



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 43/2024

Metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon visio ja tiekartta

Alemman tieverkon liikennöitävyys ja ympärivuotisen
puuhuollon turvaaminen

**Heikki Solonen, Kari Väätäinen, Timo Tokola, Pirjo Venäläinen,
Perttu Anttila ja Kalle Kärhä**

Metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon visio ja tiekartta

Alemman tieverkon liikennöitävyys ja ympärivuotisen
puuhuollon turvaaminen

**Heikki Solonen, Kari Väätäinen, Timo Tokola, Pirjo Venäläinen,
Perttu Anttila ja Kalle Kärhä**



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Pohjois-Karjalan
MAAKUNTALIITTO

Viittausohje:

Solonen, H., Väätäinen, K., Tokola, T., Venäläinen, P., Anttila, P. & Kärhä, K. 2024. Metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon visio ja tiekartta : Alemman tieverkon liikennöitävyys ja ympärivuotisen puuhuollon turvaaminen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 43/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 64 s.



ISBN 978-952-380-918-5 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-918-5>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Heikki Solonen, Kari Väätäinen, Timo Tokola, Pirjo Venäläinen, Perttu Anttila ja Kalle Kärhä

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2024

Julkaisu vuosi: 2024

Kannen kuva: Kalle Kärhä

Tiivistelmä

Heikki Solonen¹, Kari Väätäinen², Timo Tokola¹, Pirjo Venäläinen³, Perttu Anttila² ja Kalle Kärhä¹

¹ Itä-Suomen yliopisto, Yliopistokatu 7, 80100 Joensuu

² Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

³ Metsäteho Oy, Vernissakatu 1, 01300 Vantaa

Metsäteillä on merkittävä rooli niin metsätalouden, virkistyskäytön, alueiden elinvoimaisuuden, turvallisuuden kuin huoltovarmuudenkin kannalta. Metsäteollisuuden kotimaisen puuraaka-aineen saatavuus on pitkälti riippuvainen metsäautoteiden kuljetuskelpoisuudesta. Kuljetuskelpoisuustieto, kuten myös tien liikennöitävyystieto auttavat erityisesti raskaalla kalustolla metsäteillä liikennöiviä.

Metsäteihin liittyy muuttuvaa ominaisuus- ja kuntotietoa, joka voi vaihdella nopeastikin, kuten sää- ja keliolosuhteiden mukaan muuttuva tien kantavuus. Toisaalta tieto voi olla pysyvää, kuten tien mitoitukseen, rakenteisiin ja ympäröivään maalaajiin liittyvä tieto. Metsätietiedon keruussa ja tuottamisessa voidaan käyttää apuna kaukokartoitusta, tiemittauksia, sää-tietoja, tien rakentamisen, kunnostuksen ja hoidon historiatietoa, joukkoistavaa tiedonkeruuta sekä ajoneuvon avulla kerättävää tietoa. Tutkimus- ja kehityshankkeita metsätietiedon tuottamiseksi on ollut useita ja eri tietolähteiden yhteiskäyttö näyttää lupaavalta dynaamisen kuljetuskelpoisuustiedon tuottamisessa tulevaisuudessa. Jotta kuljetuskelpoisuustietoa saadaan tehokkaasti tuotettua käyttäjien tarpeisiin, tarvitaan laajaa yhteistyötä eri toimijoiden ja asiantuntijoiden kesken.

Metsätietiedon nykytilanteen kuvaamiseksi tehtiin kyselytutkimus, jossa kysyttiin metsäteiden parissa toimivilta ammattilaisilta näkemystä metsätietiedon keruuseen, päivittämiseen, esittämiseen ja julkaisuun. Kyselytutkimukseen osallistui yhteensä 170 vastaajaa yhdeksästä eri toimijaryhmästä. Kyselytutkimuksen, metsätietietoon liittyvän tutkimus- ja kehitystyön sekä julkaisun kirjoittajien näkemysten ja kokemusten pohjalta koostettiin metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon visio ja tiekartta vuoteen 2030 mennessä.

Kyselytutkimukseen vastanneiden mukaan metsätietieto perustuu nykyään paljolti paikallistuntemukseen ja ihmisten väliseen tiedonjakoon. Nykyinen tarjolla oleva metsätietieto on riittävän sijaintitarkkaa, mutta tiedon käytettävyydessä ja ajallisessa tarkkuudessa koettiin olevan parantamisen varaa. Eniten kehitystä kaivattiin tien kantavuus- ja kelirikkotiedossa. Vastanneista valtaosa koki kuljetuskelpoisuustiedon päivätarkkuuden sopivimmaksi heidän tarpeeseensa. Sään mukaan muuttuvan kuljetuskelpoisuustiedon esittäminen karttasovelluksessa väriluokituksin koettiin keskimäärin hyvin tarpeelliseksi. Kyselyn mukaan tarkemmasta metsätietiedosta kolme eniten hyötyvää ryhmää olivat raskaiden ajoneuvojen kuljettajat, kuljetuksia suunnittelevat ja tienhoidosta ja kunnossapidosta vastaavat.

Metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon tavoitetilana vuonna 2030 on, että Suomessa metsäteiden reaaliaikaista kuljetuskelpoisuutta kuvaavaa tietoa tuotetaan kattavasti ja jatkuvasti, ja tieto on käyttökelpoisessa muodossa ja saavutettavissa sitä tarvitseville. Toimenpiteet vision saavuttamiseksi jaettiin viiteen eri kokonaisuuteen:

1. T&K-organisaatioiden ja edunsaajien muodostaman työryhmän toiminta kuljetuskelpoisuustiedon kehittämistyön määrittämiseen, koordinointiin ja tiedon jakamiseen.
2. Kuljetuskelpoisuuden mittaamisen ja ennustamisen tietolähteet ja ennustetarkkuuden kehittäminen.
3. Ennustemallien ja karttakäyttöliittymäversioiden pilotit ja soveltuvuustestaukset.
4. Kuljetuskelpoisuustiedon palvelukonseptin määrittely, kaupallistaminen ja liityntä muihin järjestelmiin.
5. Organisaatioiden vastuiden ja velvoitteiden sekä lainsäädäntötarpeiden määrittely.

Vision saavuttamiseksi tarvitaan riittävän hankerahoituksen lisäksi toimijoiden yhteistyötä ja halua luoda erilaisia tietopalveluja metsäautoteiden käytön tueksi.

Asiasanat: metsätietieto, metsätien kuljetuskelpoisuus, dynaaminen tietieto, puutavaran kaukokuljetus, kyselytutkimus, visio- ja tiekarttatutkimus

Abstract

Heikki Solonen¹, Kari Väätäinen², Timo Tokola¹, Pirjo Venäläinen³, Perttu Anttila² and Kalle Kärhä¹

¹ University of Eastern Finland, Yliopistokatu 7, 80100 Joensuu

² Natural Resources Institute Finland, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

³ Metsäteho Oy, Vernissakatu 1, 01300 Vantaa

Forest roads play an important role in forestry, recreation, regional vitality, safety and security of supply. The availability of domestic wood raw material for the forest industry is largely dependent on the transportability of forest roads. Transportability information, as well as road dimensioning and trafficability information, is particularly helpful for those using forest roads with heavy vehicles.

Forest roads are associated with a lot of information, which can vary rapidly according to weather and climatic conditions, i.e., it can be dynamic, or it can be more permanent, such as information on road dimensions, structures and surrounding soil type. Forest road data can be collected and produced using remote sensing, road measurements, weather data, historical data on road construction and management, crowd-sourced data collection and vehicle-based data collection. There have been several research and development efforts to generate forest road data and the combination of different data sources looks promising for the future generation of dynamic transportability data. In order to effectively produce transportability data for the needs of users, wide cooperation between different actors and experts is needed. This report creates a vision and roadmap to produce transportability data for forest roads by 2030.

To describe the current state of forest information, a survey was carried out asking forest road users and professionals for their views on the collection, updating, presentation and publication of forest road information. A total of 170 respondents from nine different groups of actors participated in the survey. Based on this survey, latest knowledge of research and development projects related to forest roads, and the views and experiences of the authors, a vision and roadmap for forest road transport information up to 2030 was drawn up.

According to the respondents of the survey, forest information is currently strongly based on local knowledge and information sharing between people. The current forest information is already sufficient in terms of spatial accuracy, but there is room for improvement in terms of accessibility and temporal accuracy. The most needed improvement was in the area of road bearing capacity and freeze-thaw information. Most respondents felt that the daily accuracy of the road data was the most appropriate temporal accuracy for their needs. On average, the presentation of weather-dependent information on road transportability capacity on the map in color classifications was considered very useful. According to the survey, the three groups most likely to benefit from more accurate forest information were heavy vehicle drivers, transport planners and those responsible for road management and maintenance.

In 2030, the target state for the transportability information of forest roads in Finland is that comprehensive and continuous information on the real-time transportability of forest roads is produced, and the information is available in a usable format and accessible to those who need it. The measures to achieve this vision were divided into five different sets of actions:

1. The joint work of R&D organizations and beneficiaries to define, coordinate and share information on the development of transportability data.
2. Data sources for measuring and forecasting transportability and developing forecasting accuracy.
3. Piloting and suitability testing of forecasting models and map interface versions.
4. Definition, commercialization, and interfacing with other systems of a service concept for forest road transportability data.
5. Definition of organizational responsibilities and obligations and new regulatory needs.

To achieve this vision, in addition to adequate project funding, cooperation between actors and a willingness to create different types of information services to support the use of forest roads is needed.

Keywords: forest road data, transportability of forest road, dynamic road data, timber transport, survey study, vision and roadmap study

Sisällys

1. Tiekartan tausta ja tavoitteet	8
1.1. Metsätiet ja niiden käyttö.....	8
1.2. Metsätien kantavuuden riippuvuus eri tekijöistä	9
1.3. Metsätietieto ja sen nykytila.....	10
1.3.1. Metsäteiden kunnan määrittäminen kaukokartoitusaineistosta	12
1.3.2. Ajoneuvodatan ja -sensorien käyttö tietiedon keruussa.....	13
1.3.3. Tien ominaisuuksien mittaaminen mittalaitteilla ja -asemilla	14
1.3.4. Kuljetuskelpoisuuden ja kantavuuden ennustaminen.....	14
1.4. Tierakenteen kuvaus puuhuollon ja kuljetettavuuden näkökulmasta	15
1.5. Suomessa toteutettuja metsätietietohankkeita	16
1.6. Visio- ja tiekarttatyön lähtökohta ja tavoitteet	17
2. Menetelmät ja aineisto.....	19
2.1. Kyselytutkimus metsätietiedon nykytilasta ja tulevaisuuden tarpeista.....	19
2.2. Metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon visio- ja tiekarttatyö.....	21
3. Metsätietiedon nykytila, tietolähteet ja -tarpeet.....	22
3.1. Metsätietiedon tarkkuus sekä tiedon keruu ja ylläpito.....	27
3.2. Tarkan metsätietiedon esittäminen ja hyödyt.....	30
3.3. Metsätietiedon keruu, ylläpito ja jakelujärjestelmä.....	33
4. Metsätietiedon visio ja tiekartta	35
4.1. Hyödynsaajat ja käyttötapaukset	35
4.2. Kuljetuskelpoisuustiedon visio 2030	37
4.3. Tiekartta.....	39
5. Johtopäätökset.....	44
Viitteet.....	46
LIITE 1	54

1. Tiekartan tausta ja tavoitteet

1.1. Metsätiet ja niiden käyttö

Valtaosa Suomen nykyisestä metsäautotieverkosta (noin 160 000 km) on rakennettu 1960–1990-luvuilla. Rakennettaessa niiden tekninen käyttöikä arvioitiin 20–30 vuodeksi. Näin ollen iso osa metsätieverkosta on nykyisin peruskorjauksen tarpeessa (Kaakkurivaara 2018). Samaan aikaan puunkorjuu- ja puutavaran kaukokuljetusmäärät ja autokuljetuskaluston kokonaismassat ovat kasvaneet. Myös hakkuissa ja metsänhoidossa käytettävien koneiden mitat ja massat ovat kasvaneet, minkä vuoksi tiestön laadun (ts. kunnan ja kantavuuden) seuranta on yhä tärkeämpää. Suomen metsäteollisuuden puunkäyttö on kasvanut runsaasti viime vuosikymmeninä ja toimialalle ollaan jatkuvasti tekemässä uusia investointeja, jotka kasvattavat puunkäyttöä ja täten hakkuumääriä. Venäläisen raakapuun tuonnin loppuminen Ukrainan sodan vuoksi on lisännyt kotimaisen puun kysyntää ja puunkäytön kasvu kohdistuu Suomeen metsiin (Luonnonvarakeskus 2023). Tällöin häiriötön ja ympärivuotinen puutavaran kaukokuljetus metsäteiden varsilta tehtaille, sahoille ja energialaitoksille on äärimmäisen tärkeää, jotta tehokasta ja kasvavaa puuhoitoa voidaan ylläpitää. Nykyiselle tehokkaalle puutavaralogistikkalle on tyypillistä puun lyhyet läpimenoajat sekä pienet ja nopeasti kiertävät tienvarsivaroitukset.

Metsäautotiet ovat erittäin tärkeitä rakenteita metsätaloudessa, sillä ne osaltaan määrittävät, onko tietyn metsän hoitaminen tai hakkuu taloudellisesti kannattavaa vai ei, ja milloin puunkorjuu ja puutavaran kaukokuljetus on toteutettavissa. Puunkorjuun suunnittelussa usein ongelmakohtiksi nousevat metsäautotien kantavuus ja käänköpaikat (Juurinen & Hakala 2023). Puutavaran kaukokuljetuksessa käytettävän raskaan liikenteen ajoneuvoyhdistelmien kokonaismassojen korotus 76 tonniin vuonna 2013 loi lisää painetta useille käyttöikänsä lopussa oleville metsäautoteille. Puutavara-autokuljetusyrittäjät näkevätkin metsäautoteiden kunnan yhdeksi suurimmista huolenaiheistaan (Malinen ym. 2014, Väättäinen ym. 2014, Kärhä & Rantala 2022, Solonen 2023, Solonen ym. 2023).

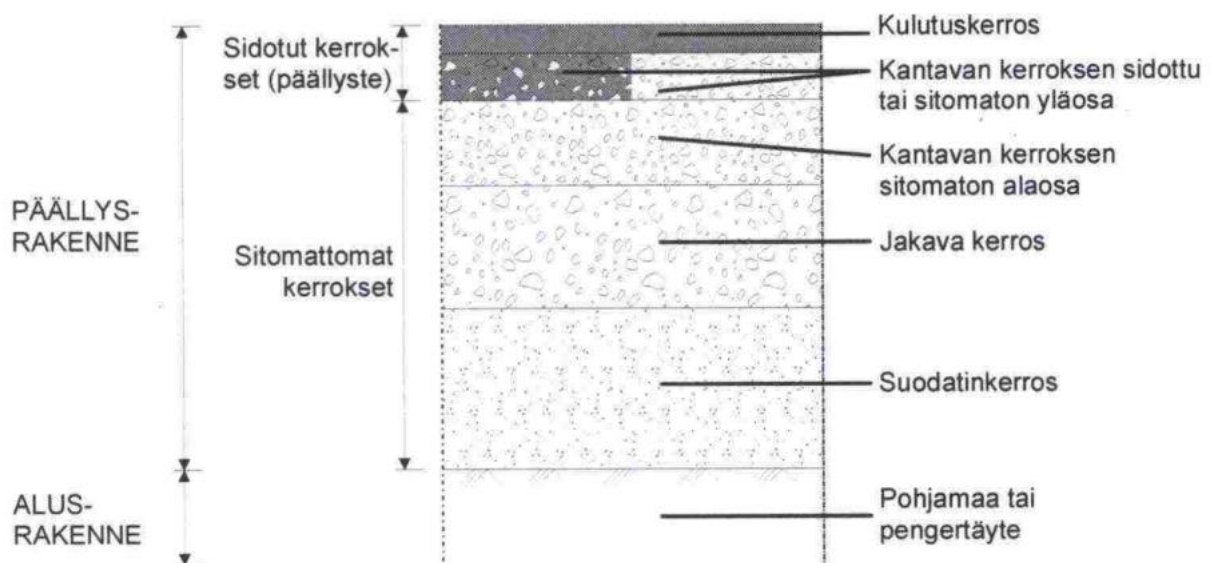
Puutavaran kaukokuljetusmäärien lisääntyessä ja autokuljetuskaluston kokonaismassojen kasvaessa on nykyisen metsäautotieverkoston ylläpitäminen toimintakykyisenä ja ympärivuotisesti liikennöitävänä ensisijaisen tärkeää. Kausivaihtelu aiheuttaa kotimaisen puun toimitusketjussa arviolta 70 miljoonan euron lisäkustannukset vuosittain (Venäläinen ym. 2017a). Kustannuksista 59 % kohdistuu puunkorjuuseen, 19 % puutavaran kaukokuljetukseen ja yksityisten kunnossapitoon ja 22 % puun ylimääräiseen varastointiin. Kausivaihtelua aiheuttavat tiestön kelirikko ja muut kantavuusrajoitteet, leimikoiden korjuukelpoisuuden rajoitteet ja tehtaiden kysynnän vaihtelut (Kärhä ym. 2017).

Ilmastonmuutoksen takia Suomen sääolot ovat muuttumassa ja osittain jo muuttuneet, mikä aiheuttaa haasteita metsäteollisuuden puuhoitoon. Talven tulo on siirtynyt yhä myöhemmäksi ja kantavan roudan aika lyhenee (Lehtonen ym. 2019), ja esimerkiksi metsätalouden kannalta tärkeitä talviteitä ei välttämättä voida joka vuosi tehdä. Varsinkin Etelä-Suomessa erityisesti syyskelirikon aika pitenee ja myös sydäntalvella voi olla pitkiä sulia kausia. Nämä seikat vaikeuttavat puutavaran kaukokuljetusten suunnittelua, lisäävät tiestölle aiheutuvaa rasitusta ja aiheuttavat kasvavia tarpeita ympärivuotisesti toimivien metsäteiden suunnitteluun ja rakentamiseen, jolloin tarkemman ja kustannustehokkaamman suunnittelun tarve korostuu entisestään.

1.2. Metsätien kantavuuden riippuvuus eri tekijöistä

Kantavalla tiellä tarkoitetaan tietä, jonka rakenteisiin ei synny pysyviä muutoksia liikennekuorman aiheuttamasta rasituksesta (Kotimäki 1991). Metsätien kantavuuteen ja sen vaihteluun vaikuttavat eniten tierakenteen ja maaperän ominaisuudet sekä sääolosuhteet ja niiden muutokset. Tärkeässä asemassa tien kantavuuden säilymisessä on tien kuivatusjärjestelmän eli ojien toimivuus, sillä muistakaan keinoista kantavuuden lisäämiseksi ei ole välttämättä hyötyä, mikäli tien kuivatus ei ole riittävä (Hämäläinen & Taura 2024). Pahimmat metsäteiden vauriot saadaankin syntymään ylimääräisen veden ja liikenteen yhteisvaikutuksesta (Greis ym. 2019).

Toinen olennainen kuivatukseenkin liittyvä kantavuuden tekijä on tien rakennekerrokset (Kuva 1). Rakennetussa tiessä pohjamaan päälle on tehty useampi kerros, joilla jokaisella on oma tehtävänsä tierakenteessa. Rakennetun metsätien päällimmäinen kerros on hienommasta kiviaineksesta muodostuva tasainen kulutuskerros. Tämän alapuolella on kantava kerros lisäämässä kantavuutta ja rajoittamassa veden kapillaarista nousua. Kantavan kerroksen alla on vielä jakava kerros, jonka tehtävänä on jakaa tiehen kohdistuvaa kuormitusta sekä rajoittaa veden nousua pohjamaasta. Pohjamaan ja jakavan kerroksen välissä on suodatinkerros estämässä rakennettujen kerrosten sekoittumista pohjamaahan. Tyypillisesti se on rakennettu hiekasta tai suodatinkankaasta (Väylävirasto 2020a). Hämäläisen (2012) mukaan: ”tien riittämättömän kantavuuden tekijänä on useimmiten riittämättömät eli liian ohuet päällysrakennekerrokset, kerrosten sekoittuminen pohjamaahan sekä tierakenteen routivuus ja/tai puutteellinen kuivatus.”



Kuva 1. Tien rakennekerrokset (Belt ym. 2002).

Greis ym. (2019) jakavat metsätien kunnon kahteen pääosatekijään: rakenteiden ja pinnan kuntoon. Rakenteiden heikon kunnon katsotaan olevan syynä tien kelirikkoihin ja muihin kantavuuspuutteisiin. Pinnan kuntoon voidaan vaikuttaa tien hoidolla, kun rakenteiden kunnostamiseen tarvitaan mittavamman kokoluokan kunnostustoimia. Metsätien kuntoon vaikuttaviksi tekijöiksi Tapion Metsäteiden kunnostusoppaassa mainitaan tien muoto, kuivatus, rakenne ja materiaalit, pohjamaan laatu, olosuhteet ja liikenne sekä kunnossapitäjän toiminta (Greis ym. 2019).

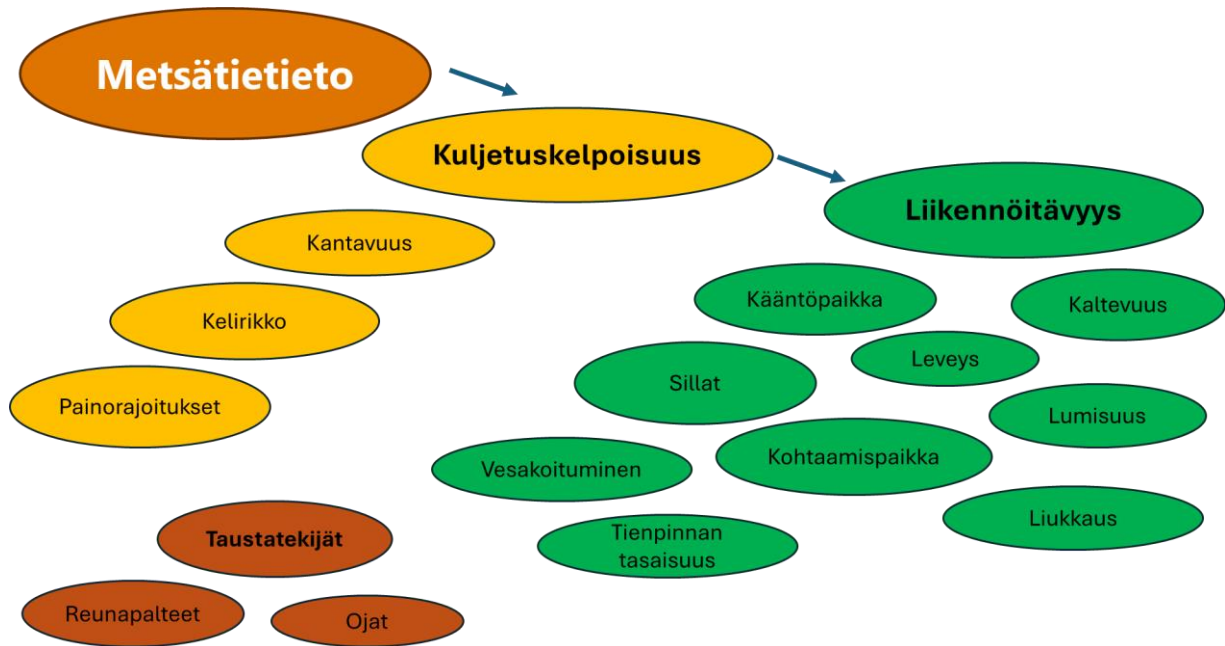
Pohjamaan kantavuudella on suuri merkitys tien kantavuusominaisuuksiin, joten se vaikuttaa olennaisesti myös tien mitoitukseen rakennusvaiheessa (Strandström 2017). Pohjamaalaji vaikuttaa siihen, millaisia tierakenteita täytyy rakentaa, jotta tien kantavuudesta tulee riittävä. Puutavaran autokuljetuksen ammattilaisten mielestä tiepohjalla on myös iso merkitys tien kantavuuden arvioinnissa (Solonen 2023, Solonen ym. 2023). Maaperän kantavuuteen vaikuttaa maalaji, jolla on erilaiset vedenläpäisy- ja -pidätys- sekä ilmavuus-, routivuus- ja kantavuusominaisuudet (Tapio 2022). Geologian tutkimuskeskus (GTK) on kartoittanut Suomen maaperän ja se on saatavissa kartta-aineistona ilmaiseksi GTK:n verkkosivuilla (GTK 2024).

1.3. Metsätieto ja sen nykytila

Avointa metsävaratietoa on saatavilla runsaasti liittyen puustotietoihin, metsänhoitotarpeisiin ja maaperäaineiston avulla määritettyyn korjuukelpoisuuteen. Metsävaratietoa kerää ja päivittää Suomen metsäkeskus ja sen keräämistä säätelee laki Suomen metsäkeskuksen metsätietojärjestelmästä (6.5.2011/419). Tarkka metsätieto on puolestaan nykyään vielä melko vähäistä, hajanaista, vaikeasti saavutettavaa ja vielä joidenkin tietolajien osalta puutteellista käytettäväksi apuna metsäteillä liikkumiseen erityisesti suunniteltaessa eri metsänkäsitteilytoimenpiteitä muuttuvissa sää- ja keliolosuhteissa. Metsätietiedolla tarkoitetaan metsäteillä liikennöimiseen vaikuttavia metsätien ominaisuus-, rakenne- ja olosuhdetietoja. Yksityisteiden tietolajit Venäläinen ym. (2019) ovat jakaneet neljään tietotyypin:

1. Pysyvä tieto, jolla tarkoitetaan vuodenajasta ja sääolosuhteista riippumattomia tietoja, jotka sisältävät tien pysyviin, rakenteellisiin ominaisuuksiin, käyttöoikeuksiin ja omistajuuteen liittyviä tietoja. Tällaisia ovat esimerkiksi tien keskilinjageometria, kohtauspaikat, käyttöoikeudet, sillat ja rummut ja tiekuntien yhteystiedot.
2. Keli ja väliaikaiset esteet, joita voivat esimerkiksi olla tien liukkaus ja lumen määrä.
3. Kuntotieto, johon sisältyy tielle tehty kunnostus- ja hoitotoimenpiteet ja kelirikkotiedot, vaihtuvat painorajoitukset, vesakoituminen sekä kuopat ja kivet.
4. Muu tieto, esimerkiksi vuorokauden liikennemäärä.

Tässä raportissa käytetään kahta osittain päällekkäistäkin käsitettä 1: kuljetuskelpoisuus ja 2: liikennöitävyys (kuva 2). Kuljetuskelpoisella tiellä tarkoitetaan tietä, joka on rakenteellisesti vähintäänkin sellaisessa kunnossa, jotta sitä pitkin kuljetukset voidaan suorittaa täydellä ajoneuvoyhdistelmällä tietä rikkomatta. Kuljetuskelpoisuusluokitus vaihtelee vuodenajan mukaan, ja se voidaan luokitella esimerkiksi papiNet-standardin mukaisesti: aina, hyvä kesätie, kesä, talvi, talvitie (Venäläinen & Nousiainen 2024). Liikennöitävyydellä tarkoitetaan kuljetustyön onnistumisen lisäksi tekijöitä, jotka helpottavat ja nopeuttavat kuljetustyön tekemistä. Kuljetuskelpoinen tie voi olla liikennöitävyysominaisuuksiltaan heikko: esimerkiksi kapea tie ahtaine kääntöpaikkoineen on kuljetuskelpoinen, mutta liikennöitävyydeltään ja kuljetusten tehokkuuden kannalta se voi olla hyvinkin heikko. Kuljetuskelpoisuus on ensisijainen tieto esimerkiksi hakkuita ja puutavaran kaukokuljetusta suunniteltaessa, kun vastaavasti liikennöitävyystiedot auttavat kuljetuksia suunnittelevia ja suorittavia tahoja.



Kuva 2. Esimerkkikuvaus kuljetuskelpoisuuteen ja liikennöitävyyteen vaikuttavista tekijöistä.

Tietietoa yksityisteiltä on saatavilla Suomen metsäkeskuksen ylläpitämässä Tienhoito.fi-verkopalvelussa, josta löytyy järjestäytyneitä yksityisteitä koskevia tietoja (Tienhoito.fi) (Suomen metsäkeskus 2023). Palvelusta löytyvältä tiekartalta on nähtävissä laserkeilausaineistosta tuotettua tien kuntotietoa ja tietoa yksityisteillä sijaitsevista silloista. Väylävirasto ylläpitää omaa kansallista tietietopalvelua (Digiroad), jossa on esimerkiksi esitetty useita tien ja tiealueen rakenteita ja tiehen liittyviä rajoituksia sekä muita pysyviä tietietoja valtion sekä yksityisten omistamilta teiltä (Väylävirasto 2023). Digiroad-aineistoja käytetään useiden navigointi- ja kuljetussovellusten lähtöaineistona, mutta tiedot yksityisteistä ja niiden ominaisuuksista ovat usein hyvin puutteellisia (Päivinen ym. 2022).

Maanmittauslaitos kerää avointa paikkatietoa ylläpitämäänsä Kansalliseen maastotietokantaan (KMTK), josta löytyy myös yksityisteitä koskevia, pysyviä paikkatietoja ja sen yksi tärkeimmistä kohderyhmistä rakennuksien, hallintorajojen, nimistön, maankäytön, vesien ja korkeus-suhteiden ohella on liikenneverkko (Maanmittauslaitos 2023a). Yrityksillä on myös omia metsätietietoalustoja, kuten Metsähallituksen Routa (Nurmi & Jaakola 2023) ja Tornator Oyj:n Tornaroads (Tuomikoski 2022). Metsätietietoalustojen avulla yritykset seuraavat omistamiansa teiden kuntoa ja suunnittelevat tienhoitoa. Metsäalan digitalisaatioon erikoistunut Arbonaut Oy tarjoaa omaa kaupallista metsäteiden kunto-ominaisuuksia kertovaa laserkeilausaineiston analysointiin perustuvaa ProMs-järjestelmää (Leppänen 2022).

Yksityistietietojen YTPA-verkosto on Fintrafficin vetämän Liikenteen dataekosysteemin alatyöryhmä, joka kehittää yksityistietietojen kuvauksia ja tunnistaa tietiedon kehittämistarpeita. Verkostossa syntyvä aineisto julkaistaan YTPA-sivuilla (Metsäteho 2024).

Valtion ylemmältä tieverkolta on saatavissa paljonkin liikenteeseen, keliin ja tierakenteisiin liittyvää tietoa. Valtion liikenneväylystä vastaava Väylävirasto ylläpitää ja kehittää omaa Tievelhojärjestelmää, joka korvaa aiemmin käytössä olleen tierekisterin ja sisältää tiestötietoa suunnittelusta, rakentamisesta, kunnossapidosta ja käytöstä (Väylävirasto 2022). Lisäksi sinne tallennetaan inventointi- ja mittaustietoa valtion väylystä. Järjestelmän tarkoituksena on olla apuna kustannustehokkaassa väylien ylläpidon suunnittelussa ja toteutuksessa (Kalliolaakso 2021).

Liikenne- ja viestintäministeriön ohjauksessa toimiva Fintraffic tuottaa avointa dataa sekä ajantasaista liikenne- ja olosuhdetietoa Suomen liikenneverkolta. Tieliikenteestä Fintraffic tuottaa avointa tietoa, kuten keli- ja liikennekamerakuvat, tiesääasemien tiedot, liikenteen automaattiset mittaustiedot, liikennetiedotteet, muuttuvien liikennemerkkien tiedot, maanteiden kunnossapitotiedot, jalankulun ja pyöräilyn mittaustiedot ja tiejaksojen keliennusteet (Fintraffic 2024). Fintrafficin tytäryhtiö Fintraffic Tie Oy jakelee ajantasaista tietoa tietöistä, onnettomuuksista, kelistä ja ruuhkista. Tietoa liikennetilanteesta jaetaan esimerkiksi RDS-TMC-tekniikalla analogisten radiolähetysten ohella laitteisiin (navigointilaitteet), jotka pystyvät lukemaan yksinkertaisessa muodossa olevat liikennetiedotteet (Fintraffic 2023).

Maanmittauslaitos pitää rekisteriä yksityisteistä, joille on perustettu tiekunta. Tästä yksityistierekisteristä säädetään Yksityistielaisissa (560/2018). Yksityistielain 89. §:ssä momentissa kolme mainitaankin yksityistierekisterin yhdeksi käyttötarkoitukseksi edistää tietojärjestelmien kehittämistä. Yksityistierekisteristä löytyvät tiedot esimerkiksi tiekunnan nimi, kunta, toimitsijamiehen tai hoitokunnan puheenjohtajan yhteystiedot sekä tiedot tieoikeuksista. Maanmittauslaitos voi luovuttaa näitä tietoja kiinteistötietojärjestelmästä ja siitä tuotettavasta tietopalvelusta lain nojalla (453/2002). Tiekunnan toimielimen tulee ilmoittaa ja ylläpitää tiekuntansa tiedot Maanmittauslaitoksen yksityistierekisteriin. Tiekuunnilla on myös velvollisuus vuodesta 2019 ilmoittaa tien liikenteen ohjaukseen liittyvät tiedot Väyläviraston kansalliseen tie- ja katuverkon tietojärjestelmään eli Digiroadiin (Yksityistielaki 560/2018). Tiedot voi ilmoittaa Väyläviraston ylläpitämään VYYTI-ilmoituspalvelussa, johon on mahdollista ilmoittaa tiekunnallisten yksityisteiden sekä lisäksi niiden yksityisteiden, joissa ei ole perustettu tiekuntaa, tietoja. VYYTI-palveluun tulee ilmoittaa myös laajemmin tiehen liittyviä tietoja, kuten ajoesteet, kelirikot, ajokiellot ja painorajoitukset (Väylävirasto 2024, VYYTI-lomake).

1.3.1. Metsäteiden kunnan määrittäminen kaukokartoitusaineistosta

Metsäteiden kunnan määrittäminen mittaamalla tien ominaisuuksia perinteisin mittaustelmien on aikaa vievää ja kallista toteutettavaksi suuressa mittakaavassa. Metsäautoteiden kunnan sekä hoito- ja kunnostustarpeen määrittämisen voi toteuttaa esimerkiksi Tapio Oy:n metsäteiden kuntokatselmuksen mukaisesti (Tapio 2017), jolloin kunnan arviointi suoritetaan silmämääräisesti arvioimalla tien eri ominaisuuksia. Subjektiiivisesti toteutetut kunnan arviointimenetelmät eivät ole vertailukelpoisia keskenään, koska niihin vaikuttaa arvioijan oma näkemys tien kunnosta eivätkä ne määräydy täten minkään mitattavan ominaisuuden mukaan.

Kuljetuskelpoisuutta kuvaavia mittareita on tutkittu ja Karjalaisen (2019) mukaan merkittävimmiksi nousivat koealamittausten perusteella tien leveys ja pinnan laatu. Metsäautoteiden kunnan määrittämistä erilaisilla kaukokartoitusmenetelmillä on myös tutkittu monissa tutkimuksissa. Laserkeilausaineisto onkin yksi potentiaalinen tietolähde kuljetuskelpoisuuden määrittämiseksi, sillä sitä on Maanmittauslaitoksen tuottamana saatavilla ilmaiseksi lähes koko Suomesta. Maanmittauslaitos aloitti vuonna 2020 tuottamaan tiheäpulsista (5 pistettä neliömetrillä) laserkeilausaineistoa (Maanmittauslaitos 2023b). Tiheäpulsisella laserkeilausaineistolla on tutkittu olevan potentiaalia myös tien laadun määrittämisessä. Tiheäpulsista (5 pulssia/m²) laserkeilausaineistoa hyödyntäen Kiss ym. (2015) tutkivat metsäteiden rakenteellista kuntoa. Tutkimus osoitti, että tien pinnan tasaisuudella ja kuluneisuudella on merkittävä vaikutus tien pinnan laatuun. Avoimen paikkatietoaineiston harvapulsisisenkin laserkeilausdatan avulla on saatu jo melko hyvin ennustettua metsätien kuntoluokka. Nisula (2019) onnistui ennustamaan tien kuntoluokan 69,8 %:n tarkkuudella harvapulssisesta (0,5 pulssia/m²) laserkeilausdatasta ja arvioi tiheäpulsisella (5 pulssia/m²) datalla saatavan vieläkin parempia tuloksia.

Satelliittikuvaus on toinen tehokas kaukokartoitusmenetelmä etenkin muutosten havaitsemiseen, sillä kuvauskertoja voi olla jopa useampi päivässä. Satelliittikuvauksella voidaan havaita maaperän kosteuden lisäksi lumen ja roudan esiintyvyyttä (Cohen ym. 2018). Metsätien kantavuuden ja kuljetuskelpoisuuden ennustamisessa satelliittiaineistosta saatavan maakosteustiedon ja pohjavesikartan (DTW) yhteiskäyttö on antanut jo lupaavia tuloksia Fjeldin ym. (2024) tutkimuksen perusteella. Ilmatieteen laitos on tutkinut myös routavaurioiden tunnistamista satelliittikuvista (Suokanerva ym. 2017). Tutkimuksissa pienten alueiden routavaurioita ei voitu kuitenkaan havaita satelliittikuvauksen perusteella.

Ilmakuvaus on satelliittikuvausta korkeampi resoluutioista ja sitä voidaan käyttää metsätietiedon hankintaan ja siitä voidaan tulkita esimerkiksi tien muotoa, mittoja ja yleiskuntoa (Venäläinen ym. 2019). Ilmakuvausta käytetään yhdessä muiden kaukokartoitusaineistojen kuten laserkeilausaineiston kanssa, jolloin kartoitetusta kohteesta saadaan enemmän ja laadukkaampaa tietoa (Honkavaara ym. 2011).

1.3.2. Ajoneuvodatan ja -sensorien käyttö tietiedon keruussa

Ajoneuvojen tuottamaa dataa pidetään yhtenä potentiaalisena keinona kerätä tietoa vähäliikenteisiltä teiltä. Tiedonkeruussa sensorialustoina toimivat ajoneuvot voisivat olla vähäliikenteisillä teillä esimerkiksi puutavara-autoyhdistelmiä, koulubusseja, takseja, postiautoja ja tienkunnossapidon kalustoa (Saarenketo 2006).

Metsäteho Oy:n, Liikenneviraston ja Vaisala Oy:n vuosina 2016–2017 toteuttamassa pilottihankkeessa tutkittiin matkapuhelimen tallentaman jatkuvan videodatan, sensorien ja kuljettajan käyttämien painonappien käyttöä tien olosuhdetietojen keruussa (Venäläinen ym. 2017b). Matkapuhelimen tuottamaa dataa tulkittiin konenäkö- ja sensorianalyysillä, jotka antoivat tietoa tien keliolosuhteista, kelirikkotiedoista, tien yleiskunnosta, epätasaisuuksista ja liikenne-merkeistä. Vaisala on pilotoinut myös Posti Oyj:n kanssa RoadAI-teknologiaan perustuvaa tiestötiedon keruuta ja kaupallistamista Suomessa (Kallio 2018).

Suomen metsäkeskuksen ylläpitämä ja RoadsML-yhtiön toteuttama Metsään tie -mobiilisovelluksen oli tarkoitus olla kaikille tienkäyttäjille avoin sovellus, jolla kerättiin tietoja yksityisteistä matkapuhelimen GPS-paikannuksen ja sensorien avulla joukkoistetun tiedonkeruun periaatteella. Lisäksi sovelluksen käyttäjällä oli mahdollisuus lisätä omia havaintojaan tien kunnosta. Sovellus otettiin käyttöön vuonna 2019, mutta vähäisen käytön vuoksi se lakkautettiin vuoden 2020 lopussa (Suomen metsäkeskus 2020).

Suomalainen tieolosuhdetietoa kartoittava Roadcloud Oy tarjoaa tietoa tieolosuhteista omalla digitaalisella tietopalvelullaan. Palvelu perustuu Triona Oy:n kehittämään ajoneuvoista kerättävään dataan ja optiseen havaitsemiseen pohjautuvaan informaatioon. Palvelu tarjoaa tietoa tien liukkaudesta esimerkiksi tien kunnossapitäjille (Roadcloud 2023). Sen on arvioitu lisäävän tien talvikunnossapidon tuottavuutta 15–20 % (Hawzheen 2020).

Ajoneuvodatasta tien kuntotietoa tuottaa myös ruotsalainen Nira Dynamics AB (Nira Dynamics 2023). Yritys on kehittänyt monia ajoneuvodataan perustuvia, avustavia järjestelmiä, kuten ajonvakautus, rengaspaineen ilmaisimien ja löystyneen renkaan ilmaisimien. Vuodesta 2017 lähtien yritys on kehittänyt myös useita tienkuntotietoa ilmaisevia järjestelmiä. Ajoneuvodatasta voidaan saada tietoa tien pito-ominaisuuksista ja tien pinnan kunnosta. Suomalainen E3 Innovations Oy tuottaa puolestaan pelkästä ajoneuvodatasta ilman optisia laitteita tien liikkaus- ja kuntotietoa (E3 Innovations 2023).

Niskanen (2017) on tutkinut väitöskirjassaan renkasiin asennettavien kiihtyvyyssanturien käyttöä renkaan ja tien välisessä kitkaominaisuuksien mittaamisessa. Tutkimukset osoittivat renkaaseen asennettavien kiihtyvyyssanturien olevan potentiaalinen keino kitkaominaisuuksien mittaamisessa. Nokian Raskaat Renkaat Oy:n ns. älyrenkaan antureiden tiedoilla saatiin alustavien tulosten perusteella tunnistettua tien pinnan laatua. Myös tien pintakantavuuden arvioinnissa alustavat tulokset ovat olleet lupaavia (Haapalainen & Penttilä 2024).

1.3.3. Tien ominaisuuksien mittaaminen mittalaitteilla ja -asemilla

Metsäautoteiden kantavuusmittauksiin on käytettävissä pudotuspainolaitteita, joilla voidaan mitata tierakenteen dynaamista, tiehen kohdistuvaa rasitusta. Pudotuspainolaite on automaattinen impulssikuormitusmenetelmä, jolla mitataan tien pinnan taipumia ja tuloksista voidaan edelleen laskea tien kantavuus. Pudotuspainomittalaitteita on kannettavia sekä ajoneuvolla hinattavia. Myös terästangon uppoamiseen perustuvaa mittalaitetta (Dynamic Cone Penetrometer, DCP) on käytetty metsätien kantavuuden mittaamisessa (esim. Kaakkurivaara ym. 2015). Lisäksi levykuormituslaitetta, jonka toiminta perustuu kuormituslevyn painuman mittaamiseen, on käytetty perinteisesti tierakenteiden kantavuuden ja tiivistymisen mittauksissa. Tutkittavaa kohtaa rasitetaan kuormituslevyllä, jota painetaan hydraulisella sylinterillä erisuuruisilla voimilla (Siika 2006).

Tien kantavuusmittauksia tehdään yleensä tienkorjaustoimenpiteitä suunniteltaessa. Mittaukset osoittavat, millainen kantavuus on tien eri kohdissa ja niiden perusteella osataan laittaa oikeat kerrosvahvuudet tienparannuksessa tavoitekantavuuden saavuttamiseksi kustannustehokkaasti (Hämäläinen & Taura 2024). Tieavustusten saamisen vaatimuksena tienparannushankkeisiin on yleensä suoritettava kantavuusmittaukset avustettavalle tielle.

Tietoa tien kerroksista ja kosteudesta voidaan saada maatutkalla, joka perustuu sähkömagneettisten pulssien käyttöön. Maatutkan avulla voidaan erotella tien eri kerroksia ja näistä pystytään muodostamaan kuva tien pystysuuntaisesta profiilista (Aho ym. 2005). Lisäksi pohjamaahan asti poratut maalajinäytteet ja niistä analysoidut tulokset kertovat eri kerrosten maalajit ja niiden raekokojakaumat.

Tien ominaisuuksia voidaan mitata myös tiesääasemilla. Tiesääasemia käytetään esimerkiksi routa- ja kelirikoseurannassa ja raskaiden ajoneuvojen kuormitusvaikutusten selvittämisessä. Roadscanners Oy on perustanut ensimmäiset Perco-tiesääasemansa jo 2000-luvun alussa (Roadscanners 2020). Antureilla varustettuja tiesääasemia on perustettu myös Luonnonvarakeskuksen (Luke) Take me home country road -hankkeessa maaperältään, tien yleiskunnoltaan ja tierakenteeltaan toisistaan poikkeaville yksityisille sorateille perustettiin kymmenen tiesääasemaa Liperi-Outokumpu-alueelle Pohjois-Karjalaan (Anttila & Savinainen 2023) ja asennettiin tunnin välein automaattisesti kerättävä tiesäätiieto tallentuu avoimeen Metsätiehub-portaaliin (Kieloaho ym. 2023).

1.3.4. Kuljetuskelpoisuuden ja kantavuuden ennustaminen

Suomessa sääennusteita ja -malleja tuottaa ensisijaisesti Ilmatieteen laitos. Väylävirasto toimii tiiviisti yhteistyössä Ilmatieteen laitoksen kanssa (Oinonen & Damski 2010). Ilmatieteen laitos on tuottanut tiesäämallin päällystettyjen teiden keliennusteiden luomiseksi. Tiesäämalli tuottaa keliennusteet vain pääteille, joten siitä ei ole apua soratieverkoston olosuhteiden ennustamisessa (Ilmatieteen laitos 2021). Kuuden viikon tiesääennusteita kehitettiin Ilmatieteen

laitoksen CLIPS-hankkeessa, jossa tuotettiin yhteensä 33 ennustetuotetta (Ilmatieteen laitos 2018). Ilmatieteen laitos ennustaa kelirikon vaikeuden sekä kelirikon todennäköisyyden alueellisesti kuuden viikon lämpötilaennusteiden pohjalta (Miettinen 2018).

Routamallit ovat yksi kantavuuden ennustamiseen käytettävä työkalu. Maaperän routaantumiseen vaikuttavat eniten lumipeitteen paksuus sekä ilman lämpötila. Muita roudan muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat maalaji, kasvipeite, topografia, maa- ja pohjavesi (Soveri & Varjo 1977). Roudan esiintyvyyttä voidaan ennustaa sääennusteiden ja routamallien avulla. Ongelmana on vielä pitkäaikaisten sääennusteiden epäluotettavuus (Gregow ym. 2011). Routakantavuuden hyödyntämistä raskaan kaluston kuljetuksissa tutkittiin Oulun yliopiston ja Ilmatieteen laitoksen yhteisessä Winter Premium -hankkeessa. Tavoitteena oli selvittää, voisiko raskaiden kuljetusten suurinta sallittua massaa kasvattaa routa-aikana. Hankkeessa kehitettiin myös tiesäämallia, joka pyrki ennustamaan myös roudan ja kelirikotiedon tulevaisuudessa (Niskanen ym. 2024).

Fjeldin ym. (2024) tutkimuksessa laaditulla regressioanalyysillä voitiin ennustaa yli 70 % sora-tien kantavuutta kuvaavan E-moduulin vaihtelusta. Ennustemuuttujina käytettiin satelliittiaineiston SMAP-pohjaista maaperän kuivuusindeksiä ja sen vuorovaikutusta pintakerrostumatyyppien kanssa sekä yhdistetyn SMAP- ja SWI-kuivuusindeksin ja lohkokohortaisen DTW:n (depth to water) välistä suhdetta. Pilottitutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että tulevaisuudessa on mahdollista ennustaa tien kuljetuskelpoisuutta laajoilla toimitusalueilla viikoittain edellyttäen lisämuuttujien mukaan ottamista ja tutkimusmenetelmien kehittämistä.

Take me home country road -hankkeen automaattisen tiesääasema-aineiston sekä eri vuodenaikaa ja sääolosuhteisiin kohdistettujen kantavuusmittausten avulla mallinnetaan tiesään vaikutusta kantavuuden muutokseen eri tasoilla metsäautoteillä. Alustavien mallinnustulosten perusteella sulan maan ajan kantavuuden ennustamisessa ilman lämpötilan kolmen vuorokauden ja sadannan kahden vuorokauden liukuvat keskiarvot yhdessä maaperätietojen kanssa selittivät 63 % kantavuuden vaihtelusta. Tulevaisuudessa tiesääasemaverkoston aineistosta laaditut kalibrointimallit tarjoaisivat paikallisten kantavuusennustemallien korjaus-/kalibrointiapua metsäteiden kantavuuden dynaamisessa ennustamisessa (Kostensalo 2023).

1.4. Tierakenteen kuvaus puuhuollon ja kuljetettavuuden näkökulmasta

Valtaosa puutavaran autokuljetuksista alkaa metsäteiden varsilta. Puutavaran autokuljetukseen käytettävä kalusto asettaakin vaatimuksensa hyvälle metsätielle. Puutavara-autoyhdistelmien suurimpia sallittuja mittoja ja massoja on nostettu kannattavuuden ja liikenneturvallisuuden parantamiseksi sekä päästöjen vähentämiseksi (Venäläinen & Poikela 2022). Viimeksi massoja nostettiin vuoden 2013 lokakuussa nykyiseen 76 tonniin ja mittoja päivitettiin vuoden 2019 alussa (Valtioneuvoston asetus... 2013, 2019). Mittoja ja massoja koskevat määräykset sisältyvät nykyiseen tieliikennelakiin (729/2018). Suomessa puutavara-autoja vuoden 2023 alussa oli käytössä 1532 kappaletta ja niistä noin 91 % oli vetotavaltaan 8×4 (Ala-Kutsi 2023). Nykyisin valtaosa puutavaran autokuljetukseen käytettävästä kalustosta on 4+5-akselisia ajoneuvoyhdistelmiä (neljäakselinen vetoauto ja viisiakselinen perävaunu), jolloin suurin lain sallima 76 tonnin enimmäismassa on käytettävissä (Venäläinen 2016). Metsäautotieverkoston riittämättömät mitat rajoittavat osin jo nykyään puutavara-ajoneuvoyhdistelmien pituutta etenkin käänöpaikkojen osalta (Venäläinen 2019).

Metsäautotien rakentamiseen on saatavilla Metsätehon (2001) ohjeet, joiden perustana on tien rakentaminen ominaisuuksiltaan sellaiseksi, että se palvelisi mahdollisimman hyvin metsätalouden kuljetuksia. Metsätehon Metsätieohjeistoa päivitetään ja päivityksiä onkin tullut koskien keskeisimpiä tien mitoitukseen liittyviä materiaaleja (Strandström 2017). Metsätien kunnossapidon, perusparannuksen ja rakentamisen oppaita on saatavissa myös Tapio Oy:n tuottamina (Tapio 2024). Näitä mitoituksia voidaan pitää tavoitetasona ja indikaattorina ominaisuuksiltaan hyvästä metsäautotiestä.

Juntunen (2021) tutki puutavaran autokuljetusyritysten tarpeita tiedatan kehittämiseen. Tutkimuksessa havaittiin tietietojen olevan puutteellisia yksityisteillä. Kyselyssä vastaajat kokivat lähes kaikkien tietietoluokkien olevan vähintäänkin melko puutteellisia. Yksitysteiden tietoluokista kääntöpaikat, kelirikko ja sillat koettiin tärkeimmiksi. Solosen (2023) toteuttamassa metsätienkäyttäjien hiljaisen tiedon tutkimuksessa tiukat mutkat, ahtaat kääntöpaikat ja kapeat risteykset todettiin useimmin samankaltaisiksi kuljetustyötä hidastaviksi tekijöiksi. Mikäli metsäautotien mitat eivät ole riittävät, onnistuu puutavaran autokuljetus tienvarsivarastolta vain ilman perävaunua pelkällä ajoneuvoyhdistelmän vetoautolla, eli nuppikuormilla. Painorajoitetut sillat rajoittavat liikennöintiä riippumatta vuodenajasta, keliolosuhteista tai säätilasta. Puutavara-autoyrittäjille ja -kuljettajille kohdistetussa haastattelussa tien kantavuus osoittautui merkittävimäksi liikennöintiä rajoittavaksi tekijäksi liikuttaessa sorapintaisilla teillä (Solonen 2023, Solonen ym. 2023).

Tietoa tien kunnosta hankitaan usein puunhankintaorganisaation metsäasiantuntijoilta/ostohenkilöiltä, jonka luotettavuus voi luonnollisesti vaihdella suuresti riippuen kyseisen henkilön ammattitaidosta ja kokemuksesta. Luotettavaa ennakkotietoa saadaan usein puunkorjuuyrityksiltä, sillä lähes jokaisella leimikolla on käyty metsäkoneiden siirtoon käytettävällä kuljetuskalustolla ennen puutavaran autokuljetusta. Jos tieto tien kulkukelpoisuudesta on epävarmaa, saatetaan tieolosuhteet käydä tarkastamassa etukäteen puutavaran autokuljetuksesta vastaavan yrityksen toimesta ennen varsinaista puutavaran kuljettamista (Solonen 2023, Solonen ym. 2023). Juntunen (2021) tutkimuksessa tietiedon ensisijaiseksi tietolähteekseen vastaajat valitsivat oman käynnin kohteella. Tulevaisuudessa tietietoa haluttiin saatavan ajoneuvojen päätelaitteiden kautta (Juntunen 2021).

1.5. Suomessa toteutettuja metsätietietohankkeita

Suomessa metsäteiden kunnan kartoitusta ja tietiedon digitalisointia on tutkittu ja kokeiltu monissa hankkeissa. Tähän mennessä ei kuitenkaan ole pystytty luomaan digitaalisessa muodossa olevaa apuvälinettä metsäteiden kunnan ennustamiseen ja arviointiin, josta olisi todellista hyötyä laajemmalle metsäteiden käyttäjäkunnalle. Tähän on listattu muutamia merkittäviä Suomessa toteutettuja metsätietietohankkeita kymmenen viime vuoden ajalta. Lisäksi kuljetuskelpoisuuteen liittyvää tutkimus- ja kehitystyötä tieominaisuuksien mittaamisesta ja kuljetuskelpoisuutta mittaavien/ennustavien menetelmien, aineistojen ja laitteiden soveltuvuudesta on tehty joitakin (esim. Kaakkurivaara ym. 2015, Kiss ym. 2015, Vuorimies ym. 2015, Kiss ym. 2016, Karjalainen 2019, Nisula 2019, Pisto 2019, Lammi 2020, Waga ym. 2020, Waga ym. 2021).

Suomen metsäkeskus on toteuttanut useita hankkeita eri puolilla Suomea liittyen yksityisteiden tiekuntien aktivointiin tienhoitoon ja ylläpitoon sekä tietiedon digitalisointiin. Suomen metsäkeskuksen mittava yksityistieverkoston, siltojen ja energiapuuterminaalien kartoitus

TIESIT-hanke toteutetaan vuosina 2022–2024. Suomen metsäkeskuksen hankkeista kerätty tieto on julkaistu Tienhoito.fi-verkkopalvelussa (Suomen metsäkeskus 2023).

Metsätiehankkeita on toteutettu myös Euroopan Unionin rahoittamalla rajat ylittävällä Karelia CBC -yhteistyöohjelmalla. Pohjois-Karjalan ja Karjalan Tasavallan alueilla Suomessa ja Venäjällä toteutetun Access2forest-hankkeen tavoitteena oli luoda työkalu metsätien rakentamisen ja hoidon suunnitteluun käyttäen apuna pääasiassa laserkeilausaineistoa (Karelia CBC 2020). Metsäteiden kuntokartoitus (MeTeiKu)-hankkeessa metsäteiden kuntotietoa pyrittiin saamaan laserkeilausaineistosta, jota voidaan kalibroida kohtuullisilla maastokäynneillä (Tokola 2022). Hankkeessa mukana olivat Suomen metsäkeskus, Itä-Suomen yliopisto ja Maanmittauslaitos.

Metsäteho on tutkinut yksityistietiedon digitalisoimista esimerkiksi Forest Big Data -hankkeessa, jossa tavoitteena oli yhdistää jo saatavilla olevaa, pysyvää metsätietietoa, luoda ajantasaista keli- ja muuta olosuhdetietoa tarjoava valtakunnallinen tietopalvelu. Hankkeessa esitettiin myös metsätietietofoorumien perustamista (Venäläinen ym. 2016). Hankkeen jälkeen käynnistyi Suomen metsäkeskuksen koordinoima Biotalousalan tietojärjestelmä -hanke, jonka toimenpiteitä jatkaa YTPA-verkosto. Väylävirasto on puolestaan toteuttanut useita tietiedon digitalisoimiseen pyrkiviä hankkeita. Tieverkon ennakoiva kunnonhallinta -osahankkeen pilottiprojekteja Väylävirasto toteutti yhteensä 17 kappaletta vuoden 2018 loppuun mennessä (Väylävirasto 2020b).

1.6. Visio- ja tiekarttatyön lähtökohta ja tavoitteet

Yksityinen soratieverkko, metsätiet mukaan lukien, on varsin mittava kokonaisuus. Laajan yksityistieverkon kunnon seuranta, ylläpito ja kunnostus vaativat resurssitehokkaita keinoja, uusia tietolähteitä ja osaamista tiedon ja työkalujen tehokkaassa hyödyntämisessä. Uusilla tietolähteillä, tietojen yhdistämisellä ja älykkäillä digitaalisilla ratkaisuilla voitaisiin parantaa alemman tieverkon liikennöitävyyden ennustettavuutta. Samalla voitaisiin osoittaa paikkatarkasti niitä kohtia tieverkossa, jotka erityisesti vaatisivat kunnostamista ja joiden avulla tieverkon liikennöimisen pullonkauloja voitaisiin poistaa. Tehokas metsätietiedon hyödyntäminen säästäisi merkittävästi puuhuollon kustannuksia, kun puunkorjuu voitaisiin ajoittaa paremmin ja toteuttaa kustannus- ja resurssitehokkaasti, ja tien kunnostustoimet saataisiin kohdennettua korjausta vaativiin kohtiin resurssit (eli työvoima, kalusto ja materiaalit) huomioiden. Täsmätiedon avulla voitaisiin myös teiden ylläpito- ja kunnostuspalveluiden markkinointi kohdistaa paremmin teiden omistajille ja toteutus olisi kustannus- ja resurssitehokasta. Tämä kaikille tienkäyttäjille jaettava tieto vähentäisi teiden turhaa kulumista ja rikkoutumista sekä lisäksi oikea-aikaista tien kunnossapitoa ja kuljetusta. Uudella tiestötiedon järjestelmä- ja palvelukehityksellä olisi runsaasti myös potentiaalia vientituotteiksi asti.

Nykyään metsätietietoa on melko epäyhtenäistä ja -tarkkaa, ja tiedon saatavuus on hajautunut useaan eri lähteeseen. Teihin liittyvää avointa dataa on saatavilla nykyään jo melko runsaasti. Avoin data on kuitenkin melko karkeaa ja epätarkkaa pelkästään käytettäväksi tien kantavuuden arvioinnissa ja tukena päätöksenteossa. Saatavilla on lähinnä pysyvää tai hitaasti muuttuvaa tietietoa, kuten painorajoituksia ja tiekuntien ilmoittamia kelirikkotietoja, joissa tosin niissäkin on vielä puutteellisuutta. Tarkkaa maaperätietoa, tien rakennetietoa eikä myöskään sään vaikutusta maaperän eikä tien kantavuuteen ole saatavilla metsäteille tällä hetkellä. Tarkan tietiedon keräämiseen on olemassa monenlaisia mittausmenetelmiä ja keruutapoja, mutta

niiden ongelmaksi usein muodostuu liian kallis hinta käytettäväksi koko Suomen metsäautotieverkoston kartoittamiseksi ja tiedon päivittämiseksi.

Tämän työn tavoitteena oli luoda visio ja tiekartta metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon ja -ennusteen luomiseksi vuoteen 2030 mennessä. Metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon visio tuo esille palvelualueen kuvauksen metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon tuottamisesta ja esittämisestä aika- ja paikkatarkasti. Jotta voidaan määrittää tiekarttatoimenpiteet, metsätietiedon nykytila on selvitettävä riittävän tarkasti. Johdannossa avatun nykytilan lisäksi erillinen kyselytutkimus tehtiin kartoittamaan tien käyttäjien ja hyödynsaajien (eli tietoa hyödyntävien tahojen) käsitystä ja kuvaa metsätietiedon nykytilasta ja tietotarpeista. Kyselytutkimuksessa etsittiin vastauksia muun muassa tiedon tarkkuudesta ja metsätietiedon nykytilasta, muutostarpeista, ylläpitämisestä ja tiedon avoimuudesta. Lopuksi tiekartassa esitetään toimenpideehdotuksia, joiden avulla asetettu tavoitetila voidaan saavuttaa.

2. Menetelmät ja aineisto

2.1. Kyselytutkimus metsätietiedon nykytilasta ja tulevaisuuden tarpeista

Kyselytutkimuksen aineiston keruu toteutettiin Webropol-verkkokyselylomakkeella (liite 1), joka lähetettiin sähköpostitse metsäteiden parissa toimiville henkilöille kattavasti eri puolille Suomea. Osalle vastaajaryhmistä kysely lähetettiin ryhmää edustavan organisaation kautta. Kysely lähetettiin puunkorjuuyrittäjille Koneyrittäjät ry:n ja puutavaran autokuljetusyrittäjille Metsäalan kuljetusyrittäjät ry:n kautta. Lisäksi kysely jaettiin Suomen Tieyhdistys ry:n kouluttamille tieisännöitsijäjäsenille. Kysely lähetettiin sähköpostitse ensimmäisen kerran 30.11.2023 ja uudelleen 7.12.2023. Viimeinen vastauspäivä kyselyyn oli 12.12.2023. Kyselyn lopullista vastausprosenttia ei voitu laskea, sillä kyselyä jaettiin edellä mainittujen organisaatioiden toimesta, joten tarkkaa tietoa kyselyn saaneiden kokonaismäärästä ei ollut saatavilla.

Kyselyssä kartoitettiin nykyisin käytössä olevia metsätietiedon tietolähteitä ja niiden soveltuvuutta käyttötarpeisiin. Samoin selvitettiin, mitkä tekijät vaikuttavat vastaajien mielestä eniten metsäautotien kantavuuteen. Lisäksi kysyttiin tarpeista ja toiveista liittyen metsätietiedon kehittämiseen ja jakamiseen. Vastaajat saivat kertoa myös mielipiteensä metsätietiedon tuottamisesta, ylläpitämisestä ja avoimesta julkaisemisesta. Kyselyssä tiedusteltiin vastaajien mielipidettä siitä, kenelle metsätietopalvelusta olisi eniten hyötyä ja olisivatko he itse valmiita maksamaan siitä tai päivittämään palvelussa mahdollisesti olevia puutteellisia tai virheellisiä tietoja.

Kysely oli puolistrukturoitu sisältäen monivalintakysymyksiä sekä avoimia kysymyksiä. Vastaajia pyydettiin suurimmassa osassa kysymyksistä arvioimaan kysymystä viisiportaisella Likertasteikolla, jossa arvolla 1 tarkoitettiin pienintä arvoa tai huonointa vaihtoehtoa ja vastaavasti arvo 5 tarkoitti parasta tai parhaaksi luokittelua (Vehkalahti 2014). Jokaisessa kysymyksessä oli myös "En osaa sanoa"-vaihtoehto. Kyselyn lopussa vastaaja sai vapaasti kertoa ajatuksiaan liittyen kyselyyn ja sen aihealueeseen. Vapaamuotoisista vastauksista oli mahdollisuus saada arvokasta tietoa ja näkemyksiä metsätietiedon kehittämiseen liittyen.

Kyselyssä vastaajia pyydettiin vastaamaan taustakysymyksiin, joita olivat vastaajaryhmä, johon vastaaja itse koki ensisijaisesti kuuluvansa, sekä maantieteellinen toiminta-alue. Vastaajaryhmien selvittäminen mahdollisti eri ryhmien välisten näkemyserojen vertaamisen sekä eri ryhmien ominaisten tarpeiden määrittämisen. Kyselyssä vastaajaryhmiä oli valmiiksi luokiteltuna kahdeksan kappaletta:

1. Tienomistaja
2. Tienhuoltaja
3. Tienkäyttäjät (*puunkorjuuyrittäjä*)
4. Tienkäyttäjät (*puutavara-autoyrittäjä*)
5. Muu tienkäyttäjät
6. Liikennöinnin/kuljetusten suunnittelija
7. Tietiedon kehittäjä/tuottaja
8. Viranomainen
9. Muu vastaaja, mikä?

Toisena taustakysymyksenä kysyttiin maantieteellistä aluetta, jolla vastaaja toimii. Kyselyssä Suomi oli jaettu neljään maantieteelliseen alueeseen:

1. Etelä-Suomi (Uusimaa, Kanta-Häme, Päijät-Häme, Kymenlaakso, Etelä-Karjala)
2. Länsi-Suomi (Ahvenanmaa, Varsinais-Suomi, Satakunta, Pirkanmaa, Keski-Suomi, Etelä-Pohjanmaa, Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa)
3. Itä-Suomi (Etelä-Savo, Pohjois-Savo, Pohjois-Karjala) ja
4. Pohjois-Suomi (Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa, Lappi).

Kyselyyn vastasi yhteensä 170 henkilöä. Kyselyyn vastanneista 21 % kertoi toimivansa pääasiallisesti Etelä-Suomessa, 34 % Länsi-Suomessa, 20 % Itä-Suomessa ja 25 % Pohjois-Suomessa. Vastaajista 12 % kertoi ensisijaiseksi vastaajaryhmäkseen tienomistaja, 14 % tienhuoltaja, 16 % tienkäyttäjä (puunkorjuuyrittäjä), 15 % tienkäyttäjä (puutavara-autokuljetusyrittäjä), 7 % muu tienkäyttäjä, 6 % liikennöinnin/kuljetusten suunnittelija, 12 % tietiedon kehittäjä/tuottaja ja 5 % viranomainen. Vastaajien jakautuminen eri ryhmiin on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Vastaajien lukumäärä ja jakautuminen eri ryhmiin ja alueisiin.

Vastaajaryhmä	Etelä-Suomi	Länsi-Suomi	Itä-Suomi	Pohjois-Suomi	Yhteensä
Tienomistaja	5	8	3	5	21
Tienhuoltaja	4	10	4	6	24
Tienkäyttäjä (puunkorjuuyrittäjä)	4	12	5	6	27
Tienkäyttäjä (puutavara-autoyrittäjä)	4	10	6	5	25
Muu tienkäyttäjä	2	5	2	3	12
Liikennöinnin/kuljetusten suunnittelija	0	5	1	5	11
Tietiedon kehittäjä/tuottaja	4	6	5	6	21
Viranomainen	5	0	2	2	9
Muu vastaaja	7	2	6	5	20
Yhteensä	35	58	34	43	170

2.2. Metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon visio- ja tiekarttatyö

Metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon vision määrittämisessä tekijät käyttivät apuna eri tietolähteitä. Siihen kuuluivat metsätietietoon, tien kuntoon ja kantavuuteen kohdistuneiden tutkimus- ja kehityshankkeiden sekä metsätien kuljetuskelpoisuutta kuvaavien tietolähteiden kartoitus. Tekijöiden kokemus ja erityisosaaminen metsäteiden kunnan ja kuljetuskelpoisuuden tutkimuksesta ja mallintamisesta sekä kuva metsäteiden ja tietiedon hyödyntämisen T&K-hankkeista ja suunnitelluista hankekokonaisuuksista toi tukea vision määrittelyyn. Lisäksi hankkeessa tehdyt kysely- ja haastattelututkimukset metsäteiden ja metsätietiedon käyttäjille auttoivat muodostamaan kokonaiskuvan metsätietiedon nykytilasta ja kehitystarpeista.

Metsäteiden kuljetuskelpoisuuden visio- ja tiekartta ottaa huomioon Yksityistietiedon palvelualustojen (YTPA) kehitystyön ja sen pohjalta tehdyt raportit ja julkaisut (Venäläinen ym. 2019, Venäläinen & Nousiainen 2024). Työ rajautuu metsäteihin (ts. metsätalouden käyttöön rakennettuihin teihin) ja työ kohdistuu metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon tuottamiseen, kehittämiseen, ylläpitämiseen ja jakamiseen liittyviin kysymyksiin ja niihin etsittyihin ratkaisumalleihin. Kuljetuskelpoisuustiedolle voi olla käyttöä metsätalouden toimijoiden lisäksi muilla hyödynsaajilla ja siksi hyötykartoitus tehtiin koko hyödynsaajajoukolle. Hyödynsaajajoukko käyttötapaüksineen ja hyötyineen yhdistettiin tilannetietoon metsätietiedon nykytilasta ja tulevaisuuden tarpeista (ks. luku 3). Näiden avulla muodostettiin kuljetuskelpoisuustiedon visio ja tiekartta.

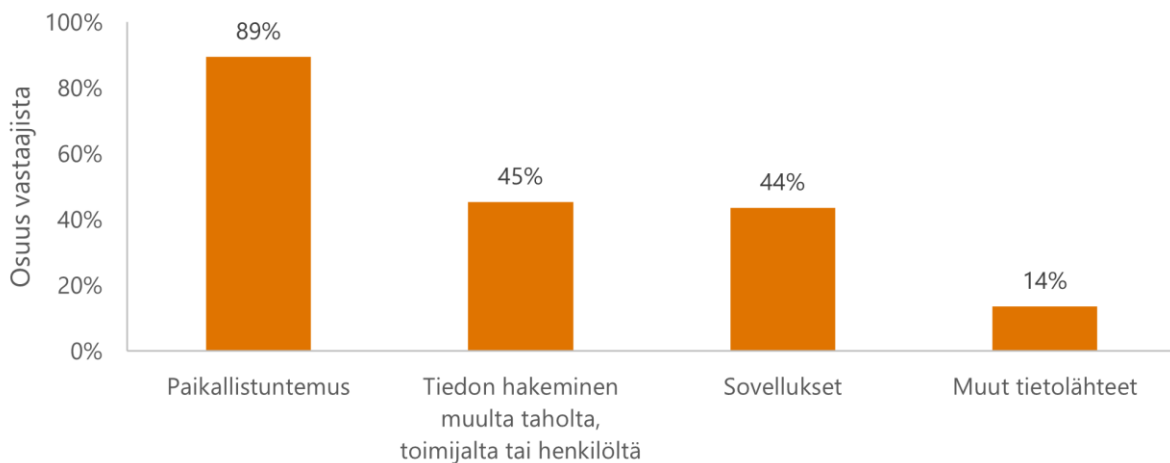
Vision muodostamisessa tavoitetilan toteutumisaika asetettiin vuoteen 2030, johon mennessä metsäteiden kuljetuskelpoisuuden palvelualustat on onnistuneesti testattu piloteissa ja otettu käyttöön. Tulee kuitenkin ottaa huomioon se, että ennustetarkkuus, tietolajit, tiedon keruu, tiedon ylläpitovastuut ja palvelujen muodostuminen toimijakohtaisiksi kehittyvät kaiken aikaa, myös tavoiteajankohdan jälkeen.

Vision laatimisen pohjalle muodostettiin kuljetuskelpoisuustiedon käyttötapaüksukset ja tietolajit ja -aiheet, joiden avulla voitiin luoda kokonaiskuva tietotarpeista ja niiden tilasta vuonna 2030. Käyttötapaüksuksien määrittäyksessä listattiin kuljetuskelpoisuustietoa käyttävät tahot, ts. hyödynsaajajoukko.

Tiekartan rakentamisessa tekijät arvioivat kunkin tietolajin osalta toimenpiteet, mittarit, tavoitteet sekä prioriteettijärjestyksen. Prioriteettiluokissa on määritely asteikolla 1–4 tarpeellisuusjärjestykseen eri metsätietiedon tietolajit. Toteutettavuus eli tietojen tuottaminen ja vieminen järjestelmiin käytännössä on niin ikään luokiteltu neliporraisella asteikolla siten, että numerolla 1 luokitellut aiheet ovat helppoja toteuttaa, kun vastaavasti arvon 4 saaneet ovat vaikeita ja vielä tutkimusta vaativia aihealueita. Tiekartassa muodostettiin arvio myös mahdollisista tietiedon kerääjien, ylläpitäjien ja jakajien vastuorganisaatioista tietoiheittain.

3. Metsätietiedon nykytila, tietolähteet ja -tarpeet

Metsätietieto perustuu nykyään hyvin vahvasti paikallistuntemukseen (Kuva 3). Tietoa haetaan myös usein muilta tahoilta, jotka ovat käyneet toteamassa tien kunnon paikan päällä. Metsätietietoa etsitään usein myös karttaohjelmistoista tai sovelluksista. Puunhankintayrityksillä on usein omia karttasovelluksia, jossa esitetään metsätietietoja. Muita esitettyjä tietolähteitä tai tiedonhankintatapoja oli esimerkiksi tien kunnon toteaminen käymällä kohteella tai päättelämällä tien kunto vallitsevien sääolosuhteiden perusteella.



Kuva 3. Vastaajien käyttämät metsätietiedon tietolähteet osuutena koko vastaajamäärästä (n=170).

Kyselyyn vastanneiden mukaan metsätietiedon nykyisessä tilassa riittäisi vielä paljon kehitettävää. Metsätietiedon nykyisistä ominaisuuksista keskiarvoisesti parhaana kyselyssä pidettiin tiedon sijainnillista tarkkuutta. Huonoimpana nykyisin käyttämänsä metsätietiedon ominaisuuksista vastaajat pitivät tiedon ajallista tarkkuutta (Kuva 4).

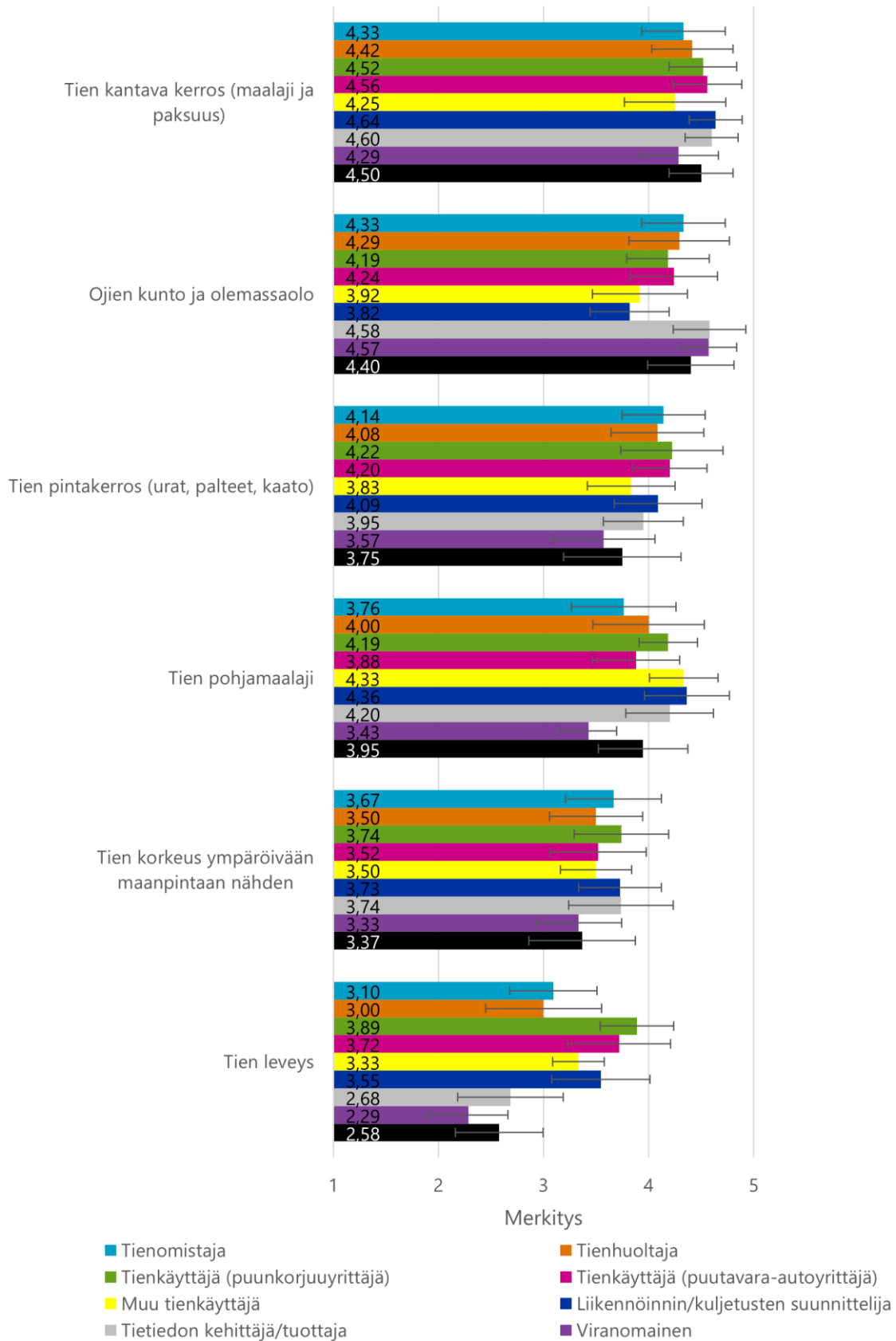


Kuva 4. Vastaajien näkemykset käyttämästään metsätietiedon nykytilasta. Palkki kuvaa keskiarvoa ja viivat palkin päässä keskihajontaa. Käytetty asteikko: 1=Erittäin huono, ..., 5=Erittäin hyvä.

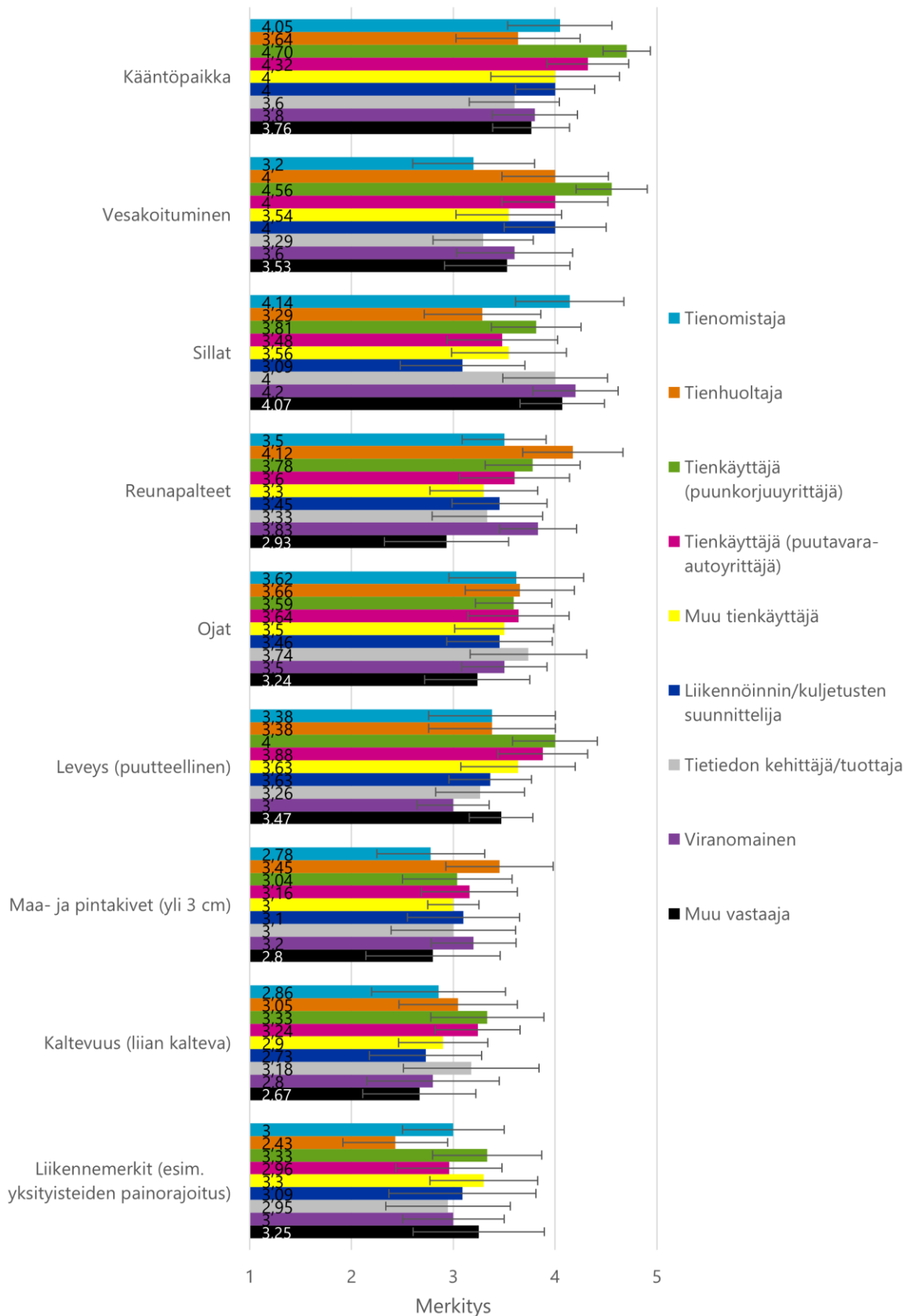
Tietojen kustannustehokkaan keruun toteuttamiseksi on kuitenkin syytä selvittää, mitä tietoja tiestä olisi tarpeen tietää, jotta pystytään ennustamaan loppukäyttäjän tarvitsemia tietoja metsäautotiestä. Kyselyssä selvitettiin, mitkä tekijät tien rakenteissa tai ominaisuuksissa vaikuttavat eniten metsätien kantavuuteen, joka on yksi metsäautotiellä liikkumista rajoittavimmista tekijöistä. Vastaajien mielestä merkittävin metsäautotien kantavuuteen vaikuttava tekijä oli tien kantava kerros (Kuva 5).

Metsätietiedon tietolajit voidaan jaotella karkeasti sään ja vuodenajan mukaan muuttuviin, eli dynaamisiin tietoihin, ja pysyviin tai hitaasti muuttuviin säästä riippumattomiin tietoihin, eli kiinteisiin tietoihin. Kiinteistä metsätietiedoista vastaajien mukaan eniten kehitystarvetta olisi kääntöpaikkatiedoissa. Toiseksi eniten kehitystä vaatisi tieto tienvarsien vesakoitumisesta ja kolmantena kehityskohteeksi nousivat tiedot silloista. Tärkeinä pidettiin myös tien ominaisuuksien tietoja reunapalteleista, ojista ja puutteellisesta leveydestä (Kuva 6).

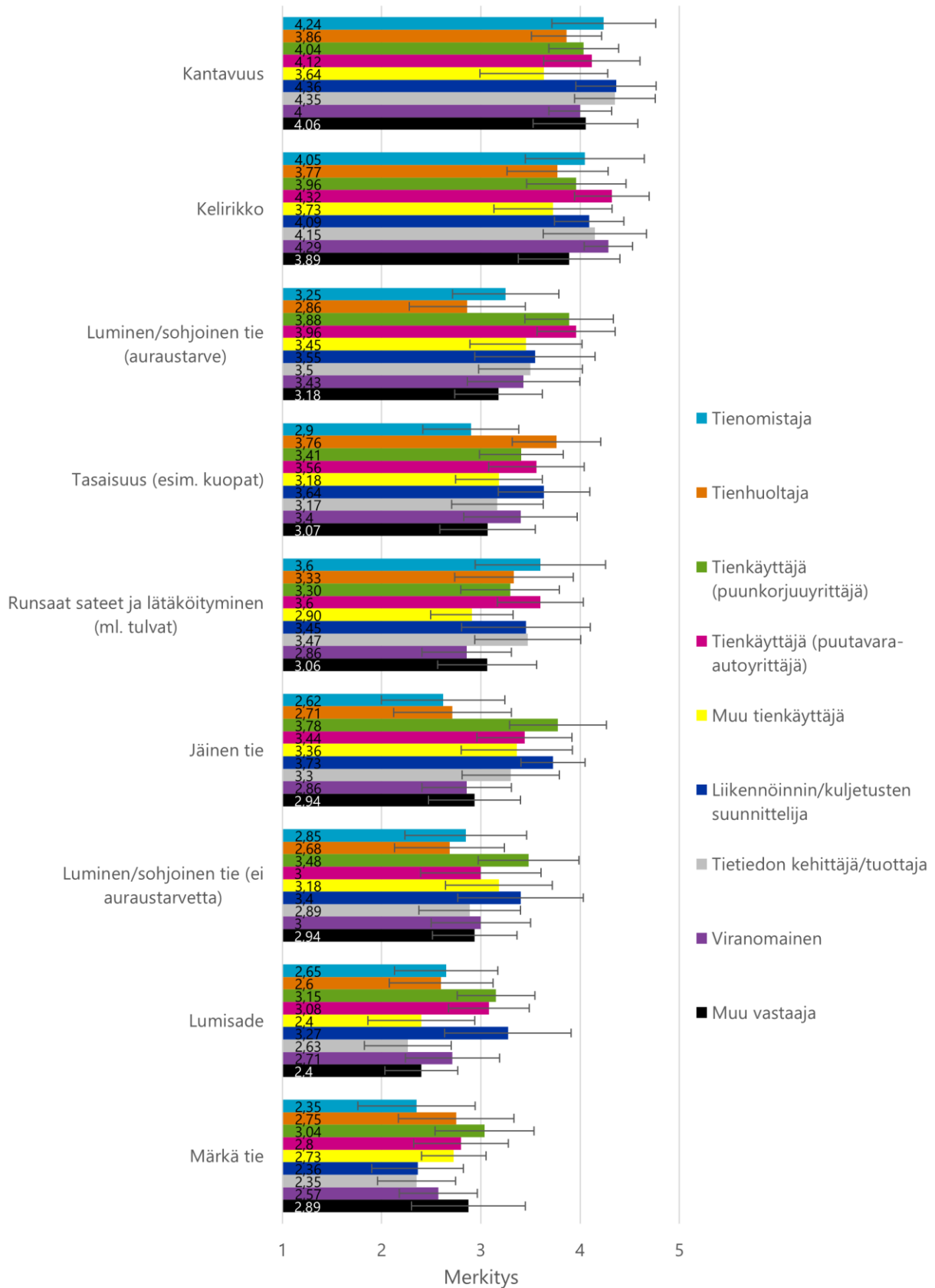
Dynaamisista vuodenajan, sään ja keliolosuhteiden mukaan vaihtuvista metsätietiedon tietolajeista eniten kehitystä vaativaksi nousi kantavuustieto, johon olennaisesti sidoksissa oleva kelirikottieto nousi lähes yhtä merkittäväksi tiedon kehityskohteeksi (Kuva 7). Vähiten kehitystarvetta koettiin olevan tiedosta lumisateesta ja tien märkyydestä. Näitä tietoja on nykyään saatavilla helposti lähipäivien sääennusteista.



Kuva 5. Vastaajaryhmien näkemykset tekijöistä, jotka vaikuttavat eniten metsäautotien kanta-
vuuteen. Käytetty asteikko: 1=Erittäin vähän, ..., 5=Erittäin paljon. Palkki kuvaa keskiarvoa ja
viiva palkin päässä keskihajontaa.



Kuva 6. Vastaajaryhmien näkemykset eniten kehitystä vaativista kiinteistä metsätietiedon tietolajeista. Käytetty asteikko: 1=Erittäin vähän, ..., 5=Erittäin paljon. Palkki kuvaa keskiarvoa ja viiva palkin päässä keskihajontaa.



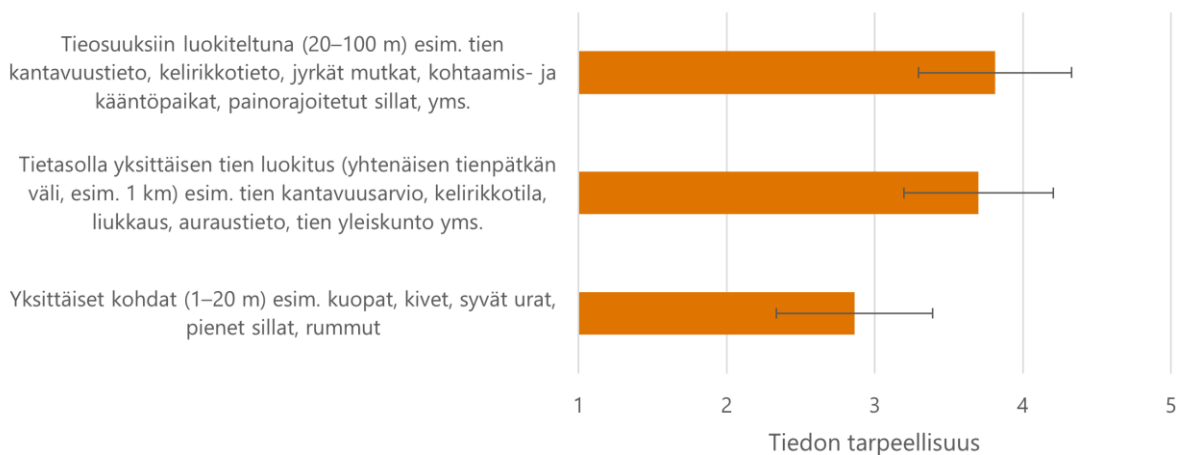
Kuva 7. Vastaajaryhmien näkemykset eniten kehitystä vaativista muuttuvista eli dynaamisista metsätietiedon tietolajeista. Käytetty asteikko: 1=Erittäin vähän, ..., 5=Erittäin paljon. Palkki kuvaa keskiarvoa ja viiva palkin päässä keskihajontaa.

3.1. Metsätietiedon tarkkuus sekä tiedon keruu ja ylläpito

Metsätietiedon keruu ja ylläpito on keskeinen seikka tarkan metsätietiedon esittämiseksi. Kyselyssä useita vastaajia epäilytti, voidaanko tarkkaa metsätietietoa tarjoavia palveluja ylläpitää tiedon keruun kalliin hinnan vuoksi. Tiedon pitäisi myös olla riittävän tarkkaa ja luotettavaa, jotta siitä olisi hyötyä loppukäyttäjälle.

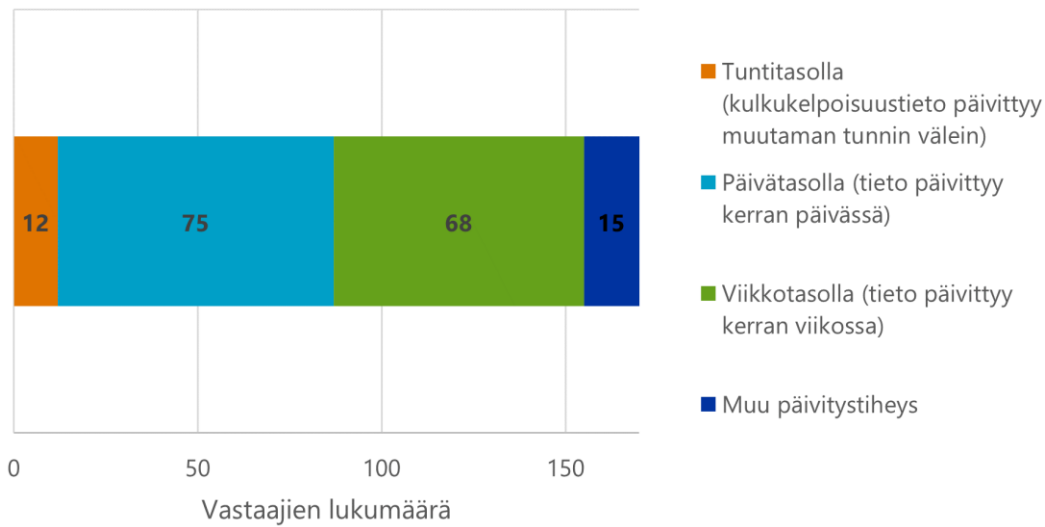
Tarkan metsätietiedon keräämiseksi on löydettävä kustannustehokkaita keinoja, jotta palvelua pystytään ylläpitämään. Etenkin dynaamisen eli kunkin ajan hetken sää- ja keliolosuhteet huomioivan metsäautotietiedon riittävä ajallinen ja sijainnillinen tarkkuus määrittävät pitkälti, kuinka hyödyllistä tieto on tiellä liikkumisen suunnittelemiseksi. Tiedon tarkkuusvaatimus riippuu usein tiedon käyttötarkoituksesta. Tien hoitoa ja kunnostuksia suunnittelevat tarvitsevat hyvinkin paikkatarkkaa tietoa jopa yksittäisistä rummuista tai heikosti kantavista kohdista. Metsäautoteillä kuljetuksia suorittavien henkilöiden on vastaavasti tärkeintä tietää, onko tie ylipäänsä kuljetuskelpoinen. Yksikin heikko kohta tiessä estää liikennöimisen koko tiellä, jolloin kuljetukset eivät sen varrelta onnistu eikä metsätielle kannata mennä lainkaan. Täten tiellä kuljetuksia suorittaville riittääkin usein pidemmän tieosuuden kuvaaminen (esimerkiksi käänköpaikkojen välinen tieosuus) kuin tien kunnostuksia suunnitteleville ja toteuttaville.

Kyselyssä metsätietiedon sopivimmaksi paikkatarkkuudeksi osoittautui keskimäärin metsäteiden luokittelu esimerkiksi 20–100 metriin tieosuuksiin. Lähes yhtä hyvänä pidettiin yksittäisten teiden luokitusta. Vastaajat eivät keskimäärin pitäneet läheskään niin tarpeellisena yksittäisten tiekohteiden tarkkuudella tuotettua tietietoa (kuva 8).



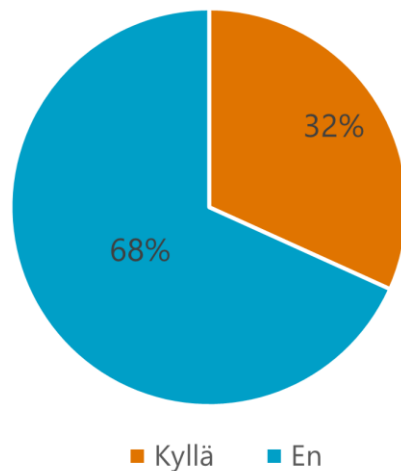
Kuva 8. Vastaajien näkemykset metsätietiedon paikkatarkkuudesta ja yksityiskohtaisuudesta. Käytetty asteikko: 1= Ei lainkaan tarpeellinen tieto, ..., 5= Erittäin tarpeellinen. Palkki kuvaa keskiarvoa ja viiva palkin päässä keskihajontaa.

Eri metsätietiedon käyttäjät tarvitsevat myös eri ajallisella tarkkuudella esitettyjä metsätietietoja. Tiedon päivittymistarkkuuden tarve vaihtelee myös vuodenajan mukaan. Riittävä ajallinen tarkkuus on tärkeässä asemassa kuljetuksia suorittaville etenkin talviaikaan esimerkiksi auraustiedon ja keväisin kelirikottiedon osalta. Suurin osa vastaajista (n=75) piti päivätason tarkkuutta riittävänä tasona omaan tiedon käyttötarkoitukseensa. Lähes yhtä moni vastaaja (n=68) piti puolestaan viikkotason päivitystiheyttä sopivana (Kuva 9).



Kuva 9. Vastaajien näkemykset, kuinka aikatarkkaa metsäteihin liittyvän kuljetuskelpoisuustiedon tulisi olla. Kukin vastaaja sai valita vain yhden, kuvaavimman vaihtoehdon.

Tutkimukseen vastanneista vajaa kolmannes (n=54) näki tarkan metsätietiedon jopa niin hyödyllisenä, että olisi valmis maksamaan siitä (kuva 10). Metsätietiedosta maksuvalmiuden suuruus vaihteli kymmenestä eurosta tuhanteen euroon vuodessa. Maksuhalukkuuteen vaikuttaa luonnollisesti eniten se, kuinka paljon tarkasta metsätietiedosta on hyötyä, joten usein vastaaja ei osannut kertoa tarkkaa rahasummaa, jonka olisi valmis maksamaan tarkasta tietiedosta.



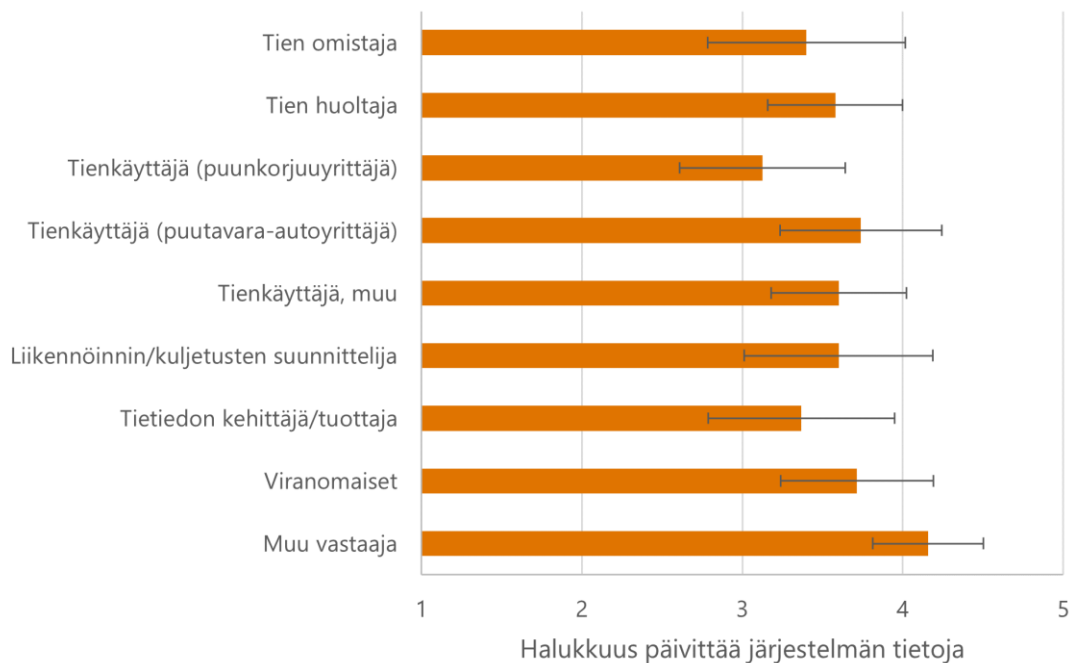
Kuva 10. Vastaajien halukkuus maksaa tarkasta metsätietiedosta.

Metsätietiedon maksullisuuteen liittyy olennaisesti myös sen avoimuus. Lähes kolmannes vastaajista oli sitä mieltä, että metsätietiedon pitäisi olla täysin avointa. Toisaalta 45 % vastaajista pitäisi metsätietiedon osittain julkisena/avoimena, kun vastaavasti vajaa neljännes vastanneista pitäisi metsätietiedon käytön rajoitettuna (Kuva 11). Tiedon avoimuutta ja julkisuutta on punnittava myös maanpuolustukselliselta kannalta.



Kuva 11. Vastaajien näkemykset tarkan metsätietiedon jakelun avoimuudesta.

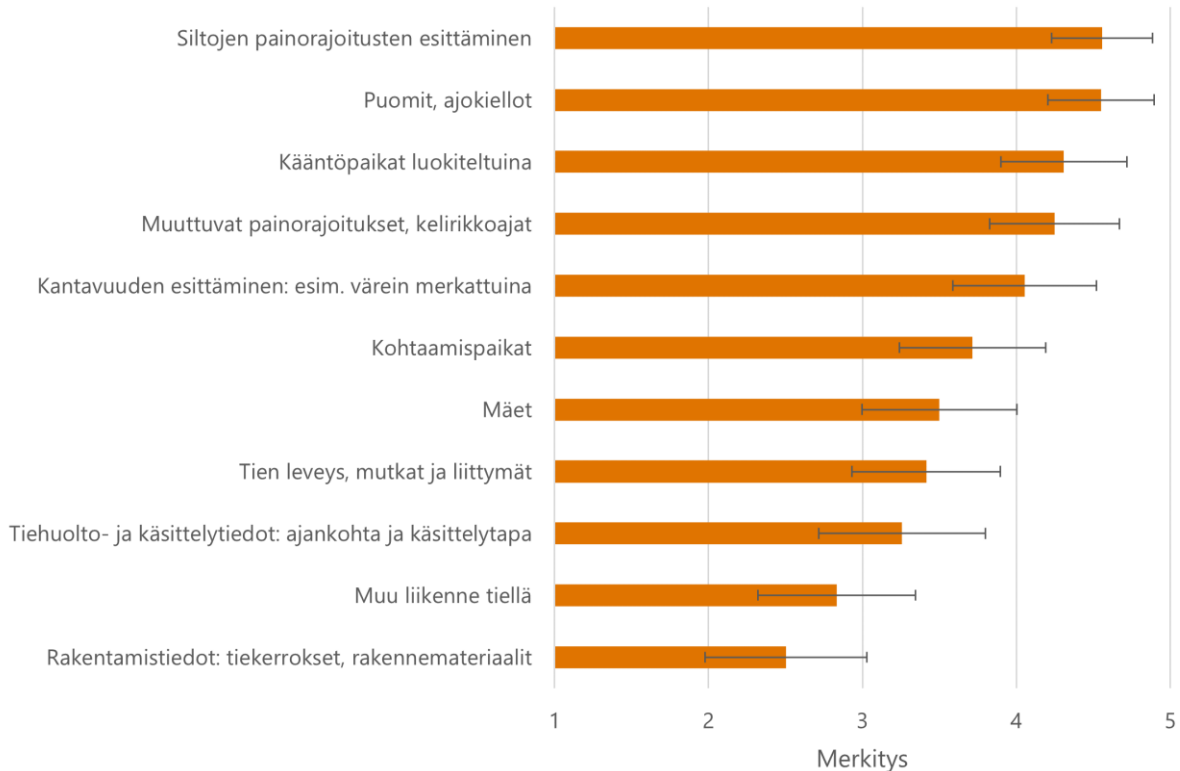
Metsätietiedon joukkoistaminen on yksi potentiaalinen keino metsätietojen keruuseen ja päivittämiseen. Yli puolet vastaajista (58 %, n=88) olisi mielellään tai erittäin mielellään valmiita päivittämään mahdollisesti virheellisen tai muuttuneen tiedon karttajärjestelmään (Kuva 12).



Kuva 12. Vastaajaryhmien halukkuus päivittää mahdollisesti virheellisiä tai muuttuneita metsätietoja karttajärjestelmään. Käytetty asteikko: 1=En olisi valmis päivittämään, ..., 5=Päivittäisin mielelläni. Palkki kuvaa keskiarvoa ja viiva palkin päässä keskijajontaa.

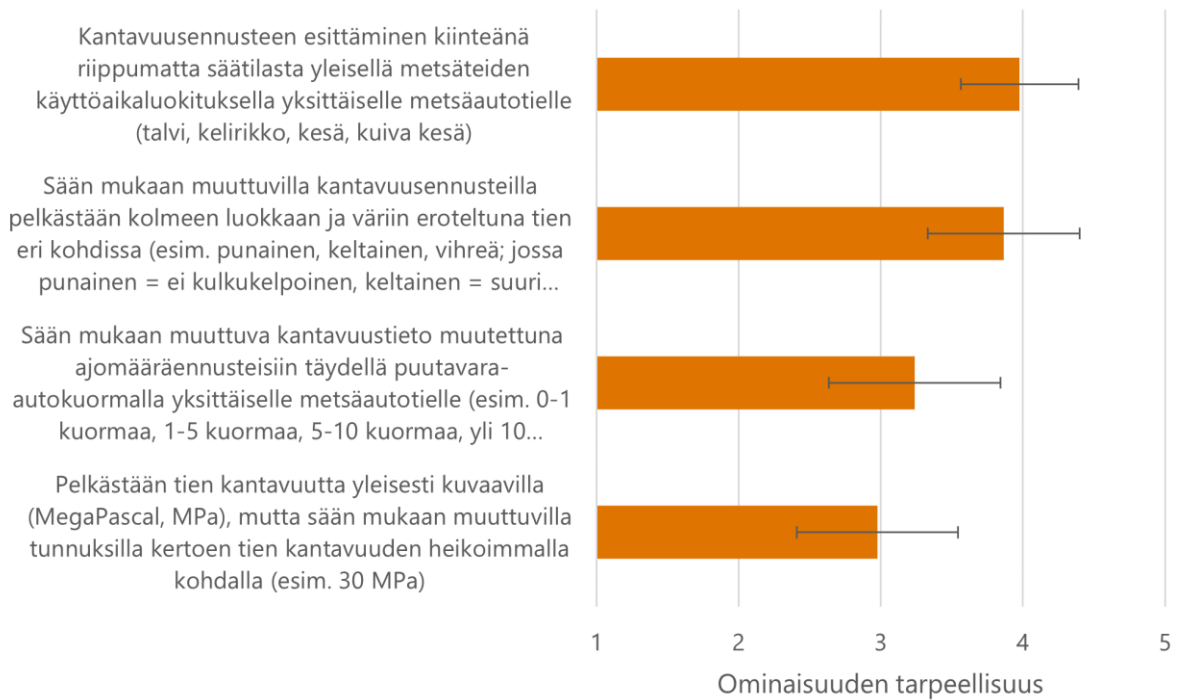
3.2. Tarkan metsätietiedon esittäminen ja hyödyt

Tärkeimpinä esitettävänä metsätietietoina kyselyssä pidettiin ajon estäviä tai rajoittavia siltojen painorajoituksia sekä puomeja ja ajokieltoja. Kolmanneksi tärkeimmäksi metsätietietolajiksi nousi kääntöpaikat luokiteltuina. Muuttuvia painorajoituksia ja kelirikkoajoja pidettiin keskimäärin myös hyvin tärkeinä (kuva 13).



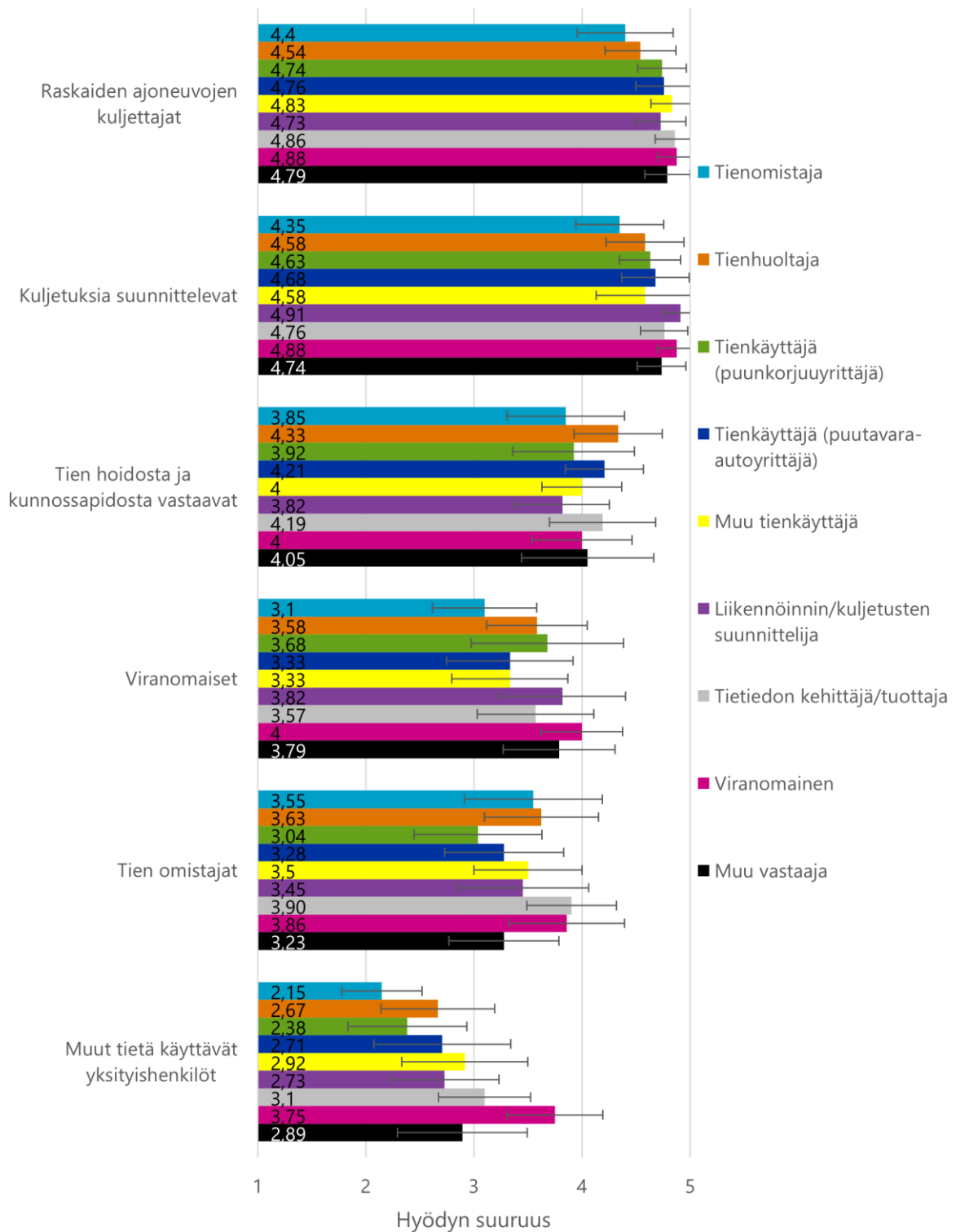
Kuva 13. Vastaajien näkemykset tiedoista, joita voitaisiin esittää karttapohjaisessa metsäautotiesovelluksessa. Käytetty asteikko: 1= Ei lainkaan tärkeä, ..., 5= Erittäin tärkeä. Palkki kuvaa keskiarvoa ja viiva palkin päässä keskihajontaa.

Kyselyssä esitettiin neljä kappaletta erilaisia metsätien kantavuuden esitystapoja (liite 1, kysymys 6). Esitystavoista keskimäärin parhaaksi arvioitiin kantavuuden esittäminen kiinteinä ja monille entuudestaan tutun neljän eri kantavuusluokan (talvi, kelirikko, kesä, kuiva kesä) avulla (kuva 14). Lähes yhtä suosittu oli sään mukaan muuttuvilla kolmella eri kantavuusluokalla toteutettu esitystapa. Huonoimpina pidettiin esitystapoja, joissa kantavuutta kuvattiin täyden puutavara-autoyhdistelmän ajomääräennusteen mukaan esitettynä tai vastaavasti megapascalilla (MPa) kuvattuina kantavuusennusteina. Ajomääriin perustuvaa kantavuusennustetta pidettiin huonona etenkin tilanteissa, jossa samaa tietä käyttävät eri toimijoiden kuljetukset, jolloin tiellä jo tehtyä liikennöintiä ei ole tiedossa. Megapascalilla toteutettua esitystapaa monet vastaajista pitivät vieraana. Megapascalille vaihtoehdoksi esitettiin tonneina ilmaistua kantavuutta, jota pidettiin parempana ja helpommin ymmärrettävänä esitystapana.



Kuva 14. Vastaajien näkemykset erilaisista karttasovelluksen esitustavoista. Käytetty asteikko: 1= Ei lainkaan tarpeellinen, ..., 5=Erittäin tarpeellinen ominaisuus. Palkki kuvaa keskiarvoa ja viiva palkin päässä keskihajontaa.

Tarkasta metsätietiedosta koetaan olevan hyötyä useille metsäteillä tai niiden parissa työskenteleville toimijoille. Tutkimuksen vastaajat pitivät suurimpana hyötyjänä raskaiden ajoneuvojen kuljettajia ja kuljetusten suunnittelijoita. Tien hoidosta ja kunnossapidosta vastaavat olivat myös kolmen suurimman tietiedosta hyötyjäryhmän joukossa vastaajien mielestä. Selvästi vähiten tarkasta metsätietiedosta katsottiin olevan muilla tietä käyttävillä yksityishenkilöillä (Kuva 15).

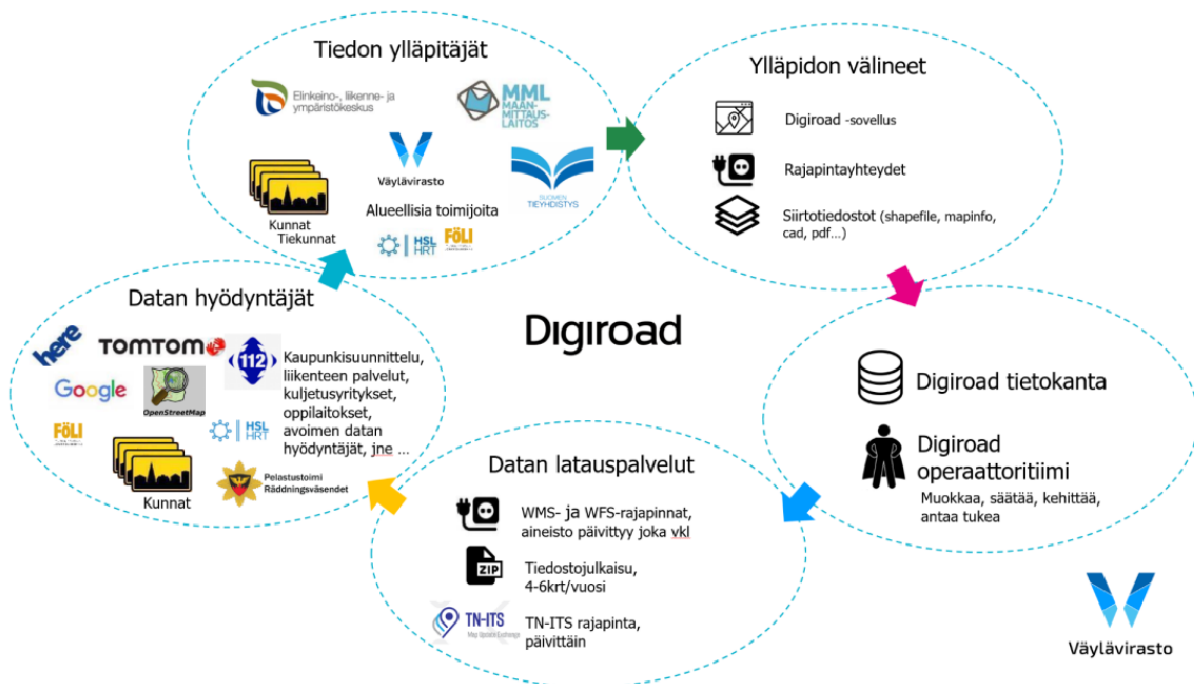


Kuva 15. Vastaajaryhmien näkemykset, kuka hyötyisi eniten tarkemmasta metsätietiedosta. Käytetty asteikko: 1= Ei lainkaan hyötyä, ..., 5= Erittäin paljon hyötyä. Palkki kuvaa keskiarvoa ja viiva palkin päässä keskihajontaa.

3.3. Metsätietiedon keruu, ylläpito ja jakelujärjestelmä

Väylävirasto ja Maanmittauslaitos ylläpitävät yhteistyössä kansallista tie- ja katutietojärjestelmää (Digiroad). Maanmittauslaitos tuottaa järjestelmään tiedot tie- ja katuverkon keskilinjien geometriasta, kun puolestaan Väylävirasto ja muut tienpidosta vastaavat viranomaiset ylläpitävät laajaa joukkoa teihin liittyviä ominaisuustietoja. Maanmittauslaitoksen tuottama geometriatieto on saatavilla myös metsäteille. Geometriatiedon ajantasaisuuden varmistamiseksi on kehitetty SURAVAGE-prosessi, jolla tiesuunnitellun rakentamisvaiheen geometria lisätään osaksi Digiroad-tietoaineistoa. Prosessissa käytetään lähtötietona tie- ja katusuunnitelmia, joiden avulla suunnitellut geometriat liitetään olemassa olevan tie- ja katuverkon geometriaan ja solmukohtiin, jotta ne voidaan integroida lopulliseen tieverkkoaineistoon (Väylävirasto 2023).

Digiroadissa ei ole ennalta valmiina tietoja yksityisteiden rajoituksista tai liikennemerkeistä. Yksityisteiden tiedot saadaan yleensä tiekuntien tai tieosakkaiden ilmoituksista. Tietoja hallinnoidaan kuitenkin Väyläviraston Digiroad-järjestelmässä. Tiekuunnan tai tarvittaessa tieosakkaiden on ilmoitettava yksityistien rajoitustiedot Digiroad-järjestelmään. Tiedon ilmoittaminen on myös edellytys valtion ja kuntien avustusten saamiselle, kuten määritellään yksityistielainsäädännössä (Yksityistielaki 560/2018). Digiroadissa yksityisteiden pohjatietona ovat Maanmittauslaitokselta saatavat tiedot, kuten tien keskilinjageometria, toiminnallinen luokka, liikennevirran suunta, tielinkin tyyppi, sillat, osoitetiedot, päällystetty tie, leveys, esteet ja rautatien tasoristeykset (Väylävirasto 2023).



Kuva 16. Digiroad-aineiston kiertokulku (Väylävirasto 2023).

Tiekunnan tai tieosakkaan ilmoittamat yksityisteitä koskevat rajoitustiedot on integroitu osaksi Digiroadin avointa paikkatietoaineistoa. Tätä aineistoa hyödyntävät esimerkiksi pelastusviranomaiset ja navigaattorivalmistajat. Aineistossa julkaistaan ainoastaan tieto siitä, onko tiekunta tai tieosakas ilmoittanut yksityistien rajoitustiedot järjestelmään. Metsäteho on ollut aktiivinen kehittämään metsäteiden tietosisältöä, ja esimerkiksi käntöpaikat ovat tulossa

aikaisintaan KMTK:aan vuoden 2025 aikana. Suomen metsäkeskus tarjoaa omasta järjestelmästäan kääntöpaikat Digiroadille OGC-standardin mukaisesta WFS-rajapinnasta. KMTK toimii luontevana geometrisen tiedon tallennus- ja jakelukanavana. KMTK on ensisijainen geometriatiedon lähde, jota Digiroad käyttää.

Yksityisteiden olosuhdeaineistolle ei ole omaa järjestelmää. Esimerkiksi Luonnonvarakeskuksen koordinoimassa MEOLO-projektissa metsämaan olosuhdetietojen keräämiselle ja ennustamiselle kehitettiin menetelmiä, joilla puunkorjuun ja metsänhoitotöiden kannalta oleelliset olosuhdetiedot saataisiin tuotettua kustannustehokkaasti (Maa- ja metsätalousministeriö 2019). Vastaavasti TIESIT-hankkeessa on tarkoitus tuottaa staattiset perustiedot (tienleveys, ojien syvyys, urautuneisuus) suurelle osalle koko metsätieverkoston.

Metsäille tuotettavien ominaisuustietojen hallinta vaatii useiden organisaatioiden yhteistyötä ja ajoneuvojen ajotietokoneiden tietojen integrointia. Tällöin tarvitaan useiden tietolähteiden rajapintoja ja sovelluksia, jotka integroivat erilaiset havainnot ja ennustemallit. Järjestelmän kehittämisen kannalta on oleellista, että eri toimijoilla on yhtenäinen käsitys tietokantojen jakelusta ja rajapinnoista. Tällöin voisi olla järkevää luoda metsätietostandardi, jossa määriteltäisiin oleellisten jaettavien tietolähteiden muoto ja formaatti.

4. Metsätietiedon visio ja tiekartta

4.1. Hyödynsaajat ja käyttötapaukset

Uudelle kuljetuskelpoisuustiedolle arvioitiin olevan laaja käyttäjä- ja hyödynsaajajoukko. Metsätietiedosta hyötyviä tahoja on useita ja tarkan tiedon avulla voidaan esimerkiksi saavuttaa kustannussäästöjä, vähentää ympäristöhaittoja sekä lisätä huoltovarmuutta, alueiden elinvoimaisuutta ja turvallisuutta (taulukko 2).

Tärkeimmät tiedon käyttäjät ja siitä hyötyvät tahot koettiin olevan puunkorjuuyrittäjät, puutavaran autokuljetusyrittäjät, metsäteiden kunnostusta ja peruskorjausta tekevät yrittäjät, metsäteollisuuden puunhankinta sekä metsäteiden omistajat ja tiekunnat. Tämän lisäksi hyödynsaajissa on mukana tieviranomaiset, yksityistieavustuksia myöntävät tahot, metsätietietoa kehittävät ja jakavat IT-yritykset sekä muut metsäteitä käyttävät tahot.

Taulukko 2. Tarkan kuljetuskelpoisuustiedon hyödynsaajat, käyttötapaukset sekä suorat ja epäsuorat hyödyt.

Hyödynsaaja	Käyttötapa	Suorat hyödyt	Epäsuorat hyödyt
Metsäteiden käyttäjät (puunkorjuu ja puutavaran autokuljetus)	Leimikoiden ja korjuukaluston parempi ohjaus ja ketjutus. Tienvarsivara- rastojen kuljetusten operatiivinen ohjaus päivitetyn ja tarkemman tiedon turvin	Auttaa puunkorjuun ja puutavaran kaukokuljetusten operatiivisessa suunnittelussa ja ohjauksessa, vähentää kuljetuskustannuksia	Vähentää tienkorjauskuluja, vähentää kaluston kulumista, pienentää polttoaineen kulutusta ja päästöjä, lisää työturvallisuutta, lisää alan veto- ja pitovoimaa
Tien kunnossapito (kunnostus ja hoito)	Tien kunnossapitotoimien parempi ajoittaminen ja kohdentaminen tien huonoimpiin kohtiin	Tehostaa tienhoitoa, helpottaa resurssien kohdentamista	Lisää kysyntää tienhoitopalveluille ja auttaa palveluiden markkinoinnin kohdentamiseen
Tien perusparannus (ja rahoitus)	Perusparannuskohteiden kartoituksen, valinnan ja toimenpiteiden taustatietona	Helpottaa toimenpiteiden ja työn suunnittelua ja siten tuo kustannustehokkuutta	Auttaa rahoituksen priorisoinnissa perusparannuskohteisiin
Metsän- ja metsätienomistajat	Tarkka ja päivittyvä tieto tarjolla kaikille tieosakkaille ja tiekunnalle. Tukee tieomaisuuden hallintaa, toimenpiteiden suunnittelua ja valintaa	Parempi metsätilan saavutettavuus. Tarkempi ja kustannustehokkaampi korjaustarvekartoitus ja toteutus	Korkeampi puun hinta, metsäomaisuuden arvo kasvaa. Tien kunnossa pysyminen, tien rikkoutumisen ehkäisy
Metsäteollisuus	Tarkempi metsätieto tukee puunhankinnan strategista ja taktista suunnittelua ja leimikoiden ohjausta. On tukena myös varastotarpeiden alueellisessa suunnittelussa	Metsäteollisuuden puuhuollon kustannus- ja energiatehokkuus paranee, kausivaihtelu vähenee sekä toimitusvarmuus ja suoratoimitukset metsistä paranevat	Päästöjen alentuminen, vähentää tienkorjauskustannuksia, mahdollistaa pienemmät puskurivarastot ja täten vähentää puutavaran laadun heikkene- mistä. Parempi metsätuho- lainalaisen puutavaran varasto- toinnin ja kuljetusten hallinta.
Yhteiskunta ja muut tienkäyttäjät	Ympärivuotisesti seurattavissa oleva soratieverkko valtion ja kuntien tarjoamille palveluille, metsien harraste-/virikistyskäyttäjille. Tieto tukemaan ja ylläpitämään elinkeinotoimintaa maaseudulla parantamalla keinovalikoimaa liikenneyhteyksien ylläpitämisessä ja parantamisessa	Ympärivuotisesti seurattavissa oleva soratieverkko valtion ja kuntien tarjoamille palveluille, metsien harraste-/virikistyskäyttäjille, elinkeinotoiminnan ja liikenneyhteyksien ylläpitäminen ja parantaminen. Kaikki sorateilla liikkujat voivat tulevaisuudessa liikkua, valita reittejä ja ajoittaa liikkumista paremman tietiedon avulla	Alueiden elinvoimaisuus ja yritystoiminta, aluetasa-arvoinen saavutettavuus, huoltovarmuus, bioenergian saatavuus ja turvallisuus paranee
Energiayhtiöt ja -yritykset	Tarkempi metsätieto tukee energiapuunhankinnan strategista ja taktista suunnittelua ja varastojen ohjausta	Kustannus- ja energiatehokkuus paranee ja toimitusvarmuus paranevat	Päästöjen alentuminen, vähentää tienhuollon kustannuksia, tuo tukea päätöksentekoa
IT-yritykset	Kattavat tietolähteet, täsmällinen ja avoin tieto mahdollistaa uusien ja nykyistä kehittyneempien palvelujen tuottamisen useille eri toimijoille	Tuo uusia työmahdollisuuksia ja projekteja yrityksille	Lisää työllisyyttä, liikevaihtoa ja vientimahdollisuuksia
Tutkimus- ja koulutuslaitokset	Tutkimus- ja kehityshankkeiden tuoksi oleva tietieto auttaa hankkeiden toteutusta, antaa uutta ja tutkittua tietoa koulutukseen	Uutta tietämystä, osaamista ja tietoa-aineistoja tutkimukseen ja opetukseen	Lisää tutkimus- ja kehittämis-työtä, uusia hankkeita ja kasvattaa osaamista
Tieviranomaiset (Väylävirasto, Fintraffic, ELY-keskus, Suomen metsäkeskus)	Päivittyvä tietieto antaa aiempaa parempaa tietoa teiden kunnon seurannassa ja monitoroinnissa. Parantaa paikallisten tiehuoltohankkeiden suunnittelua, sopimussisältöjen laatimista ja toteutusta	Uutta tietoa sorateiden kunnon seurantamenetelmistä	Uusia menetelmiä soratiever- koston kustannustehokkaaseen kunnan arviointiin ja ennustami- seen sekä tienhoidon ja perus- parannuksen suunnitteluun

4.2. Kuljetuskelpoisuustiedon visio 2030

Metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon tavoitetilana on vuonna 2030, että Suomessa metsäteiden reaaliaikaista kuljetuskelpoisuutta kuvaavaa tietoa tuotetaan kattavasti ja jatkuvasti, ja tieto on käyttökelpoisessa muodossa ja saavutettavissa sitä tarvitseville. Tavoittila edellyttää, että kaikista yksityisistä sorateistä on kartoitettu tien peruskuntoa ja -ominaisuuksia kuvaavia tunnuksia, joita voi esittää ja jakaa tietiedon ja tien käyttäjille.

Merkittävimmät kunto- ja ominaisuustunnukset, joita päivitetään järjestelmiin määrävälein, ovat tien kuivatustilanne, tien poikkileikkausprofiili, tien leveys sekä tien urautuminen. Tämän lisäksi tien reuna-alueen kasvillisuustieto tiealueella ja tien lähialueella liittyvät tien liikennöitävyyteen ja kuljetuskelpoisuuteen. Muuttumattomia tien ominaisuustietoja ovat tiekohdan maalaji ja topografiatieto, joista maalajitiedon arvioidaan edelleen tarkentuvan tulevaisuudessa. Tieto eritasoisten metsäteiden geometriasta, ts. mitta- ja paikkatarkkuus, on jo nyt hyvällä tasolla, mutta täydentävää ja päivittyvää tietoa teistä tullaan keräämään, tallentamaan ja jakamaan tiedon käyttäjien tarpeeseen. Siltoihin ja rumpuihin liittyvää paikka- ja ominaisuustieto tarkentuu ja se on tallennettu erilliseen tietokantaan (TIESIT-hanke). Kohtaamispaikat, risteykset, liittymät, kääntopaikat ja niihin liittyvät ominaisuustiedot tarkentuvat ja ne jaetaan Maanmittauslaitoksen tietokantojen ja Väyläviraston Digiroadin kautta eri palvelujärjestelmiin.

Sorateiden dynaamista kuljetuskelpoisuutta ennustetaan sää tiedon sekä tien kunto- ja ominaisuustiedon avulla tiesegmenteittäin lähes reaaliajassa lyhyellä päivitysvälillä. Kuljetuskelpoisuuden ennustemalleilla arvioidaan myös tien kantavuuden tulevaa muutosta seuraaville päiville ja viikoille paikallisen sääennusteen avulla. Sulan maan aikaisessa tien kantavuuden ennustamisessa metsäteiden tiesääasemat ja niiden kalibrointimallit erityyppisille tierakenteille ja kunto- luokille tarjoavat kuljetuskelpoisuuden ennustamiseen ajallista mallikorjausta huomioon ottaen tien ominaisuuksia ja kuntoa. Tavoitetilassa voidaan olettaa, että metsäteiden tiesääasemia on eri puolilla Suomea ominaisuuksiltaan erilaisilla sora- ja metsätiekohteilla.

Kuljetuskelpoisuuden sijaintikohtainen ennustetarkkuus määräytyy kulkemista rajoittavien tekijöiden mukaan. Esimerkiksi kantavuusrajoitteiset sillat esitetään metritarkkuudella. Kääntö- ja kohtaamispaikat ovat paikkatarkkoja myös metritarkkuudella. Dynaaminen kantavuustieto esitetään pienimmillään 50 metrin segmenteissä. Jos tien ominaisuudet ja olosuhteet ovat muuttumattomat, tien kuljetuskelpoisuus voidaan esittää yhtenäisenä niin pitkälle aina siihen kohtaan, missä kuljetuskelpoisuuden tila muuttuu.

Dynaamista kuljetuskelpoisuus- tai kantavuustietoennustetta voidaan luokitella ja esittää edelleen kunkin käyttäjän tarpeiden edellyttämällä tavalla heidän omissa järjestelmissään. Yleisesitystapana voi olla esimerkiksi kolmetasoinen kuljetuskelpoisuuden esitys liikennevä- lovärein tai muilla toisistaan erotettavilla väreillä. Dynaamisuus tarkoittaa tässä sitä, että tiekohteella kuljetuskelpoisuuden luokka voi muuttua esimerkiksi säätilan muuttuessa tai tien kunnostamisen seurauksena. Väreistä esimerkiksi vihreä voisi kertoa hyvästä kuljetuskelpoisuudesta tiekohdalla. Tällä kohdalla voidaan ajaa raskaalla kalustolla ilman tien urautumista. Keltaisella värillä voidaan esittää tiekohdat, joissa raskaalla kalustolla ajaessa aiheutetaan selvää urautumista. Toisaalta kevään pakkas-sulamisjaksojen aikana keltaisella merkityt kohdat mahdollistaisivat liikkumisen pakkasjakson aikana. Punainen väri kertoisi tiekohdan olevan liikennöimiskelvoton raskaalle kalustolle. Silloin tiellä ajaessa aiheutetaan syvää urautumista ja mahdollisesti tierungon pysyvää rikkoutumista (ks. liite 1, kysymys 6). Toisaalta värimaailma

voi olla muukin kuin edellä on esitetty, koska henkilöillä, joilla on punaviherheikkoutta tai sokeutta, värit voivat aiheuttaa isoja haasteita.

Tavoitteena on, että vuonna 2030 metsätietopalvelut ennustavat yksityisille sorateille kelirikon voimakkuutta sekä kestoa ja reaaliaikaisesti päivittävät ennustetta kelirikon edetessä. Ennustemallit antavat ennusteen siitä, millainen kelirikko (runko, pinta) tiekohteella ja sen eri kohdissa on ja milloin kelirikko on poistunut. Lopullinen kelirikon poistuminen päivittyy kuljetuskelpoisuustietoon eri tietolähteitä hyödyntämällä. Näitä lähteitä voivat olla joukkoistettu käyttäjäpalautte, ajoneuvodata ja tiekuntakohtainen tieto kelirikon poistumisesta.

Tien pintakelirikkoa ja nopeaa jäätymis-sulamismuutosta ennustetaan paikallisen säätiedon, topografia- ja kasvillisuustiedon (varjostus) ja tiesääasemista saatavan lisätiedon avulla. Talvenaikainen ennuste tarvitsee talvitienhoidon tiekohtaista päivitystä ja sen käyttöä osana ennusteen tekemistä. Tien talvisen kantavuuden sekä liukkauden ennustamiseen tarvitaan myös joukkoistettua tiedonkeruuta ja ajoneuvotietoa. Ennustetarkkuuden pintakelirikon osalta voi-

Vuonna 2030 Suomessa metsäteiden reaaliaikaista kuljetuskelpoisuutta kuvaavaa tietoa tuotetaan kattavasti ja jatkuvasti, ja tieto on käyttökelpoisessa muodossa ja saavutettavissa sitä tarvitseville.

daan arvioida olevan aluksi karkea ja suuntaa antava. Liukkautta voidaan ennustaa alueellisesti ja sen osalta on tärkeää, että järjestelmät pystyvät päivittämään liukkauden muutoksen tai poistotoimenpiteet tiekohtaisesti.

Merkittävä tien kuljetuskelpoisuuden ennustamistarkkuutta parantava tieto on tiekohteiden historiatiedot tien kunnostuksista ja korjauksista. Tien kerrosmateriaalit ja rakennepaksuudet ovat historiatiedoista tärkeimmät. Kuljetuskelpoisuustieto 2030 sisältää valmiuden hyödyntää tien ominaisuustietoina tien kunnostuksen ja peruskorjauksen historiatietoja (toimenpide ja toteutusajankohta). Lisäksi metsätalouden raskaan kuljetuksen osalta metsätilakohtaisten tien käyttö- ja kulkuoikeuksien esittäminen erityisesti metsäteiden talvihoitoa (auraus) toteuttaville ja puutavara-auton kuljettajille olisi tärkeää.

Teiden kunnossapitotoimet tallentuvat eri toimijoiden järjestelmiin ja ovat käytettävissä rajapintojen kautta tien kuljetuskelpoisuuden päivittämisessä, jolloin kunnostusajankohta ja toimenpide tallentuu metsätietiedoksi. Ideaalisessa ajallisen tiedon tarkkuudessa kuljetuskelpoisuutta ennustavat järjestelmät näyttäisivät myös kunnossapidon etenemisen sijainnin ja tilan suhteen. Peruskorjatuissa sekä niissä kunnostetuissa teissä, joissa tien kulutuskerrosta on muutettu merkittävästi, teistä saadun kuntopäivityksen avulla voidaan päivittää myös kuljetuskelpoisuusennusteita vastaamaan muutoksen jälkeistä tilaa. Tietietojärjestelmät käyttävät apunaan tarjolla olevia tietokantoja teille toteutetuista toimenpiteistä.

Tulevaisuudessa kuljetuskelpoisuuden tekoälypohjaiset ennusteet pystyvät hyödyntämään ajoneuvoista saatavaa tietoa parantaen paikka- ja aikatarkkuutta ennusteissa. Ennustemallien toimivuuden validoimiseksi on määritetty palautteenantotoiminto, joka tukee mallien ennustevirheen seurannassa ja mallikehityksessä.

Tulevaisuuden kuljetuskelpoisuustieto hyödyntää kaikkea sitä avointa ja yksityistä paikkatietoa, joka tuottaa lisätarkkuutta liikennöitävyys- ja kulkukelpoisuusennustemalleihin. Osa lisätiedosta voi olla maksullista ja osa voi olla rajatusti jaettavissa, ja siksi osalle käyttäjistä tarkempi tietieto voi olla maksullista. Vastuut tietojen keruusta, mallien ylläpidosta ja

palveluiden kehityksestä on jaettu selkeästi. Kuljetuskelpoisuusluokituksen palvelukehitys on todennäköisesti yksityisen sektorin vastuulla. Ennustemallikehitystä ja tutkimustyötä tehdään yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa.

4.3. Tiekartta

Metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon tavoitetaan vuonna 2030 pääsemiseksi tarvitaan useita toimenpiteitä. Seuraavassa esitetyissä toimenpiteissä on liittyviä yksityistietiedon palvelualustojen yhteistyöverkoston (YTPA) esittämiin sisältöihin ja siten tulee painottaa, että tuotettava kuljetuskelpoisuustieto on yksi tietolaji yksityisten sorateiden tietolajien joukossa. Kuljetuskelpoisuustiedon palvelualusta tai palvelualustat kokonaisivat erilaisia metsätietietoja ja niistä fuusioituja ja jatkoprosessoituja kuljetuskelpoisuustietoja ja -ennusteita. Tietoja haetaan palvelualustaan erilaisten rajapintojen avulla useista tietolähteistä ja -järjestelmistä. Seuraavassa esityksessä ei kuitenkaan oteta kantaa siihen, mikä lopullinen palvelualusta tulisi olemaan metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedolle. Toimenpiteiden sisällön esitys on yleinen ja painottaa raskaan kuljetuksen vaatimuksia ja tarpeita kuljetuskelpoisuustiedon tutkimus- ja kehitystyössä metsäautoteille.

Tehokas ja ketterä kehitystyö kuljetuskelpoisuustiedon jalkauttamiseksi kentälle edellyttää kaikkien osapuolten sitouttamista ja osallistamista yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi. Toimenpiteiden ja T&K-työn suorittaminen vaatii erillisiä hankkeita ja rahoituksen saamista hankkeille, jotta tavoitetaan päästään.

Toimenpiteet vision saavuttamiseksi voidaan jakaa viiteen eri kokonaisuuteen:

1. T&K-organisaatioiden ja edunsaajien muodostaman työryhmän toiminta kuljetuskelpoisuustiedon kehittämistyön määrittämiseen, koordinointiin ja tiedon jakamiseen.
2. Kuljetuskelpoisuuden mittaamisen ja ennustamisen tietolähteet ja ennustetarkkuuden kehittäminen.
3. Ennustemallien ja karttakäyttöliittymäversioiden pilotit ja soveltuvuustestaukset.
4. Kuljetuskelpoisuustiedon palvelukonseptin määrittely, kaupallistaminen ja liityntä muihin järjestelmiin.
5. Organisaatioiden vastuiden ja velvoitteiden sekä uusien lainsäädäntötarpeiden määrittely.

Kuljetuskelpoisuustiedon kehittämiseksi tarvitaan resursseja ja aihepiiriin liittyvien tahojen muodostama konsortio, jossa on edustus tutkimuslaitoksista, yliopistoista, tieviranomaisorganisaatioista (Suomen metsäkeskus, Väylävirasto, Fintraffic), raskaan kuljetuksen etujärjestöistä (Koneyrittäjät, SKAL), metsäteollisuudesta (puunhankintalogistiikka), IT-yrityksistä, tien omistajista ja rahoittaja- ja viranomaispuolelta. YTPA-yhteistyöverkosto voisi toimia tällaisena työryhmänä, joka kokoontuu puolivuositain tai neljännesvuositain keskustelemaan kehitystyön etenemisestä, T&K-hankkeiden tilasta, koordinoi ja tukee T&K-työtä ja tukee tiedon jakamista kukin omilla kanavillaan. Kaikissa Pohjoismaissa ja Baltiassa painitaan samoissa ongelmissa sorateiden kuljetuskelpoisuudessa, ja siksi Baltia-Pohjoismaat-yhteistyö ja työryhmätyöskentely on tärkeää. Esimerkkinä jo toimivasta työryhmästä voidaan tuoda esille Roads & Transports -työryhmän, joka koostuu kyseisellä alueella toimivista tutkimuslaitoksista ja yliopistoista. Työryhmä kokoontuu neljännesvuositain ja kokoontumisissa jaetaan tietoa mm. metsäteiden tutkimus- ja kehityshankkeista sekä suunnitellaan yhteisiä hankkeita.

Kuljetuskelpoisuuden mittaamisessa ja eri tietolähteiden käytössä on vielä tutkittavaa ja kehitettävää (taulukko 3). Osa tästä tiedosta on toteutettavissa nopeammin ja pienemmällä resursoinnilla kuin toiset. Taulukossa 3 esitetyillä kuljetuskelpoisuustiedoilla on tärkeä yhteys tien kantavuuteen ja rasituskestävyyteen ja siksi tavoiteltavassa ja täydellisessä sään ja vuodenaikojen mukaan muuttuvassa kuljetuskelpoisuustiedossa tulisi olla esitetyt kohdat jaettavissa. Taulukko 3 tuo esille myös niitä osatietoja, jotka voivat rajoittaa/pudottaa tieyhteyden lopullista kuljetuskelpoisuutta, kuten painorajoitettut sillat sekä väliaikaiset tai pysyvät kulku- ja painorajoitukset.

Taulukko 3. Kuljetuskelpoisuustiedon ja sen osatietojen toimenpidetaulukko ja alustava visio tarpeiden prioriteeteista ja tiedon tuottamisen toteutettavuudesta. Käytetyt asteikot: Prioriteetti: 1=Tärkein, ..., 4=Vähiten tärkeä; Toteutettavuus: 1=Helpoin, ..., 4= Vaikein (vaatii tutkimusta).

Aihe	Toimenpide	Mittari	Tavoite	Prioriteetti	Toteutettavuus
Painorajoitettut sillat, kulkurajoitukset	Siltojen ja muiden rajoitusten kartoitus	Sillan kantavuus, painorajoitus	Esittää siltojen painorajoitukset ja muut kulkurajoitukset	1	1
Tien yleiskunto	Metsäteiden kuntotilan kartoitus	Kuntoluokka	Esittää tien staattiset ominaisuustiedot: tien leveys, ojien kunto, urautuneisuus	2	2
Tien kelirikko-luokka	Kelirikon kartoitus	Kelirikko-luokka	Esittää tien kelirikon tilan tieosuuksittain	2	4
Tien dynaaminen kuljetuskelpoisuus	Kantavuusennustemallin kehitys	Kantavuus-luokka	Esittää tien kantavuus dynaamisesti tieosuuksittain	2	4
Tien kelirikkoennuste	Kelirikkoennustemallin kehitys	Kelirikko-luokka	Esittää tien kelirikkoennusteen tieosuuksittain	3	4
Tien talvitiehuollon tilanne	Talvitiehuollon reaaliaikaisen tilan jakaminen	Lumen määrä tiellä	Viimeisin auras aika näkyä järjestelmässä, tai onko tie aurattu lainkaan. Sillä on vaikutusta kelirikon asteeseen ja pituuteen	2	3
Tien hoito- ja kunnostustoimenpiteet	Hoito- ja kunnostustoimenpiteiden jakaminen järjestelmään	Hoitotoimenpide ja aika	Hoito- ja kunnostustoimet ilmoitetaan järjestelmään	2	4

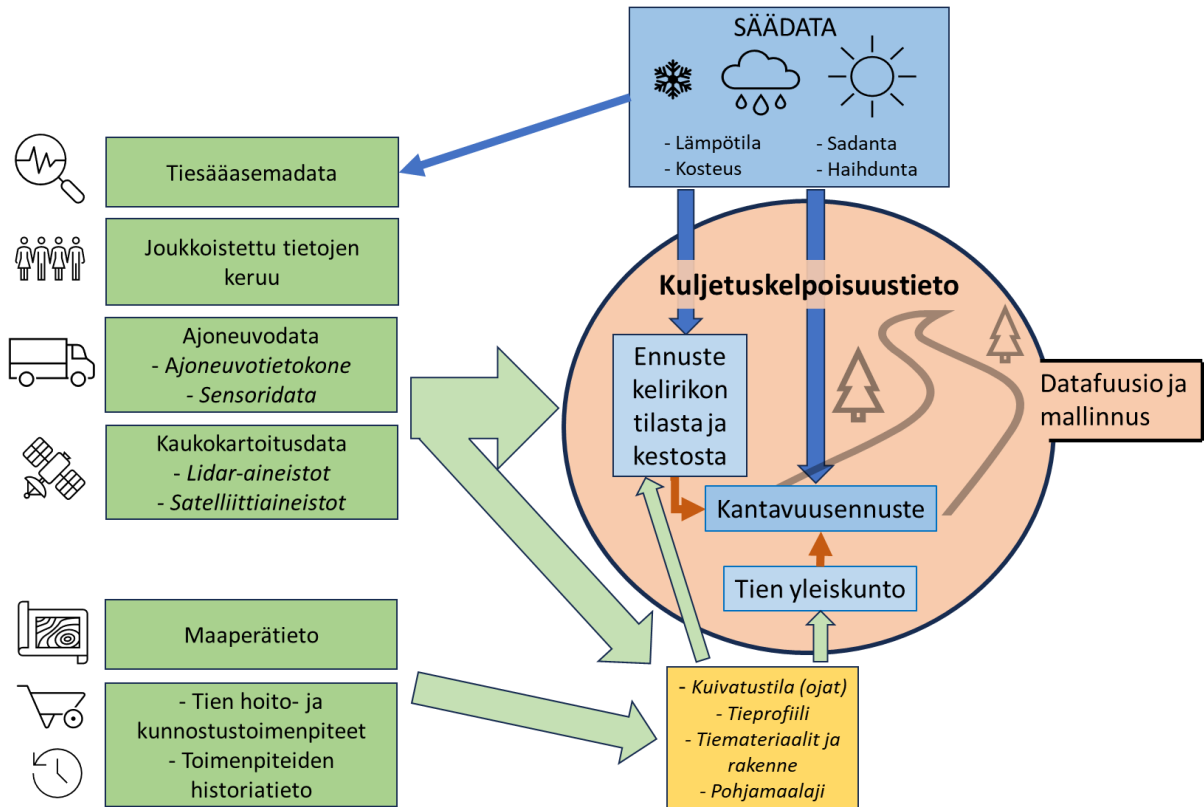
Soratien kantavuusmittausten yhteismitallistaminen on tärkeä toimenpide. Nykyisille puutavara-autojen kokonaisuksille ei ole tehty ns. kuormitustestejä, jossa selvitetään eri kantavuusmittalaitteiden mittausrvojen ja tien kuormituskestävyyden välistä yhteyttä. Metsäteiden kuormitustestit tarjoavat puuttuvaa tietoa tien kantavuutta mittaavien laitteiden mittaustulosten vastaavuudesta kuntotasoltaan erilaisten metsäteiden kuljetuskelpoisuuteen 76-tonnisella puutavara-autoyhdistelmällä ajettaessa. Olennaista on myös kerätä laajasti tien kantavuusmittatietoa pääasiassa eri kokoluokan pudotuspainolaitteilla (tavanomainen pudotuspainolaite, kuten KUAB-laite ja kevyt pudotuspainolaite, kuten Zorn-laite) ja yhdistää tieto ajankohtaan, paikkaan ja tien ominaisuuksiin. Kantavuusmittalaitteiden yhteistestaukset tuottavat aineiston ja korjausmallit, joiden avulla voidaan yhteismitallistaa mittalaitteiden mittausrvot ja siten

määrittää myös kevyille kantavuusmittalaitteille käyttöalueet, ennustetarkkuudet ja tieluokka-kohtaiset raja-arvot kantavuuden ja kuljetuskelpoisuuden määrittämisessä raskaalle kalustolle.

Uusia kaukokartoitusmenetelmiä ja aineistoja jo tutkittujen tieparametrien mittaamiseen selvitetään jatkohankkeissa. Erityinen kiinnostuksen kohde on Maanmittauslaitoksen pilotissa testattu 20 pistettä per neliometri -tarkkuudella kerätty laserkeilausaineisto ja sen tuomat hyödyt tieominaisuuksien kartoittamiseksi kuljetuskelpoisuuden näkökulmasta.

Automaattiset tiesääasemat tukevat kantavuuden ennustamisessa parantaen ennustetarkkuutta ja tuoden lisää aineistoa muuttuvien sääjaksojen vaikutuksista kuljetuskelpoisuuteen. Siksi tarvitaan kattava tiesääasemaverkosto Suomeen. Uusien tiesääasemien perustamisessa otetaan huomioon se, että ne edustavat laajemmin eri ilmastoalueita, mikroilmastoja, tieluokkia ja maalajeja. Maaperän ja maalajien tarkempaan tunnistamiseen tiekohteilla kaivataan uutta aineistoa ja olemassa olevien aineistojen yhteiskäyttöä. Ajoneuvoista kerätty aika- ja paikkatarkkaa tietoa tutkitaan yhteishankkeissa, joissa voidaan osoittaa ajotietokoneen parametrien arvojen ennustepotentiaalia kantavuuden tunnistamisessa. Älyrenkaista tallentuva tieto on osa ajoneuvotietoa ja sen laajempi selvittäminen kuuluu toimenpiteisiin. Potentiaali on jo todettu viimeisimmissä hanketesteissä. Kantavuuden ennustemallien tutkimus- ja kehitystyö on olennainen toimenpide, jotta saamme ennusteista luotettavia ja käyttökelpoisia.

Edellisissä toimenpiteissä tuotettuja metsäteiden kantavuutta ja kuljetuskelpoisuutta ennustavia malleja tulee validoida aika-ajoin sekä objektiivisilla tiemittauksilla että käyttäjäkokeiluilla ja palautteenannolla. Mallikehityksen rinnalla testataan ja pilotoidaan kantavuustiedon esittämistä metsäautotiellä liikkuville sekä tien käyttöä ja kunnostustoimenpiteitä suunnitteleville karttasovelluksella. Käyttäjäpalautteen myötä saadaan arvokasta tietoa myös mallien jatkokehitykselle. Mallien validoinnit ja karttasovelluspilotoinnit ja jatkokehitys on tehokkainta toteuttaa useamman toimijan yhteishankkeessa. Perusrakenteessa kuljetuskelpoisuustieto muodostuu staattisesta ja dynaamisista tiedoista. Syötetietojen ja mallinnuksen avulla tuotetaan kuljetuskelpoisuustietoa eli arvioita ja ennusteita tien yleiskunnosta, kelirikon tilasta ja kestosta ja tien kantavuudesta (Kuva 17).



Kuva 17. Kuljetuskelpoisuustiedon muodostuminen eri tietolajeista, tietojen yhteiskäytöstä ja mallinnuksesta.

Kuljetuskelpoisuustiedon palvelukonseptin määrittely ja liityntä muihin järjestelmiin on olennainen toimenpide, jotta tietoa voidaan tehokkaasti ja ketterästi hyödyntää ja jakaa sitä käytäviin järjestelmiin. Tätä toimenpidettä voi koordinoida metsäteiden kuljetuskelpoisuus-työryhmä tai erillinen T&K-hanke. Toimenpiteessä laaditaan tiedon tekninen ja toiminnallinen määrittely siten, että tiedon toteutus on mahdollista suunnitella ja sen mukaan toteuttaa. Dynaamisen kuljetuskelpoisuustiedon taustalla olevat tiedot ja tietolähteet ovat avoimia, mutta osa tiedoista voi olla rajatusti jaettavia, maksullisia ja siten sellainen kuljetuskelpoisuustieto on rajatumminkin käytettävissä. Näin ollen kuljetuskelpoisuustietoa on tulevaisuudessa tarjolla eri tasoina ja tarkkuuksina.

Metsätietiedoille tulee määrittää yhteiset standardit ja standardointimekanismi, jotta metsäsektorin toimijat voisivat kehittää ja käyttää yhteen toimivia tietojärjestelmiä. Metsäalan arvoketjussa on lukuisia rinnakkaisia ja peräkkäisiä toimijoita, jotka toimenpiteitä suunnitellessaan ja toteuttaessaan joutuvat vaihtamaan tietoja keskenään. Tavoitteena on, että tien kunto- ja liikennöitävyyystietojen standardointityössä tuotetaan alan toimijoiden käyttöön valmis skeemamäärittely (esimerkiksi JSON tai XML), jota hyödynnetään tietojärjestelmissä. JSON/XML-skeemat ovat yleisesti käytettyjä tapoja kuvata tietojärjestelmässä olevaa tietoa. Tavoitteena on, että yhteistyössä valmisteltuja skeemamäärittelyjä käyttämällä eri toimijoiden tietojärjestelmät voivat tarvittaessa käyttää samoja lähtötietoja sekä vaihtaa tietoja keskenään. Standardointityöllä vältetään sekaannuksia ja nopeutetaan käyttäjäsovellusten tekoa.

Lopullisen kuljetuskelpoisuustiedon ja siihen liittyvien johdannaistietojen keruuseen, ylläpitoon ja jakamiseen vaaditaan vastuutahot, rahoitus ja sopimukset yhteistyökumppaneiden kanssa (taulukko 4). Esimerkiksi tiesääasemien perustaminen, ylläpito sekä tiedon keruu,

hallinta ja jakaminen on uusi toimintakokonaisuus, joka tarvitsee vastuutahot. Merkittäviä tiedon hyödyntäjiä ovat luonnollisesti metsäteollisuuden puunhankinta ja siihen liittyvät toimijat. Hyödyntämisen lisäksi heillä on rooli tiedon ylläpidossa. Esimerkkeinä jo olemassa olevista palveluista on puunkorjuuseen toteutettu avoin tieto korjuukelpoisuudesta, joka on saatavilla Suomen metsäkeskuksen rajapinnan kautta ilmaiseksi eri toimijoille. Toisena esimerkkinä puuta myyvien ja ostavien organisaatioiden yhteistyöstä ovat Suomen Puukauppa Oy:n (2024) ylläpitämä avoin sähköinen puukauppapaikka (Kuutio.fi). Kuljetuskelpoisuustiedon ylläpitovastuut kuuluvat osaltaan viranomaisille, julkisrahoitteisille laitoksille ja/tai kaupallisille toimijoille. Tärkeänä toimenpiteenä on määritellä lainsäädännöllisesti vastuut eri organisaatioille.

Taulukko 4. Toimenpidetaulukko ja alustava visio metsätietiedon potentiaalisesta keruu-, ylläpito- ja jakeluvastuista. Taulukossa on mainittu organisaatioita, joilla olisi riittävä tietotaito, järjestelmät ja liiketoimintamallit, jotka tukevat eri aihealueiden tietojen keräämistä, ylläpitoa ja jakamista.

Aihe	Potentiaalinen tiedonkeruutaho	Potentiaalinen ylläpitovastuu	Potentiaalinen jakeluvastuu
Painorajoitetut sillat	Tiekunnat/kunnat/Suomen metsäkeskus/ulkoistus	Digiroad	Suomen metsäkeskus
Tien yleiskunto	Suomen metsäkeskus/ulkoistus	Käyttäjä/Suomen metsäkeskus/urakoitsija	Tienhoito.fi
Tien kelirikko-luokka	Ilmatieteen laitos/Suomen metsäkeskus/ulkoistus	Ilmatieteen laitos/käyttäjä	Oma ulkoistettu järjestelmä/Ilmatieteen laitos/Luke
Tien dynaaminen kantavuus	Ilmatieteen laitos/Suomen metsäkeskus/ulkoistus/Luke	Ilmatieteen laitos/käyttäjä/Luke/ulkoistus	Oma ulkoistettu järjestelmä/Ilmatieteen laitos/Luke
Tien kelirikkoennuste	Ilmatieteen laitos/Suomen metsäkeskus/ulkoistus/Luke	Ilmatieteen laitos/käyttäjä/Luke	Oma ulkoistettu järjestelmä/Ilmatieteen laitos/Luke
Tien auraustilanne	Aurausurakoitsija	Aurausurakoitsija/käyttäjä	Oma ulkoistettu palvelu/Fintraffic
Peruskunnostus ja tienhoito	Tienhoitaja/kunnostaja/tiekunta/Suomen metsäkeskus	Suomen metsäkeskus/urakoitsija/käyttäjä	Fintrafficin Digitraffic

5. Johtopäätökset

Metsäautotieverkostolla on keskeinen rooli Suomessa niin taloudellisessa kuin sosiaalisessakin merkityksessä. Lähes jokainen suomalainen on vähintäänkin välillisesti tekemisissä yksityistieverkoston kanssa. Alemman tieverkoston kunnosta ollaan huolissaan valtakunnallisesti. Tieverkoston ylläpitäminen vaatii resursseja sekä pääomaa, joka on osoittautunut puutteelliseksi usein yksityisteiden kunnossapidossa. Tien kunnostamiseen investoimista saatetaan pitää tarpeettomana ja kunnossa olevan tien hyötyjä ei useinkaan tunnusteta ennen kuin tien käytölle on tarvetta. Tien ylläpitokustannuksia voidaan selvästi pienentää ajoittamalla tien hoito- ja kunnostustoimenpiteet oikein. Ennen toimenpiteisiin ryhtymistä tulisi tunnistaa, millainen tien kunto on ja mitkä kohdat vaativat ensisijaisesti toimenpiteitä. Mikäli teiden kunnostukseen ei aiota panostaa, päädytään ajoittamaan tiellä kulkeminen usein sellaiseen ajankohtaan, jolloin kuljetus voidaan suorittaa.

Pysyvää eli staattista tietietoa on nykyään jo melko paljon saatavilla ylempiasteiselta tieverkolta. Pysyvää tietoa on olemassa myös alemmalta tieverkolta, mutta nykyisinkään käytettävissä olevaa tietietoa ei ole metsäautoteille aivan täysin hyödynnetty. Kaukokartoitusdata on kehittynyt ja sitä on saatavilla runsaasti jo nykyään. Kaukokartoitusaineistosta saadaan tehokkaasti tietoa suurilta alueilta. Myös ajoneuvot tuottavat runsaasti dataa omiin järjestelmiinsä. Tästä datasta saadaan myös runsaasti tietoa teiltä, joissa ajoneuvolla on ajettu. Tietoa yksityisteiden pysyvistä ominaisuuksista on koottu jo kattavasti eri tietojärjestelmiin. Kantavuusmittauksia suoritetaan yksityisteillä esimerkiksi kunnostustöiden kohdentamiseksi ja tavoitekantavuuden varmistamiseksi. Sääennusteita tuotetaan jo melko hyvällä varmuudella useamman päivän päähän. Metsätietiedon keruun joukkoistamisella on myös potentiaalia, sillä tehdyn tutkimuksen pohjalta moni tienkäyttäjä olisi valmis päivittämään tietiedon ajantasaiseksi. Kaikkea tätä dataa ei ole vielä kyetty yhdistämään. Eri tietolähteitä yhdistelemällä voitaisiin saada luotettavaa tietoa tien kunnosta ja olosuhteista. Tämän lisäksi tulisi vielä kehittää helpokäyttöisiä käyttöliittymiä, jotta tietoja todella hyödynnettäisiin tiellä kulkemisessa tai kunnostustöiden suunnittelussa.

Tiedon käytettävyyden kannalta olennaista olisi tiedon esittäminen käyttäjäystävällisessä ja helpokäyttöisessä muodossa. Tiedon tulisi olla helposti saatavilla laitteissa, joita metsätien käyttäjällä on käytössä muutoinkin ilman, että tiedon hankkiminen kuluttaa tehokasta työkentelyaikaa. Tiedon käytettävyyden kannalta olennaista onkin tiedon tarkkuus ja paikkansa-pitävyys. Tiedon paikkatarkkuus täytyy sovittaa käyttötarpeen mukaiseksi. Metsäautotiellä kulkemista suunnittelevalle on tärkeää tietää, kestäkö tie ajoneuvon esimerkiksi koko metsäautotiematkan tienvarsivarastolle ja sieltä takaisin. Tien kunnostuksia suunnittelevalle tai toteuttavalle tarkempi ja yksityiskohtaisempi tieto olisi tarpeen. Erittäin tärkeää on, että tieto on luotettavaa. Mikäli tiedoissa on runsaasti virheitä, ja ennusteiden osumatarkkuudet ovat heikkoja, tietiedosta ei ole juurikaan apua – varsinkin jos aiemmin käytetyt tietiedon hankkimiskanavat osoittautuvat luotettavammiksi sekä helpokäyttöisemmiksi. On luonnollista, että uudet teknologiat kohtaavat vastustusta ja epäluuloja. Uudet järjestelmät vaativat usein paljon kehitystyötä vielä niiden käyttöönoton jälkeenkin. Moni meistä on luonnostaan muutosvastainen ja uudet teknologiat aiheuttavat usein aluksi epäluottamusta. Järjestelmien kehittyessä ja tiedon luotettavuuden ja tarkkuuden parantuessa käyttäjät kuitenkin havaitsevat teknologian tarjoamat hyödyt.

Tiestötiedon digitalisoimiseksi on tehty useita hankkeita. Kuitenkaan ei ole pystytty luomaan vielä sellaista yhtenäistä valtakunnallista alustaa, joka olisi käyttökelpoinen kaikille palveluiden tuottajille esimerkiksi tien hoidon ja kunnostuksen ja liikennöimisen sekä tiellä liikkumisen suunnittelun avuksi rakennettavien karttajärjestelmien luomiseksi. Nykyteknologia antaa edellytykset luoda käyttökelpoinen tietiedon jakelualusta, mikäli kaikki, tai ainakin valtaosa käytävissä oleva tieto saataisiin yhdistettyä ja tuotettua palveluita loppukäyttäjälle käytettävään muotoon. Metsätietiedon tutkimusta on tehty eri organisaatioiden toimesta, joissa on vahvaa osaamista ja menetelmiä tehokkaaseen metsätietiedon keräämiseen.

Raporttiin avatussa tavoitetilassa vuonna 2030 Suomessa metsäteiden reaaliaikaista kuljetuskelpoisuutta kuvaavaa tietoa tuotetaan kattavasti ja jatkuvasti, ja tieto on käyttökelpoisessa muodossa ja saavutettavissa sitä tarvitseville. Yhteistyöllä, riittävällä rahoituksella ja tietotaidon avulla on mahdollista päästä raportissa esitettyyn metsäteiden kuljetuskelpoisuustiedon tavoitetilaan.

Viitteet

- Aho, S., Saarenketo, T. & Kolisoja, P. 2005. Kelirikkokorjausten suunnittelu ja rakentaminen. Tiehallinnon selvityksiä 64/2005. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/-139292/4496tie.pdf?sequence=1>
- Ala-Kutsi, S. 2023. Puutavara-autotilastot 2022 - myynti piristyi. Metsätrens 21.02.2023. <https://metsatrans.com/artikkeli/3845/puutavara-autotilastot-2022-myynti-piristyi>
- Anttila, P. & Savinainen, M. 2023. Metsäteiden pitkäaikaisseurantakohteet. Take me home country road -hankkeen loppuwebinaari 19.12.2023. <https://www.luke.fi/fi/documents/metsateiden-pitkaaikaisseurantakohteet-perttu-anttila-ja-matti-savinainen-luke>
- Belt, J., Lämsä, V.P., Savolainen, M. & Ehrola, E. 2002. Tierakenteen vaurioituminen ja tiestön kunto. Tiehallinnon selvityksiä 15/2002. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/-10024/139074/4276tie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cohen, J., Rautiainen, K., Ikonen, J., Lemmetyinen, J., Smolander, T., Vehviläinen, J. & Pulliainen, J. 2018. A Modeling-Based Approach for Soil Frost Detection in the Northern Boreal Forest Region With C-Band SAR. IEEE Transactions on and Remote Sensing 57(2): 1069–1083. doi: 10.1109/TGRS.2018.2864635
- E3 Innovations 2023. E3 Innovations -verkkosivut. <https://e3inno.fi/tuotteet-2/>
- Fintraffic 2023. Fintraffic-verkkosivut. <https://www.digitraffic.fi/tieliikenne/>
- Fintraffic 2024. Liikenteen dataekosysteemi. <https://www.fintraffic.fi/fi/liikenteenekosysteemi>
- Fjeld, D., Persson, M., Fransson, J.E.S, Bjerketvedt, J. & Bråthen, M. 2024. Modelling forest road trafficability with satellite-based soil moisture variables. International Journal of Forest Engineering 35(1): 93–104. <https://doi.org/10.1080/14942119.2023.2276628>
- Gregow, H., Ruosteenoja, K., Juga, I., Näsman, S., Mäkelä, M., Laapas, M. & Jylhä, K. 2011. Luometoman maan routaolujen mallintaminen ja ennustettavuus muuttuvassa ilmassa. Ilmatieteen laitos, Raportteja 2011:5. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/f58d0a98-3ca1-414d-8f73-d64e988ab10a/content>
- Greis, I., Perälä, M., Perälä, T. & Teppo, M. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset metsäteiden kunnossapitoon, työopas. Tapion julkaisuja. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon-suositukset-metsateiden-kunnossapitoon-TAPIO-2019.pdf>
- GTK 2024. GTK-verkkosivut. <https://www.gtk.fi/palvelut/aineistot-ja-verkkopalvelut/>
- Haapalainen, M. & Penttilä, M. 2024. Tutkimustuloksia LEVITOI-hankkeesta: Älyrenkaan mahdollisuudet ajoalustan ominaisuuksien tunnistamisessa. Tietietofoorumi – kohti ajantasaista tietietoa. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Nokian-renkaat-170424.pdf>

- Hawzheen, K. 2020. Digitaliserat vinterväglagsinformation – förutsättningar för framtidens hållbara resande är här. <https://www.linkedin.com/pulse/digitaliserat-vinterv%C3-%A4glagsinformation-f%C3%B6r-framtidens-hawzheen-karim/>
- Honkavaara, E., Markelin, L. & Nurminen, K. 2011. Digitaalinen ilmakekuus ja sen mahdollisuudet. The Photogrammetric Journal of Finland 22(3): 68–81. https://foto.aalto.fi/seura/julkaisut/pjf/pjf_e/2011/PJF2011_3_Honkavaara_et_al.pdf-Hämäläinen_2010
- Hämäläinen, E. 2012. Yksitystien kunnossapito kunnossapitotöiden suunnittelun ja toteuttamisen perusteet. Suomen Tieyhdistys ry. <https://www.tieyhdistys.fi/site/as-sets/files/1366/ytienkunnositoss.pdf>
- Hämäläinen, E. & Taura, T. 2024. Yksitysteiden parantaminen: Suunnittelun ja toteuttamisen perusteet. Suomen Tieyhdistys ry. ISBN 978-952-68313-4-3.
- Ilmatieteen laitos 2018. CLIPS-hankkeen verkkosivut. <http://clips.fmi.fi>
- Ilmatieteen laitos 2021. Tiesäämalli 10.9.2021. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiesäämalli>
- Juntunen, E. 2021. Puunkuljetusyritysten tarpeet tiedatan kehittämiseksi. Metsätieteiden kandidaatintutkielma, Itä-Suomen yliopisto.
- Juurinen, J. & Hakala, S. 2023. Metsäteiden kuljetuskelpoisuuden huomiointi osana kannattavaa metsätaloutta. Opinnäytetyö, Karelia ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023052413912>
- Kaakkurivaara, T. 2018. Innovative methods for measuring and improving the bearing capacity of forest roads. Dissertationes Forestales 251. <https://doi.org/10.14214/df.251>
- Kaakkurivaara, T., Vuorimies, N., Kolisoja, P. & Uusitalo, J. 2015. Applicability of portable tools in assessing the bearing capacity of forest roads. Silva Fennica 49(2), article id 1239. <https://doi.org/10.14214/sf.1239>
- Kailio, A. 2018. Posti ryhtyy tarkkailemaan teiden kuntoa Vaisalan konenäöllä - "Vaisala haastaa reaaliaikaisesti Googlen Street View -palvelun". Tekniikka & Talous 29.6.2018. https://www.tekniikkatalous.fi/talous_uutiset/liikenne/posti-ryhtyy-tarkkailemaan-teiden-kuntoa-vaisalan-konenaolla-vaisala-haastaa-reaaliaikaisesti-googlenstreet-view-palvelun-6731575?utm_source=Teta_Aamukirje&utm_medium=email&utm_campaign=Teta_Aamukirje
- Kalliolaakso, J. 2021. Väyläviraston Velho-järjestelmä, Ajankohtaiskatsaus. KEHTO-foorumi 18.3.2021. Väylävirasto. https://kuntatekniikka.fi/wp-content/uploads/sites/2/2021/04/KEHTO_Kalliolaakso-Jaana_V%C3%A4yl%C3%A4viraston-Velho-j%C3%A4rjestelm%C3%A4n-tilannekatsaus_180321.pdf
- Karelia CBC 2020. Access2Forest-hankkeen verkkosivut. <https://kareliacbc.fi/en/projects/access2forest-ka8041#home>
- Karjalainen, V. 2019. Metsäteiden kuljetuskelpoisuuteen vaikuttavat tien sekä ympäristön ominaisuudet. Metsätieteen pro gradu, Itä-Suomen yliopisto.

- Kieloaho, A.-J., Suur-Askola, L. & Sarvamaa, P. 2023. Metsätie-hub ja Luken tietovarannot. Take me home country road -hankkeen loppuwebinaari 19.12.2023. <https://www.luke.fi/fi/documents/metsatiehub-demo-anttijussi-kieloaho-ja-kari-vaatainen-luke>
- Kiss, K., Malinen, J. & Tokola, T. 2015. Forest road quality control using ALS data. Canadian Journal of Forest Research 45(11): 1636–1642. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0067>
- Kiss, K., Malinen, J. & Tokola, T. 2016. Comparison of high and low density airborne LIDAR data for forest road quality assessment. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences III-8: 167–172. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-III-8-167-2016>
- Kostensalo, J. 2023. Tiesäädädata ja kantavuuden dynaaminen mallinnus. Take me home country road -hankkeen loppuwebinaariesitys, Luonnonvarakeskus. <https://www.luke.fi/fi/documents/tiesaadata-ja-kantavuuden-dynaaminen-mallinnus-joel-kostensalo-luke>
- Kotimäki, H. 1991. Tierakenteen kantavuusvaihtelu ja laskennalliset kantavuudet. Tielaitoksen selvityksiä 25/1991. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/138365/3556tie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kärhä, K. & Rantala, T. 2022. The Biggest Bottlenecks and the Most Potential Development Measures in Long-distance Road Transport of Industrial Roundwood in Finland. Teoksessa: Chung, W., Kanzian, C. & McNeary, P. (toim.). Proceedings of the Joint 44th Annual Meeting of Council on Forest Engineering (COFE), the 54th International Symposium on Forest Mechanization (FORMEC), and 2022 IUFRO All-Division 3 Meeting; One Big Family – Shaping Our Future Together, October 4-7, 2022, Corvallis, Oregon, USA. s. 74. https://www.formec.org/images/proceedings/2022/Proceedings_COFE-FORMEC-IUFRO_2022.pdf
- Kärhä, K., Tamminen, T., Leinonen, T. & Suvinen, A. 2017. Reducing seasonality in wood harvesting operations in Finland. Teoksessa: Hoen, H.F. & Glosli, C. (toim.). Proceedings from joint seminar arranged by NB-NORD and NOFOBE, Lappeenranta, Finland, June, 2017. Scandinavian Forest Economics 47: 41. <https://nordicforestresearch.org/wp-content/uploads/2018/03/Proceedings-2017.pdf>
- Laki kiinteistötietojärjestelmästä ja siitä tuotettavasta tietopalvelusta (31.5.2002/453). <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020453>
- Laki Suomen metsäkeskuksen metsätietojärjestelmästä (6.5.2011/419). <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110419>
- Lammi, M. 2020. Metsäteiden merkitys ja kunto Suomessa. Kevyiden kantavuusmittalaitteiden käytettävyys metsäteiden kunnon arvioinnissa. Diplomityö, Tampereen yliopisto. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/123853/LammiMika.pdf?sequence=2>
- Lehtonen, I., Venäläinen, A., Kämäräinen, M., Asikainen, A., Laitila, J., Anttila, P. & Peltola, H. 2019. Projected decrease in wintertime bearing capacity on different forest and soil types in Finland under a warming climate. Hydrology and Earth System Sciences 23(3): 1611–1631. <https://doi.org/10.5194/hess-23-1611-2019>

- Leppänen, V. 2022. Keilaamalla yksityisteiden kunto selville. Esitys tietetofoorumissa 22.3.2022. Arbonaut Oy. https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/-Keilaustieto_Leppanen.pdf
- Luonnonvarakeskus 2023. Metsäteollisuuden puunkäyttö 2022. Luonnonvarakeskus, Tilasto 27.4.2023. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/puun-kaytto/metsateollisuuden-puunkaytto-2022>
- Maa- ja metsätalousministeriö 2019. Metsäoperaatioiden tehostaminen ja laadun parantaminen olosuhdetiedon hyödyntämisen avulla – MEOLO-hankkeen loppuraportti. <https://mmm.fi/documents/1410837/14042305/Mets%C3%A4operaatioiden+tehostaminen+ja+laadun+parantaminen+olosuhdetiedon+hy%C3%B6dynt%C3%A4misen+avulla+loppuraportti.pdf/2c1808aa-ab8a-1ca8-1050-4a319bc7b7c3/Mets%C3%A4operaatioiden+tehostaminen+ja+laadun+parantaminen+olosuhdetiedon+hy%C3%B6dynt%C3%A4misen+avulla+loppuraportti.pdf?t=1560330174000>
- Maanmittauslaitos 2023a. Maastotietokanta. Maanmittauslaitoksen verkkosivut. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantunnevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/maastotietokanta-0>
- Maanmittauslaitos 2023b. Laserkeilaus ja ilmakuvaus. Maanmittauslaitoksen verkkosivut. <https://www.maanmittauslaitos.fi/laserkeilaus-ja-ilmakuvaus>
- Malinen, J., Nousiainen, V., Palojärvi, K. & Palander, T. 2014. Prospects and Challenges of Timber Trucking in a Changing Operational Environment in Finland. Croatian Journal of Forest Engineering 35(1): 91–100.
- Metsäteho 2001. Metsätehon Metsätieohjeisto. <https://www.metsateho.fi/metsatieohjeisto/>
- Metsäteho. 2024. Yksityistietiedon palvelualustat (YTPA) -sivut. <https://www.metsateho.fi/ytpa/>
- Miettinen, J. 2018. Ilmatieteen laitoksen Janne Miettisen pitämä esitys Tietetofoorumissa 27.9.2018. <https://www.slideshare.net/Metsakeskus/ilmatieteen-laitoksen-ties-ja-olosuhdetieto>
- Nira Dynamics 2023. Nira Dynamics -yrityksen verkkosivut. <https://niradynamics.se/about-nira-2/>
- Niskanen, A. 2017. Sensing the tyre-road contact by intelligent tyre. Aalto University Publication Series Doctoral Dissertations 129/2017. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-7517-4>
- Niskanen, P., Pirnes, V., Pekkala, V., Rasi-Koskinen, H., Tuutijärvi, M.-T., Jokinen, K., Sukuvaara, T., Karsisto, V. & Mäenpää, K. 2024. Winter Premium loppuraportti. Oulun yliopisto, Konetekniikka, Raportti 13/2024. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-202403152264>
- Nisula, K. 2019. Metsäteiden kunnan määrittäminen avoimen paikkatietoaineiston avulla. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto. <https://helda.helsinki.fi/items/64a9a55e-219c-4260-a4e6-f2e5f8e0b531>

- Nurmi, A. & Jaakola, I. 2023. Routa Metsähallitus. Esitys tietietofoorumilla – kohti ajantasaista tietietoa 15.2.2023. https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Routa-jarjtelma_Ilkka-Jaakola.pdf
- Oinonen, S. & Damski, J. 2010. Selvitys Ilmatieteen laitoksen ja Liikenneviraston yhteistyöstä: Loppuraportti 6.12.2010. Liikennevirasto. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121520/lr_2010_978-952-255-586-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pisto, T. 2019. Rakennettujen ja perusparannettujen metsäteiden kantavuuteen liittyvät laadulliset poikkeamat. Opinnäytetyö, Oulun ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/169742/Pisto_Timo.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Päivinen, R., Rajala, P.T. & Schneider, H. 2022. Metsäpolitiikkafoorumi. Metsälogistiikka. Loppuraportti, Tapio Oy. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2022/02/Metsalogistiikka_Metsapolitiikkafoorumi_loppuraportti10022022-1.pdf
- Roadcloud 2023. Roadcloud-yrityksen verkkosivut. <https://roadcloud.com/fi/>
- Roadscanners 2020. 20-vuotta percoasemamittauksia Suomessa. <https://www.roadscanners.com/fi/20-vuotta-percoasemamittauksia-suomessa/>
- Saarenketo, T. 2006. Vähäliikenteisten teiden monitorointi. Roadex 3 -hankkeen tiivistelmä. Roadscanners Oy. https://www.roadex.org/wp-content/uploads/2014/01/Monitoring_Finnish.pdf
- Siika, T. 2006. Katurakenteiden staattinen ja dynaaminen kantavuus. Insinöörityö, EVTEK-Ammattikorkeakoulu. https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2006/2006_4.pdf
- Solonen, H. 2023. Metsäautoteiden kunnon merkitys, tunnistaminen ja vaikutukset yritystoimintaan puutavaran autokuljetuksessa. Metsätieteen pro gradu -tutkielma, Itä-Suomen yliopisto. <https://erepo.uef.fi/handle/123456789/30915>
- Solonen, H., Vääänen, K., Tokola, T. & Kärhä, K. 2023. Metsäautotienkäyttäjien hiljainen tieto: Haastattelututkimus puutavara-autokuljetusryttäjille ja kuljettajille. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 116/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-845-4>
- Soveri, J. & Varjo, M. 1977. Roudan muodostumisesta ja esiintymisestä Suomessa vuosina 1955–1975. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 20. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/1b23fedb-9a5e-4c05-adb1-554176979f6f/content>
- Strandström, M. 2017. Metsätieohjeisto – Metsätieohjeiston uudistettu materiaali. Metsäteho Oy. <https://www.metsateho.fi/metsatieohjeisto/>
- Suokanerva, H., Cohen, J. & Sukuvaara, T. 2017. Automaattisen tiedontuotannon kokeilu: Routavaurioiden tunnistaminen satelliittikuvista. Ilmatieteen laitos, Päivitetty loppuraportti 11.12.2017. <https://vayla.fi/documents/25230764/35412261/Routavaurioiden+tunnistaminen+Ilmatieteen+laitos.pdf/1d622b41-4966-470f-971b-dac28458e5d5/Routavaurioiden+tunnistaminen+Ilmatieteen+laitos.pdf?t=1513696473471>

- Suomen metsäkeskus 2020. Metsään tie -sovellus poistuu käytöstä. Suomen metsäkeskus, Uutinen 15.12.2020. <https://www.metsakeskus.fi/fi/ajankohtaista/metsaan-tie-sovellus-poistuu-kaytosta>
- Suomen metsäkeskus 2023. Tienhoito.fi-sivut. <https://www.tienhoito.fi/>
- Suomen Puukauppa 2024. Kuutio.fi-sivut. <https://kuutio.fi/>
- Tapio. 2017. Metsäteiden kuntokatselmus. Tapio, Raportti 2.1.2017. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Kuntokatselmusmenettely.pdf>
- Tapio 2022. Metsämaaperä ja kestävä metsänhoito opetusmateriaali. Osa 1: Metsämaa huomioidaan metsänhoidossa. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiL0rLnzO2BAxXAQvEDHWMzDrA4ChAWegQIBRAB&url=https%3A%2F%2Ftapio.fi%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F02%2FMetsamaa-ja-kestava-metsanhoito-opetusmateriaali-osa-1_comp.pptx&usq=AOvVaw3-OOx-LPaz6bSXNUt3H9RGA&opi=89978449
- Tapio 2024. Metsätien kunnossapito-oppaat, urakoinnin lomakemallit ja tehtäväkortit. <https://tapio.fi/metsatien-kunnossapito-oppaat-urakoinnin-lomakemallit-ja-tehtavakortit/>
- Tieliikennelaki (10.8.2018/729). <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180729>
- Tokola, T. 2022. Metsäteiden kantavuuteen ja kuntoon vaikuttavat tilanteet (laserkeilausaineiston tutkiminen). Itä-Suomen yliopisto. https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/TokolaB_Metsateiden_kuntokartoitus.pdf
- Tuomikoski, H. 2022. Tietietojen hallinta Tornaroads. Tornator Oyj, Esitys Tietietofoorumilla – kohti ajantasaista tietietoa 22.3.2022. https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/TornaRoads_Tuomikoski.pdf
- Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta 407/2013. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130407>
- Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta 31/2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190031>
- Vehkalahti, K. 2014. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät. Finn Lectura, Helsinki.
- Venäläinen, P. 2016. Autokuljetusopas. Metsäteho Oy. <https://puuhuolto.fi/autokuljetusopas/kaukokuljetus/autokuljetuskalusto/>
- Venäläinen, P. 2019. Puutavara- ja hakeajoneuvojen pidentämisen vaikutukset, Täydennetty versio. Metsätehon raportti 246. https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Metsatehon_raportti_246_Puutavara_ja_hakeajoneuvojen_pidentamisen_vaikutukset.pdf
- Venäläinen, P. & Poikela, A. 2022. Puutavara- ja hakeajoneuvojen massojen noston vaikutukset. Metsätehon raportti 265 (aiheen 3. väliraportti). <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti-265-Puutavara-ja-hakeajoneuvojen-massojen-noston-vaikutukset.pdf>

- Venäläinen, P. & Nousiainen, M. 2024. Yksityistietiedon tietolajit. Nykytila, suositukset määritelmiksi ja kehittämistarpeet. 4. päivitys Metsätehon raporttiin 249. Metsätehon raportti 269. <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti-269-Yksityistietiedon-tietolajit.pdf>
- Venäläinen, P., Räsänen, T. & Hämäläinen, J. 2016. Tiestödatan nykytila, visio ja toimenpideohjelma. Forest Big Data -hankkeen osaraportti. Metsätehon raportti 239. https://metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti_239_Tiestodatan_nykytila_visio_ja_toimenpideohjelma_pv_ym.pdf
- Venäläinen, P., Alanne, H., Ovaskainen, H., Poikela, A. & Strandström, M. 2017a. Kausivaihtelun kustannukset ja vähentämiskeinot puun toimitusketjussa. Metsätehon tulosalvosarja 8/2017. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2017_08_Kausivaihtelun-kustannukset.pdf
- Venäläinen, P., Raatevaara, A., Pihlajisto, I., Melander, M., Hienonen, P., Hämäläinen, J. & Strandström, M. 2017b. Tilannekuva ja automatisoitu tiedontuotanto metsäsektorin kuljetuksista. Metsätehon raportti 244. https://metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti_244_Tilannekuva-ja-automatisoitu-tiedontuotanto.pdf
- Venäläinen, P., Niskanen, S., Vahtila, M. & Räsänen, T. 2019. Yksityistietiedon tietolajit ja tiedonkeruumenetelmät yksityistietiedon palvelualusta -hankkeen osaraportti. Metsätehon raportti 249. https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Raportti_249_Yksityistietiedon_tietolajit_ja_tiedonkeruumenetelmät.pdf
- Vuorimies, N., Kolisoja, P., Kaakkurivaara, T. & Uusitalo, J. 2015. Estimation of Risk for Rutting on Forest Roads during the Spring Thaw. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2474(1): 143–148.
- Väylävirasto 2020a. Tiesitkö? Teissä on monia kerroksia ja niillä kaikilla on oma tarkoituksensa. Väylävirasto, Uutinen 14.4.2020. <https://vayla.fi/-/tiesitko-teissa-on-monia-kerroksia-ja-niilla-kaiilla-on-oma-tarkoituksensa>
- Väylävirasto 2020b. Tieverkon ennakoiva kunnonhallinta: avoimen haun pilottiprojektit. <https://vayla.fi/hankkeet/digitalisaatiohanke/tieverkon-kunnonhallinta/avoimen-haun-pilottiprojektit>
- Väylävirasto 2022. Tierekisteri siirtyy historiaan - tervetuloa Tievelho. Väylävirasto, Uutinen 24.3.2022. <https://vayla.fi/-/tierekisteri-siiryy-historiaan-tervetuloa-tievelho>
- Väylävirasto 2023. Digiroad, Kansallinen tie- ja katuverkon tietojärjestelmä. <https://vayla.fi/vaylista/aineistot/digiroad>
- Väylävirasto 2024. VYYTI-lomake. <https://yksityistie.vaylapilvi.fi/%C2%A0>
- Väätäinen, K., Anttila, P., Laitila, J., Nuutinen, Y. & Asikainen, A. 2014. Aines- ja energiapuun kaukokuljetuksen tulevaisuuden haasteet ja teknologiat. Metlan työraportteja 291. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/536198/mwp291.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Waga, K., Tompalski, P., Coops, N.C., White, J.C., Wulder, M.A., Malinen, J. & Tokola, T. 2020. Forest Road Status Assessment Using Airborne Laser Scanning. *Forest Science* 66(4): 501–508. <https://doi.org/10.1093/forsci/fxz053>

Waga, K., Malinen, J. & Tokola, T. 2021. Locally invariant analysis of forest road quality using two different pulse density airborne laser scanning datasets. *Silva Fennica* 55(1), 10371. <https://doi.org/10.14214/sf.10371>

Yksityistielaki (560/2018). <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180560>

LIITE 1

Metsäteiden reaaliaikaisen liikennöitävyyspalvelun rakentaminen

Pakolliset kysymykset merkitty tähdellä (*)

Kyselyssä metsätietiedolla tarkoitetaan liikennöimiseen vaikuttavia tekijöitä, joita ovat esimerkiksi:

Tieominaisuudet (leveys, mutkat, mäet, kääntöpaikat, kohtaamispaikat ja sillat)

Kantavuus-, liukkaus-, kartta-, maaperä-, sää-, huolto-, kunnossapito- ja tienkorjaushistoriatieto.

Kyseisiä metsätietietoja voidaan esittää paikkaan sidottuna tietona kartalla sovelluksessa tai järjestelmässä.

1. Millaista metsätietotietoa käytät nykyään? Mainitse tietolähteet, joita käytät *

Paikallistuntemus

Tiedon hakeminen muulta taholta, toimijalta tai henkilöltä

Sovellukset, mikä?

Muu, mikä?

2. Millainen on käyttämäsi metsätietiedon nykytila? Arvioi asteikolla 1-5 (1=erittäin huono, ..., 5=erittäin hyvä)

*

	En osaa sanoa	1	2	3	4	5
Saavutettavuus (tieto avointa ja helposti saavutettavissa, tieto hajautettuna useissa paikoissa)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Käytettävyys (vaatiiko tieto jatkokäsittelyä, tulkintaa, vai onko heti hyödynnettävissä tarpeeseen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ajallinen tarkkuus (päivitystiheys, tiedon vanheneminen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sijaintitarkkuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ennusteen tarkkuus (ennustearvon osumatarkkuus)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Miten alla esitetyt tekijät metsätien rakenteessa vaikuttavat eniten kantavuuteen? Arvio asteikolla 1-5 (1=erittäin vähän, ..., 5=erittäin paljon)

	En osaa sanoa	1	2	3	4	5
Ojien kunto ja olemassaolo *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tien pintakerros (urat, palteet, kaato) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tien kantava kerros (maalaji ja paksuus) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tien pohjamaalaji *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tien leveys *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tien korkeus ympäröivään maanpintaan nähden *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu tekijä, mikä?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

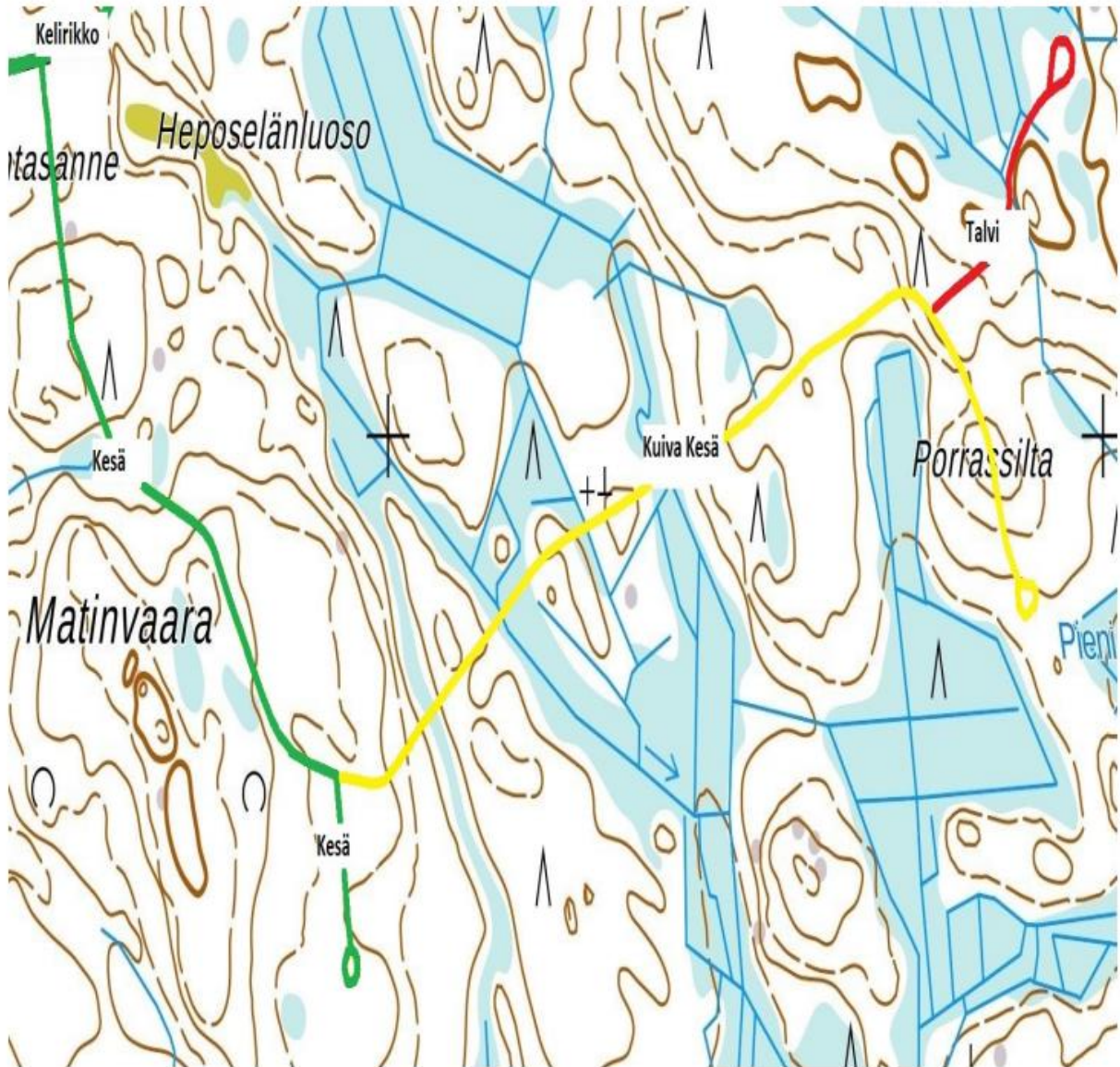
4. Missä kiinteissä metsätietietolajeissa on eniten kehitystarpeita? Arvio asteikolla 1-5 (1=erittäin vähän, ..., 5=erittäin paljon)

	En osaa sanoa	1	2	3	4	5
Maa- ja pintakivet (yli 3 cm) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ojat *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reunapalteet *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sillat *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kääntöpaikka *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leveys (puutteellinen) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kaltevuus (liian kalteva) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Liikennemerkkit (esim. yksityisteiden painorajoitus) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vesakoituminen *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu, mikä?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Missä säään mukaan muuttuvissa metsätietolajeissa on eniten kehitystarpeita? Arvio asteikolla 1-5 (1=erittäin vähän, ..., 5=erittäin paljon)

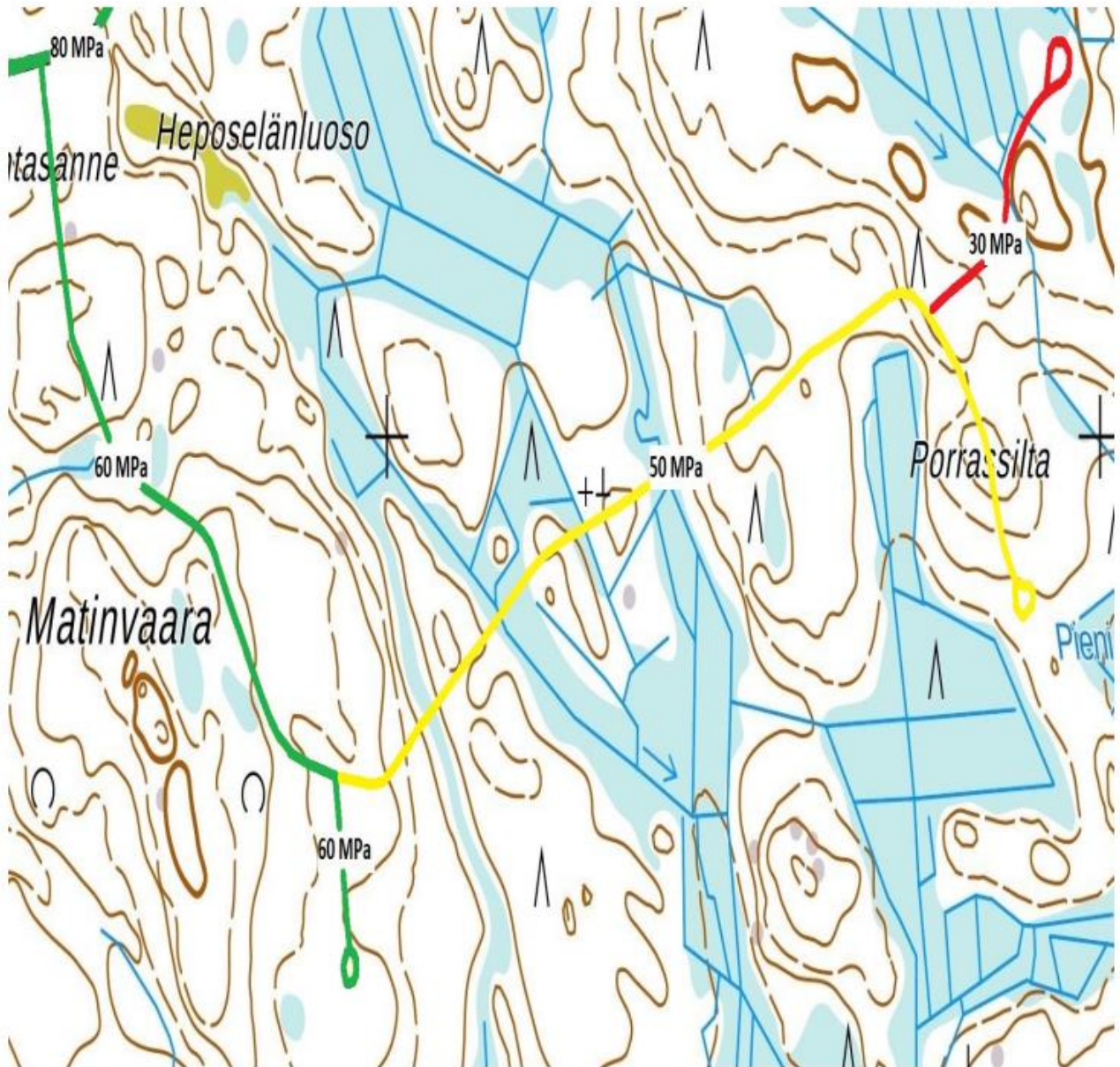
	En osaa sanoa	1	2	3	4	5
Tasaisuus (esim. kuopat) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kantavuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jäinen tie *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Luminen/sohjoinen tie (auraustarve) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Luminen/sohjoinen tie (ei auraustarvetta) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lumisade *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Märkä tie *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Runsas sateet ja lätäköt (ml. tulvat) *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kelirikko *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu, mikä?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Miten tien kantavuustietoa voisi esittää karttasovelluksessa? Arvio asteikolla 1-5 (1=ei lainkaan tarpeellinen, ..., 5=erittäin tarpeellinen)? Esimerkkikuvat kysymysten yläpuolella.



En osaa sanoa 1 2 3 4 5

Kantavuusennusteen esittäminen kiinteänä riippumatta säätilasta yleisellä metsäiden käyttöaikaluokituksella yksittäiselle metsäautotielle (talvi, kelirikko, kesä, kuiva kesä) *



En osaa sanoa

1

2

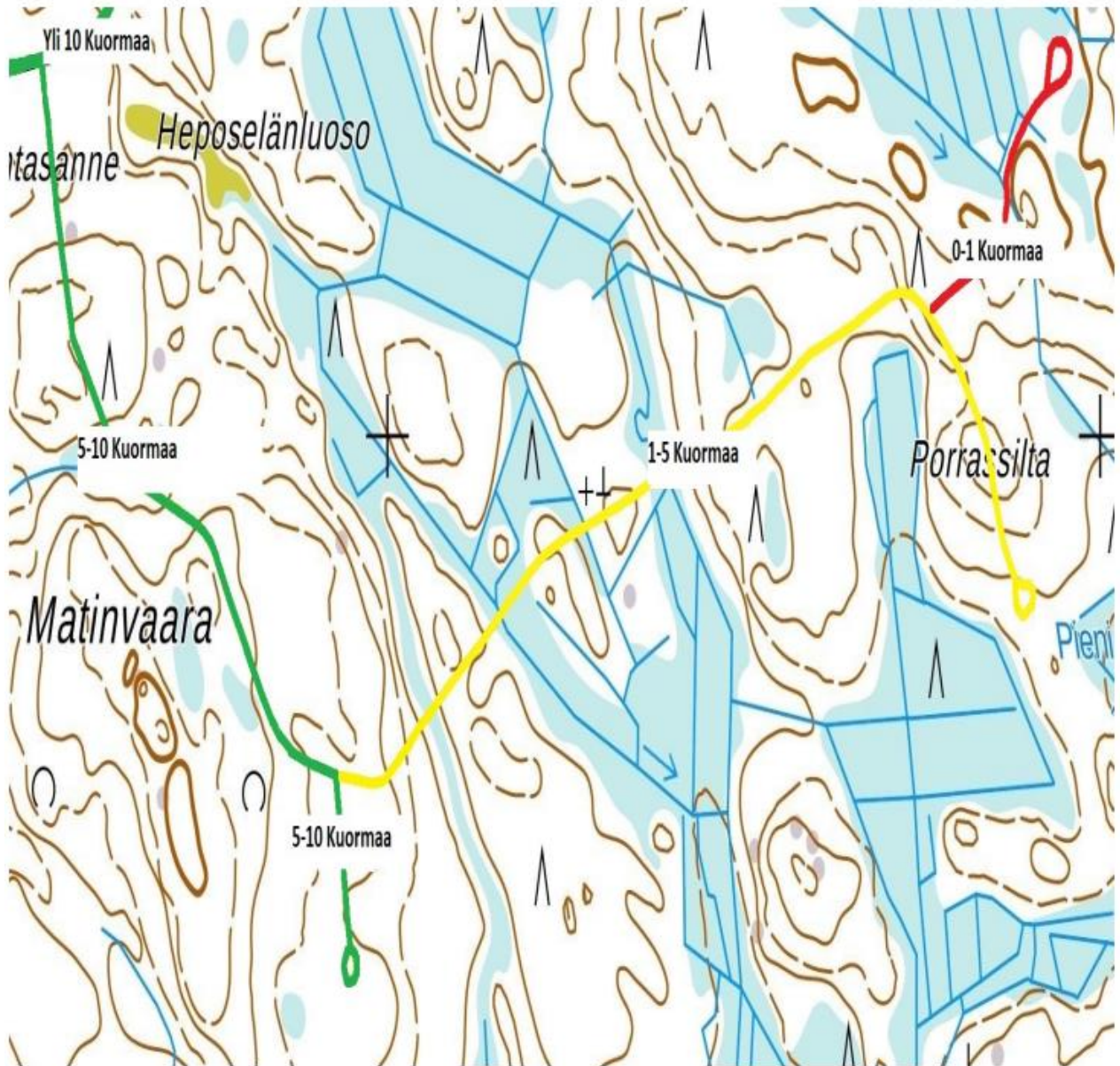
3

4

5

Pelkästään tien kantavuutta yleisesti kuvaavilla (MegaPascal, MPa), mutta sään mukaan muuttuvilla tunnuksilla kertoen tien kantavuuden heikoimmalla kohdalla (esim. 30 MPa) *

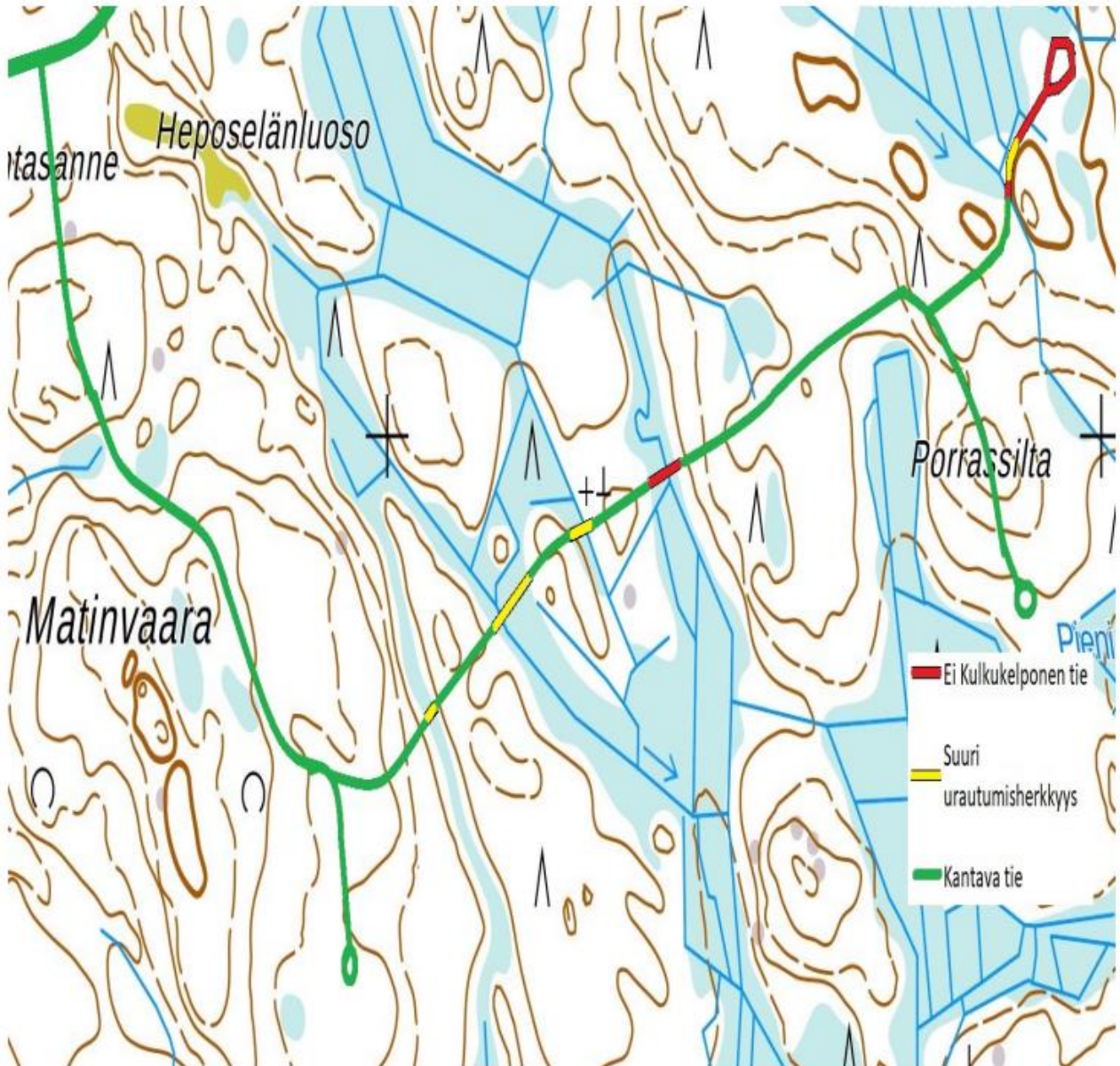




En osaa sanoa 1 2 3 4 5

Sään mukaan muuttuva kantavuustieto
 muutettuna ajomääräennusteisiin täydellä
 puutavara-autokuormalla yksittäiselle
 metsäautotielle (esim. 0-1 kuormaa, 1-5
 kuormaa, 5-10 kuormaa, yli 10 kuormaa) *

○ ○ ○ ○ ○ ○



En osaa sanoa

1

2

3

4

5

Sään mukaan muuttuvilla kantavuusennusteilla pelkästään kolmeen luokkaan ja väriin eroteltuna tien eri kohdissa (esim. punainen, keltainen, vihreä; jossa punainen = ei kulkukelpoinen, keltainen = suuri urautumisherkyys, vihreä = kantava tie) *



7. Millaisia ajatuksia sinulle heräsi yllä esitetyistä karttaesimerkeistä?

8. Kuinka paikkatarkkaa ja yksityiskohtaista metsätietiedon tulisi olla? Arvio asteikolla 1-5 (1=ei lainkaan tarpeellinen tieto, ..., 5=erittäin tarpeellinen tieto)?

	En osaa sanoa	1	2	3	4	5
Yksittäiset kohdat (1–20 m) esim. kuopat, kivet, syvät urat, pienet sillat, rummut *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tieosuuksiin luokiteltuna (20–100 m) esim. tien kantavuustieto, kelirikkotieto, jyrkät mutkat, kohtaamis- ja kääntöpaikat, painorajoitetut sillat, yms. *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tietasolla yksittäisen tien luokitus (yhtenäisen tienpätkän väli, esim. 1 km) esim. tien kantavuusarvio, kelirikkotila, liukkaus, auraustieto, tien yleiskunto yms. *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu tarkkuus, mikä?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Kuinka aikatarkkaa metsäteihin liittyvän kulkukelpoisuustiedon tulisi olla? Valitse yksi. Tässä tien kulkukelpoisuustiedolla tarkoitetaan ajoneuvon liikennöintiin ja tien vaurioitumiseen vaikuttavia tekijöitä, kuten tien kantavuusennuste (kelirikkotieto), tien liukkaus, auraustilanne. *

- Tuntitasolla (kulkukelpoisuustieto päivittyy muutaman tunnin välein)
- Päivätasolla (tieto päivittyy kerran päivässä)
- Viikkotasolla (tieto päivittyy kerran viikossa)
- Muu, mikä?

10. Kuinka tärkeänä koet kyseisten tietojen mahdollisuuden esittämiseksi karttasovelluksessa? Arvioi asteikolla 1-5 (1= ei lainkaan tärkeä, ..., 5=erittäin tärkeä)

	En osaa sanoa	1	2	3	4	5
Rakentamistiedot: tiekerrokset, rakennemateriaalit *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiehuolto- ja käsittelytiedot: ajankohta ja käsittelytapa *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kantavuuden esittäminen: esim. värein merkattuina *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kääntöpaikat luokiteltuina *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kohtaamispaikat *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mäet *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tien leveys, mutkat ja liittymät *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muu liikenne tiellä *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Siltojen painorajoitusten esittäminen *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puomit, ajokiellot *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muuttuvat painorajoitukset, kelirikkoajat *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muita tietoja, mitä?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Liikennöitävyyستiedon päivitys on kriittinen asia kaikkien tienkäyttäjien kannalta.

Olisitko itse valmis korjaamaan virheellisen tai muuttuneen karttatiedon järjestelmään? Arvioi asteikolla 1-5 (1=en olisi, ..., 5=erittäin mielelläni)

	En osaa sanoa	1	2	3	4	5
*	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12. Kuka hyötyisi tarkemmasta metsätietiedosta? Arvioi asteikolla 1-5 (1=ei lainkaan hyötyä, ..., 5=erittäin paljon hyötyä)

	En osaa sanoa	1	2	3	4	5
Tien omistajat *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tien hoidosta ja kunnossapidosta vastaavat *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kuljetuksia suunnittelevat *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Raskaiden ajoneuvojen kuljettajat *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muut tietä käyttävät yksityishenkilöt *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Viranomaiset *	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Joku muu, kuka?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13. Olisitko valmis maksamaan tarkasta metsätietiedosta? *

Olisin, paljonko vuodessa?

En

14. Tulisiko metsätietiedon olla jatkossa? *

Täysin julkista/avointa

Osittain julkista/avointa

Käyttörajoitettua

15. Mihin vastaajaryhmään ensisijaisesti kuulut? *

- Tien omistaja
- Tien huoltaja
- Tienkäyttäjä (puunkorjuuyrittäjä)
- Tienkäyttäjä (puutavara-autoyrittäjä)
- Tienkäyttäjä (muu, mikä?)

-
- Liikennöinnin/kuljetusten suunnittelija
 - Tietiedon kehittäjä/tuottaja
 - Viranomaiset
 - Muu, mikä?
-

16. Millä maantieteellisellä alueella toimit? *

- Etelä-Suomi (Uusimaa, Kanta-Häme, Päijät-Häme, Kymenlaakso, Etelä-Karjala)
- Länsi-Suomi (Ahvenanmaa, Varsinais-Suomi, Satakunta, Pirkanmaa, Keski-Suomi, Etelä- Pohjanmaa, Pohjanmaa, Keski-Pohjanmaa)
- Itä-Suomi (Etelä-Savo, Pohjois-Savo, Pohjois- Karjala)
- Pohjois-Suomi (Kainuu, Pohjois-Pohjanmaa, Lappi)

17. Mitä muuta sinulla on aiheeseen liittyen mielessä? Sana on vapaa!



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

