkeinon ja alueiden toimintojen edellyttämät liikkumis- ja kuljetustarpeet tyydytetään kattavammin kuin peruspalvelutasossa. Erityispalvelutaso tuottaa myös erityisolosuhteiden edellyttämiä palveluja.

Palvelutasotavoitteiden määrittämisessä tehdään priorisointia: peruspalvelutaso pyritään saavuttamaan koko tieverkolla ja tavoitetaso valtakunnallisesti merkittävällä tieverkolla. Valtakunnallisesti merkittäviä väyliä ovat:

- TEN-tiet (TEN = Transeuropean networks) ja E-tiet (Eurooppatiet)
- Valtatiet (osa valtateistä kuuluu TEN- ja E-tie -verkkoon)
- Virallisiin rajanylityspaikkoihin johtavat maantiet
- Valtakunnallisesti merkittävillä lentoasemille johtavat tiet ja kadut
- TEN-merisatamiin johtavat tiet ja kadut
- Valtakunnallisesti merkittäviin matkakeskuksiin ja tavaratermiinaaleihin johtavat tiet ja kadut.

Vuonna 2003 määritellyn linjauksen mukaan valtakunnallisesti merkittävien teiden ja katujen yhteispituus on Suomessa 9 460 km.

Keski-Suomen halki kulkee siis valtakunnallisesti merkittävä valtatie, jonka mittava perusparannus välillä Lusi – Vaajakoski saadaan valmiiksi vuoden 2010 loppuun mennessä. Seuraavana suunnitelmassa on parantaa tieyhteyksiä Jyväskylä – Oulu välillä. Investoinnin suuruus on noin 85 miljoonaa euroa. Parantaminen on mukana hallituksen eduskunnalle antamassa liikennepoliittisessa selonteossa ja ajoitettu alkavaksi aikaisintaan vuonna 2011. Erityisesti Jyväskylä – Äänekoski on tärkeä osuus; liikennemäärät ovat kasvussa ja tieosuudella on monia vaikeita tieliittymiä. Liittymien parantaminen alkaa Hirvaskankaan liittymän rakentamisella vuonna 2010.

4-tiellä Viitasaarella on vastikään saatu valmiiksi Hännilänsalmen uusi silta. Niin ikään Hiidenmäen liittymä Jämsässä on valmistunut. Muita vuoden 2010 aikana toteutettavia tiehankkeita Keski-Suomessa ovat:

- Kiertoliittymä Jämsänkosken paperitehtaan kohdalla
- Ruokosaaren eritasoliittymä Vaajakoskella
- Kiertoliittymä ja alikulkutunneli Saarijärvellä
- Louhunsalmen silta Säynätsalossa
- Seppäläntien liittymä Laukaantiellä Jyväskylässä

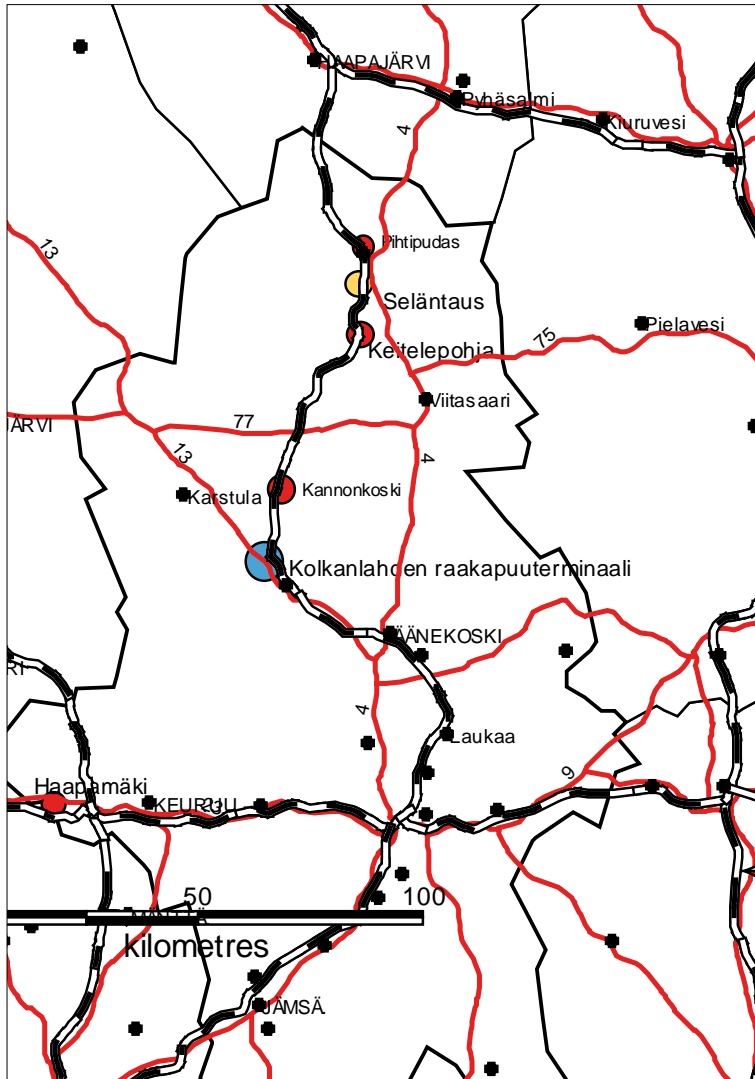
Keski-Suomen tiepiirin Internet-sivulla <http://www.tiehallinto.fi> on tiedotettu uusista tiehankkeista ja niiden suunnittelusta. Tiedot löytyvät myös ELY:n kautta: <http://www.ely-keskus.fi/fi/Liikenne/Sivut/default.aspx>.

Väylien kehittämisessä annetaan suuri painoarvo merkittävälle väylille. Tämä ei kuitenkaan sulje pois muita perusteltuja rakentamishankkeita. Rakentamisjärjestykseen voi myös elinkeinoelämä antaa oman näkemyksensä. Esimerkiksi metsäteollisuus halusi saada Huutokoski – Savonlinna välisen rataosuuden parempaan kuntoon vuonna 2005, ja se toteutettiin jo seuraavina vuosina.

Myös Äänekoski – Haapajärvi rataosaa on pidetty tärkeänä, ja sen parantaminen aloitetaan vuonna 2011. Rataosan rakentamisen yhteydessä on suunniteltu rakennettavaksi myös Kolkanlahden energia- ja raakaputerminaali Saarijärvelle. Mahdollisesti myös radan varrella olevia ainespuun kuormauspaikkoja (Keitelepora, Kannonkoski ja Pihtipudas) parannetaan. Kolkanlahden terminaalin etäisyys Jyväskylän rautatieasemalta on noin 80 km. Jyväskylä – Haapajärvi välin rautatieyhteys terminaali- ja kuormauspaikkoineen on esitetty kuviossa 33.

Pihtiputaan Seläntaukseen on tarkoitus avata ainespuun kuormauspaikka, jota voidaan mahdollisesti käyttää myös energiapuun varastointiin ja lastamiseen. Seläntauksesta Jyväskylään on matkaa noin 150 km, ja Seläntauksen sekä Pihtiputaan aseman välinen etäisyys on 10 km. Ratahallintokeskus on ehdottanut, että Seläntauksen kuormauspaikan parantaminen olisi aloitettava viimeistään vuoden 2010 aikana. Rakentamisen kustannusarvio on 600 000 euroa.

Myös Haapamäen aseman kuormauspaikka koetaan metsäteollisuuden piirissä tärkeäksi. Kuormauspaikasta on tarkoitus rakentaa terminaali. Ratahallintokeskus on ehdottanut rakentamistyön aloittamisajankohdaksi vuotta 2011. Haapamäen terminaalin kustannusarvio on 900 000 euroa.



Kuvio 33. Keski-Suomen rataosat ja niille suunnitellut terminaalipaikat

Keitele-Päijänne vesitie

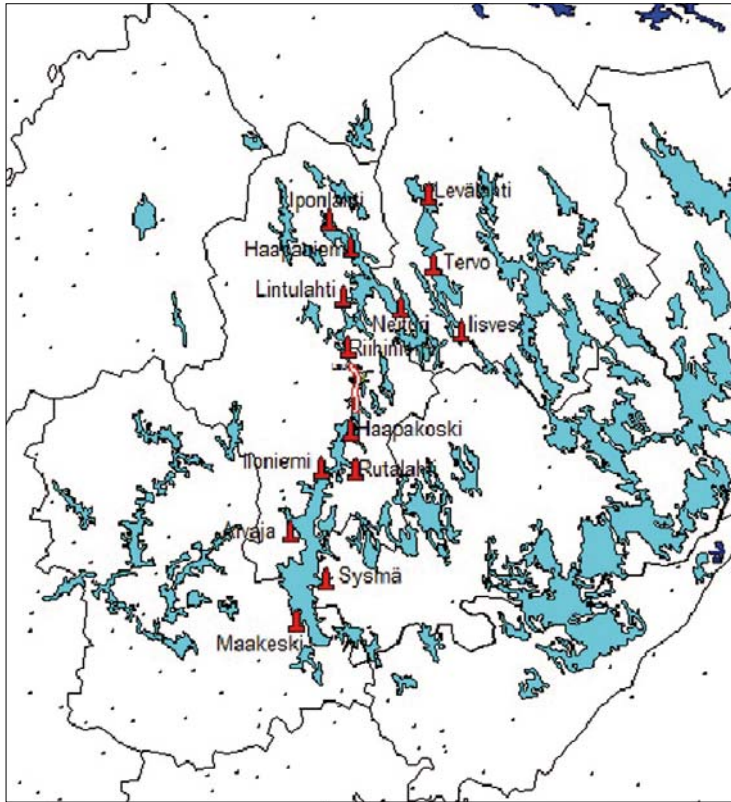
Keiteleen ja Päijänteen vesiväylä ulottuu Keitelelohjasta Kalkkisten kanavan kautta Ruotsalaiselle ja Konnivedelle sekä Vääksyn kanavan kautta Vesijärveen. Vesiväylän suurin sallittu syväys on nykyisin 2,4 metriä. Edelleen vesiväylä laajenee Pielavedelle saakka Kiesimän, Kerkonkosken, Neiturin ja Kolun kanavien kautta.

Keiteleen kanava käsittää viisi sulkukanavaa: Paatela, Kapeenkoski, Kuusa, Kuhankoski ja Vaajakoski. Kanavareitin kokonaispituus on noin 48 km, josta kaivettua kanavaa on yhteensä noin 2,5 km. Muilta osin kanavareitti on ruoppauksin kunnostettua luonnonväylää. Väyliä ja kanavien vesisyvyys on 3,0 m purjehduskauden alimman vedenkorkeuden aikaan. Sallittu kulkusyvyys on 2,4 m. Sulkukanavilla saavat liikennöidä alukset ja puutavaralautat, joiden suurin sallittu leveys on 11,8 m, pituus 110,0 m ja syväys 2,4 m. Alusten maston korkeus saa olla 5,5 m Pielaveden ja Keiteleen reitillä, Vääksyssä ja Kalkkisissa 11,0 m.

Pielaveden, Keiteleen ja Päijänteen vesiväylän alueelta puuttuvat aluskuljetukseen sopivat lastauspaikat. Aluskuljetuksen kilpailukykyisyyteen vaikuttaa lastauspaikkojen tiheys. Tiheys on asetettava aluksen ja käyttökohteiden koon sekä lastauspaikkojen haketuskapasiteetin mukaan. Esimerkiksi tiheällä lastauspaikkaverkolla saadaan alkukuljetuksen kustannukset alhaiseksi, mutta tällöin kasvavat vesitiekuljetuksen kustannukset. Jos taas lastauspaikkoja keskitetään, haketus-, lastaus- ja aluskuljetuskustannukset laskevat, mutta alkukuljetuskustannukset nousevat.

Kuviossa 34 on esitetty Keitele-Päijänne vesiväylä ja sen reitillä olevat uiton pudotuspaikat. Ne merkitään yleensä lastauspaikoiksi, kun tutkitaan aluskuljetuksille tulevia materiaalmääriä. Uiton pudotuspaikat on merkitty myös maakuntakaavaan.

Keiteleen kanavan kehittäminen -raportin mukaan lähivuosina ei tehdä investointeja Keitele-Päijänne -vesistöalueella. Tilannetta tarkastellaan uudestaan vuonna 2014 tai 2015.



Kuvio 34. Keitele-Päijänne vesireitti ja alueella olevat uiton pudotuspaikat

Keski-Suomen maanteiden hoito ja ylläpito

Päällystetyt tiet

Keski-Suomessa päällystettyjä maanteitä on 2977 kilometriä. Maanteistä 77 % on hyvässä kunnossa, 19 % tyydyttävässä kunnossa ja 4 % huonokuntoisia. Päällystettyjä kevyenliikenteenväyliä on 370 kilometriä, josta 12 % on huonokuntoisia.

Päällystettyjen teiden korjauksia ja ylläpitotöitä tehdään Keski-Suomessa noin 9 miljoonalla eurolla vuosittain. Päällysteiden ylläpidon toimintalinjoissa määritellään teiden palvelutaso tieverkon eri osilla. Myös rakenteiden parantamista koskevat periaatteet kuvataan, samoin näiden toteuttamiseen liittyvä ohjausmenettely.

Keski-Suomen päällystetyt tiet on jaettu ylläpitoluokkiin liikennemäärän ja paikallisten tarpeiden mukaisesti. Päällystettyjen teiden kunnokriteereille (ura, tasaisuus ja vauriot) on liikennetaloudellisin perustein määritelty toimenpiderajat liikennemäärän ja nopeusrajoitusten mukaan. Toimenpide (esim. korjaus) toteutetaan, kun määritelty tavoitearvo ylittyy tai alittuu. Lisäksi on otettava huomioon käytettävissä olevat resurssit.

Vuosina 2010 – 2012 ohjataan rahoitusta alemman tieverkon päällystysten kunnan parantamiseen pääasiassa metsäteollisuudelle tärkeillä kuljetusreiteillä. Kunnostettavia kohteita on Keski-Suomessa 1 – 2 vuodessa.

Soratiet

Tiehallinnon laatimat toimintalinjat ohjaavat sorateiden kulkukelpoisuuden hoitoa ja ylläpitoa. Toimintalinjat sisältävät hoidon ja ylläpidon yleiset periaatteet, laatutasokuvauksen sekä suunnitelman, jolla korjaushankkeet priorisoidaan. Toimintalinjojen avulla pyritään kohdentamaan korjaustoimenpiteet ja rahoitus tärkeimpiin kohteisiin. Yksi esimerkki tästä on sorateiden kunnostus puuhuollon tarpeiden mukaan.

Sorateilla on pääsääntöisesti heikompi rakenne kuin päällystetyillä teillä. Sorateiden ylläpidon ja hoidon suunnitelmallisuus on kehittynyt viime vuosina merkittävästi. Suunnitelmallisuuteen on tiehallinnossa jouduttu kiinnittämään entistä enemmän huomiota, koska asiakkaiden vaatimukset kasvavat jatkuvasti. Samalla kuitenkin teiden ylläpitoon kohdistetaan niukasti rahaa.

Suunnitelmallisuudesta on hyvä esimerkki sorateiden rakenteelliseen kuntoon perustuva neliportainen luokittelu (A – D), jossa keskeisenä seuranta-kohteena on painorajoitusalttius esitettyinä tieverkon liittymäväleille. Liittymäväli on tiejakso, joka rajoittuu kahden maantieliittymän väliin. Painorajoitus astuu liittymävälille voimaan silloin, kun tien kantavuus pettaa. Kantavuuden romahtaminen johtuu nk. runkokelirikosta. Päätöksen painorajoituksen asettamisesta tekevät aluevastaavat. Esimerkiksi vuonna 2008 Keski-Suomen alueelle määrättiin painorajoituksia 305 tiekilometrille. Soratiet jaetaan vielä kolmeen luokkaan liikennemäärän mukaan, mikä osaltaan edesauttaa kunnan seurantaa.

Keski-Suomessa on sorateita 2 426 km, joka on 45,7 % kaikista tiehallinnon piiriin kuuluvista teistä tällä alueella. Tiekilometrejä eri liikennemääräluokissa on seuraavasti:

Vuorokausi-

liikenne,

ajoneuvoa/vrk 0 – 50 51 – 100 101 – 200 201 – 350 yli 350

Kilometrit 293 864 901 339 30

Rakenteellista kuntoa seurataan kahdella tunnusluvulla: huonokuntoisten sorateiden määrä (km) ja parantamistarve (km). Vuonna 2007 Suomessa oli sorateita kuntoluokissa huono ja erittäin huono (C ja D) 3260 km ja vuoden 2009 lopussa 2770. Päälystettyjä teitäkin oli vastaavina aikoina yllättävän paljon luokissa C ja D: 3328 km ja 3536 km (ennuste).

Keväisin sovitaan yhteistyössä metsä- ja kuljetusalan toimijoiden kanssa raskaita kuljetuksia koskevat pelisäännöt runkokelirikkoaikana. Teiden liikennöitävyyttä hallitaan kelirikkoaikana kohdekohtaisilla korjauksilla. Laajempia kelirikkokorjauksia tehdään teiden määräaikaishuollon yhteydessä keskimäärin seitsemän vuoden välein, jolloin teiden pinta muotoillaan ja tien kuivatus kunnostetaan. Teiden pinta-kelirikkoa voidaan hallita edellisillä toimenpiteillä.

Sorateiden kunnostustyöt tehdään pääsääntöisesti hoidon alueurakoissa kunnostusohjelman mukaisesti. Sorateiden määräaikaishuoltoja tehdään vuosittain noin 400 tiekilometrillä. Samassa yhteydessä korjataan ja kunnostetaan runkokelirikko kohteita vuosittain keskimäärin noin 25 kilometriä. Kaiken kaikkiaan Keski-Suomen tiepiirissä on vuosittain käytetty sorateiden hoitoon ja kunnostuksiin keskimäärin 4,0 miljoonaa euroa, josta 1,2 miljoonaa euroa runkokelirikkokorjauksiin.

Vuosina 2010 – 2012 sorateiden kunnostukseen ohjataan lähes kaksinkertainen rahamäärä normaaliin nähden. Lisärahoituksen turvin, mikä sisältää myös ns. puuhuoltorahat, parannetaan vähäliikenteisten sorateiden kuntoa pääasiassa metsäteollisuuden kuljetusreiteillä. Määräaikaishuoltojen ohella kunnostetaan sorateita keskimäärin 130 kilometriä vuodessa. Rahat mahdollistavat teiden kohtuullisen ylläpidon. Vuonna 2008 korjattiin 22 kohdetta ja vuosina 2009 – 2011 korjataan noin 30 kohdetta, joilla on runsaasti puutavarayhtiöiden ehdottamia korjaustarpeita. Korjauskohteisiin voi tutustua Internet-sivulla: http://alk.tiehallinto.fi/painorajoitukset/puurahakartat/puurahakohteet_kes.pdf

Yksityistiet

Yksityistiet eivät kuulu ELY-keskusten liikenteen ja infrastruktuurin vastualueelle vaan tien hoito ja ylläpito kuuluu tienhoitokunnalle. Tienhoitokunta voi kuitenkin hakea ELY-keskuksesta avustusta kunnossapitokustannuksiin. Yksityisteiden rooli on merkittävä puuraaka-aineen kuljetuksissa, sillä niitä on Suomessa noin 350 000 km. Useilta tahoilta on esitetty näkemys, että yksityisteiden kunto on viime vuosina heikentynyt, koska kunnossapitotoimenpiteitä koskevia valtionavustuksia leikattiin 1990-luvulla. Kunnan heikkenemistä ei ole kuitenkaan osoitettu tutkimuksilla. Toisaalta valtionavustustuleikkausten jälkeen tienhoitokunnat saivat jonkin verran kunnilta avustuksia tien kunnostuksiin.

Yksityisteiden kuntoa ja parantamismahdollisuuksia on lähdetty kartoittamaan kunnissa erilaisin yhteistyömuodoin. Yksi mallikelpoinen kehittämissuunnitelma on tehty Keuruun seudulla. Keuruun ja Multian kaikki yksityistiet ja niillä olevat sillat on kartoitettu yksityiskohtaisesti. Lisäksi selvitettiin, miten eri tiekunnat ovat rahoittaneet ylläpito- ja kunnostustyöt. Parantamissuunnitelmaan on otettu käyttöön luokitusjärjestelmä, jolla priorisoidaan kunnostustoimenpiteitä ja asetetaan tietty laatusovavaatimus. Selkeä kahtiajako tehtiin jo siinä, että pääpaino asetettiin niille yksityisteille, joilla on yritystoimintaan liittyvää liikennöintiä. Luokitusjärjestelmä perustuu pisteisiin, joita jaetaan teillä toteutuvien tonnikilometrien perusteella, tien vaikutuspiirin metsäpinta-alan mukaan sekä elinkeinotoiminnan merkittävyyden mukaan.

Mikäli tienparannushankkeisiin saadaan rahoitusta, voidaan avustukset kohdentaa tehdyn pisteytyksen perusteella. Yksityisteiden parantamissuunnitelmassa on annettu myös suosituksia tienhoitokunnille entistä tehokkaammista toimintatavoista ja käytänteistä. Esimerkkejä tehokkaammista toimintatavoista ovat tiekuntien yhdistäminen, yhteistyön lisääminen sekä teיסännöintijärjestelmän käyttöönotto.

Keuruun kartoituksessa muodostui hyvä tietokanta yksityisteistä ja niiden laadusta. Tällainen tarkka informaatio olisi hyvä saada myös johonkin yleiseen paikkatietojärjestelmään – esimerkiksi ELY:n liikenteen ja infrastruktuurin järjestelmään. Keuruun mallin mukainen yksityisteiden kuntokartoitus olisi syytä laatia myös muissa Keski-Suomen kunnissa.

Yksityistien käyttämisestä on laadittu myös yleiset pelisäännöt ja suositukset. Esimerkiksi kuljetuksesta kelirikon aikana on sovittava puun myyjän ja tienpitäjän kanssa erikseen. Tienhoitokunnat voivat kieltää tienkäytön kelirikon aikana.

Keuruun ja Multian yksityistieverkon parantamissuunnitelma löytyy Kehittämissyhtiö Keulink Oy:n Internet-sivulta. Yksityisteiden avustuksista on hyvin tietoa ELY:n Internet-sivulta. Myös Suomen Tieyhdistys ry jakaa hyödyllistä tietoa yksityistieasioista (<http://www.tieyhdistys.fi/yksityistiet/index.html>).

Metsätiet

Metsäteollisuuden rakentamia metsäautoteitä on Suomessa noin 120 000 km. Muita autolla ajettavia metsä- ja mökkiteitä on noin 130 000 km. Metsäautotiet ovat kapeita yksiajorataisia teitä, joissa on mahdollisuuksien mukaan hyödynnetty sellaisia maastonkohtia, joissa on luontaisesti sorakerrostumia.

Puuhuolto-yhtiö siis rakentaa tien metsään, jos sellainen tarvitaan. Yhtiö pyrkii kuitenkin käyttämään olemassa olevaa metsätieverkostoa kuljettamalla kaadetut puut ja puun tähteet metsätraktorilla lähimmälle metsätielle.

Yksityismetsänomistajan rakentaessa uuden metsätien hän voi saada siihen rahoitustukea kestävän metsätalouden rahoituslain (KEMERA) perusteella. Edellytyksenä on, että tiellä voidaan liikennöidä ympärivuotisesti ja että metsäliikenteen osuus on vähintään 40 %. Rahoituksen suuruus riippuu rahoitusvyöhykkeestä ja siitä, onko kyseessä yhden tilan rakentamishanke vai yhteishanke. Metsäkeskus Keski-Suomi kuuluu 1. vyöhykkeeseen. Myös metsätien perusparannukseen voi saada tukea, jos parannettavan tien kunnossapidosta on huolehdittu ja tie on aikanaan rakennettu ympärivuotiseen käyttöön. KEMERA-tuesta saa lisätietoa metsäkeskuksista.

Puuhuolto-yhtiöt omistavat yhdessä Metsätehon, jonka tehtävänä puuhuollon kentässä on tukea osakkaidensa puunhankinta- ja puuntuottamistoimintojen kehittämistä sekä edistää puuhuollon toimintaedellytyksiä. Metsäteho tunnetaan erityisesti metsäteollisuuden työntutkimus- ja kehittämistoiminnasta.

Metsäteho on kohdistanut kehittämistyötä nyt myös metsäteihin. Yhtiö on laatinut metsäteille kuntoluokituksen ja luokitusohjeet. Kuntoluokat on jaettu kolmeen luokkaan: kuntoluokka 1 = huono, kuntoluokka 2 = tyydyttävä ja kuntoluokka 3 = pääosa tiestä hyvää tasoa. Luokituksen yhteydessä laadittiin myös esittelymateriaalia metsäteiden kunnossapidosta.

Metsätehon tutkijat ovat havainneet, että kuorma-autojen rengaspaineilla on merkittävästi vaikutusta tien kuntoon. Sorateiden urautumista ja kuoppien muodostumista voidaan vähentää 30 – 80 % ajettaessa jatkuväsäätöisillä renkailla. Lisäksi on havaittu, että tien mukaan tehtävät painesäädöt pidentävät renkaan kestoikää.

Sillat

Keski-Suomessa on 945 tiepiirin ylläpitämää siltaa, joista 5 on painorajoitteista. Painorajoitetut sillat sijaitsevat seutu- ja yhdystieverkolla. Näistä viidestä sillasta kolmen kuntoa tarkkaillaan tehostetusti, koska olemassa olevat vauriot voivat edetä nopeasti.

Keurusseudulla tehdyn yksityistieselvityksen mukaan Keuruun yksityisteillä on neljä painorajoitteista siltaa ja Multialla niin ikään neljä siltaa, jotka ovat vielä puusiltoja. Alueella toimivat puunkuljetusyrittäjät tietävät, mitkä sillat kestävät ja mitä reittejä ajamalla painorajoitteisia siltoja kierretään. Kuljetusyrittäjät voivat saada myös niin sanottuja vuosilupia ELY:stä painorajoitteisten siltojen reiteille. Nämä asiat ovat hyvin tärkeitä tietoja paikkatietojärjestelmässä.

Lumi- ja jäätiet

Lumi- ja jääteitä käytetään pääasiassa sellaisissa leimikkokohteissa, joihin ei pääse yhdistelmäajoneuvoilla muina vuodenaikoina kuin talvella. Lumitie on tamppaamalla tehty ajoura. Jäätie on puolestaan järven jäälle tehty ajoväylä. Jää vahvistetaan ajamalla/pumppaamalla siihen vettä. Jääkerroksen tulee olla vähintään 70 cm, jotta se kestää yhdistelmäajoneuvon ja kuorman painon.

Ympäristönäkökohtia

Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen

Hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi on asetettu kunnianhimoiset tavoitteet. EU ilmoittaa olevansa valmis 30 prosentin hiilidioksidipäästöjen vähennystavoitteeseen vuoteen 2020 mennessä, jos muu maailma sitoutuu vastaavansuuruiseen vähennykseen.

Päästöjä voidaan vähentää päästökaupan avulla sekä erilaisin sääntelyin. Esimerkiksi liikennesektorilla, joka on päästökaupan ulkopuolella, hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää liikenteen hallinnan keinoin ja edistämällä ympäristöystävällisempien ajoneuvo- ja polttoaineteknologioiden käyttöä veropolitiikalla ja määräyksillä. Yksi liikenteen hallintaan lukeutuva keino on energiatehokkuus.

Energiatehokkuus

Ympäristönäkökulmasta katsottuna liikennejärjestelmätavoitteina ovat mm. liikenteen energiankulutuksen vähentäminen, ilmanlaadun parantaminen ja meluhaittojen vähentäminen. Liikennejärjestelmä koostuu infrastruktuurista ja sitä käyttävästä liikenteestä (kulkuvälineet ja jalankulkijat). Kansallisella tasolla liikenne- ja viestintäministeriö ohjaa ja valvoo liikennejärjestelmätavoitetta.

Liikenneministeriö toivoo ympäristöystävällisten kuljetusten yleistyvän. Ministeriö onkin asettanut tavoitteeksi liikenteen energiatehokkuuden parantamisen. Kuljetuspalvelujen ostajien toivotaan kiinnittävän huomiota kuljetusten energiatehokkuuteen. Tehokkuuden parantamiseen tähtää mm. tavarakuljetusten ja logistiikan uusi energiatehokkuussopimus, joka solmittiin tammikuussa 2008. Sopimuksen piirissä on noin 560 yritystä ja se koskee noin 3000 autoa. Tavoitteeksi on asetettu, että 60 % kaikista kuljetusalan yrityksistä tekisi sopimuksen. Tällä hetkellä energiatehokkuussopimukset eivät kuitenkaan ole saaneet riittävästi kattavuutta.

Tavaraliikenteen energiatehokkuutta voidaan parantaa toiminnan suunnittelun lisäksi ajokaluston hankintaa ja käyttöä koskevilla toimenpiteillä. Tärkeitä ajoneuvon käyttöä koskevia toimenpiteitä ovat mm. taloudellisen ajotavan omaksuminen, rengaspaineiden seuranta ja ilmaohjaimen käyttö ajoneuvoyhdistelmässä.

Kuorma-auton hankintaa tehtäessä on tärkeää mitoittaa auto todellisen käyttötarpeen mukaan. Hakkeen ja sen puuraaka-aineen kuljetuksessa tulevat pohdittavaksi myös olosuhdetekijät. Jos kuorma-autolla ajetaan enemmän tienvarsivarastolta kuin terminaalista, sahalta tai turvesuolta, tulee moottorin tehoksi valita pienin mahdollinen, jolla kuitenkin selvittää metsäpään vaikeissa olosuhteissa. Esimerkiksi 460 hv tehoinen moottori riittää varsin hyvin, koska vetoon vaikutetaan merkittävästi välityssuhteilla. Vetäviin pyöriin saadaan momenttia vähän yli 2000 Nm.

Päästönormit

Ajoneuvojen päästöille asetetaan rajoituksia EU-maissa nk. Euro-päästö-määräyksillä. Määräykset määrittelevät kiinteiden hiukkasten eli partikkeleiden (PM), typen oksidien (NO_x), hiilimonoksidien (CO) ja hiilivetyjen (HC) sallitut tasot. Tasot ilmoitetaan Euro-sanan jälkeen tulevalla numerolla. Kuorma-autojen osalta Euro 3 tason määräykset ovat tulleet voimaan vuonna 2001. Euro 4 taso on tullut voimaan 1.10.2006 ja Euro 5 lokakuun 1. päivä vuonna 2009. Taulukko 10 esittää ajoneuvojen moottoreiden päästönormit.

TAULUKKO 10. Ajoneuvojen päästönormit (g/kWh)					
Taso	Ajankohta	CO	HC	NO _x	PM
			g/kWh		
Euro I	1993, < 85 kW	4,5	1,1	8	0,6 12
	1993, > 85 kW	4,5	1,1	8	0,36
Euro II	1997, lokakuu	4	1,1	7	0,25
	1999, lokakuu	4	1,1	7	0,15
Euro III	2001, lokakuu	2,1	0,66	5	0,1
Euro IV	2006, lokakuu	1,5	0,46	3,5	0,02
Euro V	2009, lokakuu	1,5	0,46	2	0,02
Euro VI	2014, lokakuu	1,5	0,13	0,4	0,01

Dieselmoottorin tuottaman partikkelimäärän vähentämiseen tarvitaan hiukkassuodattimia. Euro 3 ja Euro 4 tason moottoreissa ne ovat harvinaisia, mutta nykyisiin uusiin autoihin ne asennetaan vakiona.

Vastaavasti vetureiden ja sisävesialusten moottoreille on laadittu päästönormit. Taulukossa 11 on vetureiden moottoreille asetetut päästönormit ja taulukossa 12 sisävesialuksille.

TAULUKKO 11. Veturin moottorin päästönormit (g/kWh)							
Luokka	Nettoteho [kW]	Ajankohta	CO	HC	HC + NO _x [g/kWh]	NO _x	PM
RC A	130 < P	2007.01	3,5		4,0		0,2
RL A	130 ≤ P ≤ 560	2008.01	3,5		4,0		0,2
RH A	P > 560	2010.01	3,5	0,5*		6,0 *	0,2

* HC = 0,4 g/kWh ja Nox = 7,4 g/kWh moottoreille, joissa P > 2000 kW ja sylinterin tilavuus 5 litraa

TAULUKKO 12. Sisävesialuksen päästönormit (g/kWh)						
Luokka	Sylinterin koko D dm ³ /sylinteri	Ajankohta	CO	NO _x + HC g/kWh	PM	
V1:1	D ≤ 0,9, P > 37 kW	2008.01	5,0	7,5	0,40	
V1:2	0,9 < D ≤ 1,2	2008.01	5,0	7,2	0,30	
V1:3	1,2 < D ≤ 2,5	2008.01	5,0	7,2	0,20	
V1:4	2,5 < D ≤ 5	2010.01	5,0	7,2	0,20	
V2:1	5 < D ≤ 15	2010.01	5,0	7,8	0,27	
V2:2	15 < D ≤ 20, P ≤ 3300 kW	2010.01	5,0	8,7	0,50	
V2:3	15 < D ≤ 20, P > 3300 kW	2010.01	5,0	9,8	0,50	
V2:4	20 < D ≤ 25	2010.01	5,0	9,8	0,50	
V2:5	25 < D ≤ 30	2010.01	5,0	11,0	0,50	

Kuorma-autokanta

Suomessa tilastoidaan kaikkien luvanvaraisten kuorma-autojen lukumäärä ja niiden ensirekisteröinnit. Luvanvaraisilla autoilla tarkoitetaan ajoneuvoja, joita käytetään ammatinharjoittamisessa. Jos teollisuus tai kauppa itse hoitaa kuljetukset omalla autokalustollaan, kalustoa ei lueta luvanvaraisiin. Suomessa oli vuoden 2008 lopussa noin 37 500 luvanvaraista kuorma-autoa. Luvanvaraisten kuorma-autojen kanta on kasvanut tasaisesti vuodesta 2001 vajaalla tuhannella autolla vuodessa. Vuonna 2001 niitä oli noin 31 000 kpl.

Luvanvaraisten kuorma-autojen ensirekisteröintejä tehdään 2 300 – 3000 kpl vuodessa. Vuoden 2002 alusta vuoden 2006 loppuun on otettu käyttöön noin 13 500 uutta kuorma-autoa, jotka täyttävät Euro III – tason. Vuoden 2007 alusta vuoden 2009 loppuun on otettu käyttöön arviolta 10 000 uutta autoa, jotka täyttävät Euro IV – tason. Käytössä on siis hiukan yli 20 000 kohtalaisen vähäpäästöisiä luvanvaraisia kuorma-autoja. Toisaalta vielä on käytössä runsaasti Euro II – tason autoja.

Ammattiautoilijat ja liikkeenharjoittajat uusivat autonsa tyypillisesti 5 – 8 vuoden välein. Taantuma ja lama aiheuttavat kuitenkin investoinnin lykkäämisen muutamalla vuodella. Tällä seikalla on kahtalainen vaikutus: liikennepäästöt vähenevät laman aikana, mutta lisääntyvät normaalisuhdanteessa sitten voimakkaammin. Liikenteenharjoittajat eivät kykene investoimaan uuteen kuorma-autoon ennakoidulla tavalla, vaan joutuvat ajamaan pitempään vanhalla ajoneuvolla.

Kaikkien kuorma-autojen lukumäärä vuoden 2008 lopussa oli noin 105 000. Siten teollisuuden, kaupan, kuntien tms. tahojen omistuksessa on kaksinkertainen määrä autoja verrattuna luvanvaraisiin autoihin. Kuorma-autojen lukumäärä on kasvanut reilulla 30 000 autolla kahdeksassa vuodessa. Vuosittain rekisteröidään keskimäärin 5200 uutta kuorma-autoa.

Pakokaasupäästöjen ja energian kulutuksen mittaaminen

Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen mittaamiseen on kehitetty VTT:ssä laskentajärjestelmä. Ensimmäinen kehitettiin tie- liikenteen laskentajärjestelmä LIISA ja seuraavaksi rautatieliikenteelle RAILI sekä vesiliikenteelle MEERI. Ilmailulaitos on puolestaan kehittänyt vastaavan järjestelmän ilmaliikenteen pakokaasupäästöjen mittaamiseen. Järjestelmän nimi on ILMI. Kun kaikista näistä järjestelmistä tiedot yhdistetään, saadaan liikenteen kokonaispäästöt. Tiedot yhdistetään nk. keskusyksikkö LIPASTO:lla.

LIISA laskee pakokaasupäästöt alueittain. Alue voi olla kunta, lääni tai koko Suomi. RAILI laskee päästöt rataosakohtaisesti, mutta on kuitenkin valtakunnan tason järjestelmä. MEERI laskee sisävesi- ja rannikko- liikenteen päästötiedot valtakunnan tasolla sekä ilmoittaa samalla tiedot satamakohtaisesti. LIPASTO lopulta kokoaa tiedot ja ilmoittaa Suomen liikenteen päästöluvut seuraavista päästölajeista: hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO_x), hiukkaset (PM), metaani (CH₄),

rikkidioksidi (SO₂) ja hiilidioksidi (CO₂). Päästöt on lisäksi jaettu ajoneuvotyypin ja tietyypin sekä auton käyttövoiman mukaan.

LIPASTOa voidaan käyttää myös yksittäisten ajotapahtumien pakokaasupäästöjen laskemiseen. Tällöin käytetään liikennevälineiden yksikköpäästöjä, joilla tarkoitetaan liikennevälineiden päästömääriä kuljetettua massa- tai henkilöyksikköä - ja pituusyksikköä kohti, esimerkiksi g/tonnikilometri. Polttoaineen kulutus lasketaan massa- (g), tilavuus- (l) ja energiayksiköissä (MJ). Esimerkiksi Vapo Oy:n turpeen kuljetuksen päästöjä laskettaessa on rakennettava käytönaikaiset kuljetustapahtumat ja otettava huomioon myös auton tyhjänä paluu aumalle. Liikennevälineiden yksikköpäästöjen arvot tavaraliikenteelle on esitetty taulukoissa autokohtaisesti LIPASTO:n Internet sivulla: http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/tavara_tie.htm.

Yksikköpäästöluvut antavat mahdollisuuden vertailla eri kuljetusmuotoja keskenään, koska niiden energiakulutustiedot saadaan yhteismitallisiksi. Vertailussa tulee kuitenkin huomioida kuljetustehtävän kokonaisuus, ja lisäksi kuljetusprosessit tulee yksilöidä tarkasti. Esimerkiksi Vapo Oy:n laatiessa kokonaisuoptimoinnin turvekuljetuksista saadaan toteutuneesta optimiratkaisusta laskettua helposti jokaisen kuljetettavan määrän hiilidioksidipäästöt.

Kuljetusmuotoja vertaillaan yleensä väyläinvestoinnin yhteydessä, missä päästöt ovat yhtenä komponenttina laskettaessa niin kutsuttua hyöty-kustannus –suhdetta. Teollisuusyritysten kuljetuksissa kuljetusmuodon valinnan ratkaisee yhä edelleen kuitenkin kuljetuskustannus.

Kuljetusmuotoja on vertailtu päästöjen suhteen juuri hakkeen kuljetuksissa (Valkonen, 2009). Vertailussa olivat mukana auto- ja junakuljetus. Tienvarsihakkeen kaukokuljetusketjussa käytettiin yhtenä vaihtoehtona vaihtokuormakoreja ja toisena vaihtoehtona kiinteää kuormatilaa. Vertailu tuotti tuloksen, jossa auto-juna –kuljetusketju vaihtokuormatiloilla aiheutti vähäisimmät päästöt. Kuljetusmatkana vertailussa käytettiin 130 kilometriä sekä autokuljetukselle että auto-juna –kuljetukselle. Vertailututkimuksessa todetaan kuitenkin, että saadut tulokset ovat suuntaa antavia. Virhettä voi tulla esimerkiksi siinä, että matka todellisuudessa ei voi olla sama molemmille kuljetusmuodoille. Myöskään paluumatkaa ei tiettävästi huomioitu tutkimuksessa.

Vuoden 2010 alussa valmistuneessa Keitele-Päijänne -vesiväylän taustaselvityksessä biolaivan mahdollisuuksista sovellettiin päästölaskentaa. Selvityksessä käytettiin myös yksikköpäästöjä, koska kyse oli

eri kuljetusmuotojen vertailusta. Päästöt olivat yksi kustannuserä hyötökustannusanalyysissä. Autokuljetuksen laskennassa käytettiin 130 m³:n hakeautolle hiilidioksidin yksikköpäästön arvoa 18 g/i-m³km. Dieselveitoiselle junakuljetukselle käytettiin arvoa 13 g/i-m³km ja biolaiivan 18 g/i-m³km.

Eri kuljetusmuotojen aiheuttama hiilidioksidipäästöjen määrä Suomessa

Liikenteen pakokaasupäästöjen laskentaohjelman avulla Suomi voi helposti osoittaa pakokaasupäästöjensä määrät. Lisäksi teollisuus ja kuljetustoimiala voivat käyttää laskentaohjelmaa omien kuljetustapahtumiensa päästöjen selvittämiseen. Liikenteelle on kuitenkin asetettu varsin tiukka tavoite hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Päästöjen määrä saa olla vuonna 2020 enintään 10,9 miljoonaa tonnia, kun ne nyt ovat 13 miljoonaa tonnia. Ilman uusia vähentämistoimia päästöt kasvavat 0,9 tonnia vuoteen 2020 mennessä. Kuorma-autoilla on tosin vähäinen osa liikenteen päästöjen aiheuttajana, rautatieliikenteellä vieläkin vähäisempi. Hiilidioksidipäästöt olivat Suomessa 69,2 miljoonaa tonnia vuonna 2007. Kuorma-autoliikenteen osuus tästä oli vähän alle 5 %, rautatieliikenteen 0,3 % ja vesiliikenteen 3,4 %.

LÄHTEET

Metsähakkeen logistiikkaa

Alakangas E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT:n tiedotteita 2045. Espoo. ISBN 951-38-5740-29 (Viitattu 18.12.2009) <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>.

Alakangas E. 2007. Kiinteiden biopolttoaineiden tekniset spesifikaatiot. Tilannekatsaus eurooppalaisten esistandardien valmistelusta. VTT. (Viitattu 18.1.2010). www.finbio.fi/GetItem.asp?item=digistorefile;133623

Asikainen J., Asikainen A., Anttila P. 2008. Energiapuuvarat. Teoksessa: Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. Toim. Kuusinen M. & Ilvesniemi H. Tapion ja Metlan julkaisuja. 74 s. ISBN:978-952-5694-27-7, (pdf 1,9 Mb).

Athanasios A., Rentizelas A.J. 2009. Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, ss. 887 – 894.

Elo J. Puupolttoaineiden lisäysmahdollisuudet ja sen kustannukset Suomessa vuonna 2020. Pöyry Energy Oy/Metsäteho Oy. Metsätehon iltapäiväseminaari: Logistiikan näkymät ja bioenergiamahdollisuudet, 17.3.2009.

Energia Suomessa – Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset. Toim. Kara M., Helynen S., Mattila L., Viinikainen S., Ohlström M., Lahnalampi M. 3. painos, Helsinki: Edita Prima Oy.

Energiamarkkinaviraston päätös Dnro 493/311/2004. 20.12.2004. Asia: Päästökauppalain (683/2004) 2 luvun 7 § mukainen kasvihuonekaasujen päästölupa. Viitattu 14.1.2010. http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/493_311_2004_lupa.pdf

Energiapuun korjuu. Hakkurityypit http://www.google.fi/imgres?imgurl=http://virtuoosi.pkky.fi/metsaverkko/Energiapuu/Energiapuun_korjuu/haketus/rumpuhakkuri_piiirros.gif

Energiapuun korjuu. 2008. Toim. Kuusinen M. & Ilvesniemi H. Metlan raportti. Viitattu 18.12.2009. <http://www.metla.fi/julkaisut/muut/energiapuu/energiapuun-korjuu-raportti.pdf>

Energiapuun mittaus sai pelisäännöt. Tekniikka ja talous 19.2.2008.

Energiapuusta etuja – kantorahaa ja kustannussäästöjä. Viitattu 30.12.2009. http://www.upm-kymmene.com/downloads/energy_and_pulp/energiapuustaetuja.pdf

Fredriksson T. 2009. Terminaaliverkostot tihenevät. Bioenergia 4, 10 – 11.

Hakkila P. 2004. Puuenergian teknologiaohjelma 1999 – 2003, Metsähakkeen tuotantoteknologia. Helsinki. Tekes.

Hänninen M. 2007. Karsimattoman aines- ja metsäenergiapuun kuljetuslogistiikan kehittäminen. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Tekniikka ja liikenne. 54 s.

Jalonen P. 2009. Haketerminaali kelirikkoajan väliavarastoksi. Bioenergia 4, 8 – 9. Juvan haketerminaali tuli tarpeeseen. Länsi-Savo, 11.6.2009. Viitattu 4.1.2010. http://www.lansi-savo.fi/Talous/juvan_haketerminaali_tuli_tarpeeseen_9229672.html

Jämsänkosken biomassavoimalaitos vihittiin. Viitattu 29.12.2009. <http://www.pohjolanvoima.fi/fi/?id=28&selArticle=207>

Karttunen K., Jäppinen E., Väätäinen K. & Ranta T. 2008. Metsäpolttoaineiden vesitiekuljetus proomukalustolla. Tutkimusraportti EN B-177. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Energia- ja ympäristötekniikan osasto. ISBN 978-952-214-625-0 (PDF)

Keuruulle 10 miljoonan bioenergialaitos. Viitattu 29.12.2009. <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article304745.ece>

Kiema M., Pasanen K., Parviainen J. 2005. Bioenergian logistiikka. iEnvironment2 – BIOLOG -hanke. Kuopion Yliopisto. Loppuraportti.

Kumpuniemen Voima Oy:n voimalaitokselle ympäristölupa. 15.12.2005. Viitattu 14.1.2009. <http://www.ymparisto.fi/print.asp?contentid=162506&lan=fi&clan=fi>
Kärhä Kalle: Suomen metsäenergiapotentiaalit. Metsätehon iltapäiväseminaari: Logistiikan näkymät ja bioenergiamahdollisuudet, 17.3.2009.

Lindblad J. Energiapuun mittaus. Metlan tiedote 3455/L-Kar/8-2009.

Lindblad J., Äijälä O., Koistinen A. 2008. Energiapuun mittaus. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio ja Metsäntutkimuslaitos. URL: ISBN: 978-952-5694-28-4. Viitattu 28.12.2009. <http://www.metla.fi/metinfo/tietopakettit/mittaus/>

Lähdevaara H. 1995. Sisävesiväylän hyödyntäminen Keiteleen ja Päijänteen vaikutusalueen yritysten logistiikassa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Espoo.

Metsäenergian hankinnan uudistaminen. Loppuraportti 12/2008. Viitattu 2.1.2010. http://www.hsee.fi/files/1388_JEME-raportti.pdf

Metsähakkeen tuotantokalusto vuonna 2007 ja tulevaisuudessa. Metsätehon katsaus 028/2007. Viitattu 30.12.2009. <http://www.metsateho.fi/asp/system/empty.asp?P=2805&VID=default&SID=603395745566107&A=closeall&S=0&C=26011>

Metsähakkeen tuotantokalusto. 2007. Metsätehon tuloskalvosarja. Viitattu 18.12.2009. http://www.metsateho.fi/uploads/Tuloskalvosarja_2007_11_Metsahakkeen_tuotantokalusto_kk_1.pdf

Paavola P. 2008. Telemaattisen tapahtuma- ja työaikaseurantajärjestelmän suunnittelu hakkeen tuottajalle. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Logistiikan koulutusohjelmat.

Puupolttoaineiden kuljetusten optimointi – Keiteleen kanavatyöryhmän taustaselvitys. Loppuraportti.

Puupolttoaineiden laatuohje 1998. Jyväskylä, Finbio, Julkaisu 5, 33.s

Ranta T. 2002. Logging Residues from Regeneratio Fellings for Biofuel Production – A GIS-based availability and supply cost analysis. Lappeenranta teknillinen korkeakoulu. Väitöskirja. ISBN978-952-214-871-1 (PDF). [Haettu 18.12.2009]. <https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/31221/isbn9789522148711pdf?sequence=1>

Sauna-aho J. EnergyBoxx II –kuljetusyhdistelmä on tehokas – ja suurelta osin investointikelpoinen. 2009. EHM Magazine.

Uusimmat voimalainvestoinnit Suomessa. 2008. Energia-lehti 3.

Ylitalo E. 2009. Metsätilastotiedote 15. Puun energiakäyttö 2008. Viitattu 18.12.2009. <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/mtt/index.html?limit=35>

Ympäristölupa biopolttoaineterminaalille Jämsään. 11.12.2009. Viitattu 20.12.2009. <http://www.finbio.fi/default.asp?sivuID=25583&component=/modules/bbsView.asp&recID=16189>

Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Jyväskylän voimalaitoshanke. 2005. Jyväskylän Energia Oy

Äänevoima Oy, Äänekoski, Finland. Viitattu 29.12.2009. http://www.metso.com/automation/ep_prod.nsf/WebWID/WTB-041029-2256F-9866D

Haastattelut:

Antikainen Eero, tutkimuspäällikkö, Savonian ammattikorkeakoulu

likkanen Pekka, Ramboll Finland Oy

Impola Risto, tutkija, VTT

Kauppinen Veli-pekka, bioenergianeuvoja, Metsäkeskus Keski-Suomi

Kettunen Martti, Manager, Wood Energy, UPM Metsä

Kokki Pekka, Keski-Suomen liitto

Korhonen Tapio, myyntipäällikkö, VR Cargo Oy

Kotiniitty Tarmo, hankintaesimies, UPM Metsä

Kylävainio Ilkka, toimitusjohtaja, Keitele Timber Oy

Lahti Jukka, kehitysjohtaja, Kotimaiset Energiat Oy

Lahtinen Pertti, toimitusjohtaja, Transidea Oy

Lehtoranta Tapo, hankintajohtaja, Jyväskylän Energia Oy

Leppänen Jari, logistiikkajohtaja, Vapo Oy

Mikkonen Keijo, hallituksen puheenjohtaja, KS Laatuenergia Oy

Paananen Markku, kehittämisspäällikkö, Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Paloneva Vesa-Matti, logistiikkapäällikkö, L&T Biowatti Oy

Tähkävuori Arto, apulaispäällikkö, Metsäliitto

Ylitalo Esa, varttunut tutkija, Metsäntutkimuslaitos Metla

Turpeen logistiikkaa

Alakangas E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT:n tiedotteita 2045. Espoo. ISBN 951-38-5740-9 (URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf>). Viitattu 18.12.2009.

Edullista energiaturvetta. Vapon energiaturpeen hinnoittelujärjestelmä. 12.1.2009. Viitattu 28.1.2010. http://www.vapo.fi/fin/kunta_ja_yritysasiakkaat/biopolttoaineet/energiaturve/hinnoittelu/?id=159

Energiataulukot. Viitattu 18.12.2009. <http://www.tilastokeskus.fi/til/ehkh/tau.html>

Flyktman M. 2009. Energia- ja ympäristöturpeen kysyntä ja tarjonta vuoteen 2020 mennessä. 2. päivitys, 11/2009. Tutkimusraportti VTT-R-07128-09. 41 s.

Jyväskylän Energia Oy. 2005. Jyväskylän voimalaitoshanke. Ympäristövaikutusten arviointiselostus.

Keljonrannantien katusuunnitelma. n.d. Viitattu 18.12.2009. <http://www.jkl.fi/yhdyskuntatoimi/katujapuisto/kadutjaliikenne/suunnittelu/nahtavilla/keljonrannantie>

Keskisuomalainen 30.5.2009.

Mitä turve on? nd. Viitattu 21.1.2010. <http://www.luontoyrittaja.net/66.html>

Suo- ja turvemaat Suomessa. Kansallisen suo- ja turvemaiden strategian aloitusseminaari 21.1.2009. n.d. Viitattu 19.2.2010. http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/ymparisto/suojaturvemaat/090121_aloitusseminaari.html

Turvepörssi 14.10.2009. Turvetuotannon kokonaistavoitteesta jäätiin reilu kymmenen prosenttia. http://www.turveliitto.fi/index.php?module=view_selected_news&news_id=177&id=7

Äänevoima Oy, Äänekoski, Finland. Viitattu 29.12.2009. http://www.metso.com/automation/ep_prod.nsf/WebWID/WTB-041029-2256F-9866D

Haastattelut:

Impola Risto, tutkija, VTT

Juvonen Juhani, kehittämisspäällikkö, Vapo Oy

Kokki Pekka, liikenneinsinööri, Keski-Suomen liitto

Korhonen Tapio, myyntipäällikkö, VR Cargo Oy

Koskinen Jarmo, maakuntainsinööri, Keski-Suomen liitto

Lahti Jukka, kehitysjohtaja, Kotimaiset Energiat Oy

Lahtinen Pertti, toimitusjohtaja, Transidea Oy

Lehtoranta Tapo, hankintajohtaja, Jyväskylän Energia Oy

Leppänen Jari, logistiikkajohtaja, Vapo Oy

Lohi Jari, rakennuttajapäällikkö, Jyväskylän kaupunki, Yhdyskuntatoimi

Ruokohelpi ja muut peltobiomassat

Flyktman, M. 2009. Energia- ja ympäristöturpeen kysyntä ja tarjonta vuoteen 2020 mennessä, 2. päivitys. Tutkimusraportti VTT-R-07128-09.

Jyväskylä Innovation Oy. 2008. ENCROP-hanke. Tiedoksianto. 20.2.2008. 13 sivua. <http://www.encrop.net>

Lindh, T. 2010. Ruokohelven polttoainehankinta keskisuomalaisille voimalaitoksille, Maakuntahelpi (BEV). 2 sivua. Käsikirjoitus julkaisuun Energia-alan kehittämishankkeet Keski-Suomessa: Bioenergiasta elinvoimaa –klusterin ja Jyväskylän seudun Energiateknologian osaamiskeskusohjelman vuosikatsaus 2009.

Lötjönen, T. & Knuuttila, K. 2009. Pelloilta energiaa – opas ruokohelven käyttäjille. Jyväskylä Innovation Oy ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. ENCROP-hanke. 42. sivua. <http://www.encrop.net>

Paappanen, T., Lindh, T., Kärki, J., Impola, R., Rinne, S., Lötjönen, T., Kirkkari, A.-M., Taipale, R. & Leino, T. 2008. Ruokohelven polttoaineketjun kehittäminen liiketoiminta-mahdollisuuksien parantamiseksi. VTT Tiedotteita 2452. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2008/T2452.pdf>,

Pahkala, K., Isolahti, M., Partala, A., Suokannas, A., Kirkkari, A.-M., Peltonen, M., Sahramaa, M., Lindh, T., Paappanen, T., Kallio, E. & Flyktman, M. 2005. Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten. 2. korjattu painos. MTT, Maa- ja elintarviketalous 1, Kasvintuotanto. 31 sivua.

Ruokohelven polttoainehankinta keskisuomalaisille voimalaitoksille – hanke, Maakuntahelpi http://www.keskisuomi.fi/bev/apua_ja_rahoitusta/kasvu_ja_kehittamispalvelut/ruokohelven_polttoainehankinta_keskisuomalaisille_voimalaitoksille/?id=453

Ruokohelven viljely-, korjuu- ja varastointiohjeet. 2009. Vapo Oy. Paikalliset polttoaineet, esite. 12 sivua.

Haastattelut:

Kautto Marjukka, Vapo Oy

Kovanen Seppo, Petäjaveden Energia Oy

Leppänen Jari, Vapo Oy

Liimatainen Hannu, KAK

Lindh Tuulikki, VTT

Puromäki Anssi, KAK

Suominen Mia, Vapo Oy

Weijo Ahti, Jyväskylän Energia Oy

Liikenneväylien kehittämisestä ja kunnossapidosta

likkanen P., Mukula M., Kosonen T., Kiuru T. 2009. Raakapuun terminaali- ja kuormaustapaikkaverkon kehittäminen. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 4/2009. ISBN 978-952-445-279-3. Kopijyvä, Kuopio. Viitattu 12.12.2009. <http://www.rhk.fi>.

Liikenne- ja viestintäalan sekä liikenne- ja viestintäministeriö hallinnonalan virastojen ja laitosten tulostavoitteiden saavuttaminen vuonna 2009. 2009. Viitattu 6.2.2010. http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=20349&name=DLFE-9415.pdf

Sorateiden hoidon ja ylläpidon toimintalinjat. 2008. Tiehallinnon julkaisu. ISBN 978-952-221-115-6. Viitattu 18.12.2009. <http://www.tiehallinto.fi/julkaisut/> Edita Prima Oy, Helsinki.

Valtakunnallisesti merkittävät maaliikenteen runkoverkot. Työryhmän mietintö. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 43/2006. Helsinki. Edita Publishing Oy. ISBN 952-201-801-5 (verkkojulkaisu). 62 s. https://www.lvm.fi/web/fi/julkaisut_etusivu.

Vuorinen R. 2009. Keuruun seutukunnan elinkeinoelämän käyttämä yksityistieverkko. Viitattu 18.2.2010. http://www.keulink.fi/filelibrary/dokumentit/Yksityistiehanke_loppuraportti_2009.pdf

Haastattelut:

Keralampi Hannu, suunnittelupäällikkö, Keski-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Ympäristönäkökohtia

Emission standards, Heavy-Duty Diesel Truck and Bus Engines. n.d. Viitattu 05.02.2010. <http://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>

Kuorma-autojen energiatehokkuuden parantamisessa huomioitavia asioita. 1.6.2009. Viitattu 05.02.2010. http://www.motiva.fi/files/2093/Kuorma-autojen_energiatehokkuuden_parantamisessa_huomioitavia_asioita.pdf

Liikenne- ja viestintäalan sekä liikenne- ja viestintäministeriö hallinnonalan virastojen ja laitosten tulostavoitteiden saavuttaminen vuonna 2009. 2009. Viitattu 6.2.2010. http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=20349&name=DLFE-9415.pdf

Liikenteen toimintalinjat ympäristökysymyksissä vuoteen 2010. 2005. Viitattu 6.2.2010. http://www.mintc.fi/files/OS_4_2005.pdf. 44 s.

LIPASTO, liikenteen päästöt. n.d. Viitattu 10.2.2010. <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/index.htm>

Puupolttoaineiden kuljetusten optimointi – Keiteleen kanavatyöryhmän taustaselvitys. Loppuraportti.

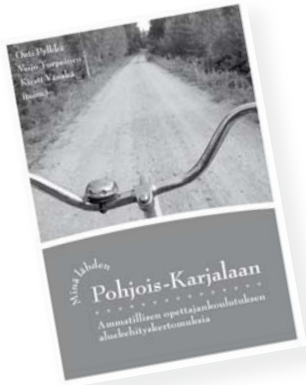
SKAL, tilastotietoa kuljetus- ja logistiikka-alalta. n.d. Viitattu 05.02.2010. http://www.skal.fi/files/6039/tilastoesite_2009_net-1.pdf

Vaihtoehtoiset polttoaineet ja ajoneuvot. 2006. Viitattu 05.02.2010. http://www.motiva.fi/files/2131/Vaihtoehtoiset_polttoaineet_ja_ajoneuvot.pdf

Valkonen M. 2009. Bioenergian kuljetusketjujen ympäristövaikutusten arviointi – esimerkkinä metsähake. Raportti, Baltic Sea Region, Programme 2007 – 2013. Lisäksi:

Motivan internet sivulta <http://www.motiva.fi/liikenne/> löytyy hyvää tietoa kuorma-autojen energiatehokkuudesta.

JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULUN
Julkaisusarjat



MYynti JA JAKELU

Jyväskylän ammattikorkeakoulun kirjasto
PL 207, 40101 Jyväskylä
Rajakatu 35
40200 Jyväskylä
Puh. 040 552 6541
Faksi (014) 449 9695
Sähköposti: julkaisut@jamk.fi
www.jamk.fi/kirjasto

VERKKOKAUPPA

www.tahtijulkaisut.net



JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU



JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU

PL 207, 40101 Jyväskylä
Rajakatu 35, 40200 Jyväskylä
Puh. 020 743 8100
Faksi (014) 449 9700
Sähköposti: jamk@jamk.fi
www.jamk.fi

AMMATILLINEN OPETTAJAKORKEAKOULU

HYVINVOINTIYKSIKKÖ

LIIKETOIMINTA JA PALVELUT -YKSIKKÖ

TEKNOLOGIAYKSIKKÖ