



Avoimista peltolohkotiedoista avauksia maaseudun sivuvirtojen hyödyntämiseen

KASKI – Kasvua kierroista uuden sukupolven
vihreillä teknologioilla -hankkeen osaraportti

Katri Ollila, Ossi Kotavaara

Katri Ollila, Ossi Kotavaara

AVOIMISTA PELTOLOHKOTIEDOISTA AVAUKSIA MAASEUDUN SIVUVIRTOJEN HYÖDYNTÄMISEEN

KASKI – Kasvua kierroista uuden sukupolven vihreillä teknologioilla -hankkeen osaraportti

Kerttu Saalasti Instituutin julkaisuja, Oulun yliopisto 3/2023
<https://oulu.fi/ksi>

ISSN 2814-4406 (verkkojulkaisu)
ISBN 978-952-62-3866-1 (elektroninen)

Tiivistelmä

Tämän KASKI-hankkeen osaraportin tavoitteena on tuottaa ja jakaa tietoa sekä nostaa keskusteluun avauksia maaseudun sivuvirtojen hyödyntämiseksi – kiertotalouteen perustuen. Hiilipäästöjen vähentäminen, ravinteiden kierrätys, vihreän siirtymän vaikutukset materiaalivirtoihin ja energiamuotoihin sekä turpeesta luopuminen lisäävät jatkuvasti kiertotalouden tarvetta ja toimintamahdollisuuksia. Materiaalien kartoittamisessa tavoitteena on selvittää maatalouden ja laajemmin maaseudun sivuvirtamateriaaleja, joita voitaisiin hyödyntää jatkojalostamalla. Tapauskohteena on Sääskenharjuun suunniteltu kiertotalouskeskus Iin kunnassa, ja sen paikallisalue. Tarkasteltavia sivuvirtamateriaaleja ovat viherbiomassa maatalouden ympäristönhoidollisilta peltolohkoilta ja tienpientareilta, pilaantunut nurmirehu, olki, perunan peltoviljelyn sivuvirta ja maatalousmuovi. Tutkimuksellisesti ensisijaisena tavoitteena on testata menetelmällisesti niukkojen sivuvirtojen saavutettavuuden analysointia ja logistisen optimoinnin mallintamista.

Raportti pohjautuu pääosin avoimiin paikkatietoaineistoihin, kuten peltolohkoaineistoon ja tieverkostoaineistoon. Paikkatiedon avulla tarkastellaan sivuvirtojen alueellista jakautumista paikallisella tasolla. Pinta-alaan tai eläinmäärään pohjautuvat estimaatit sivuvirtamäärille perustuvat aikaisempiin Suomessa toteutettuihin selvityksiin ja muuhun tutkimuskirjallisuuteen. Sivuvirtojen paikkatietokanta kytketään liikenneverkon paikkatietomalliin ja analysoidaan materiaalien tieverkostoperusteista saavutettavuutta.

Tulokset sivuvirtamateriaalien estimoiduista saatavuudesta ja alueellisesta saavutettavuudesta on esitetty taulukko- ja karttamuodossa 15, 30 ja 45 kilometrin kuljetusetäisyydellä Sääskenharjun kiertotalouskeskuksesta. Materiaalivirtojen määrät vaihtelevat keskenään ja lisäksi niiden alueellinen sijoittuminen Sääskenharjun suhteen vaihtelee. Materiaalivirtojen estimaattien laskentaan liittyy epävarmuustekijöitä, joita käsitellään myös yksityiskohtaisesti.

Hankkeen aikana toteutettiin myös maantieteellisesti laajempi viherbiomassan saavutettavuuden vertailu, jossa tarkastelussa olivat maatalouden ympäristönhoidolliset alat. Tavoitteena oli verrata viherbiomassan saavutettavuutta ja kuljetusten tehokkuutta sekä niukan että runsaamman sivuvirtamäärän alueella. Vertailuun valittiin Iin seudun lisäksi Nivalan kunnan alue.

Tämän raportin tarkastelujen perusteella avoimet peltolohkotiedot soveltuvat hyvin tarkan mittakaavaan alueperusteiseen tarkasteluun ja tunnuslukujen tuottamiseen maatalouden sivuvirtojen muodostumisesta. Tarkastelun pohjalla olevia estimointeja on kuitenkin mahdollista ja tarpeellista tarkentaa. Tämän pohjalta esitämme raportin lopussa jatkotutkimuksen tarpeita. Lisäksi jatkossa sivuvirtojen alueellisia määriä ja saavutettavuutta on mahdollista arvioida myös muiden, tässä hankkeessa käsittelemättömien maatalouden maankäytön muotojen ja tuotantokasvien vastaavilla tarkasteluilla.

Abstract

The aim of this sub-report of the KASKI project (Growth from the circulation with green techniques) is to produce and share information and to raise discussion on openings for the circular economy based use of rural side streams. Reducing carbon emissions, recycling nutrients, the impact of the green transition on material flows and energy sources, and the abandon of peat will continue to increase the need and opportunities for the circular economy. The aim of mapping the under-utilised materials is to identify agricultural and wider rural side-stream materials that could be used for further processing. The case study focuses on the projected Sääskenhärju Circular Economy Centre in the municipality of Ii, Finland, and its local area. The side-stream materials to be considered are biomass from agro-environmental field parcels and roadside verges, contaminated grass, straw, potato residues and agricultural plastics. The primary research objective is to methodologically test the accessibility analysis of scarce side streams and logistic optimisation modelling.

The report is mainly based on open spatial data, such as field parcel data and road network data. The spatial data are used to examine the spatial distribution of side streams at local level. Estimates of side-stream volumes based on area or number of livestock are based on previous studies carried out in Finland and on research literature. The spatial database of side streams are linked to a spatial data model of the transport network and the accessibility of the materials based on the road network are analysed.

The results of the estimated availability and regional accessibility of the side stream materials are presented by statistical figures and maps by 15, 30 and 45 km transport distances from the Sääskenhärju Circular Economy Centre. The quantities of material flows vary between different materials, and also the spatial locations vary in relation to Sääskenhärju. There are uncertainties in the calculation of the material flow estimates, which are also discussed in detail.

During the project, a wider geographical comparison of the agri-environmental grass biomass accessibility was also carried out. The aim was to compare the accessibility and transport efficiency of green biomass in both low and high side-stream flow areas. In addition to the region of Ii, the municipality of Nivala was selected for a comparison area.

The analyses in this report suggest that the open access field parcel data is well suited for a detailed area-based analysis at a precise scale and for the production of indicators on the formation of agricultural side streams. However, it is possible and necessary to refine the underlying estimates. On this basis, at the end of the report we outline the need for further research. Furthermore, in the future, it will be possible to estimate the spatial quantities and accessibility of side streams by means of similar analyses of other forms of agricultural land use and arable land crops not covered by this project.

Sisällys

Tiivistelmä	2
Abstract	3
Sisällys	4
1. Sivuvirtojen saavutettavuustarkastelu – tausta ja tavoitteet	5
2. Tarkasteluun valitut maaseudun sivuvirtamateriaalit	6
2.1. Viherbiomassat	6
Maatalouden ympäristönhoidolliset alat.....	6
Tienpientareet.....	7
Pilaantunut nurmirehu.....	9
2.2. Olki	10
2.3. Perunan alkutuotannon sivuvirta	10
2.4. Maatalousmuovi	10
3. Aineistot ja menetelmät	12
3.1. Paikkatietoaineistot	12
3.2. Estimaatit sivuvirtojen määrälle	12
Viherbiomassat	13
Olki	14
Perunan alkutuotannon sivuvirta	15
Maatalousmuovi	15
3.3. Menetelmänä verkostoperusteinen saavutettavuusmallinnus	16
4. Tulokset.....	18
4.1. Sivuvirtamateriaalien estimoitu määrä ja alueellinen saavutettavuus	18
4.2. Logistiikkamallinnus: traktorikuljetusten ja rekkareititysten hyötysuhteet maatalouden ympäristönhoidollisten alojen biomassakeräyksessä.....	27
5. Johtopäätöksiä	28
5.1. Avoimet paikkatietoaineistot sivuvirtamateriaalien hyödyntämiseen.....	28
5.2. Jatkotutkimuksen tarve.....	28
6. Lähteet	30

1. Sivuvirtojen saavutettavuustarkastelu – tausta ja tavoitteet

Hiilipäästöjen vähentäminen, ravinteiden kierrätys, vihreän siirtymän vaikutukset materiaalivirtoihin ja energiamuotoihin sekä turpeesta luopuminen lisäävät jatkuvasti kiertotalouden tarvetta ja toimintamahdollisuuksia. Kiertotalous on talousmalli ja ajattelutapa, joka pyrkii minimoimaan luonnonvarojen käyttöä hyödyntämällä resursseja mahdollisimman tehokkaasti ja pitkäikäisesti. Kiertotaloudessa pyritään sulkemaan materiaalien ja tuotteiden kierto niin, että esimerkiksi tuotannon sivutuotteena syntyvät sivuvirrat pysyvät taloudessa mahdollisimman pitkään. Sivuvirta tarkoittaa päätuotteen ohessa muodostuvaa sivumateriaalia, jonka syntymistä ei voi estää. Tämän KASKI-hankkeen osaraportin tavoitteena on tuottaa ja jakaa tietoa sekä nostaa keskusteluun avauksia maaseudun sivuvirtojen hyödyntämiseksi. Raportissa tarkasteluiden keskiössä ovat Ruokaviraston avoimet peltolohkotiedot. Materiaalien kartoittamisessa tavoitteena on selvittää maatalouden ja laajemmin maaseudun sivuvirtamateriaaleja, joita voitaisiin hyödyntää jatkojalostamalla Iin seudulla. Tapauskohteena on Iin Sääskenharjun kiertotalouskeskus. Raportissa käytetään peltolohkoaineistoa sivuvirtojen saatavuuden arvioimiseen ja kartoitetaan sivuvirtamateriaalien logistista saavutettavuutta. Tavoitteena on helpottaa materiaalien löytämistä yritysten käyttöön. Taustalla on myös tavoite keskittää kiertotaloustoimintaa siten, että materiaalien kuljettamista tarvitsisi tehdä mahdollisimman vähän.

Työ pohjautuu pääosin avoimiin paikkatietoaineistoihin, joiden avulla pystytään kokoamaan maatalo- ja peltolohkokohtainen paikkatietokanta. Paikkatiedon avulla tarkastellaan sivuvirtojen alueellista jakautumista Iihin rakenteilla olevan Sääskenharjun kiertotalouskeskuksen paikallisella tasolla. Sivuvirtojen paikkatietokanta kytketään liikenneverkon paikkatietomalliin ja analysoidaan materiaalien verkostoperusteista saavutettavuutta.

Tarkasteltavia sivuvirtamateriaaleja ovat viherbiomassa maatalouden ympäristönhoidollisilta peltolohkoilta ja tienpientareilta, pilaantunut nurmirehu, olki, perunan peltoviljelyn sivuvirta ja maatalousmuovi. Tutkimuksellisesti ensisijaisena tavoitteena on menetelmällisesti testata niukkojen sivuvirtojen saavutettavuuden analysointia ja logistisen optimoinnin mallintamista.

Hankkeen aikana toteutettiin myös maantieteellisesti laajempi viherbiomassan saavutettavuuden vertailu, jossa tarkastelussa olivat maatalouden ympäristönhoidolliset alat. Tavoitteena oli verrata viherbiomassan saavutettavuutta ja kuljetusten tehokkuutta sekä niukan että runsaamman sivuvirtamäärän alueella. Vertailuun valittiin Iin seudun lisäksi Nivalan kunnan alue. Tässä raportissa esitetyjä tuloksia on käsitelty laajemmin seuraavissa hankkeen puiteissa toteutetuissa julkaisuissa:

1. Ollila, K. & Kotavaara, O. (2023a). Elaborating circularity in agricultural production by field parcel INSPIRE open data and GIS-based network analyses – measuring accessibility and optimising logistics of marginal land biomass. 26th AGILE International Conference on Geographic Information Science, poster. <https://agile-online.org/conference/proceedings/proceedings-2023>
2. Ollila, K. & Kotavaara, O. (2023b). Measuring accessibility and optimising logistics of marginal land grass biomass in the case of Northern Ostrobothnia, Finland. European Countryside 4/2023 (painossa). Julkaistaan joulukuussa 2023.

2. Tarkasteluun valitut maaseudun sivuvirtamateriaalit

Tarkastelujen kohteena ovat sivuvirtamateriaalit valittiin yhteistyössä hankkeen sidosryhmien ja ohjausryhmän kanssa keskustellen. Seuraavassa esitellään tiivis yhteenveto valituista materiaaleista. Raportin tarkastelut on rajoitettu virtojen saatavuuteen. Keskeisimpänä kiinnostuksen kohteena on, löytyykö maatalouden ja maaseudun sivuvirroista kiertotalouskäyttöön tarvittavia määriä riittävän lyhyiden kuljetusmatkojen päästä Iin ympäristössä.

2.1. Viherbiomassat

Ruohovartisia viherbiomassoja tarkasteltiin maatalouden tukijärjestelmiin liittyviltä ympäristönhoidollisilta alueilta ja ELY-keskusten hallinnoimien teiden piennaralueilta. Tarkoituksena on selvittää, miten paljon Iin kiertotalouskeskuksen ympäristössä syntyy biomassoja, joita voitaisiin hyödyntää esimerkiksi kompostointiin, maanparannusaineiden, viherlannoitteiden, bioenergian tai muiden biopohjaisten tuotteiden tuotantoon. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan tarkasteltu biomassan hyödynnyskohdetta, vaan pelkästään potentiaalisia biomassamääriä.

Maatalouden ympäristönhoidolliset alat

Tiedossa on ennestään, että Iin seutu on maankäytöltään metsätalousvaltaista, eikä maatalousmaata ole suuresti. Siksi maatalouden viheralojen potentiaalista nurmibiomassaa tarkasteltiin niukkana sivuvirtana.

Maatalouden tuelliset, ei-tuotannolliset alueet on kuitenkin aikaisemmin tunnistettu potentiaalisiksi bioenergian raaka-ainelähteeksi ProAgrian koordinoimassa NorsuBiomassa-hankkeessa, joka toimi Pohjois-Pohjanmaalla Oulun eteläpuolisissa kunnissa, Limingassa, Lumijoella, Tyrnävällä, Siikajoella, Hailuodossa, Raahessa ja Pyhäjoella (ProAgria Oulu, 2018). Osa kyseisistä peltolohkoista on niin pieniä, hankalan muotoisia tai kaukana maatilan talouskeskuksesta, ettei niiden sadon hyödyntäminen ole kannattavaa (Lötjönen & Niemeläinen, 2014, s. 2). Keskeisiä kannattavuutta rajoittavia tekijöitä pelloilta saatavan viherbiomassan hyödyntämisessä ovat alueellinen saatavuus ja kuljetuskustannukset (Niemeläinen ym., 2014).

Tässä hankkeessa tarkasteltaviksi peltolohkoiksi valikoitiin seuraavat luokat:

- Avokesanto
- Luonnonhoitopelto (nurmikasvit, väh. 2 v.)
- Luonnonlaidun ja -niitty
- Monimuotoisuuspelto
 - Maisema
 - Niitty (1. ja 2. vuosi)
- Monivuotinen ympäristönurmi
- Pysyvästi viljelemätön
- Suojakaista
- Suojavyöhyke (sitoumus alkaen 2015)
- Viherkesanto
 - Mesikasvit
 - Nurmi ja niitty

- Viherlannoitusnurmi
 - Ympäristösitoumus
 - Ei ympäristösitoumusta
- Ympäristösopimusala
 - Muu ala
 - Pysyvä nurmi

Epävarmuustekijänä kyseisten alojen tarkastelussa on se, että biomassassa voi todellisuudessa jolla hyödynnettävää, esimerkiksi laiduntamalla (U. Kokko, henkilökohtainen viestintä, 30. marraskuuta 2022). Laiduntamalla hoidettavista alueista ei ole olemassa erillistä tilastoa.

Maatalouden ympäristönhoidollisten alojen kohdalla hankkeessa toteutettiin lisäksi maantieteellisesti laajempi saavutettavuuden vertailu. Tavoitteena oli verrata viherbiomassan saavutettavuutta ja kuljetusten tehokkuutta sekä niukan että runsaamman sivuvirtamäärän alueella (Ollila ja Kotavaara 2023b). Vertailuun valittiin Iin seudun lisäksi Nivalan kunnan alue. Lisäksi mallinnettiin kahta eri kuljetusvaihtoehtoa: edestakaiset traktorikuljetukset peltolohkoilta keräyspisteeseen pienemmällä kuljetuskapasiteetillä ja suuremman kuljetuskapasiteetin yhdistelmäajoneuvon keräysreititys useamman peltolohkon kautta. Tutkimuksen pohjalta havaittiin, että biomassan saavutettavuudessa voi olla suuria alueellisia eroja, mutta myös niukoilla biomassan alueilla kuljetustehokkuus voi olla yhtä hyvä kuin runsaampien biomassojen alueella. Tulosten perusteella myös niukkojen sivuvirtojen koonti keskitetysti voi olla kannattavaa, jos kootulle materiaalille löytyy käyttöä tai kannattava jatkokuljetus.

Tienpienareet

Piennaralueiden niittomassojen keräämistä – sen mahdollisuuksia, taloudellisuutta ja esimerkiksi hyödyntämistä biokaasun tuotannossa – on tutkittu kansainvälisesti mm. Saksassa (Piepenschneider ym., 2016), Isossa-Britanniassa (Brown ym., 2020; Mason ym., 2020), Tanskassa (Meyer ym., 2014), Alankomaissa (Arodudu ym., 2013; Ravi ym., 2023) ja Belgiassa (Ravi ym., 2023; Van Meerbeek ym., 2019). Muun muassa Venäjän hyökkäyssota on nostanut kiinnostusta hyödyntää myös piennaralueiden biomassaa bioenergiantuotannossa maakaasun korvaamiseen (Ravi ym., 2023).

Suomessa Liikenneviraston hallitsemat viheralueet on jaettu kolmeen pääluokkaan tarkastelemalla väylän tieverkollista asemaa, maankäyttöä ja ympäristöä (Väylävirasto, 2014). Hoitotarve ja hoitomenetelmät vaihtelevat luokittain, ja ne on määritelty väyläjakson ympäristön ja sen kasvillisuuselementtien mukaan. Tässä raportissa tarkastelun kohteena ovat päähoitoluokka N (normaalit hoitoluokat). Pääluokka jakautuu seuraaviin alaluokkiin: N1 (2-ajorataiset tiet), N2 (valta- ja kantatiet, vilkkaat seututiet) ja N3 (muut tiet).

Väyläviraston ohjeen mukaan niittomassat on kerättävä pois, jos ne haittaavat kuivatusrakenteiden toimintaa tai häiritsevät tiemaisemaa (Väylävirasto, 2014, s. 54). Niittomassojen systemaattista keräystä ei kuitenkaan toteuteta tienvarsilta, paitsi taajama-alueilla (S. Purola & J. Säskilähti, henkilökohtainen viestintä, 1. marraskuuta 2022).

On huomioitava, että tiealueella työskentely on luvanvaraista. Käytännön toteutusmenetelmät ja käytettävä työkalusto vaatisivat myös suunnittelua. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa on kehitetty erityisesti tienvarsiniittoihin soveltuvaa kalustoa, jonka avulla sekä niitto että niittojätteen keräys voidaan toteuttaa samanaikaisesti (Brown ym., 2020, s. 3; kuva 1, 2).



Kuva 1. Tienvarsiniittoihin suunniteltu niitto- ja keräyskalusto Isossa-Britanniassa. Samalla ajokerralla pystytään niittämään ja keräämään niittojäte imutorvella perävaunuun. Kuva: Brown ym., 2020, s. 3



Kuva 2. Tienvarsiniittoihin suunniteltu niitto- ja keräyskalusto Isossa-Britanniassa. Samalla ajokerralla pystytään niittämään ja keräämään niittojäte imutorvella perävaunuun. Kuva: Delafield, 2006, s. 27.

Käytännön toteutettavuudessa on otettava huomioon myös se, että niittomassa ei ole välttämättä ”puhdasta”, sillä tienvarsilla on muun muassa rikkoutuneiden renkaiden palasia, alumiinitölkkejä ja muita roskia. Tästä mainitsivat myös Purola ja Sääskilahti (henkilökohtainen viestintä, 1. marraskuuta 2022) Suomen olosuhteisiin liittyen. Niittomassan keräämiseen toteutettavuuteen vaikuttavat myös liikennekaistojen kaiteet ja muut rakenteet. Lisäksi tienhoidon turvallisuus liikenteelle on huomioon otettava tekijä.

Haasteista huolimatta niittolevyyttä voitaisiin leventää nykyisin niitettävästä vähimmäisleveydestä, jos biomassan määrä pientareella on hyvä ja niittäminen ja niittomassan kerääminen siten taloudellisesti kannattavaa (S. Purola & J. Sääskilahti, henkilökohtainen viestintä, 1. marraskuuta 2022). Niittomassan keräämisellä olisi myös positiivisia vaikutuksia tienpientareiden biodiversiteettiin (Myllymäki ym., 2019).

Pilaantunut nurmirehu

Pilaantuneen nurmirehun määrää tarkasteltiin Iin seudun nautatilojen osalta, ja pohjana tarkastelussa on Rantalan ja Viljakaisen Esiselvitys maa- ja hevostalouden sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuuksista Pohjois-Savossa (2010). Selvityksen mukaan rehun pilaantuminen johtuu yli kolmasosassa tapauksista muovin rikkoutumisesta tuhoeläinten takia (kun

säilöntämenetelmänä on pyöröpaali), ja noin kolmanneksen pilaantumisesta aiheuttaa ilman pääseminen muovin alle (kun rehua säilötään siilossa). Pilaantumiseen vaikuttaa myös muun muassa se, missä paalattua rehua säilytetään. Pilaantunutta rehua voi olla myös lammas- ja hevostiloilla, mutta tämän hankkeen tarkastelussa ei huomioida lammas- ja hevostiloja puutteellisten aineistojen takia.

2.2. Olki

Olkea syntyy viljakasvien viljelyssä. Viljasadon puimisen yhteydessä olki voidaan kerätä esimerkiksi kuivikkeeksi kotieläintiloilla. Ylimääräinen olki silputaan tai kynnetään suoraan peltoon sadonkorjuun yhteydessä (Rantala & Viljakainen, 2010). Ylimääräisen oljen hyötykäyttöä on selvitetty paikallistasolla esimerkiksi energian ja biohiilen tuotannossa (Chen ym., 2022; Lehtinen, 2021; Tuominen, 2017; Välttilä, 2014). Ylimääräistä olkea syntyy etenkin alueilla, joilla ei ole kotieläintuotannon kuiviketarvetta. Haasteiksi oljen hyödynnyksessä on tunnistettu muun muassa korjuuta rajoittavat sopivien korjuuolosuhteiden lyhyt ajallinen kesto sekä käyttökelpoisen korjuukaluston vähäisyys, varastointi ja kuljetus (Uitamo, 2010). Lisäksi suuren tuhka- ja typpipitoisuuden poltolle aiheuttamat ongelmat ovat olleet esteenä oljen energiakäytön yleistymiselle (Uitamo, 2010).

2.3. Perunan alkutuotannon sivuvirta

Juurestuotannossa syömäkelpoisia sivuvirtoja syntyy esimerkiksi peltoon tai varastoon jäävästä sadosta, jota ei markkinahäiriöistä johtuen saadakaan myytyä. (Biomassa-atlas, 2023). Syömäkelvottomia sivuvirtoja taas ovat sääolosuhteiden tai tuholaisien pilaama sato sekä muut kuin ruoaksi tuotetut kasvinosat, esimerkiksi naatit ja muut viherbiomassat. Tällä hetkellä lajittelujätettä hyödynnetään koti- ja riistaeläinten rehuna tai se kompostoidaan tai palautetaan pellolle maanparannusaineeksi (Lehto ym., 2018). Sivuvirtoihin siirtyy huomattava osa sadon sisältämistä ravinteista, joten kasvissivuvirroista valmistettua kompostia voi käyttää maanparannusaineena, jolla on myös fosfori- ja kaliumlannoitusvaikutus. Paikoitellen kasvissivutuotteita toimitetaan myös biokaasulaitoksille. Vaikka naatit ovat vesipitoisia, ja niiden määrä biomassojen kokonaisuudessa on vähäinen, voi niiden määrällä olla paikallisesti merkitystä esimerkiksi biojalostamon lisäsyötteenä (Biomassa-atlas, 2023). Naatit voitaisiin korjata raaka-aineeksi biokaasukattiloihin yhdessä muiden kosteiden biomassojen (kuten lannan ja lietteen) kanssa. Tuoreet biomassat pilaantuvat varsin nopeasti, joten heikon säilyvyyden ja korkean vesipitoisuuden takia biomassat kannattaisi prosessoida melko lähellä massojen syntypaikkaa (Lehto ym., 2018).

Avomaajuurestuotannosta tarkasteluun valittiin peruna, koska sen viljelyssä on juureksista eniten tuotantoalaa Iin lähiseudulla. Tarkemmin tässä hankkeessa juuressivuvirtana käsitellään perunantuotannon peltobiomassoja eli sadonkorjuussa peltoon jäävää biomassaa sekä korjuun jälkeisessä käsittelyssä ja varastoinnissa syntyvää hävikkiä maatiloilla (Lehto ym., 2018, s. 9).

2.4. Maatalousmuovi

Muovia käytetään maatiloilla moniin eri tarkoituksiin: esimerkiksi säilörehun käsittelyssä, kasvihuoneissa ja viljelykatteissa. Myös lannoitteista ja torjunta-aineista kertyy muovisäkkejä ja -kanistereita. Tilalla muoveja ei saa polttaa eikä haudata maahan, vaan ne on kerättävä, lajiteltava

ja varastoitava sekä kuljetettava asianmukaiseen käsittelypaikkaan. Haasteena maatalousmuovien kierrätyksessä ja kierrätyspalvelujen tarjonnassa on erilaatuisten muovien erottelu sekä esimerkiksi säilörehumuoveihin kertyneet epäpuhtaudet.

Muovin käyttömäärään vaikuttavat monet tekijät, kuten tuotantosuurta ja peltopinta-ala. Esimerkiksi nautatiloilla, joilla suuri osa peltopinta-alasta on nurmea, käytetään nurmenkorjuussa paalikäärinä- ja aumamuovia. Muovimäärään vaikuttavat sekä nurmipinta-ala että korjuumenetelmä, ja siten muovimäärää ei voida täsmällisesti määrittää eläinmäärän tai peltopinta-alan mukaan.

Maatalousmuovin keräystä on toteutettu Suomessa tyypillisesti maksullisella noutokeräyksellä tiloilta (esim. MTK, 2023) tai paikallisilta keräyspisteiltä, jonne yrittäjät toimittavat muovinsa maatiloilta. Rantala ja Viljakainen (2010) selvittivät maatalousyrittäjien kiinnostusta muovinkeräykseen Pohjois-Savossa, ja 72,4 % tiloista on kiinnostunut pakkausmateriaalien keräyspalvelusta. Lisäksi 18,9 % vastaajista olisi valmis maksamaan keräyspalvelusta enintään 50 euroa, ja 17,3 % voisi maksaa palvelusta 51–100 euroa (Rantala & Viljakainen, 2010, s. 28). Yrittäjät olisivat valmiita kuljettamaan syntyvän muovijätteen noin 10–20 kilometrin päähän ilman erillistä korvausta. Mikäli muovijäte tulaisiin hakemaan tilalta puolen vuoden tai vuoden välein, oltaisiin tyhjennyksestä valmiita maksamaan noin 100 €. Palvelun kiinnostavuuden raja osoittautui sadassa eurossa per tyhjennys riippumatta syntyvän muovin määrästä (Rantala & Viljakainen, 2010, s. 53).

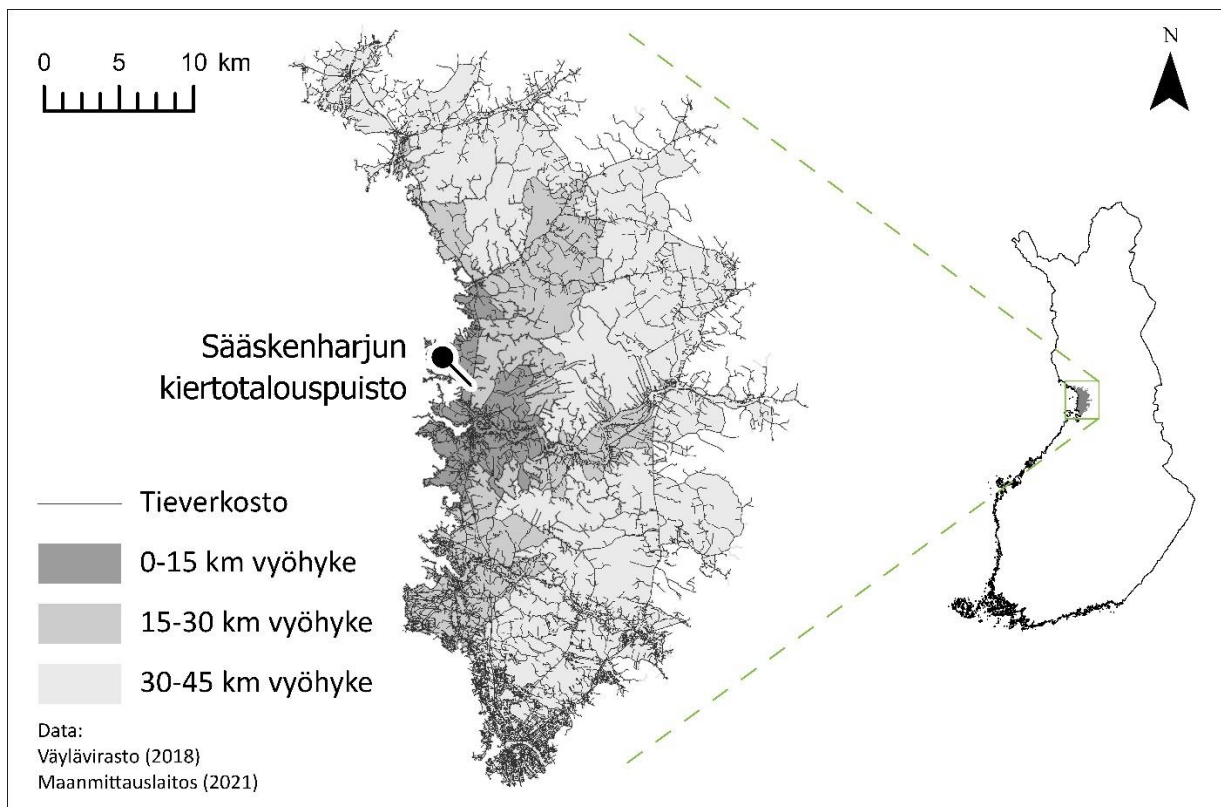
Pohjois-Karjalassa on arvioitu maatalousmuovin tilakeräyksen vaihtoehtojen kuljetuskustannustehokkuutta (Tepponen ym., 2020). Tutkimuksen mukaan tilakohtaisen muovimäärän arviointi on haastavaa ja toi epävarmuutta, ja yksityiskohtaisen tilakohtaisen tiedon kerääminen muovin käyttömäärästä tarjoaisi hyödyllistä lisätietoa kuljetusten suunnittelua varten.

Alueellisesti muovin keräyspisteiden tarpeelle on noussut tarvetta myös Pohjois-Pohjanmaalla Siikalatvan kunnan kiertotaloushankkeessa (Pohjanvirta 2023). Esimerkiksi paalimuoveista vain noin 10 % kierrätetään Siikalatvassa.

3. Aineistot ja menetelmät

3.1. Paikkatietoaineistot

Peltoaloihin perustuvissa tarkasteluissa käytettiin Ruokaviraston paikkatietoaineistoa peltolohkoista (Paikkatietoa sisältävä kasvulohko) vuodelta 2021. Peltolohkoaineistot ovat EU:n INSPIRE-direktiivin myötä avointa dataa (Ruokavirasto, 2022). Tienvarsiniittoja tarkasteltiin Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskuksen toimittamalla paikkatietoaineistolla (2022), joka sisältää tarkat tiestötiedot tienhoitoluokittain. Ominaisuustietoina hyödynnettiin tieosuuksien pituutta ja viherhoitoluokkaa. Pilaantuneen rehun tarkastelussa hyödynnettiin kotieläintilojen paikkatietoaineistoa (2020), jonka käyttöön tässä hankkeessa hankittiin luvat.. Saavutettavuusanalysissä hyödynnettiin aineiston ominaisuustietoja kotieläintilojen sijainnista sekä eläinmääristä. Tutkimusalue, tarkasteluvyöhykkeet ja tieverkosto ovat esiteltyinä kuvassa 3.



Kuva 3. Iin seudun tieverkosto ja tieverkostoa pitkin kuljettavien 15, 30 ja 45 kilometrin etäisyysvyöhykkeet.

3.2. Estimaatit sivuvirtojen määrälle

Sivuvirtamateriaalien saatavuuden ja maantieteellisen saavutettavuuden tarkastelussa on käytetty aikaisempaan tutkimukseen ja kirjallisuuteen pohjautuvia määräestimaatteja. Estimaatit on koottu taulukkoon 1. Tarkemmin estimaattien laskennasta sekä epävarmuustekijöistä kerrotaan seuraavissa kappaleissa, eriteltyinä sivuvirtamateriaaleittain.

Taulukko 1. Sivuvirtamateriaalien määrän arviointiin käytettävät estimaatit.

Sivuvirtamateriaali		Estimaatti	Yksikkö	Lähteet
Viherbiomassa maatalouden ympäristönhoidollisilta aloilta		12,46	t/ha	Niemeläinen ym., 2014, s. 11; Salo ym., 2014, s. 11
Tienvarsibiomassa		12,46	t/ha	Niemeläinen ym., 2014, s. 11; Salo ym., 2014, s. 11
Pilaantunut nurmirehu		143	kg/nautayksikkö ⁴	(Rantala & Viljakainen, 2010, s. 18)
Olki	Syysohra ¹	883,64	kg/ha	Pahkala ym. (2009, s. 50), Luke (2022)
	Kevätvehnä	1 950,00		
	Syysvehnä	3 216,67		
	Kaura	1 244,00		
	Ruis ²	2 055,00		
Maatalousmuovi	Nurmiala	20,98	kg/ha	I. Suur-Uski, henkilökohtainen viestintä, 7. maaliskuuta (2023)
	Vilja-ala	1,48	kg/ha	
Perunan alkutuotannon sivuvirta ³		29 681,15	kg/ha	Franke ym. (2016, s. 30), Pahkala ym. (2009, s. 12), Joensuu (2017), Luke (2022)

¹ Kokonaissivuvirran määrä laskettu peltolohkoaineiston syys-, mallas- ja rehuohran viljelyalan mukaisesti.

² Kokonaissivuvirran määrä laskettu peltolohkoaineiston syys- ja kevätruikiin viljelyalan mukaisesti.

³ Sisältää peltoviljelyn ja korjuun jälkeisessä käsittelyssä ja varastoinnissa syntyvän sivuvirtabiomassan.

⁴ Nautayksikkö tarkoittaa seuraavia tarkastelualueella esiintyviä tuotantoeläinluokkia: Hiehot (12 kk–24 kk, ei poikineet, emolehmäksi); Emolehmä (yli 24 kk); Muu nauta (6–24 kk); Lypsylehmä (yli 24 kk).

Viherbiomassat

Maatalouden ympäristönhoidollisilta aloilta ei ole olemassa satotilastoja, mutta estimaatin pohjana käytettiin 4,0 kg kuiva-ainesatoarviota per hehtaari (Niemeläinen ym., 2014, s. 11) sekä säilörehutilastoihin perustuvaa 32,1 % kuiva-ainepitoisuutta (Salo ym., 2014, s. 11). Suomessa ei ole tietävästi selvitetty piennaralueiden biomassamäärää. Kansainvälisissä tutkimuksissa määrän on arvioitu vaihtelevan välillä 3 000–5 000 kuiva-ainekiloa hehtaarilla (esim. Brown ym., 2020, s. 6). Siten tässä hankkeessa käytettiin samaa arviota kuin maatalouden ympäristönhoidollisilla aloilla.

Tienvarsilla myös niittoleveys vaikuttaa kertyvään biomassamäärään. Tässä tutkimuksessa arviona käytettiin tienhoidon ohjeistuksessa ilmoitettuja niittoleveyksiä eri tienhoitoluokille: 2-ajorataisilla teillä (N1-tienhoitoluokassa) niiton on ulotettava vähintään 6 m etäisyydelle päällysteen reunasta, valta- ja kantateillä ja vilkkailla seututeillä (N2-tienhoitoluokassa) vähintään 4 m etäisyydelle ja muilla teillä (N3-tienhoitoluokassa) vähintään 2 m etäisyydelle päällysteen reunasta. Lisäksi kevyen liikenteen väylien kohdalla niittoleveys on kaksi metriä päällysteen reunasta, mutta nämä alat eivät ole mukana tämän työn analyysissä.

Sekä maatalouden että tienpientareiden osalta laskenta tehtiin yhden vuosittaisen niittokerran mukaan. Todellisuudessa niittokertoja voi olla enemmän (väylävirasto, 2014), ja eri niittokerroista voi syntyä eri määrä biomassaa (esim. Meyer ym., 2014, s. 128). Epävarmuutta biomassaestimaattiin sekä tienpientareiden että peltoalojen osalta tuo se, että todellinen kasvillisuuden määrä voi vaihdella merkittävästi (Niemeläinen ym., 2014, s. 24), muun muassa paikallisten kasvuolosuhteiden mukaan (Meyer ym., 2014). Myös vuosittaisilla sääolosuhteilla on

merkitystä biomassamäärään (esim. Brown ym., 2020; Piepenschneider ym., 2016). Lisäksi tienpientareiden osalta on huomioitava, että tien kunnostushankkeen jälkeen kasvillisuuden kasvu pientareella on vähäistä monien vuosien ajan (S. Purola & J. Sääskilahti, henkilökohtainen viestintä, 1. marraskuuta 2022). Lisäksi hoitosuunnitelman mukaiset niittoleveydet ovat ohjeellisia, ja todellisissa niittoleveyksissä voi olla poikkeuksia; ohjeistetut niittoleveydet ovat enimmäismääriä, eli usein niittoleveys voi olla ilmoitettua kapeampi (S. Purola & J. Sääskilahti, henkilökohtainen viestintä, 1. marraskuuta 2022). Lisäksi paikalliset tekijät, kuten puustoinen kasvillisuus ja jyrkät uomat vaikuttavat todelliseen potentiaaliseen niittoleveyteen (Meyer ym., 2014, s. 126). Kerättävän biomassamäärän arvioinnissa ei myöskään huomioida niittokalustoa ja sen rajoitteita.

Pilaantuneen nurmirehun estimaatissa ei huomioida eri-ikäisiä nautoja, vaan arvio on sama jokaiselle tilastoidulle nautayksikölle. Pilaantuneen rehun kohdalla epävarmuutta määrän arvioinnissa aiheuttaa myös se, että Pohjois-Savossa (Rantala & Viljakainen, 2010) mukaan lähes puolet (48,1 %) tiloista säilövät rehun pyöröpaaleihin, mutta Pohjois-Pohjanmaan ja Iin seudun nautatilojen yleisimmistä säilöntämuodoista ei ole tietoa. Säilömenetelmänä voi olla myös esimerkiksi auma ja siilo.

Oiki

Olkimäärän laskennassa käytetään teoreettista sivuvirtapotentiaalia, joka kuvaa kasvin satoindeksiä eli korjatun sadon suhdetta maanpäälliseen kokonaisbiomassaan (Pahkala ym., 2009, s. 12). Satoindeksi viljoilla vaihtelee noin 0,4–0,55 välillä (Pahkala ym., 2009, s. 50), eli noin puolet sadosta on olkea. Olkimäärä lasketaan siis viljan kokonaisbiomassan perusteella, vähentäen siitä korjatun sadon osuus sekä peltoon jäävän sängin osuus. Laskentakaava on seuraava:

$$\frac{(1 - S_i - S) \times H}{S_i}$$

jossa O on pellostaa saatava olkisivuvirta, S_i on satoindeksi, S on peltoon jäävän sängin osuus kokonaisbiomassasta ja H on hehtaarisato (kg/ha). Taulukkoon 2 on koottuna satoindeksi, keskimääräinen jyväsato sekä estimaatti oljen määrälle eri viljoille. Avoin paikkatietoaineisto ei erittele luomu- ja tavanomaista satoa, joten mallinnus on tehty luomu- ja tavanomaisen keskisatojen mukaisella yhteissatomäärällä.

Taulukko 2. Viljakohtaiset satoindeksit, vuosien 2018–2022 keskimääräiset jyväsadot ja laskennallinen olkisato eri viljoille. Lähteet: Luke, (2022), Pahkala ym. (2009, s. 50).

Vilja	Satoindeksi	Jyväsato (kg/ha) ¹	Olkisato (kg/ha)
Ohra	0,55 ²	3 624 ³	988,4
Kevätvehnä	0,45	3 518	1 954,4
Syysvehnä	0,45	4 442	2 467,8
Kaura	0,50	3 160	1 264,0
Ruis	0,40	2 870 ⁴	2 152,5

¹ Keskisato yhtensä luomu- ja tavanomaisessa tuotannossa.

² Syysohran mukaista satoindeksiä käytetty kaikelle ohralle.

³ Sisältää satotilastojen mukaisen mallas-, rehu- ja syysohran.

⁴ Sisältää syys- ja kevätrukiin.

Perunan alkutuotannon sivuvirta

Perunan alkutuotannon sivuvirta on laskettu peltoon jäävän teoreettisen sivuvirtapotentialin sekä alkutuotannon sivuvirtaosuuden avulla. Teoreettisen sivuvirtapotentiali perustuu kasvin satoindeksiin eli korjatun sadon suhdetta maanpäälliseen kokonaisbiomassaan (Pahkala ym., 2009). Perunan satoindeksi on 0,55 (Pahkala ym., 2009, s. 12). Teoreettinen sivuvirtapotentiali ei siis huomioi todellisuudessa sivuvirtana kerättävänä olevaa biomassamäärää, joka on mahdollista hyödyntää perunan korjuun jälkeen (vrt. olkimäärän laskennassa sängin osuuden vähentäminen sivuvirtamäärästä). Vastaavasti alkutuotannon sivuvirtaosuus tarkoittaa korjuun jälkeisessä käsittelyssä ja varastoinnissa syntyvää sivuvirtabiomassaa, joka lasketaan osuutena kerätystä sadosta, ja se on perunalla arviolta 10.0 % (Franke ym., 2016, s. 30; Joensuu, 2017).

Satotaso on laskettu Pohjois-Pohjanmaan vuosien 2018–2022 kokonaisperunasadon (sis. ruokaperuna, varhaisperuna, ruokateollisuusperuna, tärkkelysperuna ja muun peruna) mukaisen keskisadon (32 326 kg/ha) perusteella (Luke, 2022). Peltolohkodatasta on huomioitu ruokaperunan, ruokateollisuusperunan, varhaisperunan ja tärkkelysperunan viljelyalat (joista vain ruokaperunaa on viljelty tutkimusalueella vuoden 2021 peltolohkoaineiston mukaan). Avoin paikkatietoaineisto ei erittele luomu- ja tavanomaista satoa, joten mallinnus on tehty luomu- ja tavanomaisen keskisatojen mukaisella yhteissatomäärällä perunan sivuvirtabiomassojen laskennassa.

Kokonaisuudessaan sivuvirta on laskettu alla olevan kaavan mukaan, jossa P on perunan alkutuotannon sivuvirtamäärä (kg), Si on satoindeksi, H on hehtaarisato (kg/ha) ja As on alkutuotannon sivuvirtaosuus.

$$P = \frac{(1 - S_i) \times H}{S_i} + A_s \times H$$

Maatalousmuovi

Maatalousmuovimäärän estimoinnissa hyödynnettiin Maatilojen muovit kierto (MuKi) -hankkeen (2023) Keski-Suomessa tehdyn kyselytutkimuksen dataa (Hytönen, 2023). Kyselytutkimuksessa selvitettiin maatilojen tuotantosuuntaa, nurmi- ja viljanviljelyalaa sekä muovinkäyttömäärää. Vastausten perusteella keskimääräiset muovinkäyttömäärät estimoitiin allokoimalla muovimäärä nurmi- ja vilja-alan mukaisesti. Näin muovinkäyttömääräksi estimoitiin keskimäärin 20,98 kg per nurmihehtaari ja 1,48 kg/ha vilja-alaa kohti (I. Suur-Uski, henkilökohtainen viestintä, 7. maaliskuuta 2023).

Nurmialalla tarkoitetaan kaikkia säilörehunurmia ja viljalla kaikkia puitavia viljoja, mukaan lukien rypsi ja rapsi. Näin viljelyalaa allokoituja määriä voidaan tarkastella alueellisesti avoimen peltolohkodatan avulla. Paikkatietotarkastelussa peltolohkokisteristä eroteltiin seuraavat alat nurmialaksi:

- 1-vuotinen kuivaheinä-, säilörehu-, tuorerehunurmet
- Apila
- Monivuotinen kuivaheinä-, säilörehu- ja tuorerehunurmet
- Muut rehu kasvit
- Pysyvä kuivaheinä, säilörehu, tuorerehu (väh. 5, alle 10 v)
- Seos
 - Herne/härkäpapu/makea lupiini/öljykasvit

- Herne/härkäpapu/makea lupiini yli 50 % + viljaa
- Seoskasvusto
 - Apila yli 50 % + nurmiheinä
 - Typensitojakasvia yli 50 %
 - Valkuaiskasvit
 - Valkuaiskasvit + vilja
 - Valkuaiskasvit + öljykasvit
 - Vilja + öljykasvit
 - Viljat
 - Öljykasvit
- Vihantavilja
 - Kaura
 - Ohra
 - Ruis
 - Vehnä
 - Viljaseos
- Viherlannoitusnurmi
 - Ympäristösitoumus
 - Ei ympäristösitoumusta
- Ympäristösopimusala, pysyvä nurmi

Vastaavasti vilja-alaksi eroteltiin seuraavat viljelykasvialat:

- Kaura
- Kevätrapsi
- Kevätruis
- Kevätruisvehnä
- Kevätrypsi
- Kevätspelttivehnä
- Kevätvehnä
- Mallasohra
- Syyskaura
- Syysohra
- Syysrapsi
- Syysruis
- Syysruisvehnä
- Syysrypsi
- Syysspelttivehnä
- Syysvehnä

3.3. Menetelmänä verkostoperusteinen saavutettavuusmallinnus

Raportin saavutettavuustarkasteluissa hyödynnettiin tieverkon Digiroad-paikkatietomallia (Liikennevirasto 2018). Paikkatietoperusteissa saavutettavuuslaskennassa voidaan laskea pienimmän kustannus-etäisyyden reittejä (*least cost path*) tieverkolla määritettyjen ominaisuustietojen avulla. Saavutettavuuslaskelmat perustuvat lyhimpiin reitteihin ajoneuvoille soveltuvalla tieverkolla. Laajempi menetelmällinen esitys saavutettavuuslaskennasta on Ollilan ja

Kotavaaran artikkelijulkaisussa (2023b). Tarvittaessa matkan pituuden lisäksi myös reitin nopeuden tai koko kuljetussuoritteen kustannuksia ja hiilipäästöjä voidaan arvioida.

4. Tulokset

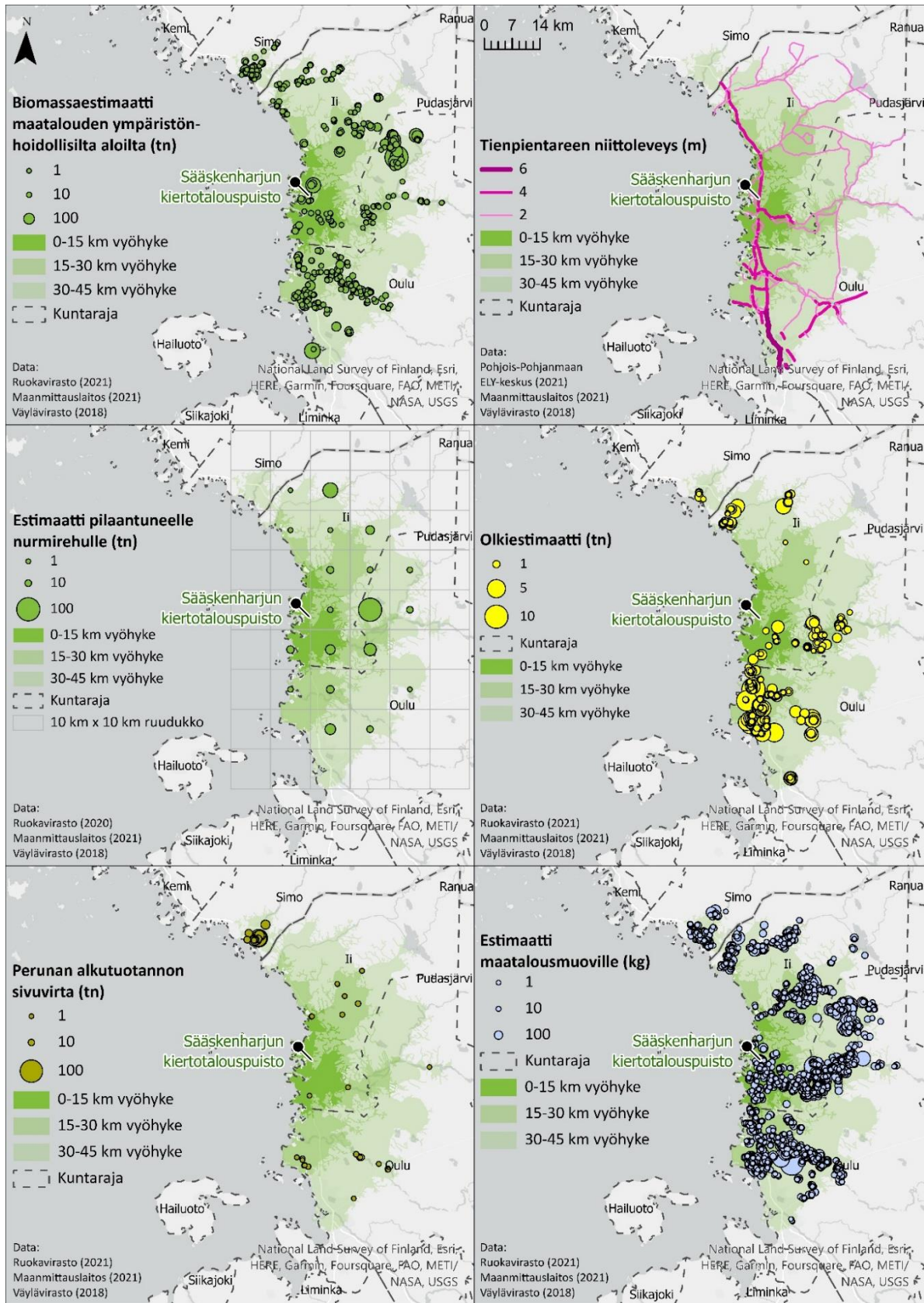
4.1. Sivuvirtamateriaalien estimoitu määrä ja alueellinen saavutettavuus

Taulukossa 3 on esitettyä estimaatit sivuvirtamateriaalien määrille, jotka ovat saavutettavissa 15, 30 ja 45 kilometrin säteellä Sääskenharjusta. Sivuvirtojen alueellista jakautumista on esitelty kuvan 4 yhteenvetokartassa sekä tarkemmin sivuvirtamateriaalikohtaisesti kuvissa 5–10.

Taulukko 3. Estimaatit saavutettavista sivuvirtamääristä 15, 30 ja 45 km säteellä Sääskenharjusta.

Sivuvirtamateriaali	Sivuvirtaestimaatti (tonnia)		
	15 km vyöhykkeellä	30 km vyöhykkeellä	45 km vyöhykkeellä
Viherbiomassa maatalouden ympäristönhoidollisilta aloilta (tuore)	776,7	3 009,8	8 686,5
Tienvarsibiomassa (tuore)	760,4	2 506,9	4 741,7
Pilaantuneet nurmirehu	44,9	226,7	368,2
Olki	30,1	226,5	355,6
Perunan alkutuotannon sivuvirta ¹	41,6	218,2	3 021,5
Maatalousmuovi	8,5	44,8	96,0

¹ Sis. peltoviljelyn ja korjuun jälkeisessä käsittelyssä ja varastoinnissa syntyvän sivuvirtabiomassan.

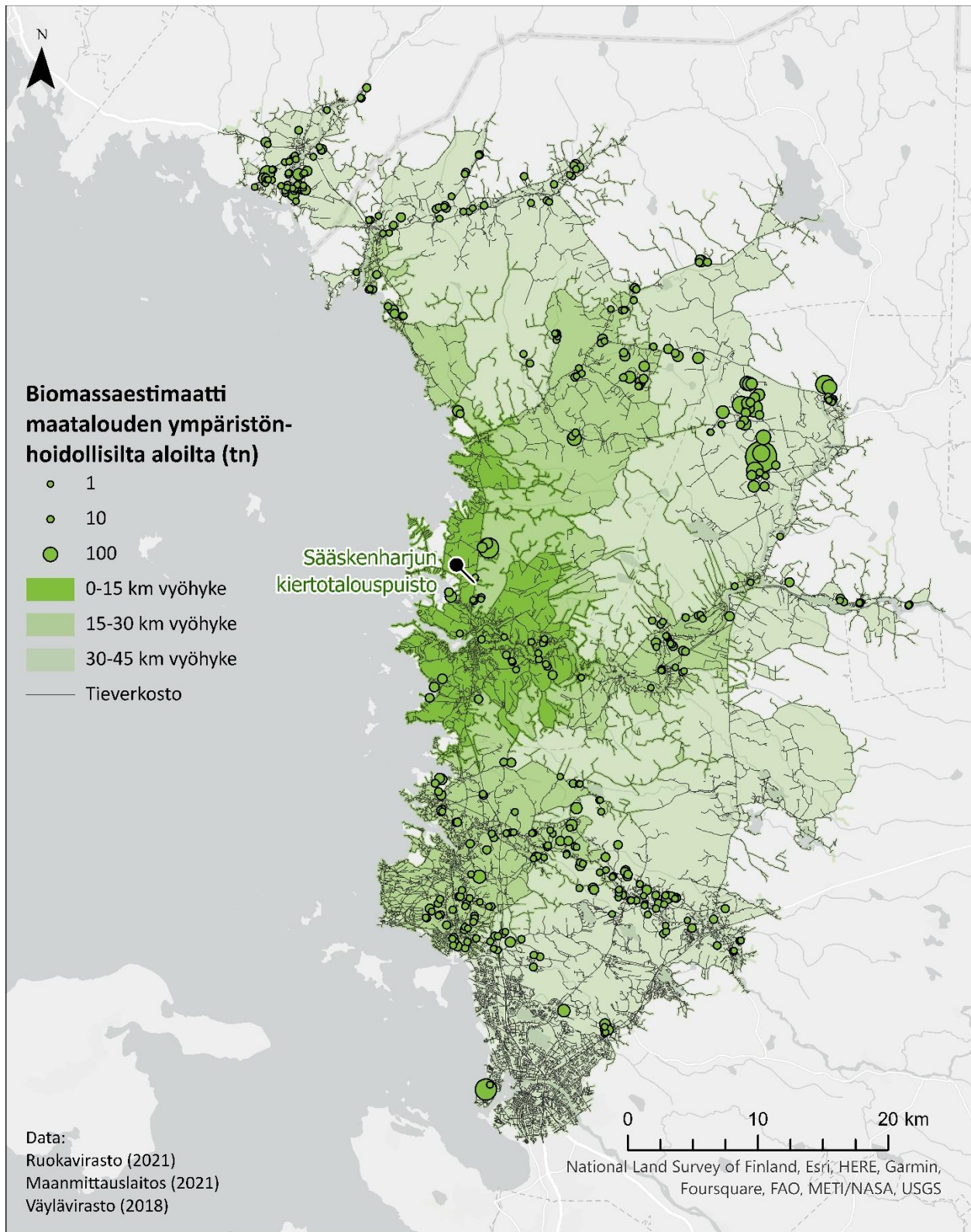


Kuva 4. Koontikartta sivuvirtamateriaalien alueellisesta jakautumisesta lin lähiseudulla, Sääskenharjun kiertotalouskeskuksesta käsin.

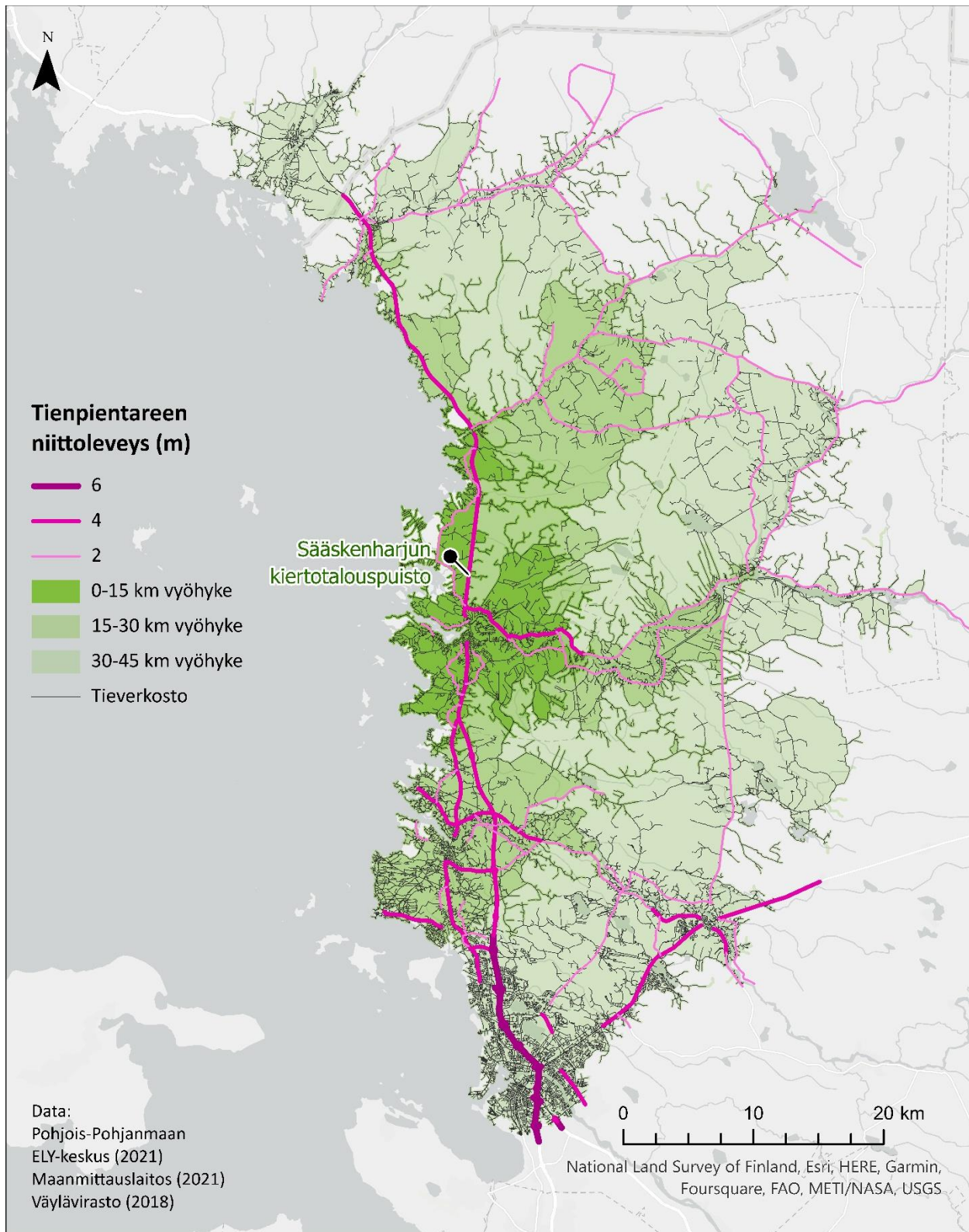
Maatalouden ympäristönhoidollisilta aloilta kumuloituva biomassa on jakautunut tasaisesti lin lähiseudulle (kuva 5), mutta pienten peltolohkokokojen vuoksi määrät ovat pieniä yksittäisiltä lohkoilta. Tienpientareilta kumuloituvan biomassan määrää on muista sivuvirroista poiketen kuvattu hoitoluokkiin pohjautuvien niittoleveyksien mukaan välillä 2–6 metriä (kuva 6). Koska pientareilta muodostuvan biomassan määrälle ei ole olemassa tarkkaa arviota, ei estimaattia koettu mielekkääksi esittää sijaintiperusteisesti. Tienvarsibiomassojen osalta tienhoidon paikkatietoaineisto ja pilaantuneen nurmirehun estimoinnissa käytössä ollut kotieläintiladata on saatavilla Pohjois-Pohjanmaan laajuudella, joten tulokset niiden osalta on esitetty rajoituen tarkastelualueen (45 km vyöhykkeen) pohjoisosassa Lapin maakuntarajaan. Lisäksi pilaantuneen nurmirehun osalta (kuvassa 7) tulokset estimoiduista määristä on skaalattuna 10 km x 10 km ruudukkoon, jotta pohjadatan mukaiset yksittäisten kotieläintilojen sijainnit eivät paljastu henkilötietosuojasyistä. On kuitenkin huomioitava, että todellisuudessa pyöröpaalattu rehu voi sijaita maatilojen peltolohkoilla, eikä aineiston mukaisessa tilakeskusten sijainneissa.

Suurin osa oljesta sijoittuu tarkastelualueen eteläisemmälle osalle (vuoden 2021) viljan viljelyyn käytössä olleiden peltolohkojen mukaisesti (kuva 8). Perunan alkutuotannon sivuvirraksi muodostuva biomassa painottuu tarkastelualueen pohjoisosaan, Simon kunnan alueelle (kuva 9). Perunan alkutuotannon sivuvirta sisältää peltoviljelyn ja korjuun jälkeisessä käsittelyssä ja varastoinnissa syntyvän sivuvirtabiomassan. Koska perunan sivuvirtabiomassan laskenta huomioi peltoon jäävän sivuvirtabiomassan sekä korjuun jälkeisessä käsittelyssä ja varastoinnissa syntyvän hävikin mautiloilla, voi osa perunan sivuvirtabiomassasta sijaita tilakeskuksessa eikä peltolohkoilla, kuten peltolohkojen paikkatietoon pohjautuva alueellinen esitys kuvaa.

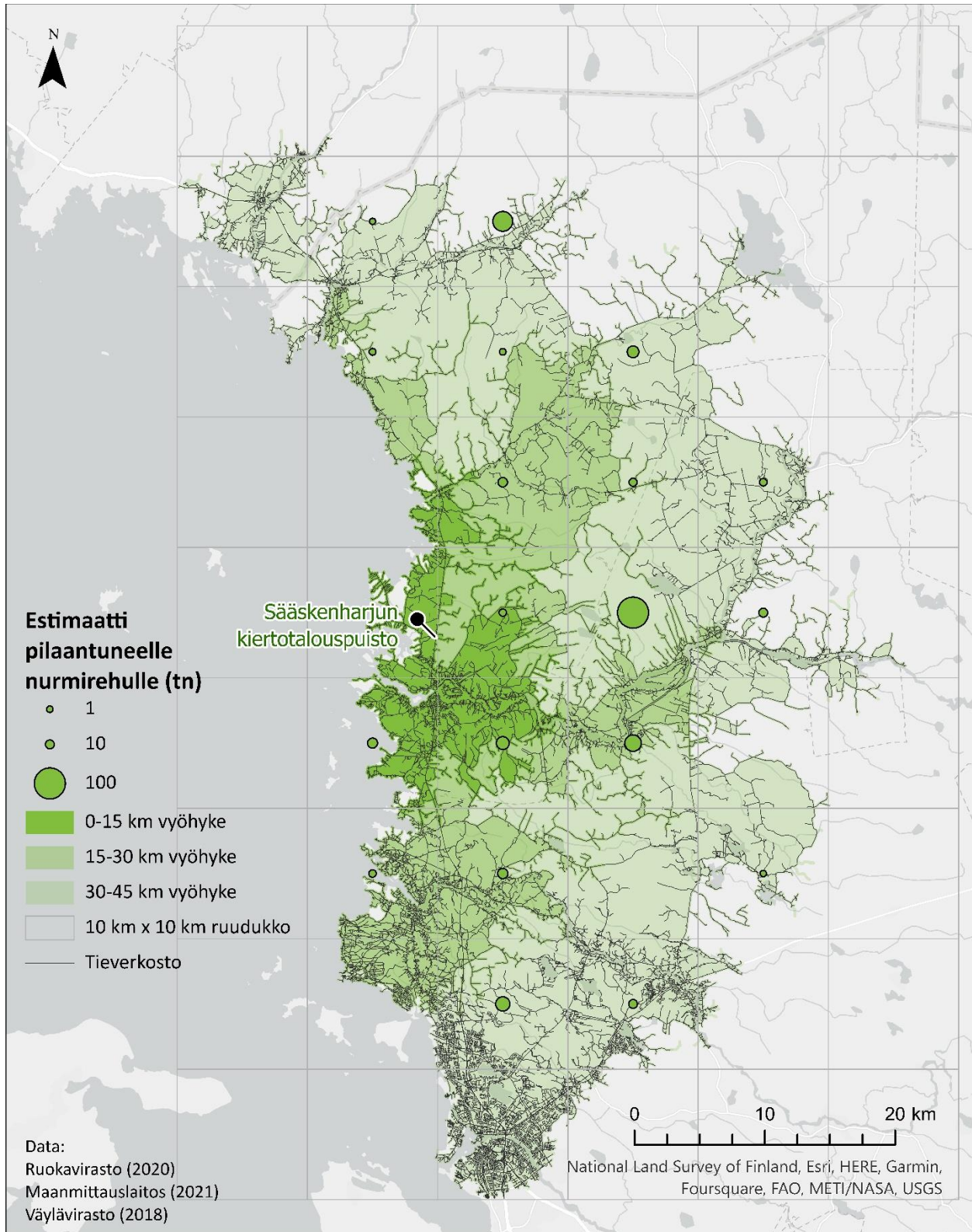
Maatalousmuovin alueellinen sijainti (kuvassa 10) määräytyy peltolohkosijaintien mukaan, mutta on huomioitava, että todellisuudessa muovit sijaitsevat pääsääntöisesti maatilakeskuksissa. Maatilojen peltolohkot kuitenkin sijaitsevat tyypillisesti lähellä viljelyaloja, joten kartta antaa kuvaa muovin alueellisesta jakautumisesta. Kaiken kaikkiaan on huomioitava, että saavutettavuusanalyysien tulokset ovat estimaatteja absoluuttisille sivuvirtamäärille, eli ne eivät kuvaa tarkasti todellisia määriä.



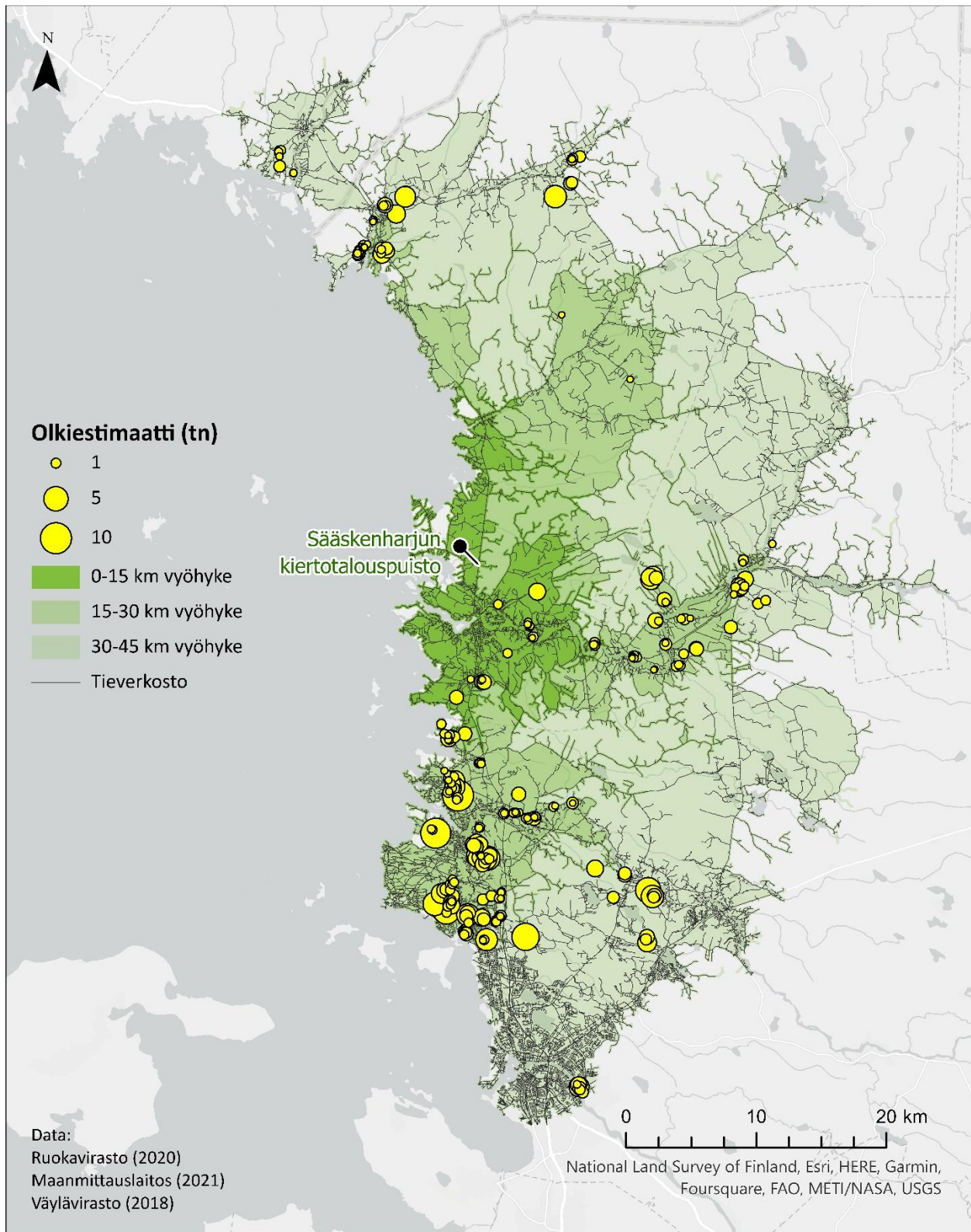
Kuva 5. Maatalouden ympäristöhoidollisilta aloilta kerättävissä olevan biomassan alueellinen jakautuminen lin lähiseudulla, Sääskenharjun kiertotalouskeskuksen ympäristössä.



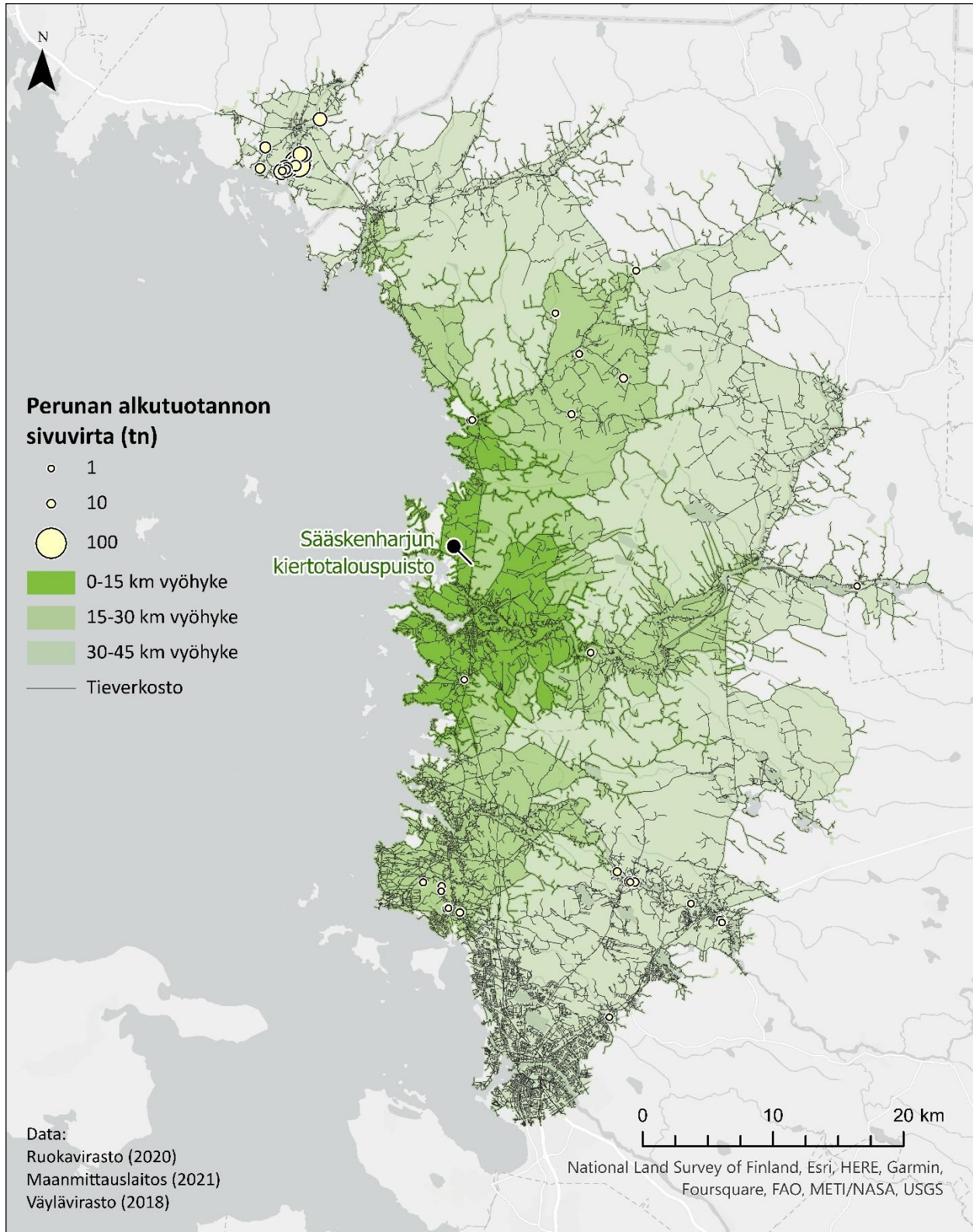
Kuva 6. Pientareiden niittoleveydet ELY-keskuksen hoitamien tieluokkien tienhoitoluokissa N1 (2-ajorataiset tiet), N2 (valta- ja kantatiet, vilkkaat seututiet) ja N3 (muut tiet). Tienhoidon paikkatietoaineisto on saatavilla Pohjois-Pohjanmaan laajuudella, joten tulokset on esitetty rajoittuen tarkastelualueen (45 km vyöhykkeen) pohjoisosassa Lapin maakuntarajaan.



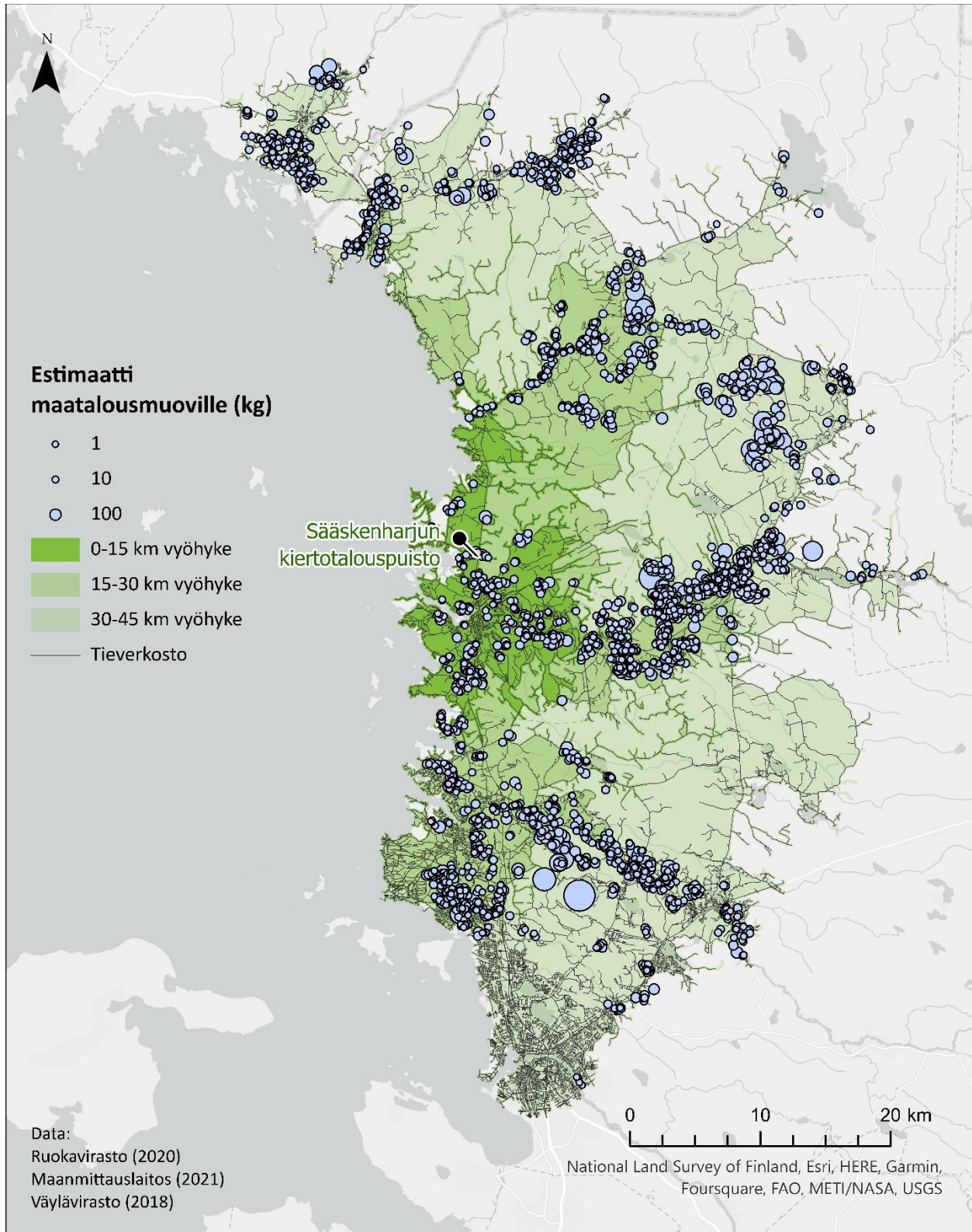
Kuva 7. Pilaantuneen rehun estimoidun biomassamäärän alueellinen jakautuminen lin lähiseudulla, Sääskenharjun kiertotalouskeskuksen ympäristössä. Kotieläintiladatan pohjalta muodostettu estimaatti on skaalattuna 10 km x 10 km ruudukkoon, jottei yksittäisten tilojen sijainnit selviä henkilötietosuojasyistä.



Kuva 8. Oljen estimoidun biomassamäärän alueellinen jakautuminen lin lähisuudulla, Sääskenharjun kiertotalouskeskuksen ympäristössä.



Kuva 9. Perunan alkutuotannon estimoidun sivuvirtabiomassamäärän alueellinen jakautuminen lin lähiseudulla, Sääskenharjun kiertotalouskeskuksen ympäristössä. Perunan alkutuotannon sivuvirta sisältää peltoviljelyn ja korjuun jälkeisessä käsittelyssä ja varastoinnissa syntyvän sivuvirtabiomassan.



Kuva 10. Maatalousmuovien estimoidun määrän alueellinen jakautuminen lin lähiseudulla, Sääskenharjun kiertotalouskeskuksen ympäristössä.

4.2. Logistiikkamallinnus: traktorikuljetusten ja rekkareititysten hyötysuhteet maatalouden ympäristöhoidollisten alojen biomassakeräyksessä

Maatalouden ympäristöhoidollisten alojen, eli maataloustuotannolle marginaalisten alojen ruohobiomassaa voitaisiin hyödyntää energian ja biopohjaisten tuotteiden tuotannossa. Keskeisiä kannattavuutta rajoittavia tekijöitä biomassan hyödyntämisessä ovat alueellinen saatavuus ja kuljetuskustannukset (Niemeläinen ym., 2014; ProAgria Oulu, 2018). Sen pohjalta tämän hankkeen puitteissa toteutettiin logistiikkatarkastelu (Ollila & Kotavaara 2023b), jonka tavoitteena oli testata avoimilla peltolohko- ja tieverkkoaineistoilla menetelmiä biomassan saavutettavuuden mittaamiseen, kuljetusten optimointiin ja kuljetusvaihtoehtojen hyötysuhteen tarkasteluun paikkatietojärjestelmän avulla. Tarkastelu tehtiin kahdella Pohjois-Pohjanmaan case-alueella: Iin seudulla sekä Nivalan seudulla. Iin seutu kuvaa niukemman biomassakertymän case-alueita, ja vastaavasti Nivalan seutu runsaamman biomassakertymän aluetta, sillä siellä on enemmän ympäristöhoidollista peltopinta-alaa. Analyyseissä sovelletaan verkostoperusteisia menetelmiä, joiden avulla mallinnetaan traktori- ja yhdistelmäajoneuvon kuljetusskenaarioita.

Logistiikkavaihtoehtojen kuljetustehokkuutta mitattiin kerätyn biomassamäärän ja kuljetuksessa kumuloituvan kilometrimäärän suhteella, eli montako kilometriä kertyy eri kuljetusvaihtoehdoilla per kerätty biomassatonni. Tutkimuksessa havaittiin, että vaikka saavutettavan biomassan määrässä voi olla suuria alueellisia eroja, niin kuljetustehokkuus voi olla hyvin samanlainen, ja myös niukoilla biomassan alueilla kuljetustehokkuus voi olla hyvä. Toisaalta vaikka kuljetuksen hyötysuhde on hyvin samanlainen eri alueilla, on kuitenkin otettava huomioon, että taloudellisesti kannattavaan jalostukseen tarvittava määrä biomassaa vaikuttaa siihen, onko sivuvirtamateriaalien kuljetus kannattavaa. Hyötysuhteen avulla voidaan myös arvioida kuljetuksen päästöjä ja sen pohjalta tehdä vertailua päästövaikutuksista eri kuljetusvaihtoehtojen välillä.

Tutkimuksen pohjalta todettiin kuitenkin tarve tarkempaan peltolohkokohtaiseen tietoon siitä, hyödynnetäänkö marginaalisten alojen biomassaa tällä hetkellä vai ovatko ne ns. ylijäämäbiomassaa. Havaitsimme siis tarpeen saada tarkempi kuva saatavilla olevasta biomassamäärästä. Tarkemmin tutkimusasetelmasta ja tuloksista kerrotaan joulukuussa 2023 European Countryside -tiedelehdessä julkaistavassa tutkimuksessa (Ollila & Kotavaara 2023b).

5. Johtopäätöksiä

5.1. Avoimet paikkatietoaineistot sivuvirtamateriaalien hyödyntämiseen

Tämän raportin tarkastelujen perusteella avoimet peltolohkotiedot soveltuvat hyvin tarkan mittakaavaan alueperusteiseen tarkasteluun ja tunnuslukujen tuottamiseen maatalouden sivuvirtojen muodostumisesta. Peltolohkojen paikka- ja maankäyttötietoa voidaan rikastaa tuotannon ominaisuustietojen pinta-alapohjaisilla kertoimilla. Materiaalivirtojen määrän arviointiin käytettyihin tunnuslukuihin liittyy kuitenkin epävarmuustekijöitä. Esimerkiksi ilman tilakohtaista tiedonkeruuta on haasteellista arvioida, kuinka suuri osuus viljan sadonkorjuussa peltoon jäävästä oljesta jo entuudestaan hyödynnetään, esimerkiksi eläintiloilla kuivikkeena. Todellisuudessa hyödyntämättömän sivuvirtaosuuden määrään vaikuttaa siis esimerkiksi kasvinviljely- ja eläintilojen osuus ja sivuvirtojen nykyiset käyttömahdollisuudet ja tarpeet. Hankkeen pohjalta voidaan todeta, että tarkastelun lähtöaineistona olevia tunnuslukuja sivuvirtamääristä on tarpeellista tarkentaa esimerkiksi tarkentamalla kertoimia tilakohtaisen tai alueellisen tilastoinnin sekä tarvittaessa kenttäkokeiden perusteella.

Tämän raportin tarkasteluihin sivuvirtamateriaalit valittiin yhteistyössä hankkeen sidosryhmien ja ohjausryhmän kanssa. Jatkossa sivuvirtojen alueellisia määriä ja saavutettavuutta on mahdollista arvioida myös muiden maatalouden maankäytön muotojen ja tuotantokasvien vastaavilla tarkasteluilla.

KASKI-hankkeessa pyrkimyksenä oli myös kehittää sellaista kiertotalousympäristöä, jonka toimintamalli on monistettavissa eri puolille Suomea. Tämän raportin saavutettavuustarkastelut ovat toistettavissa Suomessa eri alueilla sekä niissä maissa, jossa avoimet peltolohkotiedot ovat INSPIRE-direktiivin myötä saatavilla (esim. Ranska, Alankomaat, Espanja ja Viro). Näille alueille on tarjolla myös paikkatiedon osalta hyvin tarkka avoimesti saatavilla oleva tieverkon paikkatietomalli, jonka avulla saavutettavuuslaskelmat voidaan toteuttaa (Open Street Map 2023).

5.2. Jatkotutkimuksen tarve

Raportin aineistollinen ja menetelmällinen pohja mahdollistaa myös tarkempien alueellisten vertailujen toteuttamisen jatkossa. Maaseudun sivuvirtojen keräys- ja/tai prosessointisijainteja voidaan tarkastella lähialueen vaihtoehtoisten sijaintien suhteen. Erilaisten sivuvirtojen alueellinen sijoittuminen Sääskenharjun suhteen vaihtelee merkittävästi, ja siten optimaalisimmat keräyspisteet saavutettavien kokonaismassojen mukaisesti olisi hyvä selvittää lähialueiden vaihtoehtoisten keräyssijaintien välillä. Näin eri sijainneista käsin saavutettavissa olevien sivuvirtojen määriä voidaan vertailla ja sen pohjalta selvittää optimaalisia sijainteja eri sivuvirtojen keräykseen.

Maatalouden viherbiomassojen osalta tämän tutkimuksen tarkasteluun valittiin niitä maatalouden peltoaloja, joilla ei tuoteta ruokaa. Rasin ym. (2019, s. 13) mukaan biomassan määrää voitaisiin kuitenkin lisätä hyödyntämällä rehunurmen tuotannon kolmas sato, joka saattaa jäädä käyttämättömänä peltoon. Rasi ym. (2019, s. 13) kuitenkin huomauttavat, että tällöin maahan jäisi vähemmän kasvintähteitä ja hiilivarasto nurmialoilla voisi pienentyä. Toisaalta hiiltä myös palautuu maahan, jos biomassaa hyödynnetään esimerkiksi biokaasun tuotantoon, jolloin tuotannossa sivuvirtana syntyvää mädätettä palautetaan peltoon. Lisäksi viljelyssä käytettäviä aluskasveja voitaisiin hyödyntää sivuvirtabiomassana raaka-aineena. Esimerkiksi kerääjäkasvin biomassaa olisi korjattavissa ennen maan kyntöä myöhään syksyllä, mutta sen hyödyntämistä voi

rajoittaa suhteellisen pieni (1–2 t/ha) tuotos (Rasi ym., 2019, s. 13). Myös peltolohkokesterin ulkopuolella olevia hylättyjä peltoja, joita ei huomioitu tämän tutkimuksen analyyseissä, voitaisiin hyödyntää energiabiomassan tuotantoon. Biomassamäärien paikkatietopohjaista saavutettavuus- ja logistiikka-analyysejä voitaisiin siis laajentaa nämä biomassan lisälähteet huomioiden.

Oulun pohjoispuolisella alueella ei ole vahvaa biokaasupotentiaalia maataloustuotannon lantamäärien perusteella (Kotavaara ym., 2022). Biokaasutuotannossa voitaisiin kuitenkin yhdistää useampaa eri sivuvirtamateriaalia sekasyötteiseksi tuotannoksi. Esimerkiksi yhdistämällä lanta ja viherbiomassa syötteeksi aiheutuu pienemmät elinkaaripäästöt (Rasi ym., 2019). Rasin ym. mukaan tässäkin tutkimuksessa tarkastellut suojaväyhykkeiden nurmet soveltuisivat hyvin lisäämään esimerkiksi lantaa käyttävien biokaasulaitosten energiantuotantoa ilman, että tuotannon päästöt nousisivat liian korkeiksi. Siten jatkotutkimuksen kohteena voisi olla myös useampien eri biomassalähteiden saavutettavuuden analysointi samanaikaisesti lannan kanssa sekä kokonaisuutena biomassojen saavutettavuuteen perustuvan biokaasutuotannon sijainninoptimointi.

Tienvarsien pientareilta kerättävästä biomassan määrästä ei ole olemassa tarkkaa tietoa Suomessa. Jotta piennaralueiden todellisesta biomassamäärästä saataisiin tarkempi arvio, tulisi toteuttaa alueellinen kenttätutkimus kasvillisuudesta (ks. esim. Piepenschneider ym., 2016). Tarkemman pohjatiedon avulla tienvarsien niittoa voisi suunnitella tarkemmin verkostoperusteisen mallinnuksen avulla niin, että niitto- ja keräysreititystä optimoidaan logistisesti mahdollisimman tehokkaaksi.

Myös maatalousmuovin kohdalla tarvitaan edelleen tarkempaa arviota maatilakeskuksiin kertyvistä, vuosittaisista maatalousmuovimääristä, jotta voitaisiin suunnitella keräystä esimerkiksi tilapäisillä pop-up-keräyspisteillä tai tilakeskusten kautta kulkevalla keräysreitityksellä. Tarkemman tilakohtaisen aineiston avulla voitaisiin jatkossa mallintaa myös sijaintioptimoituja keräyspisteitä laajemmalla aluetasolla, esimerkiksi ulottuen Oulun eteläpuolisiin kuntiin (ml. Siikalatva), jossa alueellisille muovin keräyspisteille on ilmennyt tarvetta.

Peltolohkotiedot soveltuvat yhteiskäyttöön myös muiden datalähteiden kanssa. Esimerkiksi avoimesti saatavilla olevilla kaukokartoitustiedoilla voidaan syventää ja tarkentaa peltolohkokohtaista tuotantokasvien ja maankäytön tarkastelua. EU:n Copernicus-ohjelman Sentinel-2-satelliitin kuvaamia paikkatietoja käytetään usein esimerkiksi kasvillisuuden määrän arviointiin lehtivihreän määrä perusteella. Tämän lisäksi tarkkuutta voidaan parantaa, jos kohdealueen tiloilta on saatavissa tuotanto- ja viljavuustietoja.

6. Lähteet

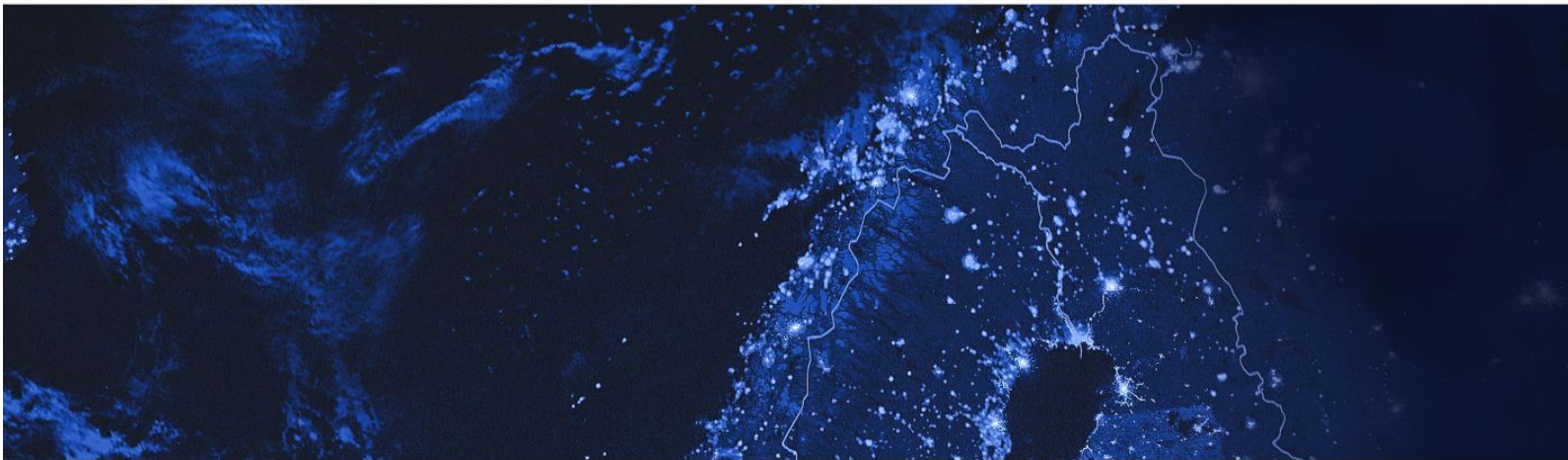
- Arodudu, O., Voinov, A., & van Duren, I. (2013). Assessing bioenergy potential in rural areas – A NEG-EROEI approach. *Biomass and Bioenergy*, 58, 350–364. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.07.020>
- Biomassa-atlas. (2023). *Puutarhakasvit*. Noudettu 3. elokuuta 2023, osoitteesta <https://projects.luke.fi/biomassa-atlas/biomassojen-kuvaukset/puutarhakasvit/>
- Brown, A. E., Ford, J. S., Bale, C. S. E., Camargo-Valero, M. A., Cheffins, N. J., Mason, P. E., Price-Allison, A. M., Ross, A. B., & Taylor, P. G. (2020). An assessment of road-verge grass as a feedstock for farm-fed anaerobic digestion plants. *Biomass and Bioenergy*, 138, 105570. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105570>
- Chen, L., Sun, S., Yao, B., Peng, Y., Gao, C., Qin, T., Zhou, Y., Sun, C., & Quan, W. (2022). Effects of straw return and straw biochar on soil properties and crop growth: A review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 986763. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.986763>
- Delafield, M. (2006). *A practical trial to investigate the feasibility of wide-scale collection of cuttings from roadside verges in Powys, for use in biogas and compost production*. Montgomeryshire Wildlife Trust. https://www.montwt.co.uk/sites/default/files/2021-01/living_highways_report_2006.pdf
- Ruokavirasto (2022). *Inspire*. <https://www.ruokavirasto.fi/en/about-us/open-information/inspire/>
- Väylävirasto (2014). *Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä. Liikenneviraston ohjeita 18/2014*. <https://www.doria.fi/handle/10024/121806>
- Franke, U., Hartikainen, H., Mogensen, L., & Svanes, E. (2016). *Food losses and waste in primary production*. Nordic Council of Ministers. <https://doi.org/10.6027/TN2016-529>
- Hytönen, A. (2023). *Datan keruu: Maatilojen muovit*. Maatilojen muovit kierto (MuKi) -hanke.
- Joensuu, K. (2017). *Side streams from horticultural production*. Suomen Luonnonvarakeskus (Luke). <https://www.hamk.fi/wp-content/uploads/2018/07/Side-streams-from-horticultural-production.pdf>
- Kokko, U. (2022, marraskuuta 30). *Tietopyyntö: Laidunnettavien ympäristösopimusalojen osuus* [Henkilökohtainen viestintä].
- Kotavaara, O., Fennilä, J., & Lehtinen, U. (2022). *Network accessibility-based location optimisation of biogas reactors – Accessibility incoming and outgoing side streams for biogas reactor network in Northern Ostrobothnia*. Oulun Yliopisto, Kerttu Saalasti Instituutin julkaisu 3/2022. <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789526234953.pdf>
- Lehtinen, P. (2021). *Olki biodieselin raaka-aineena* [Opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu]. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/511338/Lehtinen_Petri.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Lehto, M., Rinne, M., Järvenpää, E., Kahala, M., Salo, T., Siljander-Rasi, H., & Suojala-Ahlfors, T. (2018). *Kasvissyövätkäteen hyödyntäminen rehuna ja maanparannusaineena: Hyvä tapa toimia -ohje*. Luonnonvaraja biotalouden tutkimus 14/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/541635>
- Luke. (2022). *SVT: Luonnonvarakeskus, Satotilasto, Pohjois-Pohjanmaa* [dataset]. https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_02%20Maatalous_04%20Tuotanto_14%20Satotilasto/01_Viljelykasvien_sato.px/

- Lötjönen, T., & Niemeläinen, O. (2014). Biokaasun raaka-aineen korjuukustannus HVP-lohkoilta. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote*, 30, Article 30. <https://doi.org/10.33354/smst.75427>
- Maatilojen muovit kiertoon.* (2023). Aito Maaseutu. <https://www.aitomaaseutu.fi/hankkeet/muki>
- Mason, P. E., Higgins, L., Climent Barba, F., Cunliffe, A., Cheffins, N., Robinson, D., & Jones, J. M. (2020). An Assessment of Contaminants in UK Road-Verge Biomass and the Implications for Use as Anaerobic Digestion Feedstock. *Waste and Biomass Valorization*, 11(5), 1971–1981. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-00557-x>
- Meyer, A. K. P., Ehimen, E. A., & Holm-Nielsen, J. B. (2014). Bioenergy production from roadside grass: A case study of the feasibility of using roadside grass for biogas production in Denmark. *Resources, Conservation and Recycling*, 93, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.10.003>
- MTK. (2023). *Maatalousmuovien kierrätys. Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto (MTK)*. MTK. 24.4.2023. <https://www.mtk.fi/-/maatalousmuovit>
- Myllymäki, T., Nupponen, K., & Nieminen, M. (2019). *Roadside biodiversity pilot project in southwestern Finland*. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/168454/vj_2019-01_978-952-317-656-0.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Niemeläinen, O., Hyvönen, T., Jauhiainen, L., Lötjönen, T., Virkkunen, E., & Uusi-Kämpä, J. (2014). *Hoidettu viljemätön pelto biokaasuksi: Biomassan sopivuus syötteenä ja korjuun vaikutukset tukiohjelmien muiden tavoitteiden saavuttamiseen*. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT). <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/482223>
- Ollila, K. & Kotavaara, O. (2023a). Elaborating circularity in agricultural production by field parcel INSPIRE open data and GIS-based network analyses – measuring accessibility and optimising logistics of marginal land biomass. 26th AGILE International Conference on Geographic Information Science, poster. <https://agile-online.org/conference/proceedings/proceedings-2023>
- Ollila, K. & Kotavaara, O. (2023b). Measuring accessibility and optimising logistics of marginal land grass biomass in the case of Northern Ostrobothnia, Finland. European Countryside 4/2023 (painossa). julkaistaan joulukuussa 2023.
- Pahkala, K., Hakala, K., Kontturi, M., & Niemeläinen, O. (2009). *Peltobiomassat globaalina energianlähteenä*. Agrifood Research Reports 137. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/474866>
- Open Street Map (2023). <https://www.openstreetmap.org/#map=5/65.453/26.069>
- Piepensneider, M., Bühle, L., Hensgen, F., & Wachendorf, M. (2016). Energy recovery from grass of urban roadside verges by anaerobic digestion and combustion after pre-processing. *Biomass and Bioenergy*, 85, 278–287. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.12.012>
- Pohjanvirta, S. (2023). Siikalatvan ja sen ympäryskuntien muodostaman talousalueen kiertotalousliiketoiminnan mahdollisuuksien selvittäminen. Hankkeen loppuraportti. Siikalatvan kunta.
- ProAgria Oulu. (2018). *NorsuBiomassa-hankkeen loppuraportti*. https://www.proagriaoulu.fi/files/norsubiomassa/loppuraportti_norsubiomassa_final.pdf
- Purola, S., & Sääsکیlahti, J. (2022, marraskuuta 1). *Tienvarsien niitto/niittytietojen tilastoja tutkimuskäyttöön* [Henkilökohtainen viestintä].

- Rantala, T., & Viljakainen, A.-L. (2010). *Esiselvitys maa- ja hevostalouden sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuuksista Pohjois-Savossa: Nurmirehu, maatalousmuovit, hevosenlanta, olki*. Savonia-ammattikorkeakoulu.
https://portal.savonia.fi/img/amk/sisalto/teknologia_ja_ymparisto/ymparistotekniikka/HEINAPAALI_Esi_selvitysraportti_1.pdf
- Rasi, S., Timonen, K., Joensuu, K., Regina, K., Virkajärvi, P., Pulkkinen, H., Tampio, E., Pyykkönen, V., & Luostarinen, S. (2019). *Nurmi biokaasun raaka-aineena—RED II direktiivin mukainen kasvihuonekaasupäästöjen laskenta*. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 46/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 29 s. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/544351>
- Ravi, R., De Souza, M. F., Adriaens, A., Vingerhoets, R., Luo, H., Van Dael, M., & Meers, E. (2023). Exploring the environmental consequences of roadside grass as a biogas feedstock in Northwest Europe. *Journal of Environmental Management*, 344, 118538. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118538>
- Salo, T., Euroala, M., Rinne, M., Seppälä, A., & Kousa, T. (2014). The effect of nitrogen and phosphorus concentrations on nutrient balances of cereals and grass silage. *MTT Report*, 147. <https://core.ac.uk/download/pdf/52250482.pdf>
- Suur-Uski, I. (2023, maaliskuuta 7). *MuKi-hankkeen data maatalousmuovin määrästä. Maatilojen muovit kiertoan (MuKi)* [Henkilökohtainen viestintä].
- Tepponen, J., Kumpula, T., & Tykkyläinen, M. (2020). Assessment of the cost-efficiency of the collection alternatives of used agricultural plastic – North Karelia as an example. *Terra*, 132(2), Article 2. <https://doi.org/10.30677/terra.89509>
- Tuominen, K. (2017). *Korsibiomassojen toimitusketju pellolta voimalaitokselle* [Opinnäytetyö, Lahden ammattikorkeakoulu]. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/134353/Tuominen_Kaisa.pdf;jsessionid=68AAC1A721DBF1AE56755F29C3E95764?sequence=2
- Uitamo, E. (2010). *Varsinais-Suomen energiatekniikka 2020*. Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisu 12/2010. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/94172/12%202010%20varsuoely%20Energiatekniikka%202020.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Van Meerbeek, K., Muys, B., & Hermy, M. (2019). Lignocellulosic biomass for bioenergy beyond intensive cropland and forests. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102, 139–149. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.009>
- Välttilä, J. (2014). *Oljen saatavuus Somerolla bioenergian käyttöön* [Opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu]. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/73674/Valttila_Jaakko.pdf?sequence=1



**KERTTU SAALASTI
INSTITUUTTI**
**OULUN
YLIOPISTO**



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



**MICRO
POLIS**

IILAAKSO

KASKI-hanke on rahoitettu osana Euroopan unionin
covid-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia.

ISSN 2814-4406 (verkkojulkaisu)
ISBN 978-952-62-3866-1 (elektroninen)

Oulun yliopiston
Kerttu Saalasti Instituutti
Nivala, <https://oulu.fi/ksi>