

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Kai-Matias Simuna

Sademäärän vaikutus tien auraus- ja sorastuskustannuksiin Stora
Enso Metsässä vuosina 2014 - 2018

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2019



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2019
Metsätalouden koulutus

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
013 260 600

Tekijä
Kai-Matias Simuna

Nimeke
Sademäärän vaikutus auraus- ja sorastuskustannuksiin Stora Enso Metsässä vuosina 2014 - 2018
Toimeksiantaja
Stora Enso Metsä

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä selvitettiin sademäärän vaikutusta tien auraus- ja sorastuskustannuksiin Stora Enso Metsässä vuosina 2014 - 2018. Työ antoi Stora Enso Metsälle tietoa tien auraus- ja sorastuskustannuksista eri vuosien, kuukausien ja alueiden välillä.

Sademäärät selvitettiin Ilmatieteen laitoksen avoimesta aineistopalvelusta. Jokaisen tiimin alueelta valittiin sääasemia 5 - 18 kappaletta. Yhteensä sääasemia otettiin tutkimukseen 115 kappaletta. Auraus- ja sorastuskustannukset selvitettiin toteutuneen laskutuksen perusteella. Kustannukset kohdistettiin laskun kirjauspäivämäärää edeltävälle kuukaudelle.

Auraus- ja sorastuskustannusten todettiin nousevan vuodessa keskimäärin 2,7 %. Alueella 1 eniten kustannuksia aiheutti auraus ja alueella 3 sorastus. Alueiden välillä oli kustannuksissa tilastollisesti merkittäviä eroja. Kuukaudet vaikuttivat auraus- ja sorastuskustannusten määrään. Suurin osa tien kunnossapitokustannuksista muodostui talvikuukausina. Sademäärät vaihtelivat alueiden välillä. Niillä ei kuitenkaan todettu olevan riippuvuutta auraus- ja sorastuskustannuksiin.

Kieli
suomi

Sivuja 42
Liitteet 0
Liitesivumäärä 0

Asiasanat

kustannukset, auraus, sora, sademäärä, Stora Enso



THESIS
March 2018
Degree Programme in Forestry

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 013 260 600

Author
Kai-Matias Simuna

Title
Impact of Rainfall on Road Plowing and Gravel Costs in Stora Enso Forest during 2014-2018

Comissioned by
Stora Enso Forest

Abstract

The purpose of this study was to investigate the impacts of rainfall effectivity on road plowing and gravel costs in Stora Enso Forest in 2014-2018. The goal of this thesis was to provide information on plowing and gravel costs between the years, regions and months.

Precipitation was investigated by the Finnish Meteorological Institute's open material service. In each team area 5 to 18 weather stations were selected. A total of 115 weather stations were selected for this investigation. The plowing and gravel costs were cleared out based on invoices. Costs were allocated to the month before the date of the invoices.

It was found that average annual increase on plowing and gravel costs was 2.7 %. In area 1, the greatest cost was caused by plowing and area 3 gravel. There were statistically significant differences in costs between regions. Months affected the number of plowing and gravel costs. Most of the road maintenance costs are generated during the winter months. Rainfall varied between regions. Rainfall was not found to correlate with plowing and gravel costs.

Language

Finnish

Pages 42

Appendices 0

Pages of Appendices 0

Keywords

costs, plowing, gravel, rainfall, Stora Enso

Sisältö

1. Johdanto	5
2. Stora Enso Metsä	6
3. Yksityistiet.....	7
3.1 Yksityisteiden määrä ja merkitys.....	8
3.2 Yksityistietyypit	9
4. Tien osat ja rakenne	10
4.1 Tien osat.....	10
4.2 Tien rakenne.....	10
5. Tien kunnossapito.....	13
5.1 Kunnossapidon tavoitteet ja vastuut	14
5.2 Tien kunnossapitoon vaikuttavat tekijät	14
5.3 Kelirikko	15
5.4 Kesäkunnossapito	16
5.5 Talvikunnossapito	17
5.6 Sorastus	18
6. Havaintoasemat ja sademäärät	19
6.1 Havaintoasemat.....	19
6.2 Sademäärät	20
7. Työn tarkoitus	22
8. Aineisto ja menetelmät.....	22
8.1 Aineisto.....	22
8.2 Menetelmät.....	23
9. Tulokset	25
9.1 Sademäärät	25
9.2 Auraus- ja sorastuskustannukset.....	28
9.3 Sademäärän vaikutus auraus- ja sorastuskustannuksiin	34
9.4 Tulosten tarkastelua	36
10. Pohdinta.....	39
Lähteet.....	41

1. Johdanto

Yksityisteitä on Suomessa noin 360 000 kilometriä, joka on noin kaksi kolmasosaa koko Suomen tiekannasta. Metsäteollisuuden tehtailla tarvittava puutavara lähtee yleensä liikkeelle yksityisen tien varresta. Tehtaiden puuhuolto tarvitsee toimiakseen tiestön, joka on tarpeen mukaan myös liikennöitävässä kunnossa. Metsäyhtiöille on tärkeää asiakkuuksien hoitamisen kannalta huolehtia myös teiden jäämisestä hyvään kuntoon. Puunkorjuu- ja kuljetusprosessin kustannustehokkuutta pyritään jatkuvasti tehostamaan, ja yksi tapa on kehittää tien kunnossapidon toimintamallia. Suurimpia tien kunnossapidon kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat tien kunto, tiellä liikkuvan liikenteen määrä, laatu sekä sääolosuhteet.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää tien aeraus- ja sorastuskustannuksia sekä selvittää sademäärän vaikutusta kustannuksiin. Selvitys tehtiin vertailemalla kuukausittaisia kustannuksia samalla ajanjaksolla toteutuneeseen sademäärään. Työ antoi Stora Enso Metsälle tietoa yleisesti tien kunnossapidon kustannuksista vuosittain, kuukausittain, alueittain sekä tietoa sademäärien vaikutuksesta kustannuksiin. Tätä tietoa Stora Enso Metsä voi hyödyntää tien kunnossapidon toimintamallin kehittämisessä.

Tutkimuksen aineistona käytettiin Stora Enso Metsän tietojärjestelmästä saatavaa laskutustietoa sekä Ilmatieteen laitokselta saatavaa säädataa. Tutkimuksen aineisto oli määrällistä, joten tutkimusmenetelmänä käytettiin kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Tulosten tilastollisessa analysoimisessa käytettiin Excel- ja SPSS-ohjelmia.

2. Stora Enso Metsä

Stora Enso Metsä eli Suomen puunhankinta vastaa raaka-aineen hankinnasta yhtiön Suomen sellu-, kartonki- ja paperitehtaille sekä sahoille. Toimihenkilöitä ja työntekijöitä Stora Enso Metsällä on noin 500 ja alihankintana metsäpalveluja tuottavia yrittäjiä 85. Korjuuketjuja eli moton ja metsätraktorin yhdistelmiä Stora Enso Metsä työllistää noin 300 ja puutavara-autoja 220. (Stora Enso 2018a.)

Metsä on jaettu hallinnollisesti kolmeen hankinta-alueeseen (kuva 1), joita ovat Pohjois-Suomi, Itä-Suomi ja Etelä-Suomi. Hankinta-alueiden perusyksiköitä ovat hankintatiimit, joita on kullakin hankinta-alueella neljä. Hankintatiimien päätehtäviä ovat puuraaka-aineen ja metsäenergian osto ja korjuu, kuljetusoperaatioiden valmistelu, metsäpalveluiden myynti ja toteutus sekä neuvontapalvelut. (Stora Enso 2016.)



Kuva 1. Hankinta-alueet ja aluetoimistot (Kuva: Stora Enso 2017).

Stora Enso Metsä toimittaa kuorellista puutavaraa omille ja ulkopuolisille laitoksille vuodessa yhteensä 22 milj. m³ kiintokuutiometriä, josta on energiapuuta noin miljoona kiintokuutiometriä. Suurin osa puutavarasta ostetaan yksityisiltä metsänomistajilta, joiden osuus vuonna 2017 oli lähes puolet. Muita suuria puunmyyjiä Stora Ensolle on mm. Tornator ja Metsähallitus. (Stora Enso 2018.)

3. Yksityistiet

Suomessa on maanteitä noin 78 000 km. Maantiet jaetaan neljään luokkaan, joita ovat valtatie, kantatie, seututie ja yhdystie. Näiden teiden ylläpidosta vastaavat Liikennevirasto ja ELY-keskukset. Suurin osa maanteistä, noin 51 000 km on paikallista liikennettä välittäviä yhdysteitä. (Väylä 2018.) Haja-asutusalueilla nämä tie muodostavat tieverkoston rungon. Kaupunkien ja kuntien hoidettavana on katuja yhteensä noin 29 000 km. Pyöräteitä ja jalankulkijoille tarkoitettuja teitä on arvioilta noin 15 000 km. Näiden lisäksi kunnat vastaavat yksityisteistä noin 10 000 kilometrin matkalta. (Hämäläinen 2015, 9.)

Yksityisteiksi määritellään muut kuin edellä mainitut tie. Yksityistie ovat yksityisten henkilöiden, kiinteistönomistajien sekä muiden tieosakkaiden hoidettavana olevia teitä. (Hämäläinen 2015, 9.) ”Yksityistiellä tarkoitetaan sellaista ensisijaisesti yksityistä liikennetarvetta palvelevaa tieliikenteen väylää, johon rasitteena kohdistuu vähintään yhden kiinteistön hyväksi tieoikeus.” (Yksityistielaki 560/2018, 3. §). Alla olevassa taulukossa (taulukko 1) on esitetty teiden luokittelu yleisiin ja yksityisiin teihin.

Taulukko 1. Teiden luokittelu (Metsäteho 2001, 3).

Yleiset tiet	Valtatiet	Päätieverkko
	Kantatiet	
	Seututiet	Alempiasteinen tieverkko
	Yhdystiet	
Yksityistiet	Toimitustiet	
	Sopimustiet	
	Omat tiet	

3.1 Yksityisteiden määrä ja merkitys

Yksityistiet voivat olla kiinteistön omia tai vilkkaasti liikennöityjä teitä. Osalla yksityisteistä voi olla maantielle tyypillisiä piirteitä. Yksityistiet voivat olla myös katumaisia teitä asemakaava-alueella. Katumaiset tiet asemakaava-alueella ovat yleensä kunnan ylläpitämiä. (Hämäläinen 2015, 10.)

Kaikkiaan yksityisteitä on noin 360 000 km. Näistä 90 000 km on pysyvän asutuksen varressa olevia teitä. Metsäautoteitä on rakennettu noin 120 000 km. Muita mökki- ja metsäteitä, jotka ovat autolla ajettavassa kunnossa on noin 110 000 km. (Suomen Tieyhdistys 2018.) Edellä mainittujen lisäksi on paljon pienempiä pihateitä tai ajouria. (Hämäläinen 2015, 10.)

Yksityistiemaailmassa on tullut uusia asioita paljon parin menneen vuosikymmenen aikana. Aikaisemmin yksityisteiden ajateltiin palvelevan oikeastaan vain maa- ja metsätaloutta. Nykyään monilla teillä pysyvät taloudet ja vapaa-ajan asunnot ovat nousseet merkittävimiksi yksityisteiden käyttäjäryhmiksi. (Hämäläinen 2015, 10.)

Maataloudessa tilojen määrä on viime aikoina pienentynyt. Samalla tämä suuntaus on johtanut tilakoon kasvamiseen, sen myötä myös kuljetusmäärät ovat teillä kasvaneet. Puutavarasta edelleen suurin osa lähtee liikkeelle yksityisten teiden

varsilta. Yhteiskunnallisen merkityksen lisäksi maa- ja metsätalous ovat myös asettamassa vaatimuksia tienpidolle. Yhä raskaamman kaluston käyttö vaatii alleen hyvän tiestön. Mökkeilijöille, mutta myös muille vapaa-ajan viettäjäille, kuten metsästäjille- ja marjastajille, yksityiset tiet ovat tärkeässä osassa. (Hämäläinen 2015, 10.)

3.2 Yksityistietyyypit

Yksityistiet voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan, toimitusteihin, sopimusteihin ja kiinteistön omiin teihin. Toimitustie on virallisessa toimituksessa muodostettu tie, jonka osakkaat vastaavat tien ylläpidosta. Tällaisten teiden hoitamiseen perustetaan yleensä tiekunta. Tien osakkaat pitävät kokouksen yleensä joka vuosi. Vähimmäisvaatimus on pitää kokous vähintään neljän vuoden välein. Kokouksessa päätetään tiekunnan kunnossapito- ja talousasioista sekä tiemaksuista. Tiemaksut lasketaan jokaisen osakkaan tieyksiköiden perusteella. Kokouksessa valitaan hoitokunta- tai toimitsijamies. Näiden tehtävänä on hoitaa tiekunnan käytännön asioita. Tienkäyttöön ulkopuolisen täytyy kysyä tien käyttöön lupa tiekunnalta. (Metsäkeskus 2018.)

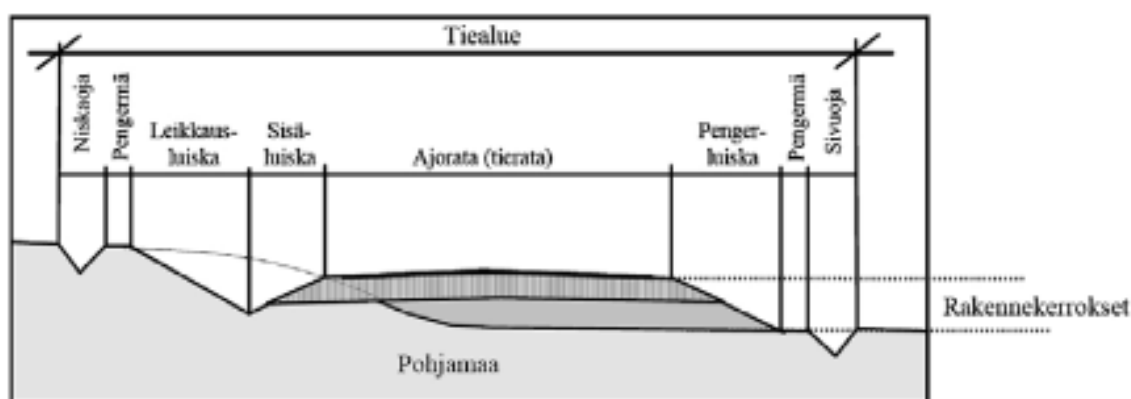
Sopimustie perustetaan suullisella tai kirjallisella sopimuksella. Tällöin jollekin, esimerkiksi yritykselle, henkilölle tai kiinteistölle, luvataan oikeus käyttää tietä. Sopimus on pätevä sen tehneiden tai hyväksyneiden kohdalla sekä heidän perillisillään. Sopimustien kunnossapidosta vastaavat sopimuksen tehneet. Mikäli suullisen sopimuksen tehnyt tarvitsee myöhemmin pysyvän oikeuden käyttää tietä, se voidaan tehdä vain Maanmittauslaitoksen yksityistietoimituksessa. Sopimusteillä ei päde myöskään yksityistielaki. Ainoastaan tien lakkauttamisessa sovelletaan yksityistielakia. (Hämäläinen 2015, 11.)

Omat tiet ovat nimensä mukaisesti yhden kiinteistön alueella olevia metsä-, viljelys- tai muita teitä. Tällaisten teiden käyttö on sallittu lähtökohtaisesti vain kiinteistön omistajalle tai haltijalle, mutta jokamiehenoikeutta ei voida rajoittaa. Oman tien kunnossapidosta vastaa kiinteistön omistaja tai haltija itse. (Hämäläinen 2015, 11.)

4. Tien osat ja rakenne

4.1 Tien osat

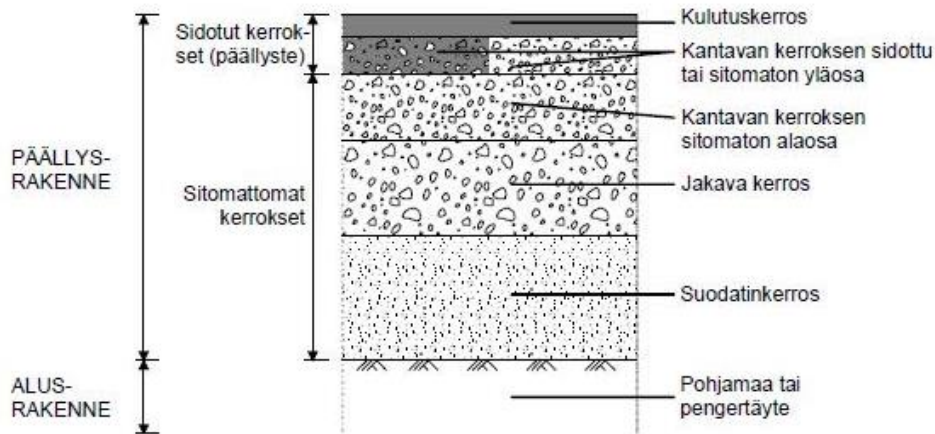
Yksityistielaisissa määritellään hyvin tie ja mitä osia siihen kuuluu. "Tiehen kuuluu ajorata, jalkakäytävä ja polkupyörätie sekä niiden säilymistä ja käyttämistä varten pysyvästi tarvittavat alueet, rakenteet ja laitteet." Tiealueeseen kuuluvat ojat, pientareet, luiskat, sillat, kaiteet, liikennemerkkit, kohtaamis- ja kääntöpaikat. (358/1962, 5 §). Alla olevassa kuvassa 2 on kuvattu tiealue ja siihen kuuluvia osia.



Kuva 2. Tiealue ja tien osat (Tiehallinto 2004).

4.2 Tien rakenne

Tien rakenne koostuu kahdesta osasta, joita ovat alusrakenne ja päällysrakenne. Alusrakenteella tarkoitetaan tien alustaa, eli tien pohjaa tai penkereiden kohdalla siihen lisättyä maa-ainesta. Tähän kuuluvat myös erilaiset pohjavahvistukset, sekä leikkaus – ja pengerluiskat. Päällysrakenne on alusrakenteen yläpinnan ja tien pinnan välissä olevat maakerrokset (kuva 3). (Hartikainen 1999, 81.)



Kuva 3. Tien rakenneosat (Hartikainen 1999, 83).

Tien alusrakenteen kantavuus- ja routivuusominaisuudet vaihtelevat pohjamaan mukaan. Ennen tien suunnittelua on selvitettävä ensin alusrakenteen kantavuus. Penger materiaaliksi rakentamisessa voi käyttää lähes kaikkia kivennäismaalajeja. Savi tai hienot moreenit eivät kuitenkaan ole kelvollisia. Tien rakentamisessa karkeimmat ja samalla myös kantavimmat maalajit pyritään sijoittamaan tienpohjassa mahdollisimman ylös. Tällä tavalla parannetaan tien kantavuutta ja voidaan käyttää mahdollisesti päällyskerroksessa vähemmän materiaalia. (Hartikainen 1999, 82.)

Liikenne kuormittaa tien päällysrakennetta. Päällysrakenteen tehtävä onkin jakaa kuormitus alusrakenteelle. Päällysrakenteen alaosa tasaa kuormitusta alusrakenteessa. Alaosan paksuus voi vaihdella paljonkin tien eri kohdissa. Päällysrakenteen yläosan on tarkoitus muodostaa kantava, kulutusta ja säätä kestävä rakenne. Päällysrakenteen yläosan paksuus pyritään pitämään saman vahvuisena koko tieosalla. Päällysrakenteen ylintä kerrosta nimitetään kulutuskerrokseksi. Tien kantavuuden takia on huolehdittava myös tien kuivatuksesta. Tien kuivana pysyminen toteutetaan rakentamalla olosuhteitten mukaan avo-ojia, salaojia, siltoja ja rumpuja. (Hartikainen 1999, 82.)

Suodatinkerroksen tarkoitus on estää pohjamaan sekoittuminen tien ylempiin kerroksiin, jotka ovat routimattomia. Suodatinkerroksen tehtävä on myös estää veden kapillaarinen nousu, mikä taas parantaa ylempien kerroksien kantavuutta.

Mikäli routivan pohjamaan kohtiin ei rakenneta ollenkaan suodatinkerrosta, sekoittuvat maa-ainekset keskenään ja tien rungon kantavuus vähenee. Suodatinkerroksen tarpeellisuus riippuu siitä, miten tien runko on tehty ja millaiseen käyttöön tie tulee. Suodatinkerros rakennetaan yleensä hiekasta. Siihen ei saa olla sekoittuneena routivaa maa-ainesta kuten savea, eikä yli 50mm halkaisijaltaan olevia kiviä. Suodatinkerros voidaan tehdä myös käyttämällä suodatinkangasta, joka estää maa-ainesten sekoittumisen keskenään. (Metsäteho 2001, 54.)

Jakavan kerroksen tehtävä on jakaa tiehen kohdistuvaa kuormitusta alemmille kerroksille, ja näin parantaa tien kantavuutta. Toinen jakavan kerroksen tehtävä on estää roudan eteneminen tien alusrakenteeseen, sekä poistaa kosteutta tien rakenteesta. Jakava kerros rakennetaan yleensä silloin, kun alusrakenteen maa-aines on routivaa. Jakava kerros tehdään kiviaineksesta, jonka suurimmat raekoot ovat yleensä 45 mm, 63 mm tai 90 mm. Tämänkään maa-aineksen seassa ei saa olla hienojakeisia maalajeja. Tiivistettävässä kerroksessa ei saa olla suurempia kiviä kuin alle puolet kerroksen paksuudesta. 150 mm on kivien maksimi- raekoko riippumatta kerroksen paksuudesta. Jakavakerros voidaan rakentaa kantavankerroksen kanssa samoista materiaaleista, jos se on ohut. (Hartikainen 1999, 84.)

Kantavankin kerroksen tehtävänä on lisätä tien kantavuutta. Tämän lisäksi kantava kerros toimii kulutuskerrokselle kestäväenä ja tasaisena alustana. Kantavan kerroksen on oltava tarpeeksi korkealla ympäristöön nähden ja sen kaltevuus tulee olla oikea. Kantava kerros rakennetaan routimattomilla maalajeilla suoraan alusrakenteen päälle. (Hartikainen 1999, 85.) Kantavan kerroksen rakentamisessa voidaan käyttää soramurskettä tai kalliomurskettä. Kantavan kerroksen materiaalin tulee olla raekooltaan niin karkeaa, ettei vesi pääse sitä pehmentämään. Parasta ainesta on raekooltaan yli 20 mm kivet. Murskeessa on suurempien kivien lisäksi mukana myös hienompaa ainesta, joka täyttää suurempien kivien tekemän tyhjän tilan. Tällöin kerroksesta tulee kulutusta kestävä, ja kantava kerros. (Metsäteho 2001, 55.)

Tien ylin kerros eli kulutuskerros rakennetaan yleensä kallio-, sora-, tai moreeni-murskeesta. Raekoko on yleensä 16 mm, mutta kantavammilla teillä voidaan tien pinnassa käyttää 0 - 8 mm:n kivituhkaa tai 12 mm:n mursketta. Hiljaisemmilla sorateilla voidaan kulutuskerroksen materiaalina käyttää soraakin, jos raekoko on suurimmillaan 20 mm. Metsäteillä, joilla ei ole juurikaan henkilöautoliikennettä, käytetään kulutuskerrosmateriaalina hieman karkeampaa materiaalia. Tällöin kulutuskerros tehdään käyttäen 31 mm:n mursketta. (Hämäläinen 2012, 54.)

5. Tien kunnossapito

Kunnossapidolla tarkoitetaan tien hoito- ja kunnostustöitä. Tien hoidolla pidetään yllä tien turvallinen käyttö ja liikennöitävyys. Kunnostustöillä taas pyritään säilyttämään tie käyttökunnossa ja sen rakenne hyväkuntoisena. (Hämäläinen 2012, 13.) Hoitotyöt on ryhmitelty työn luonteen mukaan edelleen kolmeen luokkaan, joita ovat kesähoito, talvihoito ja muu hoito. Tien runkoon tehtävien muutoksien, kuten kantavuuden parantaminen ja rakennekerrosten rakentaminen ovat tien tekemistä. (Tiehallinto 1999, 17.) Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty tyypillisimpien tienhoito- ja parannustöiden normaali ajoitus eri vuodenaikoina.

Taulukko 2. Tienhoito- ja parannustöiden ajoittaminen (Metsäteho 2001, 31).

	Kevät	Kesä	Syksy	Talvi
Kesähoito				
Höyläys ja lanaus		—————	—————	
Pölynsidonta			
Päällysteiden ja pintausten hoito	—————		—————	
Tienvarsien raivaus		—————		
Tien varusteiden hoito			
Siltojen tarkastukset ja hoito			
Rumpujen hoito	—————			
Talvihoito				
Auraus	—————			—————
Lumipolanteen poisto	—————			—————
Hiekoitus	
Muu talvihoito	
Tien kunnostus				
Sorastus		—————	—————	
Ojien kunnostus			
Rumpujen kunnostus			
Siltojen kunnostus			
Muu kunnostus	—————			

5.1 Kunnossapidon tavoitteet ja vastuut

Yksityistielakiin on myös kirjoitettu periaate, jota voidaan pitää tien kunnossapidon tavoitteena.

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. (Yksityistielaki 560/2018.)

Tien tulee pitää sellaisessa kunnossa, että se kestää osakkaiden käyttömak-suissa huomioon otetut kuljetukset. Kelirikkokyltit ja muut rajoitukset koskevat kaikkia tiellä liikkuvia, myös tieosakkaita. Tietä vahingoitettaessa tahallisesti tai sellaisilla kuljetuksilla, joita ei ole tien käyttöön tarkoitettu on vahingon korvausvastuussa. (Hämäläinen 2012, 8.) Tienpitäjä on korvausvastuussa tilanteissa, joissa esimerkiksi ajoneuvolle aiheutuu vahinkoa kunnossapidon laiminlyömisestä. Tällaisia tapauksia voi olla esimerkiksi tiestä nousseet maakivet, talvella liian leveäksi aurattu tie tai tielle jääneet isot kivet lanauksen jälkeen. (Tiehallinto 1999, 8.)

5.2 Tien kunnossapitoon vaikuttavat tekijät

Kunnossapito tarpeeseen vaikuttavia asioita ovat tiellä liikkuvan liikenteen määrä-, laatu- ja sääolosuhteet. Liikenteen määrä on suurimpia tekijöitä tien kuluminen ja kuormituksen kannalta. Tien rakennetta rasittaa henkilöauto ja raskas liikenne. Raskaan liikenteen kuormittavuus verrattuna henkilöauto liikenteeseen on moninkertainen. Muuttuvat sääolosuhteet lisäävät merkittävästi tien kunnossapidon tarvetta. Tärkeää onkin kunnossapidon oikeanaikaiset toimenpiteet. Pie-nilläkin oikein ajoitetuilla toimenpiteillä voidaan vaikuttaa tien kuntoon huomatta-vasti. Taulukossa 3 on esitetty tärkeimmät säätekijät ja niihin vaikuttavat kunnossapitotarpeet. (Tiehallinto 1999, 9.)

Taulukko 3. Säätekijöiden vaikutus kunnossapitoon (Tiehallinto 1999, 9).

Säätekijä	Tarvittava työ							
	Auraus	Talvihöyläys	Liukkauden torjunta	Kinostintyt	Rumpujen aukaisu	Kesähöyläys/Lanaus	Pölynsidonta	Ojien kunnossapito
Lumisademäärä	X	X						
Tuulisuus	X	X		X				
Kovat pakkaset					X			X
Suojasääät			X	X				X
Suhteellinen kosteus			X				X	
Vesisademäärä						X	X	X
Pitkät poutakaudet						X	X	

Tien rakenne vaikuttaa kunnossapidon määrään ja laatuun. Yksityisteistä suurin osa on syntynyt tarpeen lisääntyessä vähitellen. Tällöin on monesti jäänyt tien rungon kunnollinen rakentaminen tekemättä. Tämän takia teiden kuivatus on usein puutteellista, joka puolestaan aiheuttaa tiessä routimista. Kunnossapitomenetelmien valintaan vaikuttaa myös se, että tällaiset ns. rakentamattomat tiet ovat usein mäkiä ja mutkaisia. (Tiehallinto 1999, 9.)

5.3 Kelirikko

Tien kantavuuden heikentyessä ja kulkukelpoisuuden tilapäistä heikkenemistä nimitetään kelirikoksi. Kelirikkotyyppejä on kolme, pintakelirikko, syyskelirikko ja runkokelirikko. Kelirikon aiheuttaa roudan sulaminen tai runsaat pitkäkestoiset sateet. (Tiehallinto 2007, 9.)

Roudan sulaessa syntyy paljon vettä, ja tien rungossa oleva vesi heikentää tien kantavuutta. Sulamisen alkaessa vesi ei pääse tieltä pois aurausvallien tai palteiden takia, jolloin tien pinta liejuuntuu. (Tiehallinto 1999, 9.) Pintakelirikoksi kutsutaan tien pintaosan sulamista 10-15 cm syvyydeltä. Syyskelirikoksi kutsutaan syksyllä runsaiden sateiden aiheuttamaa tien kantavuuden ja kulkukelpoisuuden heikkenemistä. (Tiehallinto 2007, 7.) Runkokelirikon aiheuttaa tien rungon sulaminen ja sinne mahdollisesti jääneet jäälinssit, joista vapautuva vesi heikentää tien kantavuutta. Kelirikko alkaa normaalisti huhti-toukokuussa. Se voi kestää

roudan syvyydestä, maaperästä ja vallitsevista sääolosuhteista riippuen jopa heinäkuun alkuun saakka. (Tiehallinto 1999, 10.)

Kelirikkoaikana teiden liikennettä rajoitetaan tarpeen mukaan. Rajoittamisen tarkoituksena on vähentää tiehen kohdistuvaa rasitusta tien ollessa vaurioitumisherkkä. Niiden avulla varmistetaan liikennöitävyys elintärkeäksi luokitelluille kuljetuksille. Rajoituksilla pyritään vähentämään myös vuosittaisia hoito- ja kunnostustöiden suuri lisääntyminen. Rajoitusten asettamisessa pyritään joustavuuteen. Tielle tulee asettaa rajoituksia vain silloin, kun ne ovat tarpeellisia. Tarpeettomia ja liian pitkäkestoisia rajoituksia tulee välttää. (Tiehallinto 2007, 3.)

5.4 Kesäkunnossapito

Lanauksella tasoitetaan tien pinnassa olevia kuoppia ja muita epätasaisuuksia, sekä sekoitetaan kulutuskerroksen materiaaleja. Keväällä ja syksyllä kelirikkoaikana tehty lanaus kuivattaa tien pintaa. (Metsäteho 2001, 32.) Lanaus tehdään mieluiten tien pinnan ollessa kostea. Tarvittaessa tie lanataan tasaiseksi ennen pakkasten tuloa talviaurausta varten. Lanaus tehdään traktorin perään kytketyllä perälevyllä tai tielanalla. (Hämäläinen 2012, 24.)

Tien höyläämisellä muotoillaan ajouraa ja tasoitetaan tien pintaa. Tien reunoille kertyy kiviainesta, ja se palautetaan takaisin ajouralle höyläyksellä. (Metsäteho 2001, 75.) Höyläyksellä muotoillaan tien pintaa niin, että vesi pääsee valumaan ojiin ja mutkien sivukaltevuus korjataan oikeaksi. (Hämäläinen 2012, 25). Tiehen syntyneet kuopat leikataan höylän terällä kuopan pohjan syvyydeltä. Tällöin samaan paikkaan ei muodostu heti uutta kuoppaa toisin kuin lanaamalla peitetyn kuopan paikalle. (Hämäläinen 2015, 82.)

Tien kulutuskerroksessa olevan hienoaineksen tehtävä on sitoa suuremmat rakeet toisiinsa. Tämän takia hienoainesta ei kannata päästää pölynä ilmaan. Sorateille tehdään tästä syystä pölynsidontaa. Pölynsidonnassa käytetään aineena yleisimmin kalsiumkloridia (CaCl_2). Kalsiumkloridilla on hyvä kyky sitoa ilmasta

kosteutta, johon pölynsidonta perustuu. Kalsiumkloridi eli tuttavallisemmin suola, voidaan levittää tielle liuksena tai hiutaleina. Suola levitetään tavallisesti kuorma-auton perään kiinnitettävällä levittimillä tai vedettävällä hiekoittimella. Pölynsidonta tehdään keväällä kelirikon jälkeen. Paras tulos saadaan levittämällä suola kosteaan tien pintaan samalla kun tehdään tien höyläys. Suolaa käytetään pölynsidonassa 0,5-1 tonnia kilometriä kohden. (Suomen Tieyhdistys 2014, 17.)

Vesakontorjunnan tarkoituksena on poistaa vesakko tien kohdista, joissa siitä on haittaa turvallisuuden tai tien kunnon kannalta. Vesakontorjunta tehdään yleensä koko tien pituudelta. Vesakko poistetaan tien kaarteista, joissa se vaikeuttaa näkemistä, sekä tien kohdista joissa se haittaa veden virtausta. Lisäksi vesakoitunut tienlata aiheuttaa talvella lumen kinostumista tielle. (Tiehallinto 1999, 22.) Oikea aika vesakontorjunnalle on kesällä, kun lehdet ovat kasvaneet täysikokoisiksi. Tällöin vesominen on vähäisempää. Työ toteutetaan yleensä traktoriin tai muuhun työkoneeseen kiinnitetyllä vesakkoleikkurilla. Järeämmäksi kasvaneita puita voidaan poistaa myös raivaussahaa käyttäen. (Hämäläinen 2012, 32.)

Niittämisen ajatus on pitkälti sama, kuin vesakon poistossa. Siinä poistetaan tienluiskista pienet taimet ja heinät, jotka huonontavat näkyvyyttä. Niitto tehdään yleensä kerran kesässä. Työlaitteena käytetään niittokonetta, joka on kiinnitetty yleensä traktoriin. (Hämäläinen 2012, 33.)

5.5 Talvikunnossapito

Lumen poistaminen tieltä aiheuttaa lumisena talvena suurimman kustannuserän hoitotöissä yksityisteillä. Lumen poistamisella tieltä varmistetaan tien liikennöitävyys, parannetaan turvallisuutta ja estetään lumipolanteen kasvu. Yksityistiet aurataan yleensä vasta lumisateen loppumisen jälkeen. Poikkeuksen tähän tekee metsätiet, joilla on vain metsäliikennettä. Tällöin auraustarve määräytyy luonnollisesti käytön mukaisesti. (Hämäläinen 2012, 58.)

Aurauskalustona ylempiluokkaisilla teillä käytetään usein kuorma-autoaurausta ja hiljaisemmin liikennöidyillä teillä lumenpoisto suoritetaan tyypillisesti traktorilla. Kuorma-autoissa on yleensä eteen kiinnitetty alueaura ja lisäksi voi olla alusterä. Alusterää käyttämällä voidaan vähentää talvihöyläystarvetta. Traktorissa yleisten alueaurojen lisäksi voidaan käyttää myös lumilinkoa tai perälevyä. Linkous on hyvä työtapa mutkaisilla ja mäkisillä tieosuuksilla, mutta se on hitaampaa ja usein myös kalliimpaa. (Hämäläinen 2012, 59.)

Lumipolanteen tasaukselle on tarvetta silloin, kun tien pintaan on tullut urat tai halutaan nopeuttaa kelirikko aikana tien pinnan kuivumista. Polanteen tasaus parantaa myös ajomukavuutta ja liikenneturvallisuutta. Työn suorittamiselle oikea ajankohta määräytyy tiessä olevien epätasaisuuksien sekä sääolojen perusteella. Suojasäällä ei polanteen tasausta kannata tehdä. Tähän syynä se, että pehmeään tienpintaa muodostuu helposti uudet urat. (Hämäläinen 2012, 61.)

Liukkauden torjunnalla parannetaan tienpinnan kitkaa ja lisätään tällä tavoin turvallisuutta. Yksityisteillä liukkaudentorjunnassa käytetään tavanomaisesti hiekkaa, joka levitetään kuorma-auton tai traktorin perään kiinnitettävällä hiekoittimella. Hiekan menekki on noin 0,7 - 0,8 t/km. Pistehiekoitukseksi kutsutaan toimenpidettä, jossa hiekoitetaan vain liukkaimmat ja liikenneturvallisuuden kannalta tärkeimmät kohdat, kuten risteykset, mutkat ja mäet. (Hämäläinen 2012, 63.)

5.6 Sorastus

Sorastamalla teitä pyritään korvaamaan tieltä poistunut kulutuskerrosmateriaali. Kulutuskerroksesta häviää materiaalia pölynä ilmaan, kulkeutuu liikenteen takia ojiin tai painuu tien runkoon. Tien kantavuus pysyy hyvänä, kun sen kulutuskerron on tiivis ja kestävä. Tällöin se kestää myös pehmentymistä parhaiten. (Tiehallinto 2004b).

Hyvän lopputuloksen kannalta on tärkeää höylätä tie ennen sorastusta. Hyväkuntoisille teille suositellaan ajankohdaksi kevättä. Tällöin sora on vielä kostea ja suolaus on helppo toteuttaa samalla kerralla höyläyksen kanssa. Huonokuntoisemmille teille suositellaan ajankohdaksi puolestaan syksyä. Tien ollessa kostea, sora pääsee tarttumaan paremmin tien pinnan kulutuskerrokseen. Suositeltu rae-
koko on 0 - 16 mm, mutta tavoiteltaessa kantavuutta voidaan käyttää myös karkeampaa materiaalia. (Tiehallinto 2004b). Sorastusmateriaalin menekki vaihtelee tien leveydestä, olosuhteista ja pohjamaasta riippuen 13 – 34 m³/ km. Kulutuskerroksen vahvuus tulisi olla vähintään 50 mm. (Tiehallinto 2004c).

6. Havaintoasemat ja sademäärät

6.1 Havaintoasemat

Ilmatieteen laitoksella on noin 400 havaintoasemaa. Havaintoasemia on erityyppisiä ja niiden määrä vaihtelee. Vanhoja havaintoasemia lakkautetaan ja uusia perustetaan tai havaintoasemien mittaussuureet muuttuvat. (Ilmatieteen laitos 2019a). Suurin osa sääasemista toimii automaattisesti, mutta myös manuaalisia sääasemia on käytössä vielä muutamia. Niissä ihminen tekee havaintoja kerran päivässä. Automaattisesti toimivat sääasemat tekevät havaintoja 10 minuutin välein. Kaikki sääasemien havainnot tarkastetaan automaattisten testien avulla. Testissä saadut epäilyttävät tulokset tarkastetaan vielä manuaalisesti. Säähavaintoasemilta mitattavia perussuureita ovat ilman lämpötila, ilman suhteellinen kosteus, tuuli, sademäärä, ilmanpaine, kokonaispilvisuus ja pilven korkeus, vallitseva sää, näkyvyys, lumensyvyys ja auringon säteily. (Ilmatieteen laitos 2019b).

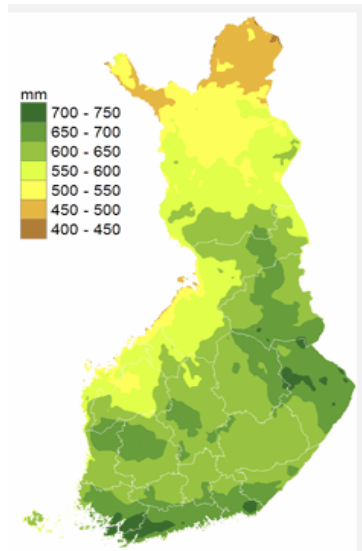
Sääasemien tekemät havainnot kirjataan aina maailman standardi- eli UTC-ajassa. Meteorologinen vuorokausi vaihtuu ajassa 00:00 UTC. Tähän poikkeuksena sademäärän ja lämpötilan suurimmat- ja pienimmät havainnointijaksot.

Vuorokausittain satava sademäärä mitataan ajalta 06-06 UTC ja 24 tunnin lämpötilan suurin- ja pienin havaintoarvo ajassa 18-18 UTC. (Ilmatieteen laitos 2019b).

Sademäärä ilmoitetaan talvisinkin millimetreinä, jolloin vesi sataa useasti lumena. Tällöin sademäärä millimetreinä ilmaisee lumessa olevan veden määrän eli vesikerroksen paksuuden, jos lumi sulaisi. Lumen vesiarvo mm eli lumikuorma kg / m² ilmaisee vedenmäärän neliömetrillä. Lumessa oleva vesimäärä määritetään lumilinjamittauksella. Lumilinja on pituudeltaan 2 - 4 km reitti, joka kattaa eri maastotyyppit. Mittauksessa mittasauvalla tehdään 80 lumen syvyyden mittausta sekä kahdeksan punnitusta lumen tiheyden määrittämiseksi. (Sjöblom 2018, 1).

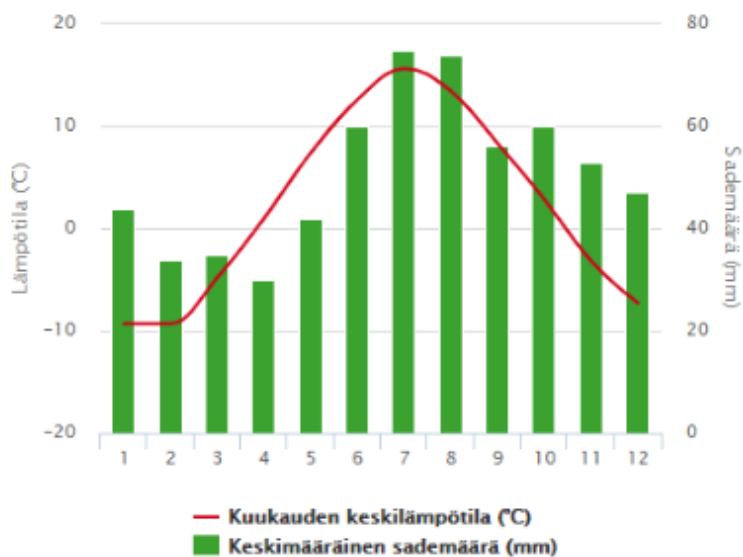
6.2 Sademäärät

Sademäärä eli sadanta on yleiskäsite eri muodoissa oleville vesimolekyyleille. Sadanta ilmenee eri olomuodoissa, kuten vesisateena, lumisateena, räntäsateena, jäätävänä vesisateena tai rakeina. (Pesonen 2016, 3.) Sadannan määrässä on Suomessa aluekohtaisia eroja. Pohjois-Suomen alueella sekä rannikolla vuotuiset sadantamäärät ovat pienempiä, kuin Etelä- ja Keski-Suomessa. Rannikolla ja Pohjoisessa vuotuiset sademäärät ovat 400 - 500 mm, kun Etelässä ja Keski-Suomessa vastaavat lukemat ovat 600 - 700 mm. Pohjois-Suomen alueella vuotuisesta sadannasta tulee alas valtaosa, noin 50 - 70 %. Etelä-Suomessa lumisateen osuus vuotuisesta sadannasta on puolestaan noin 30 %. (Pesonen 2016, 12.) Alla olevassa Ilmatieteenlaitoksen kuvassa 4 on esitettyinä vuotuiset sademäärät kartalla.



Kuva 4. Vuosittainen sademäärä. (Kuva: Ilmatieteenlaitos 2019c).

Alueellisen vaihtelun lisäksi sademäärät vaihtelevat myös kuukausittain. Suomessa pienimmät sadantamäärät ovat kevätkuukausina. Keväästä sadantamäärät kasvavat ja eniten sadantaa mitataan heinä-elokuussa. Syksyllä sademäärät pienentyvät, mutta sadepäivien on syksyllä ja talvella enemmän. Kesällä vuorokautiset sademäärät ovat kuurosateiden myötä suurimmillaan ja sadepäivien määrä on tuolloin pienin. Alla olevassa kuviossa 1 on esitettyä Suomen keskimääräinen lämpötila ja sademäärä kuukausittain vuosien 1981-2010 keskiarvona. (Ilmasto-opas 2019.)



Kuvio 1. Keskimääräiset sademäärät. (Ilmatieteen laitos 2019d).

7. Työn tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää sademäärän vaikutusta tien auras- ja sorastuskustannuksiin Stora Enso Metsässä vuosina 2014-2018. Sademäärän vaikutuksen lisäksi oli tärkeässä osassa selvittää tien kunnossapidon kustannuksia. Selvitys tehtiin vertailemalla kuukausittaisia kustannuksia samalla ajanjaksolla toteutuneeseen sademäärään.

Työ antoi Stora Enso Metsälle tietoa yleisesti tien kunnossapidon kustannuksista vuosittain, kuukausittain ja alueittain. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin kuukausittaisen sademäärän vaikutusta tien auras- ja sorastuskustannuksiin. Tämän selvityksen tietoja Stora Enso Metsä voi hyödyntää mm. tien kunnossapidon toimintamallin kehittämisessä.

8. Aineisto ja menetelmät

8.1 Aineisto

Tutkimuksen aineistona käytettiin Stora Enso Metsältä saatua laskutustietoa auras- ja sorastus kustannuksista, sekä Ilmatieteen laitoksen avoimesta tietopalvelusta saatua sademääräaineistoa. Aineistoa auras- ja sorastuskustannuksista kerättiin Stora Enso Metsältä vuodesta 2014 eteenpäin vuoden 2018 kesäkuun loppuun saakka. Kustannukset selvitimme kuukausittain tapahtuneen laskutuksen perusteella. Kustannukset kohdistettiin laskun kirjauspäivämäärää edeltävälle kuukaudelle, jolloin työ piti olla suoritettu. Laskuissa käytettiin eri työlajeille eli auraukselle ja sorastukselle eri numerosarjaa. Näiden numerosarjojen perusteella lasku kohdistettiin oikealle hankinta-alueelle ja tarkennettuna tiimille, jossa työ oli toteutettu.

Laskutustiedot saatiin suoraan Excel-tiedostoina eri vuosilta, jolloin sen käsiteltävyys analysointia varten oli sujuvaa. Tämä helpotti paljon aineiston käsittelyä, koska laskuja oli 10 047. Vuotta 2018 ei otettu kokonaisuudessaan huomioon, koska heinäkuussa 2018 käyttöönotetusta uudesta metsätietojärjestelmästä saadun tiedon luotettavuudesta ei ollut täyttä varmuutta. Kustannukset kohdistettiin kuukausittain tiimitasolle, jolloin eri maantieteellisten alueiden välinen vertailu oli mahdollista.

Sademääräaineisto saatiin kerättyä Ilmatieteen laitoksen avoimesta aineistosta. Tiimien maantieteellisten alueiden ollessa tiedossa, aineistosta voitiin valita kartalta kullekin tiimille parhaiten edustavat sääasemat. Sääasemia pyrittiin valitsemaan mahdollisimman tasaisesti koko tiimin alueelta. Tutkimukseen otettiin mukaan sääasemia 5 - 18 kappaletta tiimiä kohden, riippuen sen laajuudesta ja alueella olevien sääasemien määrästä. Sademäärät olivat ladattavissa avoimesta aineistosta suoraan Excel-tiedostoina. Kunkin tiimin alueelle laskettiin sademäärän toteutunut keskiarvo alueelle valituilta sääasemilta. Aineiston keräämisen jälkeen sademäärätiedot ja tien kunnossapitokustannukset vietiin samaan Excel-tiedostoon tilastollista testausta ja analysointia varten.

8.2 Menetelmät

Tutkimuksen aineisto oli määrällistä eli tutkimusmenetelmänä käytettiin kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Se on tutkimusmenetelmä, jonka tarkoitus on antaa yleinen kuva mitattavien ominaisuuksien suhteista ja niiden eroista. Määrällisellä tutkimusmenetelmällä vastataan usein kysymyksiin, kuinka paljon tai miten usein. (Vilkkä 2007, 13). Tässä tutkimuksessa selvitetään esimerkiksi, kuinka paljon kustannuksia tulee ja mitkä niiden erot ovat vuosien välillä. Määrällinen tutkimus perustuu tulosten tulkitsemiseen tilastojen sekä numeroiden avulla. (Jyväskylän yliopisto 2015). Määrällisessä tutkimuksessa tulee valita analyysimenetelmä,

joka antaa tietoa siitä mitä ollaan tutkimassa. Sopivaa analyysimenetelmää pyritään ennakoimaan jo etukäteen, mutta käytännössä oikea menetelmä löytyy vasta kun kokeillaan eri analyysimenetelmiä. (Vilkkä 2007, 119.)

Tilastollisessa testaamisessa pidetään nollahypoteesia voimassa niin pitkään, ennen kuin toisin voidaan todistaa. Nollahypoteesi eli H_0 tarkoittaa olettamusta, että tutkittavien ryhmien välillä ei ole tilastollisesti merkittävää eroa. Vastahypoteesi H_1 astuu puolestaan voimaan, jos ryhmien välillä on tilastollisesti merkittävää eroa. (Jyväskylän Yliopisto 2019.) Tutkimuksessa verrataan tuloksia aina asetettuun nollahypoteesiin. Otantavirheen takia tulos poikkeaa aina hieman nollahypoteesista, mutta suuria eroja ei voida selittää ainoastaan otannassa sattuneella virheellä. Tilastollisessa testaamisessa onkin keskeistä selvittää, kuinka suurta poikkeamaa nollahypoteesista voidaan selittää ainoastaan otantavirheellä. Tätä kutsutaan p-arvoksi. (Taanila 2013).

P-arvoa selvitettäessä mahdollisimman pieni tulos tukee vastahypoteesin voimaan astumista. P-Arvon on oltava alle 0,05 eli 5 %, jota käytetään testauksessa yleisesti. Mikäli tutkimuksesta saadaan esimerkiksi p-arvoksi 0,003 eli 0,3 %, voidaan tulosta pitää yllättävänä. Tämä riittää nollahypoteesin hylkäämiseen. (Taanila 2013).

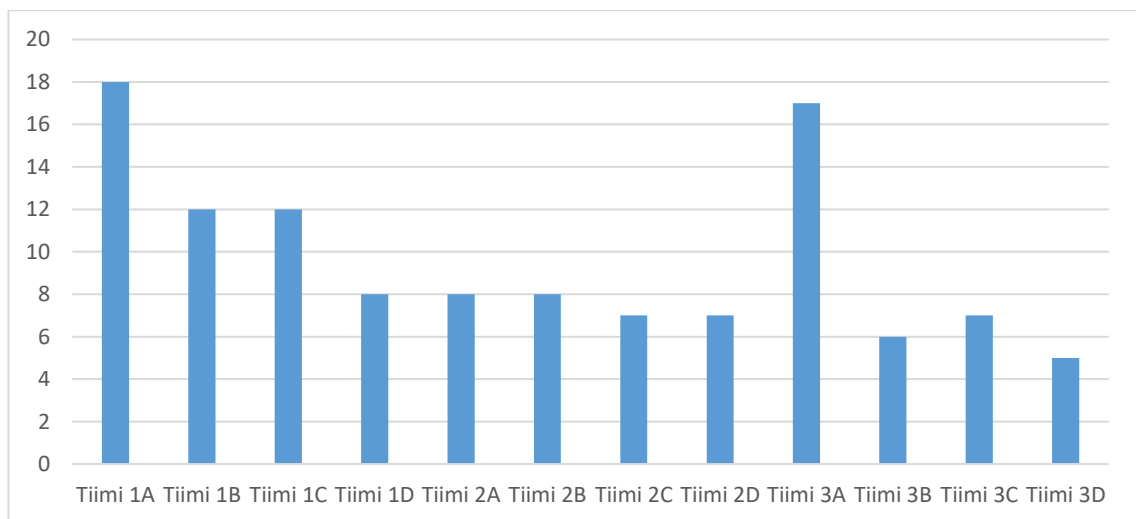
Korrelaatiokertoimella mitataan tilastollista riippuvuutta toisistaan kahden muuttujan välillä. Yleisesti käytettyjä korrelaatiokertoimia ovat Pearsonin tulomomenttikerroin ja Spearmanin järjestyskorrelaatio. Pearsonin korrelaatiokerrointa käytetään välimatka-asteikkoisille muuttujille, ja Spearmanin korrelaatiokerrointa järjestysasteikkoisille muuttujille. (Tilastokeskus 2019.) Korrelaatiokertoimen tulos vaihtelee $-1:n$ ja $+1:n$ välillä. Arvon ollessa lähellä nollaa korrelaatio eli muuttujien välinen riippuvuus on vähäistä ja todennäköisesti tilastollisesti merkityksetöntä. Tuloksen ollessa lähellä -1 tai $+1$, kertoo se voimakkaasta negatiivisesta tai positiivisesta riippuvuudesta muuttujien välillä. Positiivisessa korrelaatiossa arvot kasvavat samansuuntaisesti, ja negatiivisessa korrelaatiossa vähenee samansuuntaisesti. (Vilkkä 2017, 130.) Tässä työssä tilastollinen testaus tehdään käyttäen SPSS-, sekä Excel-ohjelmaa.

9. Tulokset

Tässä luvussa esiteltiin analyysin tulokset, jotka saatiin auraus- ja sorastuskustannusten laskuja sekä sademääriä selvittämällä. Luvussa todettiin myös sademäärien ja tien kunnossapitokustannusten alueellisia, vuotuisia ja kuukausien välisiä eroja.

9.1 Sademäärät

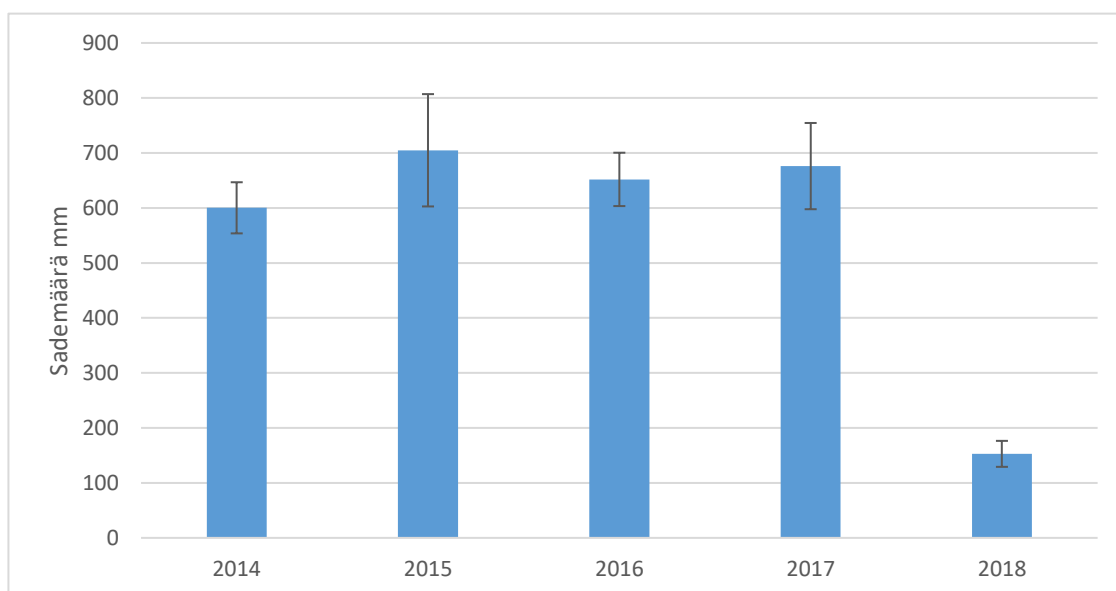
Tutkimukseen valittiin Suomesta yhteensä 115 sääasemaa (ks. kuvio 2). Valittujen sääasemien jakautumisen 12:n eri tiimin alueelle on esitetty alapuolella esitettyssä kuviossa 2. Tiimien 1A- ja 3A-alueelta tutkimukseen tuli valituiksi suurin määrä sääasemia. Eniten sääasemia valittiin alueelta 3, jonka osuus oli 43,5 % tutkimukseen valituista sääasemista. Toiseksi eniten 30,4 %:n osuudella alueelta 3 ja vähiten alueelta 2 prosenttiosuuden ollessa 26,1 %. Yhtä tiimiä kohti valittiin 9,6 sääasemaa.



Kuvio 2. Sääasemien lukumäärä tiimiä kohden.

Vuosittaisen sademäärän vaihtelu selvitetiin laskemalla jokaisen tiimin alueelta keskiarvo kunakin vertailuvuonna. Keskihajonta saatiin laskemalla vuosittaisten sademäärien vaihteluvälin keskiarvo. Vuosien 2014 - 2017 sademäärät vaihtelivat 600 mm:n ja 705 mm:n välillä. (ks. kuvio 3). Sateisinta oli vuonna 2015.

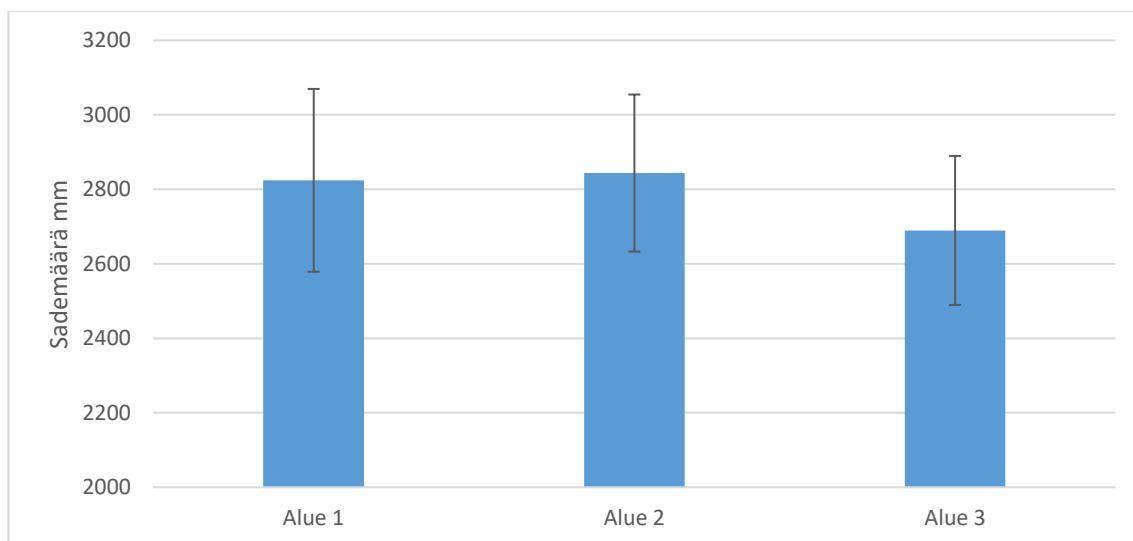
Vuonna 2018 sademäärä oli vähäisintä. Toukokuun loppuun mennessä vuonna 2018 oli satanut keskimäärin 153 mm, joka oli tarkastelujakson pienin määrä. Tutkimuksessa tammi-toukokuun aikana satoi keskimäärin vuosittaisesta sademäärästä 30,1 %. Näin laskettuna vuoden 2018 sademäärä olisi ollut 259 mm vuodessa, joka olisi selvästi pienin sademäärä vertailujaksolla. Keskihajonta vuosien 2014 - 2018 keskiarvona oli 59,8 mm.



Kuvio 3. Sademäärien keskiarvot ja keskihajonnat 1 / 2014 – 5 / 2018.

Alueille laskettiin sadesumma ajalta 1/2014 - 5/2018. Tulokset saatiin laskemalla jokaisen tiimin sääasemien vuosittaisten keskiarvojen summat. Keskihajonta laskettiin tiimien vuotuisten sademäärien keskiarvoista. Kuvio 4 ilmenee alueiden välisissä sademäärissä olevan eroja.

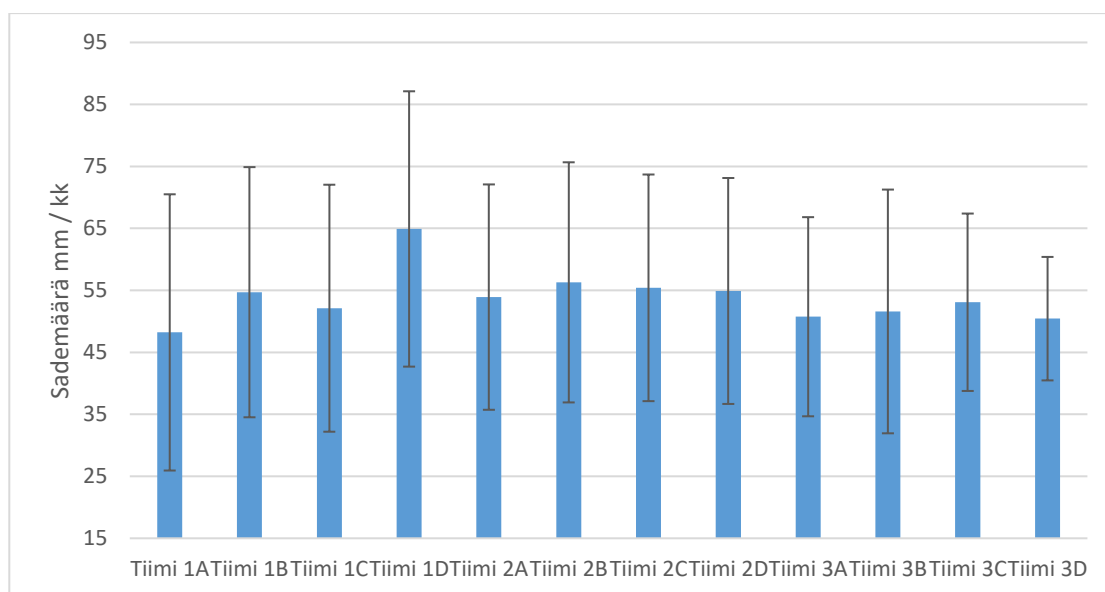
Tutkimuksessa alueen 1 sademäärä vertailujaksolla v. 2014 – 5/2018 oli 2 690 mm ja keskihajonta 245 mm. Tulos oli alueista toiseksi suurin. Alueen 2 sadesumma oli tutkimuksen korkein 2 844 mm sademäärällä. Keskihajonta alueella 2 vuotuisissa sademäärissä oli 211 mm. Vähiten satoi alueella 3, jonka sadesumma vertailujaksolla oli 2 690 mm ja keskihajonta oli 211 mm.



Kuvio 4. Sadesummat ja keskihajonnat alueittain 1 / 2014 – 5 / 2018.

Alla olevassa kuviossa 5 on esitetty tiimien keskimääräiset sademäärät kuukaudessa sekä keskihajonta. Sademäärät laskettiin jokaisen tiimin vertailujakson ajalta 1/2014 – 5/2018 kuukausittaisten sademäärien keskiarvoista. Tiimien 1A ja 1C sademäärät olivat vähäisimpiä. Tiimin 1D alueella oli puolestaan sateisinta. Sen sademäärät nostavat koko alueen 3 (kuvio 4) keskiarvoa.

Suurin keskihajonta tiimien sademäärissä 22,3 mm oli tiimissä 1A. Pienin keskihajonta mitattiin 3D:n tiimissä, jossa keskihajonta oli 10 mm. Sademäärien kuukausittaiset keskiarvot vaihtelivat tiimin 1D:n 65 mm:n ja tiimin 1A:n 48 mm:n välillä. Sademäärien keskiarvo kaikki tiimit mukaan lukien olivat 54 mm kuukaudessa.



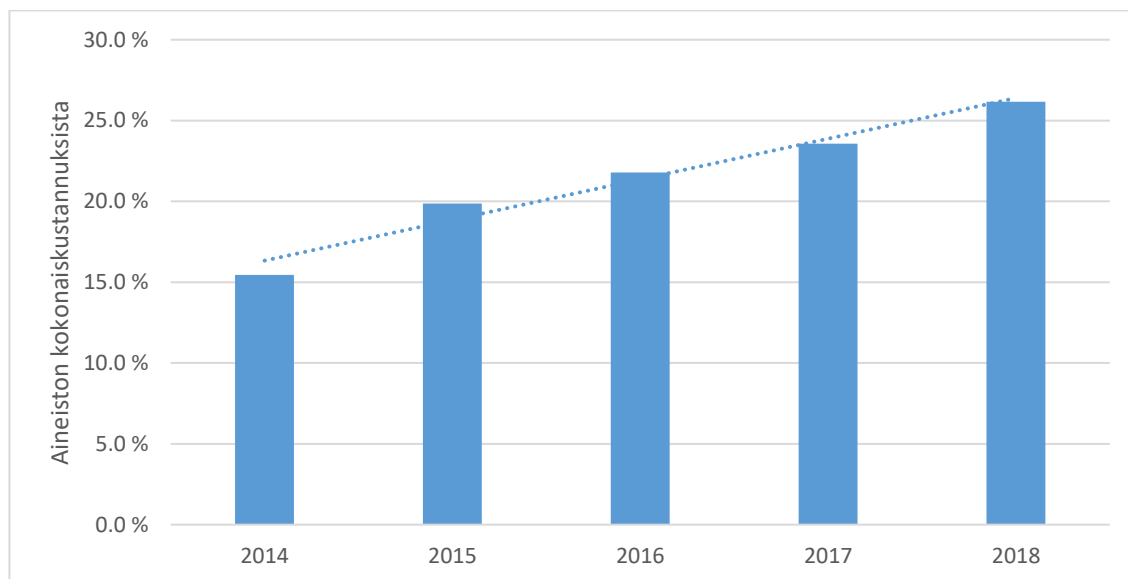
Kuvio 5. Tiimien keskimääräiset sademäärät ja keskihajonnat kuukausittain.

9.2 Auraus- ja sorastuskustannukset

Kuviossa 6 on esitetty auraus- ja sorastuskustannukset prosentteina niiden kokonaiskustannuksista vuosina 2014 - 2018. Ne laskettiin summaamalla kunakin vuonna tulleet auraus- ja sorastuslaskut yhteen. Alueelta 3 vuodelta 2014 ei ollut saatavissa kustannustietoa tammi-lokakuun ajalta. Vuosina 2016 ja 2017 keskimääräinen kustannusten nousu oli 1,9 % vuodessa. Jokaiselle alueen 1 tiimille vuodelle 2014 ja kuukausille tammi-lokakuu laskettiin vuoden 2016 kustannukset vähennettynä keskimääräinen kustannusten nousu 1,9 %. Näin saatiin vuosista vertailukelpoiset keskenään.

Vuoden 2018 osalta tulokset olivat toteutuneita tammi-toukokuun ajalta ja kesä-joulukuun ajalta laskennallisia. Koko tarkastellussa aineistossa tammi-toukokuun kuukausina vuosikustannuksista kertyi keskimäärin 64,7 % (ks. kuvio 9). Vuoden 2018 kustannukset saatiin lisäämällä tammi- toukokuun kustannuksiin 35,3 %. Kustannusten nousu tarkastelujaksolla oli tasaista. Vuotta 2014 verrattaessa vuoteen 2015 kustannukset nousivat 4,4 %, joka oli suurin vuosittainen kustannusten nousu. Seuraavana vuonna kustannusten nousu oli 1,9 %, ja vuosien

2016 ja 2017 välillä kustannukset nousivat 1,8 %. Vuonna 2018 kustannukset nousivat 2,6 %. Keskimäärin kustannukset kasvoivat vuodessa 2,7 %.



Kuvio 6. Auraus- ja sorastuskustannukset vuosina 2014 - 2018.

Kuviosta 7 ilmenee, että alueiden välillä kustannukset jakoutuivat epätasaisesti. Alueelle 3 (3A-3D) kohdistettiin auraus- ja sorastuskustannuksista 25 % niiden yhteiskustannuksista. Alueelle 2 (2A-2D) kustannuksia kohdistettiin yli puolet, sen osuus oli 54 %. Kolmannelle alueelle (3A-3D) kustannuksia puolestaan kohdistettiin 22 %.

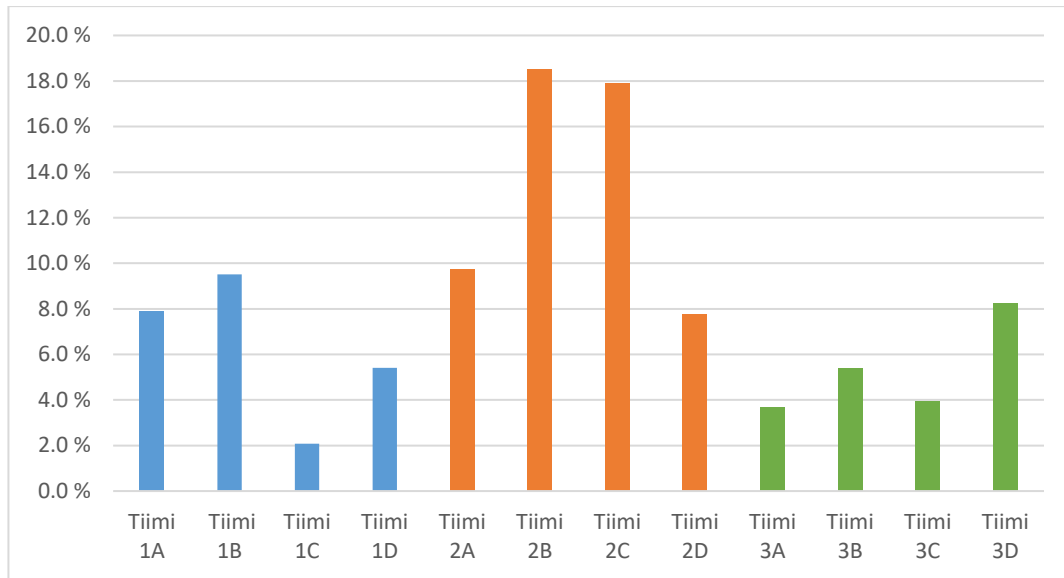
Kuviossa 7 esitettiin kustannusten prosentuaalinen jakautuminen tiimeille vuosina 2014 - 2018. Aineiston laskut kirjattiin jokaiselle tiimille. Kunkin tiimin auraus- ja sorastuskustannus summa jaettiin koko aineiston summalla, jolloin saimme selvitettyä prosentuaalisen jakautumisen. Suurin määrä auraus- ja sorastuskustannuksia kirjattiin tiimille 2B, jonka osuus 12:ta tutkittavasta tiimistä oli 18,5 %. Toiseksi eniten kustannuksia merkattiin 2C:n tiimille, jonka osuus oli 17,9 %. Kustannuksista pienin määrä kirjattiin 1C tiimille 2,1 % osuudella ja toiseksi vähiten alueen 3 tiimille 3A. Sen osuus kaikista auraus- ja sorastuskustannuksista oli 3,7 %. Alla esitetyssä kuviossa 7 tiimien palkit on väritetty alueiden mukaan. Siniset palkit kuvaavat alueen 1-, oranssit alueen 2- ja vihreät palkit alueen 3 tiimejä.

Alueiden välisiä tilastollisesti merkittäviä eroja auraus- ja sorastuskustannuksissa testattiin Kruskal – Wallisin sekä Friedmanin -testeillä. Kruskal - Wallisin -testillä selvitetiin, onko alueiden välillä tilastollisesti merkittäviä eroja. Testi tuli valituksi koska siinä ei oleteta aineiston olevan normaalijakautunut. (Taanila 2013a). Mitä pienempi testin p-arvo oli, sitä suurempi todennäköisyys oli tilastollisella merkitsevyydellä (ks. kappale 8.2). Testin tuloksena saimme p-arvoksi alle 0,001. Tällöin astui voimaan vastahypoteesi H_1 , jossa todettiin alueiden välillä olevan tilastollisesti merkittäviä eroja.

Seuraavaksi selvitimme alueiden välisiä tilastollisesti merkittäviä eroja. Testi tehtiin Friedmanin -testillä, jossa verrattiin pareittain alueiden välisiä kustannuksia. Myöskään Friedmanin -testissä ei oleteta aineiston olevan normaalijakautunut. (Taanila 2013b). Alla esitetyssä taulukossa 4 on parivertailun tulokset. Alueiden 1 ja 2, sekä 3 ja 2 välillä auraus- ja sorastuskustannuksissa oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ero, mikä havaittiin taulukosta 4. Molemmissa testeissä p-arvo oli alle 0,001. Tällöin nollahypoteesi H_0 voitiin hylätä ja vastahypoteesi H_1 astui voimaan. Alueiden 1 ja 3 välillä ei testissä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Testin p-arvo oli 0,296 ja korjattu p-arvo 0,889. Nollahypoteesin H_0 hylkäämiseen olisi p-arvon täytynyt olla alle 0,05. (ks. kappale 8.2.) Korjattu p-arvo laskettiin testin p-arvosta jakamalla se vertailussa olevien parien kokonaismäärällä. (Taanila 2013b). Korjattu p-arvo ei vaikuttanut testin lopulliseen tulokseen.

Taulukko 4. Parivertailu.

Parivertailu	P-arvo	Korjattu p-arvo
Alueet 1 ja 3	0.296	0.889
Alueet 1 ja 2	0.000	0.000
Alueet 3 ja 2	0.000	0.000

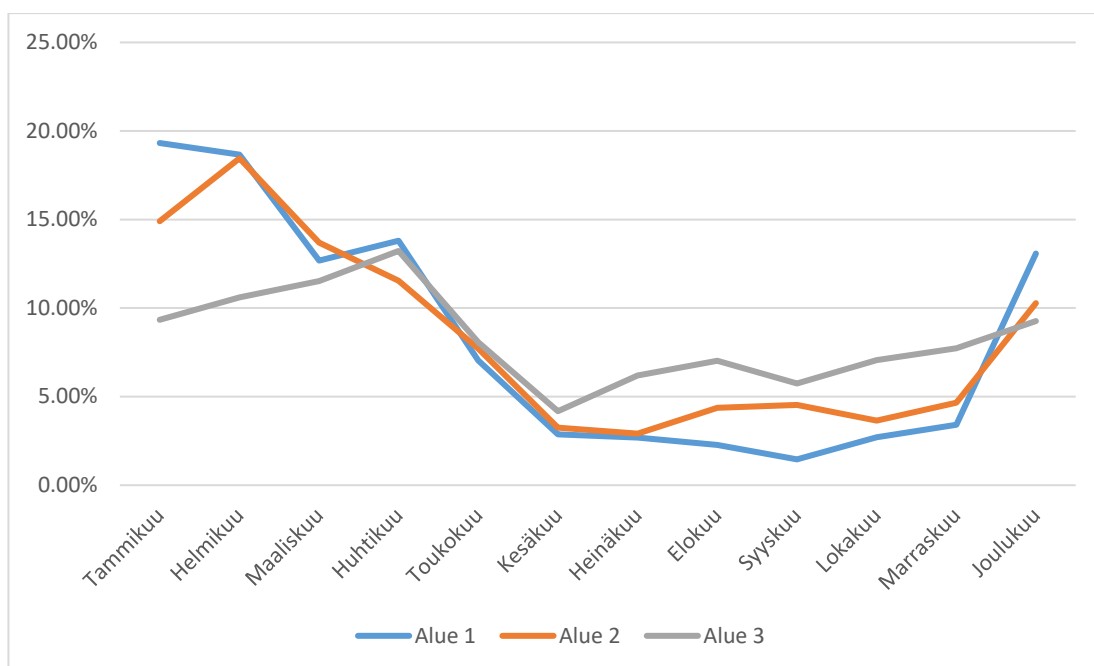


Kuvio 7. Auraus- ja sorastuskustannusten jakautuminen tiimeille aineiston kokonaiskustannuksista.

Koko Suomen alueella teiden kunnossapidon kustannuksista aurausta oli 64 %, ja sorastusta 36 %. Alueen 1 kustannuksista suurin osa muodostui aurauksesta. Aurauksen osuus kustannuksista oli 89 % ja sorastuskustannuksia 11 %. Alueella 2 käytettiin auraukseen 61 %, ja sorastuksen osuus oli 39 %. Alueella 3 sorastuskustannuksia oli puolestaan enemmän kuin aurausta. Sorastuksen kustannuksia oli 55 % ja loput 45 % olivat tien auraukseen.

Auraus- ja sorastuskustannukset vaihtelivat kuukauden mukaan, mikä ilmenee kuvio 8. Siinä on esitetty alueiden 1, 2 ja 3 aurauksen - ja sorastuskustannusten keskimääräisen prosentuaalisen kertymän kuukausittain suhteessa alueen teiden kunnossapidon kokonaiskustannuksiin. Tulokset saatiin selvittämällä vertailujakson aikana tulleiden kustannusten kuukausittaiset keskiarvot.

Alueen 1 kustannukset painottuivat voimakkaasti talvikuukausille. Alueen 2 kustannukset (ks. kuvio 8) kertyivät sekä talvi- että kesäkuukausina, mutta pääpaino oli talvikuukausilla. Alueella 3 kustannukset taas jakautuivat tasaisesti eri vuodenajoille. Sen alueella kesä-marraskuun välisenä aikana kustannukset olivat suhteellisesti suurimmat.



Kuvio 8. Vuosittaisten auras- ja sorastuskustannusten keskimääräinen kertyminen kuukaudessa alueen kokonaiskustannuksista.

Kuviosta 9 ilmeni auras- ja sorastuskustannusten vaihtelevan kuukausien välillä. Siinä on esitetty keskimääräiset auras- ja sorastuskustannukset kuukausittain keskimäärin kaikki alueet mukaan otettuna. Aluksi testattiin, onko kustannukset normaalisti jakautuneet. Testi tehtiin SPSS-ohjelmalla Kolmogorov - Smirnovin -testillä. Testissä nollahypoteesi eli H_0 tarkoittaa, että auras- ja sorastuskustannukset ovat normaalijakautuneet. Testi tehtiin käyttäen 95 % luottamustasoa. (Taanila 2015). Taulukosta 5 ilmeni, että auras- ja sorastuskustannukset eivät olleet normaalijakautuneet. p-arvo on alle 0,05, joka tarkoitti nollahypoteesin kumoamista. Voimaan astui H_1 eli auras- ja sorastuskustannukset eivät olleet normaalijakautuneet.

Taulukko 5. Normaalisuuden testaus.

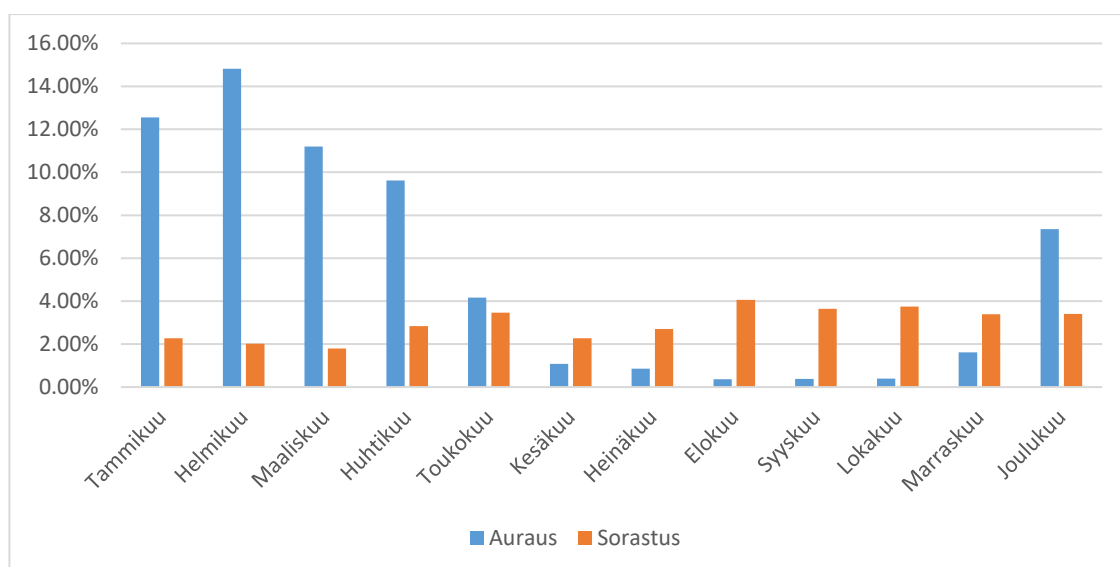
Kolmogorov-Smirnov	Tunnusluku	Havaintojen lkm	p-arvo
Auras- ja sorastus	0.181	636	0.000

Auraus- ja sorastuskustannusten ollessa epänormaalisti jakautuneet, käytimme testauksessa epäparametrista testiä. Tilastollisessa testauksessa käytimme Kruskal-Wallis -testiä, jossa ei oleteta aineiston olevan normaalijakautunut. (Taanila 2013a). Testin p-arvo oli alle 0,05, mikä ilmeni taulukosta 6. Tällöin auraus- ja sorastuskustannukset riippuivat kuukaudesta.

Taulukko 6. Auraus- ja sorastuskustannusten riippuvuus kuukaudesta.

Nollahypoteesi	Testi	P-arvo	Tulos
Auraus- ja sorastuskustannukset riippuvat kuukaudesta.	Kruskall-Wallis -testi	0.000	Nollahypoteesi hylätään.

Alla olevassa kuviossa 9 on esitettyä auraus- ja sorastuskustannusten jakautuminen tien aurauksen- ja sorastuksen kokonaiskustannuksista eri kuukausille. Suurimmat kustannukset olivat keskimäärin helmikuussa, ja pienimmät kesäkuussa. Aurauskustannukset koostuivat pääasiassa talvikuukausilta. Sorastuskustannukset jakoutuivat tasaisemmin kaikille kuukausille. Suurimmat sorastuskustannukset olivat elokuussa.



Kuvio 9. Koko aineiston auraus- ja sorastuskustannusten jakautuminen kuukausille.

9.3 Sademäärän vaikutus auraus- ja sorastuskustannuksiin

Kuviossa 10 on esitetty keskimääräiset sadesummat kuukaudessa, sekä keskihajonnat. Kuvioon laskettiin myös koko aineiston pohjalta prosentuaalinen keskiarvo kuukausittaisista auraus- ja sorastuskustannuksista. Sademäärien keskihajonnat vaihtelivat 4,8 mm:n ja 17,8 mm:n välillä keskiarvon ollessa 9,7 mm. Auraus- ja sorastuskustannukset vaihtelivat kuukausien välillä, joka ilmeni kuviossa 10. Tammikuusta toukokuun loppuun kustannukset olivat suurempia, kuin kesä-marraskuun aikana. Taulukosta havaittiin, että kustannukset nousivat selvästi jälleen joulukuussa.

Testasimme sademäärän vaikutusta auraus- ja sorastuskustannuksiin Spearmanin korrelaatioanalyysillä. Se kuvaa kahden muuttujan välistä riippuvuutta toisistaan (Ks. kappale 8.2). Spearmanin järjestyskorrelaatio valittiin, koska se ei ole yhtä herkkä lineaarisuudesta poikkeavuudelle kuin Pearsonin korrelaatiokerroin. (Mattila 2015, 2.) Nollahypoteesina H_0 oli, ettei muuttujien välillä ole riippuvuutta. Muuttujien välillä on tilastollisesti merkittävää riippuvuutta, oli vastahypoteesina H_1 .

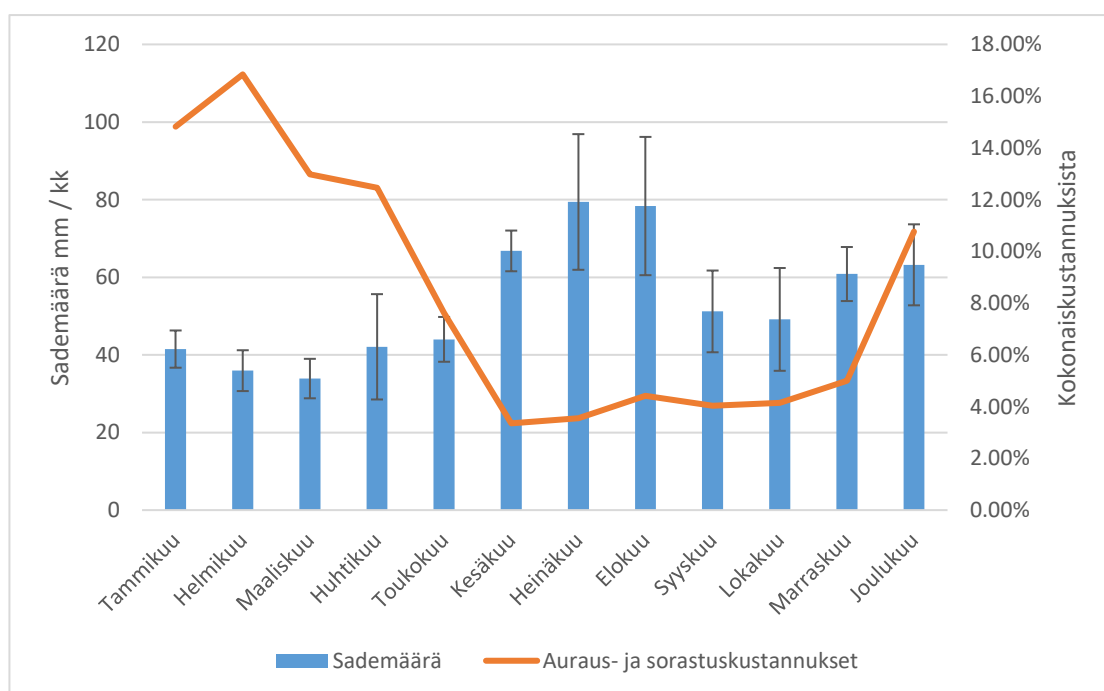
Testin tulokset on esitetty taulukossa 7. Sademäärän ja aurauskustannusten välinen riippuvuus oli testin mukaan tilastollisesti merkitsevä, koska p-arvo oli pienempi kuin 0,001. Vastahypoteesi H_1 astui voimaan. Korrelaatio oli negatiivista korrelaatiokertoimen ollessa -0,294. Tämä tarkoittaa, että sademäärän lisääntyessä aurauskustannukset vähenevät. Korrelaatiokertoimen perusteella todettiin, ettei sademäärällä ja aurauskustannuksilla ole tässä tutkimuksessa käytännön riippuvuutta. Sorastuskustannusten ja sademäärän välinen riippuvuus todettiin tilastollisesti merkitseväksi, koska p-arvo oli 0,003. Tulos oli pienempi kuin raja-arvo 0,05. Sorastuskustannusten ja sademäärien välinen korrelaatiokerroin oli 0,119 eli lähellä nollaa.

Tuloksena totesimme sademäärän kasvun kasvattavan hieman sorastuskustannuksia. Korrelaatiokertoimen perusteella todettiin, ettei muuttujien välillä ollut tässä tutkimuksessa käytännössä merkitsevää riippuvuutta.

Taulukko 7. Sademäärän korrelaatio auras- ja sorastuskustannusten välillä.

Spearmannin korrelaatioanalyysi		Sademäärä mm / kk	Aurus	Sorastus
Sademäärä	Korrelaatiokerroin	1	-0.294	0.119
	p-arvo (kaksisuuntainen)		0.000	0.003
	Havaintojen lkm.	636	636	636
Aurus	Korrelaatiokerroin	-0.294	1	-0.144
	p-arvo (kaksisuuntainen)	0.000		0
	Havaintojen lkm.	636	636	636
Sorastus	Korrelaatiokerroin	0.119	-0.144	1
	p-arvo (kaksisuuntainen)	0.003	0.000	
	Havaintojen lkm.	636	636	636

Kuvio 10. Kuukausittainen sademäärä ja kustannus kokonaiskustannuksista.



9.4 Tulosten tarkastelua

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, vaikuttaako sademäärä auras- ja sorastuskustannuskustannuksiin. Kustannuksista saatava tieto oli myös yksi tärkeimmistä selvitettävistä asioista. Tässä kappaleessa tarkastelimme tutkimuksen tuloksia ja pohdimme niihin vaikuttavia tekijöitä.

Sääasemia tutkimukseen valittiin 115 kpl. Sääasemien valintaan vaikuttivat paljon alueiden maantieteellinen koko ja tiimin alueella olevien sääasemien lukumäärä. Vuosien 2014-2017 keskimääräinen sademäärä tässä selvityksessä oli 658 mm. Ilmatieteen laitoksen tutkimuksen (2019) mukaan vuosittainen sademäärä on 500 mm ja 650 mm välillä, joka oli yllättävän paljon alhaisempi tulos. Ilmatieteen laitoksen tutkimuksen (ks. kuva 3) mukaan Pohjois-Suomessa ja Rannikolla sataa vähemmän kuin Etelä- ja Keski-Suomessa. Nämäkin tulokset poikkesivat hieman tässä tutkimuksessa saaduista tuloksista.

Sademäärien keskiarvo kaikki tiimit mukaan lukien olivat 54 mm (kuvio 5) kuukaudessa. Tulos on hieman korkeampi kuin Ilmatieteen laitoksen (2019) tutkimuksessa, jossa vuosien 1981-2010 sademäärien kuukausittainen keskiarvo oli 50,8 mm. Eroa tämän ja Ilmatieteen laitoksen tutkimuksen välillä oli vain 3,2 mm. Alueen 1 sadesummaa nostivat selvästi tiimin 1D suuret sademäärät ja alue 2 oli odotetusti sateisinta aluetta. Tutkimuksen sateisin vuosi oli 2015 ja kuivin puolestaan 2018. Kokonaisuutena vertailtaessa tulokset olivat kuitenkin hyvin samankaltaisia Ilmatieteen laitoksen tutkimuksen kanssa. Tuloksiin vaikutti todennäköisesti se, ettei merialueilta sääasemia tähän tutkimukseen valittu.

Auras- ja sorastuskustannusten vuosittainen kasvu 2,7 %, oli odotetun kaltainen. Alueiden 3 ja 2, sekä 2 ja 1 välillä auras- ja sorastuskustannuksissa oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ero. Tällöin vastahypoteesi H_1 hyväksyttiin. Alueiden 1 ja 3 välillä ei testissä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, joten nollahypoteesi H_0 jäi voimaan. Verrattaessa kuvioita 3 ja 6 ei ollut havaittavissa, että tien

auraus- ja sorastuskustannukset olisivat nousseet sademäärien mukaisesti. Tulosta kustannusten noususta tukee myös Työtehoseuran tutkimus vuosilta 2014-2016. Lumitöiden keskimääräinen kustannusten nousu tutkimuksessa oli 3 %. Tiehallinnon selvityksen (2009) mukaan sorateiden kustannusten ennustettiin nousevan vuodessa 5 % ilmastonmuutoksen myötä, joka ei täytynyt tässä tutkimuksessa. Samassa tutkimuksessa esitettiin kelirikkokustannusten nousun olevan vuodessa 3 %.

Alueiden ja tiimien välillä oli suuria eroja auras- ja sorastuskustannuksissa. Näihin vaikuttavat useat tekijät kuten maantieteellinen sijainti, alueen teiden kunto, puunkorjuumäärät, kelirikkopäivien määrä, sääolosuhteet jne. Täydellistä alueiden välistä vertailua on vaikea tehdä. Tulokset auras- ja sorastuskustannusten jakautumisesta hankinta-alueiden välillä olivat odotettuja. Alueen 1 kustannuksista valtaosa (89 %) muodostui aurauksesta. Yllättävää oli sorastuksen pieni määrä (11 %) alueella 1 vallitsevien erityispiirteiden takia, vaikka alueella olisi voinut olettaa kustannusten olevan suurempiakin. Alueen 3 kustannukset muodostuivat tasaisimmin molemmista työlajeista, joka oli myös odotettu tulos. Alueelta 2 puuta korjataan paljon, ja sademäärät ovat vertailussa mukana olleista alueista suurimpia. Alueen 3 kustannuksista sorastukselle kirjattiin 55 % ja auraukselle 45 %, joka johtuu todennäköisesti alueen maantieteellisestä sijainnista. Tähän löytyi vertailupohjaa Piiparisen (2003) tekemästä tutkimuksesta, jossa metsäteiden kunnossapidosta 60 % aiheutui sorastuksesta samalla alueella.

Aurauskustannukset (kuvio 9) olivat odotetusti suurimpia talvikuukausina (ks. kappale 5.5). Kesä-marraskuun välillä aurasusta tehdään vain vähän. Saman tuloksen näkee taulukosta 2 (ks. kappale 5). Aurasusta tehdäänkin kesäkuukausina vain satunnaisesti tien tasaukseen. Sorastuskustannuksissa (kuvio 9) odotimme suurempaa piikkiä kevät- ja syyskelirikon aikaan (ks. kappale 5.3), jolloin teiden kantokyky on heikoimmillaan. Tällöin tien rakennekerrokset (ks. kappale 4.2) ovat kovalla rasituksella ja vaurioitumisherkkiä. Kesälomat ja marjastus-, sekä metsästysaika nostavat metsäteillä liikkuvan liikenteen määrää heinäkuusta loppusyksyyn saakka (ks. kappale 3.1). Liikennemäärien noustessa myös mahdolliset

vauriot tiessä havaitaan helpommin. Pieni nousu huomattiin sorastuksessa toukokuussa ja elokuussa verrattuna muihin kuukausiin, kuitenkin odotettua vähäisempänä. Sorastuskustannukset jakautuivat muuten hyvin tasaisesti vuoden eri kuukausille. Sorastuskustannusten tasainen jakautuminen poikkesi sorastustyön normaalista ajoittamisesta Metsätehon (2001) mukaan (ks. taulukko 2). Taulukoon 2 verrattuna Stora Enso Metsä tekee sorastustyön tarpeeseen heti tien kantavuuden heikettyä tai vaurion synnyttyä. Tämä selittää tutkimuksen tuloksen, jossa kustannusten jakautuminen ympäri vuoden oli tasaisempaa. Tammi-maaliskuussa sorastuskustannukset olivat pienimmillään. Teiden ollessa jäässä myös tien kantavuus on hyvällä tasolla. Tällöin ei sorastusta kantavuuden parantamiseksi tarvitse tehdä. Pääasiallisena talvikuukausien sorastuskustannusten aiheuttajana oli todennäköisesti hiekoitus (ks. kappale 5.5).

Tulokset korrelaatiosta sademäärän ja auraus- ja sorastuskustannusten välillä eivät vastanneet odotuksia. Kokonaisuutta tarkasteltuna sademäärällä, sekä auraus- ja sorastuskustannuksilla ei ollut muuttujien välistä riippuvuutta. Tutkimuksessa todettiin, ettei sademäärällä ole vaikutusta auraus- ja sorastuskustannuksiin (ks. taulukko 7 ja kuvio 10), joten nollahypoteesi H_0 jäi voimaan. Sademäärä korreloi heikosti auraus- ja sorastusten kanssa. Laskutuksen olisi pitänyt tapahtua viimeistään työnsuorittamisesta seuraavana kuukautena. Havaittavissa oli kuitenkin kuukausia, jolloin kustannuksia oli vähän tai ei ollenkaan ja seuraavana kuukautena paljon.

Tiehallinnon (2009, 40) selvityksessä oli tutkittu lumisateen vaikutusta aurausker-toihin. Tutkimusalueena oli ollut korkean hoitoluokan teitä Helsingin ja Vantaan alueilla. Tutkimuksessa 10 cm lunta korkeanhoitoluokan teillä aiheutti 10-15 toimenpidekertaa, ja alemmilla hoitoluokilla määrä oli vastaavasti alle 6. Lumimäärä oli muutettu sademääräksi mm / kk, niin kuin tässäkin tutkimuksessa. (Tiehallinto 2009, 62). Saman tutkimuksen (Tiehallinto 2009, 62) tuloksissa sademäärä korreloi hyvin sademäärien kanssa, toisin kuin tässä tutkimuksessa. Jotta sademäärää voisi luotettavasti verrata kustannuksiin, olisi tärkeää saada kohdistettua kustannukset juuri oikealle ajankohdalle. Suurella osalla metsäteistä aurausta ei tehdä kokoaikaisesti läpi talven, vaan ainoastaan tarpeeseen. Tällöin aurattavat

tiet esim. lumisen helmikuun jälkeen aurauksen tapahtuessa maaliskuussa, antaa huonon korrelaatiokertoimen, mikäli juuri maaliskuussa ei sademäärä ole ollut merkittävä. Oikeakin kohdistus laskutuksen kanssa antaa tällöin huonon korrelaation.

10. Pohdinta

Tutkimuksen aineisto saatiin Ilmatieteen laitokselta, sekä Stora Enso Metsältä, joten tutkimusaineistoa voitiin pitää luotettavana. Inhimillisen virheen mahdollisuus käsiteltäessä 10 047 laskua ja sademääriä 115 sääasemalta neljän vuoden ja 5 kuukauden ajalta oli mahdollinen, mutta kokonaisuutena tarkasteltuna pieni.

Tutkimuksen haasteena oli laaja aineisto. Aineistoa olisi ollut mielekästä analysoida tarkemmin, mutta aikaa tähän olisi pitänyt varata enemmän. Kustannuksia pyrittiin kohdistamaan oikealle ajankohdalle, mutta kohdistuksen todellista luotettavuutta on vaikea arvioida. Taulukoita olisi voinut tehdä loputtoman paljon, joten esitettävään muotoon piti taulukoihin tiivistää vain olennainen. Haasteena oli myös alueelta 3 vuodelta 2014 tammikuusta marraskuuhun puuttuvat laskutus-tiedot, jotka vaikeuttivat vuosien ja alueiden välistä vertailua. Myös vuosi 2018 olisi ollut hyvä analysoida kokonaisena vuotena, joka olisi tuonut siltä vuodelta luotettavamman tiedon. Luotettavan tuloksen saamiseksi vertailtaessa sääolo-suhteita kustannuksiin, olisi hyvä tehdä regressiomalli, jossa muuttujia olisi enemmän. Vuosille lasketuista ennusteista näkee kuitenkin hyvin suuntaviivoja kustannuksista ja niiden kehitymisestä.

Tutkimuksessa saimme kerättyä yleistä tietoa Stora Enso Metsän auras- ja so-rastuskustannuksista, joista ei aikaisempaa tietoa ollut tässä laajuudessa. Myös kustannusten kehitymisestä, sekä alueiden ja tiimien välisistä eroista kuukausit-tain ja työlajeittain saimme uutta tietoa. Näiden tulosten pohjalta voi lähteä teke-mään yksityiskohtaisempaa tutkimusta.

Tutkimusehdotuksena olisi selvittää tarkemmin tiimien välisten kustannusten muodostumista ja eroja tarkemmin. Maantieteellisesti vierekkäin olevat tiimit ovat usein myös samankaltaisia, joten tiimien välisistä eroista voisi olla hyötyä puunkorjuun operaatioissa. Tutkimukseen voisi ottaa vertailtavaksi muuttujaksi myös puunkorjuumäärät ja lämpötilan, jolloin voisi laskea korjatulle puumäärälle tien kunnossapidonkustannukset € / m³. Mitä enemmän puuta korjataan, kuljetuskertoja tulee enemmän ja mahdollisesti myös tien kunnossapitokustannuksia. Lämpötilan vaihtelut talvella voivat vaikuttaa auroskustannuksiin laskevasti silloin, kun sade tulee lumen sijasta vetenä. Lämpötilan vaihtelukertojen lukumäärä pakkasen ja plus asteiden välillä lisää todennäköisesti myös hiekoitustarvetta.

Lähteet

- Hartikainen, O.-P. 1999. Tietekniikan perusteet. Helsinki: Otatieto.
- Heidari, M. J. Najafi, A. Alavi, S. 2018. Pavement deterioration modeling for forest roads based on logistic regression and artificial neural networks. <http://crojfe.com/site/assets/files/4251/heidari.pdf>. 2.3.2019
- Hämäläinen, E. 2012. Yksityistien kunnossapito. Kunnossapitotöiden suunnittelun ja toteuttamisen perusteet. Kerava: Suomen Tieyhdistys.
- Hämäläinen, E. 2015. Yksityisteiden hallinto, tiekunta ja tieosakas 2015. Kerava: Suomen Tieyhdistys.
- Ilmasto-opas. 2019. Nykyinen ilmasto-30 vuoden keskiarvot. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/1c8d317b-5e65-4146-acda-f7171a0304e1/nykyinen-ilmasto-30-vuoden-keskiarvot.html>. 16.1.2019.
- Ilmatieteen laitos. 2019a. Havaintoasemat. <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintoasemat>. 16.3.2019.
- Ilmatieteen laitos. 2019b. Säähavainnot. <https://ilmatieteenlaitos.fi/saahavainnot>. 16.3.2019.
- Ilmatieteen laitos. 2019c. Ilmastollinen vertailukausi 1981-2010. <https://ilmatieteenlaitos.fi/ilmastollinen-vertailukausi-1981-2010>. 16.1.2019.
- Ilmatieteen laitos. 2019d. Kuukausitilastot. <https://ilmatieteenlaitos.fi/kuukausitilastot>. 17.2.2019.
- Jyväskylän yliopisto. 2015. Määrällinen tutkimus. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>. 20.1.2019.
- Jyväskylän yliopisto. 2019. Luento 7. Hypoteesien testaus. [http://users.jyu.fi/~tatima/TER/Luento7\(ht\).pdf](http://users.jyu.fi/~tatima/TER/Luento7(ht).pdf). 17.2.2019.
- Kaakkurivaara, T. 2018. Innovative methods for measuring and improving the bearing capacity of forest roads. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/234209/Innovati.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 2.3.2019.
- Mattila, M. 2015. Spearmanin järjestyskorrelaatio. <https://www.mv.helsinki.fi/home/mmmattila/kvanti/luento6.pdf>. 2.3.2019.
- Metsäteho. 2001. Metsätieohjeisto. Helsinki. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Tieohjeisto_osa_1_Tekstiosa.pdf. 15.1.2018.
- Palva, R. 2017. Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat. <https://www.tts.fi/files/369/ttt12.pdf>. 10.2.2019.
- Pesonen, H. 2016. Miten sadanta on muuttunut sadassa vuodessa-muutoksia selittäviä tekijöitä. Helsingin Yliopisto. <https://blogs.helsinki.fi/hapesone/files/2017/03/Miten-sadanta-on-muuttunut-Suomessa-v2.pdf>. 15.1.2019.
- Piiparinen, H. 2003. Metsäteiden kunnossapitokustannukset Etelä-Suomen yksityismetsissä. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/abs/fa03/fa033275.htm>. 11.2.2019.
- Sjöblom, H. 2018. Lumen vesiarvon mittaaminen. https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesitilanne_ja_ennusteet/Lumi. 16.3.2019.
- Skogskunskap. 2016. Siffror om vägar. <https://www.skogskunskap.se/vagar-i-skogen/om-skogsbilvagar/skogsbilvagar-och-andra-enskilda-vagar/siffror-om-vagar/>. 2.3.2019.
- Stora Enso Oyj. 2016. Stora Enso Metsä.
- Stora Enso Oyj. 2017. Stora Enso Metsä.

- Stora Enso Oyj. 2018. Stora Enso Metsä.
- Suomen metsäkeskus. 2019. Metsäautotiet. <https://www.metsakeskus.fi/met-sautotiet>. 15.1.2019.
- Suomen Tieyhdistys. 2014. Tie & liikenne. Suomen Tieyhdistyksen ammattilehti nro 3. https://www.tieyhdistys.fi/site/assets/files/1351/tl_3-2014.pdf. 3.12.2018.
- Suomen Tieyhdistys. 2019. Yleistä yksityisteistä. <https://www.tieyhdistys.fi/yksityistiet/yleista-yksityisteista>. 15.1.2019.
- Taanila, A. 2013a. Kruskall-Wallis –testi. <https://tilastoapu.wordpress.com/tag/ei-parametriset-testit>. 14.2.2019.
- Taanila, A. 2013b. Friedmann-testi. <https://tilastoapu.wordpress.com/tag/friedman-testi>. 2.3.2019.
- Taanila, A. 2015a. Avainsana-arkistot: Kolmogorov - Smirnov. <https://tilastoapu.wordpress.com/tag/kolmogorov-smirnov>. 14.2.2019.
- Taanila, A. 2016. Korrelaatio-lisätietoa. Pearsonin korrelaatiokerroin. <https://tilastoapu.wordpress.com/2013/02/01/korrelaatio-lisatietoa>. 17.2.2019.
- Tiehallinto. 1999. Yksityisten teiden kunnossapito. Helsinki. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2230053_ykstienkphoje.pdf. 17.12.2018.
- Tiehallinto. 2004a. Yksityisten teiden parantaminen ja kunnossapito. Kantavuuden parantaminen. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf2/kunnossapidon_ohjekortit/kantavuuden_parantaminen_yleisselvitys.pdf. 21.1.2019.
- Tiehallinto. 2004b. Yksityisten teiden parantaminen ja kunnossapito. Kunnossapito. Sorastus 1. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf2/kunnossapidon_ohjekortit/sorastus_1.pdf. 23.1.2019.
- Tiehallinto. 2007. Kelirikkoteiden liikenteen rajoittaminen. Helsinki. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2200047-v-kelirikkoteiden_liikenteen_rajoittaminen.pdf. 12.1.2019.
- Tiehallinto. 2009. Tiehallinnon selvityksiä 8/2009. Ilmastonmuutoksen vaikutus tiestön hoitoon ja ylläpitoon. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf2/3201122-v-ilmastonmuutoksen_vaikutus_kunnossapitoon.pdf. 16.2.2019.
- Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa. Määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Tammi.
- Väylä. 2018. Maanteiden pituudet ELY-liikennevastuualueittain vuosina 2012-2017. <https://vayla.fi/tilastot/tietilastot/maanteiden-liikennesuoritteet-ja-pituudet#.XD3iMVwzbIV>. 15.1.2019.
- Yksityistielaki 358/1962.
- Yksityistielaki 560/2018.