

Energiapuuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli 2014

MALLIN KUVAUS JA KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET



Pekka Iikkanen, Sirkka Keskinen, Antti Korpilahti,
Tapio Räsänen, Ari Sirkiä

Energiapuuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli 2014

Mallin kuvaus ja käyttömahdollisuudet

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 54/2014

Liikennevirasto
Helsinki 2014

Kannen kuva: Metsäteho Oy

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6656
ISBN 978-952-317-035-3

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6664
ISBN 978-952-317-034-6

Grano
Kuopio 2014

Julkaisua (myy)/saatavana
paino.kuopio@grano.fi

Liikennevirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 029 534 3000

Pekka Iikkanen, Sirkka Keskinen, Antti Korpilahti, Tapio Räsänen ja Ari Sirkiä: Energiapuuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli 2014. Liikennevirasto, suunnitteluosasto. Helsinki 2014. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 54/2014. 31 sivua. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-317-035-3, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-317-034-6 (pdf).

Avainsanat: bioenergia, metsähake, kuljetukset, mallintaminen

Tiivistelmä

Vuonna 2013 metsäenergiaa käytettiin Suomen lämpö- ja voimalaitoksissa yhteensä 16 terawattituntia. Metsätehon ja Pöyryn selvitysten mukaan energiapuun käyttö tulee lähes kaksinkertaistumaan 21,6 terawattituntiin vuoteen 2020 mennessä. Energiapuuta on suunniteltu käytettäväksi myös biopolttoainelaitosten raaka-aineena. Energiapuun teknis-ekologiseksi tarjontapotentiaaliksi vuonna 2020 on arvioitu 42,9 terawattituntia.

Energiapuuta on kuljetettu lähes yksinomaan maanteitse. Tilanne on kuitenkin muuttumassa, sillä energiapuun kysynnän kasvu laajentaa raaka-aineen hankinta-alueita ja pidentää kuljetusmatkoja. Kustannustehokas kuljetusjärjestelmä edellyttää tällöin myös rautatie- ja vesitiekuljetusten käyttöä. Suomesta puuttuu kuitenkin lähes kokonaan rautatie- ja vesiväyläkuljetusten käytön edellyttämät terminaalit, joissa energiapuuta haketetaan, välivarastoidaan ja kuormataan junavaunuihin ja aluksiin jatkokuljetusta varten.

Energiapuun kuljetusten valtakunnallinen optimointimalli on kehitetty palvelemaan erityisesti liikennejärjestelmän suunnittelua. Lineaarinen optimointimalli optimoi valtakunnan tasolla metsäenergian tarjontapisteiden ja käyttöpisteiden väliset tavaravirrat metsäenergian hankintakustannuksiin perustuen. Mallissa käsitellään samanaikaisesti metsähakkeen, kantojen ja pienpuun käyttöä. Optimoinnissa käytettävät hankintakustannukset sisältävät energiapuun tienvarsihinnan, haketuksen, kuljetuksen ja terminaalikäsitteilyn kustannukset.

Optimointimallissa kuvattu kuljetusjärjestelmä muodostuu puun tarjontapisteistä (vuoden 2007 kuntien tarkkuus), puun käyttöpaikoista, rautatie- ja vesikuljetusten terminaalista sekä näiden välisistä yhteyksistä päätie- ja rataverkkoa pitkin.

Optimointimallilla voidaan tarkastella esimerkiksi energiapuun kysynnän ja tarjonnan sekä kuljetuskustannusten muutosten vaikutuksia energiapuun tavaravirtoihin, kuljetusmuotojen työnjakoon, liikennejärjestelmän kuormitukseen ja kuljetusten kokonaiskustannuksiin. Mallilla voidaan arvioida myös energiapuun rautatie- ja aluskuljetuksia tukevan sekä käsittelyn mahdollistavan terminaaliverkon laajuutta ja terminaalien edullisimpia sijoituspaikkoja. Mallin merkittävin hyöty on päätöksenteon taustalla olevien laskelmien luotettavuuden parantuminen, sillä energiapuukuljetusvirtoihin vaikuttavien eri tekijöiden hallinta ilman mallintamista on hyvin vaikeaa.

Tässä työssä laaditulla optimointimallilla tarkasteltiin energiapuun tarjonnan ja kysynnän perusskenaarion mukaisia energiapuuvirtoja vuonna 2020. Optimointien mukaan suoria tiekuljetuksia tulisi olemaan noin 4,5 milj. tonnia (94,8 %), rautatiekuljetuksia noin 0,2 milj. tonnia (3,6 %) ja aluskuljetuksia 0,08 milj. tonnia (1,6 %). Perusskenaario ei sisällä mahdollisten biopolttoainelaitosten energiapuun kysyntää. Tyypillisen biopolttoainelaitoksen energiatarve on noin 4,2 terawattituntia. Mikäli biopolttoainelaitoksia toteutetaan, lisää se pitkiä kotimaan raaka-ainekuljetuksia ja rautatiekuljetusten osuutta kuljetuksista sekä vesiväylien läheisyyteen sijoitettaessa aluskuljetuksia. Esimerkiksi Vuosaaren suunnittelun biovoimalaitoksen toteuttaminen kasvattaisi optimointimallin mukaan sekä suoria tiekuljetuksia että rautatiekuljetuksia molempia noin 0,4 miljoonalla tonnilla ja aluskuljetuksia 0,2 miljoonalla tonnilla vuodessa.

Pekka Iikkanen, Sirkka Keskinen, Antti Korpilahti, Tapio Räsänen och Ari Sirkiä: Riksomfattande optimeringsmodell för beräkning av energivedflöden. Trafikverket, planeringsavdelningen. Helsingfors 2014. Trafikverkets undersökningar och utredningar 54/2014. 31 sidor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-317-035-3, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-317-034-6 (pdf).

Nyckelord: bioenergi, skogsflis, transporter, modellberäkning

Sammanfattning

År 2013 förbrukades sammanlagt 16 terawattimmar skogsenergi vid Finlands kraftvärmeverk och elkraftverk. Enligt Metsätehos och Pöyrys utredningar kommer användningen av energived att nästan fördubblas till 21,6 terawattimmar fram till år 2020. Man planerar även att använda energived som råvara vid framställning av biobränsle. Det i tekniskt och ekologiskt avseende potentiella utbudet av energived uppskattas till 42,9 terawattimmar år 2020.

Energiveden har nästan uteslutande transporterats längs landsväg. Situationen håller emellertid på att förändras, eftersom den ökade efterfrågan utvidgar områdena för energiveds-avverkning och förlänger transportsträckorna. Ett kostnadseffektivt transportsystem förutsätter då även användning av järnvägs- och vattenvägstransporter. I Finland saknas emellertid nästan helt terminaler för flisning, mellanlagring och lastning för vidaretransport i järnvägsvagnar och fartyg. Sådana terminaler är en förutsättning för användning av järnvägs- och vattenvägs-transporter.

Den riksomfattande optimeringsmodellen för transporter av energived är utvecklad som stöd för särskilt trafiksystemplanering. Den lineära optimeringsmodellen optimerar på riksplanet skogsenergis godsflöden mellan utbuds- och användningsställen utgående från anskaffningskostnad. Modellen hanterar simultant leveranser av skogsflis, stubbar och klenved. I de anskaffningskostnader, som används i modellen, ingår kostnaden för energived som är framkörd till vägkant samt kostnaderna för flisning, transporter och terminalhantering.

Det av optimeringsmodellen beskrivna transportsystemet består av vedens utbudsställen (noggrannheten motsvarar 2007 års kommunindelning), vedens användningsställen, järnvägs och vattenvägsterminaler samt förbindelserna mellan dessa längs huvudvägnätet och järnvägsnätet.

Med optimeringsmodellen kan t.ex. undersökas vilka effekter förändringar i efterfrågan på och utbudet av energived samt transportkostnader får på godsflöden av energived, fördelning på transportsätt, belastning av trafiksystemet och transporterernas totala kostnader. Med modellen kan även uppskattas omfattningen av ett optimalt nät av terminaler och den optimala lokaliseringen av terminalerna. Den viktigaste nyttan av modellen är tillförlitligare beräkningar som underlag för beslutsfattande, eftersom det är mycket svårt att utan modellberäkningar hantera de olika faktorer, som påverkar transportflödena av energived.

Med den i detta arbete upprättade optimeringsmodellen undersöktes godsflöden år 2020 i enlighet med basscenariot för utbud av och efterfrågan på energived. Enligt optimeringen skulle de direkta landsvägstransporterna vara ca 4,5 milj. ton (94,8 %), järnvägstransporterna ca 0,2 milj. ton (3,6 %) och fartygstransporterna ca 0,02 milj. ton (1,6 %). I basscenariot ingår inte efterfrågan på energived vid eventuella biobränsleanläggningar. Energibehovet vid en typisk anläggning för framställning av biobränsle är ca 4,2 terawattimmar. Ifall biobränslekraftverket förverkligas, kommer långväga inhemska råvarutransporterna samt andelen järnvägstransporter av transporterna att öka och ifall den placeras nära vattenleder kommer fartygstransporten att öka. Ifall man till exempel skulle förverkliga biokraftverket som planerats till Nordsjö, skulle både direkta vägtransporter och järnvägstransporter öka med 0,4 miljoner ton var och fartygstransporterna skulle öka med 0,2 miljoner ton i året.

Pekka Iikkanen, Sirkka Keskinen, Antti Korpilahti, Tapio Räsänen and Ari Sirkiä: A national optimisation model for energy wood streams. Finnish Transport Agency, Planning Department. Helsinki 2014. Research reports of the Finnish Transport Agency 54/2014 31 pages. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6656, ISBN 978-952-317-035-3, ISSN 1798-6664 (pdf), ISBN 978-952-317-034-6 (pdf).

Key words: bioenergy, forest chips, transport, modelling

Summary

In 2013 a total of 16 terawatt hours of forest energy was used in Finland's heat and power plants. According to studies by Metsäteho and Pöyry, use of energy wood will nearly double to 21.6 terawatt hours by 2020. There also plans to use energy wood as a raw material for biofuel plants. The techno-ecological supply potential of energy wood in 2020 is estimated at 42.9 terawatt hours.

Energy wood material has been transported almost entirely by road. The situation is changing, however, because growing demand for energy wood material will expand raw wood procurement areas and lengthen transport distances. A cost-effective transport system therefore also requires the use of rail and waterway transport. In Finland, however, there is almost a complete absence of the terminals required for the use of rail and waterway transport; where energy wood material is chipped, temporarily stored and loaded onto railway wagons and vessels for further transport.

A national optimisation model for energy wood material has been developed to serve transport system planning in particular. The linear optimisation model optimises, on a national level, goods flows between supply points and usage points based on forest energy procurement costs. The model simultaneously covers deliveries of forest chips, stumps and small-sized thinning wood. The procurement costs used in the optimisation include the costs of the energy wood material's roadside price, chipping, transport and terminal handling.

The transport system described in the optimisation model consists of material supply points (2007 municipality precision), material usage points, railway terminals, waterway terminals, and the connections between them along the main road, rail, and waterway network.

The optimisation model can be used to examine, for example, the effects of changes of energy wood demand and supply as well as transport costs on energy wood material flows, the relative use of different means of transport, transport system loadings and the overall cost of transport. The model is useful while examining the scale of the terminal network and the most optimum locations of individual terminal sites for rail and waterway transport. The most significant benefit of the model is improving the reliability of calculations that support decision-making, since handling the various factors that influence energy wood material transport flows without modeling is very difficult.

The optimisation model formulated in this work was used to examine goods flows in 2020 according to a basic scenario for energy wood supply and demand. According to optimisations, road transport should account for around 4.5 million tonnes (94.8%), rail transport for around 0.2 million tonnes (3.6%) and waterway transport 0.02 million tonnes (1.6 %). The basic scenario does not include energy biomaterial demand from possible biofuel plants. The energy need of a typical biofuel plant is around 4.2 terawatt hours. If new biofuel plants will be built, then long distance domestic raw material transport including use of rail transport will increase. In case the new plant is located on the coastline will it make water transport an attractive alternative and will increase water transport nearby the plant. For example, in Vuosaari, the implementation of the new biomass power plant would increase the direct road transport and rail transport both around 0.4 million tonnes and water transport 0.2 million tonnes per year according the optimization model.

Esipuhe

Metsästä hankittavan energiapuun eli hakkuutähteiden, pienpuun ja kantojen käyttö on nopeasti lisääntymässä energiatuotannossa. Metsäenergiaa tullaan hyödyntämään myös biopolttoaineiden valmistamisessa. Energiapuun haketus on hoidettu pääasiassa hankinta-alueella ja kuljetukset hoidettu suorina tiekuljetuksina käyttöpaikoille. Energiapuun kysynnän kasvaessa kilpailu raaka-aineesta kasvaa ja kuljetusmatkat pidentyvät. Tämä mahdollistaa myös rautatie- ja vesitiekuljetusten käytön.

Metsäenergian kysynnän kasvu vaikuttaa liikenneväylien ja terminaalien kuormitusmuutosten kautta liikennejärjestelmän kehittämis- ja ylläpitotarpeisiin. Liikennevirasto päätti tämän vuoksi metsäenergian kuljetusten valtakunnallisen optimointimallin kehittämisen. Mallin ensimmäinen versiossa (Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 25/2011) kuljetusjärjestelmän kuvaus sisälsi tiekuljetuksen ja rautatiekuljetuksen. Tämän optimointimallin päivityksen tarkoituksena oli sisällyttää malliin myös sisävesikuljetus ja rannikkokuljetus sekä päivittää tie- ja rautatiekuljetuksen kustannukset vastamaan vuoden 2014 tasoa.

Optimointimallin avulla voidaan arvioida energiapuuvirtojen suuntautumista, käytettäviä kuljetusketjuja ja kuljetuskustannuksia erilaisissa metsäenergian tarjonnan ja kysynnän skenaarioissa. Liikennevirasto pitää optimointimallin avulla saatavaa tietoa tärkeänä arvioidessaan metsäenergiaan liittyvien toimintaympäristön muutosten vaikutuksia.

Optimointimallin päivitystyötä ovat ohjanneet rautateiden tavaraliikenteen asiantuntija Timo Välke, liikennetalousasiantuntija Taneli Antikainen ja yksikön päällikkö Tero Sikiö Liikennevirastosta.

Optimointimallin laatimisesta ja sen päivityksestä ovat vastanneet Ramboll Finland Oy ja Metsäteho Oy. Ramboll Finland Oy on vastannut lineaarisen optimointimallin kehittämisestä ja Metsäteho Oy optimointimallin lähtötietoina käytettävien energiapuun tarjonta- ja kysyntätietojen sekä energiapuun hankinta- ja kuljetuskustannusten määrittämisestä. Ramboll Finland Oy:stä työhön ovat osallistuneet DI Pekka Iikkanen (projektipäällikkö) ja DI Ari Sirkiä. Metsäteho Oy:ssä työhön ovat osallistuneet MML Antti Korpilahti, LuK Sirkka Keskinen ja MMM Tapio Räsänen.

Helsingissä joulukuussa 2014

Liikennevirasto
Suunnitteluosasto, liikennejärjestelmäyksikkö

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	8
2	OPTIMOINTIMALLIN KUVAUS	10
3	LÄHTÖTIEDOT	12
3.1	Energiapuun tarjonta ja kysyntä.....	12
3.2	Kuljetus- ja terminaalikustannukset.....	12
4	KULJETUSJÄRJESTELMÄN KUVAUS	15
4.1	Kuljetusjärjestelmän osat	15
4.2	Kuljetusten reititys ja kuljetusjärjestelmän rajoitukset	17
5	OPTIMOINTIMALLIN KÄYTTÖ	18
5.1	Skenaarioiden muodostaminen.....	18
5.2	Liikenneverkon kuormitukset.....	18
6	SKENAARIOTARKASTELUT	19
6.1	Perusskenaario	19
6.1.1	Metsäenergian tarjonta	19
6.1.2	Metsäenergian kysyntä	19
6.1.3	Tarjonnan ja kysynnän välinen alueellinen tasapaino	20
6.1.4	Optimointien tulokset	21
6.2	Case-tarkastelut	24
6.2.1	Alholman laitos.....	24
6.2.2	Alholman laitoksen energiapuuvirrat.....	24
6.2.3	Vuosaaren C-voimalaitos.....	26
6.2.4	Hankkeen vaikutukset	26
6.2.5	Kuljetukset Saimaalla	28
7	MALLIN SOVELTAMISMAHDOLLISUUKSIA	29
	KIRJALLISUUSLUETTELO.....	31

1 Johdanto

Hallituksen ilmasto- ja energiapolitiikan ministeriyöryhmä pääsi 20.4.2010 yhteisymmärrykseen uusiutuvan energian velvoitepaketin sisällöstä. EU-velvoitteen mukaisesti Suomen on käytännössä lisättävä uusiutuviin energiamuotoihin perustuvaa energiantuotantoa vuoteen 2020 mennessä yhteensä 38 terawattitunnilla (TWh).

Hallitus arvioi energian kulutuksen olevan Suomessa vuonna 2020 yhteensä 327 TWh. Tästä uusiutuvista energialähteistä saadun energian määrä tulee olla 124 TWh, jotta Suomi täyttäisi velvoitteensa nostaa uusiutuvan energian osuus 38 prosenttiin energian kulutuksesta vuonna 2020. Ministeriyöryhmän mukaan uusiutuvan energian haastavaan lisäystavoitteeseen päästään edistämällä erityisesti metsähakkeen ja muun puuenergian käyttöä, tuulivoimaa, liikenteen biopolttoaineiden käyttöä sekä lisäämällä lämpöpumppujen käyttöä.

Vuonna 2009 metsähakkeen käyttö oli noin 10 TWh eli noin 5 miljoonaa kiinto-kuutiometriä ja vuonna 2013 noin 8 miljoonaa kuutiometriä (16 TWh). Ministeriyöryhmän esityksen mukaan tavoitteena on nostaa metsähakkeen käyttö 25 TWh:iin eli noin 13,5 miljoonaa kuutiometriin vuoteen 2020 mennessä. Metsähakkeen käyttöä pyritään edistämään tukipaketilla, joka sisältää pienpuun haketuksen energiatuen, muuttuvan sähköntuotannon käyttöön liittyvän tuen ja pien-CHP:n syöttötariffin ta-kuuhintajärjestelmän uusille laitoksille.

Ilmasto- ja energiapoliittisen työryhmän tavoitteena on myös liikenteen biopolttoaineiden käytön nostaminen 7 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä. Tavoite pyritään saavuttamaan nostamalla biopolttoaineiden sekoitusosuus 20 %:iin liikennepolttoaineiden myyjille asetettavan jakelovelvoitteen avulla. Tämä edellyttää huomattavia investointeja biodieseltuotantoon. Suomeen kaavaillaan kolmea ns. toisen sukupolven biodiesellaitosta. Tavoitteen saavuttamiseksi esillä on ollut useita eri puolella maata sijaitsevia hankkeita.

Metsäenergian kuljetusmatkat metsästä käyttöpaikoille ovat yleensä alle 100 kilometrin pituisia. Tämän vuoksi kuljetukset ovat olleet lähes yksinomaan tiekuljetuksia ja metsäenergiaraaka-aineet on haketettu kuljetuksen lähtöpäässä. Metsästä hankittavan energiapuun huomattava käytön lisääminen tulee laajentamaan raaka-aineiden hankinta-alueita ja pidentämään kuljetusmatkoja erityisesti silloin, kun käyttö keskittyy suuriin laitoksiin. Kustannustehokas metsäenergian hankinta tarkoittaa tällöin myös muiden kuljetusmuotojen hyödyntämistä. Tämä edellyttää mm. tie- ja rautatiekuljetusten sekä tie- ja aluskuljetusten solmukohtina toimivien terminaalien ja niiden muodostaman terminaaliverkon kehittämistä.

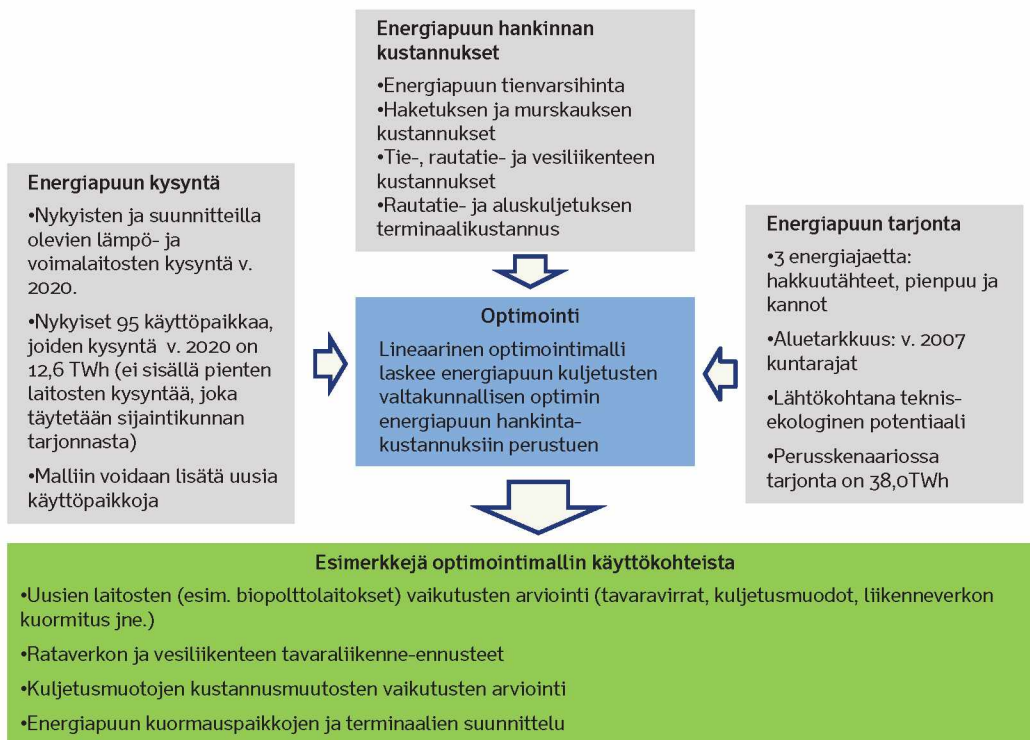
Metsähakkeen käsittelyyn soveltuvien rautatie- ja vesitieternaalien optimaalinen sijainti on riippuvainen metsäenergian nykyisistä käyttöpaikoista ja erityisesti siitä, mihin uusia metsäenergiaa käyttäviä voima- ja biodiesellaitoksia toteutetaan. Metsäenergian kuljetusten suunnat ja pituudet voivat poiketa merkittävästi raakapuun päävirtojen suunnista. Metsäenergian käsittelyä ja kuljetuksia varten toteutettavat terminaalit ovat luonteeltaan yksityisiä tuotantoalueita ja niillä olevat ja rataverkolta alueelle johtavat raiteet ovat yksityisraiteita. Raakapuun käsittelyä varten perustetuissa terminaaleissa ei yleensä ole riittävästi tilaa myös metsäenergian käsittelyyn. On kuitenkin mahdollista, että raakapuun ja metsäenergian käsittelyyn keskittyneet terminaalit sijaitsevat lähekkäin.

Metsäenergian kuljetuksia koskevien muutosten ennakointi on tärkeää kuljetuksiin käytettävien väylien ylläpidon suunnittelussa. Rautateitse ja vesitse hoidettavien tavavirtojen määrittäminen on tärkeä terminaalipaikkojen suunnittelun lähtökohta. Metsäenergian alueellisesti muuttuvan tarjonnan ja kysynnän vaikutuksia energiapuun kuljetusvirtoihin voidaan parhaiten arvioida optimointiin perustuvan mallintamisen avulla. Tällainen optimointimalli voi perustua esimerkiksi puun myyjän tuotantokatteen maksimointiin tai energiapuun käsittely- ja kuljetusketjun kustannusten minimointiin valtakunnallisella tasolla.

2 Optimointimallin kuvaus

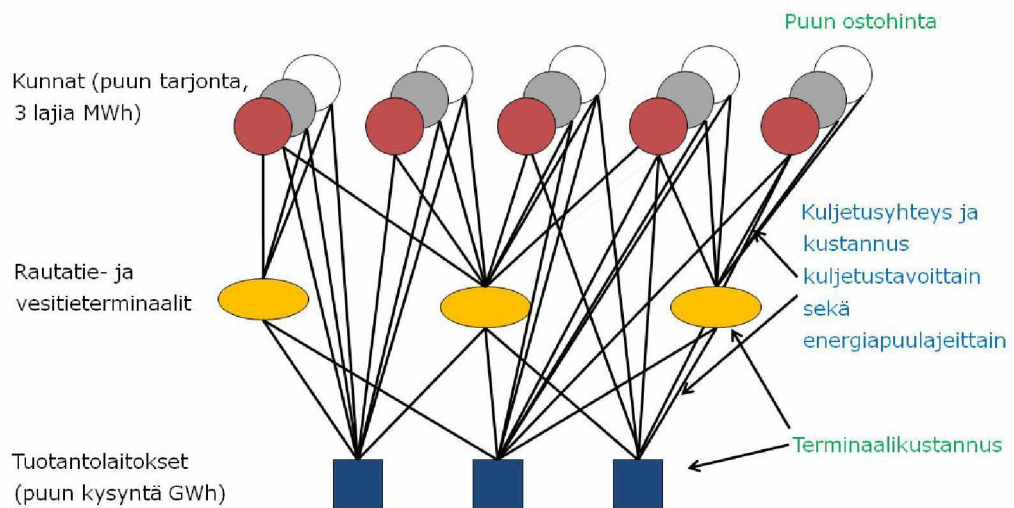
Lähtökohtana energiapuun kuljetusten optimointimallin suunnittelussa oli Liikenneviraston laatima raakapuuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli (Pekka Iikkanen et al., 2010). Molemmat mallit perustuvat lineaarisen optimointimallin käyttöön. Energiapuun mallin lähtötiedot muodostuvat metsäenergian tarjonta- ja käyttö-tiedoista, kuljetusverkkojen (väylät ja terminaalit) kuvauksista sekä metsähakkeen hinta-, käsittely- ja kuljetuskustannuksista. Mallissa voidaan tarkastella samanaikaisesti kaikkia kuljetusmuotoja. Mallia on täydennetty sisävesi- ja rannikkokuljetusten tarkastelun edellyttämällä lähtötiedoilla, joten se sisältää tie- ja rautatiekuljetusten sekä rannikko- ja sisävesikuljetusten tarkastelujen edellyttämät kuljetusverkot.

Energiapuun valtakunnallinen optimointimalli laskee metsäenergian tarjontapisteiden ja metsäenergian käyttöpisteiden väliset tavaravirrat metsäenergian hankintakustannuksiin perustuen. Optimointimallissa metsäenergia on jaettu kolmeen energiapuulajiin, jotka ovat hakkuutähteet, pienpuu ja kannot. Malli optimoi samanaikaisesti kaikkien energiapuulajien tavaravirrat niin, että kaikkien metsäenergian käyttöpaikkojen energiatarve tulee tyydytettyä ja metsäenergian hankinnan kustannukset muodostuvat valtakunnan tasolla mahdollisimman pieniksi (kuva 1).



Kuva 1. Energiapuukuljetusten optimointimallin rakenne ja käyttökohteet.

Optimointimallin elementit muodostuvat puun tarjontapisteistä (kunnat), puun käyttöpaikoista, terminaaleista sekä näiden välisistä yhteyksistä (kuva 2). Käytävissä olevia reittejä ovat erilaiset elementtien välisten yhteyksien kombinaatiot eli suorat tiekuljetukset, tie-rautatiekuljetukset rautatieterminaalien kautta ja tie-vesitiekuljetukset vesiliikenneterminaalien kautta. Rautatie-vesikuljetuksen käytön edellytyksenä on, että käyttöpaikka voi vastaanottaa rautateitse tai vesitse toimitettavaa metsähaketta.



Kuva 2. Energiapuun optimointimallin elementit.

3 Lähtötiedot

3.1 Energiapuun tarjonta ja kysyntä

Optimointimallissa tarkastellaan pelkästään kotimaisen metsäenergian tarjontaa ja kysyntää. Kotimaisen metsäenergian tarjonta määritetään tarkasteluja varten kunnittain. Tarjonnassa eritellään erilaiset energiapuulajit (hakkuutähteet, pienpuu ja kannot) niiden toisistaan poikkeavien hankinta-, kuljetus- ja terminaalikustannusten vuoksi. Mallissa käytetään vuoden 2007 kuntarajoja.

Energiapuun kysyntä määritetään käyttöpaikoittain energiamäärinä, esimerkiksi megawattitunteina (MWh). Käyttöpaikkoja ovat mm. kattila- ja voimalaitokset, pelletti-tehtaat ja mahdolliset biopolttoainelaitokset. Käyttöpaikkakohtaisen metsäenergian kysynnän määrittämisessä otetaan huomioon muiden energialähteiden kuten mekaanisen metsäteollisuuden sivutuotteena saatavan hakkeen, kivihiilen, maakaasun ja turpeen osuudet laitosten kokonaisenergian tarpeista. Lisäksi metsäenergian kokonaiskysynnästä vähennetään mahdollisen metsäenergian tuonnin osuus. Optimointia varten samalla paikkakunnalla toimivien käyttöpaikkojen käyttämä energiamäärä voidaan yhdistää.

3.2 Kuljetus- ja terminaalikustannukset

Energiapuulajeille määritettiin kunnittain keskimääräiset tienvarsihinnat energiapuulajeittain. Ne sisältävät metsänomistajille maksettavat kantohinnat ja energiapuun korjuun kustannukset. Kustannukset laskettiin leimikoiden korjuuteknisten ominaisuuksien mukaan. Pienpuun hinnassa otettiin huomioon tuki 4,00 €/MWh ja sisältyy alla oleviin lukuihin.

Metsäenergiajakoiden tienvarsihinnat vaihtelivat kunnittain seuraavasti:

- hakkuutähteet 5,46–7,76 €/MWh
- kannot 7,43–11,43 €/MWh
- pienpuu, perusvaihtoehto 7,80–9,39 €/MWh

Tarkasteluja varten kuljetusketjujen kuljetuskustannukset määritettiin kaukokuljetusmatkasta riippuviksi funktioiksi. Optimointimalliin sisältyvät toimitusketjut ovat:

1. Hakkuutähteet
 - haketus tienvarsivarastolla + hakkeen kuormaus ja kuljetus autolla käyttöpaikalle
 - hakkuutähteiden kuormaus ja kuljetus autolla terminaaliin + haketus terminaalissa + hakkeen kuormaus ja kuljetus junalla tai aluksella
2. Kannot
 - kantopuun kuormaus ja kuljetus autolla käyttöpaikalle + murskaus käyttöpaikalla
 - kantopuun kuormaus ja kuljetus autolla lastausterminaaliin + murskaus + murskeen kuormaus ja kuljetus junalla tai aluksella

3. Pienpuu

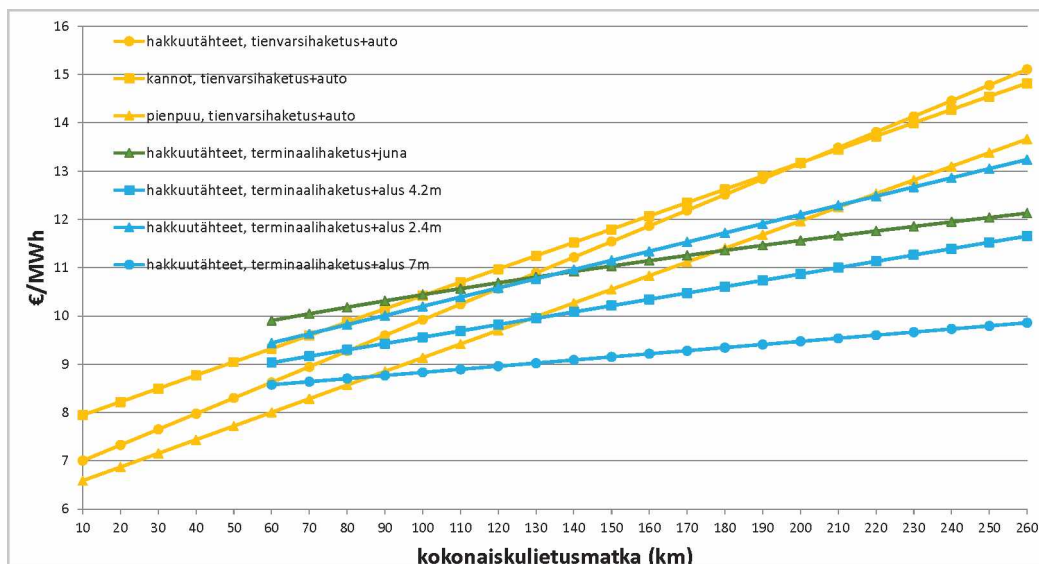
- pienpuun haketus tienvarsivarastolla + hakkeen kuormaus ja kuljetus autolla
- pienpuun kuormaus ja kuljetus autolla terminaaliin + haketus + hakkeen kuormaus ja kuljetus junalla tai aluksella

Haketuksen ja terminaalitoimintojen kustannuksina sekä yleiskustannuksina (1,50 €/MWh) on mallissa käytetty energiapuulajeittain:

- hakkuutähteet: haketus tienvarressa 5,50 €/MWh ja haketus terminaalisissa 4,50 €/MWh
- kannot: murskaus käyttöpaikalla 6,50 €/MWh ja murskaus terminaalisissa 5,50 €/MWh
- pienpuu: haketus tienvarressa 5,30 €/MWh ja haketus terminaalisissa 4,30 €/MWh

Kuljetuskustannukset määritettiin autokuljetukselle energiapuulajeittain. Junalla ja vesitse kuljetetaan vain hakettua tai murskattua materiaalia, minkä vuoksi kaikille energiapuulajeille käytettiin samaa rautatie- ja vesikuljetuksen kustannusfunktioita. Terminaalikustannukset asetettiin vastaamaan tilannetta, jossa lastaus ja purkaminen tehdään tehokkaasti. Lastauksen osalta se tarkoittaa terminaalikäsitteilyä, jossa hake tai murske välivarastoidaan lastauspaikan välittömässä läheisyydessä ja kuljetusyksiköt täytetään tehokkaalla kuormaajalla tai materiaalinkäsittelykoneella. Tuotantolaitosten oletetaan olevan suunniteltu vastaanottoon. Tällä hetkellä kaikki optimointilaskennassa kuljetukseen osoitetut vastaanottopaikat eivät täytä tätä kriteeriä, mutta purkupaikkojen oletetaan kehittyvän kuljetusten volyymin kasvun myötä.

Kuvassa 3 esitetään energiapuun haketus- ja kuljetusketjujen kustannukset kuljetusmatkan suhteen. Juna- ja aluskuljetuksiin sisältyy 50 km alkukuljetusmatka autolla. Nämä käsittelykustannukset sisältävät myös hankinnan yleiskustannukset.



Kuva 3. Energiapuun käsittely- ja kuljetusketjujen kustannukset kuljetusmatkan suhteen eri kuljetusketjuissa, joka sisältää alkukuljetuksen 50 km.

Aluskuljetuksen yksikkökustannukset ovat riippuvaisia käytettävästä alustyypistä. Väylien kulkusyvyyden rajoittama kuljetusyhteyksiä ja alusten täyttöastetta. Rannikkokuljetuksissa voidaan käyttää aluksia joiden syväys on seitsemän metriä. Hakettamattoman pienpuun, hakkuutähteiden ja kantojen kuljetus on kalliimpaa kuin hakettamattoman, mutta toisaalta haketuksen kustannus terminaalissa on edullisempaa kuin tien varrella.

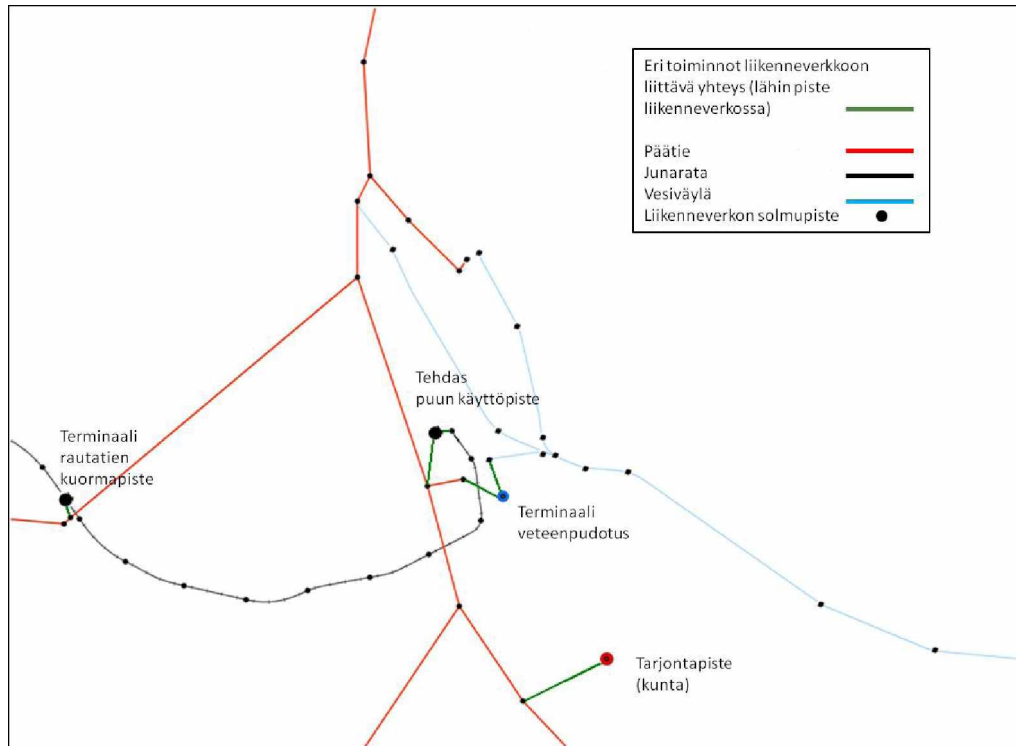
Kannot ovat merkittävä energiapuulähde ja niiden hankinta ja käsittelytekniikka vielä uutta. Kantopuun käyttöaluetta alentaa kuljetuksen aikainen huono tiiveys. Tiiveyttä voidaan parantaa ns. esimurskauksen avulla, jonka avulla kuormien tiiviyyttä saadaan parannettua ja siten kasvatettua kuormakokoa. Todennäköisesti kantopuu jää esimurskauksen sisältävällä tuotantoketjullakin selvästi kalliimmaksi kuin muut energiapuulajit.

4 Kuljetusjärjestelmän kuvaus

4.1 Kuljetusjärjestelmän osat

Kuljetusjärjestelmän runko koostuu päätieverkosta, Suomen rataverkosta, vesiväylisistä Vuoksen vesistöissä, Päijänteellä ja rannikolla sekä rautatie- ja aluskuljetuksissa käytettävistä terminaaleista (kuva 4). Lisäksi kuljetusjärjestelmään sisältyy yhteydet kotimaisen puun tarjontapisteistä päätieverkkoon, yhteydet päätieverkolta rautatie- ja vesitietermiinaaleihin sekä yhteydet päätie- ja rataverkolta sekä laivaväyliltä energiapuun käyttöpaikoille (kuva 5). Tuotantolaitosten mahdollisuudet vastaanottaa rautatie- ja vesikuljetuksia määritettiin tapauskohtaisesti. Tiekuljetuksen käyttö on aina mahdollinen.

Toistaiseksi mallissa kuvatut energiapuun kuormauspaikat ovat raakapuun lastaukseen käytettäviä rautatie- sekä vesiliikenteen kuormauspaikkoja ja terminaaleja. Lähtökohtaisesti rautatieliikenteen terminaalit ja kuormauspaikat eivät sovellu energiapuun kuormaukseen. Myös vesiliikenteen osalta mallissa kuvattujen kuormauspaikkojen soveltuvuus energiapuun käsittelyyn on varmistettava tapauskohtaisesti. Mallista voidaan poistaa kuormauspaikkoja ja vastaavasti niitä voidaan lisätä malliin.



Kuva 5. Esimerkki energiapuun tarjontapisteiden, rautatieterminaalien ja energiapuun käyttöpaikkojen kiinnittämisestä liikenneverkkoon.

4.2 Kuljetusten reititys ja kuljetusjärjestelmän rajoitukset

Tiekuljetusten kustannuslaskennan lähtökohtana ovat kuljetusmatkat määritetään nopeimpaan reittiin perustuen. Rautatiekuljetusten osalta kuljetuskustannukset määritetään lyhimpään ratayhteyteen perustuen. Aluskuljetusten kustannus on riippuvainen väyläsyvyydestä ja sitä kautta alustyyppistä (syväys). Tarkasteluissa käytetyt alukset edellyttävät 2,4, 4,2 tai 7,0 metrin väyläsyvyyttä. Vesiliikenteen kuljetuskustannus yhteysväillä perustuu edullisimman aluskoon mukaiseen kustannukseen siten, että kustannus on laskettu yhteysvälin edellyttämän alustyyppin mukaan koko vesikuljetusmatkalle. Optimointimallia sovellettaessa rautatiekuljetusten kuljetuskustannukset voidaan määrittää myös vaihtoehdoisen reitin mukaan. Tällöin voidaan ottaa huomioon myös muita kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä kuten ratojen nopeusrajoitukset ja sähköistys.

Kapasiteettirajoitusten tarkastelu on osa optimointitulosten analysointia. Esimerkiksi vertailemalla optimointitulosten mukaisia kuljetusvirtoja kuljetusjärjestelmän eri osien ominaisuuksiin (esim. rataosan välityskykyyn), saadaan selville kuljetusjärjestelmän pullonkaloja ja kehittämistarpeita. Tämän vuoksi lähtökohdaksi on otettu tilanne, jossa tie- ja rataverkon sekä terminaalien kapasiteettirajoituksia ei ole otettu huomioon. Rautatieliikenteen ja vesiliikenteen kuormauspaikkojen kautta kulkevien energiapuuvirtojen määrä vaikuttaa myös käsittelykustannuksiin. Jos terminaalin kautta kuljetettavan energiapuun määrä jää optimitilanteessa alhaiseksi, terminaali tulee poistaa mahdollisten terminaalien joukosta ja etsiä uusi ratkaisu vaihtoehtoiselle kuljetusjärjestelmälle.

5 Optimointimallin käyttö

5.1 Skenaarioiden muodostaminen

Optimointimallin käyttämiseksi määritetään tarkasteltavan tilanteen (skenaarion) mukainen energiapuun kysyntä ja tarjonta, käytettävät kuljetuskustannukset ja käytettävissä olevat terminaalit. Mikäli halutaan tarkastella pelkästään kysynnän ja tarjonnan muutoksia, voidaan lähtökohtana käyttää edellä kuvattua kuljetusjärjestelmää ja kuljetustapakohtaisia kustannuksia. Mikäli halutaan tarkastella muutoksia myös kuljetusjärjestelmässä ja/tai kuljetuskustannuksissa, on tällaiset muutokset vietävä kuljetusjärjestelmään ja kuljetusyhteyksien pituudet ja sitä kautta kustannukset määritettävä uudelleen. Esimerkiksi energiapuun kuormauspaikkaverkon kehittämisen arviointia varten, voidaan malliin lisätä uusia, energiapuun käsittelyyn ja varastointiin soveltuvia kuormauspaikkoja ja vastaavasti poistaa nykyisiä, varsinaisesti raakapuun kuormaukseen tarkoitettuja paikkoja.

Energiapuun vuotuinen kysyntä annetaan energiapuun käyttöpaikoittain (samalla paikkakunnalla sijaitsevia tuotantolaitoksia voidaan yhdistää). Mahdollinen tuontienergiapuun vuotuinen käyttö annetaan erikseen, jolloin optimoinnissa tarkastellaan pelkästään kotimaisen energiapuun tavaravirtoja. Kotimaisen energiapuun tarjonta kuvataan kunnittain ja energiapuulajeittain sekä sovitetaan yhteen puun kysynnän kanssa (tarjonnan on oltava vähintään yhtä suuri kuin kysyntä). Eri energiapuulajeille on myös määritetty materiaalikustannus, joka on kuntakohtainen ns. tienvarsihintaa. Hinta määräytyy puun käsittelykustannuksista.

5.2 Liikenneverkon kuormitukset

Optimointimalli laskee energiapuulajeittain suoriksi autokuljetuksiksi ohjautuvat puuvirrat sekä rautatie- tai vesitieteterminaalien kautta kulkevat tavaravirrat vuotuisina energiamäärinä, jotka voidaan muuttaa tonnimääriksi, irtokuutioiksi tai ajoneuvomääräksi kuljetus- ja liikennejärjestelmätarkasteluja varten. Energiapuun energiasisältö ja tilavuuspaino ovat riippuvaiset puun kosteuspitoisuudesta. Keskimääräinen kosteusprosentti on noin 40, jolloin haketun energiapuun irtotilavuuspaino noin 300 kg/ irtokuutiometri. Tällöin energiapuun keskimääräinen energiasisältö on noin 2,1 MWh/ kiintokuutiometri tai noin 0,8 MWh/ irtokuutiometri (1 MWh energiapuuta painaa noin 375 kg).

Optimointiin perustuvista energiapuuvirroista muodostetaan kuljetusjärjestelmän kuormitusten määrittämistä varten seuraavat kuljetusmatriisit:

- tiekuljetukset puun tarjontapisteiden ja tuotantolaitosten tai terminaalien välillä
- rautatiekuljetukset terminaalien ja tuotantolaitosten välillä
- vesitiekuljetukset terminaalien ja tuotantolaitosten välillä

Kuljetusmatriisit sijoitellaan liikenneverkoille EMME -sijoitteluohjelmistolla. Sijoittelujen tuloksena saadaan liikenneverkon osien (linkkien) kuljetusmäärät. Ohjelmalla voidaan tuottaa myös monia muita hyödyllisiä tulostuksia. Esimerkiksi sillä voidaan määrittää tietyn linkin kautta kulkevien kuljetusvirtojen lähtö- ja määräpaikat ns. linkkihaastatteluna.

6 Skenaariotarkastelut

6.1 Perusskenaario

6.1.1 Metsäenergian tarjonta

Metsäenergian tarjonnan kuntakohtaiset arviot perustuvat vuosina 2008–2010 tehtyihin selvityksiin kiinteiden puupolttoaineiden saatavuudesta ja käytöstä Suomessa vuonna 2020 (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2010). Energiapuun saatavuus on riippuvainen ainespuuhakkuiden määrästä ja leimikoiden rakenteesta. Lähtökohtana pidettiin 56,6 milj. m³ vuotuista kotimaisen ainespuun hakkuumäärää. Tilastoidut teollisuuspuun hakkuut vuonna 2013 olivat 56,1 milj. m³.

Energiapuun tarjontana on tarkasteltavassa perusskenaariossa käytetty niin sanottua teknis-ekologista potentiaalia, jossa on otettu huomioon seuraavat tekijät:

- ainespuuhakkuiden määrä ja leimikkorakenne
- korjuutekninen talteen saatavuus ja kohdevalinta
- korjuukohteiden valinta ekologisten seikkojen perusteella
- arvio metsänomistajien myyntihalukkuudesta.

Määrytykset tehtiin metsäkeskusalueittain ja johdettiin kuntakohtaisiksi energiapuupotentiaaleiksi.

Energiapuun kokonaistarjonta perusskenaariossa, joka ei sisällä paikallista pienten laitosten käyttöä, on 38 TWh ja se jakautuu energiapuulajeittain seuraavasti:

- hakkuutähteet uudistushakkuista 9,6 TWh
- kantopuu uudistushakkuista 13,5 TWh
- pienpuu nuorista kasvatusmetsistä 15,0 TWh.

Energiapuun tienvarsihintaa vaihtelee kunnittain ja vaikuttaa laitosten puunkäyttöön vastaavalla kustannuksella. Puun hintaa ei ole sisällytetty kuljetuskustannuksiin, mutta se vaikuttaa optimointituloksen kuljetusvirtoihin sillä se otetaan huomioon kokonaisedullisinta ratkaisua määritettäessä. Tienvarsihintaa on keskimäärin:

- hakkuutähteet 6,51 €/MWh
- kantopuu 9,00 €/MWh
- pienpuu 8,50 €/MWh.

6.1.2 Metsäenergian kysyntä

Tarkasteltava energiapuun kysyntä perustui Metsätehon ja Pöyryn selvityksessä määritettyihin nykyisten ja suunniteltujen uusien käyttöpaikkojen metsäenergian käyttöihin vuonna 2020. Vuonna 2013 metsäenergiaa käytettiin lämpövoimalaitoksissa yhteensä 16 TWh (Metsäntutkimuslaitos, 2014). Selvityksen mukaan energiapuun käyttö tulee lähes kaksinkertaistumaan vuoteen 2020 mennessä, jolloin ennustettu kysyntä on 21,6 TWh. Tässä ennusteessa ei ole mukana Suomeen kaavailtujen biopolttoainelaitosten energian tarvetta.

Metlan tilaston (Metsätilastotiedote 31/2014, Puun energiakäyttö 2013) mukaan metsähakkeen käyttökohteita oli vuonna 2013 880 kpl. Suuri osa laitoksista on pieniä (arviolta 620 laitosta), joiden vuotuinen puupolttoaineen käyttö oli alle 10 000 MWh.

Perusskenaarioon sisältyvien käyttöpaikkojen lukumäärän vähentämiseksi pienten lämpölaitosten kysyntä (enintään 20 GWh asti) täytettiin sijaintikunnan energiapuun tarjonnasta. Ensisijaisesti kysyntä täytettiin pienpuulla, koska se sopii hakkuutähdettä paremmin pienille energialaitoksille. Tällä tavoin paikalliseen käyttöön ohjatun metsäenergian määrä oli yhteensä noin 1 TWh. Optimointilaskentaan jäi 95 nykyistä toimituspaikkaa, joiden energiapuun kysyntä oli yhteensä noin 12,6 TWh.

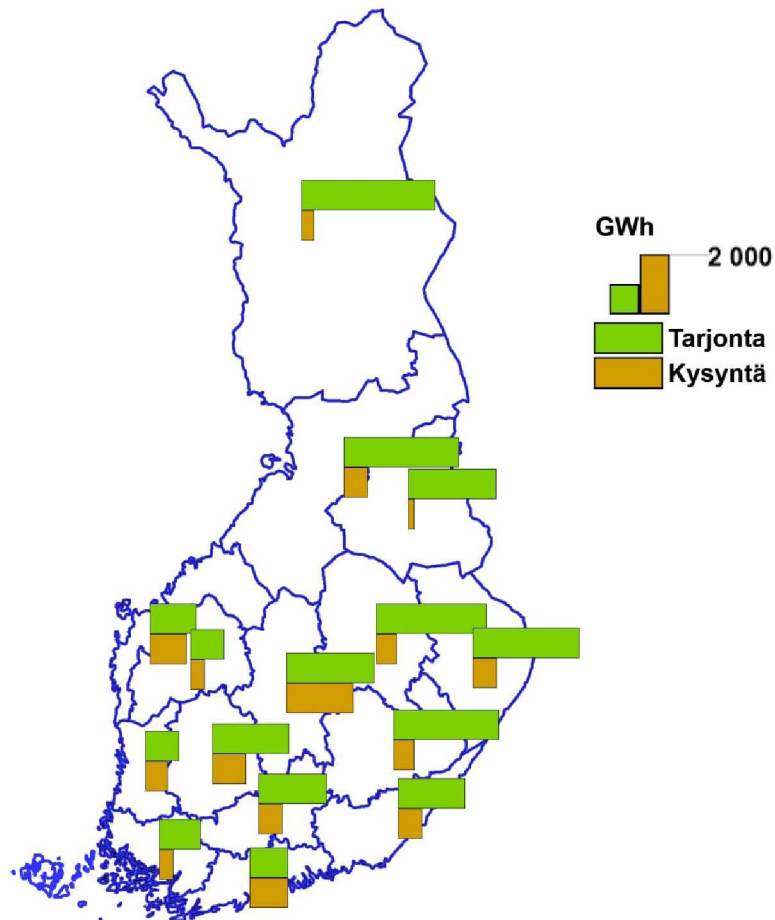
6.1.3 Tarjonnan ja kysynnän välinen alueellinen tasapaino

Metsäenergian tarjonta vuonna 2020 on perusskenaariossa noin kaksinkertainen kysyntään nähden. Erityisen selvästi metsäenergian tarjonta ylittää ennustetun peruskysynnän Lapissa, Pohjois-Pohjanmaalla, Kainuussa, Pohjois-Savossa, Pohjois-Karjalassa, Etelä-Savossa ja Pirkanmaalla. Muualla ennustettu tarjonta ja kysyntä ovat lähes samalla tasolla (kuva 6).

Tarjonnan ja kysynnän epävarmuustekijät

Perusskenaariota suuremman tarjonnan mahdollistaa nuorten metsien merkittävä pienpuun reservi. Hyödynnettävän pienpuun tasoa voidaan selvitysten mukaan nostaa vaarantamatta silti kuitupuuta käyttävien tehtaiden puuhuoltoon. Energiapuun tukijärjestelmä (pienpuun energiatuki) on muuttumassa, mutta sen sisällöstä ei ole tällä hetkellä yksityiskohtaista tietoa. Tukijärjestelmän tavoitteena on parantaa pienpuun käyttöön saantia. Selvitysten mukaan pienpuun energiakertymä voi nousta 25 TWh:iin eli 9,3 TWh perusskenaarion tarjontaa suuremmaksi.

Energiapuun kysyntä kasvaa merkittävästi, jos yksi tai useampi esillä olleista biopolttoainelaitoshankkeista päätetään toteuttaa. Tyypillisen laitoksen synnyttämä energiapuun tarve on noin 4,2 TWh.



Kuva 6. Perusskenaarion mukainen kotimaisen energiapuun tarjonta (yhteensä 38 TWh) ja suurten laitosten kotimaisen energiapuun kysyntä ELY-keskusalueittain vuonna 2020.

6.1.4 Optimointien tulokset

Kuljetustapajakauma sekä kuljetus- ja terminaalikustannukset

Perusskenaariossa kotimaisen metsäenergian kuljetuksia on kysynnän mukaisesti noin 4,7 milj. tonnia (12,6 TWh). Optimointien mukaisista kuljetuksista suoria tiekuljetuksia on noin 4,5 milj. tonnia (11,9 TWh), auto-junakuljetuksia noin 0,2 milj. tonnia (0,5 TWh) ja auto-aluskuljetuksia 0,08 milj. tonnia (0,2 TWh). Tonnikilometreissä lasketuista kuljetuksista 84 % on tiekuljetuksia, 10 % rautatiekuljetuksia ja aluskuljetuksia 6 %. Tiekuljetusten suorite sisältää myös liityntäkuljetuksen terminaaliin.

Kuljetukset jakautuvat energiapuulajeittain seuraavasti:

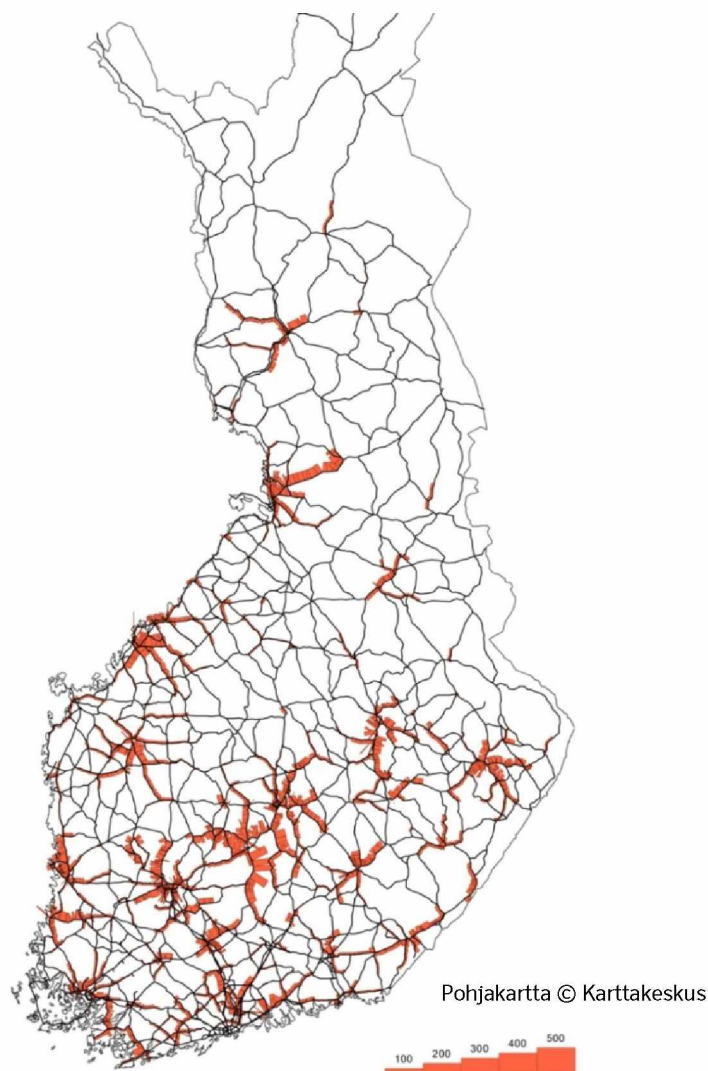
- metsähakkuutähteet 7,65 TWh
- pienpuu 4,40 TWh
- kannot 0,55 TWh

Perusskenaarion optimitilanteessa kotimaisen metsäenergian kuljetus- ja terminaali-kustannukset ovat yhteensä noin 97,4 M€ vuodessa, josta suorien tiekuljetusten osuus on noin 94 M€, junakuljetusten osuus noin 1,2 M€ aluskuljetusten noin 0,55M€.

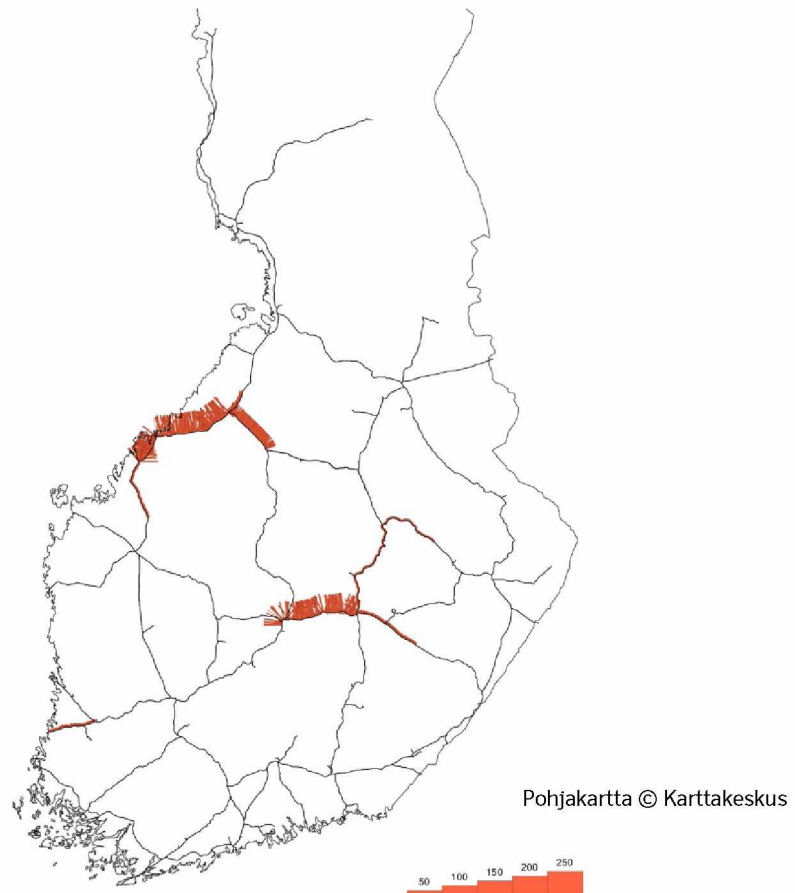
Kuljetusmatkat ja liikenne- ja terminaaliverkon kuormitukset

Optimointien mukaan kaikkien suorien tiekuljetusten keskimääräinen kuljetusmatka on noin 40 kilometriä, rautatiekuljetusten noin 127 km ja vesikuljetusten 164 km. Edellä mainittuihin tiekuljetusmatkoihin sisältyy suora liityntä päätieverkolle. Kuljetus ei reitity yksityiselle ja alemmalla yleisellä tieverkolla, joten liityntäosuuden pituutta ei ole mitattu tien geometrian mukaisesti.

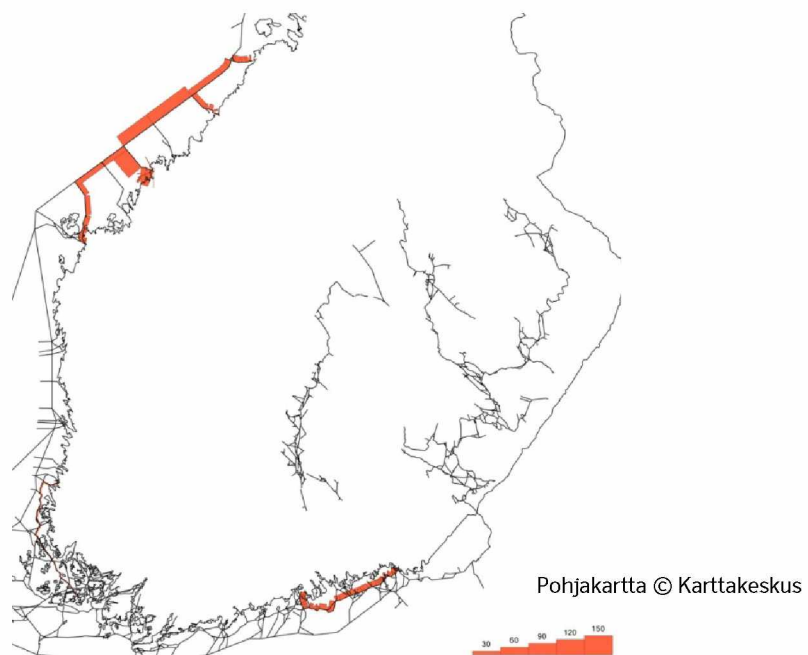
Energiapuun kuljetukset tieverkolla keskittyvät suurille kysyntäpaikoille johtaville pääteille sekä merkittävimmille rautatieterminaaleihin johtaville teille (kuva 7). Optimointien mukaan rautatiekuljetuksia käytetään kaikkein suurimpien käyttöpaikkojen kuljetuksissa. Tällaisia käyttöpaikkoja on perusskenaarion kysynnän mukaan erityisesti Keski-Suomessa ja pohjanmaan rannikolla (kuva 8). Vesikuljetuksia on käytettyillä kuljetuskustannustasoilla vain rannikolla (kuva 9).



Kuva 7. Energiapuun kuljetusten aiheuttama päätieverkon kuormitus perusskenaarion mukaisessa valtakunnallisessa optimitilanteessa (GWh /vuosi).



Kuva 8. Energiapuun kuljetusten aiheuttama rataverkon kuormitus (GWh/vuosi) perusskenaarion mukaisessa valtakunnallisessa optimitilanteessa.



Kuva 9. Energiapuun kuljetusten aiheuttama vesiväylästä kuormitus (GWh/vuosi) perusskenaarion mukaisessa valtakunnallisessa optimitilanteessa.

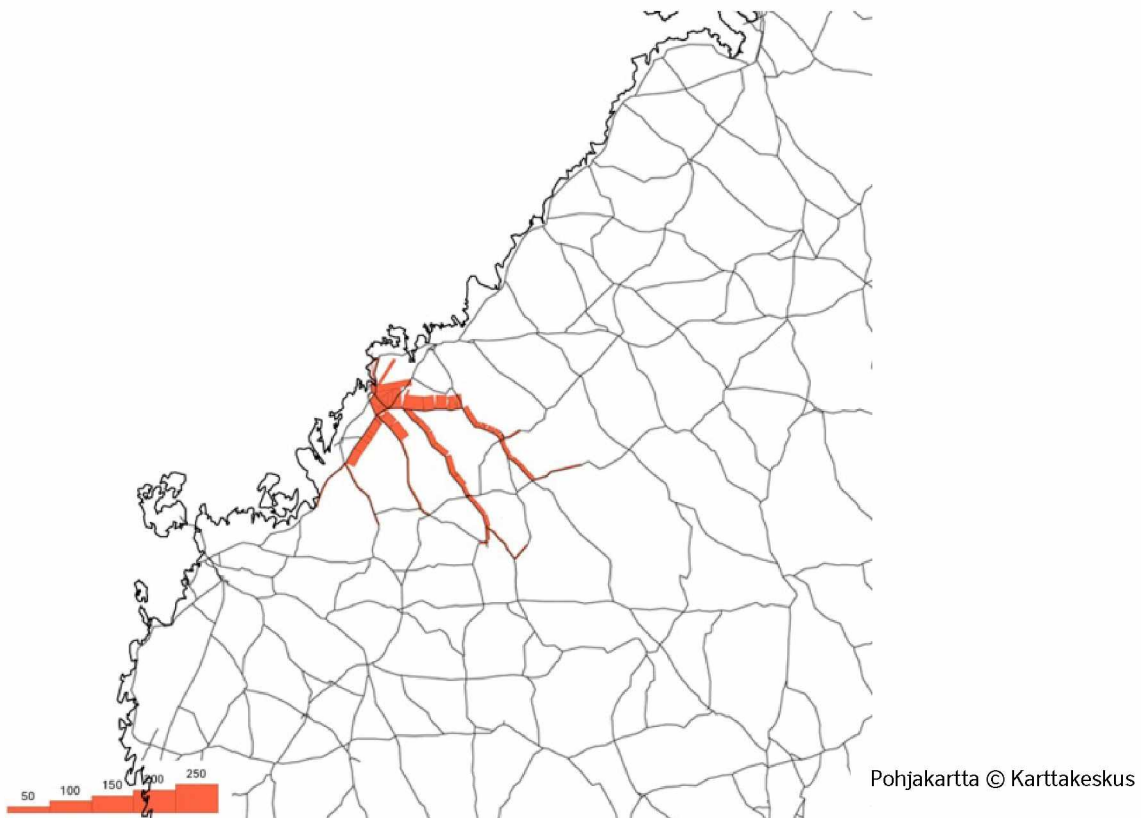
6.2 Case-tarkastelut

6.2.1 Alholman laitos

Alhomassa sijaitsevien energiapuuta käyttävien laitosten (Oy Alholmens Kraft Ab AK1+AK2) kysyntä on nykytilanteen mukainen ja energiapuun kuljetusvirrat ovat perusskenaarion mukaiset. Laitos käyttää seudulta saatavia hakkuutähteitä ja kantoja. Lisäksi laitos käyttää polttoaineseoksessa pyöreää puuta, joka ei kelpaa massa-tuotantoon. Laitoksen metsäenergian käyttö on 0,83 TWh vuodessa.

6.2.2 Alholman laitoksen energiapuuvirrat

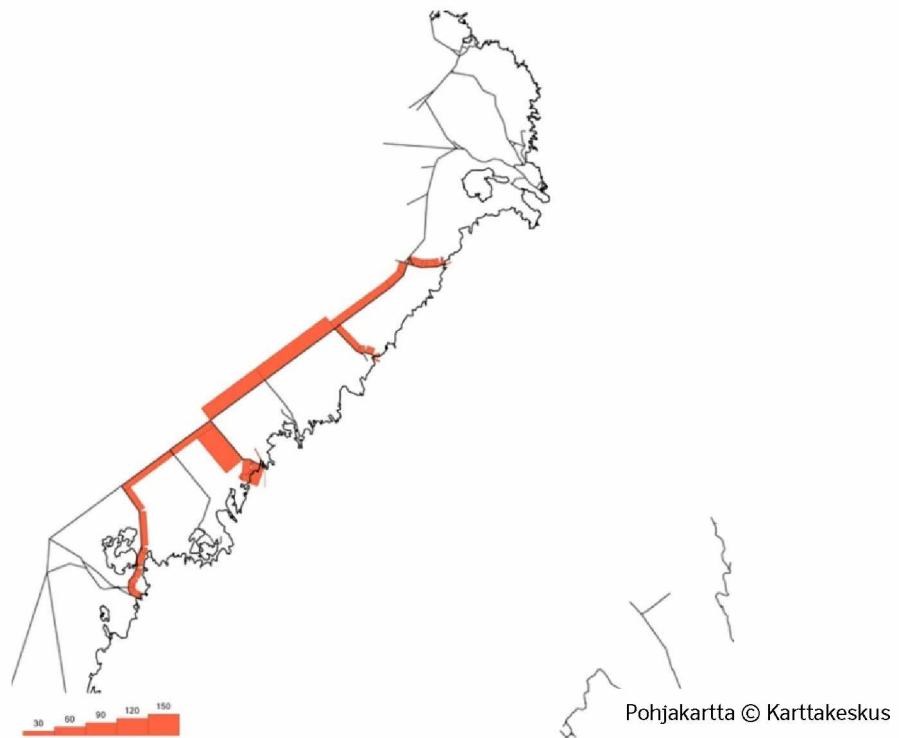
Optimointimallin tulosten perusteella laitokselle kuljetetaan energiapuuta tie-, rautatie- ja aluskuljetuksina. Laitokselle tuodaan energiapuuta optimointimallin mukaan suorina tiekuljetuksina 487 GWh (0.18 milj. tonnia), rautatiekuljetuksina 203 GWh (0.08 milj. tonnia) ja rannikkokuljetuksina 140 GWh (0.05 milj. tonnia). Kuljetusvirrat on esitetty kuvissa 10–12.



Kuva 10. Suorat metsäenergian tiekuljetusvirrat Alholman laitokselle (GWh/ vuosi) perusskenaarion mukaisessa valtakunnallisessa optimitalanteessa.



Kuva 11. Metsäenergian rautatiekuljetusvirrat Alholman laitokselle (GWh/vuosi) perusskenaarion mukaisessa valtakunnallisessa optimitilanteessa.



Kuva 12. Metsäenergian aluskuljetusvirrat Alholman laitokselle (GWh/vuosi) perusskenaarion mukaisessa valtakunnallisessa optimitilanteessa.

6.2.3 Vuosaaren C-voimalaitos

Helsinki Energian tavoitteena on biopolttoaineen käytön kasvattaminen energia-tuotannossa. Laaditussa ympäristövaikutusten arvioinnissa esillä on ollut useita kehittämissvaihtoehtoja, joista vaihtoehto 1 oli Vuosaaren C-voimalaitoksen energiatunnelin rakentaminen.

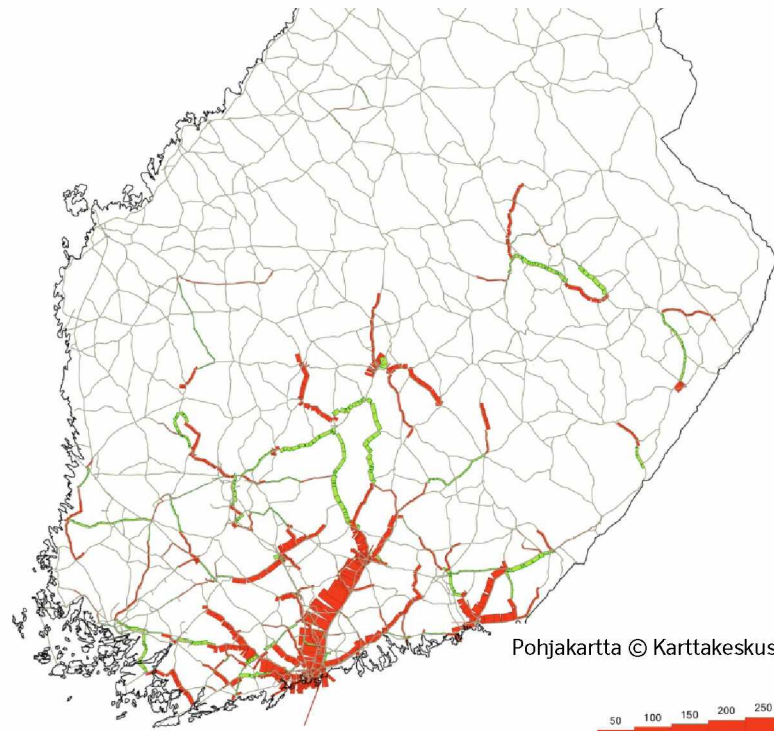
Voimalaitoksen polttoaineteho on noin 745 MW. Vuosaaren C-voimalaitos voi käyttää murskattuja biopolttoaineita ja kivihiiltä. Laitoksen teknisen esisuunnittelun peruslähtökohtana on ollut, että laitoksessa voidaan samanaikaisesti polttaa enintään 80 % biopolttoaineita ja 20 % kivihiiltä.

Tässä tarkastelussa lähtökohtana on biopolttoaineiden 80 %:n osuus, mikä tarkoittaa noin 1,5 milj. tonnin (4,0 TWh) suuruista metsähakkeen käyttöä vuodessa. Metsähaketta on suunniteltu kuljetettavan aluksilla, autolla ja junalla. Ympäristövaikutusten arvioinnissa metsähakkeesta arvioitiin tuotavan voimalaitokselle 60 % aluksilla, 20 % autoilla ja 20 % junalla. Auto- ja junakuljetukset tulevat kotimaasta. Aluskuljetukset tulevat kotimaan ohella Venäjältä ja Baltiasta. Tässä tarkastelussa oletetaan, että kotimaasta hankittavan metsähakkeen osuus on 60 %, jolloin kotimaasta hankittavan metsähakkeen määrä on noin 2,4 TWh/vuosi.

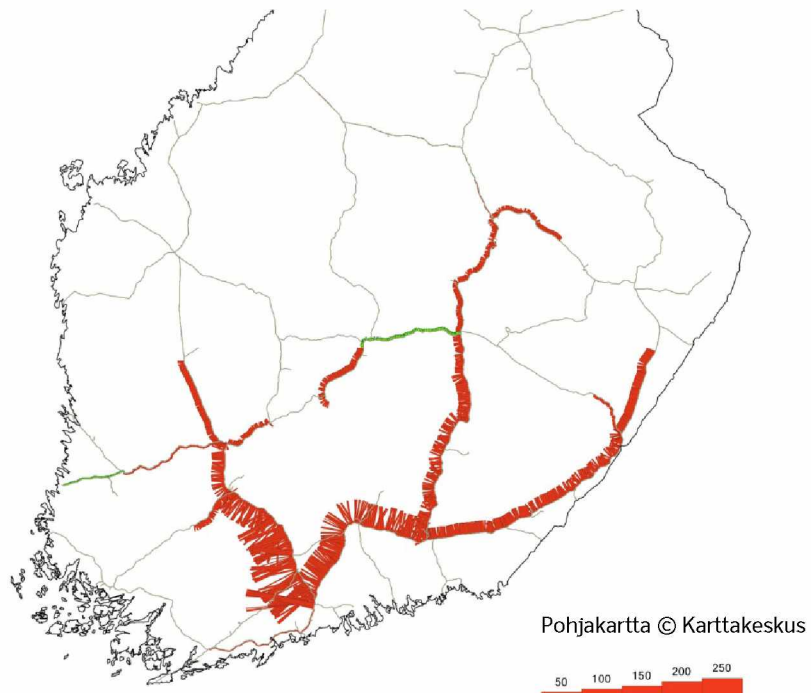
6.2.4 Hankkeen vaikutukset

Vuosaaren laitoksen energiapuun kuljetuksista suoria tiekuljetuksia on noin 0,87 TWh (0,33 milj. tonnia), rautatiekuljetuksia noin 0,97 (0,36 milj. tonnia) TWh ja aluskuljetuksia 0,56 TWh (0,21 milj. tonnia).

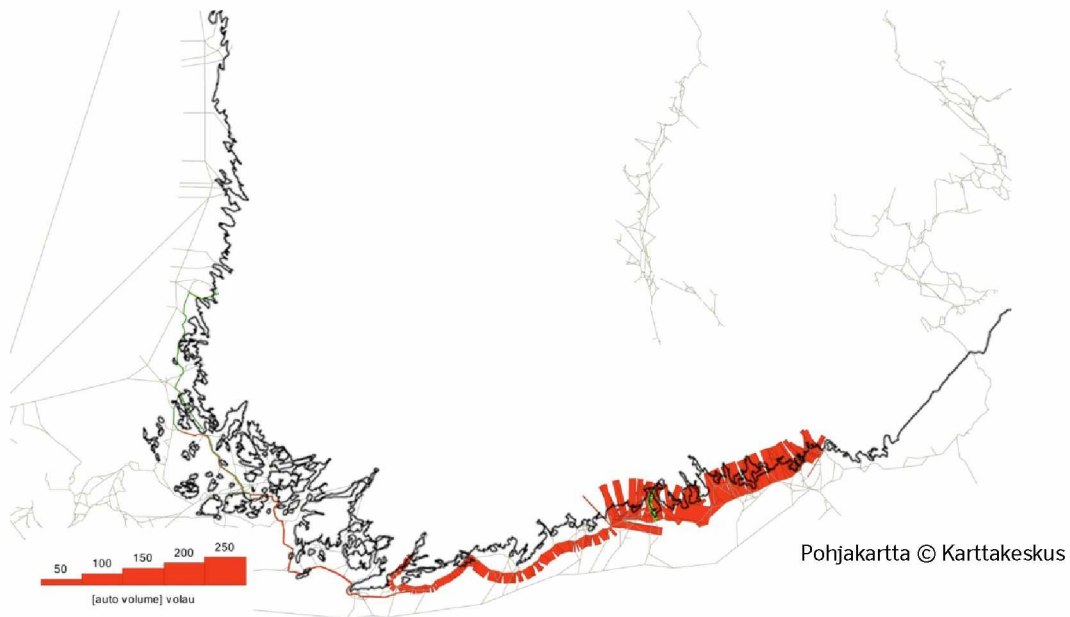
Laitosinvestointi vaikuttaa myös muiden energiapuuvirtojen suuntautumiseen ja niissä käytettäviin kuljetustapoihin. Valtakunnan tasolla suorien tiekuljetusten määrä kasvaa hieman yli 0,99 TWh:lla, rautatiekuljetusten 0,90 TWh:lla ja aluskuljetukset 0,51 TWh:lla. Samalla kaikkien suorien tiekuljetusten keskimatka kasvaa 44 kilometriin ja rautatiekuljetuksen 212 kilometriin. Vesikuljetusten keskimatka on 156 km. Vaikutukset tie-, rata- ja vesitieverkon kuormituksissa on esitetty kuvissa 13–15.



Kuva 13. Energiapuun kuljetusmäärien muutokset perusskenaarioon nähden päätietyverkolla (MWh/vuosi), jos Vuosaaren biopolttoainelaitos toteutetaan. Vihreä väri osoittaa liikenteen vähenemistä ja punainen väri liikenteen lisääntymistä.



Kuva 14. Energiapuun kuljetusmäärien muutokset perusskenaarioon nähden rautaverkolla (MWh/vuosi), jos Vuosaaren biopolttoainelaitos toteutetaan. Vihreä väri osoittaa liikenteen vähenemistä ja punainen väri liikenteen lisääntymistä.



Kuva 15. Energiapuun kuljetusmäärän muutokset vesiliikenteessä (MWh/vuosi), jos Vuosaaren biopolttoainelaitos toteutetaan. Vihreä väri osoittaa liikenteen vähenemistä ja punainen väri liikenteen lisääntymistä.

6.2.5 Kuljetukset Saimaalla

Vuoksen vesistössä on syväväylä, joka mahdollistaa kuljetukset 4,2 metrin syvyyden omaavilla aluksilla ja muilla kuljetusjärjestelmään sisällytetyillä väylillä on mahdollista käyttää 2,4 metrin syvyyden omaavia. Optimoinnissa käytetyillä kuljetuskustannuksilla Saimaan vesistöalueen energiapuun kuljetuksia ei ohjautu aluskuljetuksiin, vaikka aluskuljetuksen (aluksen syväys 4,2 metriä) kustannus suhteessa muiden kuljetusmuotojen kustannuksiin on selvästi edullisempi. Aluskuljetusketjun kokonaiskustannukseen vaikuttaa osaltaan alkukuljetuksen eli kunnan pistemäiseksi sijainniksi määritetyn paikan ja aluksen kuormauspaikan välisen tiekuljetuksen pituus.

Tehtyjen herkkyystarkastelujen perusteella havaittiin, että tehostamalla aluskuljetusten lastin käsittelyä terminaalissa ja tehdasalueella siten, että esimerkiksi energiapuun käsittelyhintaa laskee 1 euro/MWh, ohjautuu Lappeenrannassa käytettävän energiapuun kuljetuksista noin 35 % aluskuljetuksiin.

7 Mallin soveltamismahdollisuuksia

Optimointimallilla voidaan joustavasti tarkastella esimerkiksi energiapuun kysynnän ja tarjonnan sekä kuljetuskustannusten muutosten vaikutuksia energiapuun kuljetusvirtoihin, kuljetustapojen käyttösuuksiin, liikennejärjestelmän kuormituksiin ja kuljetusten kokonaiskustannuksiin. Mallilla voidaan arvioida myös energiapuun rautatie- ja aluskuljetuksia tukevan sekä käsittelyn mahdollistavan terminaaliverkon laajuutta ja terminaalien edullisimpia sijoituspaikkoja. Mallin merkittävin hyöty on päätöksenteon taustalla olevien laskelmien luotettavuuden parantuminen, sillä energiapuukuljetusvirtoihin vaikuttavien eri tekijöiden hallinta ilman mallintamista on hyvin vaikeaa.

Optimointimallia voidaan soveltaa monentyyppisissä liikennejärjestelmän suunnittelutehtävissä, jollaisia ovat mm.:

- Selvitykset, joissa tarkastellaan erilaisten energiapuun tarjonta- ja kysyntäskenaarioiden vaikutuksia energiapuuvirtoihin, kuljetustapojen työnjakoon ja liikenneverkon kuormituksiin. Tällaiset tarkastelut voivat koskea esimerkiksi energiapuun käytön kasvua yksittäisen laitoshankkeen vaikutuksesta kuten luvussa 6.2 on tehty Vuosaaren biovoimalaitoshankkeen osalta.
- Energiapuun terminaaliverkon kehittämistä koskevat selvitykset, joissa tutkitaan määrältään ja sijainniltaan erilaisia terminaaliverkkovaihtoehtoja. Vaihtoehtojen vertailuja varten mallin avulla lasketaan energiapuukuljetusten kokonaiskustannukset, terminaaleissa kuormattavat puumäärät sekä suoritteet eri liikennemuodoilla. Mallin avulla tehtyjä laskelmia terminaalien kautta kulkevista puumääristä voidaan hyödyntää myös terminaalien yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa kuten rautatieterminaalien kuormausraiteiden pituuksien ja varastoalueiden laajuuden mitoituksessa.
- Vähäliikenteisten ratojen ylläpidon kannattavuuden arviointia koskevat selvitykset, joissa vertaillaan radan peruskorjauksen kannattavuutta vaihtoehtoon, jossa radan liikenne lakkaa. Mallin avulla voidaan laskea liikennejärjestelmätason vaikutuksia kuljetuskustannuksiin ja tie-, rata- ja vesiväyläverkon suoritteisiin, joita voidaan hyödyntää arvioitaessa toimenpiteiden vaikutuksia liikenneverkon ylläpitokustannuksiin ja liikenteen ulkoisiin kustannuksiin.

Optimointimallia voidaan hyödyntää myös operatiivisen toiminnan suunnittelussa kuten esimerkiksi seuraavissa tehtävissä:

- Mallin avulla voidaan arvioida esimerkiksi erilaisten kuljetusten organisointimallien vaikutuksia kuljetuskaluston kiertonopeuteen ja tarvittavaan kaluston määrään. Esimerkiksi rautatiekuljetusten osalta voidaan kuljetusvirtojen suuruuteen perustuen arvioida kustannustehokkaiden suorien asiakasjunien käyttömahdollisuutta ja saavutettavia hyötyjä liikennöitäessä terminaalien ja tuotantolaitosten välillä.
- Mallia voidaan hyödyntää yrityskohtaisessa kuljetusjärjestelmän suunnittelussa arvioimalla energiapuun hankinta-alueita ja edullisimpia kuljetusketjuja yksittäisen laitoksen käyttämän metsäergiapuun hankinnassa.

Optimointimallia voidaan kehittää edelleen erilaisia ja yksityiskohtaisempia käyttötarkoituksia varten. Esimerkiksi tarjonnan alueellista tarkkuutta lisäämällä ja sisällyttämällä myös alempiasteinen tieverkko kuljetusjärjestelmään, voidaan tehdä yksityiskohtaisempia tarkasteluja erityisesti tieverkon ylläpitoon ja tiekuljetusten suunnitteluun liittyen.

Kirjallisuusluettelo

Pekka Iikkanen, Sirkka Keskinen, Antti Korpilahti, Tapio Räsänen, Ari Sirkiä, Raaka-puuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli, Mallin kuvaus ja skenaariotarkastelut. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 29/2010.

Metsäntutkimuslaitos. Puun energiakäyttö 2010, Metsätilastotiedote 16/2011, 3.5.2011.

Työ- ja elinkeinoministeriö. Kiinteiden puupolttoaineiden saatavuus ja käyttö Suomessa vuonna 2020. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 66/2010.

Pekka Iikkanen, Sirkka Keskinen, Antti Korpilahti, Tapio Räsänen, Ari Sirkiä, Energia-puuvirtojen valtakunnallinen optimointimalli, Mallin kuvaus ja käyttömahdollisuudet. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 25/2011.

