

**METSÄTIEN PERUSPARANNUKSEN  
KANNATTAVUUSLASKELMA**

Niskanen Paulus  
Simuna Topias

Opinnäytetyö

Metsätalouden koulutus  
Metsätalousinsinööri (AMK)

2022

Metsätalouden koulutus  
Metsätalousinsinööri (AMK)

---

<b>Tekijät</b>	Paulus Niskanen Topias Simuna	<b>Vuosi</b>	2022
<b>Ohjaaja</b>	Kari Pasanen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Suomen metsäkeskus		
<b>Työn nimi</b>	Metsätien perusparannuksen kannattavuuslaskelma		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	57 + 3		

---

Metsätien perusparannuksen tavoitteena ja tutkimusongelmana on saada selville, kuinka avointa metsävaratietoa voidaan hyödyntää perusparannuksen kannattavuutta miettiessä. Tutkimuksessa käytetään esimerkkinä todellista Pirttivaaran metsätietä. Tutkimuksella pyritään saamaan toimeksiantajalle esimerkki mahdollisen työkalun käyttöön: Työkalulla pystyisi helposti maanomistajalle näyttämään tien perusparannuksen kannattavuutta päätöksen tueksi. Tätä työkalua voisivat hyödyntää yksityismetsäpuolella toimivat toimijat tien kunnostus- ja ylläpitomarkkinoiden parantamiseksi.

Tutkimus on tapaustutkimus, koska tutkimuksemme perustuu yksittäisen tapauksen syvälliseen tutkintaan. Aineistoina käytämme Metsäkeskukselta ladattua avointa metsävarakuviotietoa, toteutuneiden metsätien perusparannuksien hankkeiden kustannustietoja ja tien kunnossapidon kustannustietoja.

Tutkimustulokseksi saatiin, että avointa metsävaratietoa voidaan hyödyntää hyvin ensimmäisen kymmenen vuoden aikana, mutta sen jälkeen tiedon luotettavuus heikkenee. Metsäkeskuksen avointa metsävaratietoa voidaan hyödyntää ensimmäiset kymmenen vuotta, mutta esimerkiksi Etapion avulla hakkuuehdotusten simulointi onnistuu vuosikymmenien päähän.

Pirttivaaran metsätien perusparannus tulee kannattavaksi, kun käytetään hintalisanä 3,6 euroa kuutiolta ja perusparannuksen kustannushintana 16.1 euroa metriltä. Hanke on näillä tiedoilla noin 87 300 euroa plussalla. Kustannustiedot ovat samansuuntaiset verrattuna edellisiin tutkimuksiin.

Avainsanat

avoin metsävaratieto, kannattavuus, metsätie, perusparannus

Forestry  
Forestry engineer

---

<b>Authors</b>	Paulus Niskanen Topias Simuna	Year	2022
<b>Supervisor</b>	Kari Pasanen		
<b>Commissioned by</b>	Suomen Metsäkeskus		
<b>Subject of thesis</b>	Profitability calculation for the land improvement of a forest road		
<b>Number of pages</b>	57 + 3		

---

The aim and research problem of the land improvement of forest roads is to find out how open forest resource information can be utilized when considering the profitability of basic improvement. The actual Pirttivaara forest road is used as an example in the study. The aim of the study is to give the client an example of the use of a possible tools: The tool would easily show the landowner the profitability of the road improvement to support the decision. This tool could be used by private forest operators to improve the market for road repair and maintenance.

The study is a case study because our study is based on an in-depth examination of an individual case. Used open forest stock pattern data downloaded from Metsäkeskus, cost data for completed forest road renovation projects and road maintenance cost data.

The result of the study was that open forest resource data can be utilized well during the first ten years, but after that the reliability of the data deteriorates. Metsäkeskus' open forest resource information can be utilized for the first ten years, but with the help of Etapio, for example, the simulation of felling plan will be successful for decades to come.

The basic improvement of the forest road in Pirttivaara will be profitable when a price supplement of EUR 3.6 per cubic meter and a cost price of EUR 16,1 per meter are used. According to this information, the project is about plus 87,300 euros. The cost data is parallel compared to previous studies.

**Key words** forest road, land improvement, open forest reserve, profitability

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	AVOIN METSÄVARATIETO .....	8
3	YKSITYISTIET .....	10
3.1	Tien osat ja rakenne .....	10
3.1.1	Tiealue .....	10
3.1.2	Tien rakenne .....	11
3.2	Yksityisteiden määrä ja merkitys.....	15
3.3	Yksityistietyypit .....	16
3.4	Metsätiet .....	16
3.5	Metsätien kannattavuus .....	17
4	METSÄTEIDEN HOITO JA KUNNOSTUS .....	21
4.1	Metsätien hoitotoimenpiteet .....	21
4.1.1	Talvikausi .....	22
4.1.2	Kevätkausi.....	23
4.1.3	Kesäkausi.....	24
4.1.4	Syyskausi .....	25
4.2	Kelirikko .....	27
4.3	Perusparannus .....	29
4.4	Rakentamisen ja kunnostamisen tuet .....	30
5	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	32
5.1	Aineisto .....	32
5.2	Kannattavuuslaskennan menetelmä .....	33
6	TUTKIMUSTULOKSET .....	38
6.1	Tutkimuksen pohjatietoa .....	38
6.2	Perusparannuksen kustannukset.....	40
6.3	Tiehoidon kustannukset.....	43
6.4	Puusta saatava lisähinta .....	45
6.5	Kannattavuus.....	46
6.6	Herkkyysanalyysi .....	47
6.7	Johtopäätökset .....	51
7	POHDINTA .....	53

---

LÄHTEET.....	55
LIITTEET .....	58

## 1 JOHDANTO

Suomessa yksityisteitä on noin 350 000 kilometriä, joka vastaa koko Suomen tieverkostosta noin 2/3 (Väylävirasto 2022). Suurin osa Suomen puutavarasta aloittaa matkan tehtaalle yksityistieltä. Nykyinen metsäteollisuus tarvitsee toimiakseen tehokkaasti hyvän tieverkoston, joka mahdollistaa puutavaran liikuttamisen ympäri vuoden. Suomessa nykyään yksityisteillä korjausvelkaa on yli miljardi euroa. (Greis 2018, 378–379; Suomen tieyhdistys ry 2022.)

Suomen metsäkeskuksella on halu kehittää työkalu, jolla voitaisiin osoittaa tiekunnille helposti perusparannuksen kannattavuus metsätielle perustuen tien todelliseen vaikutusalueeseen ja puustoon. Tällöin tiekunnat voisivat helpommin innostua parantamaan tiet vastaamaan nykypäivän käyttötarkoitusta. Metsähallituksella on jo käytössä vastaavanlainen työkalu tien perusparannuksen kannattavuutta määriteltäessä (Herranen 2021). Metsätien perusparannuksen kannattavuus perustuu puusta saatavaan lisähintaan talvileimikoiden muuttuessa kesäleimikoiksi verrattuna perusparannuksen ja ylläpidon kuluihin (Greis 2018, 379).

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda Metsäkeskukselle avoimeen metsävaratietoon perustuva tien perusparannuksen laskentapohja. Käytämme esimerkkikohteena Rovaniemellä sijaitsevaa Pirttivaaran metsätietä. Tutkimuksemme rajoittuu metsätalouskäyttöön tarkoitettuihin teihin. Tien alkupäässä on kolme mökkiä, mutta muuten tie on täysin metsätalous käytössä. Tutkimuksemme otetaan huomioon Kemera-tuki, mutta ei ELY-keskuksen tukea. Esimerkkilaskennassa hakkuut simuloidaan tasaikäisrakenteisin metsänkasvatusmenetelmin. Tarkoituksena on myös, että mahdollisesti tulevassa työkalun koodausvaiheessa Metsäkeskus voisi hyödyntää kyseistä tutkimustamme.

Tutkimuksemme aineistona käytämme avointa metsävaratietoa puuston ja hakkuumäärien tulkinnessa, ja perusparannusten kustannuksina käytämme Metsäkeskukselta saatujen toteutuneiden perusparannushankkeiden keskiarvohintaa metriä kohden. Hoito- ja kunnossapitokustannukset lasketaan suuntaa antavilla

hinnoilla, sillä todellisia keskimääräisiä hintoja on mahdoton esittää. Puunhintali-  
sänä käytämme kolmen eri alueen metsäammattilaisen näkemystä puunhintali-  
sästä leimikon muuttuessa talvikohteesta kelirikko- tai kesäkohteeksi.

Tutkimuksessa tehdään laskentamenetelmän kehitystä, jossa käytetään tapaus-  
tutkimuksen menetelmiä. Tutkimuksessa tarkastellaan syvällisesti Pirttivaaran  
metsätien perusparannuksen kannattavuutta. Aineistojen käsittelyssä hyödyn-  
simme QGIS paikkatieto- ja Excel-laskentaohjelmistoa.

Opinnäytetyössämme on kaksi tutkimusongelmaa:

- Kuinka avointa metsävaratietoa voidaan käyttää metsätien perusparannuksen kannattavuutta laskiessa
- Onko Pirttivaaran metsätielle kannattavaa tehdä perusparannus avoimesta metsävaratiedosta saatujen aineistojen perusteella?

## 2 AVOIN METSÄVARATIETO

Avoin metsävaratieto on Metsäkeskuksen ylläpitämä aineisto, jota on saatavana joko hila-aineistona tai metsävarakuviaina. Hila-aineisto koostuu hilaneliöistä, joiden sivun pituus on 16 metriä. Hilaruutu on kaukokartoitusperustein tehdyn puustotulkinnan inventointiyksikkö. Metsävarakuvio on puustolta, kasvupaikalta sekä toimenpidetarpeiltaan yhtenäistä metsäaluetta. Metsävarakuviot ovat keskimäärin noin 1,4 hehtaarin kokoisia metsäalueita. (Metsäkeskus 2022a.)

Metsävaratietoa kerätään maastomittauksilla ja lentokoneesta tehtävillä laserkeilauksella sekä ilmakehuvaamisella. Laserkeilaus tuottaa tarkkaa kolmiulotteista tietoa puustosta sekä maaston piirteistä. Laserkeilaus suoritetaan noin 1,5–2 kilometrin korkeudesta ja käytetty pistetiheys neliömetrille keilauksessa on viisi havaintopistettä. Ilmakehuvaus tehdään noin 7–8 kilometrin korkeudesta ja ilmakehuvia voidaan hyödyntää esimerkiksi puulajien tunnistamiseen. Ilmakehuvien maastotarkkuus on 40 senttimetriä. (Metsäkeskus 2022c.)

Suomessa vuosittain inventoidaan 3,5–4 miljoonaa hehtaaria metsiä. Kaukokartoitusperustein kerätty tieto ja käsittely vie aikaa noin vuoden. Yksittäinen kartoitettava alue on 300 000 hehtaaria, josta yleisesti puolet on metsämaata. Yksittäiseltä kartoitettavalta alueelta maastosta mitataan 700–800 ympyräkoealaa tai 150–200 laajempaa puukarttakoealaa. Koealoja voidaan myös yhdistellä, ja koealoja verrataan laskennallisiin kaukokartoitusperustein tehtyyn tulkintaan. Lopullisen puustotulkinnan tuottavat siihen erikoistuneet kaukokartoitusalan yritykset. (Metsäkeskus 2022c.)

Avoin metsävaratieto sisältää puustotietoja ja hakkuu- ja metsänhoitotoimenpideehtotuksia seuraavalle kymmenen vuoden ajanjaksolle sekä näiden suositellut ajankohdat (Metsäkeskus 2022a). Hakkuuehdotukset uudistuskypsissä ja kasvatusehdoissa perustuvat puustotunnuksiin, metsänhoitosuosituksien harvennushallitustaulukoihin ja uudistuskypsyyssrajoihin (Valonen ym. 2019, 16). Lisäksi avoin metsävaratieto sisältää laserkeilauksella toteutetut latvuspintamallit, jotka auttavat esimerkiksi metsäkuvioiden rajojen piirtämistä. Latvuspintamalli tuotetaan



puuston latvuksen ja maanpinnan korkeuseroa hyödyntämällä. (Metsäkeskus 2022a.)

Avoimen metsävaratiedon laatu on tasalaatuista, eikä se vaihtelee tekijän mukaan niin kuin maastossa tehdyt mittaukset, joiden keskivirhe on 15–25 prosentin välillä kokonaistilavuuden mittauksissa. Kaukokartoitusmenetelmällä toteutettu keskivirhe pysyy samoissa tai on jopa pienempi kasvatus- ja uudistuskypsissä metsiköissä. Kaukokartoitusperustein tehdyssä inventoinnissa kokonaispuuston tarkkuusvaatimuksena on, että vähintään kahdeksalla kuviolla kymmenestä virhemarginaali saa olla korkeintaan 20 prosenttia uudistuskypsissä ja kasvatusikäisissä metsissä. Kokonaispuuston tiedot ovatkin tarkimmat ja pääpuulajitkin useimmiten oikein. Suurimpia virheitä laserinventoinnissa tulee sekapuustoisessa metsässä puulajisuhteissa ja etenkin, jos jotain puulajia on vähän. Metsävaratietoa päivitetään jatkuvasti eri tietolähteistä ja näin ollen ajantasaistuksessa käytettävien tietojen oikeellisuus vaikuttaa myös metsävaratiedon laatuun. (Metsäkeskus 2022d.)

Tarkkuuskriteerinä kokonaispuuston keskipituudelle, -läpimitalle ja pohjapinta-alalle on, että kahdeksalla koealalla kymmenestä tiedot ovat sallittujen virhemarginaalien sisällä. Virhemarginaalit ovat, +/- 2 metriä keskipituudessa, keskiläpimitassa kolme senttimeriä ja puuston pohjapinta-alassa kolme nelimetriä hehtaarilla. Näistä tiedoista puun pituus on tarkin tieto ja yleensä myös keskiläpimita sekä pohjapinta-ala virhemarginaalien sisällä. (Metsäkeskus 2022d.)

Kaukokartoitusperustein tehdyssä metsävaratiedon inventoinnissa suurimmat laatuheikkoudet ovat taimikoissa, epätasaisissa ja monijaksoisissa metsissä tai muuten vain normaalista poikkeavilla metsäkuvioilla. Kaukokartoitusaineistoa voidaan kuitenkin hyödyntää varttuneilla taimikoilla hoitotöiden määrittämiseen, mutta pienillä taimikoilla aineistoa ei voida hyödyntää lainkaan. Lisäksi puuston ikä on vaikea laserinventoinnille, koska se perustuu puuston ulkoisiin mittoihin ja näin ollen tämä voi heitellä kymmeniäkin vuosia. Puuston ikä kuitenkin antaa oikean suunnan ja nykyisessä metsätaloudessa puuston iän merkitys on vähentynyt. (Metsäkeskus 2022d.)

### 3 YKSITYISTIET

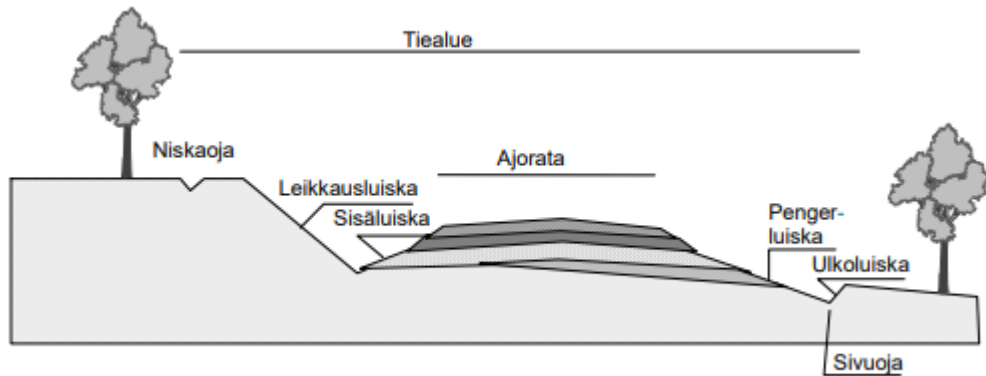
#### 3.1 Tien osat ja rakenne

##### 3.1.1 Tiealue

”Tiealueen määritelmä on kirjoitettu yksityistielakiin seuraavalla tavalla: ”Tiealueella aluetta, johon tieoikeus kohdistuu ja jolle tietä varten tarvittavat alueet, rakenteet ja laitteet kuten ajorata, jalkakäytävä ja pyörätie sekä piennar, luiska, pengermä, oja, väli- ja rajakaista, kohtaamis- ja kääntymispaikka, tiehen liittyvää tienpitoa varten tarvittava varastoimispaikka, valaistuslaitteet ja liikenteenohjauslaitteet, silta, rumpu, melueste, lautta laitureineen ja väylineen, kaide ja tiemerkki voidaan sijoittaa; ”. (Yksityistielaki 560/2018 1:9.3 §.)

Yksityistielain mukaan on määrättävä alue, johon kohdistuvat myönnetty tieoikeudet. Tätä aluetta kutsutaan tiealueeksi. Tällä alueella tieoikeuden haltijoilla on oikeus tehdä lakiin nojaten puuston, pensaikon ja muun tienpitoa haittaavan luonnonesteiden poistoa. Tiealueelle yltävät oksat saadaan myös karsia pois. (Hämäläinen 2010, 23.)

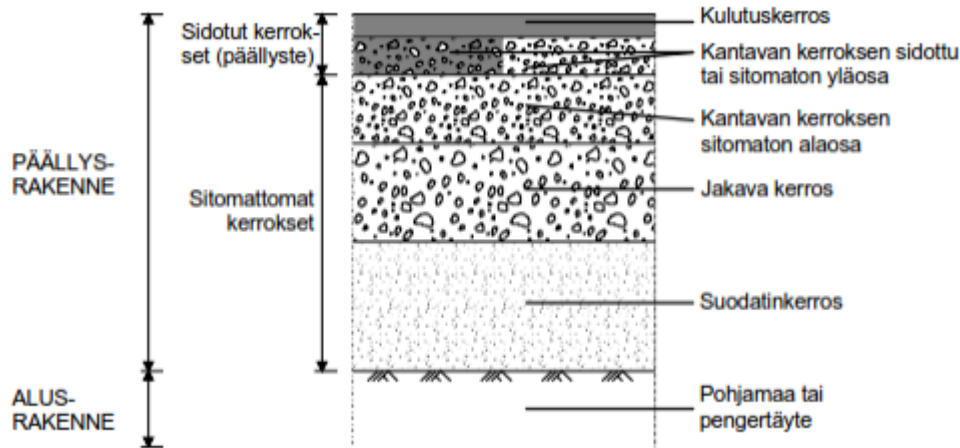
Tielle kuuluvat tien osat (Kuvio 1) ja laitteet on sijoitettava tiealueelle. Tieoikeuden haltijoilla on oikeus toimia vain tiealueella. Tieoikeuden haltijoille ei siirry tien omistus. Lähtökohtaisesti tiealueelta lähtevä maa-aines ja kasvillisuus kuuluvat maanomistajille. Jos tiealueen ulkopuolella on tehtävä toimenpiteitä, on työlle saatava maanomistajan lupa. Toimenpiteitä tiealueen ulkopuolella ovat yleensä ojamaiden läjittäminen, liikennemerkkien sijoittaminen, niitto ja raivaus. Maanomistaja ei aina anna lupaa tehdä toimenpiteitä kiinteistöllänsä. Tällöin kunnan tielautakunta voi antaa luvan tiealueen ulkopuolella sijaitsevien pensaiden, puiden ja muun kasvillisuuden poistoon, mitkä haittaavat liikenneturvallisuutta. (Hämäläinen 2010, 23.)



Kuvio 1. Tiealue ja tien osat (Metsäteho 2001, 2)

### 3.1.2 Tien rakenne

Tien rakenne voidaan jakaa kahteen osaan: alusrakenteeseen ja päällysrakenteeseen (Kuvio 2). Alusrakenne koostuu tiivistetystä ja muotoilusta pohjamaasta tai penkereiden kohdalla olevasta pengertäytteestä. Lisäksi alusrakenteeseen lasketaan penger- ja leikkausluiskat sekä pohjanvahvistukset. Päällysrakenteella puolestaan tarkoitetaan tienpinnan ja alusrakenteen yläpinnan välistä osaa. Päällysrakenne koostuu useasta kerroksesta. Päällysrakenne voidaan jakaa ala- ja yläosaan. Alaosan kerrokseen kuuluvat suodatin- ja jakava kerros. Suodatinkerros on suodatinhiekkaa ja/tai kuitukangasta. Yläosa koostuu neljästä kerroksesta, joita ovat kaksi kantavaa kerrosta (ylä- ja alaosa), sidekerros ja kulutuskerros. Metsäteillä ei käytetä sidottuja kerroksia eli päällystettä. (Hartikainen 2003, 79–81.)



Kuvio 2. Tien rakenne (Matinlauri 2016, 16)

Tielinjan alusrakenteen kantavuus- ja routivuusominaisuudet vaihtelevat, jolloin alusrakenteen kantavuusarvo ja -luokka on määriteltävä ennen päällysrakenteen suunnittelua. Kantavuusluokkaa määriteltäessä käytetään Metsätehon tekemää luokitusta, jossa kantavuus on jaettu seitsemään osaan (A-G) (Taulukko 1). Täysin routimattomia luokkia ovat luokat A, B ja C. Kantavuusluokka A on maalajiltaan kalliota, joka on kaikista kantavinta. Sora kuuluu kantavuusluokkaan B ja soramoreeni astetta heikompaa kuului luokkaan C. (Hartikainen 2003, 79–80.)

Luokka D on hiekkaa ja luokka E puolestaan hiekkamoreenia. Näiden edellä mainittujen kolmen maalajin luokittelu ei kuitenkaan ole näin yksiselitteistä. Jokaisesta maalajista löytyy routivaa ja routimatonta maalajia. Soramoreenista löytyy routiva ja routimaton maalaji. Routimaton maalaji on kantavuusluokaltaan C ja routiva luokaltaan E. Hiekka jakautuu viiteen eri tarkennukseen. Karkea hiekka on routimatonta ja kuuluu luokkaan C. Keskikarkea ja hieno hiekka voivat olla joko routimatonta tai routivaa. Routimaton keskikarkea ja hieno kuuluvat luokkaan D ja puolestaan routivat luokkaan E. Hiekkamoreeni on myös jaoteltu samoilla perusteilla. Routiva on luokkaa E ja routimaton luokkaa D. (Hartikainen 2003, 79–80.)

Täysin routivia maita ovat luokkiin F ja G kuuluvat maalajit. F luokkaan kuuluvat siltti, silttimoreeni ja savi. Lieju ja turve kuuluvat luokkaan G. Routimatonta ja Pengermateriaaleiksi käyvät lähes kaikki kivennäismaalajit. Ainoastaan savi ja

hienojakoiset moreenit eivät käy pengermateriaaleiksi. Louhesta ja kivistä voidaan myös tehdä penger. Tällöin penger on nimeltään louhepenger. (Hartikainen 2003, 79–80.)

Taulukko 1. Pohjamaan kantavuusluokat (Strandström 2017, 2)

Maalaji	Tarkennus	Routivuus	Kantavuus luokka	Kantavuus (MN/m <sup>2</sup> )
Kallio	kallio, Ka louhe, Lo murske, M	Routimaton	A	300
Sora	sora, Sr		B	200 (150...280)
Soramoreeni	routimaton, SrMr (routiva, luokka E)	Routimaton / Routiva	C	100 (70...150)
Hiekka	routimaton, Hk (hieno Hk routiva, luokka E)		D	50 (35...70)
Hiekkamoreeni	routiva, HkMr (routimaton, luokka D)		E	20 (15...35)
Siltti Silttimoreeni Savi	Si SiMr Sa	Routiva	F	10 (5...15)
Lieju Turve	Lj Tv		G	5

Yksityisteillä olevat kantavuusongelmat johtuvat yleensä siitä, että tiellä ei ole erilaisia rakennekerroksia. Tielle ei ole tehty varsinaisesti mitään päällysrakennekerroksia ja pohjamaakin on monesti liian heikko, eikä kestä tällöin liikennettä. Pohjamaan routivuus huonontaa kantavuutta entisestään. Tyypillisesti huonokuntoisille yksityisteille tuodaan soraa ainoastaan ”raiteiden” kohdalle, josta se nopeasti painuu pohjamaahan ja joudutaan kohta tuomaan lisää soraa. (Hämäläinen 2010, 27.)

Kantavuusongelmia tuo myös huonolaatuisten maa-aineksien käyttö. Kustannuksiltaan on halpaa hankkia maa-aines tiealueen lähetyviltä sijaitsevalta tieosakaiden sorakuopasta. Maa-aines voi näyttää päällisin puolin hyvältä, mutta siinä voi olla paljon hienoainesta, jolloin routivuus lisääntyy. Se voi olla myös humuspitoista tai liian karkeaa. (Hämäläinen 2010, 27.)

Liikenteen tuoman kuormituksen ottaa vastaan tien päällysrakenne. Päällysrakenteen alaosa tasoittaa alusrakenteen laatuvaihtelun. Alaosa on myös alustana päällysrakenteen yläosalle, jolta vaaditaan riittävää kantavuutta ja oikeaa muotoa. Alaosan päällysrakenteen eli jakavan ja suodatinkerroksen paksuus ja rakenne voivat vaihdella tien pätkällä runsaasti. Puolestaan yläosa pysyy koko tien pätkällä muuttumattomana. Päällysrakenteen kaikkien kerrosten pitää olla routimattomia, ja niiden laatuvaatimukset nousevat alhaalta ylöspäin. (Hartikainen 2003, 80–81.)

Suodatinkerros on alin päällysrakenne ja sen tarkoitus on estää pohjamaan hienojakoisen maa-aineksen sekoittumista päällysrakenteiden maa-aineksien kanssa. Päällysrakenteen kestämisen kannalta on tärkeää, että ainekset eivät sekoitu keskenään. Hienojakoisen maa-aineksen pääsy päällysrakenteeseen tekee siitä routivan ja huonosti vettä läpäiseväksi. Suodatinkerros katkaisee veden kapillaarisen nousun ylemmille kerroksille ja tuo osaltaan lisää kantavuutta tielle. Suodatinkerrosta tarvitaan, kun alusrakenne on luokiteltu kuuluvaksi luokkiin D, E, F ja G. Suodatinkerros tehdään usein luonnonhiekkasta, jonka kuitenkin pitää täyttää tietyt rakeisuusvaatimukset. Hiekka ei saa sisältää yli 50 millimetriä kiviä, humusmaata, savea eikä kapillaarisuus saa olla yli 0,9 metriä. Suodatinkerros voidaan korvata myös kuitukankaalla eli geotekstiilillä, jolloin kuitenkin muiden kerrosten on täytettävä kantavuus- ja routavaatimukset. Kuitukankaat helpottavat rakennustyötä ja tekevät lopputuloksesta monesti teknisesti paremman. (Hartikainen 2003, 81–82.)

Jakavan kerroksen tärkein tehtävä on lisätä tien kantavuutta. Se jakaa tielle aiheutuvaa kuormitusta alempana oleville rakenteille. Jakava kerros myös kuivattaa tien rakennetta, vähentää roudan menemistä alusrakenteisiin ja toimii kantavalle kerrokselle oikeanmuotoisena alustana. Alusrakenteen ollessa maalajiltaan luokkiin D–G kuuluvia, täytyy tehdä jakava kerros. Se voidaan tehdä luonnosta löytyvästä kiviaineksesta tai murskatusta kiviaineksesta. Murskauksella tehtävän kiviaineksen maksimiraekoko on usein 90 millimetriä, 63 millimetriä tai 45 millimetriä. Tärkeää jakavan kerroksen kiviainesta valittaessa on, että se ei sisällä paljon hienojakoisia aineksia. Toisaalta liian isot kivet ovat myös huono asia ja-

kavassa kerroksessa. Kivien läpimitta saa olla tiivistettävästä paksuudesta korkeintaan puolet ja lisäksi maksimiraekoko ei saa ylittää 150 millimetriä. Jos tie on muuten kantava ja routimaton, voi jakavan kerroksen jättää ohueksi. Materiaaleja jakavaan kerrokseen voi olla heikosti saatavilla ja kalliita, jolloin jakava kerros voidaan tehdä samanaikaisesti ja samoista kiviaineksista kantavan kerroksen kanssa. (Hartikainen 2003, 82.)

Kantava kerros on nimensä mukaan tien kantava kerros. Sen pitää olla riittävän luja ja tasainen alusta kulutuskerrokselle tai mahdolliselle ensin tulevalle sidekerrokselle. Kantava kerros on myös rakennettava oikeaan korkeuteen ja kaltevuuteen. Kantava kerros tehdään jakavan kerroksen päälle. Kantava kerros tehdään heti alusrakenteen päälle, jos kantavuusluokka on A–C tai muissa tapauksissa jakavan kerroksen ylle. (Hartikainen 2003, 83.)

Kulutuskerros on sorateillä vähintään 35–50 millimetriä paksu. Maksimiraekoko kiviaineksella saa olla 12–18 millimetriä. Jos raekoko on suurempaa, on kerroksen oltava luonnollisesti paksumpi. Paras mahdollinen lopputulos kulutuskerrokselle saadaan, kun kulutuskerros tehdään murskatusta materiaalista, jossa on luonnostaa yleensä riittävästi hienoa maa-ainesta seassa. (Hartikainen 2003, 83.)

### 3.2 Yksityisteiden määrä ja merkitys

Suomessa koko tieverkko muodostuu 454 000 kilometrin pituisesta verkostosta. Tieverkosto koostuu yksityisteistä, joiden osuus on 350 000 kilometriä, ja kuntien hallinnoimaa katuverkkoa on 26 000 kilometriä. Väylävirasto huolehtii yhdessä ELY-keskusten kanssa maanteistä, joiden yhteispituus on noin 78 000 kilometriä. (Väylävirasto 2022.)

Pääteitä eli valta- ja kantateitä on noin 13 000 kilometriä ja yhdysteitä 64 900 kilometriä. Yhdystiet kattavat suurimman osan Väyläviraston ylläpitämästä tieverkostosta kilometrimäärällisesti, vaikkakin niiden liikennemäärät ovat vain noin runsas kolmannes. Lisäksi tieverkostoa täydentää kevyen liikenteen väylät, joita on noin 6000 kilometriä. (Väylävirasto 2022.)

### 3.3 Yksityistietyytit

Yksityistiet voidaan jakaa kolmeen kategoriaan: toimitustiet, sopimustiet ja kiinteistöjen omat tiet. Toimitustiet ovat perustettu virallisessa tietoisuudessa. Yleisesti toimitustiet ovat vain tieosakkaiden käytössä, mutta voivat olla myös yleisessä käytössä esimerkiksi läpikulkutienä. Toimitustien kunnossa- ja ylläpidosta vastaavat tieosakkaat, ja yleensä perustetaan tiekunta helpottamaan asioiden hoitamista. (Hämäläinen 2019, 8–9.)

Sopimusteitä ovat suullisella tai kirjallisella sopimuksella sovitut tien käyttöoikeudet jollekin kiinteistölle, yritykselle tai henkilölle. Käyttäjinä ja ylläpitäjinä toimivat sopimusteillä sopimuskumppanit. Sopimusteitä ei kosketa yksityistielaki muulloin kuin tien lakkauttamisen yhteydessä, ja täten on suositeltavampaa tehdä kirjalliset sopimukset, joista voidaan tarkastella sovittuja asioita vuosikymmenienkin jälkeen. Sopimusteiden riidat ratkaistaan käräjäoikeudessa. (Hämäläinen 2019, 8–9.)

Omat tiet tarkoittavat kiinteistön alueella kulkevia teitä, jotka ovat maanomistajan itse rakentamia tai muutoin liikkumisen myötä syntyneitä. Omia teitä voivat olla esimerkiksi pihatiet, talotiet, tilustiet, metsätiet, pääsytiety tai mökkitiety sekä rantaan vievät tiet. Tällaisia teitä pidetään "varsinaisina yksityistieinä" ja käyttöoikeus on maanomistajalla tai haltijalla. Omiin teihin ei yksityistielaki puutu lainkaan. (Hämäläinen 2019, 8–10.)

### 3.4 Metsätiet

Nykyinen metsätalous ja teollisuuden puunhuolto tarvitsee toimivan metsätien verkoston toimiakseen tehokkaasti ja kannattavasti. Ympärivuotisessa käyttökunnossa oleva metsätie lisää puun kysyntää ja puusta maksettavaa hintaa metsänomistajalle. Lisäksi hyväkuntoinen tiesty vähentää metsänhoidon kustannuksia. Metsätien kannattavuus perustuu hakkuissa, puutavaran kuljetuksessa ja metsänhoitotöistä tuleviin säästöihin, verrattuna tien rakentamisen ja ylläpidon kuluihin. (Greis 2018, 378–379.)



Metsäteiksi katsotaan yksityistiet, joiden pääasiallinen käyttö on tarkoitettu metsätalouden kuljetuksiin. Metsäteistä kuitenkin hyöttyy koko maaseutu ja sen elinkeinot, sekä metsätiet tukevat useita harrastajia kuten luonto- ja eräharrastajia. Lisäksi metsätieverkosto parantaa yleistä turvallisuutta lisäämällä palotorjuntaa ja pelastustoimintaa. Metsätiet rakennetaan pysyviksi, ja niiden tekninen ympäri- vuotinen käyttöikä on noin 20–30 vuotta, jonka jälkeen tie pitää peruskorjata. (Greis 2018, 378–381.)

Suomessa metsäteitä on noin 130 000 kilometriä, joka on lähes puolet kaikista yksityisteistä ja on enemmän kuin yleisiä teitä ja katuja on yhteensä. Suurin osa Suomen metsäteistä on rakennettu 1970- ja 1980-luvuilla ja on näin vanhan mitoituksen ja kulutuksen myötä perusparannuksen tarpeessa. Nykyään tehdäänkin uusia metsäteitä hyvin vähän ja pääpaino on vanhan metsätieverkoston kunnostuksessa. (Greis 2018, 378–382.)

Metsätiet luokitellaan yleisesti kolmeen luokkaan, jotka ovat runkotie, aluetie ja varsitie. Runkotie kokoa laajalta metsäalueelta liikenteen ja sillä on myös usein yleistä tienkäyttöä metsätalouden lisäksi. Runkotie on rakennettu kestävästi raskaita kuljetuksia myös kelirikon aikana. Aluetie on runkotiestä alempi luokka ja samalla Suomen yleisin metsätietyyppi. Se liittyy runkotiehen, muuhun yksityistiehen tai yleiseen tiehen. Aluetie rakennetaan kestävästi syyskelirikkoa, mutta ei kevätkelirikkoa raskailla ajoneuvoilla. Varsitie on lyhyehkö muutaman kiinteistön tai leimikon tie. Varsitie voidaankin rakentaa 3,6 metriä leveäksi poiketen muista tietyypeistä, jotka ovat vähintään neljä metriä leveitä. Varsitiet rakennetaan yleisesti kestävästi kesäaikaista raskasta liikennettä. (Greis 2018, 380–381.)

### 3.5 Metsätien kannattavuus

Metsäteiden rakentaminen ja perusparannukset ovat taloudellista toimintaa, jonka hyötyjen ja kustannusten laskentaan liittyy aina epävarmuustekijöitä. Näin ollen metsätien rakentamisen tai perusparannuksen kannattavuuslaskentaa kannattaa hyödyntää vain apuvälineenä päätöksenteossa. (Metsäteho 2001, 25.)

Metsäteiden rakentamisen ja perusparannuksen kustannukset koostuvat useista osa-alueista, kuten suunnittelusta, toteutustavasta, hankkeen koosta, maaperän ominaisuuksista, päällysrakenteista ja niiden saatavuudesta sekä tieluokasta, räjäytystöiden tarpeesta ja kone- ja palkkakustannuksista. Metsätien rakentamisen tai perusparannuksen kannattavuuslaskemissa pitää huomioida myös tiehen sidottu pääoma ja sen aiheuttamat mahdolliset korkokustannukset. Lisäksi metsäteiden vuosittaiset hoito- ja ylläpitotoimenpiteistä aiheutuva kulut tulee huomioida. (Metsäteho 2001, 25.)

Metsätiestä suurimmat hyödyt tulevat hakkuissa joko välillisesti tai välittömästi. Säästöjä tuovat metsäkuljetusmatkan lyheneminen, josta hyötyy myyjä, ostaja ja myös puunkorjuun suorittava toimija. Lisäarvoa metsätielle tuo, mikäli tien ansiosta voidaan toimia puunmyyjän omalla maalla, jolloin ei tarvitse maksaa varastotai läpivientimaksuja muille maanomistajille. Merkittävä hyöty saavutetaan, mikäli kelirikko- ja kesäaikana voidaan tasoittaa talvella tehtävää puunkorjuuta ja kuljetusta. Kelirikko- ja kesäaikaan saavutettavasta puusta maksetaan parempi hinta kuin talvileimikoista. Hietala oli opinnäytetyössään saanut hintalisäksi 4,1 euroa kuutiolta. Lisäksi hyvällä kulkuyhteydellä voidaan välttää talvikaudelta jäävän puun välivarastointi ja käsittelykustannuksilta. (Hietala 2014, 56–57; Metsäteho 2001, 25–26.)

Metsätien perusparannuksen kustannukset vaihtelevat paljon. Hietala käytti Otso Metsäpalveluilta saatuja 2010–2013 vuoden perusparannushankkeiden hintoja, joiden keskiarvoksi oli saanut 8,06 euroa metriä kohden. Salminen käytti opinnäytetyössään UPM:n kilpailuttamien 2013–2016 vuoden perusparannusten hintoja ja lisäksi vertailukohteena Metsäkeskukselta saatuja 2011–2016 vuoden hintoja toteutuneista perusparannushankkeista. Salmisen UPM:ltä saatu keskiarvohinta perusparannuksilla oli 7,03 euroa metriä kohden ja Metsäkeskuksen hinnoilla ilman Kemera-tukea 11,37 euroa tiemetriä. UPM:n hinnoista ei käy ilmi sisältääkö hinta suunnittelua ja tukia. (Hietala 2014, 47; Salminen 2016, 20–21.) Lammin Mika diplomityössään puolestaan käytti metsäteiden perusparannuksen hintana 13–20 euroa tiemetrille (Lammi 2022, 54).

Metsätien kannattavuutta parantavat myös varastokierron nopeutuminen ja näin varastoon sitoutuneen pääoman pieneminen. Lisäksi kannattavuutta lisäävät hyvän puulaadun säilyttäminen puutavarassa tehtaalle saakka ja varastohävikin pienentyminen. Suurimmat varastointihävikit tulevat tukkipuusta sekä kuusi-kuidusta. (Metsäteho 2001, 25–26.)

Metsänhoitotöissä myös saavutetaan säästöjä, mikäli tiellä saadaan lyhennettyä työkohteelle kuljettua matkaa ja aikaa. Metsäteiden rakentamisella ja perusparannuksella voidaan saavuttaa autokuljetuskustannusten pienenemistä, mikäli tien myötä saadaan kuljetusmatkaa lyhennettyä ja tehostettua. Uudet metsätiet ja perusparannetut tiet tuottavat myös yleiskustannusten pienenemistä niin puun tuottamisessa kuin hankinnassa, jos tie on ympäri vuoden käytössä ja työkohteet tietä lähellä sekä helposti saavutettavissa. (Metsäteho 2001, 25–26.)

Uuden metsätien ja vanhan perusparannuskohteen välillä on eroja kannattavuutta laskiessa. Perusparannuksen kannattavuutta laskiessa ei voida huomioida metsäkuljetusmatkan pienenemistä, sillä vanhaa tietä suurella todennäköisyydellä voidaan kuitenkin käyttää talvella maan ollessa jäässä. Lisäksi varastopai-kasta tulevaa hyötyä ei huomioida perusparannuksen kannattavuutta laskiessa ja sen vaikutus kokonaisuuteen on muutoinkin vähäinen. Kuitenkin merkittävimmät metsätien kannattavuuteen vaikuttavat tekijät ovat samat poissulkien metsä-kuljetusmatkan lyheneminen niin uuden tien kuin perusparannuskohteen välillä. (Lammi 2020, 39, 54.)

Kesäkorjuukelpoisista leimikoista tulee talvileimikoita, mikäli tiestö ei mahdollista kesäaikaista operointia. Tämä merkitsee suoraan selkeästi alhaisempia kanto-hintoja. Talvileimikoista on usein ylitarjontaa, ja puuostajien talvikiintiöt täyttyvät nopeasti. Hyvä kuntoinen tiestö mahdollistaa ympärivuotisen puukaupan ja puun-korjuun. Lisäksi se mahdollistaa myös markkinoiden hintapiikkien hyödyntämi-sen, koska helposti saavutettava leimikko on haluttu markkinoilla. (Pisto 2022.)

Metsänomistajalle perusparannuksesta ja uuden tien rakentamisesta aiheutuvat kulut ovat vähennyskelpoisia. Enimmäispoistoprosentti perusparannuksesta ja uuden tien rakentamisesta on 15 prosenttia. Poistot tehdään hankintamenosta

vuosittain. Menojen laitto poistoihin "pientää" perusparannuksesta ja tien rakentamisen todellisia kustannuksia metsänomistajalta. Tämä taas vaikuttaa vastaavasti positiivisesti investoinnin kannattavuuteen. (Verohallinto 2022.)

Metsätiellä voi myös olla merkittäviä hyötyjä metsätalouden ulkopuolisessa käytössä, kuten virkistyskäytössä luontoharrastajille ja marjastajille. Myös muut elinkeinon harjoittajat, kuten maatalous, voi hyötyä metsäteistä. Lisäksi hyvästä tieverkostosta hyötyvät palo- ja pelastustoiminta. (Metsäteho 2001, 27.)

## 4 METSÄTEIDEN HOITO JA KUNNOSTUS

### 4.1 Metsätien hoitotoimenpiteet

Hyvillä tienhoitotoimilla voidaan saada pidennettyä metsätien käyttöikä ja lykättyä perusparannusta jopa kaksi vuosikymmentä sekä välttyttyä raskaammilta korjaustoimenpiteiltä (Greis 2018, 382). Kuitenkin vuotuinen menoerä hoitotoimenpiteisiin hidastaa hoitotöihin ryhtymistä. Etenkin rumpujen ja ojien hoitotöiden jättäminen saattaa rikkoa tien hyvinkin nopeasti, jolloin tien korjaus on ainoa vaihtoehto. Metsäteillä arvioitu keskimääräinen hinta hoito- ja ylläpitokustannuksissa vuosittain on noin 100–200 euroa. (Hämäläinen 2012, 13, 18.)

Metsätien hoito- ja ylläpitokustannukset ovat perusparannetulla tiellä huomattavasti edullisemmat, kuin perusparannustarpeessa olevalla tiellä. Huonokuntoisella tiellä hoito- ja ylläpitokustannukset voivat jopa kolminkertaistua. Tällöin on tärkeää tarkastella, onko järeämpi perusparantaminen järkevämpi ja halvempi ratkaisu tiekunnalle, kuin pitää tie käyttötarkoitustaan vastaavassa kunnossa pelkästään hoito- ja ylläpitotoimilla. Tien perusparannushankkeille on mahdollista saada Kemera-tukea tai ELY-keskuksen myöntämää tukea, mitkä ovat hyvin merkittäviä. Hoito- ja ylläpitokustannuksiin ei ole mahdollista saada yksityisteille-tukea. (Pisto 2022.)

Yksityistielaki velvoittaa pitämään tien käyttötarkoitusta vastaavassa kunnossa, joten tien ylläpito on pakollista. Yksityistielaki sanoo seuraavasti:

”Tie on pidettävä tieosakkaiden liikennetarpeen edellyttämässä kunnossa niin, että kunnossapidosta ei aiheudu tieosakkaalle kohtuuttomia kustannuksia, että tiestä tai sen käyttämisestä ei aiheudu kenellekään tarpeetonta haittaa tai häiriötä taikka tarpeetonta haittaa ympäristölle tai muuta yleisen edun loukkausta. Kunnossapidossa on otettava huomioon myös liikenneturvallisuus.

Jos tie tai sen osa ei ole kenellekään tieosakkaalle välttämätön talvella, talvikunnossapito voidaan siltä osin jättää tekemättä.

Tien kunnossapidossa on tämän lain lisäksi noudatettava, mitä luonnonsuojelulaissa, vesilaissa, muinaismuistolaisissa, metsälain 3 luvussa, ympäristönsuojelulaissa sekä muussa laissa säädetään. Jos tien kunnossapitoon liittyvään toimenpiteeseen muun lain mukaan

vaaditaan viranomaisen lupa, toimenpiteeseen ei saa ryhtyä, ennen kuin lupa on myönnetty. ” (Yksityistielaki 560/2018 3.24 §.)

Tien hoitotoimenpiteet jaetaan vuodenaikojen mukaan talvi-, kevät-, kesä- ja syysyhoitotoimenpiteisiin. Talvella toimenpiteenä ovat lumen auraus ja polanteen tasaus sekä tarvittaessa liukkauden torjunta. Keväällä hoitotoimia ovat tasaus ja muotoilu sekä pölynsidonta ja vauriokorjaukset. Kesällä huolehditaan tienreunojen ja pientareiden raivauksesta sekä niitosta ja mahdollisista vauriokorjauksista. Syksyille tiehoitotoimenpiteinä jäävät tasaus, sorastus ja aurausviitoitus talvea varten. (Hämäläinen 2012, 13.)

#### 4.1.1 Talvikausi

Talvikauden hoitotehtäviin kuuluvalla aurauksella tai linkouksella pyritään varmistamaan tien liikennöinti talviaikaan ja parantamaan liikenneturvallisuutta lumiseen aikaan. Lisäksi aurauksella ja linkouksella ehkäistään paksun lumipolanteen syntyä, joka aiheuttaa vaikean sohjokelin keväällä ja lauhana talvena. Usein auraus ja linkous ovat tien vuosittaisista hoitotoimenpiteistä kalleimmat. Yksityisteille ei ole mitään lakisääteistä tai muuta sitovaa talvihoidon laatuvaatimusta, joten yksityistien auraukselle ja linkoukselle voi olla hyvin monenlaisia laatuvaatimuksia riippuen tiestä ja sen käyttötarkoituksesta. (Hämäläinen 2012, 57–59.)

Talvella tarpeen vaatiessa myös suoritetaan polanteen tasaus. Polanteen tasauksella ohennetaan tai poistetaan tielle kertynyttä jää- ja lumipolannetta, joka parantaa turvallisuutta sekä ajomukavuutta. Polanteen poisto myös vähentää sohjokeliä ja siitä aiheutuvia haittoja keväällä ja lauhana talvena. Lisäksi tien pinta kuivuu nopeammin, mikä vähentää keväällä pintakelirikon riskiä. (Hämäläinen 2012, 61.)

Yksityisteillä tarvittaessa tehdään liukkauden torjuntaa pääsääntöisesti hiekoittamalla luonnonhiekkaa ja karhentamalla polanteen pintaa. Luonnonhiekkaa käytetään lähinnä hinnan ja saatavuuden syistä, vaikka murske ja sepeli, joiden rae-  
koko on minimissään 0–2 millimetriä ja maksimissaan 8–10 millimetriä olisi parempi ominaisuuksiltaan. Liukkauden torjunnalla pyritään varmistamaan raskaan

liikenteen kulku sekä parantamaan tieturvallisuutta ja vähentämään tiekunnan vastuuta vahinkotapauksissa. (Hämäläinen 2012, 62–63.)

#### 4.1.2 Kevätkausi

Kevätajan hoitotöihin lukeutuvilla tasauksella ja muotoilulla pyritään pitämään tien kulutuskerros kunnossa. Tasauksella pyritään edesauttamaan tienpinnan kuivumista pintakelirikon aikana sekä tasoittamaan pienet kuopat sekä tienpinta. Tasoituksen yhteydessä myös pölynsidontamateriaalit sekoittuvat tien kulutuskerrokseen ja pysyvät näin toiminnassa pidemmän aikaa. Tasaus suoritetaan tien pinnan ollessa kostea. (Hämäläinen 2012, 23–25.)

Muotoilun tarkoituksena on palauttaa oikea kaltevuus tien pinnalle, jotta vesi pääsee valumaan sivuojiin. Tien oikea sivukaltevuus on 3–5 prosenttia ja kaarteissa 7 prosenttia. Lisäksi muotoilulla saadaan palautettua takaisin ajoradalle tien reunaan siirtynyt kulutuskerroksen materiaali sekä poistettua reunapalteet ja kuopat, jotka estävät veden valumisen reunojiin. Muotoilu on hyvä tehdä vilkkaammin liikennöidyillä yksityistiellä keskimäärin kerran kahdessa vuodessa ja harvemmin liikennöidyillä tarpeen vaatiessa. Yleensä tie muotoillaan, kun routa on sulanut tarpeeksi, ja tien ollessa vielä kostea. Tien muotoilun yhteydessä suoritetaan myös pölynsidonta. Pääsääntöisesti riittävänä kalustona yksityistiellä pidetään raskasta, säädettävää ja nykyaikaista tielanaa, jota voidaan vetää keski- tai suurikokoisella maataloustraktorilla. (Hämäläinen 2012, 25.)

Pölynsidonnalla vähennetään kulutuskerroksen sideaineksen poistumista tienpinnasta sekä tienhoitotoimenpiteiden määrää. Lisäksi pölynsidonnalla voidaan parantaa ajomukavuutta ja liikenneturvallisuutta sekä vähentää pölyhaittoja asu- tukselle ja ympäristölle. Pölynsidonta parantaa myös kevyen liikenteen olosuhteita. Pölynsidonta toteutetaan yleisimmin kalsiumkloridin avulla, jolla on kyky sitoa kosteutta tienpintaan sekä ilmasta että tiestä. Yleensä paras ja kustannustehokkain tapa toteuttaa pölynsidonta on levittää suola keväällä rakeisena muotoilun tai tasauksen yhteydessä. Levitys voidaan toteuttaa kuorma-auton tai traktoriin kiinnitettävillä levittimillä, pienellä lannoittimella, vedettävällä hiekoittimella tai

kylvökoneella. Yleisesti suolaa levitetään pölylle ja auringolle alttiille paikoille noin 500–1000 kilogrammaa kilometriä kohden. (Hämäläinen 2012, 26–27.)

Kevätkaudella tehdään myös tien vauriokorjauksia, kuten maakivien poistoa. Paras ajankohta maakivien poistolle on keväällä muotoilun yhteydessä, sillä maakivet irtoavat paremmin kosteasta ajoradasta. Toinen hyvä aika maakivien poistolle on syksyllä ennen tien sorastusta. Yleisesti ajoradalle nousseet maakivet poistetaan kaivinkoneella, mutta pienempiä kiviä voidaan poistaa myös tiehöylällä, traktorin sivukoukulla tai harauslaitteella. Ajoradasta poistetut kivet maisemoidaan tien sivuun. Mikäli kivet laitetaan tiealueen ulkopuolelle, on oltava maanomistajalta lupa. Kivien poistosta syntynyt kuoppa pyritään täyttämään vastaavilla maa-aineksilla, jota tiessä on käytetty. Tällä toimenpiteellä pyritään välttämään kuoppien ja routakohoumien syntyminen. On myös hyvä rikkoa ennen täyttöä kuopan pohjaa, jotta uusi maa-aines kiinnittyy paremmin. Lopuksi kuopan paikka tiivistetään hyvin. Suuria maakiviä voidaan myös poistaa räjäyttämällä, minkä jälkeen lohkat kaivetaan kaivinkoneella tai louhimalla vain kiven yläosasta, mikäli kivi ei nouse roudan vaikutuksesta. (Hämäläinen 2012, 28–29.)

#### 4.1.3 Kesäkausi

Kesäajan hoitotoimenpiteisiin kuuluvalla vesakon raivauksella ja niitolla pyritään poistamaan näköesteitä liittymistä, kaarteista, rautatien tasoristeyksistä ja muilta näkemäalueilta. Vesakonraivaus ajaa usein myös niiton tarpeen, joten niitto suoritetaan pääsääntöisesti vesakonraivauksen välivuosina. Vesakonraivaus tehdään paljon liikennöidyillä yksityisteillä noin 1–3 vuoden välein ja vähäisemmällä tienkäytöllä olevilla yksityisteillä 3–4 vuoden välein tai jopa harvemmin. Vesakonraivauksella pyritään näkemäalueiden lisäksi parantamaan sivuojen vedenvirtausta ja siistimään ympäristöä sekä ehkäisemään lumen kinostumista tielle. Vesakonraivaus kannattaa suorittaa keskikesällä, jolloin lehdet ovat täysikokoisia ja juuriston kasvupotentiaali pienimmillään. Tällä ajoituksella pyritään välttämään kantovesojen syntyä. Vesakon raivaus suoritetaan pääsääntöisesti työkonella, kuten maataloustraktorilla, johon voidaan kytkeä hydraulinen vesakkoleikkuri.



Ketjumurskainta suositellaan käytettävän, mikäli vesat ovat vahvempia ja kelmurskainta puolestaan pienille vesoille ja tienvarsien niittoon samanaikaisesti. (Hämäläinen 2012, 31–33.)

Kesäaikana hoidetaan myös liikennemerkkien ja laitteiden hoito sekä kunnostus sekä tienreunaojat perataan ja rummut kunnostetaan tarvittaessa. Hyvällä ojien hoidolla on suuri vaikutus, jotta tien rakenteet eivät rikkoudu ja vesi saadaan ohjattua pois, jotta se ei jää asumaan tierunkoon ja ojiin. Keskimääräinen ojien kunnostus tehdään 10–15 vuoden välein, ja työ ajoitetaan siten, että ojaliuskat kerkeävät nurmeltua syksyyn mennessä. Tällä pyritään parantamaan ojaliuskan pysyvyyttä seuraavana keväänä. (Hämäläinen 2012, 34–35.)

Kesäaikana tarkastetaan myös tierummut ja kunnostetaan ne tarvittaessa. Rummut voivat tukkeutua ja rikkoutua roudan aiheuttaman liikehännän, väärän asennuksen tai väärän rumpumateriaalin myötä. Rumpu voi myös puuttua kokonaan tai se on liian lyhyt tien leveyteen nähden. Rumpujen tarkastuksella ja kunnostamisella pyritään säilyttämään rummut kuivatustarpeen mukaisessa kunnossa ja vähentämään vuosittaisilla tarkastuksilla rumpujen kunnostustarvetta. Tarkastusten myötä pystytään myös ajoissa tekemään huoltotoimenpiteitä, kuten rumpujen putsaus kasvillisuudesta ja roskista sekä muista virtausta haittaavista esteistä, ennen kuin rumpu on täysin tukossa. Myös tarvittavat rummut lisätään ja vanhat rikkoutuneet korjataan tai vaihdetaan uusiin, jotta vesi ei pääse aiheuttamaan tielle vahinkoa. (Hämäläinen 2012, 37.)

Kesäaikana huolehditaan myös siltojen hoidosta ja kunnostamisesta, mikäli se on tarpeellista sekä yksittäisten tiehen syntyneiden reikien paikkaamisesta ja maakivien poistosta. Myös tien puhtaanapitotoimenpiteet, kuten puutavaran käsittelyn aiheuttamien roskien poisto sekä tienreunapuiden oksien karsiminen ajoittuvat kesäkauteen. (Hämäläinen 2012, 51.)

#### 4.1.4 Syyskausi

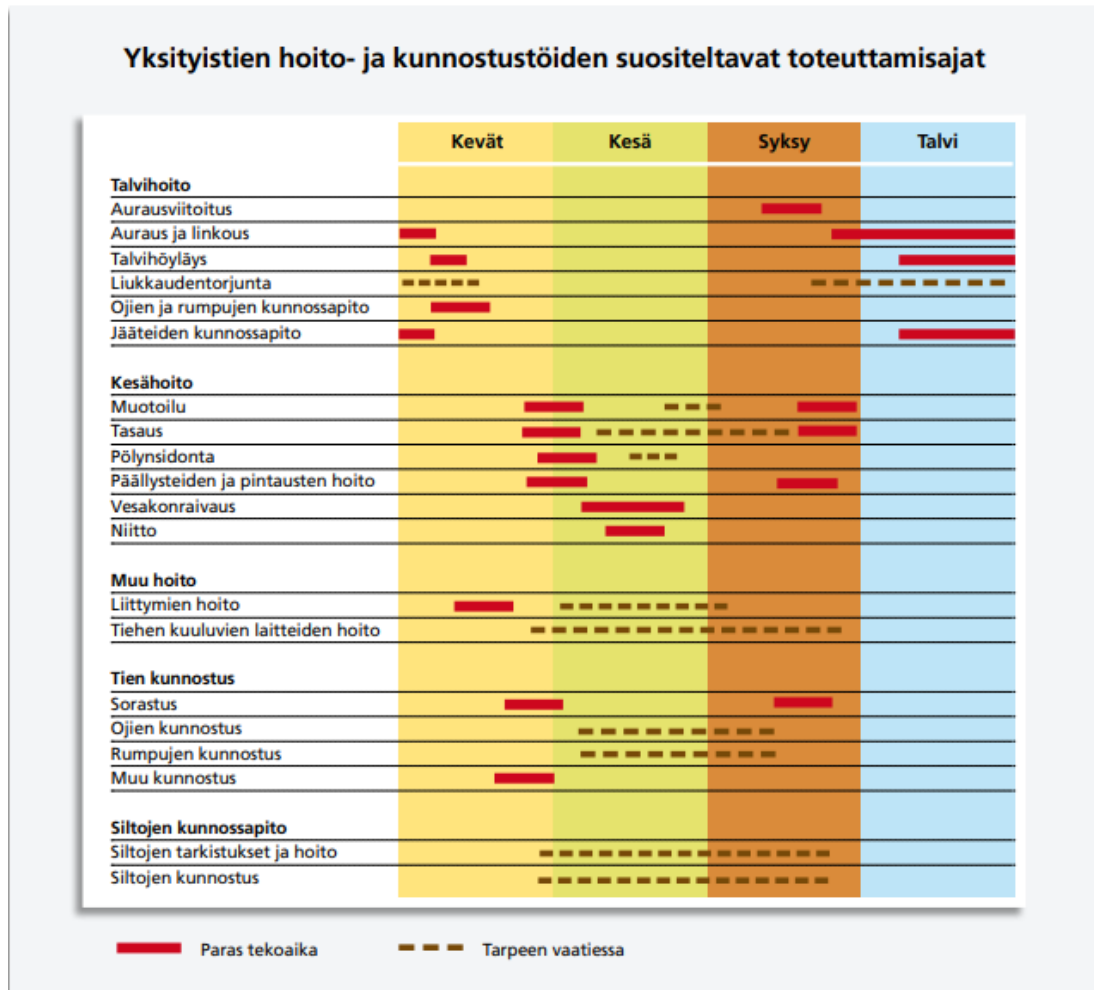
Syyskauden alkupuolella voidaan vielä tehdä kunnostustöitä, kuten kelirikon aiheuttamien vaurioiden korjauksia. Syyskauden hoitotoimenpiteiden pääpaino on

kuitenkin talvikauteen valmistautumista. Syksyllä tien pinnan ollessa kostea tehdään sorastus tarvittaessa. Tämä tehdään yleisesti vilkasliikenteisellä tiellä vuosittain, mutta vähemmän liikennöidyillä harvemmin. Sorastus ajoitetaan syksyyn, jolloin tienpinnan vanha kulutuskerros on kostea ja uusi pintamateriaali tarttuu paremmin. Tärkeintä kuitenkin on, että kulutuskerros on riittävän paksu, jotta se mahdollistaa tienpinnan tasauksen ja muotoilun. Lanaaja onkin hyvä kertomaan tienpinnan sorastamisen tarpeesta. Kulutuskerros saisi olla 60–70 millimetriä paksu, mutta kuitenkin vähintään 50 millimetrin paksuinen. Myös liian paksu kulutuskerros ei saa olla, sillä se voi altistaa pintakelirikolle. (Hämäläinen 2012, 53–54.)

Sorastuksessa kulutuskerrosmateriaaleina käytetään yleisesti vilkasliikenteisillä teillä kallio-, sora- tai moreenimursketta, jonka suurin raekoko yleisesti on 16 millimetriä. Kantavilla teillä voidaan käyttää myös hienompaa mursketta, kuten 12 millimetriä maksimiraekooltaan olevaa, tai tien pinnalla kivituhkaa, joka on 0–8 millimetrin raekokoista. Vähemmän liikennöidyillä yksityistiellä voidaan myös pintamateriaalina käyttää soraa, mikä täyttää vaaditun raekoon, joka on korkeintaan 20 millimetriä. Metsäteillä voidaan käyttää myös 31 millimetrin raekokoa, mikäli tätä ei säännöllisesti tasata, eikä ole tarkoitettu henkilöautoille. (Hämäläinen 2012, 54.)

Syyskauden lopuksi tienpinta tasataan talvea varten joko sorastuksen yhteydessä tai erikseen sateiden ja pakkasten mukaan. Talvea varten aurasviitoitetaan kaikki auruusta tai linkousta vaativat tiet. Aurasviitoituksella pyritään merkitsemään turvallinen aurasleveys ja näin ehkäisemään ojanpäälle tapahtuvaa yliauraamista. Lisäksi aurasviitoilla merkitään kapeat paikat, kuten lyhyiden rumpujen paikat ja tarvittaessa muutkin rumpujenpaikat rummunsulatuksen varalta. Aurasviitoilla merkitään myös kohtaamispaikat, liittymät tarvittaessa ja tien kavennukset. Turvallisuuden lisäämiseksi aurasviitoilla merkitään myös auruusta vaarantavat ja haittaavat kivet sekä muut esteet. (Hämäläinen 2012, 55.)

Alla olevasta kuvioista (Kuvio 3) näkee yksityistien hoito- ja kunnostustyöt kausittain. Lisäksi kuvioista näkee toimenpiteiden suositellut toteuttamisajat.



Kuvio 3. Yksityistien hoito- ja kunnossapitotöiden suositeltavat toteuttamisajat (Hämäläinen 2012, 22)

#### 4.2 Kelirikko

Kelirikolla tarkoitetaan tien merkittävää kantavuuden heikkenemistä routivalla pohjamaalla. Kantavuuden heikkenemisen aiheuttaa suuri vesipitoisuus tien rungossa ja alusrakenteissa. Tie voi vaurioitua pysyvästi ja kelirikko pahentua, mikäli tien rakennekerrokset pääsevät sekoittumaan keskenään. Yleisemmin kelirikkotiet ovat sorateitä, joista puuttuu rakennekerrokset ja lisäksi ne sijaitsevat routiilla pohjamailla. Tällaisia teitä ei ole myöskään mitoitettu kestävänsä sään ja liikenteen rasituksia, joihin ei ole rakennettu erillisiä rakennekerroksia. Kelirikkoiteillä rakennekerrokset ovat hyvin ohuita ja niiden materiaalit ovat sekoittuneet pohjamaahan, mikä edesauttaa routimista. Lisäksi usein kelirikkoiteillä esiintyy tien kuivatusongelmia, mikä myös lisää kelirikkoriskiä. (Hämäläinen 2012, 27–28.)

Keväällä kelirikossa ensimmäinen vaihe on pintakelirikko, joka syntyy roudan alkaessa sulamaan tien yläosasta ja vapauttaa vettä, mikä ei kuitenkaan pääse poistumaan tien alaosaan jään takia. Tällöin vesi pehmittää tien pintakerrosta, ja tätä kutsutaan pintakelirikoksi. Pintakelirikkoa seuraa runkokelirikko, joka etenee roudan sulamisen edettyä yhä syvemmälle tien rakenteisiin. (Hämäläinen 2012, 27–28.)

Yksi yleistyneistä pintakelirikon tyypeistä on liejuuntuminen, joka tapahtuu tienpinnan sulana ajanjaksona. Liejuuntumista aiheuttavat liian paksu kulutuskerros ja sellainen kulutuskerrosmateriaali, joka sitoo hyvin vettä. Liejuuntumista ja pintakelirikkoa tapahtuu etenkin sateisina syksyinä ja lämpiminä talvina. Pahimmat pintakelirikot nähdään yleensä pakkaskauden jälkeen, mikäli tulee lämmin ja sateinen ajanjakso, jolloin jäätynyt tienrunko sulaa ja luovuttaa vettä tienrakenteisiin. (Hämäläinen 2012, 27–28.)

Kelirikkovaurioiden syntymiseen vaikuttaa hyvin pitkälti liikenne. Mitä vilkkaampaa ja raskaampaa tien käyttö on kelirikon aikaan, sitä syvemmälle kuormitus tien rakenteissa vaikuttaa ja todennäköisemmin vaurioittaa tienrakenteita. Kelirikko vaurioiden ehkäisemiseksi voidaan tielle asettaa painorajoituksia. Yleisin rajoitus on 12 tonnia ja tilanteen vaatiessa voidaan käyttää myös neljän tonnin painorajoitusta. Mikäli kelirikon määrä on suuri, voidaan tie sallia vain henkilöautoille. Painorajoitukset pyritään pitämään vain tarvittavan ajan ja poistamaan mahdollisimman pian, kun tien pinta on saavuttanut riittävän kuivan ja kantavan kerroksen sekä routa on sulanut 80–100 senttimetrin syvyydeltä. Kelirikon kesto ja vakavuus vaihtelevat paljon säiden mukaan. Aurinkoiset, vähäsateiset ja tuuliset päivät nopeuttavat tien kuivumista, mikä lyhentää kelirikon vaikutuksia. Myös nopea tierungon jäätymisen sekä jäätymisvaiheessa matala pohjaveden pinta helpottavat kelirikkoa huomattavasti. (Hämäläinen 2012, 27–28.)

### 4.3 Perusparannus

Metsätien perusparannus tarkoittaa vanhan metsätien korjaamista vastaamaan nykyisiä puuhuollon vaatimuksia. Perusparannusta tehdessä sovelletaan tarvittaessa uuden tien rakentamissuunnitelmia ja työtapoja. Työ tehdään kaivinkoneella, jossa on vähintään kallistettava luiskakauha. (Greis 2018, 381–382.) Alla olevasta taulukosta (Kuvio 4) näkyy perusparannuksen toimenpiteet.

Perusparannuksen toimenpiteet
Tien kuivatuksen parantaminen
Rumpujen korjaus/uusiminen
Tien leventäminen
Tien muotoilu
Kivien poisto
Tiepohjan tukeminen ja vahvistaminen
Tie rungon ja päällysmateriaaline eristäminen toisistaan
Päällysrakenteen täydentäminen
Tien oikaisut
Liittymien, Kohtaamis- ja kääntymispaikkojen parantaminen

Kuvio 4. Perusparannuksen toimenpiteet (Greis 2018, 381–382)

Perusparannustarvetta aiheuttavat metsäteillä tapahtuva raskasliikenne sekä aika, jotka ovat rikkoneet ja painaneet tien rakenteita kunnossapidosta huolimatta. Metsätien perusparannuksen tärkeimpiä toimenpiteitä ovat tien kuivatuksen parantaminen perkaamalla lasku- ja sivuojat sekä korjaamalla tai uusimalla tierummut. Tierungon leventäminen on myös yksi olennaisimmista perusparannuksen toimenpiteistä yhdessä tien muotoilun ojiin viettäviksi ja maakivien poistamisen tierungosta kanssa. Lisäksi heikosti kantavilla tiekohdilla on olennaista tiepohjan vahvistaminen ja tukeminen eri keinoin sekä tierungon eristäminen suodatinkankaalla päällysrakenteista. Perusparannusten yhteydessä tiestä oikaisutaan jyrkät kaartet sekä huolehditaan riittävästä kohtaamis- ja kääntymispaikoista kuin myös hyvistä liittymistä nykypäivän kalustolle. (Greis 2018, 381–382.)

Perusparannustarpeen huomaa parhaiten ajamalla tietä pitkin. Veden seisominen reunaojissa, sekä huonosti kantavat kohdat ovat selviä signaaleja huonosti toimivasta tien kuivatuksesta. Tierungon painumisen ja routavaurioiden merkkejä

ovat ajouralle muodostuvat raiteet, reunapalteet sekä maakivine nouseminen. Myös tien mutkittelevuus ja kapeus sekä puuttuvat kohtaamis- ja kääntymispaikat kielivät heikosta tieturvallisuudesta sekä sen toimivuudesta nykypäivän kalustolle. (Greis 2018, 381.)

#### 4.4 Rakentamisen ja kunnostamisen tuet

Yksityiskäytössä olevaan metsätien kunnostamiseen ja rakentamiseen voi saada tukea ELY:ltä sekä Metsäkeskukselta haettavaa Kemera-tukea. Metsäkeskuksen myöntämä veronalainen Kemera-rahoitus on Etelä- ja Keski-Suomessa 50 prosenttia ja Pohjois-Suomessa 60 prosenttia tien kokonaiskustannuksista (Metsäkeskus 2022e). Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen myöntämä tuki voi olla tienparannushankkeissa 50 prosenttia ja merkittävässä hankkeissa jopa 75 prosenttia. Merkittäviksi hankkeiksi katsotaan esimerkiksi siltahankkeet, suurten rumpujen korjaukset ja vaihdot sekä poikkeuksellisten luonnonilmiöiden tielle aiheuttamat korjaukset. Valtion avustuksilla pyritään vähentämään yksityisteille kertynyttä korjausvelkaa. (ELY-keskus 2022.)

Kemera-tuki myönnetään todellisiin toteutuneisiin arvonlisäverottomiin kustannuksiin tukikelpoisille tiekunnan osakkaille. ELY-keskuksen tuki myönnetään puolestaan arvonlisäverollisiin kustannuksiin tiekunnalle, mikä tarkoittaa, että kaikki tiekunnan osakkaat ovat tuen piirissä. (Pisto 2022.)

Ensisijaiset avustushankkeita, joita ELY-keskus avustaa ovat huonokuntoiset sillat ja suuret tierummut, liikenneturvallisuuden kannalta tärkeät kohteet sekä merkittävät ja yllättävät luonnonolosuhteista aiheutuvat korjaustoimenpiteet. Elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus voi tukea yksityisteillä myös kuivatuksen ja kantavuuden parantamista, tielinjan siirtämistä ja oikaisua tai muuta liikenneturvallisuutta parantavaa toimenpidettä. Myös routa ja tulvavaurioiden korjaamisesta aiheutuvat kustannukset kuuluvat avustuksen piiriin. Tiehankkeen kustannuksille ei ole määritelty rajoja ELY-keskuksen tuen saamiseksi. Kuitenkin käytännössä alle 10 000 euron hankkeita ei avusteta. (ELY-keskus 2022.)

Avustus on ELY-keskuksen harkinnanvarainen päätös, ja siitä päättää sen alueen ELY-keskus, jossa tie tai suurin osa siitä sijaitsee. Avustusta haetaan pääsääntöisesti sähköisen asiointipalvelun kautta ELY-keskuksen sivuilta, ja hakulomakkeeseen on liitettävä rekisteriote ja karttaliite tien vaikutusalueelta, mistä ilmenevät myös alueella olevat pysyvät asutukset. Lisäksi on toimitettava todistus ajantasaisista tiedoista tie- ja katuverkon järjestelmään tai muu vastaava tuloste. Toimittaa täytyy myös tiekunnan pöytäkirjanote avustuksesta päätetystä kokouksesta sekä suunnitelman asiakirja, josta ilmenevät työselitys, suoritepohjainen kustannusarvio ja suunnitelmakartta. Lisäksi tarvittaessa on toimitettava aukko-lausunto silta- tai rumpumitoitukseen tarvittava asiantuntijalausunto sekä muut luvat ja lausunnot. Myös tiekunnan säännöt tulee toimittaa ELY-keskukselle, mikäli ne on erikseen vahvistettu. (ELY-keskus 2022.)

Metsäkeskuksen myöntämälle Kemera-tuelle tiekunta täytyy olla perustettu ja tiehankkeen vähimmäispituus on oltava 500 metriä. Lisäksi kunnostetun tien päällyskerros täytyy olla vähintään 3,6 metriä leveä ja uusissa tiehankkeissa päällyskerros tulee olla vähintään 4 metriä leveä. Kemera-tuki rahoituskelpoisen tien täytyy olla metsätalouskäytössä uusilla teillä 50 prosenttia ja perusparannuskohdeilla 30 prosenttia. Kemera-tuki vaatii myös töiden kilpailutusta sekä toteuttamissuunnitelman. Toteuttamissuunnitelmaan sisältyvät rahoitushakemus, metsätiesuunnitelma ja kartta, jossa on merkitty tielinja, rummut, maa-ainekerrokset ja käänntö- ja kohtauspaiikat sekä näiden mitoitus. Lisäksi suunnitelmaan kuuluvat osakastila- ja omistajaluettelo, ympäristöselvitys sekä kustannusten tilakohtainen erittely ja erittely tarvike-, työ- ja suunnittelukustannuksiin sekä muihin kustannuksiin. Toteuttamissuunnitelma pitää sisällään myös toteutussopimukset, tietoitusten ja tiekunnan kokousten pöytäkirjat ja maastotutkimuspöytäkirja tai vastaava muu dokumentti. (Metsäkeskus 2022e.)

## 5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

### 5.1 Aineisto

Tutkimuksessa käytettiin aineistoina avointa metsävaratietoa. Metsäkeskuksen sivuilta haettiin metsävarakuviot Rovaniemen kunnan alueelle. Metsävarakuviot ovat avointa paikkatietoaineistoa, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi hakkuu- ja metsänhoitotöitä suunnitellessa (Metsäkeskus 2021b, 1).

Tutkimuksessa esimerkkialueena on Rovaniemen pohjoispuolella sijaitsevan Pirttivaaran metsätie. Tie on melko heikossa kunnossa, jolloin hakkuut eivät kestäisin onnistu. Tiekunnan alueella on kaksi lyhyempää varsitietä (3 km ja 1,3 km) ja yksi aluetie (6,7 km). Tien vaikutusalueen (Liite 1) piirissä on 623 kuviota, ja alue on kooltaan noin 880 hehtaaria. Tiekunnalla on ollut tarkoitus tehdä perusparannus.

Opinnäytetöitä varten Metsäkeskus voi luovuttaa metsätietoja, jotka voivat olla esimerkiksi yhteenvetoja, tilastoja, yhteystietoja ja laskelmia. Metsätietoja varten pitää täyttää ja lähettää "metsätiedon tiedonluovutuspyyntö"-lomake. (Metsäkeskus 2021a.) Opinnäytetyötä varten pyydettiin tietoja toteutuneiden yksityisten metsäteiden perusparannushankkeiden kustannuksista. Työssä käytettiin kymmentä Pohjois-Suomessa toteutunutta hanketta, joista neljä oli Lapista, kolme Kainuusta ja kolme Pohjois-Pohjanmaalta. Vertailun vuoksi otettiin yhdet hankkeet Pohjois-Savosta, Etelä-Pohjanmaalta, Länsi-Suomesta ja Keski-Suomesta. Saadusta aineistosta laskettiin keskiarvohinnat työlajeittain ja hankkeittain.



Saimme tiedot seuraavista työlajeista:

- Suunnittelu
- Perustyöt, Aluetie, At
- Perustyöt, varsitie, vt
- Päällysrakenne, at, tonni (t),
- Päällysrakenne, vt, tonni (t),
- Muu työ,
- Rummut kpl
- Muut tarvikkeet,
- Tietoimitukset, luvat yms.
- Työnjohto.

Tien kunnossapitokustannuksia ei ole tilastoitu, joten käytettiin internetistä ja asi-  
antuntijalta saatuja tietoja. Tiedot vaihtelivat hyvin paljon, koska tien kunnossapi-  
tokustannukset vaihtelevat tapauskohtaisesti ja täten keskiarvohinta on melko  
vaikea määrittää. Aineistoihin käytettiin neljää eri lähdettä ja koostettiin niistä kes-  
kiarvotulos. Ensimmäisenä lähteenä on Suomen Tieyhdistys Ry:n julkaisema yk-  
sitystien kunnossapito – Kunnossapitotöiden suunnittelun ja toteuttamisen pe-  
rusteet. Toisena lähteenä on Työtehoseuran tekemä esimerkkilaskelma 2 ja kol-  
mantena Metsäkeskuksen tilasto ”yksitystien vuosittainen kunnossapito”. Neljän-  
tenä lähteenä käytettiin tieasiantuntijan näkemystä tienhoitokuluista. Tutkimuk-  
seen haettiin eri lähteistä tiedot höyläyksestä, lanauksesta, niitosta, oijen kunnos-  
tuksesta, sorastuksesta, suunnittelusta ja vesakonraivauksesta.

## 5.2 Kannattavuuslaskennan menetelmä

Tutkimuksessa tehdään laskentamenetelmän kehitystä ja käytetään tapaustutki-  
muksen menetelmiä. Tapaustutkimus kohdennetaan tosi syvällisesti yhteen asi-  
aan, henkilöön tai ryhmään. Tapaustutkimuksessa toivotaan, että tutkimusta voi-  
taisiin yleistää suurempaan kokonaisuuteen. Näin ei kuitenkaan yleensä ole,  
koska tutkimukset ovat usein hyvin subjektiivisia. (Cherry 2021.)

Tutkimuksessa tienkannattavuus lasketaan nykyarvomenetelmin. Nykyarvomenetelmässä tulevaisuuden tulot ja menot muutetaan nykyarvoon halutulla korkokannalla eli diskonttauskorolla. Nykyhetkeksi nykyarvomenetelmässä määritellään usein investoinnin hankintahetki. Menojen ja tulojen erotuksen perusteella voidaan määritellä investoinnin kannattavuus. Investointi on yleensä kannattavaa tehdä, jos erotus on positiivinen. (Vierros 2009.)

Työssä tien vaikutusalueeksi laskettiin kuviot, joihin on lyhin matka Pirttivaaran tieltä. Vaikutusalue rajautuu myös isoihin vesistöihin ja soihin, joiden takana oleville kuvioille täytyy mennä toisen tien kautta, vaikka kuviolle olisi pidempi matka sieltä. Käytännössä kiinteistörajojen ja kulkuoikeuksien takia joutuu mennä sellaisia reittejä, jotka eivät ole lyhimpiä reittejä kuvioille.

Työ aloitettiin kysymällä Metsäkeskukselta aineistot toteutuneista perusparannus hankkeista, laskemalla hoito ja kunnossapidon keskiarvokustannukset ja lataamalla Metsäkeskuksen avoimista aineistoista kuviokohtaiset puustotiedot alueelle. Maanmittauslaitoksen avoimista aineistoista saatiin ladattua QGIS:iin maastokarttapohjan.

Avoin metsävarakuviotieto ladattiin QGIS-paikkatieto-ohjelmaan, jossa analysoitiin saatuja aineistoja. Ensimmäisenä poistettiin laskuista kuviot, jotka eivät ole metsätalousmaata eli kitu- ja joutomaat. Kitumaata ovat kohteet, joissa puuston kasvu on 0,1–0,99 kuutiota vuodessa. Kitumaat ovat yleensä soisia ja kivikkoisia alueita. Joutomaita ovat puolestaan kohteet, jotka ovat luonnostaan täysin tai lähes puuttomia alueita, joissa puuston kasvu on vuodessa alle 0,1 kuutiota. (Tilastokeskus 2022.)

Seuraavaksi poistettiin kuviot, jotka ovat maapohjan tai heikon saatavuuden takia aina talvikohteita. Tällaisia ovat mären turvemaat tai suon takana olevat kangassaarekkeet, joihin ei ole pääsyä kesäisin. Käytännössä turvemaita pystytään toteuttaa kesän kuivimmilla hetkillä hyvällä suunnittelulla jopa paremmin kuin nykyisillä leutoina ja vähälumisina talvina. (Maa- ja metsätalousministeriö 2022.) Jäljelle jäivät silloin kuviot, jotka muuttuvat kesäkohteiksi perusparannuksen an-

siosta. Avoimen metsävaratiedon metsikön saavutettavuuden koodistossa valittiin kohdat ”ympärivuotinen”, ”myös sulan maan, mutta ei kelirikon aikana” ja ”myös sulan maan aikana kuivana kautena”.

Jäljelle jääneistä kuvioista etsittiin seuraavaksi kuviot, joissa on tulossa hakkuita lähitulevaisuudessa. Hakkuumahdollisuuksia etsittiin seuraavilta 30 vuodelta. Hakkuukypsän leimikon määrittäminen on tapauskohtaista ja vaatii nykyään vielä maastokäynnin. Tutkimuksessa käytettiin pelkästään avointa metsävaratietoa, jolloin hakkuukypsän metsän määrittäminen menee avoimen metsävaratiedon hakkuuehdotuksen mukaisesti.

Hakkuumahdollisuuksien määrittäminen Metsäkeskuksen avoimen metsävaratiedon hakkuuehdotusten mukaan onnistui vain ensimmäisen kymmenen vuoden ajalta. Avoin metsävaratieto ei anna hakkuuehdotusta kuin ensimmäiselle kymmenelle vuodelle. Vuosien 10–20 hakkuumahdollisuudet täytyi etsiä eri kautta. Hakkuumäärät haettiin siten, että kuviot, joissa hakkuuehdotus oli ehdotettu ensimmäisen neljän vuoden aikana eli vuoteen 2025, tuli oletettavasti vielä neljännen viisivuotiskauden aikana uudestaan seuraavaan hakkuuseen. Ensiharvennusleimikosta tulee harvennusleimikko ja harvennusleimikosta syntyy avohakkuuleimikko. Keskimääräinen hakkuukertymä eri hakkuutavoille saatiin laskeamalla pinta-alalla painotettu keskiarvo vuosien 2022–2031 hakkuista. Tällä keskiarvolla kerrottiin kuviot, jotka ovat tulossa hakkuuseen neljännellä viisivuotiskaudella.

Jäljelle jäivät kuviot, joille ei ole annettu yhtään hakkuuehdotusta. Tällaisia oli lähinnä kehitysluokan 02 ja 03 kuviot. Kehitysluokan 02 kuvioiden puusto voi olla vielä sen verran pientä, että ensiharvennus ei ole ajankohtainen ensimmäisen kymmenen vuoden aikana. Hakkuuehdotusta ei ole tullut ensimmäisen kymmenen vuoden aikana kehitysluokan 03 sellaisille kuvioille, jotka ovat juuri harvennettuja tai juuri muuttanut 02 kehitysluokasta 03 kehitysluokkaan. Etsittiin tällaiset kuviot ja oletettavaa oli, että osaan kuvioista oli tulossa ensiharvennus, harvennus tai avohakkuu seuraavan 10–20 vuoden aikana myös näihin kuvioihin.

Kuviot etsittiin QGIS:llä siten, että laitettiin kuvioiden löytämisen ehdoiksi ensin jo aikaisempi ”metsämaa”, ”ympärivuotinen”, ”sulan maan aikana, mutta ei kelirikon

aikaan” ja ”sulan maan aikaan kuivana kautena”. Sen jälkeen lisättiin ehdoiksi, että keskipituus täytyy olla yli seitsemän metriä ja poistaa kuviot, joille on annettu hakkuuehdotusvuosi. Jäljelle jäävistä kuvioista 02 kehitysluokan metsistä puolet laitettiin ensiharvennukseen ja puolet lepoon. Kehitysluokan 03 metsien pinta-alasta puolet laitettiin harvennukseen ja puolet avohakkuuseen.

Viimeiseltä eli kolmannelta vuosikymmeneltä laskettiin hakkuukertymät vain käyttämällä aikaisemman 20 vuoden hakkuiden keskimääräistä vuosittaista hakkuumäärää. Avointa aineistoa hyödyntäen on mahdotonta sanoa todellisia hakkuumääriä yli 20 vuoden päähän, joten keskiarvoinen vuosittainen kertymä oli ainut mahdollisuus. Kaukaa tulevaisuudesta tulevien menojen ja tulojen vaikutus nettonykyarvoon on kuitenkin pieni.

Seuraavaksi laskettiin, paljonko alueelta on tulossa kuutioita vuosittain ja viisivuotiskausilla. Tutkimuksessa hakkuut tehdään jaksollisen metsänkäsittelyn mukaan. Seuraavaksi kerrottiin hakkuumäärät metsä- ja tieasiantuntijoiden arvioimalla puusta saatavasta hintalisästä, kun talvileimikosta syntyy kelirikko- tai kesäkorjuukelpoinen kohde. Tätä saatua tulon lisäystä verrattiin metsätien perusparannuksesta aiheutuviin kustannuksiin. Kunnossapidosta koituu kustannuksia vuosittain perusparannuksen jälkeenkin. Seuraavaksi laskettiin vuosittaiset tulot ja menot 20 ja 30 vuoden ajalta (Liite 2), mitkä diskontattiin kolmen prosentin korkokannalla nykyhetkeen, jolloin saatiin investoinnille nettonykyarvo. Perusparannukseen voi hakea Kemera-tukea, joka otettiin myös huomioon tässä tehtävässä.

Herkkyysanalyysillä saadaan erilaisia lopputuloksia, kun käytetään monenlaisia laskentaparametrejä. Kemera-tuen pois jättäminen, investoinnin vaikutusajan muuttaminen 20 vuodelta 30 vuodelle, perusparannuksen kustannusten muuttaminen, kuutiolta saadun euromäärän muutos ja korkokannan muutos ovat hyviä muuttujia muokattavaksi. Näistä tehtiin taulukoita, jotka näyttävät perusparannuksen kannattavuuden muutosta, kun muuttujan arvo muuttuu.

Tutkimuksessa määriteltiin myös investoinnin aloitusajankohdan kannattavuuden perusteella. Tällöin saatiin tieto kannattaako metsätie rakentaa heti, viiden vuoden päästä vai kymmenen vuoden päästä. Hakkuiden ajankohtaisuus mietitään viisivuotiskausien mukaan. Jos hakkuita ei ole tulossa kannattavaa määrää heti ensimmäisellä viisivuotiskaudella, on perusparannusta kannattavaa siirtää viisi vuotta. Perusparannusta ei ole järkevää siirtää kovin kauaksi, koska silloin kii-reelliset hakkuut joudutaan tekemään talvella, vaikka leimikko olisi muuten kesä-korjuukelpoinen.

## 6 TUTKIMUSTULOKSET

### 6.1 Tutkimuksen pohjatietoa

Ensimmäinen tutkimusongelmamme oli, kuinka avointa metsävaratietoa voidaan hyödyntää kannattavuuslaskelmassa. Avointa metsävaratietoa voi hyödyntää kannattavuuslaskennassa hyvin ensimmäisen kymmenvuotiskauden hakkuumäärän laskennassa sekä korjuukelpoisuuden määrittämisessä. Jälkimmäisellä kymmenvuotiskaudella avointa metsävaratietoa voidaan hyödyntää laskennallisen hakkuumäärän apuna, mutta suoraan hakkuumääriä ei avoimesta aineistosta saada.

Tienvaikutusalue on pinta-alaltaan 880 hehtaaria, joka koostuu 623 metsävarakuviosta. Poistimme kuviot, joille on määritelty avoimessa metsävaratiedossa korjuukelpoisuustasoksi ”vain, kun maa on jäässä” ja kuviot, joiden pääluokka oli muu kuin metsämaa. Kartalle jäivät siis metsämaakuviot, joiden saavutettavuus on ”ympärivuotinen”, ”myös sulan maan aikaan, mutta ei kelirikon aikana” ja ”myös sulan maan aikana kuivana kautena”. Tällaisia kuvioita alueellamme on 190 kappaletta. Hakkuuehdotuksia näistä kuvioista on ehdotettu 106 kuviolle. Alueella on metsävarakuvioita 84 kappaletta, joille ei ole hakkuuehdotuksia.

Hakkuukertymä alueellamme on ensimmäisen kymmenen vuoden aikana kokonaisuudessaan 14 508,82 m<sup>3</sup>. Toisen kymmenen vuoden aikana syntyy hakkuukertymää 16941,9 m<sup>3</sup>. Vuosikohtaisesti hakkuumäärät jakautuvat alla olevan taulukon mukaisesti (Taulukko 2):

Taulukko 22. Hakkuumäärät vuosittain 20 vuoden ajalta

Vuosi	Kertymä M <sup>3</sup>
2022	10157,6
2023	140,7
2024	193,1
2025	659,1
2026	493,5
2027	539,7
2028	109,6
2029	930,0
2030	443,9
2031	841,6
2032	831,4
2033	831,4
2034	831,4
2035	831,4
2036	831,4
2037	2455,2
2038	2455,2
2039	2455,2
2040	2455,2
2041	2455,2
<b>Yhteensä</b>	<b>30941,9</b>
<b>Keskiarvo M3/Vuosi</b>	<b>1547,1</b>
<b>Keskiarvo vaikutusalueen (880ha) hehtaaria kohden M3/Vuosi</b>	<b>1,82</b>

Hakkuukertymistä huomataan, että ensimmäisen vuoden hakkuukertymä on yli 10 000 kuutiota, kun taas siitä seuraavan yhdeksän vuoden aikana hakkuukertymä ei ylitä tuhatta kuutiota. Hakkuukertymän ollessa suurin vuonna 2022 eli 10 157 kuutiota, on pienin kertymä puolestaan heti seuraavana vuonna, jolloin kertymä on 109,6 kuutiota. Avoimen hakkuuehdotuksen puuttumisen takia vuosien 2032–2036 ja 2037–2041 hakkuumäärät ovat viisivuotiskausittain samat. Kolmannen viisivuotiskauden hakkuukertymät ovat keskimäärin reilu 830 kuutiota vuodessa ja viimeisellä viisivuotiskaudella keskimäärin 2455 kuutiota vuodessa

Avoimen aineiston perusteella alueelle ehdotetaan viittä erilaista hakkuutapaa. Taulukosta 3 nähdään kuinka hakkuumäärät ovat jakautuneet eri tavoille. Samaisesta taulukosta näkee myös kertymät viisivuotiskausittain.

Taulukko 33. Hakkuukertymät hakkuutavoittain ja viisivuotiskausittain.

Hakkuutapa	Vuosi	Kertymä M <sup>3</sup>	Vuosi	Kertymä M <sup>3</sup>	Yhteensä
Ylispuiden poisto	2022-2026	149.4	2027-2031	0.0	149.4
Ensiharvennus	2022-2026	1389.8	2027-2031	350.0	1739.7
Harvennus	2022-2026	2152.0	2027-2031	690.4	2842.4
Avohakkuu	2022-2026	7952.8	2027-2031	1758.2	9711.0
Siemenpuuhakkuu	2022-2026	0.0	2027-2031	66.2	66.2
<b>Yhteensä</b>	<b>2022-2026</b>	<b>11644.0</b>	<b>2027-2031</b>	<b>2864.8</b>	<b>14508.8</b>

Hakkuutapa	Vuosi	Kertymä M <sup>3</sup>	Vuosi	Kertymä M <sup>3</sup>	Yhteensä
Ylispuiden poisto	2032-2036	71,0	2037-2041	71,0	142,1
Ensiharvennus	2032-2036	608,3	2037-2041	608,3	1216,5
Harvennus	2032-2036	810,2	2037-2041	2203,6	3013,8
Avohakkuu	2032-2036	2667,3	2037-2041	9393,4	12060,7
<b>Yhteensä</b>	<b>2032-2036</b>	<b>4156,8</b>	<b>2037-2041</b>	<b>12276,2</b>	<b>16433,1</b>

Avohakkuista kertyy 70 prosenttia koko alueen hakkuumääristä, määrän ollessa vajaa 22 000 kuutiota. Harvennuksista puolestaan kertyy 5856 kuutiota ja ensiharvennuksesta noin 2960 kuutiota. Ylispuiden poistosta ja siemenpuuhakkuista kertyy vielä hieman lisää hakkuukertymää. Hakkuut painottuvat selkeästi ensimmäiselle viisivuotiskaudelle ja viimeiselle viisivuotiskaudelle. Hakkuukertymästä 38 prosenttia syntyy ensimmäisen viisivuotiskauden aikana ja 40 prosenttia viimeisen viisivuotiskauden aikana. Keskimmäisten viisivuotiskausien hakkuukertymät kokonaiskertymästä ovat näin ollen 22 prosenttia.

## 6.2 Perusparannuksen kustannukset

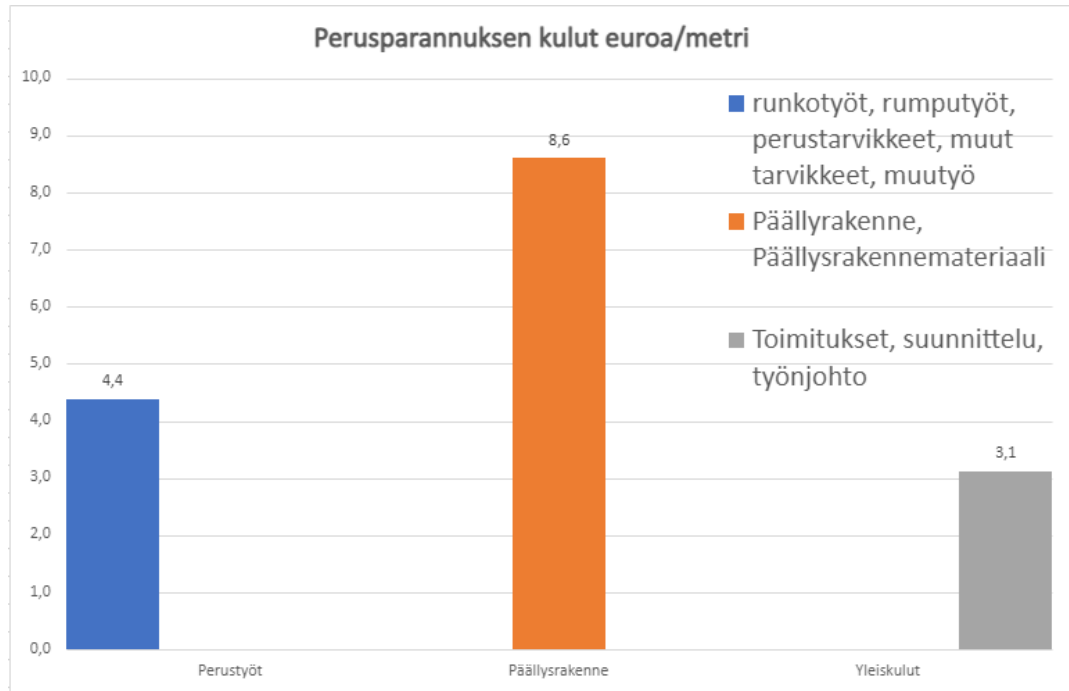
Perusparannuksen kustannuksiksi saatiin laskemalla keskiarvo 11 eri hankkeesta. Tiehankkeista yksi on runkotie, kahdeksan aluetietä ja kaksi varsitietä. Tie hankkeiden keskiarvo hinnaksi saatiin 16,1 euroa metriltä. Alla olevasta taulukosta näkee, millainen vaihtelu eri hankkeilla oli (Taulukko 4).



Taulukko 44. Hankkeiden pituudet, hinta euroa/metri ja tietyypit

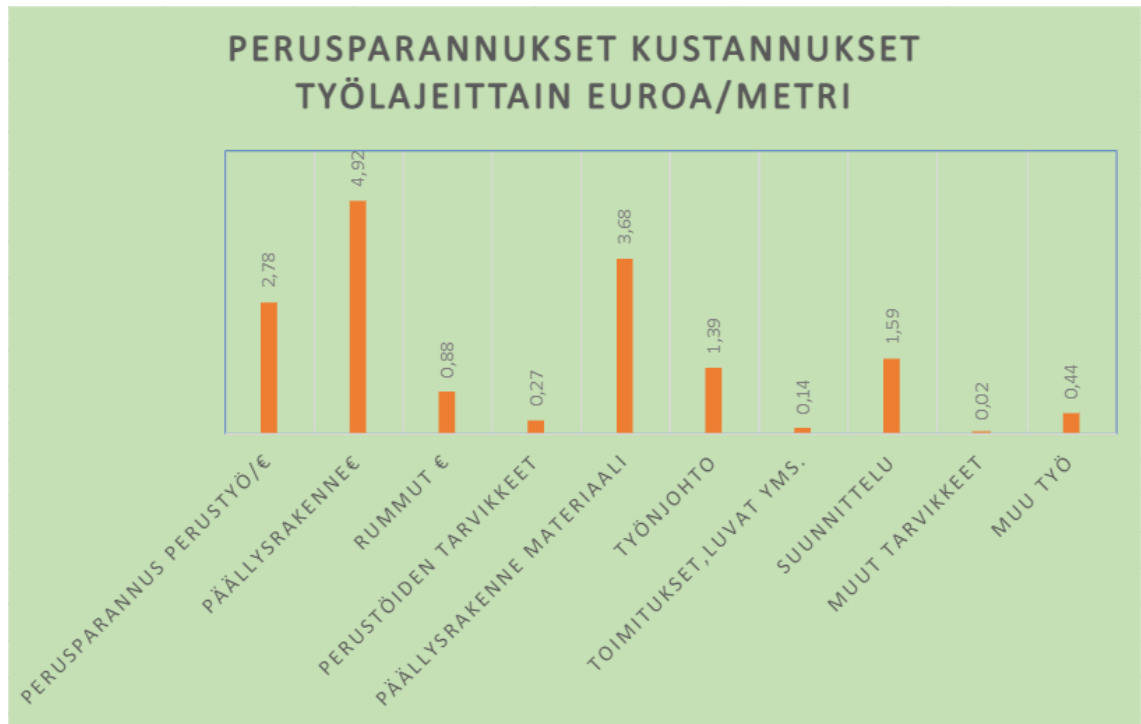
Alue	Tien pituus/m	Yht.€/m	Tietyyppi
Lounais-Suomi	5500	17,31	Aluetie
Pohjois-Suomi	5492	17,72	Aluetie
Pohjois-pohjanmaa	5084	15,74	Aluetie
Pohjois-pohjanmaa	7696	20,36	Aluetie
Keski-suomi	3634	9,71	Aluetie
Kainuu	3100	15,48	Aluetie
Pohjois-Suomi	6875	12,12	Aluetie
Kainuu	6501	18,46	Aluetie
Pohjois-Suomi	3395	26,37	Runkotie
Kainuu	2297	13,64	Varsitie
Pohjois-Suomi	3254	10,31	Varsitie
<b>Keskiarvo</b>	<b>4803</b>	<b>16,11</b>	

Perusparannusten kustannuksissa on hajontaa. Hinnat vaihtelevat vajaasta kymmenestä eurosta jopa reiluun 26 euroon metriä kohden. Tiehankkeiden pituudet vaihtelevat vajaasta kahdeksasta kilometristä vajaaseen 2300 metriin, keskiarvon ollessa 4803 metriä. Kuviossa 5 perusparannuksen kustannukset on jaettu kolmeen pääryhmään, perustyöt, päällysrakenne ja yleiskulut.



Kuvio 5. Perusparannuksen kustannukset euroa/metri

Suurimmat kulut koostuvat päällysrakenteesta, johon sisältyy sekä päällysrakentaminen ja päällysrakennemateriaali. Päällysrakenne kulut ovat yli puolet perusparannusten kustannuksista. Toiseksi suurimmat kulut tulevat perustöistä, johon sisältyy runkotyöt, rumputyöt, perustarvikkeet, muut tarvikkeet ja muu työ. Pienimmät kulut koostuvat yleiskuluista, johon sisältyy tietoinen, suunnittelu ja työnjohto. Alla olevasta kuviosta (Kuvio 6) puolestaan ilmenee perusparannuksen metrihinnat työlajeittain.



Kuvio 6. Perusparannuksen kustannukset työlajeittain €/metri

Kuviosta huomataan päällysrakenteen ja päällysrakenteen materiaalin suuret kulut verrattuna muihin perusparannuksen kuluihin. Perusparannuksen perustyö koostuu myös noin 2,8 euroa metriltä. Muut työlajit ovat alle 1,6 euroa metriltä.

### 6.3 Tiehoidon kustannukset

Tiehoidon- ja kunnossapidonkustannukset Pirttivaaran metsäautotiellä 20 vuoden ajanjaksolle maksavat perusparannuksen jälkeen yhteensä 44 945 euroa + arvolisävero. Keskimääräinen vuosittainen hinta kilometriä kohden perusparannetulla tiellä on 204 euroa (Taulukko 5).

Taulukko 5. Hoito- ja kunnossapitokustannukset perusparannetulla tiellä (Hämäläinen 2012, 54; Metsäkeskus 2022f, 1–6; Työteho-seura 2019, 1–6; Pisto 2022).

Hoito- ja kunnossapitokustannukset			
	Hinta €/km tai kpl	Aikaväli	€/11km/20v
Suunnittelu	2100 €/kpl	10v	2100
Höyläys	75 €/km	10v	825
Lanaus	50 €/km	Vuosittain	11000
Sorastus	330 €/km	5v	14520
Ojien kunnostus	1000 €/km	10v	11000
Vesakonraivaus/niitto	100 €/km	4v	5500
Yhteensä kuluja 20v aikana			44945
Vuosittainen keskimääräinen €/km			204

Suurimman yksittäisen kuluerän hoito- ja kunnossapitotoimenpiteissä aiheuttaa kymmenen vuoden välein tehtävä ojien kunnostus, joka Pirttivaaran 11 kilometrin pituisella metsätiellä varsitiet mukaan luettuna on 11 000 euroa. Lisäksi merkittävää menoerää aiheuttavat viiden vuoden välein tehtävä sorastus sekä vuosittain tehtävä lanaus. Halvin hoitotoimenpide Pirttivaaran metsätiellä on yksittäinen tien höyläys, joka suoritetaan kymmenen vuoden välein. (Taulukko 6.)

Taulukko 6. Hoito- ja kunnossapitokustannukset vuosittain (Hämäläinen 2012, 54; Metsäkeskus 2022f, 1–6; Työteho-seura 2019, 1–6; Pisto 2022).

Hoito- ja kunnossapitokustannukset vuosittain perusparannuksen jälkeen							
Vuosi	Suunnittelu	Höyläys	Lanaus	Sorastus	Ojien kunnostus	Vesakonraivaus/Niitto	Meno erä/€
1			550				-550
2			550				-550
3			550				-550
4			550			1100	-1650
5			550	3630			-4180
6			550				-550
7			550				-550
8			550			1100	-1650
9			550				-550
10	2100	825	550	3630	11000		-18105
11			550				-550
12			550			1100	-1650
13			550				-550
14			550				-550
15			550	3630			-4180
16			550			1100	-1650
17			550				-550
18			550				-550
19			550				-550
20			550	3630		1100	-5280
							-44945

Taulukosta 6 näkee hoito- ja kunnossapidosta aiheutuvat vuosittaiset menoerät ja toimenpiteiden toteutusvuodet. Joka viides vuosi menoerä on korkeampi joutu- en sorastuksen aiheuttamasta kulusta. Kymmenentenä vuonna menoerä on vielä huomattavasti korkeampi, sillä ojien täsmäkunnostus, sorastus, höyläys ja suunnittelu tapahtuvat samana vuonna.

#### 6.4 Puusta saatava lisähinta

Puusta maksetaan paremmin, kun leimikko saadaan tehtyä talven sijasta kesällä. Hintakerot vaihtelevat jonkin verran. Tietoa ei ole varsinaisesti tilastoitu, joten hin- talisä määritellään asiantuntijoiden näkemysten mukaisesti. Kysyimme puheli- mitse kahdelta kokeneelta asiantuntijalta ja yhdeltä maanomistajalta, mitä he ar- velisivat hinnan nousun olevan keskimäärin kuutiolta. Aiheen herkkyyden takia nimet ovat jätetty tutkimuksesta pois.

Kainuulaiselle metsänomistajalle oli tarjottu tukilta kahdeksaa euroa kuutiolta parempaa hintaa. Hänen mukaansa keskimääräinen hinnan nousu on noin kolmesta neljään euroa kuutiolta. Pohjois-Pohjanmaalla työskentelevän metsäasiantuntijan mukaan hinnan nousu keskimäärin olisi noin neljä euroa kuutiolta. Puolestaan toisen myös Pohjois-Pohjanmaalla työskentelevä metsäasiantuntija arveli hinnan nousun olevan tukilta viisi euroa kuutiolta ja kuidulta kahdesta kolmeen euroon kuutiolta, jolloin keskihinta on noin 3,5 euroa kuutiolta. Näiden kokemusten perusteella käytämme työssämme puusta saatavana hintalisänä 3,6 euroa kuutiolta.

## 6.5 Kannattavuus

Kannattavuus lasketaan nykyarvomenetelmällä, jossa tulevaisuudessa syntyvät puunhintasat ja menot diskontataan nykyhetkeen (Fernando 2021). Tehdään taulukko, josta näkee vuosi vuodelta menot, tulot ja nettonykyarvon. Alla olevassa taulukossa nähdään Pirttivaaran metsätien kannattavuudesta yhteenvedon (Taulukko 7):

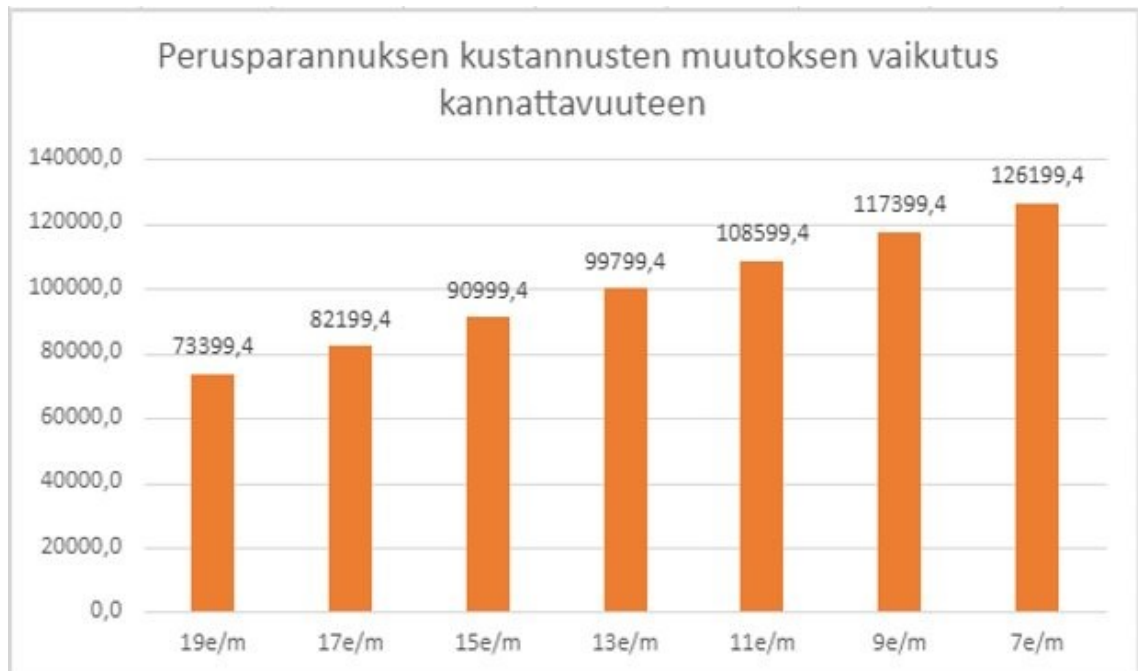
Taulukko 7. Kannattavuuslaskelman yhteenvedo

Yhteenvedo					
Ajanjakso	Tulot	Menot	Säästöt	Yhteensä	Nettonykyarvo
20 vuodelta	111390,7	-70840,0	44395,0	84945,7	49260,1
30vuodelta	167086,3	-70840,0	66460	162706,3	87259,4

Toisena tutkimusongelmana oli, onko Pirttivaaran metsätien perusparannus kannattava. Hakkuumäärä kerrotaan 3,6 euroa kuutiolta hintalisällä, milloin tuloja seuraavan 20 vuoden aikana 111 390,7 euroa. Tien perusparannuksen kulut ovat Kemera-tuki huomioon otettuna 70 840,0 euroa. Säästöjä saadaan ylläpitokustannuksista 20 vuodessa noin 44 400 euroa, ja 30 vuodessa noin 66 479 euroa. Nettonykyarvo kolmen prosentin korkokannalla 20 vuoden ajalta on 49 260 euroa. Investoinnin vaikutusaikaa jatkaessa 30 vuoteen muuttuu nettonykyarvo 38 000 euroa kannattavammaksi. Voidaan todeta, että Pirttivaaran metsätie perusparannus on kannattava tehdä. Pirttivaaran metsätie on plussalla 87 260 euroa, kun käytetään 30 vuoden käyttöikä, kolmen prosentin korkokantaa ja 3,6 euron hintalisää.

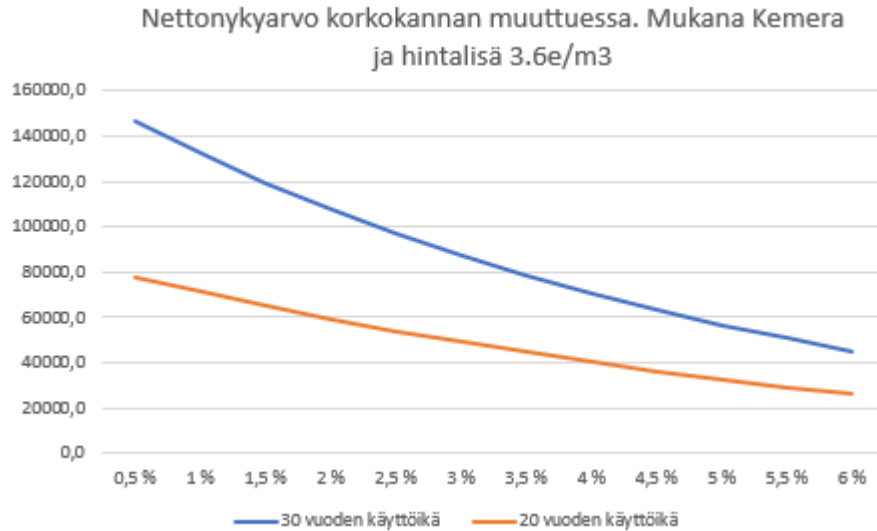
## 6.6 Herkkyysanalyysi

Erilaisia lopputuloksia saadaan aikaan, kun muokataan, perusparannuksen kustannuksia, korkokantaa, puusta saatavaa hintalisää ja investoinnin vaikutusaikaa muuttamalla 20 vuodesta 30 vuoteen. Perusparannuksen kustannuksia muuttaessa investoinnin kannattavuus muuttuu (Kuvio 7).



Kuvio 7. Perusparannuksen kustannusten muutoksen vaikutus investoinnin kannattavuuteen

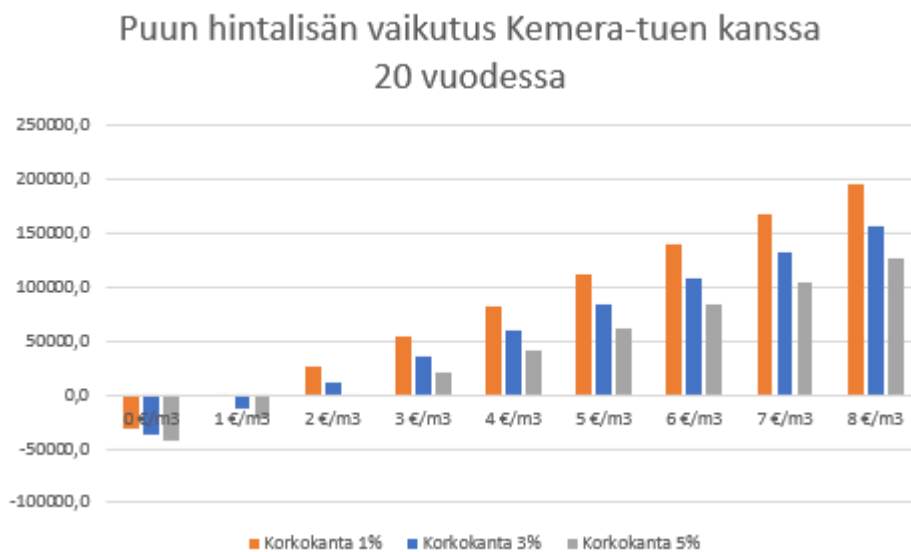
Perusparannuksen kustannusten putoaminen 15 eurosta metriltä 11 euroon metriltä nostaa investoinnin kannattavuutta noin 8600 eurolla. Puolestaan kustannusten nousu 15 eurosta metriltä 19 euroon metriltä laskee kannattavuutta 26 600 euroa. Korkokannan muutos näkyy nettonykyarvossa kuvion 8 mukaisesti:



Kuvio 8. Korkokannan vaikutus perusparannushankkeen kannattavuuteen

Korkokannan noustessa huomataan, että investoinnin kannattavuus laskee 3,6 euroa kuutiolta hintalisällä noin 45 000 euroa puolen prosentin ja kuuden prosentin välillä, kun käyttöikänä käytetään 20 vuotta. 30 vuoden käyttöiällä puolestaan muutos on 90 000 euroa puolen prosentin ja kuuden prosentin välillä.

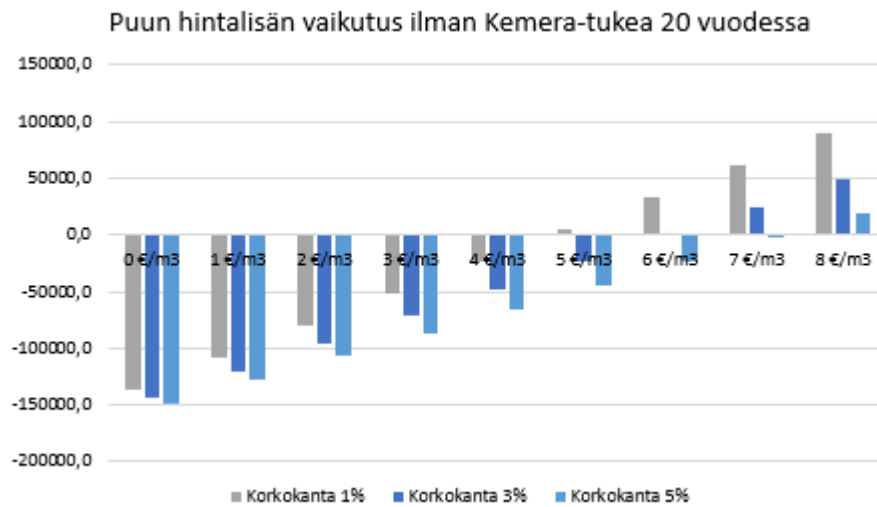
Puusta saatavan hintalisän muutos näkyy puolestaan alla olevista taulukoista (Kuvio 9 ja Kuvio 10). Kuviossa 9 on Kemera-tuki otettu huomioon ja alemmassa (Kuvio 10) ei ole.



Kuvio 9. Puusta saatavan hintalisän vaikutus nettonykyarvoon Kemera-tuen kanssa



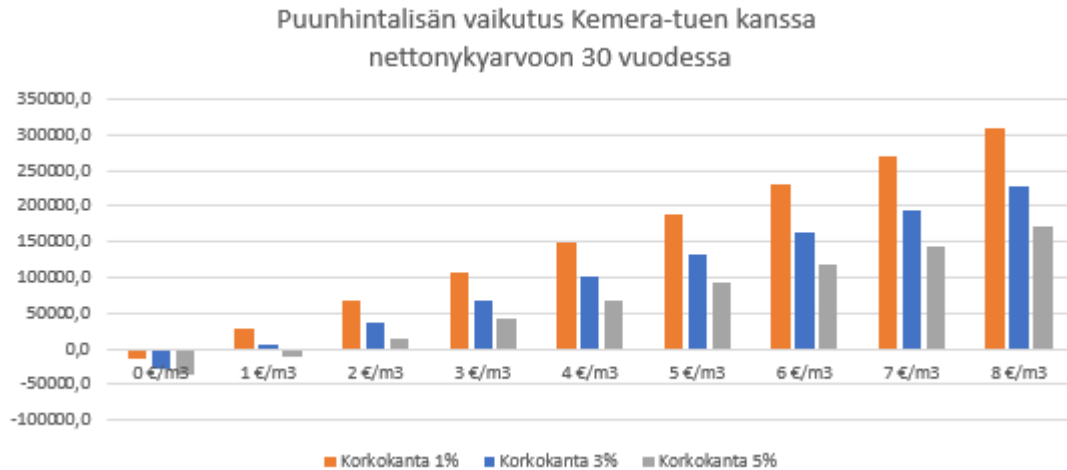
Kuviosta huomataan, että Kemera-tuen kanssa tieinvestointi muuttuu kannattavaksi 20 vuodessa hintalisän ollessa noin eurosta kahteen euroon kuutiolta. Alla olevasta kuviosta (Kuvio 9). Yhden prosentin korkokannalla tieinvestointi muuttuu kannattavaksi hintalisän ollessa euron kuutiolta. Viiden prosentin korkokannalla investointi muuttuu kannattavaksi kahden euron hintalisällä. Ilman Kemera-tukea puolestaan huomataan, että plussan puolelle päästään korkokannasta riippumatta noin kuuden euron hintalisällä (Kuvio 10).



Kuvio 10. Puusta saatavan hintalisän vaikutus nettonykyarvoon ilman Kemera-tukea.

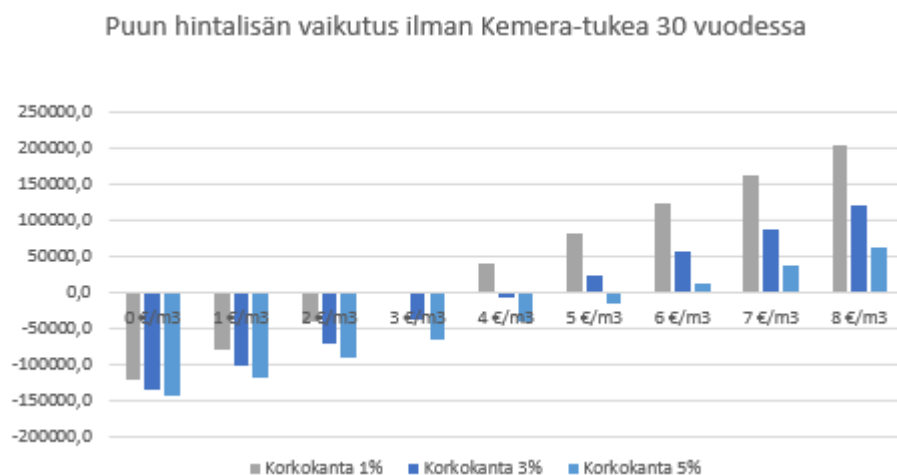
Investointi muuttuu kannattavaksi prosentin korkokannalla, kun hintalisä on noin viisi euroa kuutiolta. Puolestaan hintalisän täytyy olla seitsemän euroa kuutiolta, jotta investointi muuttuu kannattavaksi viiden prosentin tuottovaatimuksella.

Investoinnin vaikutusajan muuttuessa 20 vuodesta 30 vuoteen investoinnin kannattavuus muuttuu. Alla olevissa kuvioissa on kuvattuna nettonykyarvon muutos hintalisän muuttuessa. Ylempään kuvioon (Kuvio 11) on huomioitu Kemera-tuki ja alemmaan (Kuvio 12) ei.



Kuvio 11. Puusta saatavan hintalisän vaikutus nettonykyarvoon Kemera-tuen kanssa 30 vuoden käyttöiällä

Kuviosta 11 huomataan hyvin, että tieinvestointi muuttuu kannattavaksi noin euron hintalisällä korkokannasta riippumatta, kun investoinnin vaikutusaika on 30 vuotta. Eroa 20 vuoden vaikutusaikaan on noin euro kuutiolta. Investointi muuttuu kannattavaksi prosentin korkokannalla, kun hintalisä on noin 40 senttiä kuutiolta. Puolestaan hintalisän täytyy olla 1,3 euroa kuutiolta, jotta investointi muuttuu kannattavaksi viiden prosentin tuottovaatimuksella. Puun hintalisän vaikutus investoinnin kannattavuuteen ilman Kemera-tuen vaikutusta näkyy alla olevassa kuviossa (Kuvio 12).



Kuvio 12. Puusta saatavan hintalisän vaikutus nettonykyarvoon ilman Kemera-tukea

Investointi tulee kannattavaksi kolmen euron hintalisällä, kun käytetään korkokantana yhtä prosenttia. Viiden prosentin korkokannalla investointi muuttuu kannattavaksi noin 5,5 euron hintalisällä.

Tieinvestoinnin aloitusajankohta on heti. Nettonykyarvo laskettuna nykyhetkestä antaa parhaimman tuloksen, verrattuna aloitusajankohdan ollessa viiden vuoden tai kymmenen vuoden päästä. (Taulukko 8.)

Taulukko 8. Perusparannuksen ajankohdan vaikutus investoinnin kannattavuuteen.

Investoinnin aloituskohta			
	Nyt	Vuonna 2026	Vuonna 2032
Tulot	111390,7	97320,1	114854,6
Menot	-70840,0	-70840,0	-70840,0
Nettonykyarvo	49260,0	27533,2	36246,5

Investoinnin aloittamisella on tuloihin hieman merkitystä, koska 20 vuoden aikajaksoilla tulot muuttuvat jonkin verran. Menot pysyvät luonnollisesti samoina ajoituskohdasta riippumatta. Nettonykyarvon perusteella investointi kannattaa tehdä heti. Nettonykyarvo on suurin heti aloittaessa, koska ensimmäisenä vuotena hakkuutuloja tulee paljon verrattuna seuraaviin vuosiin. Nettonykyarvo on heti tehtäessä 21 700 euroa suurempi kuin viiden vuoden päästä aloittaessa.

Nettonykyarvossa tulojen ja menojen merkitys pienenee, mitä kauemmaksi mennään investointi hetkestä ja puolestaan alussa merkitys on suurempaa. Kymmenen vuoden päästä aloitettuna eroa ei ole hirveästi verrattuna heti aloittamiseen. Investointi kuitenkin kannattaa tehdä heti, koska muuten ensimmäisen kymmenen vuoden aikana tehdyt hakkuut on jouduttava tekemään edelleen talvikorjuukohteina.

## 6.7 Johtopäätökset

Tutkimuksessa käytetty avoin metsävara-aineisto on luotettavaa etenkin kokonaispuuston tilavuuden mittauksissa kasvatettavissa sekä uudistuskypsissä metsiköissä. Lisäksi avoin metsävaratieto-aineisto antaa hakkuuehdotukset ensim-

mäiselle kymmenelle vuodelle mielestämme kohtuullisella tarkkuudella. Ongelmaksi muodostuivat seuraavat 10–30 vuoden hakkuumäärät, joita avoin metsävaratieto-aineisto ei ehdottanut suoraan. Tämä tuo ongelmia myös mahdollista ohjelman koodausta ajatellen, sillä 10–30 vuoden hakkuiden automatisointi avoimen metsävaratieto aineiston pohjalta ei tällä hetkellä pystytä tekemään. Näin ollen kymmenestä vuodesta eteenpäin olevien hakkuumäärien luotettavuus karsii ja hakkuumäärät on määriteltävä erilaisin laskentakaavoin, keskimääräisen kasvun ja toteutuneiden hakkuiden perusteella.

Mahdollisesti tulevaa ohjelmointia ajatellen tähän olisi ratkaisu, mikäli avoin metsävaratieto aineisto simuloitaisiin pidemmälle aikavälille esimerkiksi kolmenkymmenen vuoden ajalle tai pidemmälle kuten esimerkiksi ETapio simuloi. Tutkimuksessa haasteita aiheutti myös tien vaikutusalueen määrittäminen, sillä jokaisella tiellä on erilainen vaikutusalue riippuen maastosta ja muusta tieverkostosta. Tämä aiheuttaa ongelmia mahdollisen automatisoinnin kannalta. Käsiteltäessä tienvaikutusalueen 623 metsävaratietokuviota yksittäisen inhimillisen virheen mahdollisuus on myös olemassa.

Avointa metsävara-aineistoa käytettäessä kannattavuuslaskennan pohjalla tulee huomioida myös metsänomistajien intressit. Avoimen metsävara-aineiston hakkuuehdotukset ovat hyvin kaavamaisia ja näin käytännössä useat metsänomistajat etenkin päätehakkuuta lykkäävät tai päätyvät harventamaan ja näin kiertoaika pitenee, mikä vaikuttaa tieinvestoinnin kannattavuuteen. Lisäksi todellisuudessa usein kesäkohteita korjataan myös talvella, mikäli samalla metsänomistajalla on talvikorjuita, sillä ei ole taloudellisesti kannattavaa tehdä pieniä talvi- ja kesäleimikoita erikseen. Tämä vähentää myös jonkin verran hintalisää ja kannattavuutta.

## 7 POHDINTA

Koemme, että onnistuimme tutkimuksessa ja saavutettiin tavoitteet hyvin. Löysimme keinoja, miten avointa metsävaratietoa voidaan hyödyntää perusparannuksen kannattavuuslaskelmassa. Lisäksi havaittiin myös mahdollisia ongelmia mitä avoimeen metsävaratieto-aineistoon perustuvan työkalun koodauksessa voi tulla eteen. Tärkeimpiä tuloksia tutkimuksessamme oli huomata, kuinka avointa aineistoa voidaan hyödyntää hyvin metsätien perusparannuksen suunnittelussa, ja kuinka kannattavaa on tehdä Pirttivaaran metsätien perusparannus.

Toimeksiantaja ja muut yksityispuolella toimivat toimijat saa opinnäytetyöstämme esimerkkilaskelman, jota voisivat hyödyntää ja koodata laskelmaa apuna käyttäen tietojärjestelmään avoimeen metsävaratietoon perustuvan perusparannuksen työkalun. Tämä parantaisi tien perusparannuksen markkinointia ja antaisi hyvän apuvälineen tiekunnilla päätöksen tekoon, mikä auttaisi rohkaisemaan tiekuntia perusparantamaan teitä. Perusparannus hankkeiden lisääntyminen hyödyttäisi toimeksiantajaamme Metsäkeskusta korjausvelan pienentymisen myötä.

Itse koemme oppineemme työssä paljon yksityisteistä, ja etenkin perusparantamisesta sekä metsätien kannattavuuteen vaikuttavista tekijöistä. Halu kartuttaa tietoa ja taitoa metsäteistä oli yksi keskeisempiä syitä ryhtyessämme tekemään kyseistä tutkimusta. Oma osaamisemme metsäteistä on kasvanut tutkimuksemme myötä.

Perusparannusten kustannuksien hintahajonta on suurta, mutta työssämme kustannukset osuivat kohdalleen verrattuna muiden tutkimuksien tuloksiin. Meidän perusparannuksen kustannusten hinta osui Lammin Harrin diplomityössään käytettyyn tien perusparannusten kustannusarvioon 13–20 euroa metriltä. Salmisen ja Hietalan opinnäytetöihin verrattuna meillä on kustannukset hieman korkeat. Salmisen käyttämä Metsäkeskuksen aineisto on sama mitä itse käytimme. Meidän käyttämämme hinta eroaa siksi, että meidän käyttämä hinta sisältää enemmän perusparannushankkeesta koituvia kuluja kuten suunnittelun, työnjohdon,

luvat ja keskimääräisen hinnan rumpukustannuksista. Tien hoito- ja ylläpitokustannukset osuivat myös hyvin lähelle Hämäläisen arvioimaa keskimääräistä hintaa metsäteillä.

Myös puun hintalisään talvikohteista kelirikko- ja kesäkohteiksi ei ole tilastoituja arvoja, vaan jouduimme käyttämään kolmen metsäammattilaisen näkemystä puunhinalisästä kolmelta eri alueelta. Tämä ei ole luotettavuuden kannalta välttämättä hyväksi. Puun hintalisä näkemykset olivat kuitenkin hyvin lähellä toisiaan ja näin tuovat luotettavuutta käyttämällemme hintalisälle. Myös Hietalan käyttämä puunhinalisä 4,10 euroa on samansuuntainen kuin käyttämämme 3,6 euron hintalisä.

Opinnäytetyössämme saamamme lopputulos ja sen luotettavuus ei ole Pirttivaaran metsätien tiekunnalle täysin luotettava, sillä käyttämämme keskiarvohintoja perusparannuksessa, hoito- ja kunnossapitotoimenpiteissä ja puun hintalisässä. Nämä eivät välttämättä todellisuudessa kyseisessä kohteessa ole täysin oikeita hintoja. Tutkimuksemme tulos on kuitenkin suuntaa antava ja sitä voidaan hyödyntää päätöksen teossa, mutta lopullisia päätöksiä ei tämän perusteella voida tehdä. Keskiarvohintojen käyttäminen kuitenkin mahdollistaa tutkimuksemme vertailun myös muissa tiekohteissa.

Mielestämme perusparannuksen kannattavuuteen liittyviä jatkotutkimusaiheita löytyy. Esimerkiksi hakkuumäärien laskeminen peitteisen kasvatuksen menetelmillä voisi olla mielenkiintoinen tutkimusaihe tai jaksollisin kasvatusmenetelmin toteutettu laskelma, jossa suositaan yläharvennusta ja pidennetään hiukan puuston kiertoaikaa. Kolmas mieleemme tullut vaihtoehto olisi ottaa tutkimuksessa huomioon tila-arvon nousu ja metsänhoitotoimenpiteiden kustannusten lasku, kun tielle tehdään perusparannus. Neljäntenä tutkimus aiheena voisi olla, kuinka paljon tien hoito- ja ylläpitokustannukset nousevat, jos tien perusparannusta ei tehdä.

## LÄHTEET

- Cherry, K. 2021. Verywellmind. What is a case study? Viitattu 22.3.2022 <https://www.verywellmind.com/how-to-write-a-psychology-case-study-2795722>.
- ELY-keskus 2022. Yksityistien parantamisen avustaminen. Viitattu 28.1.2022 <https://www.ely-keskus.fi/yksityisteiden-parantamisen-avustaminen>.
- Fernando, J. 2021. Investopedia. Net present value (NPV). Viitattu 8.3.2022 <https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp>.
- Greis, I. 2018. Metsätiet. Teoksessa S. Rantala (toim.) Tapion taskukirja. 26. uudistettu painos Latvia: Tapio Oy. 378–383.
- Hartikainen, O-P. 2003. Tietekniikan perusteet. 5. painos. Helsinki: Otatieto.
- Herranen, M. 2021. Metsähallitus. Metsäsuunnittelijan luento 21.10.2021.
- Hietala, E. 2014. Metsäteiden kunnan vaikutus metsätalouden kannattavuuteen. Lapin ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 22.3.2022 [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74165/Hietala\\_Esa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74165/Hietala_Esa.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Hämäläinen, E. 2010. Yksityistien parantaminen. Suunnittelun ja toteuttamisen perusteet. Kerava: Suomen Tieyhdistys.
- Hämäläinen, E. 2012. Yksityisteiden kunnossapito. Kunnossapitotöiden suunnittelun ja toteuttamisen perusteet. Kerava: Suomen tieyhdistys.
- Hämäläinen, E. 2019. Yksityisteiden hallinto. Tie kunta ja tieosakas 2019. Kerava: Suomen tieyhdistys.
- Lammi, M. 2020 Metsäteiden merkitys ja kunto Suomessa. Tampereen yliopisto. Rakennetun ympäristön tiedekunta. Diplomityö. Viitattu 22.3.2022 <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/123853/LammiMika.pdf?sequence=2>.
- Matinlauri, S., Rossi, J., Kalliainen, P. & Kolisoja, P. 2016. Vaihtoehtoisia maarakennusmateriaaleja sisältävien tie- ja katurakenteiden vaurioituminen. Helsinki: Liikennevirasto. Viitattu 20.2.2022 [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts\\_2016-52\\_vaihtoehtoisia\\_maarakennusmateriaaleja\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2016-52_vaihtoehtoisia_maarakennusmateriaaleja_web.pdf).
- Maa- ja metsätalousministeriö 2022. Metsänhoidon suositukset. Turvemaiden puunkorjuu – toteutus. Viitattu 2.2.2022 <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/turvemaiden-puunkorjuu/toteutus>.
- Metsäkeskus 2021a. Tietojen luovuttaminen metsäkeskuksesta tutkimusta tai opinnäytetyötä varten. Viitattu 23.3.2022 <https://www.metsakeskus.fi/fi/palvelut/tietojen-luovuttaminen-metsakeskuksesta-tutkimusta-tai-opinnaytetyota-varten>.

Metsäkeskus 2021b. Tietotuotekuvaus. Viitattu 23.3.2022 <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/tietotuotekuvaus-metsavarakuviot.pdf>.

Metsäkeskus 2022a. Metsävarakuviot. Viitattu 14.2.2022 <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/metsatietoaineistot/metsavaratiedot>.

Metsäkeskus 2022b. Tiedon ajantasaistus. Viitattu 15.1.2022 <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/tietojen-yllapito/tiedon-ajantasaistus>.

Metsäkeskus 2022c. Tiedonkeruu. Viitattu 15.1.2022 <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/tietojen-yllapito/tiedonkeruu>.

Metsäkeskus 2022d. Tiedon laatu. Viitattu 20.1.2022 <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/tietojen-yllapito/tiedon-laatu>.

Metsäkeskus 2022e. Tuki metsäteihin. Viitattu 28.1.2022 <https://www.metsakeskus.fi/fi/palvelut/tuki-metsateihin>.

Metsäkeskus 2022f. Yksityistien vuosittainen kunnossapito. Viitattu 4.3.2022 [https://www.rautalampi.fi/wp-content/uploads/2016/06/Yksityistien\\_kunnossapito.pdf](https://www.rautalampi.fi/wp-content/uploads/2016/06/Yksityistien_kunnossapito.pdf).

Metsäteho 2001. Metsätieohjeisto tekstiosa. Viitattu 20.2.2022 [https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Tieohjeisto\\_osa\\_1\\_Tekstiosa.pdf](https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Tieohjeisto_osa_1_Tekstiosa.pdf).

Pisto, T. 2022. Metsäkeskus. Tieasiantuntijan haastattelu 30.3.2022.

Salminen, J. 2016. Metsäautoteiden rakentamisen taloudellinen kannattavuus. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Metsätaloudenkoulutusohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 22.3.2022 [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/120571/oppari\\_edit.pdf;jsessionid=6EE2062D548EDD9031EF2A1A4723FC5A?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/120571/oppari_edit.pdf;jsessionid=6EE2062D548EDD9031EF2A1A4723FC5A?sequence=1).

Strandström, M. 2017. Pohjamaan kantavuusluokitus. Metsäteho Oy. Viitattu 21.2.2022 <https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Pohjamaan-kantavuusluokitus.pdf>.

Suomen tieyhdistys ry 2022. Järjestöt ovat huolissaan yksityisteistä: yksityistiet ovat yhteinen asia. <https://www.tieyhdistys.fi/uutiset/jarjestot-ovat-huolissaan-yksityisteista-yksityistiet-ovat-yhteinen-asia/>.

Tilastokeskus 2022. F12 kitumaa. Viitattu 3.2.2022 <https://www.tilastokeskus.fi/meta/luokitukset/maankaytto/001-2000-05-01/f12.html>.

Työtehoseura 2019. Tielaskelmasi yhteenveto. Viitattu 15.2.2022 [https://www.tts.fi/files/2604/Esimerkkilaskelma\\_2.pdf](https://www.tts.fi/files/2604/Esimerkkilaskelma_2.pdf).

Valonen, M., Haltia, E., Horne, P., Maidell, M., Pynnönen, S., Sajeva, M., Stenman, V., Raivio, K., Iittainen, V., Greis, K. & Laitinen, K. 2019. Suomen malli metsätietojen hyödyntämisessä. Helsinki: Pellervon taloustutkimus. Viitattu 23.3.2022 <https://www.ptt.fi/media/rap263-metsaanfi-suomeksi.pdf>.



Verohallinto 2022. Poistoina vähennettävät menot. [https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/omaisuus/metsa/menot/poistoina\\_vahennettavat\\_meno/](https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/omaisuus/metsa/menot/poistoina_vahennettavat_meno/).

Vierros, T. 2009. Investointilaskelmat. Aalto University Wiki. Viitattu 31.3.2022 <https://wiki.aalto.fi/display/TU22/8.+Investointilaskelmat>.

Väylävirasto 2022. Tieverkko. Viitattu 10.1.2022 <https://vayla.fi/vaylista/tieverkko>.

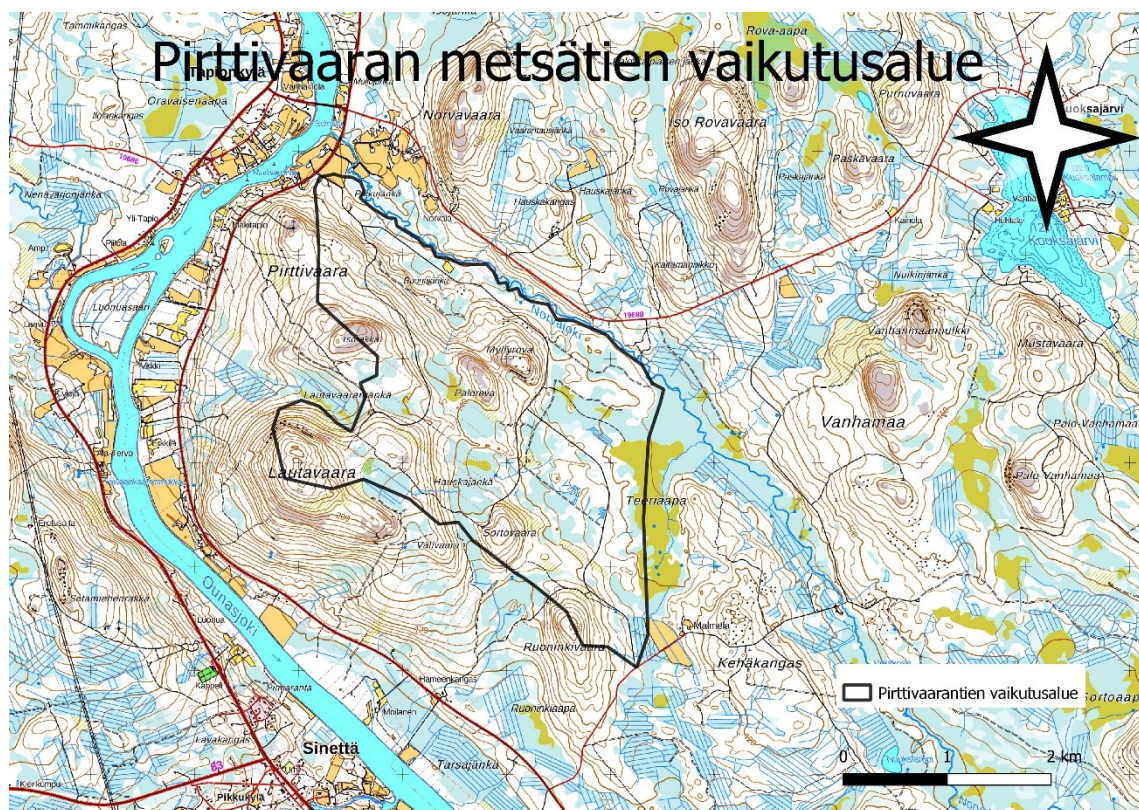
Yksityistielaki 13.7.2018/560.

## LIITTEET

Liite 1. Pirttivaaran metsätien vaikutusalue

Liite 2. Vuosittaiset tulot, menot ja nykyarvo seuraavan 30 vuoden aikana

## Liite 1. Pirttivaaran metsätien vaikutusalue



## Liite 2. Vuosittaiset tulot, menot ja nykyarvo seuraavan 30 vuoden aikana

Vuosi	Tulot	Menot	Säästöt	Nettonykyarvo
2022	36567,2	-177100	0	-34272,8
2023	506,7		550	1025,9
2024	695,1		550	1173,6
2025	2372,7		1650	3681,4
2026	1776,6		4180	5292,4
2027	1943,0		550	2150,5
2028	394,7		550	791,2
2029	3347,8		1650	4063,7
2030	1597,9		550	1695,6
2031	3029,9		18105	16198,1
2032	2992,9		550	2636,2
2033	2992,9		1650	3354,1
2034	2992,9		550	2484,9
2035	2992,9		550	2412,5
2036	2992,9		4180	4742,1
2037	8838,9		1650	6732,4
2038	8838,9		550	5850,9
2039	8838,9		550	5680,4
2040	8838,9		550	5515,0
2041	8838,9		5280	8051,8
2042	5569,6		6555	6713,1
2043	5569,6		550	3289,6
2044	5569,6		550	3193,8
2045	5569,6		2200	3936,8
2046	5569,6		4180	4796,1
2047	5569,6		550	2922,7
2048	5569,6		550	2837,6
2049	5569,6		2200	3497,8
2050	5569,6		550	2674,7
2051	5569,6		4180	4137,2
<b>Yhteensä</b>	<b>167086,3</b>	<b>-177100,0</b>	<b>66460</b>	<b>87259,4</b>