

Biohiilen raaka-aineet ja niiden saatavuus Pohjois-Karjalassa

Perttu Anttila, Vesa Nivala, Juha Laitila, Eeva Lehtonen &
Lauri Sikanen

29.6.2022

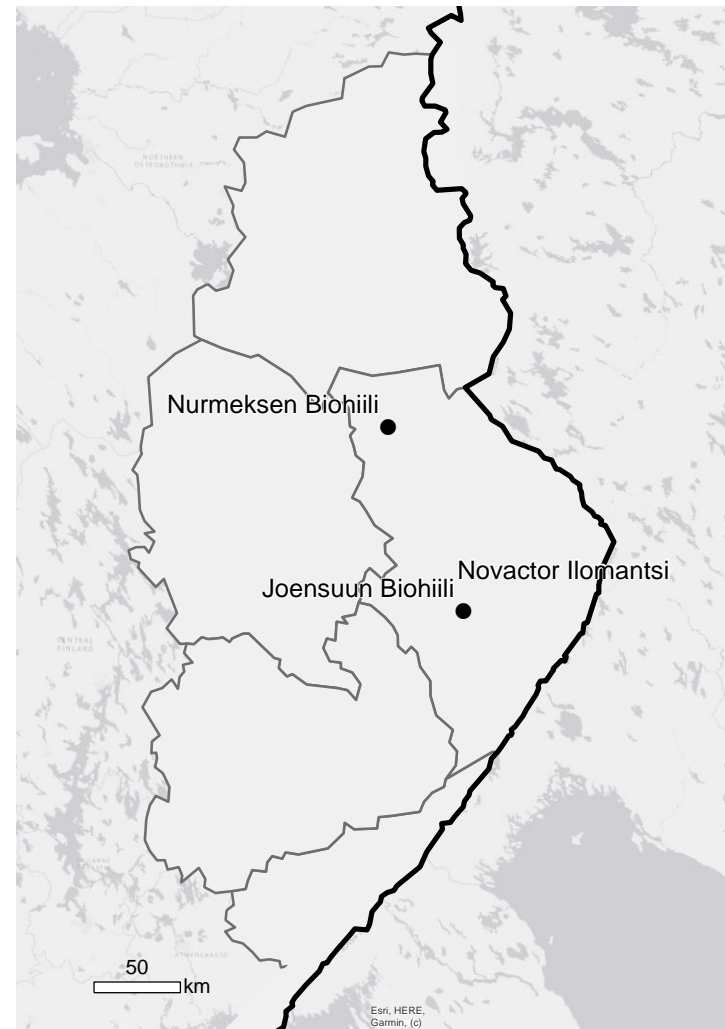
Tausta ja tavoitteet

- BlackGreen-hankkeessa yhtenä tavoitteena oli arvioida biohiilen tuotantoon soveltuvien raaka-aineiden saatavuutta ja hankintakustannuksia
- Raaka-ainevaihtoehtoina tarkastelussa olivat metsähake, olki sekä mekaanisen metsäteollisuuden sivuvirrat (kuori, hake & puru)
- Saatavuus ja hankintakustannukset arvioitiin kolmelle esimerkkilaitokselle Pohjois-Karjalassa
- Työssä hyödynnettiin Bioscope-hankkeen tuloksia

Aineisto ja menetelmät

Laitokset ja laskenta-alue

- Joensuu Biocoal tuotanto 60 000 t ja raaka-aineen käyttö 250 000 m³
- Novactorin ilmoitettu tuotantokapasiteetti 5000 t
- Nurmeksen laitossijainti hypoteettinen
- Raaka-aineiden saatavuus arvioitiin viiden Itä-Suomen maakunnan alueelta



Metsähakepotentialit

- Latvusmassan ja harvennusten energiapuun tekninen hankintamahdollisuus
- Harvennusten energiapuusta vain 5-6 % alle ainespuukokoista
- Kaksi hakkuukertymäärviota
- Kaksi kymmenvuotiskautta

TH =Toteutunut hakkuukertymä

SY = Suurin ylläpidettävissä oleva aines- ja energiapuun hakkuukertymä
ks. <http://mela2.metla.fi/mela/tupa/index.php>



Metsähaketaseet

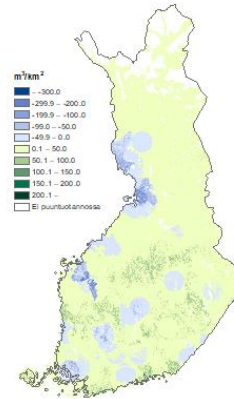
- Skenaariot
 - hakkuutasot TH ja SY
 - kysyntätasot Turve50, Turve100 ja Turve50Hiili
- Metsähakepotentiaalien ja –taseiden laskenta kuvattu tarkemmin aiemmissa raporteissa (Anttila ym. 2021a, b)

Turve50 = metsähakkeen käyttö 2019 + 50 % turpeen käytöstä 2019

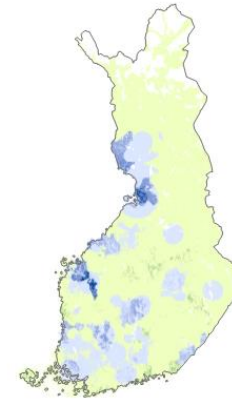
Turve100 = metsähakkeen käyttö 2019 + 100 % turpeen käytöstä 2019

Turve50Hiili = metsähakkeen käyttö 2019 + 50 % turpeen käytöstä 2019 + osa kivihiilen käytöstä 2019

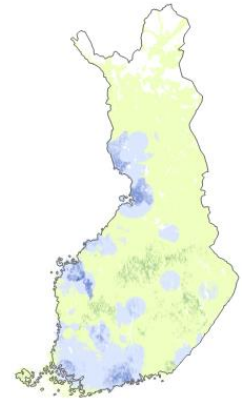
TH & Turve50



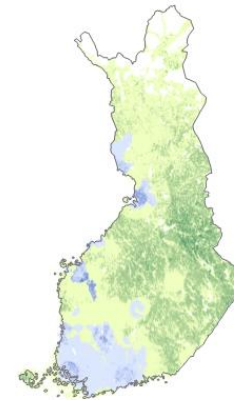
TH & Turve100



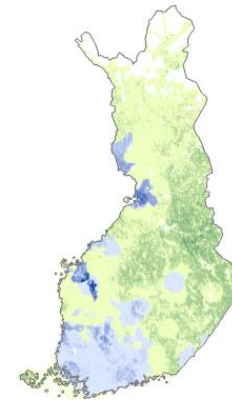
TH & Turve50Hiili



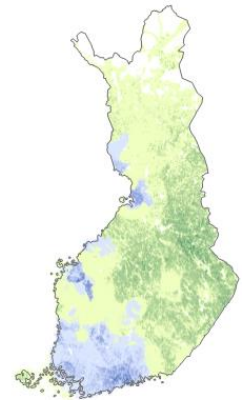
SY & Turve50



SY & Turve100



SY & Turve50Hiili



Metsähakkeen hankintaketjut

- Harvennuspuun hankinta rankana
 - Haketus käyttöpaikalla kuorma-autoalustaisella hakkurilla
 - Kuljetus käyttöpaikalle 76 tonnin puutavara-autolla
- Harvennuspuun hankinta kokopuuna ja latvusmassan hankinta
 - Haketus tienvarsivarastolla kuorma-autoalustaisella hakkurilla
 - Kuljetus käyttöpaikalle 69 tonnin hakeautolla

Metsähakkeen hankintakustannukset

- Puubiomassan kosteus autokuljetuksen hyötykuormia laskettaessa 50 % (tuore puu)
- Harvennuspuun ja metsähakkeen kuljetus- ja haketuskuormien laskennassa hyödynnettiin aiempia tutkimustuloksia (Prinz ym. 2019, Laitila ym. 2017)
- Päivitys kustannustietojen osalta Metsäalan kone- ja autokustannusindeksien avulla
- Metsähakkeen hankinnan yleiskustannuksien oletettiin vastaavan kotimaisen raakapuun hankinnan yleiskustannuksia, jotka olivat keskimäärin 3,02 €/m³ vuonna 2019 (Strandström 2021)
- Latvusmassan, alle kuitupuumittaisen pienpuun sekä kokopuun tienvarsihintana käytettiin vuosina 2016-2020 tilastoituja minimi-, maksimi- ja keskihankintahintoja (Luonnonvarakeskus 2021a)
- Rangalle ja kokopuulle haettiin vastaavasti kuitupuun hankintahinnat (Luonnonvarakeskus 2021b)

Puutuoteteollisuuden sivutuotteiden tarjontapotentiaali

- Luken ylläpitämä tietokanta Suomen puunjalostuslaitosten tuotteista, tuotantokapasiteeteista ja puunkäyttömääristä (9/21)
- Puulajeittaiset puunkäyttömäärät ja sivutuotevirrat (hake, puru ja kuori) ovat laskennallisia ja perustuvat ilmoitettuun tuotantokapasiteettiin
- Sivutuotekertoimet: Pellinen (1996) ja Suomen metsätilastot (2019)
- Laskenta-alueella 26 sahaa ja kuusi vaneritehdasta

Puutuoteteollisuuden sivutuotteiden hankintakustannukset

- Kuljetus käyttöpaikalle 76 tonnin hakeautolla (kuormatilan kehystilavuus 157,4 m³, pituus 25,25 m)
- Kuljetusmatkan ja ajoajan ohella mukana kuormauksen ja purun ajanmenekki sekä pyöräkuormaajalla tehdyn kuormauksen kustannus
- Kuljetuskustannusten laskennassa hyödynnettiin aiempia tutkimustuloksia (Laitila ym. 2016, Laitila ym. 2017) sivutuotteiden kuljetuksesta ja kuormauksesta
- Päivitys kustannustietojen osalta Metsäalan kone- ja autokustannusindeksien avulla
- Sahahakkeen hinnaksi oletettiin 20 €/m³, sahanpurun 10 €/m³ ja kuoren 5 €/m³

Olkipotentialit –ja taseet

- Teoreettinen potentiaali satoindeksin avulla viljojen tuotantomääristä. Satoindeksi= $\text{sato}/(\text{sato}+\text{sivutuote})$
- Vähennettiin sadonkorjuussa peltoon jäävä osuus (30 %)
- Vähennys multavuuden ylläpitämiseksi (50 %)
- Vähennettiin sääolojen korjuuta rajoittava osuus (10 %)
- Kolme satotasoskenaariota: 2016-2020 minimi, keskiarvo ja maksimi
- Tase laskettu kuntatasolla vähentämällä oletettu kuivikekäyttö karjataloudessa

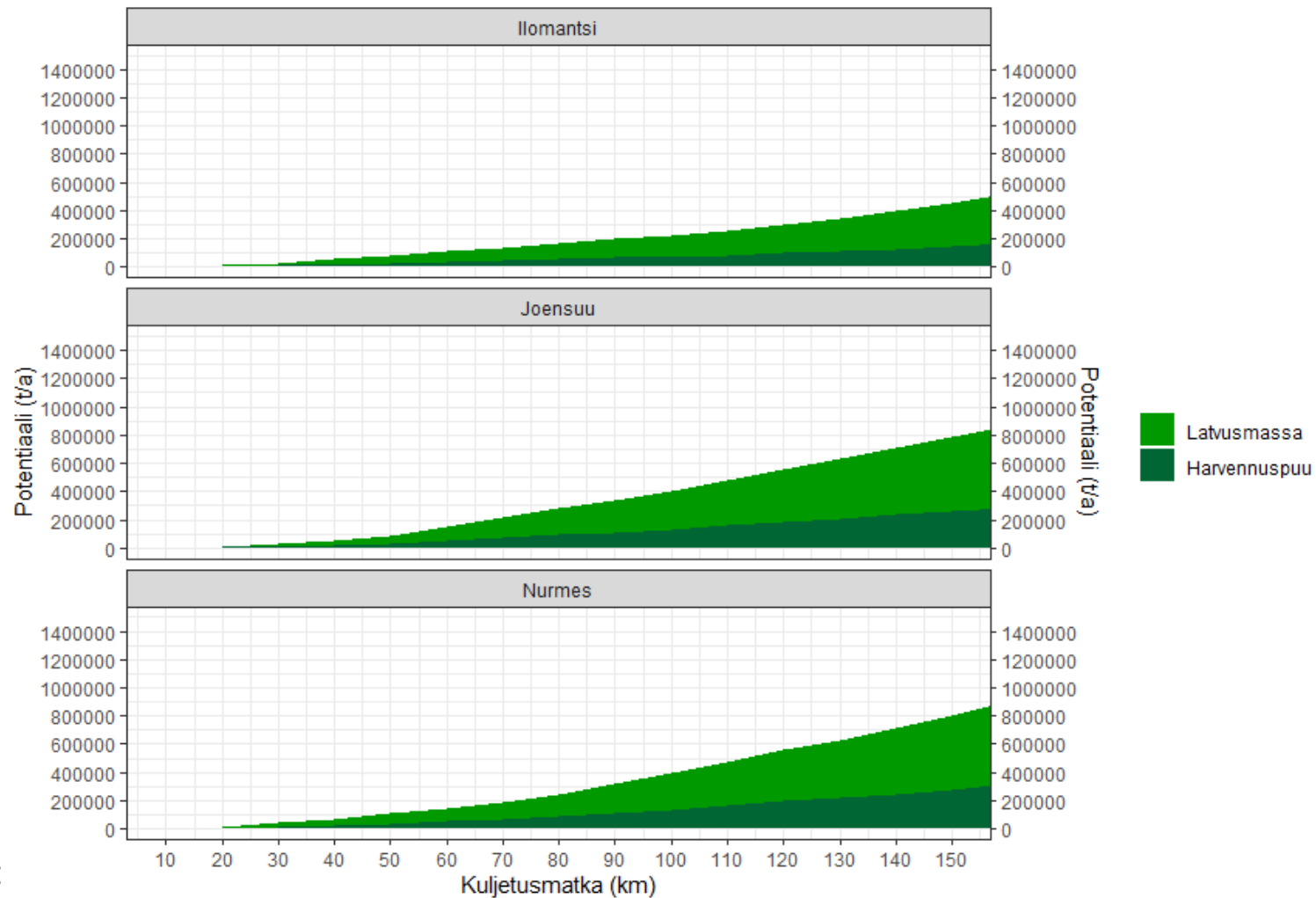
Tulokset

Raaka-aineiden potentiaali 150 km:n kuljetusmatkalla

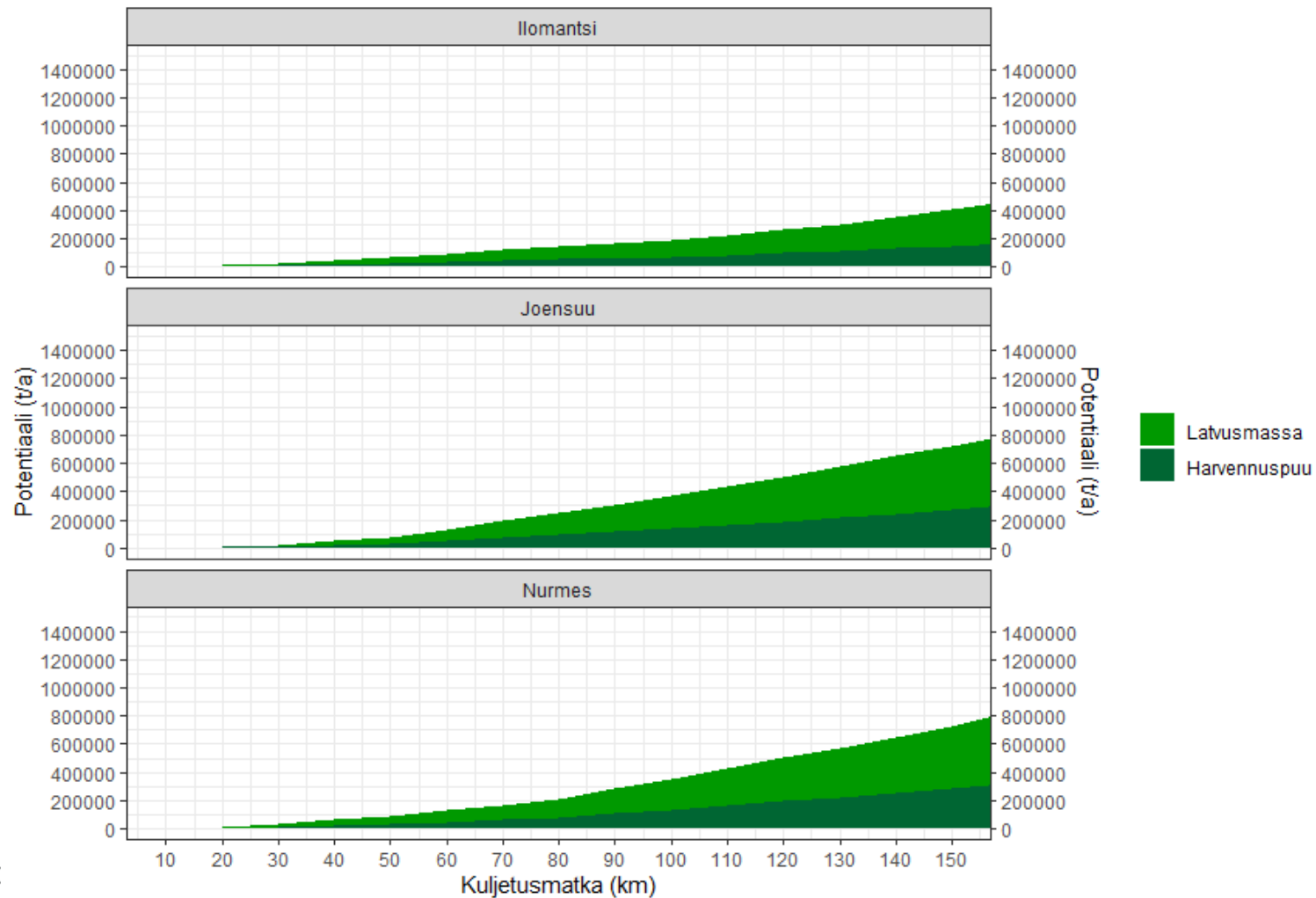
Raaka-aineiden potentiaalit skenaarioittain ja paikkakunnittain (1000 t/a)

Jae	Skenaario	Ilomantsi	Joensuu	Nurmes
Latvusmassa	SY2635	349	582	633
Latvusmassa	TH1625	309	530	521
Latvusmassa	TH2635	256	455	444
Harvennuspuu	SY2635	376	563	752
Harvennuspuu	TH1625	148	261	279
Harvennuspuu	TH2635	150	271	285
Kuori		67	160	183
Hake		213	446	589
Puru		75	128	225
Olki	2016-2020 pienin satotaso	16	27	25
Olki	2016-2020 keskimääräinen satotaso	19	33	32
Olki	2016-2020 suurin satotaso	22	39	40

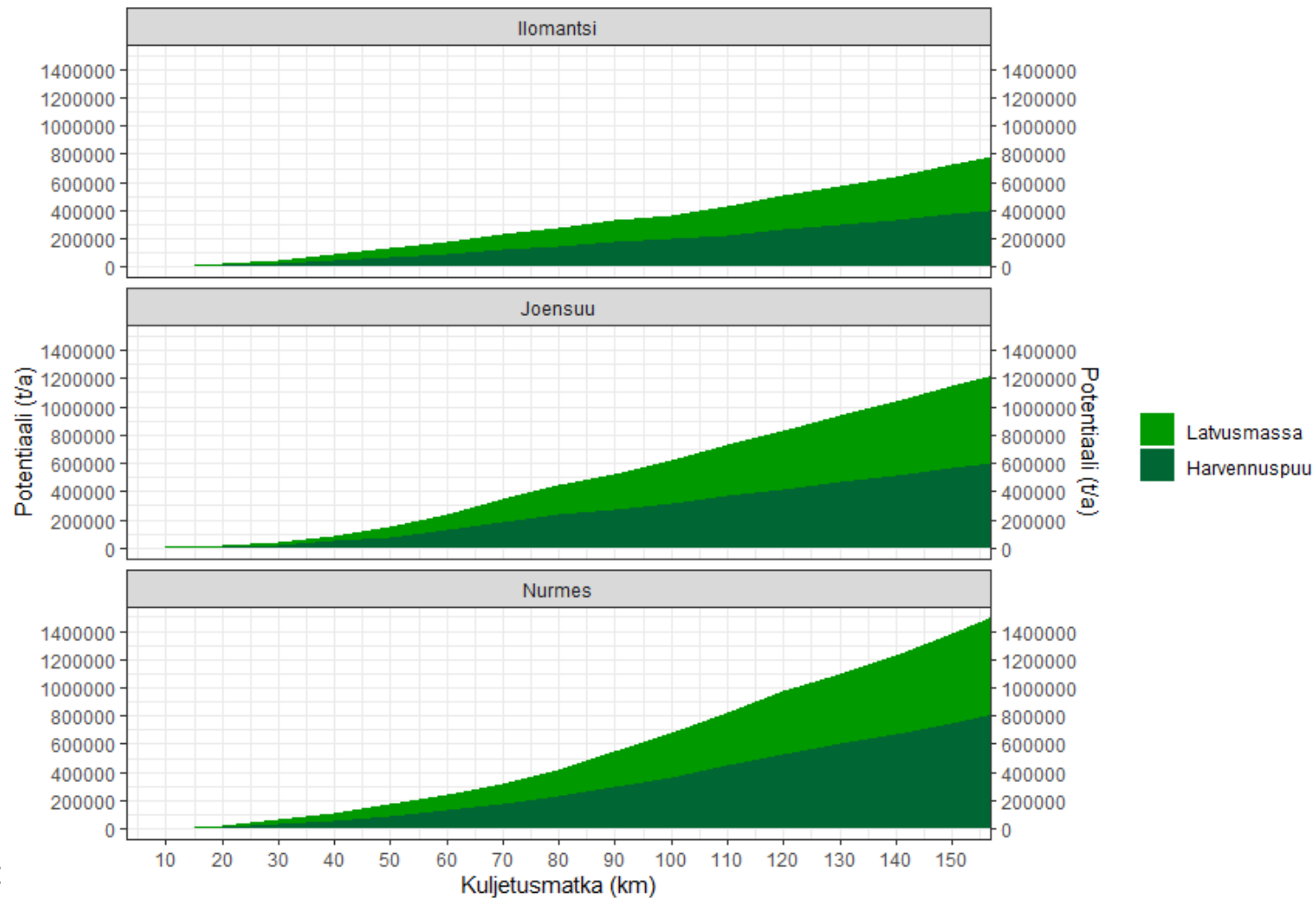
Metsähake, TH1625



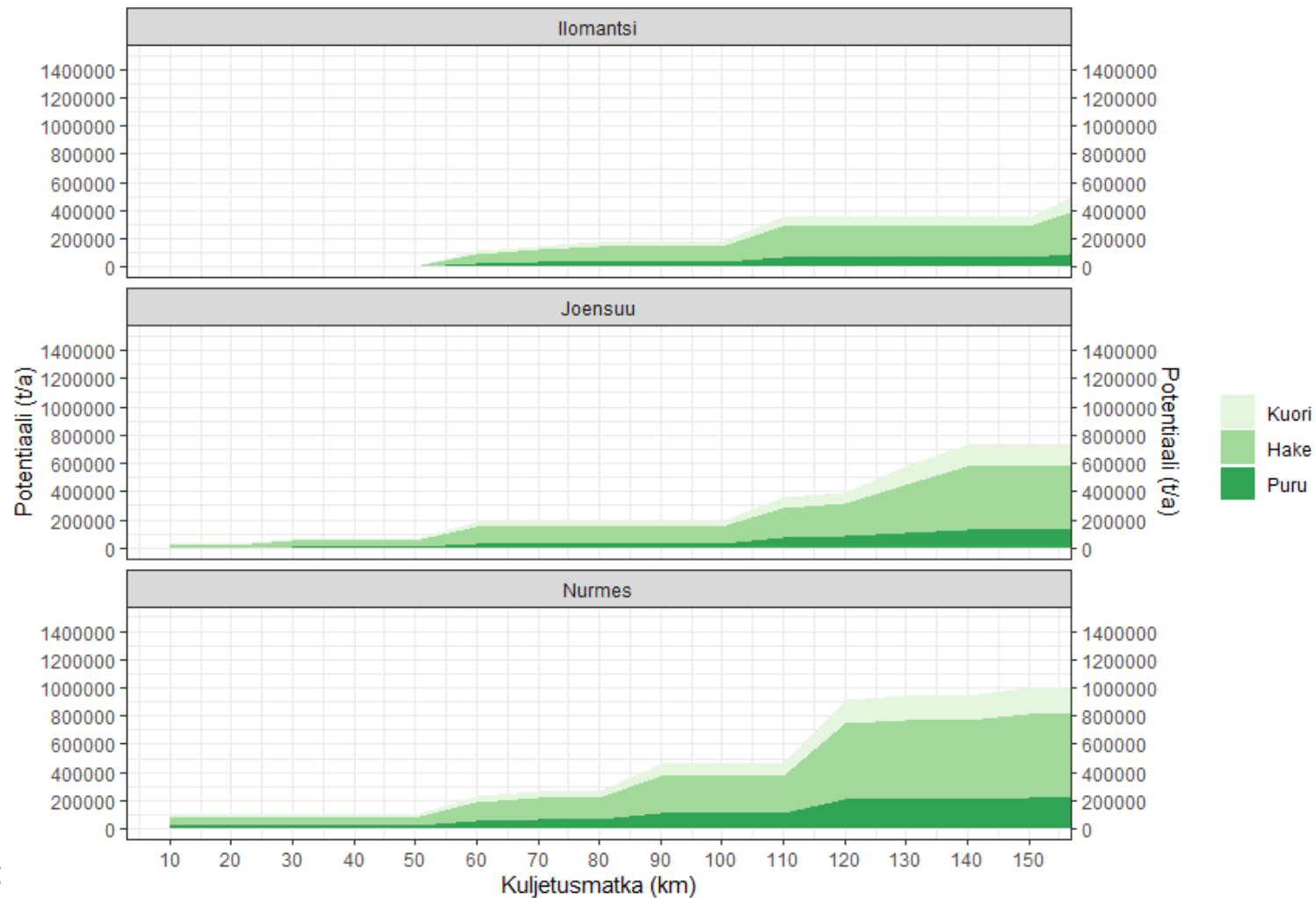
Metsähake, TH2635



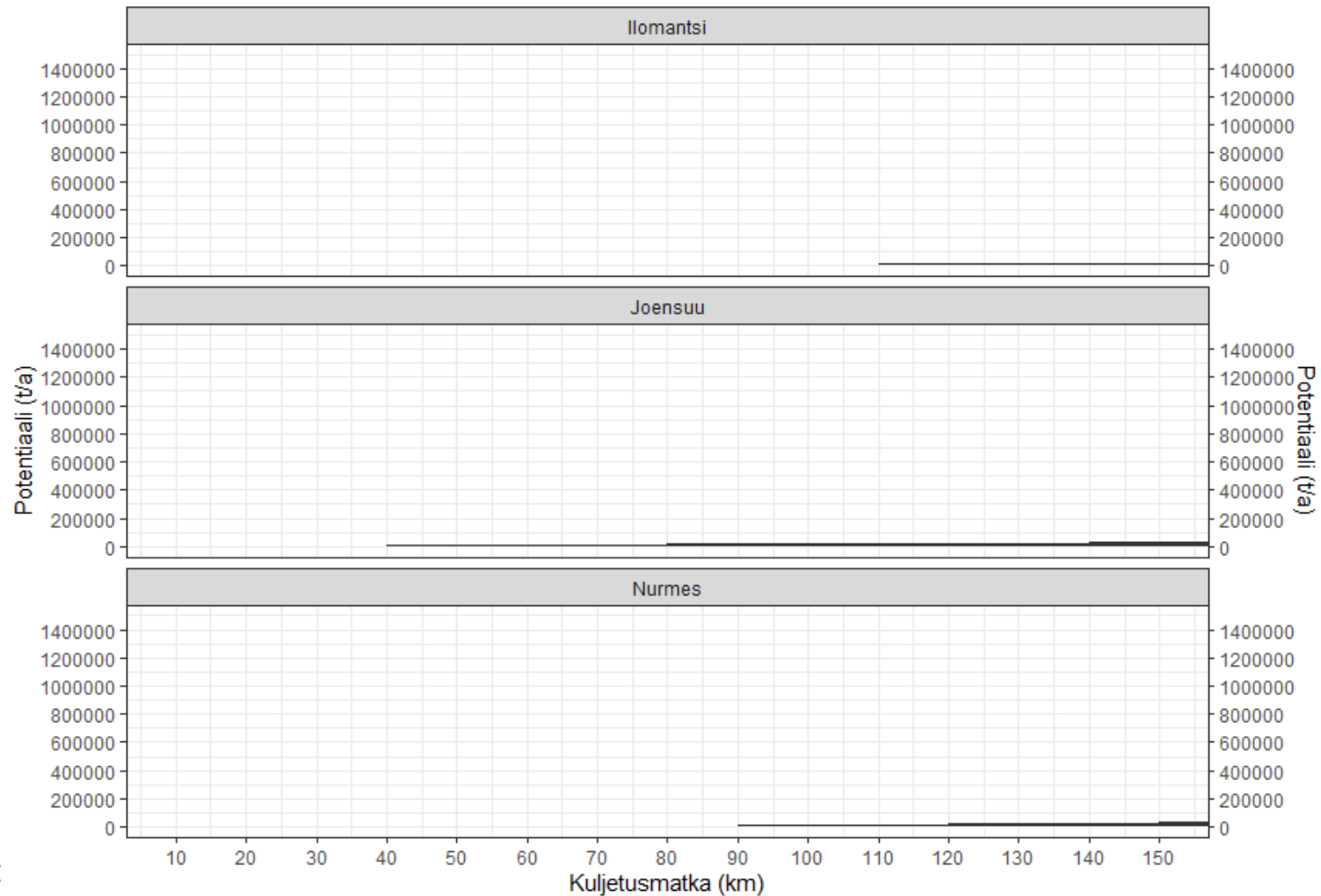
Metsähake, SY2635



Puutuoteteollisuuden sivutuotteet

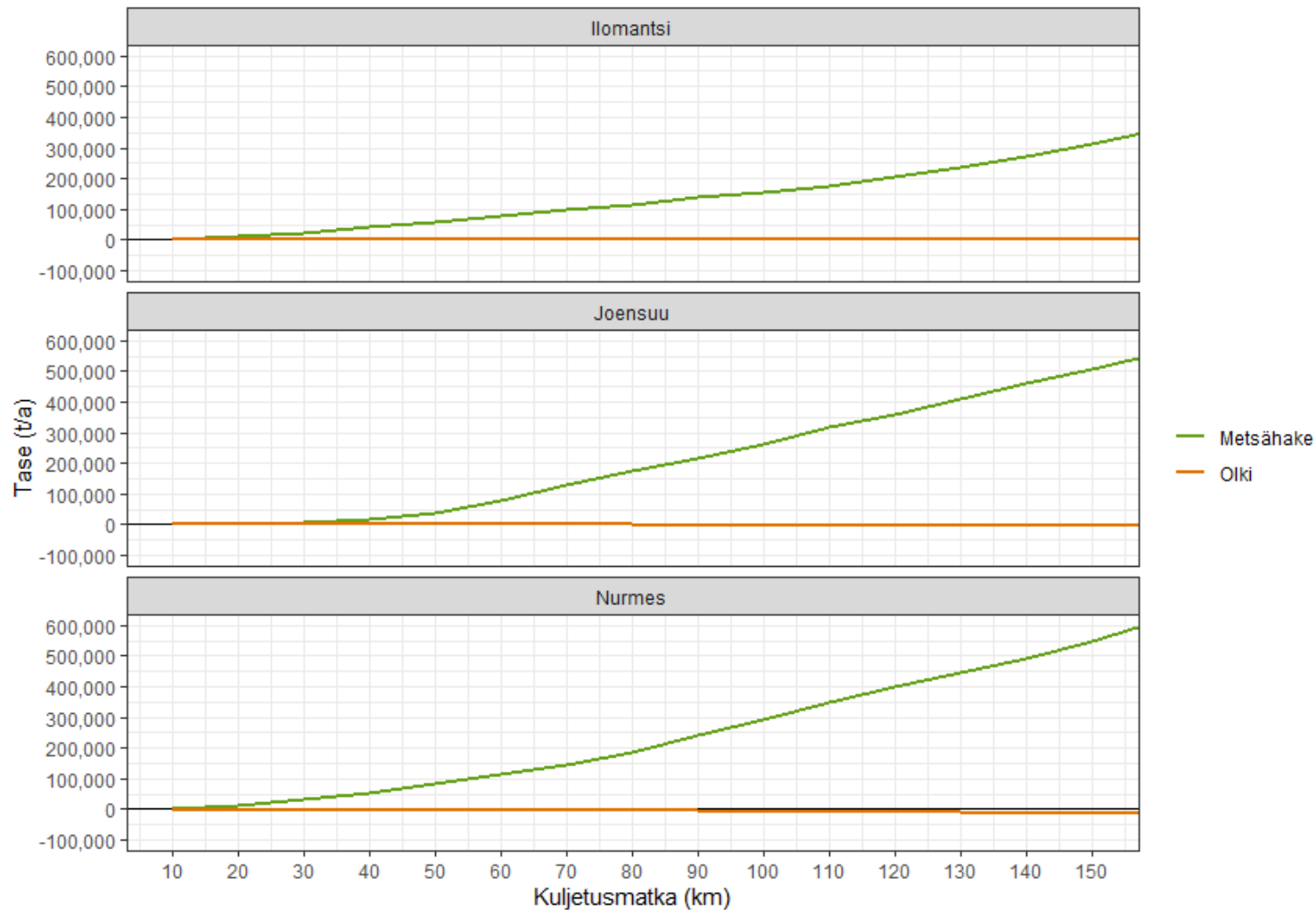


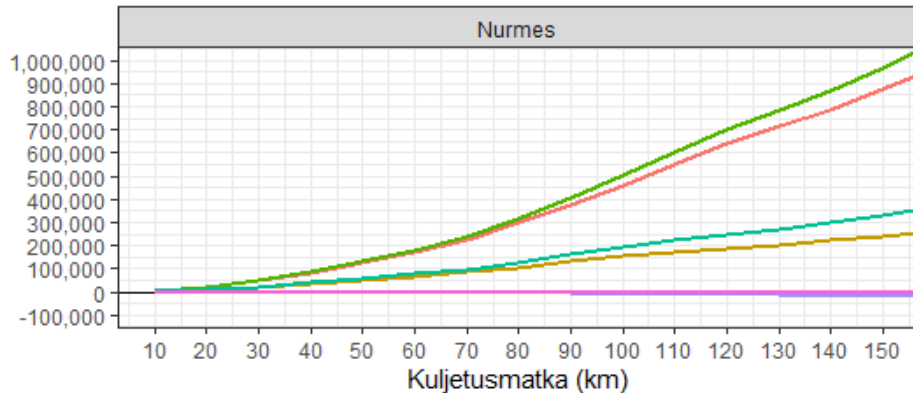
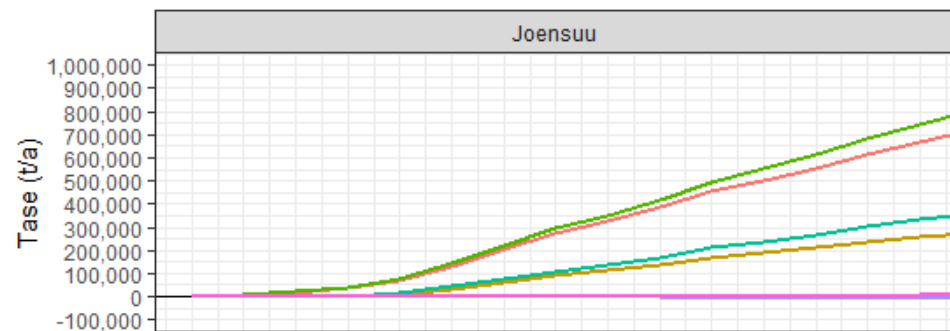
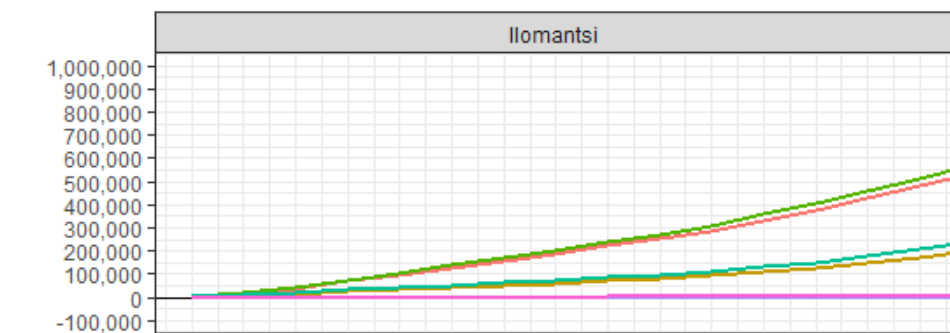
Olki, 2016-2020 keskimääräinen satotaso



Metsähakkeen ja oljen taseet

2019_TH1625, 2016-2020 keskimääräinen satotaso





- Metsähake: 2030_Turve100_SY2635
- Metsähake: 2030_Turve100_TH2635
- Metsähake: 2030_Turve50_SY2635
- Metsähake: 2030_Turve50_TH2635
- Olki: 2016-2020 keskimääräinen satotaso
- Olki: 2016-2020 pienin satotaso
- Olki: 2016-2020 suurin satotaso

Metsähakkeen hankintakustannukset

Latvusmassa

- Latvusmassan hankinnan keskikustannukset kiintokuutiometriä kohti ja potentiaali 150 km:n maksimikuljetusmatkalla
- Skenaario TH1625

Paikka	Hinta tienvarressa (€/m ³)			Haketus (€/m ³)	Kuljetus (€/m ³)	Organisointi (€/m ³)	Potentiaali (m ³)
	minimi	keskiarvo	maksimi				
Ilomantsi	13.7	14.4	14.8	11.6	6.8	3.0	684998
Joensuu	13.7	14.5	14.9	11.6	6.9	3.0	1165896
Nurmes	13.8	14.4	14.8	11.6	6.9	3.0	1155253

Pienpuu

- Alle kuitupuukokoisen pienpuun hankinnan keskikustannukset kiintokuutiometriä kohti ja potentiaali 150 km:n maksimikuljetusmatkalla
- Skenaario TH1625

Hankinta rankana

Paikka	Hinta tienvarressa (€/m ³)			Haketus (€/m ³)	Kuljetus (€/m ³)	Organisointi (€/m ³)	Potentiaali (m ³)
	minimi	keskiarvo	maksimi				
Ilomantsi	19.4	21.1	22.2	5.8	5.0	3.0	7020
Joensuu	19.5	21.3	22.5	5.8	4.9	3.0	11089
Nurmes	19.1	20.8	22.1	5.8	5.0	3.0	12164

Hankinta kokopuuna

Paikka	Hinta tienvarressa (€/m ³)			Haketus (€/m ³)	Kuljetus (€/m ³)	Organisointi (€/m ³)	Potentiaali (m ³)
	minimi	keskiarvo	maksimi				
Ilomantsi	17.3	19.2	23.0	8.5	6.0	3.0	14859
Joensuu	17.3	19.2	23.0	8.5	5.9	3.0	24829
Nurmes	17.3	19.2	23.0	8.5	6.0	3.0	21781

Ranka

- Harvennusenergiarangan hankinnan keskikustannukset kiintokuutiometriä kohti ja potentiaali 150 km:n maksimikuljetusmatkalla
- Skenaario TH1625

Paikka	Hinta tienvarressa, mänty (€/m ³)			Hinta tienvarressa, kuusi (€/m ³)			Hinta tienvarressa, koivu (€/m ³)			Haketus (€/m ³)	Kuljetus (€/m ³)	Organisointi (€/m ³)
	minimi	keskiarvo	maksimi	minimi	keskiarvo	maksimi	minimi	keskiarvo	maksimi			
Ilomantsi	27.9	30.0	31.6	28.1	30.5	31.9	27.3	29.8	31.3	5.8	4.9	3.0
Joensuu	28.0	30.2	32.0	27.9	30.6	32.8	27.9	30.2	31.9	5.8	4.9	3.0
Nurmes	27.7	30.0	32.3	27.9	30.6	33.3	27.8	30.2	32.3	5.8	5.0	3.0

Paikka	Potentiaali (m ³)				
	mänty	kuusi	koivu	muu lehtipuu	yhteensä
Ilomantsi	39541	16183	75006	21387	152117
Joensuu	74143	47122	129144	35423	285832
Nurmes	103122	69734	162070	36943	371868

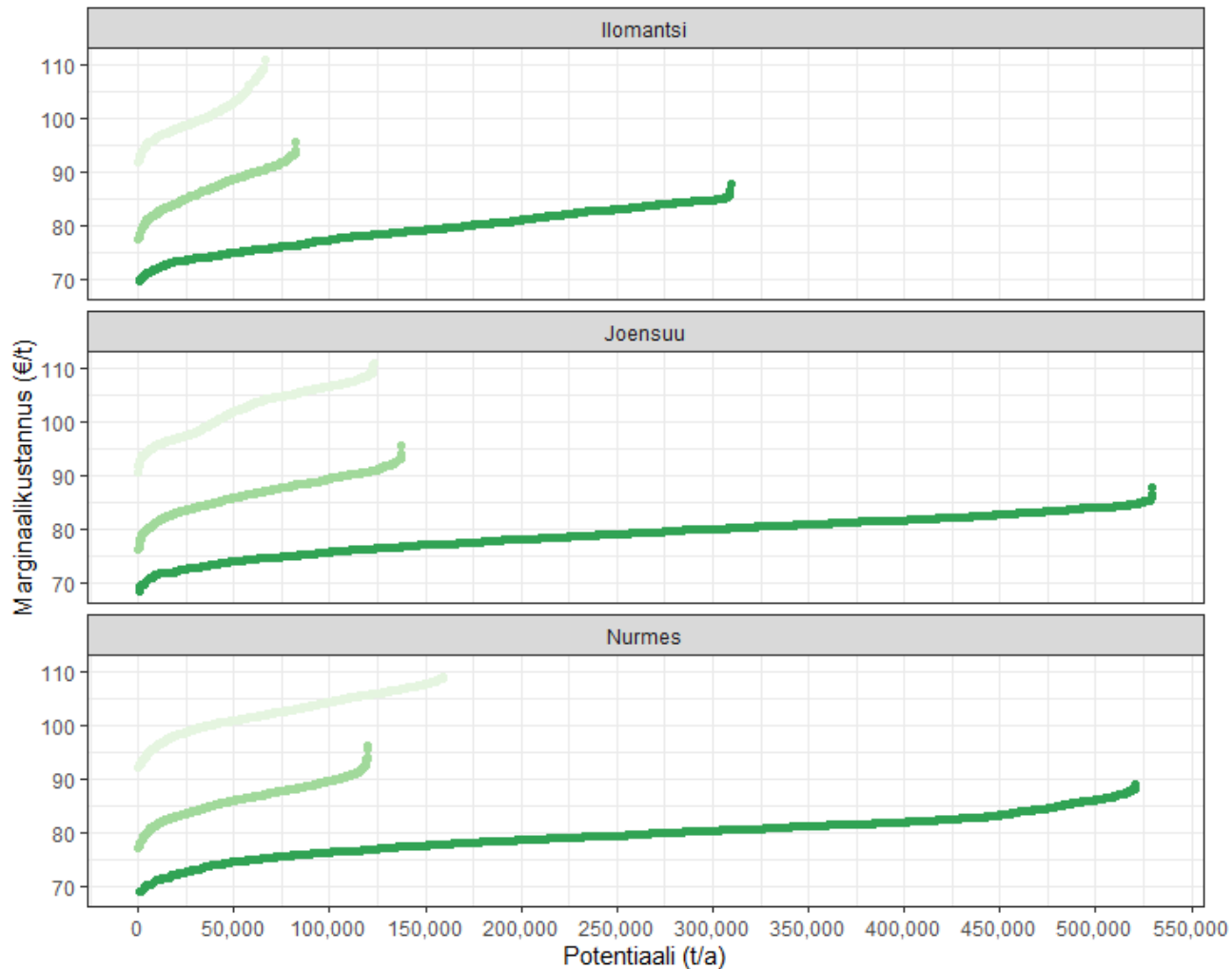
Kokopuu

- Harvennuskokopuun hankinnan keskikustannukset kiintokuutiometriä kohti ja potentiaali 150 km:n maksimikuljetusmatkalla
- Skenaario TH1625

Paikka	Hinta tienvarressa, kokopuu (€/m ³)			Hinta tienvarressa, mänty (€/m ³)			Hinta tienvarressa, kuusi (€/m ³)			Hinta tienvarressa, koivu (€/m ³)			Haketus (€/m ³)	Kuljetus (€/m ³)	Organisointi (€/m ³)
	minimi	keskiarvo	maksimi	minimi	keskiarvo	maksimi	minimi	keskiarvo	maksimi	minimi	keskiarvo	maksimi			
Ilomantsi	17.3	19.2	23.0	27.9	30.0	31.6	28.1	30.5	31.9	27.4	29.9	31.4	8.5	5.9	3.0
Joensuu	17.3	19.2	23.0	28.0	30.2	31.8	28.1	30.7	32.6	28.0	30.4	32.0	8.5	6.0	3.0
Nurmes	17.3	19.2	23.0	27.8	30.0	31.9	27.9	30.6	33.1	27.8	30.1	32.1	8.5	6.0	3.0

Paikka	Potentiaali (m ³)				
	mänty	kuusi	koivu	muu lehtipuu	yhteensä
Ilomantsi	86703	15240	76100	17549	195593
Joensuu	129083	32090	131840	33758	326771
Nurmes	105906	36117	118201	22718	282941

Porttihinta (kuljetusmatka <= 150 km)



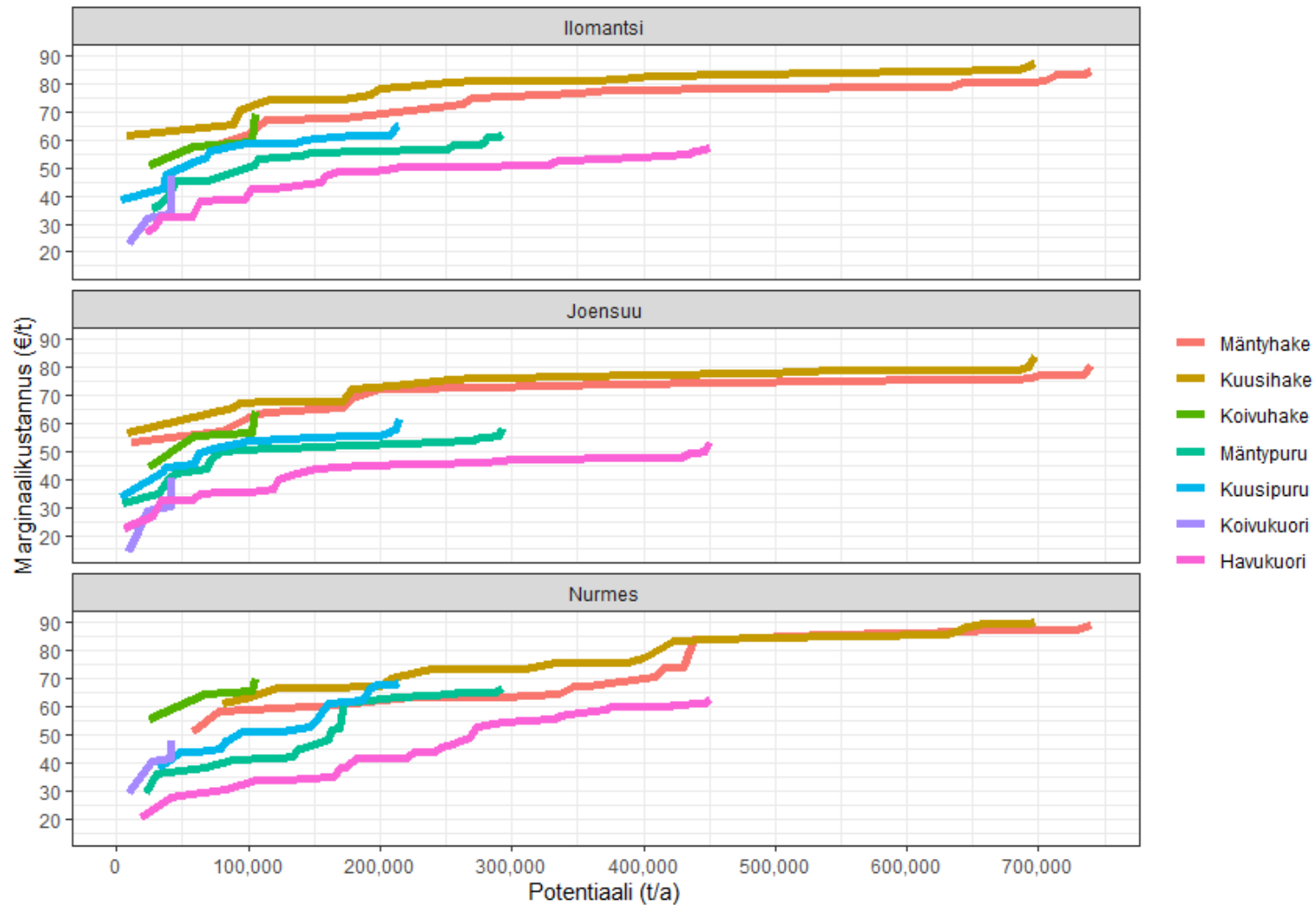
- Latusmassa
- Kokopuu
- Ranka

Oletetut tienvarsihinnat

- Latusmassa: latusmassan keskihinta
- Kokopuu: kokopuun keskihinta
- Ranka: kuitupuun puulajeittaisilla potentiaaleilla painotettu keskihinta

Puutuoteteollisuuden sivutuotteiden kuljetuskustannukset

Porttihinta



Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tulosten tarkastelu (1/2)

- Biomassapotentiaalit eivät ole yhteismitallisia, vaikka onkin esitetty samassa kuvaajassa
- Sivutuotehake, latvusmassa ja harvennuspuu mahdollisista raaka-ainelähteistä suurimmat
- Puutuoteteollisuuden sivutuotteiden määrät vaihtelevat suhdanteiden mukaan
- Metsähakepotentiaalit perustuvat kotimaiseen raaka-aineeseen
- Puun tuonnin loppuminen Venäjältä lisää kilpailua harvennuspuusta
- Kun kilpaileva energiakäyttö huomioidaan, metsähakkeessa "vapaata" potentiaalia
- Metsäteollisuuden sivuvirrat ja olki "täyskäytössä", mutta saatavuus ja käyttökohteet ratkeavat markkinoilla

Tulosten tarkastelu (2/2)

- Puutuoteteollisuuden sivutuotteet ovat laskennallisesti edullisempia kuin metsähake
- Edullisimpia ovat kuorijakeet ja kalleimpia hakkeet
- Metsähakkeista edullisinta on latvusmassa
- Metsähakkeen ja sivutuotteiden hankintakustannukseen on lisätty tilastoitu tai arvioitu raaka-aineen hinta; todellinen hinta ratkeaa kuitenkin markkinoilla
- Laskelma on tehty syksyn 2021 ja kevään 2022 välillä, jolloin raakapuumarkkinat olivat geopoliittisen tilanteen vuoksi voimakkaassa muutoksessa eikä muutoksen vaikutusta hintoihin ja kustannuksiin vuoden 2022 loppua kohti ole mahdollista luotettavasti arvioida

Johtopäätökset

- Metsähakkeen riittävyys näyttää hyvältä kaikille kolmelle laitossijainnille
- Tasetarkastelun mukaan metsähakkeen kuljetusmatka Joensuuhun korkeintaan 50-80 km skenaariosta riippuen
- Kuljetusmatkat lyhemmät, jos käytetään myös paikallisen mekaanisen metsäteollisuuden sivuvirtoja
- Raaka-aineen saatavuuden näkökulmasta Nurmes on potentiaalisin laitoksen sijoituspaikka

Lähteet

- Anttila, Perttu; Nivala, Vesa; Hirvelä, Hannu; Laitila, Juha; Sikanen, Lauri. 2021a. Metsähakkeen riittävyys energiaturpeen korvaajana. 41 s. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/metsahakkeen-kysynta-lisaantyy-turpeen-ja-kivihiilen-korvautuessa>
- Anttila, Perttu; Laitila, Juha; Sikanen, Lauri; Nivala, Vesa; Hirvelä, Hannu. 2021b. Metsähakkeen riittävyys energiaturpeen korvaajana Pohjois-Karjalassa. 35 s. <https://www.luke.fi/projektit/bioscope/>
- Biomassa-atlas. 2022. Verkkopalvelu. <https://projects.luke.fi/biomassa-atlas/>
- Laitila J., Asikainen A., Ranta T. 2016. Cost analysis of transporting forest chips and forest industry by-products with large truck-trailers in Finland. Biomass and Bioenergy 90: 252–261. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.04.011>.
- Laitila J., Ahtikoski A., Repola J., Routa J. 2017. Pre-feasibility study of supply systems based on artificial drying of delimbed stem forest chips. Silva Fennica vol. 51 no. 4 article id 5659. 18 p. <https://doi.org/10.14214/sf.5659>
- Luonnonvarakeskus. 2021a. Energiapuun kauppa. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/energiapuun-kauppa>
- Luonnonvarakeskus. 2021b. Teollisuuspuun kauppa. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/teollisuuspuun-kauppa>
- Pahkala & Lötjönen, 2015. Peltobiomassat tulevaisuuden energiaresurssina. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 55/2015. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-111-2>
- Pellinen M. 1996. Mekaanisen metsäteollisuuden energianhankinnan vaihtoehdot. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. Energiatekniikan laitos. 83 s.
- Prinz R., Väättäin K., Laitila J., Sikanen L., Asikainen A. 2019. Analysis of energy efficiency of forest chip supply systems using discrete-event simulation. Applied Energy 235: 1369-1380. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.11.053>
- Strandström M. 2021. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2019. Metsätehon tulosalvosarja 9/2021 <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tulosalvosarja-2021-09-Puunkorjuu-ja-kaukokuljetus-vuonna-2019.pdf>
- Suomen metsätilastot 2019. Luonnonvarakeskus. Peltola A. (päätoim). 200 s. https://stat.luke.fi/sites/default/files/suomen_metsatilastot_2019_verkko2.pdf
- Suomen virallinen tilasto (SVT): Satotilasto [verkkajulkaisu]. Helsinki: Luonnonvarakeskus [viitattu: 21.3.2022]. <http://www.stat.fi/til/satot/index.html>

Kiitos!